

Umweltverträglichkeitsprüfung: Kernkraftwerk Doel Laufzeitverlängerung Doel 1 und 2



Inhalt

Abkürzungen	11
Systemliste	15
1 Allgemeiner Teil	Kapitel 1: 1
1.1 Einführung	Kapitel 1: 1
1.1.1 Hintergrund	Kapitel 1: 1
1.1.2 Problemstellung	Kapitel 1: 1
1.1.3 Zielsetzung und Anwendungsbereich	Kapitel 1: 5
1.1.4 Angaben zum Auftraggeber	Kapitel 1: 11
1.1.5 Angaben zur Zuständigen Behörde	Kapitel 1: 12
1.1.6 Projektorganisation	Kapitel 1: 12
1.1.7 Expertenteam	Kapitel 1: 13
1.1.7.1 Nicht-radiologischer Teil	Kapitel 1: 13
1.1.7.2 Radiologischer Teil	Kapitel 1: 14
1.1.8 Lesehinweise	Kapitel 1: 14
1.2 Vorliegende Genehmigungen	Kapitel 1: 15
1.2.1 Föderale Genehmigungen	Kapitel 1: 15
1.2.1 Regionale Genehmigungen	Kapitel 1: 18
1.3 Allgemeine Beschreibung eines Kernkraftwerks	Kapitel 1: 18
1.3.1 Funktionsweise	Kapitel 1: 18
1.3.2 Nuklearer Teil	Kapitel 1: 19
1.3.3 Konventioneller Teil	Kapitel 1: 21
1.4 Beschreibung des Kernkraftwerks Doel	Kapitel 1: 22
1.4.1 Lage	Kapitel 1: 22
1.4.2 Räumliche Situation	Kapitel 1: 23
1.4.3 Natürliche Umgebung	Kapitel 1: 25
1.4.4 Bebaute Umgebung	Kapitel 1: 26
1.4.5 Flurstücke	Kapitel 1: 27
1.4.6 Lageplan des KKW-Standorts	Kapitel 1: 27
1.4.7 KKW-1 und KKW-2	Kapitel 1: 28
1.4.7.1 Reaktorgebäude (RGB)	Kapitel 1: 28
1.4.7.2 Gebäude für Reaktor-Hilfsanlagen (BAR1, BAR2)	Kapitel 1: 29
1.4.7.3 Gebäude für nukleare Notfalldienste (GNN)	Kapitel 1: 29
1.4.7.4 Gebäude für Notfallsysteme (GNS)	Kapitel 1: 29
1.4.7.5 Maschinenraum (MAR)	Kapitel 1: 30
1.4.7.6 Gebäude für elektrische Notfalldienste (GEH)	Kapitel 1: 30
1.4.7.7 Gebäude für mechanische Notfalldienste (GMN)	Kapitel 1: 31
1.4.7.8 Wasserentnahme- und -Abflussleitungen	Kapitel 1: 31
1.4.7.9 Zentralgebäude A (ZGA)	Kapitel 1: 32
1.4.7.10 Gebäude der Sicherheitsdiesel (DGG)	Kapitel 1: 32
1.4.7.11 Nebengebäude	Kapitel 1: 32
1.4.7.12 Anschluss an die WAA	Kapitel 1: 32
1.4.7.13 Verbrauchte Brennelemente	Kapitel 1: 33
1.4.7.14 Schutzlevel	Kapitel 1: 33
1.5 Änderungen an den Blöcken KKW-1 und KKW-2	Kapitel 1: 33
1.5.1 Änderungen vor dem Projekt	Kapitel 1: 33
1.5.2 Projektbezogene Änderungen	Kapitel 1: 35
1.6 Das Projekt	Kapitel 1: 37
1.6.1 Beschreibung des Projekts	Kapitel 1: 37

1.6.2	<i>Alternativen zum Projekt</i>	<i>Kapitel 1: 38</i>
1.6.3	<i>Neue Genehmigungen oder Änderungen der bestehenden Genehmigungen im Rahmen des Projekts</i>	<i>Kapitel 1: 39</i>
1.7	<i>Beschreibung der Szenarien</i>	<i>Kapitel 1: 40</i>
1.7.1	<i>Ausgangssituation</i>	<i>Kapitel 1: 40</i>
1.7.2	<i>Projekt (LTO-Szenario)</i>	<i>Kapitel 1: 41</i>
1.7.2.1	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018	Kapitel 1: 41
1.7.2.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019- 2025)	Kapitel 1: 41
1.7.3	<i>Null-Variante</i>	<i>Kapitel 1: 41</i>
Referenzen		<i>Kapitel 1: 42</i>
	<i>Liste der Tabellen</i>	<i>Kapitel 1: 43</i>
	<i>Abbildungsverzeichnis</i>	<i>Kapitel 1: 44</i>
2	<i>Nicht radiologische Aspekte</i>	<i>Kapitel 2: 1</i>
2.1	<i>Boden</i>	<i>Kapitel 2: 3</i>
2.1.1	<i>Methodologie</i>	<i>Kapitel 2: 3</i>
2.1.1.1	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	Kapitel 2: 3
2.1.1.2	Beschreibung der Ausgangssituation	Kapitel 2: 3
2.1.1.3	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen	Kapitel 2: 4
2.1.2	<i>Ausgangssituation</i>	<i>Kapitel 2: 6</i>
2.1.2.1	Topografie	Kapitel 2: 6
2.1.2.2	Pedologie	Kapitel 2: 7
2.1.2.3	(Hydro-)Geologie	Kapitel 2: 8
2.1.2.4	Hydraulische Parameter	Kapitel 2: 9
2.1.2.5	Grundwasserressourcen	Kapitel 2: 10
2.1.2.6	Boden- und Grundwasserqualität	Kapitel 2: 12
2.1.2.7	Getroffene Maßnahmen zum Schutz der Boden- und Grundwasserqualität	Kapitel 2: 14
2.1.2.8	Bodennutzung	Kapitel 2: 15
2.1.3	<i>Folgenabschätzung</i>	<i>Kapitel 2: 15</i>
2.1.3.1	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018	Kapitel 2: 15
1.7.2.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)	Kapitel 2: 17
2.1.3.3	Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)	Kapitel 2: 19
2.1.3.4	Null-Variante	Kapitel 2: 19
2.1.3.5	Kumulierte Auswirkungen	Kapitel 2: 19
2.1.3.6	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 2: 19
2.1.4	<i>Monitoring</i>	<i>Kapitel 2: 19</i>
2.1.5	<i>Reduzierungsmaßnahmen und Empfehlungen</i>	<i>Kapitel 2: 20</i>
2.1.6	<i>Wissenslücken</i>	<i>Kapitel 2: 20</i>
2.1.7	<i>Schlussfolgerungen</i>	<i>Kapitel 2: 20</i>
2.2	<i>Wasser</i>	<i>Kapitel 2: 20</i>
2.2.1	<i>Methodologie</i>	<i>Kapitel 2: 21</i>
2.2.2	<i>Ausgangssituation</i>	<i>Kapitel 2: 24</i>
2.2.2.1	Hydrografie	Kapitel 2: 24
2.2.2.2	Oberflächenwasserqualität	Kapitel 2: 26
2.2.2.3	Wassertestkarten: Überflutungsgefährdung, Versickerung, Grundwasserströmung, Erosion und Lage im Winterbett	Kapitel 2: 43
2.2.2.4	Wasserversorgung / Wasserbilanz	Kapitel 2: 43
2.2.2.5	Internes Abwassersystem	Kapitel 2: 47
2.2.2.6	Beschreibung der Emissionen	Kapitel 2: 49
2.2.3	<i>Folgenabschätzung</i>	<i>Kapitel 2: 77</i>
2.2.3.1	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018	Kapitel 2: 77
2.2.3.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)	Kapitel 2: 99

2.2.3.3	Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)	Kapitel 2: 99
2.2.3.4	Null-Variante	Kapitel 2: 99
2.2.3.5	Kumulierte Auswirkungen	Kapitel 2: 101
2.2.3.6	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 2: 101
2.2.4	<i>Monitoring</i>	<i>Kapitel 2: 102</i>
2.2.5	<i>Reduzierungsmaßnahmen und Empfehlungen</i>	<i>Kapitel 2: 102</i>
2.2.6	<i>Wissenslücken</i>	<i>Kapitel 2: 103</i>
2.2.7	<i>Schlussfolgerungen</i>	<i>Kapitel 2: 104</i>
2.3	Lärm & Vibrationen	Kapitel 2: 106
2.3.1	<i>Methodologie</i>	<i>Kapitel 2: 106</i>
2.3.1.1	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	Kapitel 2: 106
2.3.1.2	Beschreibung der Referenzsituation	Kapitel 2: 106
2.3.1.3	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen	Kapitel 2: 107
2.3.2	<i>Ausgangssituation (= 2013-2014)</i>	<i>Kapitel 2: 109</i>
2.3.2.1	Immissionsmessungen (2009-2014)	Kapitel 2: 109
2.3.2.2	Beschreibung der Lärmemission	Kapitel 2: 113
2.3.2.3	Berechnung der Schallübertragung	Kapitel 2: 115
2.3.3	<i>Folgenabschätzung</i>	<i>Kapitel 2: 125</i>
2.3.3.1	Betriebsphase zwischen 2015-2019	Kapitel 2: 125
2.3.3.2	Beschreibung der Lärmauswirkungen LTO-Arbeiten	Kapitel 2: 132
1.7.2.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2020-2025)	Kapitel 2: 138
2.3.3.4	Betriebsphase definitive Stilllegung (2025-2029)	Kapitel 2: 138
2.3.3.5	Betriebsphase Null-Variante	Kapitel 2: 139
2.3.3.6	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 2: 144
2.3.4	<i>Monitoring</i>	<i>Kapitel 2: 144</i>
2.3.5	<i>Reduzierungsmaßnahmen und Empfehlungen</i>	<i>Kapitel 2: 144</i>
2.3.6	<i>Wissenslücken</i>	<i>Kapitel 2: 144</i>
2.3.7	<i>Schlussfolgerungen</i>	<i>Kapitel 2: 144</i>
2.4	Luft & Klima	Kapitel 2: 146
2.4.1	<i>Methodologie</i>	<i>Kapitel 2: 146</i>
2.4.1.1	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	Kapitel 2: 146
2.4.1.2	Beschreibung der Ausgangssituation	Kapitel 2: 147
2.4.1.3	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen	Kapitel 2: 147
2.4.2	<i>Ausgangssituation</i>	<i>Kapitel 2: 150</i>
2.4.2.1	Luftqualität	Kapitel 2: 150
2.4.2.2	Identifizierung und Quantifizierung der gelenkten Emissionen	Kapitel 2: 159
2.4.2.2	Identifizierung und Quantifizierung der gelenkten Emissionen	Kapitel 2: 166
2.4.2.4	Emission von Dampffahnen aus den Kühltürmen	Kapitel 2: 166
2.4.2.5	Emissions-Chronik	Kapitel 2: 167
2.4.2.6	Energie und Klima	Kapitel 2: 167
2.4.3	<i>Folgenabschätzung</i>	<i>Kapitel 2: 170</i>
2.4.3.1	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2019	Kapitel 2: 170
1.7.2.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2020-2025)	Kapitel 2: 175
2.4.3.3	Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)	Kapitel 2: 175
2.4.3.4	Null-Variante	Kapitel 2: 176
2.4.3.5	Energie und Klima	Kapitel 2: 178
2.4.3.6	Kumulierte Auswirkungen	Kapitel 2: 180
2.4.3.7	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 2: 180
2.4.4	<i>Monitoring</i>	<i>Kapitel 2: 180</i>
2.4.5	<i>Reduzierungsmaßnahmen und Empfehlungen</i>	<i>Kapitel 2: 180</i>
2.4.6	<i>Wissenslücken</i>	<i>Kapitel 2: 180</i>
2.4.7	<i>Schlussfolgerungen</i>	<i>Kapitel 2: 181</i>

2.5	Biodiversität	Kapitel 2: 181
2.5.1	<i>Methodologie</i>	<i>Kapitel 2: 181</i>
2.5.1.1	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	Kapitel 2: 181
2.5.1.2	Beschreibung der Ausgangssituation	Kapitel 2: 182
2.5.1.3	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen	Kapitel 2: 182
2.5.2	<i>Ausgangssituation</i>	<i>Kapitel 2: 185</i>
2.5.2.1	Lage der Naturräume	Kapitel 2: 185
2.5.2.2	Beschreibung der Naturräume	Kapitel 2: 191
2.5.3	<i>Folgenabschätzung</i>	<i>Kapitel 2: 206</i>
2.5.3.1	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018	Kapitel 2: 206
2.5.3.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)	Kapitel 2: 231
2.5.3.3	Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)	Kapitel 2: 231
2.5.3.4	Null-Variante	Kapitel 2: 231
2.5.3.5	Kumulierte Auswirkungen	Kapitel 2: 238
2.5.3.6	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 2: 238
2.5.4	<i>Vorprüfung/angemessene Verträglichkeitsprüfung Natura 2000</i>	<i>Kapitel 2: 238</i>
2.5.4.1	Einführung	Kapitel 2: 238
2.5.4.2	Lage der Natura 2000-Gebiete	Kapitel 2: 239
2.5.4.3	SBZ-H BE2300006 ‚Schelde- und Durme-Mündung von der niederländischen Grenze bis Gent‘	Kapitel 2: 240
2.5.4.4	SBZ-V BE2301336 ‚Untere Schelde: Schorren und Polder am rechten und linken Scheldeufer‘	Kapitel 2: 248
2.5.4.5	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen	Kapitel 2: 250
2.5.5	<i>Verschärfte Naturverträglichkeitsprüfung</i>	<i>Kapitel 2: 258</i>
2.5.5.1	Einführung, Lage und Beschreibung des VEN-Gebiets	Kapitel 2: 258
2.5.5.2	Folgenabschätzung	Kapitel 2: 259
2.5.6	<i>Monitoring</i>	<i>Kapitel 2: 261</i>
2.5.7	<i>Reduzierungsmaßnahmen und Empfehlungen</i>	<i>Kapitel 2: 261</i>
2.5.8	<i>Wissenslücken</i>	<i>Kapitel 2: 261</i>
2.5.9	<i>Schlussfolgerungen</i>	<i>Kapitel 2: 261</i>
2.6	Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie	Kapitel 2: 266
2.6.1	<i>Methodologie</i>	<i>Kapitel 2: 266</i>
2.6.1.1	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	Kapitel 2: 266
2.6.1.2	Beschreibung der Ausgangssituation	Kapitel 2: 266
2.6.1.3	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen	Kapitel 2: 266
2.6.1.4	Landschafts-genese	Kapitel 2: 267
2.6.1.5	Werte des Kulturerbes	Kapitel 2: 269
2.6.1.6	Landschaftsbild auf Mikroebene	Kapitel 2: 271
2.6.2	<i>Folgenabschätzung</i>	<i>Kapitel 2: 275</i>
2.6.3.1	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018	Kapitel 2: 275
2.6.3.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)	Kapitel 2: 276
2.6.3.3	Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)	Kapitel 2: 279
2.6.3.4	Null-Variante	Kapitel 2: 280
2.6.3.5	Kumulierte Auswirkungen	Kapitel 2: 280
2.6.3.6	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 2: 280
2.6.4	<i>Monitoring</i>	<i>Kapitel 2: 280</i>
2.6.5	<i>Reduzierungsmaßnahmen und Empfehlungen</i>	<i>Kapitel 2: 280</i>
2.6.6	<i>Wissenslücken</i>	<i>Kapitel 2: 280</i>
2.6.7	<i>Schlussfolgerungen</i>	<i>Kapitel 2: 281</i>
2.7	Menschen – Gesundheit und Sicherheit	Kapitel 2: 281
2.7.1	<i>Methodologie</i>	<i>Kapitel 2: 281</i>
2.7.1.1	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	Kapitel 2: 281
2.7.1.2	Beschreibung der Ausgangssituation	Kapitel 2: 281
2.7.1.3	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen	Kapitel 2: 282

2.7.2	<i>Beschreibung der Raumnutzung und der betroffenen Bevölkerung</i>	<i>Kapitel 2: 285</i>
2.7.3	<i>Ausgangssituation</i>	<i>Kapitel 2: 288</i>
2.7.3.1	Lärmbelästigung	Kapitel 2: 288
2.7.3.2	Schattenwurf der Wasserdampffahne	Kapitel 2: 288
2.7.3.3	Infektionsgefahr durch Legionellen	Kapitel 2: 289
2.7.3.4	Psychosomatische Aspekte und Risikowahrnehmung	Kapitel 2: 290
2.7.3.5	Sicherheit und nichtnukleare Störfälle	Kapitel 2: 292
2.7.4	<i>Folgenabschätzung</i>	<i>Kapitel 2: 300</i>
2.7.4.1	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2019	Kapitel 2: 300
2.7.4.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2020-2025)	Kapitel 2: 301
2.7.4.3	Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)	Kapitel 2: 305
2.7.4.4	Null-Variante	Kapitel 2: 306
2.7.4.5	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 2: 307
2.7.5	<i>Monitoring</i>	<i>Kapitel 2: 307</i>
2.7.6	<i>Reduzierungsmaßnahmen und Empfehlungen</i>	<i>Kapitel 2: 307</i>
2.7.7	<i>Wissenslücken</i>	<i>Kapitel 2: 308</i>
2.7.8	<i>Schlussfolgerungen</i>	<i>Kapitel 2: 308</i>
2.8	<i>Mensch – Mobilität</i>	<i>Kapitel 2: 308</i>
2.8.1	<i>Methodologie</i>	<i>Kapitel 2: 308</i>
2.8.1.1	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	Kapitel 2: 308
2.8.1.2	Beschreibung der Ausgangssituation	Kapitel 2: 310
2.8.1.3	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen	Kapitel 2: 310
2.8.2	<i>Ausgangssituation</i>	<i>Kapitel 2: 311</i>
2.8.2.1	Allgemeines	Kapitel 2: 311
2.8.2.2	Fußgänger	Kapitel 2: 312
2.8.2.3	Fahrradverkehr	Kapitel 2: 312
2.8.2.4	Öffentliche Verkehrsmittel	Kapitel 2: 317
2.8.2.5	Autoverkehr	Kapitel 2: 317
2.8.3	<i>Folgenabschätzung</i>	<i>Kapitel 2: 319</i>
2.8.3.1	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018	Kapitel 2: 319
2.8.3.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)	Kapitel 2: 320
2.8.3.3	Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)	Kapitel 2: 320
2.8.3.4	Null-Variante	Kapitel 2: 321
2.8.3.5	Kumulierte Auswirkungen	Kapitel 2: 321
2.8.3.6	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 2: 322
2.8.4	<i>Monitoring</i>	<i>Kapitel 2: 323</i>
2.8.5	<i>Reduzierungsmaßnahmen und Empfehlungen</i>	<i>Kapitel 2: 323</i>
2.8.6	<i>Wissenslücken</i>	<i>Kapitel 2: 323</i>
2.8.7	<i>Schlussfolgerungen</i>	<i>Kapitel 2: 323</i>
2.9	<i>Abfälle</i>	<i>Kapitel 2: 324</i>
2.9.1	<i>Methodologie</i>	<i>Kapitel 2: 324</i>
2.9.1.1	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	Kapitel 2: 324
2.9.1.2	Beschreibung der Ausgangssituation	Kapitel 2: 324
2.9.1.3	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen	Kapitel 2: 324
2.9.2	<i>Ausgangssituation</i>	<i>Kapitel 2: 324</i>
2.9.2.1	Allgemeine Beschreibung	Kapitel 2: 324
2.9.2.2	Betriebsbedingungen	Kapitel 2: 325
2.9.2.3	Aktuelle Abfallströme	Kapitel 2: 326
2.9.3	<i>Folgenabschätzung</i>	<i>Kapitel 2: 327</i>
2.9.3.1	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018	Kapitel 2: 327
2.9.3.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)	Kapitel 2: 328
2.9.3.3	Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)	Kapitel 2: 328

2.9.3.4	Null-Variante	Kapitel 2: 328
2.9.3.5	Kumulierte Auswirkungen	Kapitel 2: 329
2.9.3.6	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 2: 329
2.9.4	<i>Monitoring</i>	<i>Kapitel 2: 329</i>
2.9.5	<i>Reduzierungsmaßnahmen und Empfehlungen</i>	<i>Kapitel 2: 329</i>
2.9.6	<i>Wissenslücken</i>	<i>Kapitel 2: 329</i>
2.9.7	<i>Schlussfolgerungen</i>	<i>Kapitel 2: 329</i>
2.10	Störfallbedingte Situationen (nicht radiologisch)	Kapitel 2: 330
2.10.1	<i>Methodologie</i>	<i>Kapitel 2: 330</i>
2.10.2	<i>Ausgangssituation</i>	<i>Kapitel 2: 332</i>
2.10.3	<i>Folgenabschätzung</i>	<i>Kapitel 2: 334</i>
2.10.3.1	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018	Kapitel 2: 335
2.10.3.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)	Kapitel 2: 335
2.10.3.3	Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)	Kapitel 2: 335
2.10.3.4	Null-Variante	Kapitel 2: 335
2.10.4	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 2: 336
2.10.5	<i>Monitoring</i>	<i>Kapitel 2: 336</i>
2.10.6	<i>Reduzierungsmaßnahmen</i>	<i>Kapitel 2: 337</i>
2.10.7	<i>Wissenslücken</i>	<i>Kapitel 2: 337</i>
2.10.8	<i>Schlussfolgerungen</i>	<i>Kapitel 2: 337</i>
	Referenzen	Kapitel 2: 337
	<i>Liste der Tabellen</i>	<i>Kapitel 2: 342</i>
	<i>Abbildungsverzeichnis</i>	<i>Kapitel 2: 346</i>
3	Radiologische Aspekte	Kapitel 3: 1
3.1	Betrachtete Szenarien	Kapitel 3: 1
3.1.1	<i>Ausgangssituation</i>	<i>Kapitel 3: 2</i>
3.1.2	<i>Projekt (LTO-Szenario)</i>	<i>Kapitel 3: 2</i>
3.1.2.1	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018	Kapitel 3: 2
3.1.2.2	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019- 2025)	Kapitel 3: 2
3.1.3	<i>Null-Variante</i>	<i>Kapitel 3: 3</i>
3.2	Strahlung und radiologischen Auswirkungen	Kapitel 3: 3
3.2.1	<i>Begriffe und Definitionen</i>	<i>Kapitel 3:3</i>
3.2	<i>Strahlung und radiologischen Auswirkungen</i>	<i>Kapitel 3: 7</i>
3.2.2.1	Atom	Kapitel 3: 7
3.2.2.2	Bindungsenergie pro Nukleon	Kapitel 3: 8
3.2.2.3	Kernspaltung in der Praxis	Kapitel 3: 9
3.2.2.4	Radioaktivität	Kapitel 3: 10
3.2.2.5	Radioaktiver Zerfall	Kapitel 3: 11
3.2.2.6	Strahlung	Kapitel 3: 11
3.2.2.7	Auswirkungen der Strahlenbelastung	Kapitel 3: 12
3.2.2.8	Belastungsformen	Kapitel 3: 13
3.2.2.9	Strahlenbelastung durch ein Kernkraftwerk	Kapitel 3: 15
3.2.2.10	Radiologische Auswirkungen	Kapitel 3: 18
3.2.2.11	Grenzwerte	Kapitel 3: 19
3.2.2.12	Radiologische Überwachung	Kapitel 3: 20
3.2.2.13	Nukleare Sicherheit	Kapitel 3: 22
3.3	Erwartete radiologische Umweltaspekte	Kapitel 3: 23
3.4	Umweltprüfung	Kapitel 3: 24
3.4.1	<i>Direkte Strahlung an der Geländegrenze</i>	<i>Kapitel 3: 24</i>
3.4.1.1	Methodologie	Kapitel 3: 26
3.4.1.2	Ausgangssituation	Kapitel 3: 28
3.4.1.3	Folgenabschätzung	Kapitel 3: 30
3.4.1.4	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 3: 34
3.4.1.5	Monitoring	Kapitel 3: 35

3.4.1.6	Reduzierungsmaßnahmen	Kapitel 3: 36
3.4.1.7	Wissenslücken	Kapitel 3: 36
3.4.1.8	Schlussfolgerungen	Kapitel 3: 36
3.4.2	<i>Strahlenbelastung der Mitarbeiter</i>	<i>Kapitel 3: 37</i>
3.4.2.1	Methodologie	Kapitel 3: 38
3.4.2.2	Ausgangssituation	Kapitel 3: 39
3.4.2.3	Folgenabschätzung	Kapitel 3: 40
3.4.2.4	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 3: 44
3.4.2.5	Monitoring	Kapitel 3: 44
3.4.2.6	Reduzierungsmaßnahmen	Kapitel 3: 44
3.4.2.7	Wissenslücken	Kapitel 3: 44
3.4.2.8	Schlussfolgerungen	Kapitel 3: 44
3.4.3	<i>Radioaktive gasförmige Ableitungen</i>	<i>Kapitel 3: 44</i>
3.4.3.1	Methodologie	Kapitel 3: 45
3.4.3.2	Ausgangssituation	Kapitel 3: 48
3.4.3.3	Folgenabschätzung	Kapitel 3: 51
3.4.3.4	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 3: 57
3.4.3.5	Monitoring	Kapitel 3: 59
3.4.3.6	Reduzierungsmaßnahmen	Kapitel 3: 60
3.4.3.7	Wissenslücken	Kapitel 3: 60
3.4.3.8	Schlussfolgerungen	Kapitel 3: 60
3.4.4	<i>Radioaktive flüssige Ableitungen</i>	<i>Kapitel 3: 61</i>
3.4.4.1	Methodologie	Kapitel 3: 62
3.4.4.2	Ausgangssituation	Kapitel 3: 65
3.4.4.3	Folgenabschätzung	Kapitel 3: 69
3.4.4.4	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 3: 76
3.4.4.5	Monitoring	Kapitel 3: 77
3.4.4.6	Reduzierungsmaßnahmen	Kapitel 3: 78
3.4.4.7	Wissenslücken	Kapitel 3: 78
3.4.4.8	Schlussfolgerungen	Kapitel 3: 78
3.4.5	<i>Radioaktive Abfälle</i>	<i>Kapitel 3: 79</i>
3.4.5.1	Methodologie	Kapitel 3: 83
3.4.5.2	Ausgangssituation	Kapitel 3: 83
3.4.5.3	Folgenabschätzung	Kapitel 3: 84
3.4.5.4	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 3: 87
3.4.5.5	Monitoring	Kapitel 3: 87
3.4.5.6	Reduzierungsmaßnahmen	Kapitel 3: 87
3.4.5.7	Wissenslücken	Kapitel 3: 87
3.4.5.8	Schlussfolgerungen	Kapitel 3: 88
3.4.6	<i>Verbrauchte Brennelemente</i>	<i>Kapitel 3: 88</i>
3.4.6.1	Methodologie	Kapitel 3: 89
3.4.6.2	Ausgangssituation	Kapitel 3: 90
3.4.6.3	Folgenabschätzung	Kapitel 3: 90
3.4.6.4	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 3: 94
3.4.6.5	Monitoring	Kapitel 3: 94
3.4.6.6	Reduzierungsmaßnahmen	Kapitel 3: 94
3.4.6.7	Wissenslücken	Kapitel 3: 94
3.4.6.8	Schlussfolgerungen	Kapitel 3: 95
3.4.7	<i>Störfallsituationen</i>	<i>Kapitel 3: 95</i>
3.4.7.1	Methodologie	Kapitel 3: 98
3.4.7.2	Ausgangssituation	Kapitel 3: 100
3.4.7.3	Folgenabschätzung	Kapitel 3: 101
3.4.7.4	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 3: 105
3.4.7.5	Monitoring	Kapitel 3: 106
3.4.7.6	Reduzierungsmaßnahmen	Kapitel 3: 106
3.4.7.7	Wissenslücken	Kapitel 3: 107
3.4.7.8	Schlussfolgerungen	Kapitel 3: 107

3.4.8	<i>Gesamte effektive Folgedosis</i>	<i>Kapitel 3: 107</i>
3.4.8.1	Methodologie	Kapitel 3: 107
3.4.8.2	Ausgangssituation	Kapitel 3: 108
3.4.8.3	Folgenabschätzung	Kapitel 3: 109
3.4.8.4	Grenzüberschreitende Auswirkungen	Kapitel 3: 113
3.4.8.5	Wissenslücke	Kapitel 3: 114
3.4.8.6	Schlussfolgerungen	Kapitel 3: 114
	Referenzen	Kapitel 3: 114
	<i>Liste der Tabellen</i>	<i>Kapitel 3: 120</i>
	<i>Abbildungsverzeichnis</i>	<i>Kapitel 3: 123</i>
4	Schlussfolgerung	Kapitel 4: 1
4.1	Nicht radiologische Aspekte	Kapitel 4: 1
4.1.1	<i>Normaler Betrieb</i>	<i>Kapitel 4: 2</i>
4.1.1.1	Boden	Kapitel 4: 2
4.1.1.2	Wasser	Kapitel 4: 3
4.1.1.3	Lärm	Kapitel 4: 4
4.1.1.4	Luft	Kapitel 4: 5
4.1.1.5	Biodiversität	Kapitel 4: 5
4.1.1.6	Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie	Kapitel 4: 6
4.1.1.7	Mensch – Gesundheit	Kapitel 4: 7
4.1.1.8	Mensch – Mobilität	Kapitel 2: 7
4.1.1.9	Abfälle	Kapitel 4: 7
4.1.2	<i>Störfallsituationen</i>	<i>Kapitel 4: 8</i>
4.1.3	<i>Gesamtfazit</i>	<i>Kapitel 4: 8</i>
4.2	Radiologische Aspekte	Kapitel 4: 8
4.2.1	<i>Normaler Betrieb</i>	<i>Kapitel 4: 9</i>
4.2.1.1	Direkte Strahlung	Kapitel 4: 9
4.2.1.2	Strahlungsbelastung des Personals	Kapitel 4: 9
4.2.1.3	Radioaktive gasförmige Ableitungen	Kapitel 4: 10
4.2.1.3	Radioaktive flüssige Ableitungen	Kapitel 4: 10
4.2.1.5	Radioaktiver Abfall	Kapitel 4: 10
4.2.1.6	Verbrauchte Brennelemente	Kapitel 4: 11
4.2.2	<i>Störfallsituationen</i>	<i>Kapitel 4: 11</i>
4.2.3	<i>Gesamtfazit</i>	<i>Kapitel 4: 11</i>
	<i>Liste der Tabellen</i>	Kapitel 4: 12
Anhang A	Kartenteil	Anhang A: 1
A.1	Liste der Karten	Anhang A: 1
A.2	Die Karten	Anhang A: 3
Anhang B	Bericht über die fünf durchgeführten Monitoring-Kampagnen (Zeitraum Juni 2011 - März 2012) zu den Temperatureinflüssen des KKW-Kühlwassers Doel auf die Schelde	Anhang B: 1

Abkürzungen

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AOX	Adsorbierbare halogenorganische Verbindungen
ARBIS	Allgemeine Verordnung über den Schutz der Bevölkerung, der Arbeitnehmer und der Umwelt gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen
ASME	American Society of Mechanical Engineers
BBI	Belgischer biotischer Index
BBO	Deskriptive Bodenuntersuchung
BBT	Beste verfügbare Techniken
BDBA	Beyond design-based accident (auslegungsüberschreitender Störfall)
BEST	Belgian Stress Tests
BWK	Biologische Bewertungskarte
BZV	Biologischer Sauerstoff-Bedarf
CH ₄	Methan
CO	Kohlenstoffoxid
CO ₂	Kohlendioxid
CZV	Chemischer Sauerstoff-Bedarf
dB	Dezibel
DBA	Design-Based accident (Konzeptstörfall)
DHM	Digitales Höhenmodell Flandern
DNA	Desoxyribonukleinsäure (DeoxyriboNucleic Acid)
DOV	Datenbank Untergrund Flandern
DPC	Dual Purpose Cask
DSL	Definitive Stilllegung
EBSD	Zertifizierter Bodensanierungsexperte

EIN	Ökologische Infrastruktur Natur
FANK	Föederalagentur für Nuklearkontrolle
FHA	Fuel Handling Accident
GEN	Große Natureinheiten
GENO	Große Natureinheiten in der Entwicklung
GGG	Kontrolliert reduzierter Tidenhub
GIS	Geografisches Informationssystem
GNN	Gebäude der nuklearen Notfalldienste
GNS	Gebäude Notfall-Systeme
GRUP	Regionaler Raumordnungsplan
GS	Gefährliche Stoffe
GSG	Gebäude Dampferzeuger
GSA	Gebäude für sekundäre Ableitungen
GW	Gaseous Waste (gasföormige Abfälle)
ha	Hektar
HCOV	Hydrogeologische Kodierung des Untergrunds von Flandern
HEPA	High Efficiency Particulate Arrestance
Hz	Hertz
I/C	Intensität/Kapazität Verhältnisse auf einem Straßenabschnitt
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IE	Einwohneräquivalent
IED	Industrial Emissions Directive
IHD	Erhaltungsziele (<i>InstandhoudingsDoelstelling</i>)
INBO	Instituut voor Natuur- en BosOnderzoek [Institut für Natur- und Waldforschung]
IP	Immissionspunkte

IRCEL	Interregionale Zelle für die Umwelt
IVON	Integrales Regenerations- und Unterstützungsnetzwerk
KKW	Kernkraftwerk Doel
KKW-1/2/3/4	Kernkraftwerk Doel (Block 1/2/3/4)
KDW	Kritische Ablagerungswerte
LOCA	Loss Of Coolant Accident [Störfall mit Kühlmittelverlust]
Lsp	Spezifischer Lärm
LTO	Langfristiger Betrieb
LwA	Schalleistung
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UQN	UmweltQualitätsNorm
mpt	Messpunkt
m-mv	Meter unter der Bodenoberfläche
MSI	Main Safety Issue
MWe	MegaWatt elektrisch
MWth	MegaWatt thermisch
NIRAS	Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte Splijtstoffen [Nationale Agentur für radioaktive Abfälle und angereicherte spaltbare Materialien]
NO _x	Stickstoffoxide
OBO	Bodenuntersuchung
OBBO	Kombinierte sondierende und deskriptive Bodenuntersuchung
OOG	Ursprünglicher Umgebungslärm
OVAM	Openbare Vlaamse AfvalstoffenMaatschappij [Öffentliche Abfallagentur Flanderns]
OVR	Bericht zur Umweltsicherheit
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe

PBM	Persönliche Schutzausrüstung
PIO	Prati-Index für Gelöstsauerstoff
PM	Feinstaub
PSA	Probabilistic Safety Assessment
PSR	Periodic Safety Review
Pwe/h	Pkw Einheiten pro Stunde
DWR	Druckwasserreaktor
QRA	Quantitative Risikobewertung
RGB	Reaktorgebäude
RNP	Raumordnungsplan
SBP	Artenschutzprogramm
BSG	Besonderes Schutzgebiet
BCG	Brennstoffcontainer-Gebäude
SCK-CEN	Studiecentrum voor Kernenergie - Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire [Studienzentrum für Kernenergie]
SF ²	Spent Fuel Storage Facility
SGBP	Bewirtschaftungsplan für Flusseinzugsgebiete
SO ₂	Schwefeldioxid
SO _x	Schwefeloxide
SSC	Strukturen, Systeme und Komponenten
SWA-VR	Sicherheitsbericht im Rahmen des Kooperationsabkommens
TAW	Zweite allgemeine Wassernivellierung
TLD	ThermoLumineszenz-Dosimeter
TW	Prüfwert
ΔT	Temperaturanstieg
US-NRC	United States Nuclear Regulatory Commission

VEN	Vlaams Ecologisch Netwerk [Flämisches Ökologisches Netzwerk]
Vlarebo	Vlaams Reglement betreffende de bodemsanering [Flämische Verordnung zur Bodensanierung]
Vlarem	Vlaams Reglement betreffende de milieuvergunning [Flämische Richtlinien für Umweltgenehmigungen]
VMM	Vlaams Reglement betreffende de milieuvergunning [Flämische Richtlinien für Umweltgenehmigungen]
WAA	Vlaamse Milieumaatschappij [Flämische Umweltgesellschaft] Wasser- und Abfallaufbereitung
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
WGO	Weltgesundheitsorganisation
WHO	World Health Organization

Systemliste Kernkraftwerk Doel

AFW	Hilfskreislauf für Wasser
BAR	Gebäude für Reaktor-Hilfsanlagen
ZGA	Zentralgebäude A
EC	Not-Zwischenkühlkreislauf GNS
ED	Kraftstofftanks und -pumpen
EDG	Emergency Diesel Generator
EF	Notwasserversorgungskreislauf GNS
EI	Notregler-Druckluft GNS
FCV	Filtered Containment Vent
FE	Löschwasserkreislauf
FW	Einspeise-Wasserkreislauf
GEN	Gebäude der elektrischen Notfalldienste
GMN	Gebäude der Mechanischen Notfalldienste

GNN	Gebäude der Nuklearen Notfalldienste
GNS	Gebäude für Notfallsysteme
MAG	Lager
MAR	Maschinenraum
MS	Hauptdampfkreislauf
NFL	Notfalleitstellen
PL	Speicher-Dockring
RGB	Reaktorgebäude
RJ	Notabdichtungswasser-Primärpumpen GNS
RW	Rohwasserkreislauf
RWST	Refuelling Water Storage Tanks

1 Allgemeiner Teil

1.1 Einführung

1.1.1 Hintergrund

Alle Kraftwerksblöcke in Doel haben eine unbefristete Betriebsgenehmigung. Das Gesetz vom 31. Januar 2003 [FÖD, 2003] begrenzte jedoch die Betriebszeit der Produktionseinheiten und setzte die Termine für die Beendigung der Stromerzeugung mit Kernenergie in Belgien fest. Diese Zeitpunkte entsprachen 40 Kalenderjahren des Betriebs von Doel 1, Doel 2, Doel 3 und Doel 4 (jeweils abgekürzt als KKW-1 bis KKW-4). Dies bedeutete, dass KKW-1 und KKW-2 im Jahr 2015 den Betrieb einstellen mussten (KKW-3 im Jahr 2022 und KKW-4 im Jahr 2025).

Das Gesetz vom 28. Juni 2015 [FÖD, 2015] zur Änderung des Gesetzes vom 31. Januar 2003 (über den Ausstieg aus der Kernenergie zur industriellen Stromerzeugung im Hinblick auf die Gewährleistung der Versorgungssicherheit im Energiebereich) erlaubte es KKW-1, bis zum 15. Februar 2025 wieder Strom zu produzieren und verschob das Datum der Stilllegung von KKW-2 auf den 1. Dezember 2025.

Die Stromerzeugung mittels Kernenergie durch KKW-1 und KKW-2 über den ursprünglich festgelegten Zeitrahmen von 2015 hinaus (genannt Long Term Operation - LTO G1) wurde auf der Grundlage des von der FANK im Jahr 2009 herausgegebenen Strategiepapiers [FANK, 2009] und der entsprechenden Investitionen von Electrabel zur Gewährleistung eines hohen Sicherheitsniveaus beim Bau und Betrieb der Produktionseinheiten genehmigt. Auf der Grundlage der verlängerten Stromerzeugung durch KKW-1 und KKW-2 bzw. deren Betriebs wurde die Stromerzeugung durch die vier Blöcke bis zu folgenden Zeitpunkten zugelassen:

- Kernkraftwerk Doel 1 (KKW-1): 15. Februar 2025
- Kernkraftwerk Doel 2 (KKW-2): 1. Dezember 2025
- Kernkraftwerk Doel 3 (KKW-3): 1. Oktober 2022
- Kernkraftwerk Doel 4 (KKW-4): 1. Juli 2025

1.1.2 Problemstellung

Das Gesetz vom 28. Juni 2015 war Gegenstand einer Anfechtungsklage vor dem Verfassungsgericht, das daraufhin dem Europäischen Gerichtshof mehrere Fragen zur Vorabentscheidung vorlegte.

Auf der Grundlage der Antworten des Gerichtshofs in seinem Beschluss C-441/17 vom 29. Juli 2019 erließ der Verfassungsgerichtshof am 5. März 2020 sein Urteil Nr. 34/2020.

Mit dem oben erwähnten Urteil vom 5. März 2020 erklärte das Verfassungsgericht das Gesetz vom 28. Juni 2015 ‚zur Änderung des Gesetzes vom 31. Januar 2003 über den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie zur industriellen Stromerzeugung im Hinblick auf die Gewährleistung der Versorgungssicherheit im Energiebereich‘ für nichtig. Gleichzeitig bestätigte das Gericht die Wirkungen des für nichtig erklärten Gesetzes bis zur Verabschiedung eines neuen Gesetzes durch den Gesetzgeber, dem die erforderliche Umweltverträglichkeitsprüfung und eine angemessene Verträglichkeitsprüfung mit Beteiligung der Öffentlichkeit und einer grenzüberschreitenden Konsultation vorangehen müssen, spätestens bis zum 31. Dezember 2022.

Um die zugrundeliegende Problematik sowie die Zielsetzung und den Anwendungsbereich dieser UVP besser einordnen zu können, erscheint es sinnvoll, die wichtigsten Überlegungen des oben genannten Verfassungsgerichtsurteils in Erinnerung zu rufen:

„(...) B.5.1. Gemäß Artikel 4, Abschnitt 1, des Gesetzes vom 31. Januar 2003, ersetzt durch das Gesetz vom 18. Dezember 2013, durfte das Kraftwerk Doel 1 ab dem 15. Februar 2015 keinen Strom mehr produzieren. Artikel 4, Abschnitt 2 des Gesetzes vom 31. Januar 2003, ersetzt durch das Gesetz vom 18. Dezember 2013, sieht jedoch vor, dass laut den einzelnen Betriebs- und Stromerzeugungsgenehmigungen nur diejenigen Bestimmungen, die sich auf die Genehmigung der industriellen Stromerzeugung beziehen, an dem in Artikel 4, Abschnitt 1 desselben Gesetzes genannten Stilllegungsdatum auslaufen, während die anderen Bestimmungen – einschließlich derjenigen, die sich auf die Betriebsgenehmigung beziehen, bis zu ihrer Änderung fortgelten.

(...)

B.5.3. Aus dem Tenor von Artikel 4, Absatz 1 des Gesetzes vom 31. Januar 2003 in der durch das angefochtene Gesetz ersetzten Fassung ergibt sich, dass das angefochtene Gesetz den in Artikel 4, Absatz 1 dieses Gesetzes vorgesehenen Ausstieg aus der Kernenergie in zweierlei Hinsicht geändert hat: Zum einen erlaubt es dem Kraftwerk Doel 1, ab dem Inkrafttreten des angefochtenen Gesetzes, also ab dem 6. Juli 2015, ‚wieder‘ Strom zu produzieren, und verschiebt seine Abschaltung bis zum 15. Februar 2025; zum anderen verschiebt es den Zeitpunkt der Abschaltung und des Endes der industriellen Stromerzeugung durch das Kraftwerk Doel 2 um zehn Jahre, bis zum 1. Dezember 2025.

(...)

B.18.1. Wie in B.5 dargelegt, geht aus dem Kontext des Gesetzes vom 28. Juni 2015 hinreichend hervor, dass der Gesetzgeber mit der Verabschiedung des angefochtenen Gesetzes die Dauer der industriellen Stromerzeugung der Kraftwerke Doel 1 und Doel 2 um zehn Jahre verlängern wollte, mit dem Vorbehalt der Durchführung umfangreicher Arbeiten an diesen Anlagen, insbesondere im Hinblick auf deren Modernisierung und die Gewährleistung der Einhaltung der Sicherheitsstandards im Rahmen des ‚LTO‘-Plans.

Wie in B.5.4 bis B.5.6 erwähnt, sind diese umfangreichen Arbeiten in der am 30. November 2015 zwischen dem belgischen Staat und Electrabel unterzeichneten Vereinbarung ‚zur Verlängerung der Laufzeit‘ festgelegt und erfordern Investitionen von schätzungsweise 700 Millionen Euro (Artikel 3 der Vereinbarung). Der Gerichtshof stellte in diesem Zusammenhang fest, dass diese Arbeiten ‚die Modernisierung der Kuppeln der Kraftwerke Doel 1 und Doel 2, die Renovierung der Lagerbecken für

verbrauchte Brennelemente, die Installation eines neuen Pumpenaggregats und die Änderung des Unterbaus umfassen müssten, um die Kraftwerke besser vor einer Überschwemmung zu schützen', und dass dabei ,nicht allein Verbesserungen an den bestehenden Strukturen vorgenommen werden müssten, sondern [...] auch drei Gebäude zu errichten sind. Zwei davon dienen der Unterbringung der Ventilationssysteme und das dritte ist für das Feuerlöschsystem vorzusehen", so dass ,solche Arbeiten [...] den materiellen Zustand der betroffenen Örtlichkeiten beeinflussen [können], wie in der Rechtsprechung des Gerichtshofs dargelegt' (ebd., Punkt 66).

Auch wenn diese Arbeiten im Gesetz vom 28. Juni 2015 nicht erwähnt werden, so stellen sie doch im Lichte der parlamentarischen Vorbereitung des angefochtenen Gesetzes eine unabdingbare Voraussetzung für die Laufzeitverlängerung der Kernkraftwerke dar (Parl. St., Kammer, 2014-2015, DOC 54-0967/001, S. 7 und 9; Parl. St., Kammer, 2014-2015, DOC 54-0967/003, S. 10).

Artikel 4, Abschnitt 3 des Gesetzes vom 31. Januar 2003, entsprechend durch das Gesetz vom 28. Juni 2015 ergänzt, bestätigt ebenfalls den unlöslichen Zusammenhang zwischen der Unterzeichnung dieser Vereinbarung bis spätestens 30. November 2015 und der Verlängerung der industriellen Stromerzeugung der Kernkraftwerke Doel 1 und Doel 2, da diese Bestimmung vorsah, dass der König für den Fall, dass diese Vereinbarung nicht zustande kommt, das Datum der Abschaltung dieser Anlagen auf den 31. März 2016 vorzieht.

B.18.2. Wie der Gerichtshof in den Punkten 63 bis 71 seines genannten Beschlusses Inter-Environnement Wallonie ASBL feststellt, sind diese Modernisierungsarbeiten, die Investitionen in Höhe von schätzungsweise 700 Mio. Euro erfordern, untrennbar mit der Verabschiedung des Erlasses zur Verlängerung um einen Zeitraum von zehn Jahren der industriellen Stromerzeugung durch die Kraftwerke Doel 1 und Doel 2 verbunden, so dass das angefochtene Gesetz und die Arbeiten, die in der am 30. November 2015 zwischen dem belgischen Staat und Electrabel unterzeichneten Vereinbarung über die ,Verlängerung der Laufzeit' vorgesehen sind, ein einziges ,Projekt' im Sinne von Art. 1, Abs. 2, Buchst. a erster Gedankenstrich der Richtlinie 2011/92/EU darstellen. Das Gericht sieht keinen Sachverhalt, der diese Feststellung in Frage stellen könnte.

Der Gerichtshof stellt außerdem fest, dass diese Maßnahmen und diese Arbeiten ,ein Ausmaß haben, das mit den Risiken vergleichbar ist, die zum Zeitpunkt der ursprünglichen Inbetriebnahme dieser Kraftwerke bestanden', und ,unter Nummer 24 des Anhangs I der UVP-Richtlinie fallen', so dass ,ein solches Projekt [...] seiner Art nach die Gefahr erheblicher Umweltfolgen im Sinne von Art. 2, Abs. 1 der Richtlinie birgt und einer Umweltverträglichkeitsprüfung nach Art. 4 Abs. 1 der Richtlinie zu unterziehen ist' (EuGH, Große Kammer, 29. Juli 2019, C-411/17, Inter-Environnement Wallonie ASBL, Punkte 79-80).

B.18.3. Daraus folgt, dass das Gesetz vom 28. Juni 2015 Gegenstand einer Umweltverträglichkeitsprüfung mit öffentlicher Anhörung hätte sein müssen, und dass es, da es wahrscheinlich erhebliche Umweltfolgen in einem anderen Mitgliedstaat haben dürfte, auch einem grenzüberschreitenden Prüfverfahren gemäß Artikel 7 der UVP-Richtlinie hätte unterzogen werden müssen (ebd., Punkte 81 und 93).

(...)

B.19.4. Mit dem Gesetz vom 28. Juni 2015 hat der Föderale Gesetzgeber daher eine Rahmenverordnung zur grundsätzlichen Verlängerung der Laufzeit der industriellen Stromerzeugung der Kernkraftwerke Doel 1 und Doel 2 um zehn Jahre erlassen, deren Umsetzung und Auswirkungen auf die Modernisierungs- und Sicherungsarbeiten zum Zeitpunkt des Erlasses des angefochtenen Gesetzes bekannt waren. In diesem Zusammenhang stellte das Gesetz vom 28. Juni 2015 die erste Phase des Genehmigungsverfahrens für das strittige Projekt betreffend die Verlängerung der Dauer der industriellen Stromerzeugung durch die Kernkraftwerke Doel 1 und Doel 2 dar, wobei die Auswirkungen zum Zeitpunkt der Verabschiedung des angefochtenen Gesetzes ermittelt und bewertet worden waren und dem daher die in der Richtlinie 2011/92/EU vorgeschriebene Umweltverträglichkeitsprüfung hätte vorangehen müssen.

Im Übrigen kann, wie der Gerichtshof unterstreicht, ‚der Umstand, dass die Verwirklichung dieses Vorhabens für eines der beiden fraglichen Kraftwerke die Erteilung einer neuen Einzelgenehmigung für die industrielle Stromerzeugung erfordert, nicht rechtfertigen, dass eine Umweltverträglichkeitsprüfung erst nach der Verabschiedung des Gesetzes vom 28. Juni 2015 durchgeführt wird‘ (Gerichtshof, Große Kammer, 29. Juli 2019, C-411/17, Inter-Environnement Wallonie ASBL, Punkt 89).

B.19.5. Da das Gesetz vom 28. Juni 2015 als Grundsatzentscheidung anzusehen war, die als ‚Genehmigung‘ im Sinne von Art. 1, Abs. 2 Buchst. c der UVP-Richtlinie für ein ‚Projekt‘ im Sinne von Art. 1, Abs. 2, Buchst. a, erster Gedankenstrich der Richtlinie 2011/92/EU in Verbindung mit den Anhängen I und II dieser Richtlinie gilt, hätten dem angefochtenen Gesetz vor seiner Verabschiedung eine Umweltverträglichkeitsprüfung und eine öffentliche Anhörung über die grundsätzliche Verlängerung der Dauer der industriellen Stromerzeugung durch die Kernkraftwerke Doel 1 und Doel 2 um zehn Jahre und über die Folgen dieser Verlängerung für die Modernisierungs- und Sicherheitsarbeiten vorausgehen müssen.

Aus dem vorgenannten Urteil lässt sich im Wesentlichen Folgendes ableiten bzw. schließen:

- 1 Die einzelnen Betriebsgenehmigungen gelten in vollem Umfang weiter. In den betreffenden Einzelgenehmigungen können nur die Bestimmungen über die Genehmigung der industriellen Stromerzeugung zu dem in Artikel 4, Abschnitt 1 des Gesetzes vom 31. Januar 2003, ersetzt durch das Gesetz vom 18. Dezember 2013, genannten Stilllegungsdatum abgelaufen sein.
- 2 Das Gesetz vom 28. Juni 2015 änderte das vorgenannte Gesetz vom 31. Januar 2003 in zweierlei Hinsicht:
 - Zum einen wurde Block KKW-1 die ‚erneute‘ Aufnahme der Stromerzeugung ab dem Inkrafttreten des angefochtenen Gesetzes gestattet, d. h. ab 6. Juli 2015, wobei die Abschaltung auf den 15. Februar 2025 verschoben wurde;
 - andererseits wurde die Abschaltung und das Ende der industriellen Stromproduktion von Block KKW-2 um zehn Jahre auf den 1. Dezember 2025 verschoben.

Aus dem Gesetz vom 28. Juni 2015 geht hinreichend hervor, dass der Gesetzgeber mit der Verabschiedung des angefochtenen Gesetzes die Dauer der industriellen Stromerzeugung der Blöcke KKW-1 und KKW-2 um zehn Jahre verlängern wollte, mit dem Vorbehalt der Durchführung umfangreicher Arbeiten an diesen Anlagen, insbesondere deren Modernisierung und der Gewährleistung der Einhaltung der Sicherheitsstandards im Rahmen des ‚LTO‘-Plans.

Auch wenn diese Arbeiten selbst im Gesetz vom 28. Juni 2015 nicht ausdrücklich erwähnt wurden, stellten sie eine *sine-qua-non*-Bedingung für die Laufzeitverlängerung der betreffenden Kernkraftwerke dar.

- 3 Da diese Modernisierungsarbeiten untrennbar mit der Entscheidung verbunden sind, die Dauer der industriellen Stromerzeugung der Blöcke KKW-1 und KKW-2 um zehn Jahre zu verlängern, stellen das angefochtene Gesetz und die Arbeiten zusammen ein einziges ‚Projekt‘ im Sinne von Art. 1, Abs. 2, Buchst. a, erster Gedankenstrich der Richtlinie 2011/92/EU dar.
- 4 Die vom Gesetzgeber ergriffenen Maßnahmen und die damit verbundenen Arbeiten werden als gleichwertig mit den Risiken angesehen, die zum Zeitpunkt der ursprünglichen Inbetriebnahme dieser Kraftwerke bestanden.
- 5 Das Gesetz vom 28. Juni 2015 stellte somit die erste Stufe des Genehmigungsverfahrens des streitgegenständlichen Projekts bezüglich der Verlängerung der Dauer der industriellen Stromerzeugung durch die Blöcke KKW-1 und KKW-2 dar, dessen Auswirkungen zum Zeitpunkt der Verabschiedung des streitgegenständlichen Gesetzes ermittelt und bewertet worden waren. Dem genannten Gesetz musste daher die in der Richtlinie 2011/92/EU vorgeschriebene Umweltverträglichkeitsprüfung vorausgehen.
Daran ändert auch die Tatsache nichts, dass die konkrete Umsetzung dieses Projekts für KKW-1 und KKW-2 die Erteilung einer neuen Einzelgenehmigung zur industriellen Stromerzeugung erfordert.
Das Gesetz vom 28. Juni 2015 war als Grundsatzentscheidung anzusehen, die als ‚Genehmigung‘ im Sinne von Art. 1, Abs. 2, Buchst. c der UVP-Richtlinie für ein ‚Projekt‘ im Sinne von Art. 1, Abs. 2, Buchst. a, erster Gedankenstrich der Richtlinie 2011/92/EU gilt.
- 6 Dem Gesetz vom 28. Juni 2015 musste vor seiner Verabschiedung eine Umweltverträglichkeitsprüfung und eine öffentliche Anhörung zum Prinzip der Verlängerung der Dauer der industriellen Stromerzeugung durch die Blöcke KKW-1 und KKW-2 um zehn Jahre sowie zu den Folgen dieser Verlängerung im Hinblick auf die Modernisierungs- und Sicherheitsarbeiten vorausgehen.

1.1.3 Zielsetzung und Anwendungsbereich

In Anbetracht der oben genannten Schlussfolgerungen, die aus dem Urteil des Verfassungsgerichts gezogen werden können, und in Anbetracht der zeitlichen Fortdauer der Auswirkungen des aufgehobenen Gesetzes wurde eine UVP beschlossen. Gegenstand dieser UVP:

- das vom Gesetzgeber zu verabschiedende Gesetz zur Laufzeitverlängerung und
- die damit zusammenhängenden Arbeiten, die zusammen als ein und dasselbe ‚Projekt‘ gelten.

Aus praktischen Gründen wurde beschlossen, zwei separate UVP zu erstellen, die jedoch zusammen bewertet werden müssen. Die erste ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung auf strategischer Ebene, die von SCK-CEN ausgearbeitet wird.

Da das aufgehobene Gesetz und die damit verbundenen Arbeiten als ein und dasselbe ‚Projekt‘ anzusehen sind, wurde beschlossen, diese UVP zusätzlich zu einer strategischen UVP sowohl für das Gesetz als auch für die damit verbundenen Arbeiten zu erstellen.

Die UVP, die dem zu verabschiedenden Gesetz vorausgeht, wird auf Initiative der belgischen Behörden ausgearbeitet.

Ziel dieser UVP ist es, die (grenzüberschreitenden) Umweltfolgen der spezifischen Arbeiten zu bewerten, die aufgrund des vom Gesetzgeber zu verabschiedenden Gesetzes zur erweiterten Stromerzeugung durchgeführt werden sollen. In diesem Rahmen ist dieses Dokument dem Verfahren der Umweltverträglichkeitsprüfung mit grenzüberschreitender Bewertung unterworfen.

Im Zusammenhang mit dem vorliegenden Projekt wurde diese Umweltverträglichkeitsprüfung als Teil der Arbeiten an den Blöcken KKW-1 und KKW-2 zum Zweck der erweiterten Stromerzeugung für den Zeitraum 2015-2025 erstellt.

In Anbetracht dessen, was unter 1.1.2. ausgeführt wurde, muss diese UVP die durch das Urteil des Verfassungsgerichts vom 5. März 2020 entstandene Situation regularisieren.

Als Referenzdatum für die Durchführung der Studie wurde daher der Zeitpunkt der Verabschiedung des (inzwischen aufgehobenen) Gesetzes (28. Juni 2015) berücksichtigt. Diese UVP analysiert den Unterschied zwischen der Ausgangssituation (vor 2015) und der erwarteten Situation (d. h. die Arbeiten, die im Rahmen der 10-jährigen Verlängerung der Nutzungsdauer von KKW-1 und KKW-2 durchgeführt werden). Die verwendeten Daten betreffen sowohl bestehende Daten bis einschließlich 2018 als auch die Prognosen.

Zielsetzung

Zweck dieser UVP ist, die Auswirkungen der Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 (das Projekt) zu bestimmen. Infolge der Einstellung des Betriebs werden die durch den Betrieb verursachten Umweltfolgen gemindert. Um die Auswirkungen des Projekts ohne die Folgen einer Abschaltung von KKW-3 und KKW-4 eindeutig bestimmen zu können, wurde in dieser UVP angenommen, dass die Umweltfolgen durch die beiden Blöcke KKW-3 und KKW-4 nach der Einstellung der Stromproduktion die gleichen bleiben wie vor der Einstellung. Dies ist eine konservative Annahme: Es wird ein längerer Zeitraum hinsichtlich der Umweltfolgen infolge des Betriebs berücksichtigt, als es tatsächlich der Fall sein wird.

Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich dieser UVP betrifft den weiteren Betrieb von KKW-1 und KKW-2 im Zeitraum 2015-2025. Innerhalb des Untersuchungszeitraums wird zwischen der Betriebsphase des Projekts (Zeitraum 2015 und 2018) und der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025) unterschieden. In der ersten Phase werden die Arbeiten im Rahmen des Projekts ausgeführt. Für die Beschreibung der Arbeiten vgl. Abschnitt 1.5.2 und Abschnitt 1.6.1. In der folgenden Periode werden KKW-1 und KKW-2 weiter betrieben. Der Geltungsbereich umfasst alle Aktivitäten und den Betrieb der Blöcke.

Die definitive Stilllegung von KKW-3 und KKW-4 sowie der Rückbau von KKW-1, KKW-2, KKW-3 und KKW-4 gehören nicht zum Anwendungsbereich dieser UVP. Der Rückbau unterliegt einem gesonderten Genehmigungsverfahren, das eine Umweltverträglichkeitsprüfung beinhaltet. Abbildung 1-1 stellt die Phasen schematisch dar.

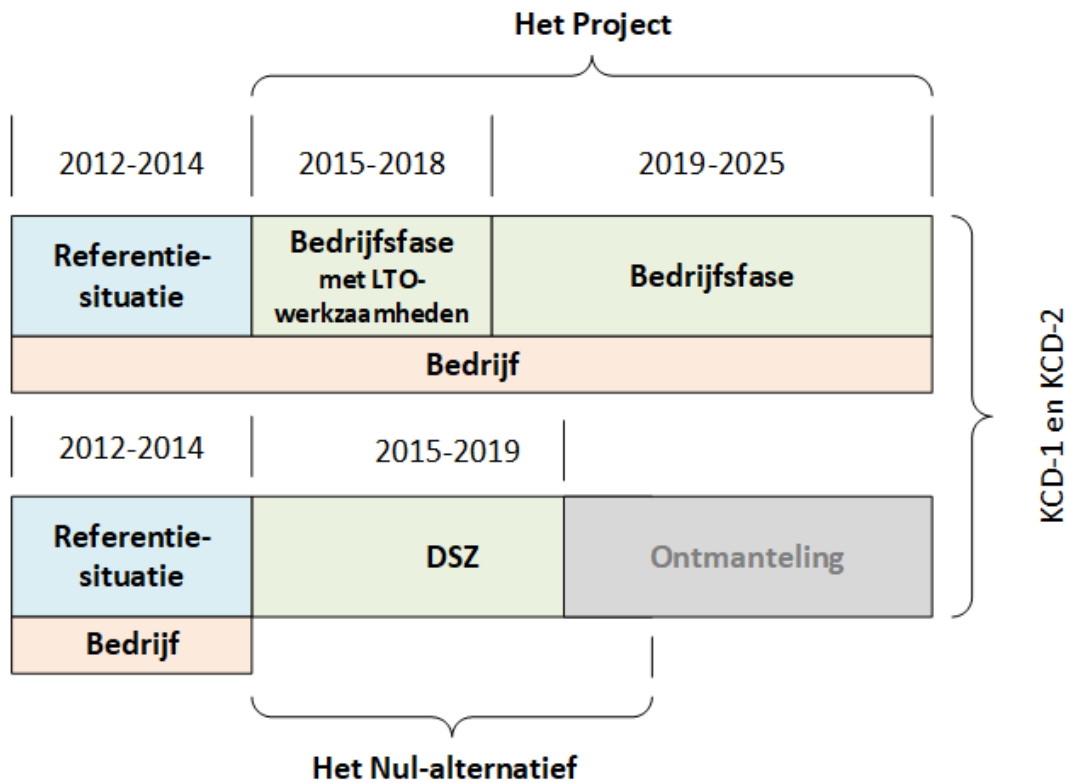


Abbildung 1-1 Phasen innerhalb des Projekts

Im untersuchten Zeitraum (2015-2025) wird es zu signifikanten Veränderungen kommen. Das SF²-Projekt, das die Lagerkapazität für verbrauchte Brennelemente am Standort Doel erweitern soll, wird in diesem Zeitraum umgesetzt. Dieses Projekt war im Jahr 2015 noch nicht vorgesehen. Projekt SF² ist für den Betrieb von KKW-1 und KKW-2 bis 2025 nicht erforderlich: Die Brennelemente von KKW-1 und KKW-2 verbleiben im bestehenden Trockenlagergebäude und die Brennelemente von KKW-3 und KKW-4 gehen in SF². Diese Änderungen sind nicht Teil des Projekts, können sich aber kumulativ auf das Projekt auswirken. Die Auswirkungen des Projekts und des Projekt-SF² werden, soweit relevant, in allgemeiner Form beschrieben.

In den Jahren 2022 bzw. 2025 wird die definitive Stilllegung von KKW-3 und KKW-4 erfolgen, sofern das LTO-G2-Projekt nicht umgesetzt wird. Die Arbeiten im Rahmen von LTO G2 müssen sicherstellen, dass die Laufzeit von KKW-4 verlängert werden kann.

Einstellung der Stromerzeugung

Zur Veranschaulichung zeigt Abbildung 1-2 den Lebenszyklus eines Kernkraftwerks, der die Laufzeitverlängerung (*Long Term Operation – LTO*) (in dieser UVP als ‚Projekt‘ bezeichnet), die definitive Stilllegung und den Rückbau des Kernkraftwerks umfasst. Neben der Abbildung werden die

Phasen eines Kernkraftwerks im Falle einer Einstellung der Stromproduktion kurz besprochen. Mit anderen Worten die Stilllegung des Blocks. Die Abbildung und Beschreibung stammen größtenteils aus der Umwelterklärung 2019 [Electrabel, 2019].

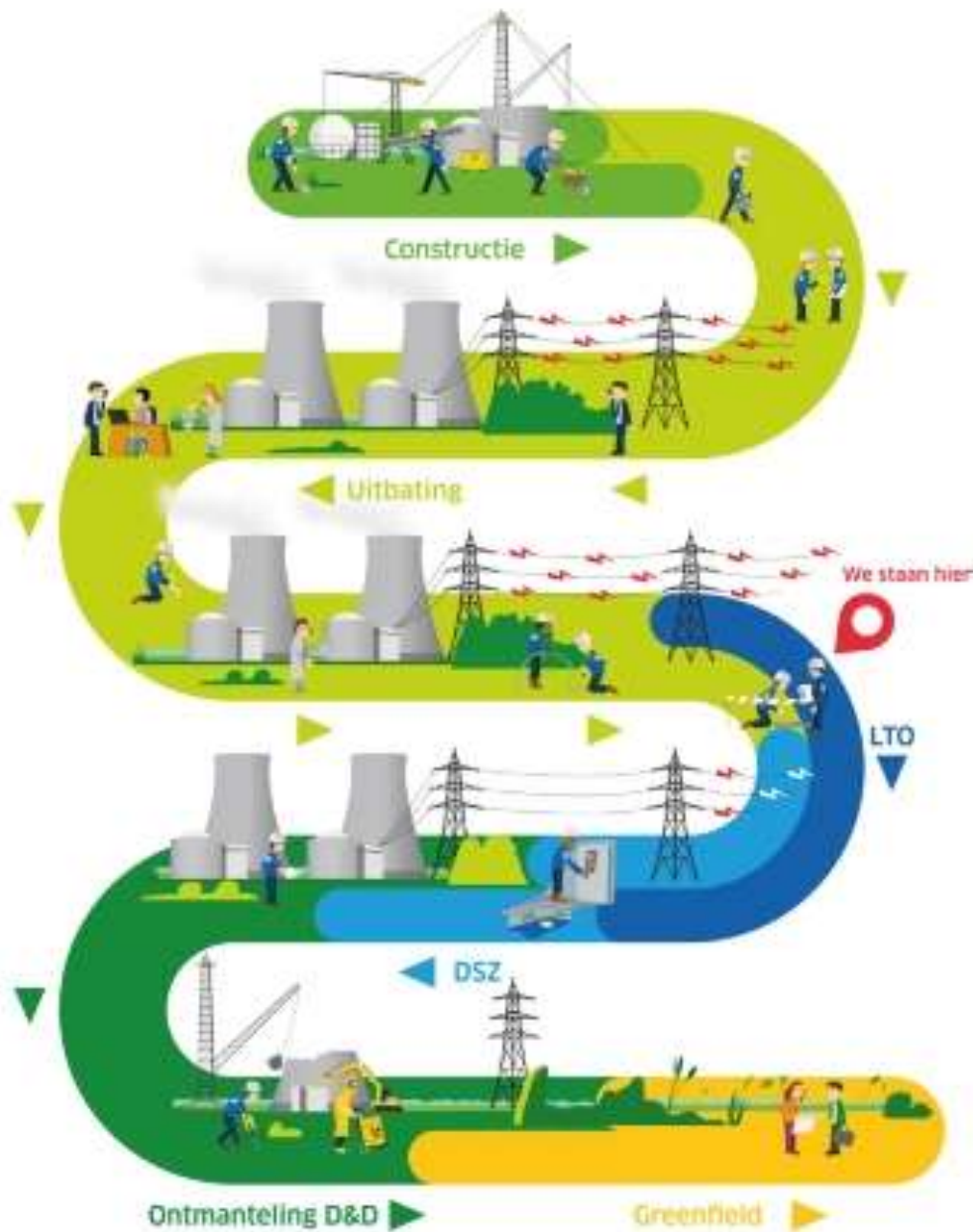


Abbildung 1-2 Lebenszyklus eines Kernkraftwerks

Definitive Stilllegung (DSL)

In jedem Kernkraftwerk erfolgt irgendwann die Einstellung der Stromerzeugung. Dies beginnt mit der definitiven Stilllegung des Reaktors, dem Spülen und Reinigen bzw. der Dekontamination der Anlage, dem Entleeren der Flüssigkeitskreisläufe usw. Diese Phase endet mit dem Abtransport der letzten bestrahlten Brennelemente und eines möglichst großen Teils des vorhandenen radioaktiven Materials. In der Phase der definitiven Stilllegung (die noch stets in die Betriebsphase des Reaktors fällt und durch

dessen Betriebsgenehmigung abgedeckt ist) wird die bestehende Anlage für den Rückbau vorbereitet. Es kann jedoch sein, dass die Umweltgenehmigung im Rahmen der Stilllegung geändert werden muss.

Während der Phase der definitiven Stilllegung wird in den Nuklearanlagen grundsätzlich nichts abgebaut. Ziel ist es, wo immer möglich, die wesentlichen Quellen für Radioaktivität zu beseitigen, damit der Rückbau absolut sicher und mit der geringstmöglichen Belastungsdosis erfolgen kann.

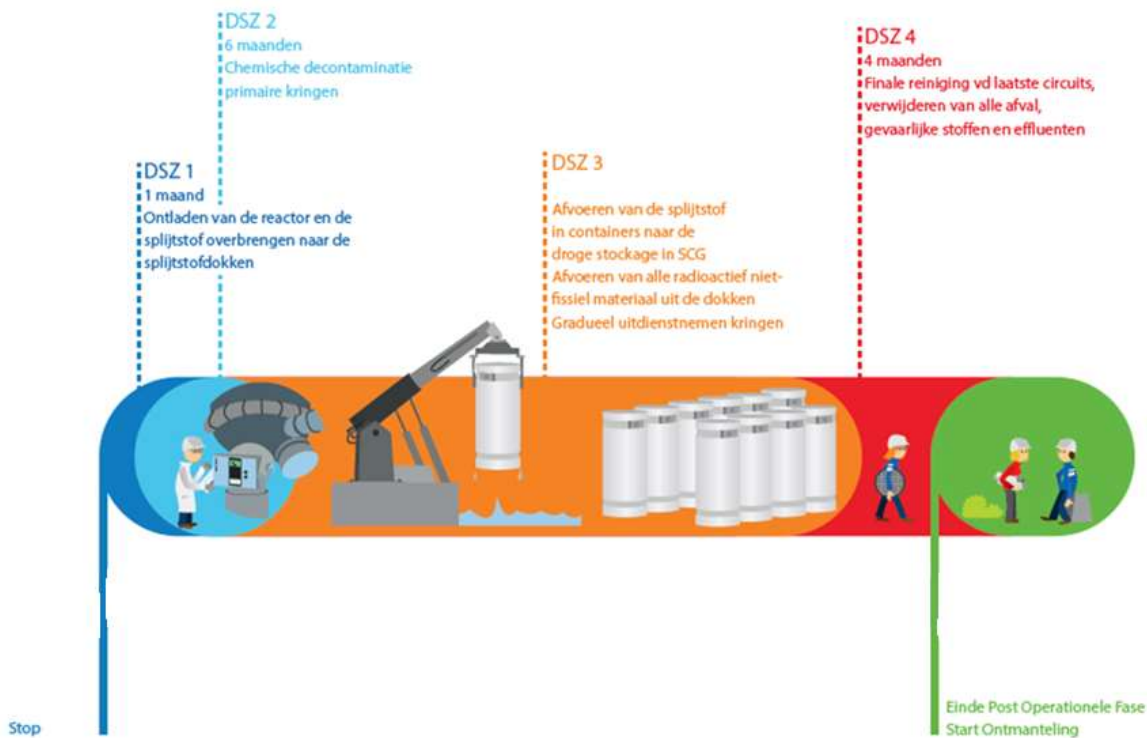


Abbildung 1-3 Schematische Darstellung der vier Phasen während der definitiven Stilllegung

Die definitive Stilllegung dauert je nach Anlage zwischen drei und fünf Jahren. Auch in diesem Stadium müssen noch diverse Systeme und Parameter überwacht werden: Kühlung des Brennstoffs im Brennstoffbecken, Belüftung der Gebäude, Radioaktivitätsmessungen, Brandschutzsysteme usw. Schichtarbeit ist daher in diesem Stadium noch weiterhin erforderlich [Electrabel, 2019]. Die definitive Stilllegung ist in der atomrechtlichen Betriebsgenehmigung der Blöcke enthalten. Für KKW-1 und KKW-2 ist ein Zeitraum von knapp fünf Jahren vorgesehen. Die DSL-Periode kann in vier Phasen unterteilt werden. Die Phasen beziehen sich jeweils auf eine Reihe bestimmter Maßnahmen. Das Ende einer Phase ist an einen bestimmten (betrieblichen / technischen) Zustand eines Blocks gebunden.

Phase 1 beginnt mit dem Abschalten des Reaktors und der Trennung vom Stromnetz. Der Reaktor wird entleert, wobei die Brennelemente, Steuerstäbe und andere nicht brennstoffführende, stark strahlende Komponenten werden in das Brennstoffbecken verbracht. Diese Phase endet, wenn der Reaktor vollständig geleert ist.

Phase 2 beinhaltet die chemische Dekontamination der Primärkreisläufe. Die anderen Kreisläufe im Kontrollbereich (außer um das Brennstoffbecken) werden entleert und gereinigt.

Die chemische Dekontamination folgt einer Methodik, die den international anerkannten *Best Practices* entspricht. Bei der chemischen Dekontamination wird das Innere der Hauptkomponenten der betreffenden Systeme mithilfe chemischer Produkte gereinigt, wobei die Schicht mit der größten Aktivierung (ausgefällte aktivierte bzw. Spaltprodukte) ganz oder teilweise entfernt wird. Die verwendeten chemischen Produkte und die (teilweise) entfernte Schicht werden gesammelt, aufbereitet und der Rest wird als radioaktiver Abfall entsorgt.

Phase 3 endet, wenn die Brennelemente aus dem Brennstoffbecken entfernt werden. Nachdem die Nachwärme ausreichend abgeführt ist, werden die Elemente in Container verladen und zum Brennstofflagergebäude (SCG) transportiert. Auch in dieser Phase werden die im Brennstoffbecken vorhandenen nicht spaltbaren hochstrahlenden Komponenten als radioaktiver Abfall über die entsprechenden Kanäle entsorgt. Die anderen Kreisläufe werden nach und nach außer Betrieb genommen.

Phase 4 beinhaltet die Entleerung und Reinigung des Brennstoffbeckens und der umliegenden Kreisläufe. Nach Abschluss von Phase 4 der definitiven Stilllegung ist die Anlage für den Rückbau bereit [Electrabel, 2020].

Die definitive Stilllegung muss mit oder ohne die Durchführung des Projekts umgesetzt werden. Der einzige Unterschied ist der Zeitpunkt, zu dem die definitive Stilllegung erfolgt. Falls das Projekt realisiert wird, wird dies ca. zehn Jahre später sein, als wenn das Projekt nicht realisiert würde. Die Auswirkungen der definitiven Stilllegung sind in beiden Situationen dieselben. Die Verlängerung der Produktion um zehn Jahre hat keinen signifikanten Einfluss auf die Auswirkungen der definitiven Stilllegung an sich.

Rückbau

Beim Rückbau, der in mehreren Teilschritten erfolgen kann, wird die Anlage zerlegt. Die Geräte, Strukturen und Komponenten werden zur Freigabe, Wiederverwendung, Wiederverwertung oder Behandlung als radioaktiver Abfall ausgebaut bzw. dekontaminiert.

Diese Phase ist ein integraler Bestandteil des Lebenszyklus eines Kernkraftwerks. Denn obliegt es dem Betreiber, die Anlage nach der definitiven Stilllegung zurückzubauen und die ursprüngliche Umgebungssituation wiederherzustellen. In der Praxis bedeutet dies, dass die Anlagen zugunsten einer Grünlandschaft (auch ‚Greenfield‘ genannt) oder einer anderweitigen industriellen Nutzung weichen müssen.

Nach dem Bau der Anlage ist die Stilllegung eines der größten Projekte, die das Unternehmen jemals bewältigen wird. Solange Radioaktivität aus der industriellen Stromerzeugung in den Anlagen vorhanden ist, müssen alle nukleartechnischen Methoden, Prozedere und Vorschriften eingehalten werden. Das bedeutet, dass jeder Rückbauschritt verschiedene Kompetenzen in den unterschiedlichen Bereichen erfordert. Dies wird so lange fortgesetzt, bis die Radioaktivität aus industriellen Aktivitäten entfernt ist. Die Phase des Rückbaus dauert etwa 10 bis 15 Jahre [Electrabel, 2019].

Für den Rückbau ist eine spezielle Genehmigung der Föderalagentur für Nuklearkontrolle (FANK) erforderlich. Diese Genehmigung wird erst erteilt, wenn die Nationale Agentur für radioaktive Abfälle und angereicherte spaltbare Materialien den ‚Endgültigen Rückbauplan‘ genehmigt hat. Die Umweltfolgen der Stilllegung werden daher im Rahmen des spezifischen Rückbaugenehmigungsantrags

untersucht. Aus diesem Grund fallen die Umweltfolgen der Stilllegung nicht in den Anwendungsbereich dieser UVP.

Greenfield

Im Sinne der Haftungsaspekte ist das Endziel die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands des Standorts. Das bedeutet, dass das Gelände im Prinzip wieder *grünes Gras* werden sollte. Es liegt dann im Ermessen der Behörden, ob diese Standorte wieder für eine industrielle Tätigkeit genutzt werden oder nicht. Die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands erfolgt nach dem Abbau aller kerntechnischen Anlagen am Standort Doel.

1.1.4 Angaben zum Auftraggeber

Name	Electrabel N.V.
Adresse:	Simon Bolivarlaan 34 1000 Brüssel
Geschäftsführer:	Philippe van Troeye, (Geschäftsführer/Verwaltungsratsvorsitzender)
Telefon:	+32 2 518 61 11
Fax:	+32 2 518 64 00
MwSt.-Nummer	BE 0403.170.701 (Electrabel)

Electrabel ist der Betreiber und Eigentümer der KKW-1 und KKW-2. Electrabel ist Teil von ENGIE, einem weltweit führenden Anbieter in den Bereichen Energie und Umwelt. Electrabel ist Marktführer in Belgien und größter Produzent von Ökostrom. Auf diesem Markt erzeugt das Unternehmen Strom und verkauft Strom, Erdgas und Energiedienstleistungen. Das Unternehmen bietet seinen 3,1 Millionen Privat-, Gewerbe- und Industriekunden Energielösungen und einen maßgeschneiderten Service. Electrabel hat seine Produktionsstätten in Belgien auf 9.900 MW (Unternehmensanteil) diversifiziert, die sich aus erneuerbaren Energiequellen, fossilen Brennstoffen und Kernenergie zusammensetzen. Die Treibhausgasemissionen der Produktionsanlagen gehören zu den niedrigsten in Europa. ENGIE bestätigt seine strategische Entscheidung für einen diversifizierten, ausgewogenen und kohlenstoffarmen Energiemix. Dieser besteht hauptsächlich aus Erdgas, Kernenergie und erneuerbaren Energien und gewährleistet eine geringe CO₂Produktion. Die Kernenergie spielt in dieser Strategie eine wichtige Rolle. Der Anteil der Kernenergie an der weltweiten Stromproduktion des Konzerns beträgt etwa 8 %. Neben den sieben in Belgien betriebenen Reaktoren (Doel und Tihange) hält der Konzern Anteile an zwei Reaktoren in Frankreich (1.208 MW) und Kapazitäten (Bezugsrechte an Kernkraftwerken) in Deutschland (700 MW). Im Jahr 2015 lieferte das Kernkraftwerk Doel etwa 29,9 % der gesamten Stromproduktion von Electrabel in Belgien [Electrabel, 2016].

1.1.5 Angaben zur zuständigen Behörde

Name	Föderalagentur für Nuklearkontrolle (FANK)
Adresse:	Ravensteinstraat 36 1000 Brüssel
Telefon:	+32 2 289 21 11
Fax:	+32 2 289 21 12

Die Behörde, *in casu* der König, ist befugt, jedem, der kerntechnische Aktivitäten oder eine kerntechnische Anlage betreiben will, eine entsprechende Genehmigung zu erteilen, zu ergänzen oder zu ändern. Die Föderale Agentur für Nuklearkontrolle (FANK) ist die Aufsichtsbehörde für den Betrieb der genehmigten Anlage und kann auf Grundlage von Artikel 13 der Allgemeinen Verordnung über den Schutz der Bevölkerung, der Arbeitnehmer und der Umwelt gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen [ARBIS] neue Bedingungen für eine Genehmigung vorschlagen. Die FANK prüft auch regelmäßig, ob die Genehmigungsauflagen eingehalten werden.

Die FANK betreibt auch ein System zur Überwachung der Strahlung auf dem belgischen Staatsgebiet. Das TELERAD-Netzwerk misst kontinuierlich die Radioaktivität in der Luft und im Wasser. Darüber hinaus nimmt die FANK kontinuierlich Proben von den wichtigsten Gliedern der Nahrungskette und der Umwelt: Boden, Luftpartikel, Milch, Trinkwasser, Fleisch, Gemüse.¹

Dies entspricht dem Auftrag der FANK: die Gesundheit der Bevölkerung, der Mitarbeiter und der Umwelt vor den Gefahren ionisierender Strahlung zu schützen. Bestimmte Anlagen (Kernkraftwerke, Krankenhäuser usw.) und Aktivitäten (Transport von Kernmaterial, Lagerung von radioaktiven Abfällen usw.) erfordern den Einsatz ionisierender Strahlung.

1.1.6 Projektorganisation

Arcadis und NRG wurden von Electrabel (Muttergesellschaft: ENGIE) beauftragt, diese UVP auszuarbeiten. Electrabel hat Tractebel beauftragt, die Koordination der beteiligten Stellen zu übernehmen. Abbildung 1-4 zeigt schematisch die Projektorganisation.

¹ <https://fanc.fgov.be/nl/>

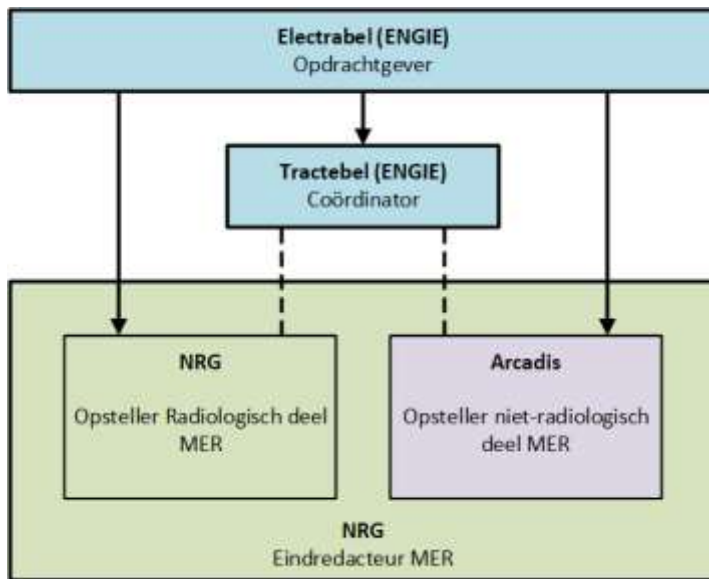


Abbildung 1-4 Projektorganisation

Arcadis ist der Autor der Teile dieser UVP, die sich mit nicht-radiologischen Aspekten befassen (Kapitel 2, und die Schlussfolgerungen in Abschnitt 4.1), und ist daher für die sachliche Richtigkeit der von ihm bereitgestellten Inhalte verantwortlich. Basierend auf den zur Verfügung stehenden Informationen berechnete Arcadis die Auswirkungen des Projekts und der Nullvariante.

NRG ist Autor derjenigen Teile dieser UVP, die sich mit radiologischen Aspekten befassen (Kapitel 3), sowie des allgemeinen Teils (Kapitel 1) und der Schlussfolgerungen in Abschnitt 4.2. NRG ist daher für die sachliche Richtigkeit der von ihr bereitgestellten Inhalte verantwortlich. NRG hat selbst keine Modellierungen oder Berechnungen durchgeführt, um z. B. die Auswirkungen bei Notfallsituationen zu ermitteln. Diese Berechnungen wurden von Tractebel im Rahmen des Sicherheitsberichts für KKW-1 und KKW-2 durchgeführt. Dieser Sicherheitsbericht wurde von Electrabel und Tractebel erstellt und von BEL-V, der technischen Tochtergesellschaft der FANK, genehmigt. Um die Qualität dieser UVP zu gewährleisten, hat NRG eine kritische, hinterfragende Haltung gegenüber Electrabel hinsichtlich der verwendeten Berechnungsmethode, der Datenerhebung usw. eingenommen. Die Berechnungsergebnisse wurden auf der Grundlage von Erfahrungen und *Engineering judgement* bewertet. Als Endredakteur der gesamten UVP hat NRG die von Arcadis bereitgestellten Informationen direkt übernommen und in die UVP integriert, abgesehen von Layout-bezogenen Änderungen, um die Teile von Arcadis und NRG einander anzugleichen.

1.1.7 Expertenteam

1.1.7.1 Nicht-radiologischer Teil

Das Team der externen Experten, die für die Erstellung der UVP (nicht-radiologischer Teil) verantwortlich sind, wird in Tabelle 1-1 vorgestellt.

Tabelle 1-1 Koordinatoren und Experten für die nicht-radiologischen Umweltaspekte

Fachbereich	Name	Zulassungsnummer
Koordinator Boden Landschaft, architektonisches Erbe und Archäologie	Hanne Carlens (Arcadis)	Zugelassene UVP-Expertin Boden – Pedologie; Landschaft, architektonisches Erbe und Archäologie – Landschaft; Mensch –Aspekte und zugelassener UVP-Koordinator EDA-817, unbefristete Zulassung
Wasser	Dirk Libbrecht (Arcadis)	Zugelassener UVP-Experte Wasser – Geohydrologie, Oberflächen- und Abwasser, Meeresgewässer EDA-277, unbefristete Zulassung
Lärm und Vibrationen	Ann Himpen (Arcadis)	Zugelassene UVP-Expertin Lärm & Vibrationen EDA-782, unbefristete Zulassung
Biodiversität	Wouter Rommens (Arcadis)	Zugelassener UVP-Experte Biodiversität EDA-593, unbefristete Zulassung
Menschen – Gesundheit Koordination	An Tombeur (Arcadis)	Zugelassene UVP-Expertin Mensch – Gesundheit 2016/00001, unbefristete Zulassung
Luft Klima	Frank Van Daele (Arcadis)	Zugelassener UVP-Experte Luft – Luftverschmutzung EDA-481, unbefristete Zulassung
Mensch – Mobilität	Adel Lannau (Arcadis)	Zugelassener UVP-Experte Mensch – Mobilität EDA-611, unbefristete Zulassung

Firma: Arcadis Belgien nv
 Projektleiter: H. Carlens
 Adresse: Borsbeeksebrug 22 (Post X)
 Antwerpen-Berchem, Belgien
 Telefon: +32 (2) 505 75 00

1.1.7.2 Radiologischer Teil

Gemäß Artikel 6.1.bis AVSIS wurde die Studie über die radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt auf Initiative des Antragstellers von der NRG nach Genehmigung durch die Agentur (FANK) auf der Grundlage eines Genehmigungsverfahrens durchgeführt, dessen Inhalt ebenfalls in Artikel 6.2 AVSIS festgelegt ist.

Auf der Grundlage einer von NRG eingereichten Zulassungsantrags mit dem Aktenzeichen 24543/19.154718 rev.1 C&S/CR (1. Oktober 2019) hat die FANK die NRG als Autor des radiologischen Teils der Umweltberichterstattung und -prüfung zugelassen [FANK, 2019].

Firma: Nuclear Research & consultancy Group (NRG)
Projektleiter: C. Rooker
Adresse: Westerduinweg 3
1755 LE Petten, Niederlande
Telefon: +31 (0)224 56 4356

1.1.8 Lesehinweise

Diese UVP gliedert sich in vier Kapitel. Kapitel 1 ist ein allgemeiner Teil. Es werden Hintergrund und Veranlassung der UVP sowie die Projektorganisation, die Arbeitsweise eines Kernkraftwerks im Allgemeinen und des Kernkraftwerks Doel, insbesondere die der Blöcke 1 und 2, erläutert. Darüber hinaus beschreibt dieses Kapitel das Projekt und die untersuchten Szenarien.

Die Auswirkungen des Projekts werden in zwei separaten Kapiteln beschrieben. Kapitel 2 befasst sich mit den nicht-radiologischen Aspekten, Kapitel 3 mit den radiologischen Aspekten. Beide Kapitel geben zunächst einen Überblick über die wichtigsten vom Projekt betroffenen Umweltaspekte. Anschließend wird die verwendete Methodik beschrieben, gefolgt von der Umweltprüfung. In der Umweltprüfung des Kapitels 2 (nicht-radiologisch) werden die Auswirkungen auf Boden, Wasser, Biodiversität, Klima und Mensch & Gesundheit betrachtet. Kapitel 3 über radiologische Aspekte befasst sich u. a. mit Direktstrahlung, Einleitungen und Störfällen². Beide Kapitel schließen mit einem Fazit und einer Referenzliste.

In Kapitel 4 werden die allgemeinen Schlussfolgerungen sowohl für die nicht-radiologischen Umweltaspekte als auch für die radiologischen Umweltaspekte gezogen.

1.2 Erteilte Genehmigungen

Die Situation der Genehmigungsverfahren des KKW ist komplex. Die Reaktoren KKW-1 und KKW-2 (Zwillingsreaktoren), KKW-3 und KKW-4 unterliegen als kerntechnische Anlage der Klasse I dem Genehmigungsverfahren nach Art. 6 ARBIS. Für die nicht-radiologischen Umweltfolgen unterliegt das KKW der regionalen Gesetzgebung, für radiologische Umweltfolgen der föderalen Gesetzgebung.

1.2.1 Föderale Genehmigungen

Die Blöcke KKW-1 und KKW-2 wurden vom föderalen Staat durch Königliche Erlasse für die Errichtung und den Betrieb der Kernkraftwerksblöcke und für spätere Änderungen genehmigt, siehe Tabelle 1-2 und Tabelle 1-3.

² Die Auswirkungen von nicht-radiologischen Störfällen werden in Kapitel 2 betrachtet.



Tabelle 1-2 Erstgenehmigung zum Betrieb von KKW-1 und KKW-2

Datum	Erlass	Referenz	Gültigkeit	Objekt
25.01.1974	KE 28/02/1963 ARBIS	Königlicher Erlass S.3.497/C 10001860841 geändert durch: <ul style="list-style-type: none"> • KE vom 7. Mai 1987 (Ref. S.3.497/L); • KE vom 20. Oktober 2009 (Ref. FANK 5000/AM-4-P/2B), mit dem die Aktiengesellschaft ‚Verenigde Energiebedrijven van het Scheldeland EBES‘ ermächtigt wird, ein Kernkraftwerk in Doel zu errichten, und mit dem die N.V. ELECTRABEL als Rechtsnachfolgerin der vorgenannten Gesellschaft ermächtigt wird, die Dampferzeuger zu ersetzen und die thermische Leistung des Kernreaktors von Block Doel 1 zu erhöhen 	- (unbefristet)	Genehmigung für: <ul style="list-style-type: none"> • Bau eines Kernkraftwerks, zwei Blöcke mit einer thermischen Leistung von je 1192 MW und einem 390-MWe-Turbo-Generator • diverse zum Betrieb des Kernkraftwerks unverzichtbare Anlagen

Tabelle 1-3 Übersicht der Betriebsgenehmigungen gemäß ARBIS für KKW-1 und KKW-2

Datum	Erlass	Referenz	Gültigkeit	Objekt
10/03/1975	KE 28/02/1963 AVSIS [ARBIS]	S.3.497/D 10001860843	-	Erweiterung um zwei zusätzlichen Kondensatoren
06/05/1975	KE 28/02/1963 AVSIS [ARBIS]	S.3.497/E (E1 + E2) 10001860845 10001866814	-	Erweiterung um einen zusätzlichen Kondensator
21/09/1981	KE 28/02/1963 AVSIS [ARBIS]	S.3.497/G 10001860911	-	Austausch von zwei Kondensatoren
17/03/1981	KE 28/02/1963 AVSIS [ARBIS]	S.3.497/H 10001860913	-	Ergänzung der Betriebsbedingungen (Sicherheit)
07/09/1981	KE 28/02/1963 AVSIS [ARBIS]	S.3.497/I 10001860916	-	Erweiterung um zwei stationäre Batterien
19/08/1983	KE 28/02/1963 ARBIS	S.3.497/J 10001860919	-	Verlagerung und Erweiterung des Lagers für brennbare Flüssigkeiten und nicht ortsfeste Gasbehälter
03/10/1986	KE 28/02/1963 ARBIS	S.3.497/K 10001860931	-	Installation zweier zusätzlicher Altöltanks und von vier zusätzlichen Kondensatoren
07/05/1987	KB 28/02/1963 ARBIS	S.3.497/L 10001860932	-	Änderung KE Nr. S.3497/C nav TJH
04/02/1988	KB 28/02/1963 AVSIS [ARBIS]	S.3.497/M 10001860939	-	Austausch von 16 Vorerwärmern
12/04/1991	KB 28/02/1963 ARBIS	S.3.497/N 10001860949	-	Erhöhung der Brennstoffanreicherung für die D1- und D2-Kernreaktoren
1/03/2004	FÖD Wirtschaft, KMB, Mittelstand und Energie	EP-2004-0010-A 10001861092	-	Einzelgenehmigung für den Umbau der Stromerzeugungsanlagen Block 2, Doel
06/05/2004	KE 20/07/2001 AVSIS [ARBIS]	FANK-683/AM-4-N/1 10001861095	-	Erhöhung der Anreicherungsquote des Brennstoffs für die Blöcke Doel 1 und 2

Datum	Erlass	Referenz	Gültigkeit	Objekt
06/05/2004	KE 20/07/2001 AVSIS [ARBIS]	FANK-683/AM-4-N/2 10001861104	-	Lagerung der alten Dampferzeuger von Doel 2 in der Erweiterung des Lagers für gebrauchte Dampferzeuger
06/05/2004	KE 20/07/2001 AVSIS [ARBIS]	FANK-683/AM-4-N/3 10001861136	-	Austausch der Dampferzeuger und Leistungserhöhung von Block Doel 2
16/05/2004	KE 20/07/2001 AVSIS [ARBIS]	FANK-683/AM-4-N/2A 10001861134	-	Bestätigung zur Einlagerung der alten Dampferzeuger von Doel 2 in der Erweiterung GSG
05/12/2004	KE 20/07/2001 AVSIS [ARBIS]	FANK-683/AM-4-N/3A 10001861167	-	Genehmigung für den Austausch der Dampferzeuger und die Erhöhung der Kapazität von Block Doel 2 (Austausch der Dampferzeuger) VSG&P-D2 Übersicht Dokumente
20/01/2005	KE 20/07/2001 [ARBIS]	FANK-683/AM-4-N/1A 10000546314	-	Genehmigung der Erhöhung der Anreicherungsquote des Brennstoffs für die Blöcke Doel 1 und 2
29/04/2005	KE 20/07/2001 AVSIS [ARBIS]	FANK-683/AM-4-N/3B 10000546315	-	Genehmigung für den Austausch der SG und Leistungserhöhung für Block Doel 2 (Aspekt der Leistungserhöhung) VSS&P - D2- Lizenz FANK Übersicht Dokument
18/02/2008	FÖD Wirtschaft, KMB, Mittelstand und Energie	EP-2007-0024-A 10001862415	-	Einzelgenehmigung für den Umbau der Stromerzeugungsanlagen Block 1, Doel
22/07/2008	KE 20/07/2001 AVSIS [ARBIS]	3-1/FVW/06/08/7/ UN4/6252/53999 1001041985	-	Projekt zum Austausch des 'Sicherheitsdiesels im Kernkraftwerk Doel D12'
23/06/2009	KE 20/07/2001 [ARBIS]	FANK-683/AM-4- N/3B 10010021026	-	BELV: R - Dez - PV - 09-001-0-Nr: Abnahmeprotokoll
20/10/2009	KE 20/07/2001 AVSIS [ARBIS]	FANK 5000/AM-4-P/1; 2; 1A 10010136425 10010136425	-	Erweiterung GSG bei Doel 1 und VSG&P + bei Doel 1
08/02/2010	FÖD Innere Angelegenheiten FANK	FANK 8658/AM-4-P	-	Genehmigung zur Änderung der Bedingungen von Doel 1 und 2
21/02/2010 26/10/2010	KE 20/07/2001 AVSIS [ARBIS]	FANK 5000/AM-4-P/2A und 2B 10010170964 10010221377	-	KE zur Ermächtigung von NV Electrabel als Rechtsträger des genannten Unternehmens zum Austausch der Dampferzeuger und zur Erhöhung der thermischen Kapazität des Kernkraftwerks Doel 1

1.2.2 Regionale Genehmigung

Das KKW verfügt über mehrere Umweltgenehmigungen. Diese Genehmigungen sind in Tabelle 1-4 aufgeführt.

Tabelle 1-4 Übersicht der Umweltgenehmigungen für KKW-1 und KKW-2

Datum	Behörde	Referenz	Gültigkeit	Objekt
04/02/1992	Ministerium der Flämischen Gemeinschaft	V/2535 10001863750	-	Genehmigung zur Wasserentnahme aus der Zeeschelde in Doel und zur Wasserrückführung in die Zeeschelde in Doel
31/03/2011	Ständige Deputation Ostflandern	M03/46003/46/2/A/5/HV/L W 10010248886	31.03.2031	Genehmigung zum Weiterbetrieb einer Stromerzeugungsanlage (nicht-nukleare Anlagen)
10/11/2011	Ständige Deputation Ostflandern	M03/46003/46/2/W/5/LBR/ KVDB 10010294911	31.03.2031	Änderung der besonderen Bedingungen der Anlage K1
12/02/2015	Ständige Deputation Ostflandern	M03/46003/46/2/W/6/LDR/ FV 10010529979	31.03.2031	Antrag auf Änderung der Umweltgenehmigungsauflagen K1 hinsichtlich der Ableitung des Betriebsabwassers und des Kühlwassers

1.3 Allgemeine Beschreibung eines Kernkraftwerks

1.3.1 Funktionsweise

Eine nukleare Produktionseinheit besteht aus einem nuklearen und einem konventionellen Teil. Bei der Stromerzeugung wird die im Reaktorkern durch die Spaltung von Uran, das leicht mit ^{235}U (zwischen 3 und 5 %) angereichert ist und den Kernbrennstoff darstellt, freigesetzte Wärme genutzt. Mithilfe dieser Wärme wird das im Primärkreislauf unter Druck stehende Wasser erhitzt. In den Dampferzeugern fließt das Wasser im Primärkreislauf durch Tausende von geschlossenen Rohren und gibt seine Wärme an das Wasser des Sekundärkreislaufs ab. Das Wasser im Sekundärkreislauf wird in Hochdruckdampf umgewandelt, der zum Antrieb einer schnelllaufenden Turbine verwendet wird, die ihrerseits einen Stromerzeugungsgenerator antreibt. Am Ausgang der Turbine wird der Dampf im Kondensator wieder in Wasser umgewandelt und dann für einen neuen Zyklus zurück in den Dampferzeuger geleitet. Der Prozess der Stromerzeugung ist in Abbildung 1-5 dargestellt.



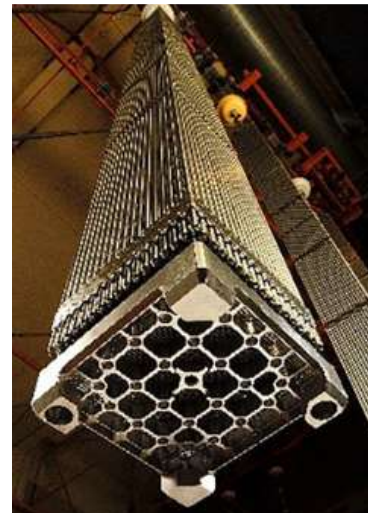
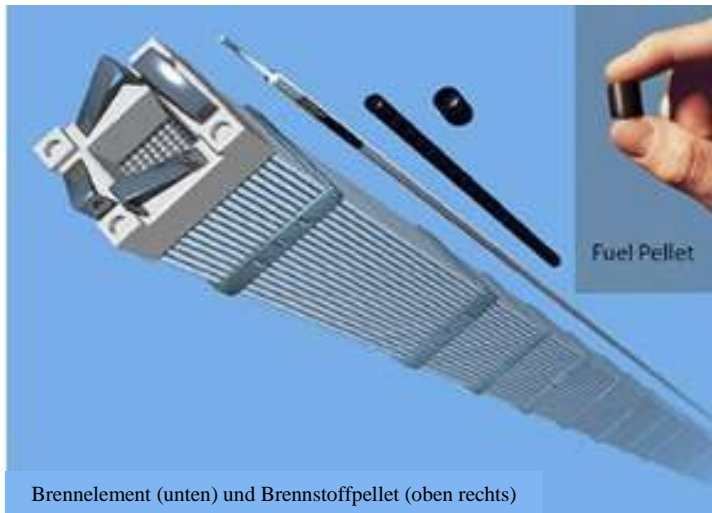
- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1. Reaktor | 14. Alternator |
| 2. Spill/storstuifen | 15. Bekrachtiger alternator |
| 3. Regelstaven | 16. Transformator |
| 4. Drukregelval | 17. Hoogspanningslijn |
| 5. Stoomgenerator | 18. Waterloop (Scheide) |
| 6. Primaire pomp | 19. Opname koelwater |
| 7. Voedingswater primaire kring | 20. Koud koelwater |
| 8. Voedingswater secundaire kring | 21. Opgewarmd koelwater |
| 9. Stoom secundaire kring | 22. Koeltoren |
| 10. Hogedrukturbine | 23. Opwaartse luchtstroom |
| 11. Lagedrukturbine | 24. Waterdamp |
| 12. Condensor | 25. Lozing koelwater |
| 13. Voedingspomp | 26. Consumenten |

Abbildung 1-5 Schematische Darstellung eines Kernkraftwerks

1.3.2 Nuklearer Teil

Bei den Reaktoren des KKW handelt es sich um Druckwasserreaktoren (DWR) (*Pressurized Water Reactor* - PWR). Die Reaktorgebäude verfügen jeweils über ein doppeltes Containment-System. Im Ringraum zwischen den beiden Behältern herrscht Unterdruck, um Leckagen an die Umgebung zu verhindern.

Der Brennstoff liegt in Form von Uranoxid-Pellets vor, die eine zylindrische Form mit einem Durchmesser von etwa 8 bis 9 mm und einer Höhe von 15 mm haben. Die Brennstoff-Pellets werden in geschlossenen, etwa 4 m hohen Rohren gestapelt: Die Kombination aus Pellets und Rohr wird üblicherweise als Brennstab bezeichnet. Die Brennstäbe werden in mehreren Bündeln zu einer Metallstruktur, dem ‚Brennelement‘ zusammengefügt (siehe Abbildung 1-5). In dieser Form wird der Kernbrennstoff am Standort angeliefert und eingesetzt.



Brennelement (unten) und Brennstoffpellet (oben rechts)

Abbildung 1-6 Brennelemente

Der Teil, in dem die Spaltreaktion stattfindet, wird als Kern bezeichnet; es ist der Satz der Brennelemente mit dem Uran. Die Brennelemente werden in einer genau vorgegebenen Reihenfolge in den Reaktorbehälter eingesetzt (mit Wasser gefüllter Stahlbehälter). Die Brennelemente verbleiben dort für ca. 48 Monate. Etwa alle zwölf Monate wird ein Viertel des Spaltstoffs aus dem Reaktor entfernt und durch Brennelemente mit frischem Brennstoff ersetzt. Die verbrauchten Brennelemente von KKW-1 und KKW-2 werden im Brennstoffbecken im Gebäude für nukleare Notfalldienste (GNN) gelagert. Wenn die verbrauchten Brennelemente ausreichend abgekühlt sind, werden sie in den BCG überführt.

Dies ermöglicht es, die durch die Spaltung freigesetzte Wärmeenergie auf das Wasser im Primärkreislauf zu übertragen, ohne dass die Spaltprodukte die versiegelten Brennstäbe verlassen.

Durch die Kettenreaktion bei der Spaltung werden die Brennelemente sehr stark erhitzt (ca. 900°C). Die Wärme aus dem Reaktorkern wird auf das in einem geschlossenen abgedichteten Kreislauf zirkulierende Wasser³ übertragen. Dieser erste Kreislauf wird als Primärkreislauf bezeichnet. Das Wasser in diesem Kreislauf erreicht eine durchschnittliche Temperatur von 300 °C. In einem Druckwasserreaktor wird das Wasser mit Hilfe eines Druckreglers unter Druck gehalten, um ein Sieden des Wassers zu verhindern. Es werden Primärpumpen eingesetzt, um Druckverluste im Kreislauf auszugleichen.

Das heiße Wasser im Primärkreislauf gibt wiederum Wärme an einen zweiten geschlossenen Kreislauf, den Sekundärkreislauf, ab. Beide sind hermetisch gegeneinander abgedichtet. Der Wärmeaustausch findet in einem Dampferzeuger statt, einem großen zylindrischen Wärmetauscher, der aus Tausenden von Rohren besteht. Die Blöcke KKW-3 und KKW-4 haben drei Schleifen, die jeweils mit einem Dampferzeuger und einer Primärpumpe, aber nur einem Druckregler für den gesamten Primärkreislauf ausgestattet sind. Die Blöcke KKW-1 und KKW-2 haben nur zwei Schleifen.

Der Betrieb eines Kernreaktors wird genau überwacht. Um den Reaktor zu starten, zu stoppen oder auf verschiedenen Leistungsstufen zu betreiben, steuern die Bediener die Intensität der Kettenreaktion mit

³ Wasser mit zugesetzter Borsäure, die den Prozess moderiert (verlangsamt) und überschüssige Neutronen absorbiert, um die Kettenreaktion zu kontrollieren.

Hilfe von Steuerstäben, deren Materialien die Neutronen absorbieren können. Das Einsetzen dieser Stäbe in den Reaktorkern sorgt dafür, dass die Neutronen absorbiert werden und somit die Anzahl der Kettenreaktionen sinkt. Im Falle einer unerwarteten Situation fallen diese Stäbe automatisch in den Kern und stoppen die Kettenreaktion in weniger als zwei Sekunden. Die Stäbe werden also für schnelle Änderungen der Reaktorleistung eingesetzt. Zusätzlich wird dem Kernwasser der wasserlösliche Neutronenabsorber Bor zugesetzt, um die Intensität der Spaltreaktion zu steuern; die Borkonzentration wird täglich angepasst.

1.3.3 Konventioneller Teil

Das Wasser im Primärkreislauf gibt seine Wärme an das im Sekundärkreislauf zirkulierende Wasser ab. Es findet also kein Flüssigkeitsaustausch statt, sondern nur ein Wärmeaustausch über den Dampferzeuger. Wenn das Wasser mit den Rohren des Primärkreislaufs des Dampferzeugers in Berührung kommt, erhitzt es das Wasser im Sekundärkreislauf und verändert es zu Dampf. Der erzeugte Dampf treibt eine Turbine an: Die kalorische Energie wird in kinetische Energie umgewandelt. Jede Turbine besteht aus einem Hochdruckkörper und zwei Niederdruckkörpern. Ein Generator an jeder Turbine wandelt schließlich die kinetische Energie in Elektrizität um, die in das Hochspannungsnetz eingespeist wird, siehe Abbildung 1-5.

Der von der Turbine genutzte Dampf wird im Kondensator abgekühlt, wo er nach dem Kontakt mit tausenden von Rohren wieder in flüssiges Wasser umgewandelt wird. In den Rohren zirkuliert das Wasser in einem dritten Kreislauf, dem sogenannten Tertiär- oder Kühlkreislauf, der mit Wasser aus der Schelde gespeist wird. Das Wasser im Sekundärkreislauf kann dann in den Dampferzeuger zurückgeführt werden, um wieder auf den Dampfzustand aufgeheizt zu werden und den Zyklus fortzusetzen.

Wie die großen konventionellen Wärmekraftwerke verwenden auch die KKW-3- und KKW-4-Blöcke Kühltürme, um die Temperatur des Kühlwassers durch natürliche Luftzirkulation zu reduzieren. Das erwärmte Wasser verteilt sich am Fuß des Turms in Form von Tröpfchen und wird durch den aufsteigenden Luftstrom abgekühlt. Der größte Teil dieses Wassers kehrt in den Kondensator zurück, während der Rest in den Fluss abgeleitet wird, wobei nur ein kleiner Teil, etwa 2 %, in der Atmosphäre verdunstet: Dies ist die Kondensationsfahne, die den Turm verlässt. Die Kondensationskühlung der Blöcke KKW-1 und KKW-2 erfolgt im Direktströmungsverfahren. Im Laufe der Jahre wurde die Möglichkeit geschaffen, dieses Kühlwasser bei Bedarf auch über die Kühltürme zu leiten.

Der Betrieb von Kraftwerken erfordert etliche Kreisläufe und Nebengebäude, z. B.:

- konventionelle Hilfsdieselmotoren für die Dampferzeugung beim Anfahren des Blocks oder als Back-up für den Fall, dass die Dampftransformatoren in kerntechnischen Anlagen nicht verfügbar sind
- Notstromdieselaggregate im Zusammenhang mit der kerntechnischen Sicherheit und den zugehörigen Tanks
- stationäre Batterien
- Transformatoren, die den erzeugten Strom in das Hochspannungsnetz einspeisen.

1.4 Beschreibung des Kernkraftwerks Doel

Electrabel NV betreibt in Doel ein Kernkraftwerk (KKW) mit vier Produktionsblöcken und einer Gesamtproduktionskapazität von 3.720 MWe.

Das KKW besteht aus:

- vier Produktionsblöcken
 - Die Zwillingsblöcke KKW-1 und KKW-2 haben bestimmte Kreisläufe gemeinsam.
 - Die Blöcke KKW-3 und KKW-4 sind zwar getrennt, doch nahezu identisch.
- einer Anlage zur Aufbereitung von Atommüll und zur Versorgung mit Prozesswasser
- einer Anlage zur Trockenlagerung von verbrauchten Brennelementen
- einem Gebäude zur Lagerung der alten Dampferzeuger

Die Nettostromerzeugung des KKW (Bruttoerzeugung abzüglich des für den Betrieb der Anlage erforderlichen Eigenverbrauchs) zwischen 2012 und 2018 ist in Tabelle 1-5 [Electrabel, 2013] [Electrabel, 2014], [Electrabel, 2015a], [Electrabel, 2016], [Electrabel, 2017], [Electrabel, 2018], [Electrabel, 2019].

Tabelle 1-5 Nettostromerzeugung im Kernkraftwerk Doel, in GWh

Block	Inbetriebnahme	Thermische Leistung [MWth]	Installierte Produktionskapazität [MWe] ⁴	Erzeugung [GWh]						
				2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
KKW-1	1975	1 312	530	3 445	3 708	3 556	397	3 015	3 426	1 172
KKW-2	1975	1 312	530	3 262	3 557	3 528	2 971	3 307	3 413	1 475
KKW-3	1982	3 064	1 330	3 695	4 998	2 072	64	7 287	6 380	3 756
KKW-4	1985	3 000	1 330	7 819	8 447	4 887	7 744	8 782	7 461	5 514
Gesamt		8 688	3 720	18 220	20 720	14 044	11 177	22 120	20 681	11 918

1.4.1 Lokalisierung

Der Standort des KKW befindet sich im nördlichsten Teil des so genannten Waasland-Hafens, im Hafengebiet von Antwerpen am linken Ufer in Doel, einem Teil der Gemeinde Beveren in der Provinz Ostflandern. Seine Lage ist in der folgenden Abbildung 1-7 angegeben.

⁴ Generatorenleistung



Abbildung 1-7 Lokalisierung (in rot) des KKW-Produktionsstandorts⁵

Das Betriebsgelände des KKW wurde in den sechziger Jahren angelegt, wobei das ehemalige Poldergebiet mit Sand aufgeschüttet wurde. Die Scheldepolder sind hauptsächlich in historischer Zeit entstanden.

Das KKW liegt recht isoliert in einer nördlichen Ecke des Hafengebiets am linken Ufer. Der Standort wird geographisch begrenzt durch:

- Polder und die Naturausgleichsfläche Paardenschor im Norden
- das Polderdorf Doel (oder seine Überreste) im Süden
- die Schelde im Osten
- die Polder (ausgewiesen als Seehafengebiet mit temporärer landwirtschaftlicher Nutzung – ZTA-Gebiet) im Westen

1.4.2 Räumliche Lage

Das KKW und seine unmittelbare Umgebung wurden in den Regionalen Raumordnungsplan (GRUP) – Abgrenzung Antwerpener Hafengebiet – Hafenentwicklung linkes Ufer aufgenommen, der 2014 von der flämischen Regierung genehmigt wurde. Mit dem Urteil des Staatsrats vom 20. Dezember 2016 wurde der regionale Raumordnungsplan (GRUP) von 2014 aufgehoben. Die weitere Naturentwicklung in Doelpolder Midden und der Bau des Saeftinghedocks (auf der Höhe des Polderdorfes Doel) werden daher vorerst nicht stattfinden. Derzeit läuft ein Verfahren für ein ‚Komplexes Projekt in Bearbeitung‘ (*complex*

⁵ <http://geo-vlaanderen.gisvlaanderen.be/geo-vlaanderen/kleurenortho/#>

project lopende), bei dem die flämische Regierung eine Entscheidung über die Alternative der Umsetzung getroffen hat.



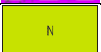






Das bedeutet, dass die Zonierung des KKW und seiner unmittelbaren Umgebung durch den ursprünglichen Sektorenplan neu definiert wird. 1978 (Königlicher Erlass vom 7. November 1978 zur Festlegung des Regionalplans Sint-Niklaas-Lokeren).

Abbildung 1-8 zeigt die aktuelle Zonierung des KKW und seiner unmittelbaren Umgebung im Sektorenplan von 1978. Tabelle 1-6 enthält die Legende.



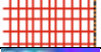



Abbildung 1-8 Umgebung des Produktionsstandorts KKW⁶, mit dem KKW schwarz umrandet.

Tabelle 1-6 Legende

Element	Beschreibung
	Industriegebiet
	Bereich der Hafenerweiterung
	Naturraum
	Naturräume von wissenschaftlichem Interesse oder Naturschutzgebiete
	Waldgebiete
	Naturraum mit Grunddienstbarkeiten (für Transport und Rohrleitungen)
	Landwirtschaftliche Flächen
	Reservebereich für die Erweiterung
	Wohngebiet

⁶ Quelle: <http://geopunt.be>

Element	Beschreibung
	Wohngebiete mit ländlichem Charakter
	Wohngebiete von kulturellem, historischem und/oder ästhetischem Wert
	Erweiterungsflächen für Wohngebiete
	Industriegebiet mit möglicher Erweiterung des Gezeitendocks

1.4.3 Natürliche Umgebung

Das KKW liegt an der Schelde und damit auch in deren Einzugsgebiet, genauer gesagt im Unterschelde-Becken.

Die Schelde ist ein Gezeitenfluss. Infolge dieser Gezeiteneffekte findet man an den Ufern der Schelde, auch auf Höhe des KKW, zahlreiche bedeutsame Naturschutzgebiete von großem biologischem Wert. Diese Naturräume umfassen die Poldergebiete sowie die außerhalb der Deiche gelegenen Schlicke und Schorren. Die Schlicke und Schorren sowie die Schelde selbst sind als Habitatrichtlinien-Gebiet ausgewiesen. Darüber hinaus sind das gesamte Gebiet des Waasland-Hafens und die angrenzenden Poldergebiete als faunistisch bedeutsames Gebiet ausgewiesen. Es wird auch als Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ausgewiesen.

Die Natura 2000-Gebiete in der Umgebung des KKW sind:

- BE2300006 – Schelde- und Durme-Mündung von der niederländischen Grenze bis Gent
- BE2301336 – Untere Schelde

In der Nähe des KKW-Geländes findet man auch Gebiete des Flämischen Ökologischen Netzwerks (VEN), Gebiete des Integralen Regenerations- und Unterstützungsnetzwerks (IVON) und anerkannte Naturschutzgebiete.

Abbildung 1-9 zeigt die wichtigsten natürlichen Naturwerte in der Umgebung des Kernkraftwerks.



Abbildung 1-9 Naturwerte in der Nähe des KKW-Standorts und weitere Umgebung⁷ Das KKW ist in rot dargestellt.

1.4.4 Bebaute Umgebung

In der Umgebung des KKW-Geländes befinden sich keine weiteren Unternehmen. Die nächstgelegenen Aktivitäten befinden sich am rechten Ufer in ca. 2 km Entfernung (chemische Industrie) und rund um das Deurganck-Dock (Containerverkehr).

Was die Besiedlung betrifft, so gibt es neben dem aufgegebenen und teilweise enteigneten Dorfkern des Polderdorfes Doel einige Wohngebiete in der Nähe des Kernkraftwerks (Prosperdorp und Oude Doel) sowie verstreute Bauernhöfe in den Poldern. Mit Ausnahme von Prosperdorp liegen diese Wohnungen nicht innerhalb eines auf Raumplänen (Sektorenplan) definierten Wohngebiets.

Das nächstgelegene Wohngebiet, Lillo-Fort, liegt 2 600 Meter (von der Geländegrenze) südöstlich. Es folgen Berendrecht (3 300 Meter – nordöstlich) und Zandvliet (4 000 Meter – nordöstlich). Alle diese Wohngebiete befinden sich am rechten Ufer. Das nächstgelegene Wohngebiet am linken Ufer ist Kieldrecht, etwa 5 700 Meter südwestlich. Kallo liegt mehr als 6 700 Meter (südöstlich) entfernt, während das Dorfzentrum von Beveren 10 km südlich des Betriebsgeländes liegt.

Das nächstgelegene Haus befindet sich in einer Entfernung von ca. 800 m westlich des Projektgebiets.

Die Polder in der unmittelbaren Umgebung sind nur spärlich besiedelt.

⁷ <http://geo-vlaanderen.gisvlaanderen.be/geo-vlaanderen/ven/#>

1.4.5 Flurstücke

Das Projekt befindet sich vollständig auf Flurstücken, die im Besitz von Electrabel N.V. sind (Abbildung 1-10). Alle diese Grundstücke liegen in der Gemeinde Beveren.



Abbildung 1-10 Katasterplan

1.4.6 Lageplan des KKW-Geländes

Der Lageplan ist auf Abbildung 1-11 dargestellt. Der Standort verfügt über vier Reaktoren:

- Die Doppelreaktoren KKW-1 und KKW-2, die einige Systeme gemeinsam haben
- KKW-3
- KKW-4

Darüber hinaus enthalten das Wasser- und Abfallaufbereitungsgebäude (WAA-Gebäude) und das Brennstoff-Containergebäude (SCG) radioaktives Material. In den anderen Gebäuden befindet sich kein radioaktives Material. Eine genauere Beschreibung der verschiedenen Anlagen und Gebäude findet sich in Abschnitt 1.4.7.

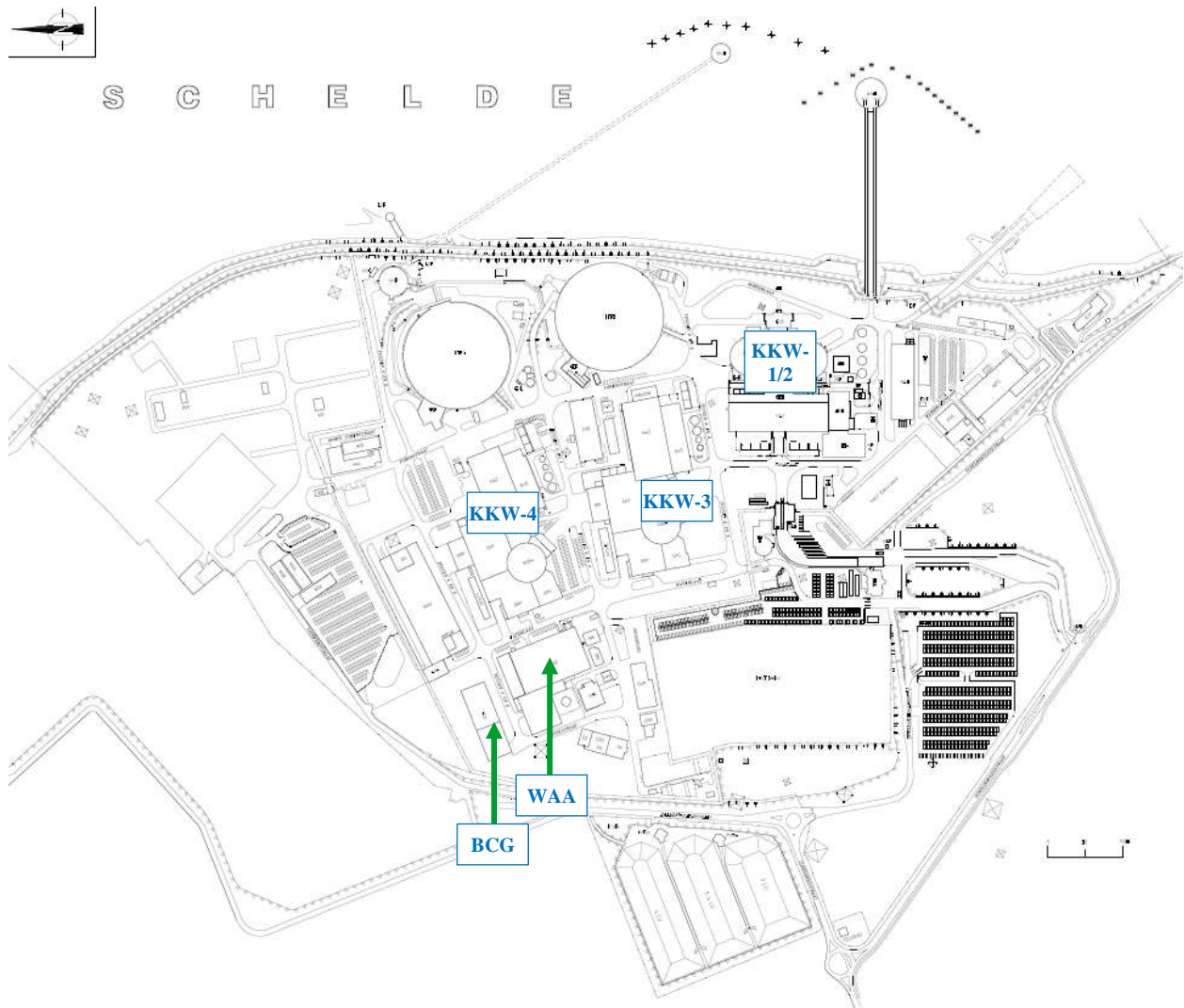


Abbildung 1-11 Lageplan des Standorts Doel

1.4.7 KKW-1 und KKW-2

KKW-1 und KKW-2 wurden nach amerikanischen Vorschriften gebaut. Sie wurden 1974 bzw. 1975 an das Netz angeschlossen. Die wichtigsten Strukturen und Gebäude werden im Folgenden beschrieben.

1.4.7.1 Reaktorgebäude (RGB)

Die beiden Reaktorgebäude (RGB) KKW-1 und KKW-2 befinden sich symmetrisch auf beiden Seiten des Gebäudes für nukleare Notfalldienste (GNN).

Jedes Reaktorgebäude enthält einen Zweiloop-Reaktor und dessen Primärkreislauf mit Hochdruckwasser sowie einen Teil der nuklearen Notfalldienste, wie die Akkumulatoren des Sicherheitseinspritzsystems und die Sprühkollektoren des Containment-Sprühkreislaufs. Das Sicherheitseinspritzsystem und der Sprinklerring gewährleisten, dass der Reaktorkern bei einem Störfall mit Verlust des Primärkühlmittels gekühlt und der Druckanstieg im Sicherheitsbehälter begrenzt bleiben, so dass der Sicherheitsbehälter intakt und die Freisetzung von Radioaktivität begrenzt bleiben.

Jeder der beiden nuklearen Dampferzeugungsblöcke ist in einem lecksicheren Containment installiert, das aus einer Metallkugel mit einem Durchmesser von 46 m (dem primären Containment) besteht, die von einer zylindrischen Betonhülle mit einem Außendurchmesser von 50 m (dem sekundären Containment) umgeben und mit einer Kuppel abgedeckt ist.

Zu den internen Strukturen zählen hauptsächlich:

- der ballistische Schutz aus Stahlbeton um den Primärkreis des Reaktors
- das Reaktorbecken
- die auf vier Ebenen (5 m – 9 m – 18,5 m und 24,5 m) verteilten Arbeitsetagen
- die Rollbahn des Polarkrans

Durch den Austausch der Dampferzeuger in KKW-1 (2010) und KKW-2 (2004) wurde eine Leistungssteigerung von 10 % erreicht. Die alten Dampferzeuger, die nach der Demontage als radioaktive Quelle gelten, werden auf dem KKW-Gelände in einem hierzu eingerichteten Gebäude gelagert.

1.4.7.2 Gebäude für Reaktor-Hilfsanlagen (BAR1, BAR2)

Das Gebäude für Reaktor-Hilfsanlagen (BAR) enthält die Dampfleitungen (MS-Loop) und die Speisewasserleitungen (FW-Loop), die Anlagen zu diesen Loops und fast alle Anlagen des Hilfs-Speisewasserkreislaufs (AFW-Loop).

1.4.7.3 Gebäude für nukleare Notfalldienste (GNN)

Das Gebäude für nukleare Notfalldienste (GNN), das sich zwischen den Reaktorgebäuden 1 und 2 befindet, wurde in zwei Zonen unterteilt, um die potenziell hochradioaktiven Bereiche vom Rest des Gebäudes zu trennen. Die Aufteilung erfolgte in Höhe der Ebene 9 m. Das GNN umfasst:

- die nuklearen Hilfs- und Sicherheitssysteme der Reaktoren KKW-1 und KKW-2
- das Brennstoffbecken für verbrauchten Brennstoff
- die Anlagen zur Lagerung und Behandlung von radioaktiven gasförmigen, flüssigen und festen Abfällen sowie die Pumpen für den Transfer der verschiedenen flüssigen Ableitungen in die WAA; die festen Abfälle werden wie für die anderen Blöcke in der WAA zentralisiert
- den Raum zur Vorbereitung und Lagerung der konzentrierten Borsäurelösungen
- die chemischen Laboratorien und die Umkleieräume (mit Duschen und Toiletten) mit Zugang zum Kontrollbereich;
- Lüftungsanlagen

Das Gebäude der nuklearen Notfalldienste ist 85 m lang und 22 m breit.

1.4.7.4 Gebäude für Notfallsysteme (GNS)

Das GNS ist ein Gebäude, in dem die Notfallsysteme untergebracht sind. Das Gebäude für Notfallsysteme wurde neben dem Gebäude der nuklearen Notfalldienste (GNN) an der Schelde errichtet. Es enthält die Notfallleitstelle und ist durch einen Gang auf dem Dach des GNN mit dem Gebäude für elektrische Notfalldienste (GEN) verbunden.

In diesem Gebäude befinden sich insbesondere:

- Trockner, Filter und Behälter des EI-Kreislaufs (Notdruckluft) und EI-Kompressoren

- die Glykol-Aufbereitung und Rückgewinnung von glykolhaltigen Abläufen und Entlüftungen
- Notstromdiesel mit ihren Kraftstofftanks und Kraftstoffpumpen (ED-Kreislauf) und ihren Luftkühlern
- die Luftkühler der Kreisläufe EC (Not-Zwischenkühlung) und PL (Kühlung und Reinigung des Brennstoffbeckens)
- die EF-Pumpen und EF-Behälter (Notspeisewasser)
- die RJ-Pumpen und RJ-Tanks (Notkühlung der Dichtungen der Primärpumpen)
- die Kabelräume 6,6 kV und 380 V
- zwei Reihen Batterien
- die Gleichrichter
- die Notfalleitstellen (NFL), die es ermöglichen, von der GNS aus die Reaktoren KKW-1 und KKW-2 in Wärme-Stopp zu halten bzw. in den Kalt-Stopp zu bringen
- Die Absaugvorrichtung des Gebäudes für nukleare Notfalldienste (GNN) und die Lüftung für die GNS.

Im Untergeschoss befinden sich:

- ein Raum mit zwei Tanks für die Speicherung von gasförmigen Ableitungen
- ein Raum für einen GW-Kompressor (gasförmiger Abfall)
- ein Raum für die Lagerung von radioaktivem Abfall

1.4.7.5 Maschinenraum (MAR)

Der Maschinenraum (MAR) ist 132 m lang, 38 m breit und 40 m hoch. Die Außenwände sind mit einer Metallverkleidung versehen, das Dach besteht ebenfalls aus Metall.

Der Maschinenraum umfasst in einer Linie die Anlagen des sekundären Teils der Blöcke, mit Ausnahme der Umwälzpumpen, die sich in der Wasserentnahme befinden: die Turbo-Generatoren mit einer Drehzahl von 1 500 U/min, ihre Wasserstationen, die Kondensatoren, die Nachwärmestation, usw.

Die beiden Turbo-Generatoren sind entlang einer gemeinsamen Achse gegenüberliegend angeordnet. Die Betonfundamente der Turbo-Generatoren ruhen auf Pfählen.

Die Haupttransformatoren befinden sich an der Westfassade des Maschinenraums (MAR), die Haus- und Starttransformatoren an der Ostfassade des Gebäudes der elektrischen Notfalldienste (GEN).

1.4.7.6 Gebäude der elektrischen Notfalldienste (GEN)

Das Gebäude der elektrischen Notfalldienste (GEN) befindet sich neben dem Maschinenraum (MAR) längs der Schelde.

Das Gebäude der elektrischen Notfalldienste umfasst

- den Kontrollraum mit den Steuerkonsolen und den vertikalen Haupttafeln. Es gibt nur einen Kontrollraum (KR), der sich in der Mitte des GEH befindet und an das Gebäude der nuklearen Notfalldienste (GNN) angrenzt, von dem aus die beiden Blöcke von separaten Kontrolltischen und -tafeln aus gesteuert werden können
- die Hilfsleitsäle mit den vertikalen Hilfstafeln

- den Elektroniksaal
- den Relais- und Verteilersaal
- den Kabelraum
- den Batterieraum
- die Räume mit den elektrischen Tafeln

Das Gebäude hat eine Gesamtlänge von 132 m und eine Breite von 10 m. In der Mitte des Gebäudes, über eine Strecke von 39,6 m, beträgt die Breite 14 m. Die Gesamthöhe des Gebäudes beträgt 22,5 m.

1.4.7.7 Gebäude der mechanischen Notfalldienste (GMN)

Das Gebäude für mechanische Notfalldienste enthält die ehemaligen Sicherheitsdiesel. Dieses Gebäude in Metallrahmenbauweise erstreckt sich entlang der Südfassade des Maschinenraums. Es ist ein Gebäude von 51 m mal 28 m.

Es ist unabhängig vom Maschinenraum mit selbsttragenden Strukturen konzipiert. Es gibt keine Keller; im Erdgeschoss befinden sich voneinander getrennte Räume für die Dieselmotoren, die Luftkompressoren, sowie das *Onsite Technical Support Center* (OTSC) und die Gemeinschaftsräume. Etwa die Hälfte der Fläche wird von Anlagen zur Demineralisierung des Wassers eingenommen.

Der Teil des Gebäudes mit Etage ist 18 m hoch. Der Teil ohne Etage ist 9 m hoch. Die Luftkühler der Dieselgruppen und die Lüftung des OTSC befinden sich auf dem Dach.

1.4.7.8 Wasserentnahme und -einleitung

Die Wasserentnahme für die Versorgung mit Schelde-Wasser (Tertiärkreislauf) befindet sich in ca. 200 m Entfernung von der Fahrrinne, zwischen den Tiefenlinien bei - 4,00 m und - 6,00 m, in ca. 225 m Entfernung vom Winterdeich und 150 m vom Sommerdeich. Die Struktur besteht aus einem Stahlbetonzylinder mit einem Außendurchmesser von 40 m, der in zwei gleiche Hälften geteilt ist, die jeweils für eine separate Gruppe vorgesehen sind. Er wird durch eine Reihe von Dukdalben geschützt, von denen die drei größten, die in einem Fischgrätenmuster entlang der Fahrrinne des Kanals angeordnet sind, dem Aufprall eines 50 000-Tonnen-Schiffes standhalten.

Das Zirkulationswasser wird über ein Stahlbetonwehr in den Maschinenraum (MAR) geleitet. Die Zuleitungskanäle unter der Bodenplatte des Maschinenraums werden durch das Schubrohr gespeist und verteilen das Wasser zum Kondensator. Nach der Kühlung des Kondensators wird das Umlaufwasser zu den atmosphärischen Kühltürmen KKW-3 und KKW-4 geleitet. Ein Teil des gemeinsamen Kreislaufwassers wird über die Abflusskanäle in die Schelde abgeleitet.

An die Zuleitungskanäle im Maschinenraum ist vor dem Kondensator eine Rohrleitung angeschlossen, die das Kühlwasser aufnimmt und zu einer Batterie von Wärmetauschern für die nuklearen Anlagen im Gebäude für nukleare Notfalldienste (GNN) führt.

Ein unabhängiger Kühlkreislauf (RW) doppelt den obigen Kreislauf. Er gewährleistet die Kühlung der nuklearen Kreisläufe, wenn der Hauptkreislauf aufgrund einer Störung ausfällt. Er besteht aus einer Baugruppe von vier atmosphärischen Kühltürmen mit Ansaugventilatoren.

1.4.7.9 Zentralgebäude A (ZGA)

Das Zentralgebäude A (ZGA) ist ein Verwaltungsgebäude, es grenzt an die Gebäude MAR und GMN. Es enthält keine sicherheitsrelevanten Einrichtungen.

1.4.7.10 Gebäude der Sicherheitsdiesel (DGG)

Das Gebäude für Dieselgeneratoren enthält die Sicherheitsdiesel und die zugehörigen Dieseltanks und -systeme (Elektroräume, Batterieräume, usw.). Dieses Gebäude befindet sich zwischen dem Werkstattgebäude (WPG) und dem 150 kV-Posten. KKW-1 und KKW-2 teilen sich dieses Gebäude.

1.4.7.11 Nebengebäude

Außer den Produktionsblöcken und Nebenanlagen, die den funktionsgerechten und sicheren Betrieb der Anlage gewährleisten, findet man auch:

- das Eingangsgebäude
- das Bürogebäude
- die Einheit ‚Werkstatt – Lager‘ mit folgenden Bereichen:
 - das auf zwei Ebenen aufgeteilte Lager
 - das Gasflaschenlager (kleines unabhängiges Gebäude, mit leichtem Dach und natürlicher Belüftung, durch eine Mauer in zwei Teile geteilt: ein Teil für Flaschen mit Druckluft oder Sauerstoff und ein anderer Teil für Flaschen mit brennbaren Gasen (Acetylen, Wasserstoff, Methan usw.); neutrale Gase können in beiden Teilen gelagert werden)
 - die Mechanikwerkstatt
 - die Elektrowerkstatt
 - Instrumentierungs- und Elektrizitätslaboratorien
 - die Schreinerei
 - eine Garage mit der Feuerlöschmaterial
 - eine Garage mit dem Material der Strahlenschutzabteilung

1.4.7.12 Anschluss an die WAA

Auf dem KKW-Gelände befindet sich auch das Wasser- und Abfallaufbereitungsgebäude (WAA-Gebäude) mit den Aufbereitungssystemen für feste und flüssige Abfallstoffe.

An den Blöcken KKW-1 und KKW-2 wurden eine Reihe von Modifikationen vorgenommen, um den Anschluss an die WAA zu ermöglichen. Die Änderungen zielen hauptsächlich darauf ab, die bestehende Abfalltrennung an die für KKW-3 und KKW-4 geltenden Grundsätze anzugleichen:

- recyclingfähige Abwasserströme mit nicht entgasten und entgasten Primärwasserabläufen
- nicht recyclingfähige Abwasserströme mit: Betriebsabwasser (Bodenabläufe, Dusch- und Waschwasser), Chemieabläufe und Regenerationsabwasser aus der kontinuierlichen Reinigung der Kondensate

Die Verbringung zur WAA erfolgt in ‚Batches‘, nach telefonischer Absprache zwischen der WAA und KKW-1 und KKW-2.

1.4.7.13 Verbrauchte Brennelemente

Die verbrauchten Brennelemente aus KKW-1 und KKW-2 werden im Brennstoffbecken im Gebäude für nukleare Notfalldienste (GNN) gelagert. Wenn der verbrauchte Brennstoff ausreichend abgekühlt ist, wird er zum BCG verbracht, wo er in *Dual Purpose Casks* (DPC) aufgenommen wird.

Die DPC sind für den Transport von verbrauchten Brennelementen zwischen den Gebäuden auf dem Gelände, deren Zwischenlagerung auf dem Gelände und deren Transport im öffentlichen Verkehrsraum bestimmt. Die Behälter sind so aufgestellt, dass eine Abschirmung gegen ionisierende Strahlung gewährleistet ist. Jeder DPC ist für die Aufnahme einer bestimmten Menge von Brennelementen ausgelegt. Die Anzahl der Brennelemente pro DPC hängt vom DPC-Typ, von der Geometrie und der Masse der Brennelemente, ihrer Anreicherung und der Spaltrate ab.

Die DPC sind so ausgelegt, dass alle Sicherheitsfunktionen gewährleistet sind. Die Sicherheitsfunktionen umfassen die Lagerung, den internen Transport zwischen den Brennelementgebäuden der Kernkraftblöcken und dem Lagergebäude sowie die diversen Handhabungs- und Entlade-/Ladevorgänge. Dabei handelt es sich um:

1. den Einschluss von radioaktiven Materialien im Behälter
2. den radiologischen Schutz vor ionisierender Strahlung, die von den verbrauchten Brennelementen ausgeht
3. die Gewährleistung des subkritischen Zustands
4. das Abführen der Restwärme aus den Brennelementen (die Gebäudekonstruktion muss dies ermöglichen).

1.4.7.14 Schutzlevel

Alle Blöcke in Doel verfügen über zwei Schutzlevel: Das erste Schutzlevel ist darauf ausgelegt, die Anlage vor Stör- und Unfällen internen Ursprungs und Erdbeben zu schützen, während das zweite und höchste Schutzlevel der Sicherungssysteme für externe Unfälle bestimmt ist.

1.5 Änderungen an den Blöcken KKW-1 und KKW-2

1.5.1 Änderungen vor dem Projekt

Die ursprüngliche Auslegung der Anlagen basiert auf einer soliden regulatorischen Grundlage: den U.S. Nuclear Codes und der 10CFR50-Richtlinie für den gesamten nukleare Bereich. Später ermöglichte die Einführung der ASME-Richtlinien Codes (*American Society of Mechanical Engineers*) zwischen der jeweiligen Relevanz der nuklearen Kreisläufe unterscheiden zu können, wobei die Sicherheitsanforderungen für jeden Kreislauf verschärft wurden.

In der Folgezeit erfolgten Verbesserungen an den Systemen mit den Schwerpunkten:

- Erhöhung der kerntechnischen Sicherheit
- Erhöhung der Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Anlagen

Die wichtigsten Änderungen im Rahmen der kerntechnischen Sicherheit basieren auf den periodischen Sicherheitsüberprüfungen (*Periodic Safety Reviews*, PSR). Zusätzlich zu den Verbesserungen, die sich aus den PSR ergeben, wurden viele andere Änderungen und Verbesserungen als Ergebnis interner und externer Inspektionen, Wartungen, Erfahrungsdaten (auch nach großen nuklearen Stör- bzw. Unfällen, wie denen in Three Miles Island, Tschernobyl und Fukushima) vorgenommen.

Die erste, alle zehn Jahre stattfindende Sicherheitsüberprüfung (PSR 1, im Jahr 1984) war weitreichend. Die neuen Erkenntnisse und Anforderungen aus den jüngsten nationalen und internationalen Erfahrungen mit PWR-Anlagen ermöglichten es, die kerntechnische Sicherheit deutlich zu erhöhen. Dabei wurden die Anforderungen an den Bau der neuen Kraftwerksblöcke einbezogen und Sicherheitsfragen, Erfahrungen und Vorschriften aus ausländischen Anlagen berücksichtigt. Die PSR 2 (1995) konzentrierte sich auf die Sicherheitsüberprüfung. Von da an begann der strukturelle Ansatz im Hinblick auf Alterung und Verschleiß. Der Schwerpunkt der PSR 3 (2012) lag auf folgenden Aspekten: Bestätigung des ursprünglichen Sicherheitslevels, Bewertung der Anlagenalterung, ‚*operating experience feedback*‘ (intern und extern). Weitere Verbesserungen wurden dank der gesammelten Erfahrungen erreicht.

Die wichtigsten Errungenschaften für KKW-1 und KKW-2 sind unten aufgeführt (aus einer langen Liste von Verbesserungen nach dem Prinzip der kontinuierlichen Verbesserung):

- Bau des gebunkerten Gebäude-Notfallsystems (GNS), analog zu den neuen Blöcken KKW-3 und KKW-4. Das GNS ist als Backup zu den Systemen des ersten Levels für eine Reihe von Störfallszenarien von Bedeutung. Die Auslegung des GNS basiert auf umfangreichen Studien zu externen Störfällen wie Erdbeben, Gasexplosionen, Flugzeugabsturz. Die Notfallsysteme des GNS gewährleisten folgende Funktionen: Aufrechterhaltung des Wasserpegels im Reaktorkreislauf, Aufrechterhaltung der Unterkritikalität des Reaktors, Abführung der Nachwärme, Notfallleitstelle (PSR1, bedeutsamste Realisierung)
- Evaluierung und Erhöhung der Erdbebensicherheit von kerntechnisch wichtigen Anlagen (PSR1)
- Erhöhung der Feuerbeständigkeit des Kontrollraums und Anpassung der Belüftung des Kontrollraums gegen die Gefahr von toxischen Gasen und radioaktiver Kontamination (PSR1)
- Verstärkung der Hochenergie-Leitungen, um die Folgen im Falle eines Defekts zu minimieren und um den Block in einen sicheren Kaltstopp zu bringen (PSR1)
- Ersatz der Sicherheitsventile im Reaktorkreislauf durch hydraulisch betätigte Sicherheitsventile, um den Überdruckschutz sowohl im heißen als auch im kalten Zustand zu gewährleisten (PSR1)
- Installation von passiven katalytischen Wasserstoff-Rekombinatoren in den Reaktorgebäuden, um das Risiko einer Wasserstoffexplosion zu vermeiden (PSR1)
- Austausch der vier Frischdampfventile zur erhöhten Zuverlässigkeit der Schnellabspernung der Frischdampfleitungen (PSR1)
- Installation von zusätzlichen Dieselgeneratoren für die Stromversorgung der Turbinenhilfssysteme (PSR1)
- ‚*Full-scope*‘-Simulator des Kontrollraums von KKW-1 und KKW-2 (1988); inzwischen wurde der Simulator aktualisiert und erweitert.
- Nachrüstung der Niederdruck-Sicherheitseinspritzpumpen/*Shutdown*-Pumpen zur Erhöhung ihrer Zuverlässigkeit (PSR2)

- Erweiterung des Rezirkulationsfilters für das Sicherheitsinjektionssystem in den Reaktorgebäuden (später folgte eine zweite große Erweiterungskampagne) (PSR2).
- Upgrade der Erdbebensicherheit bestimmter Anlagen (PSR2)
- Evaluierung und Validierung der Qualifizierung für die thermische Schichtung von Rohrleitungen am Druckhaltebehälter und Dampferzeuger (PSR2)
- Neubewertung der Störfallstudien, nach den Änderungen von PSR 1 (PSR2)
- Durchführung des *Probabilistic Safety Assessment* (PSA), um mögliche Schwachstellen in den Anlagen zu identifizieren; dabei wurden die positiven Auswirkungen der geänderten Störfallprozeduren und der Installation der katalytischen Wasserstoff-Rekombinatoren in den Reaktorgebäuden (PSR2) nachgewiesen.
- Änderungen an den polaren Kranbrücken in den Reaktorgebäuden zur Einhaltung der erweiterten Vorschriften (PSR3)
- Austausch der Kühlschlangen der Lüftungsanlagen im Reaktor- und Elektrogebäude (PSR3)
- Austausch und Upgrade der Reaktorschleife *Loose Part Monitoring System* PSR3
- Aufbringen einer neuen Beschichtung auf die äußere Betonhülle des Reaktorgebäudes (PSR3)
- Austausch der Dampferzeuger in KKW-2 bzw. KKW-1; dadurch wurde die Integrität des Reaktorkreislaufs verbessert (2004 und 2009)
- Erweiterung der Luftkühlung der Sicherheitsdiesel und die Möglichkeit, die Reaktorgrube im Falle einer Kernschmelze abzutauchen
- Austausch der Sicherheitsdiesel, um den stark gewachsenen Qualifikationsanforderungen für solche Sicherheitseinrichtungen zu entsprechen; auch die Steuerlogik wird grundlegend geändert, von einer komplexen gekreuzten Logik zu einer Monosystemlogik: wie in moderneren Blöcken speist jeder Diesel speist seine eigene elektrische Polarität.
- Im Maschinenraum wurden die Kondensatoren durch Titankondensatoren ersetzt und mehrere Wärmetauscher ausgewechselt.

1.5.2 Projektbezogene Änderungen

Der Betreiber investiert kontinuierlich in die Sicherheit seiner kerntechnischen Anlagen durch eine verbesserte Auslegung und die Alterungskontrolle⁸ der Strukturen, Systeme und Komponenten (SSC), mit besonderem Augenmerk auf dem Wissensmanagement und der Integration von internem und externem Feedback.

Das Projekt wurde im Rahmen der vierten Periodischen Sicherheitsüberprüfung (PSR) der Kraftwerke evaluiert, wobei die folgenden Elemente genauer analysiert wurden:

⁸ Die physische bzw. Materialalterung ist die Alterung von Strukturen, Systemen und Komponenten (SSC) aufgrund physikalischer, chemischer oder biologischer Prozesse. Verschleiß, Wärmeschäden, Strahlenschäden und Korrosion sind einige Beispiele für die physische Alterung. Nicht-physische bzw. technologische Veralterung bezieht sich auf den Prozess der Obsoleszenz, der durch Veränderungen im Wissen und in der Technologie verursacht wird, sowie auf die Änderungen, die er in Codes und Normen verursacht.

- Alterungskontrolle
- Neubeurteilung und Verbesserung der Auslegung
- Relevante Vorschriften und Referenzen
- Zuverlässigkeit der Anlagen sowie menschliche und organisatorische Faktoren

Die vierte Periodische Sicherheitsüberprüfung (PSÜ) umfasst ein *Long Term Operation*-Programm (LTO).

Darüber hinaus initiierte die Europäische Kommission nach dem Fukushima-Unfall im März 2011 die Durchführung von Stresstests. Am 28. Oktober 2011 legte Electrabel der FANK den Bericht über die in Belgien durchgeführten Stresstests vor (*Belgian Stress Tests*, BEST) [Electrabel, 2011]. Auf Veranlassung der FANK wurden die in diesem Bericht genannten Maßnahmen, die sich auf langfristige Aktivitäten beziehen, ebenfalls in das Projekt übernommen.

Das Projekt hat gezeigt, dass die Alterungsprozesse und ihre möglichen Folgen unter Kontrolle sind.

Die FANK genehmigte den vom Betreiber vorgeschlagenen Plan zur Verbesserung der Sicherheit [Electrabel, 2015b], um die Laufzeit von KKW-1 und KKW-2 um zehn Jahre bis 2025 zu verlängern. Die vorgeschlagenen technischen Verbesserungen sollen den Unterschiede bei der Konzeptsicherheit gegenüber den neuesten PWR-Kernkraftwerken verringern und ein hohes Maß an Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Anlagen gewährleisten [FANK, 2009], [FANK, 2011]. Die von der FANK und Bel V genehmigten Investitionen (entsprechend den vereinbarten Verbesserungen der Auslegung bzw. ‚dem *Agreed Design Upgrade*‘, unter Berücksichtigung der Empfehlungen des Wissenschaftlichen Rates und der Kommentare der FANK und Bel V) waren vor ihrer Umsetzung Gegenstand eingehender Untersuchungen.

Der integrierte Aktionsplan und die im Rahmen des Projekts durchzuführenden Arbeiten sind im Long Term Synthesis Report – Doel 1 en Doel 2 April 2015 – Version O [Electrabel, 2015b] beschrieben.

Jährlich, ausnahmslos nach jeder Überholung, berichtet der Betreiber über den Fortschritt der durchgeführten Änderungen auf Basis des Syntheseberichts.

1.6 Das Projekt

1.6.1 Beschreibung des Projekts

Electrabel plant den Weiterbetrieb der Kernkraftwerke KKW-1 und KKW-2 über 2015 hinaus. Zu diesem Zweck hat Electrabel das Projekt (*Long Term Operation*, LTO) gestartet. Hierbei wird untersucht, ob Electrabel technisch und organisatorisch in der Lage ist, KKW-1 und KKW-2 über das Jahr 2015 hinaus für einen Zeitraum von zehn Jahren sicher weiter zu betreiben. Es wurden eine Reihe von technischen Verbesserungen formuliert.

Der Beschreibung der an den Anlagen vorzunehmenden Änderungen gehen lange Untersuchungen voran, die sich auf nationale und internationale Anforderungen an die kerntechnische Sicherheit stützen und

darauf abzielen, das Sicherheitslevel zu verbessern, um es so nah wie möglich an das Niveau der neuesten Anlagen heranzuführen.

Das Verfahren zur Identifizierung der Anlagenänderungen gestaltet sich wie folgt [Electrabel, 2012]:

- Analyse des Konzepts, insbesondere unter Berücksichtigung folgender Elemente:
 - Kerntechnische Genehmigung
 - Regulatorische Aufsicht (International Atomic Energy Agency (IAEA), United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC) usw.)
 - WENRA (Western European Nuclear Regulators Association) -Referenzwerte
 - Vergleichstests (mit den neuesten Blöcken) auf nationaler und internationaler (Anlagen im Ausland) Ebene sowie mit neueren konzeptionellen Entwicklungen
 - Überprüfung der vorangegangenen PSR
 - Operative Erfahrungsdaten
 - Dokumentation der Basisauslegung
- Erstellung einer *Long List of Concerns* ausgehend von verschiedenen Informationsquellen (siehe oben)
- Annäherung an eine *Short List of Main Safety Issues* (MSI) auf der Grundlage von Risikoanalysen (die den größten Einfluss auf die kerntechnische Sicherheit haben: Vermeidung von nuklearen Schäden)
- Suche nach der besten technischen Lösung zur Klärung der MSI mit Prüfung verschiedener Alternativen

Die Bestimmung der vorgeschlagenen Änderungen ist daher das Ergebnis eines langen Prozesses, bei dem die möglichen Alternativen geprüft und ausgewählt wurden, mit dem Ziel, die kerntechnische Sicherheit zu verbessern. Durch die Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit sinkt die Wahrscheinlichkeit eines nuklearen Schadens und die Wahrscheinlichkeit einer Freisetzung mit umweltrelevanten Folgen. Die endgültigen Entscheidungen sind Gegenstand des LTO-Berichts [Electrabel, 2012].

Die Definition der Änderungen basiert auf einer Analyse der vorgeschlagenen Änderungen durch die belgische Aufsichtsbehörde. Ziel dieser Analyse ist es, unter Berücksichtigung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit das höchstmögliche Sicherheitsniveau zu gewährleisten. Diese Priorität in Bezug auf die kerntechnische Sicherheit hat Vorteile für die Umwelt, indem z. B. radioaktive Ableitungen auf ein Minimum beschränkt und die Risiken von Unfällen und deren Folgen minimiert werden (ALARA-Prinzip – *As Low As Reasonably Achievable*).

Der LTO-Bericht [Electrabel, 2012] zeigt, dass die Alterungsprozesse und ihre möglichen Folgen unter Kontrolle sind. Es muss sichergestellt sein, dass die Systeme, Strukturen und Komponenten während der verlängerten Betriebsdauer weiterhin wie vorgesehen funktionieren. Auch das Sicherheitsniveau der Kraftwerke wird auf das höchstmögliche Niveau angehoben.

Das LTO-Projekt entspricht vollumfänglich den internationalen Referenzen. Darüber hinaus wird die Auslegung der Anlagen verbessert, indem sie neu bewertet und mit der Auslegung neuerer und neu

konzipierter Anlagen verglichen wird. Darüber hinaus werden auch die menschlichen und organisatorischen Faktoren des KKW-Betriebs (Kompetenz, Wissen und Verhalten) gesondert behandelt.

Die wichtigsten Verbesserungen [Electrabel, 2012]:

- Es wird eine neue seismische FE-Pumpstation mit seismischen Zuleitungen zu den Gebäuden errichtet, in denen die nach einem Erdbeben erforderlichen Sicherheitssysteme untergebracht sind. Dadurch werden KKW-1 und KKW-2 besser vor einem durch ein Erdbeben verursachten Brand geschützt. Diese Konstruktionsverbesserung wird auch die Effizienz der automatischen Feuerlöschanlage im Maschinenraum erhöhen und eine zusätzliche seismische Einspeisung zu den Dampferzeugern ermöglichen.
- Die Keller mit Rückhaltesystemen werden zusätzlich gegen Überflutung geschützt. Neue, eintauchbare Pumpen werden auch an der Wasserentnahme platziert, um die RW-Kühltürme nachzufüllen (und die ultimative Kältequelle zu gewährleisten).
- Die Notfallsysteme (GNS) werden zuverlässiger ausgelegt und stärker automatisiert; ihre Kabel werden physisch besser von solchen Kabeln isoliert, die eine Sicherheitsfunktion auf erstem Level haben.
- Es wird ein System der gefilterten Druckentlastung des Sicherheitsbehälters bzw. ein *Filtered Containment Vent* (FCV) installiert, um den Sicherheitsbehälter im Falle eines Kernschmelzunfalls vor Überdruck zu schützen und damit inakzeptable radiologische Folgen für die Umwelt zu vermeiden.

1.6.2 Alternativen zum Projekt

Die mögliche Alternative ist die Null-Variante (Abschnitt 1.7.3), d. h. keine LTO. In diesem Fall wird die Stromerzeugung der Blöcke nach 40 Betriebsjahren eingestellt, und zwar zu den im Gesetz vom 31. Januar 2003 [FÖD, 2003] festgelegten Zeitpunkten:

- 14. Februar 2015 für KKW-1
- 30. November 2015 für KKW-2

Es gibt zahlreiche Optionen für die Stromversorgung zur Kompensation dieses Produktionsausfalls. Diese hängen von politischen und marktwirtschaftlichen Entscheidungen ab, die insbesondere auf technischen und wirtschaftlichen Erwägungen beruhen. Diese werden in dieser UVP nicht untersucht, vielmehr werden sie in die strategische UVP einfließen.

1.6.3 Neue Genehmigungen oder Änderungen bestehender Genehmigungen im Rahmen des Projekts

Dem KKW wurden im Rahmen des Projekts mehrere Genehmigungen erteilt. Diese Genehmigungen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 1-7 Zusammenfassung der im Rahmen des Projekts erteilten Genehmigungen KKW-1 und KKW-2

Datum	Behörde	Referenz	Gültigkeit	Objekt
21/02/2014	Ständige Deputation Ostflandern	M03/46003/46/2/M/4/C W 10010674488	31.03.2031	Mitteilung über geringfügige Änderung der Anlage (K1) aufgrund von LTO
12/02/2015	Ständige Deputation Ostflandern	M03/46003/46/2/W/6/L DR/FV 10010529979	31.03.2031	Antrag auf Änderung der Umweltgenehmigungsaufgaben K1
12/03/2015	Ständige Deputation Ostflandern	M03/46003/46/2/M/2/F V 10010529973	31.03.2031	Mitteilung über geringfügige Änderung der Anlage (K1)
27/09/2015	FÖD Innere Angelegenheiten	FANK ANPP-0011847 10010655894	-	KE zur Änderung der Genehmigungsvoraussetzungen D1 und D2 im Rahmen der LTO
1/03/2016	Ständige Deputation Ostflandern	M03/46003/46/2/M/3/F V 10010598533	31.03.2031	Mitteilung über geringfügige Änderung der Anlage (K1)
27/12/2016	Gem Beveren	B 2016/579 B 2016/580	/ (unbefristet)	Filtered Containment Vent installiert, um das ‚Containment‘ bei einem Störfall mit Kernschmelze vor Überdruck zu schützen
06/03/2017	Gem Beveren	B 2016/611	/	Neuer seismischer Feuerschutzkreislauf (FE) – Pumpstation mit größerem Löschwasserbehälter und zugehörige Umgebungsarbeiten
15/05/2018	Flämische Regierung	OMV/2017009795 10010798142	31.03.2031	ME zur Aktualisierung der Sonderbedingungen bezüglich NO2
7/02/2019	Flämische Regierung	OMV/2018067813 10010826349	31.03.2031	Entscheidung zur Nachbesserung von Generatoren und Nebenanlagen Vorgang 2018122825
24/05/2019	Abteilung Umgebung	BE-VL00000797	31.03.2031	Benachrichtigung über die Evaluierung der Umweltgenehmigung in Bezug auf die BVT für Großfeuerungsanlagen
18/06/2019	Flämische Regierung	OMV2019028682 Verlegung der Straße, Böschung und Bau eines Regenbeckens	/	Keller mit Rückhaltesystemen werden zusätzlich gegen Überflutung geschützt.

1.7 Beschreibung der Szenarien

In der UVP werden zwei Szenarien betrachtet. Das erste Szenario (Betriebsfortführung oder Realisierung des LTO-Projekts) bezieht sich auf die Umsetzung des Projekts und damit auf die Verlängerung der Laufzeiten von KKW-1 und KKW-2 bis 2025, während die anderen Anlagen bis zu ihrem geplanten Stilllegungsdatum in Betrieb bleiben, siehe Tabelle 1-8.

Tabelle 1-8 Szenarien der UVP

Bezeichnung des Szenarios	Datum der Stilllegung		Anmerkung
	KKW-1&2	KKW-3&4	
Projekt	2025	2022 / 2025	KKW-3 ist bis 2022 genehmigt. KKW-4 ist bis Mitte 2025 genehmigt. Die definitive Stilllegung von KKW-3 und KKW-4 liegt nicht im Anwendungsbereich dieser UVP. ⁹
Null-Variante	2015	2022 / 2025	

Das zweite Szenario (Null-Variante) geht von der Nicht-Existenz des Projekts (Ausstieg) aus, d. h. KKW-1 und KKW-2 werden stillgelegt, während die anderen Anlagen des Standorts in Betrieb bleiben. Diese Null-Variante wird im zweiten Abschnitt ausführlicher erläutert.

Die Variable zwischen den Szenarien ist lediglich das Datum der Stilllegung von KKW-1 und KKW-2. Alle anderen kerntechnischen Anlagen, nicht nur KKW-3 und KKW-4, sondern auch die WAA und das BCG bleiben im Berichtszeitraum weiter in Betrieb.

Wie auch in Abschnitt 1.1.3 angegeben, folgt auf die Beendigung der Stromerzeugung die definitive Stilllegung, wonach der Rückbau beginnt. Der Rückbau unterliegt einem gesonderten Genehmigungsverfahren, das eine Umweltverträglichkeitsprüfung beinhaltet. Da es sich hierbei um ein gesondertes Verfahren handelt, ist der Rückbau von KKW-1 und KKW-2 nicht Teil dieser UVP.

1.7.1 Ausgangssituation

Die Ausgangssituation ist definiert als der Zeitraum 2012-2014. Die Arbeiten an dem Projekt begannen im Jahr 2015. 2014 ist somit das letzte Jahr mit einer Situation ohne die Auswirkungen des Projekts. Im Rahmen des Normalbetriebs (einschließlich des Transports von radioaktiven Abfällen und verbrauchten Brennelementen) kommt es jedoch zu Schwankungen bei der Stromproduktion. Infolgedessen gibt es auch Schwankungen bei den Ableitungen und den Auswirkungen des Kernkraftwerks auf die Umwelt. Um ein besseres Bild der durchschnittlichen Situation zu vermitteln, wurde nicht nur das Jahr 2014 betrachtet, sondern auch die beiden Vorjahre, d. h. 2012 und 2013.

Die Auswirkungen des KKW in der Ausgangssituation wurden ermittelt, indem die gemessenen und berichteten Auswirkungen für den Zeitraum 2012-2014 betrachtet wurden. Soweit es möglich war, wurden die Daten nach dem Beitrag von KKW-1 und KKW-2 sowie dem kombinierten Beitrag aller Blöcke aufgeschlüsselt. Dies gibt Aufschluss über den Beitrag von KKW-1 und KKW-2 zur Ausgangssituation. Wo es möglich war, wurde für die Ausgangssituation eine durchschnittliche Auswirkung sowohl für KKW-1 und KKW-2 zusammen als auch global für alle Blöcke ermittelt. Diese Durchschnittswerte wurden dann verwendet, um die Auswirkungen während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018, der Betriebsphase unter zukünftigen Bedingungen (Zeitraum 2019-2025) sowie für die Nullvariante zu bestimmen.

⁹ Weitere Erläuterungen zu dieser Annahme finden sich in Abschnitt 1.1.3

1.7.2 Projekt (LTO-Szenario)

Das Projekt unterteilt sich in zwei Phasen: die Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 und die Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025).

1.7.2.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Der LTO-Synthesebericht enthält den integrierten Aktionsplan zum Betrieb von KKW-1 und KKW-2 für zehn Jahre über das im Kernkraftausstiegsgesetz von 2003 vorgesehene Datum hinaus. Dieser Aktionsplan wurde der FANK zur Bewertung vorgelegt [Electrabel, 2015b]. Die FANK hat zusammen mit Bel V diesen Plan analysiert und gelangte zu dem Schluss, dass das Projekt durchführbar ist, wobei die Sicherheit von KKW-1 und KKW-2 während des Langzeitbetriebs als erwiesen gilt [FANK, 2015]. Während des Zeitraums 2015-2018 werden bei weitem die meisten Arbeiten durchgeführt, um das Sicherheitsniveau der Blöcke so nah wie möglich an das Niveau der neuesten Anlagen heranzuführen. Dieser Zeitraum wird in diesem Projekt als ‚Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018‘ bezeichnet. Für die Beschreibung der Arbeiten vgl. Abschnitt 1.5.2 und Abschnitt 1.6.1.

In dieser Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 werden KKW-1 und KKW-2 von Electrabel betrieben. Es ist jedoch nicht möglich, die Auswirkungen dieser Arbeiten von denen des normalen Betriebs zu trennen und zu quantifizieren.

1.7.2.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (2019-2025)

Im Jahr 2018 wurde der überwiegende Teil der Arbeiten im Rahmen des Projekts abgeschlossen. Nach dem Start des Projekts ist 2019 das erste Jahr mit Normalbetrieb, d. h. es werden keine LTO-Arbeiten ausgeführt¹⁰. Diese Phase des Projekts ist als der Zeitraum 2019-2025 definiert und wird in dieser UVP als ‚Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)‘ bezeichnet. Nach der Betriebsphase werden KKW-1 und KKW-2 abgeschaltet und die definitive Stilllegung mit anschließender Stilllegung wird eingeleitet.

1.7.3 Null-Variante

Wie bereits erwähnt, ist die Null-Variante das Szenario, das davon ausgeht, dass der Betrieb des KKW-1 und KKW-2 im Jahr 2015 eingestellt wird und die definitive Stilllegung beginnt. Innerhalb dieser UVP wird folgender Zeitrahmen für die definitive Stilllegung (DSL) zugrunde gelegt:

- DSL Phase 1: 2015
- DSL Phase 2: daran anschließend in 2015
- DSL-Phase 3: läuft von 2016 bis 2018
- DSL Phase 4: 2019

¹⁰ Während des Wartungsstopps 2019 (der bis Anfang 2020 andauerte) werden die letzten Arbeiten in Bezug auf den LTO abgeschlossen. Insbesondere, weil noch nicht alle radioaktiven Abfälle aus der Bauphase verarbeitet wurden und dies die Gesamtwerte der Jahre nach 2018 beeinflusst, wird in dieser UVP angenommen, dass ab 2019 keine LTO-Arbeiten mehr durchgeführt werden.

Es ist zu beachten, dass die definitive Stilllegung von KKW-1 und KKW-2 in beiden Szenarien erfolgen wird, wobei sie beim Projekt-Szenario zehn Jahre später als bei der Null-Variante erfolgt. Es ist wahrscheinlich, dass die definitive Stilllegung von KKW-1 und KKW-2 in beiden Szenarien ähnlich umgesetzt wird, so dass sich die Umweltfolgen zwischen den beiden Szenarien voraussichtlich nicht unterscheiden werden.

Referenzen

ARBIS [Allgemeine Verordnung über den Schutz der Bevölkerung, der Arbeitnehmer und der Umwelt gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen]	Königlicher Erlass vom 20. Juli 2001 über allgemeine Vorschriften zum Schutz der Bevölkerung, der Arbeitnehmer und der Umwelt gegen die Gefahr ionisierender Strahlungen, Belgischer Staat, 2001, Brüssel
Electrabel, 2011	Bericht über die Stresstests im Kernkraftwerk Doel – Zusätzliche Sicherheitsbestimmungen für die Anlagen, Electrabel, Oktober 2011, Brüssel, Belgien
Electrabel, 2012	Long Term Operation Technischer Bericht Doel 1&2, Version 2.0, Electrabel, Juni 2012, Brüssel, Belgien
Electrabel, 2013	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2013, Electrabel, 2013, Doel, Belgien
Electrabel, 2014	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2014, Electrabel, 2014, Doel, Belgien
Electrabel, 2015a	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2015, Electrabel, 2015, Doel, Belgien
Electrabel, 2015b	Verantwortungsbewusster weiterer Betrieb 2015-2025, Long Term Operation, Synthesebericht – Doel 1 und Doel 2, April 2015 – Version 0, Brüssel, Belgien
Electrabel, 2016	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2016, Electrabel, 2016, Doel, Belgien
Electrabel, 2017	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2017, Electrabel, 2017, Doel, Belgien
Electrabel, 2018	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2018, Electrabel, 2018, Doel, Belgien
Electrabel, 2019	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2019, Electrabel, 2019, Doel, Belgien
Electrabel, 2020	Gespräch mit einem Spezialisten für definitive Stilllegungen, Nov. 2020

FANK, 2009	Strategiepapier ‚Long term operation von belgischen Kernkraftwerken: Doel 1/2 und Tihange 1‘, Memorandum Nr. 008-194, herz.2, FANK, September 2009
FANK, 2011	Belgische Stresstests – Nationaler Bericht zu Kernkraftwerken, AFCN, Dezember 2011 / Tests de résistance belges - Rapport national pour les centrales nucléaires, AFCN, Dezember 2011
FANK, 2015	Long Term Operation Doel 1 & 2 - Finale Evaluierung Aktionsplan, 2015-08-18-MVDH-5-4-8-NL, FANK, August 2015, Brüssel, Belgien
FANK, 2019	Zulassung von Sachverständigen, die zur Durchführung einer UVP befähigt sind - EIA-0053526, 2019-10-28-FVW-5-1-2-NL, FANK, 3-10-2019
FÖD, 2003	Gesetz vom 31. Januar 2003 über den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie für die industrielle Stromerzeugung, Föderaler Öffentlicher Dienst Wirtschaft, KMB, Mittelstand und Energie
FÖD, 2015	Gesetz vom 28. Juni 2015 zur Änderung des Gesetzes vom 31. Januar 2003 über den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie für die industrielle Stromerzeugung zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit im Bereich der Energie, Föderaler Öffentlicher Dienst Wirtschaft, KMB, Mittelstand und Energie

Liste der Tabellen

Tabel 1-1	Coördinatoren en deskundigen voor de niet-radiologisch milieuaspecten	14
Tabel 1-2	Basisvergunning voor de exploitatie van KCD-1 en KCD-2	17
Tabel 1-3	Overzicht van de exploitatievergunningen volgens ARBIS voor KCD-1 en KCD-2	17
Tabel 1-4	Overzicht van de milieuvergunningen voor KCD-1 en KCD-2	19
Tabel 1-5	Netto elektriciteitsproductie in de kerncentrale van Doel, in GWh.....	23
Tabel 1-6	Legenda	25
Tabel 1-7	Overzicht van de vergunningen voor KCD-1 en KCD-2 verleend in het kader van het project	40
Tabel 1-8	Scenario’s voor het MER	41

Abbildungsverzeichnis

Figuur 1-1	Fasen binnen het Project.....	7
Figuur 1-2	Levenscyclus van een kerncentrale	8
Figuur 1-3	Schematische weergave van de 4 fase tijdens de Definitieve Stopzetting	9
Figuur 1-4	Projectorganisatie	13
Figuur 1-5	Schema van een kerncentrale	20
Figuur 1-6	Splijtstofelement.....	21
Figuur 1-7	Situering (in het rood) van de productiesite KCD.....	24
Figuur 1-8	Omgeving van de productiesite KCD, met in het zwart omkaderd KCD	25
Figuur 1-9	Natuurwaarden in de omgeving van de site van KCD en wijde omgeving. KCD is in het rood aangegeven.	27
Figuur 1-10	Kadasterplan.....	28
Figuur 1-11	Inrichtingsplan van de site van Doel	29

2 Nicht-radiologische Aspekte

Dieses Kapitel beschreibt die nicht-radiologischen Umweltauswirkungen des Projekts. Die folgenden Disziplinen (,Bereiche‘) werden in der UVP behandelt: Boden; Wasser; Lärm & Vibration; Luft & Klima; Biodiversität; Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie; Mensch – Mobilität; Mensch – Gesundheit und Abfall. Die Methodik und die Ausgangssituation werden pro Bereich beschrieben.

Die Ausgangssituation bei dieser UVP ist der Zeitraum 2013-2014. Bei der Erörterung der Auswirkungen wird zwischen den folgenden Phasen unterschieden:

- Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018 (zusammen mit LTO-Arbeiten): Diese Situation wird mit der Situation ohne den KKW-Betrieb verglichen.
- Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025): Die Auswirkungen des LTO von KKW-1 und KKW-2 werden mit der Ausgangssituation verglichen.
- Definitive Stilllegung (Zeitraum 2025-2029): Die Auswirkungen der DSL von KKW-1 und KKW-2 werden mit der Ausgangssituation verglichen.
- Null-Variante (Situation ohne LTO und mit Abschaltung von Doel 1 und 2 im Jahr 2015): Die Folgenabschätzung der Null-Variante unterscheidet sich nicht wesentlich von der des Projekts. Bei der Null-Variante nehmen die Auswirkungen jedoch bereits ab 2015 statt erst ab 2025 ab.

Die Auswirkungen der bestehenden Industrie- und Hafenaktivitäten rund um das KKW-Gelände sind Teil der Referenzsituation. Ihre Auswirkungen sind, wie in der Projekt-UVp für jedes dieser Unternehmen beschrieben, Teil der Umweltqualität (u. a. Lärmpegel, Luft- und Wasserqualität, Boden, Mobilität).

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über eine Reihe von autonomen und kontrollierten Entwicklungen (im Untersuchungsgebiet oder in dessen Nähe). Es wird angegeben, ob diese Entwicklungen einen Einfluss auf die Folgenabschätzung und Bewertung des LTO haben können. Dies kann der Fall sein, wenn die Auswirkungen zunehmen, z. B. weil die Anfälligkeit der Umgebung zugenommen hat oder weil diese Projekte eigene Auswirkungen nach sich ziehen, die den Auswirkungen des LTO hinzuzurechnen sind.

Tabelle 2-1: Überblick über Entwicklungen, die sich auf die Folgenabschätzung und -bewertung auswirken können

Projekt	Beschreibung	Relevanz
Komplexes Projekt für zusätzliche Containerkapazität in Antwerpen (CP ECA)	Bei diesem Projekt handelt es sich um den Bau eines neuen Gezeitendocks im Antwerpener Hafen, östlich des Dorfes Doel, das an das bestehende Deurganck-Dock anschließt. In diesem Dock werden große Containerschiffe (bis zu 400 m Länge) andocken. Am Containerkai werden Container angeliefert und abtransportiert, be-	Der Bereich Mensch – Mobilität (Abschnitt 1.8) untersucht, ob sich durch dieses Projekt kumulierte Auswirkungen ergeben können.

Projekt	Beschreibung	Relevanz
	und entladen und/oder zwischengelagert. Daran angrenzend wird zudem ein neues Logistikgelände erschlossen, unter anderem für ‚Value added logistics‘.	
Das Dorf Doel	Für das Dorf Doel, das nicht für CP ECA verschwinden muss, und für die Pufferzone entlang des neuen Docks ist ein eigenes Projekt in Arbeit. Am 17. Mai 2019 wurde der Auftrag erteilt, für Doel sowie für die Mobilitätsproblematik im gesamten Waasland im Rahmen des ECA-Präferenzbeschlusses eine nachhaltige Zukunftsperspektive zu erarbeiten. Diese Untersuchung ist nicht Teil von CP ECA, wohl aber werden beide in enger Abstimmung durchgeführt. Da der Präferenzbeschluss für ECA derzeit im Staatsrat angefochten wird, wurde die Untersuchung über die Zukunft von Doel vorübergehend gestoppt.	Im Bereich Mensch – Gesundheit und Sicherheit (Abschnitt 1.7) wird davon ausgegangen, dass Doel derzeit (laut Flächennutzungsplan) ein Wohngebiet ist und dies auch in Zukunft bleiben wird.
INEOS ‚Projekt ONE‘	Auf der anderen Seite der Schelde, zwischen der Scheldelaan und Kanaaldok B2, plant INEOS das ‚Project ONE‘, einen Ethancracker, in dem Ethangas in Ethylen umgewandelt werden soll. Im Jahr 2021 wird die Genehmigung für die notwendige Abholzung und die Anlage beantragt. Aufgrund seiner Größe und Komplexität wird die Realisierung des Projekts in verschiedenen Phasen über einen Zeitraum von vier bis fünf Jahren erfolgen. Folglich gibt es keine wirkliche Überschneidung zwischen dem Betrieb dieses Projekts und dem vorliegenden Plan, Doel 1 und 2 für weitere zehn Jahre in Betrieb zu halten.	Im Rahmen dieses Projekts sind keine kumulierten Auswirkungen zu erwarten.
Entwicklung der Natur:	Im Rahmen der Entwicklung des Antwerpener Hafens und des Sigma-Plans werden in unmittelbarer Nähe des KKW Naturentwicklungsprojekte geplant und umgesetzt. Diese Projekte	Im Bereich Biodiversität (Abschnitt 1.5) wurden die kumulativen Auswirkungen des Sigma-Plans, von Doelpolder Noord, Hedwige en Prosperpolder und des KRG Doelpolder (KRG: kontrolliert

Projekt	Beschreibung	Relevanz
	bedingen eine Steigerung der Naturwerte und tragen damit zu einer potenziellen Gefährdung der Umwelt bei.	reduziertes Gezeitengebiet) berücksichtigt.
Realisierung der verschiedenen Phasen des Gesetzes zum Kernkraftausstieg	Am 1. Oktober 2022 wird die Stromproduktion im Kernreaktor Doel 3 eingestellt. Doel 4 wird am 1. Juli 2025 abgeschaltet.	Der LTO von Doel 1 und 2 hat an sich keinen Einfluss auf die anderen im Gesetz zum Atomausstieg vorgesehenen Schritte. Die Abschaltung von Doel 3 und 4 wird in dieser UVP nicht berücksichtigt. Wenn Doel 3 und 4 abgeschaltet sind, werden die kumulativen Auswirkungen des KKW geringer sein. Folglich werden keine größeren Auswirkungen erwartet als die, die bereits in der UVP beschrieben wurden.

2.1 Boden

Anhang A - Karte 5: Boden

Anhang A - Karte 6: Digitales Höhenmodell

Anhang A - Karte 8: Bodenuntersuchungen und -sanierungen

2.1.1 Methodologie

2.1.1.1 Abgrenzung der Studie

Als Boden verstehen wir den festen Teil der Erde, einschließlich des Grundwassers und der anderen darin enthaltenen Bestandteile und Organismen. Das Untersuchungsgebiet für den Bereich Boden reicht in horizontaler Richtung über die Grenzen des KKW hinaus, vor allem wegen des möglichen Einflusses auf die Böden durch den Salzniederschlag aus den Dampffahnen der Kühltürme. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich zwei Kilometer rund um das KKW. In vertikaler Richtung wird das Untersuchungsgebiet durch die Basis der Boom-Formation in ca. 50 m unter Bodenoberfläche begrenzt¹.

2.1.1.2 Beschreibung der Ausgangssituation

Bei der Beschreibung der Ausgangssituation werden folgende Aspekte berücksichtigt:

¹ Meter unter der Bodenoberfläche

- Die Topografie des Untersuchungsgebietes: Hierzu wird auf Literaturangaben, die topographische Karte und das digitale Höhenmodell zurückgegriffen.
- Die bodenkundlichen Merkmale im Untersuchungsgebiet: Diese werden auf der Grundlage der belgischen Bodenkarte behandelt.
- Der (hydro)geologische Zustand des Untersuchungsgebietes: Dazu wird die Datenbank Ondergrond Vlaanderen (DOV) verwendet.
- Die hydraulischen Parameter: Zu den grundlegenden hydraulischen Parametern gehören hydraulische Leitfähigkeit, Grundwasserstand oder -höhe, Grundwasseranfälligkeit, Grundwasserströmungsrichtung. Diese Daten werden auf der Grundlage der DOV-Datenbank behandelt.
- Die Grundwasserentnahmen: Die Existenz von Wasserentnahmen wird auf der Grundlage von Informationen aus der DOV-Datenbank behandelt, das Vorhandensein von Schutzzonen für Wasserentnahmegebiete wird auf der Grundlage der bei Geopunt verfügbaren Karten behandelt.
- Die Boden- und Grundwasserqualität: Die Diskussion stützt sich auf die Bodenstudien, die anhand der Datenbank der Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM) [Öffentliche Abfallbehörde Flanderns] durchgeführt wurden. Es wurden nur die auf dem KKW-Gelände durchgeführten Bodenuntersuchungen berücksichtigt.
- Die Landnutzung innerhalb des Untersuchungsgebietes: Die Diskussion basiert auf einer Ortsbegehung und Fotomaterial.

2.1.1.3 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen

Die Aktivitäten, die im Rahmen der Anpassungen für den langfristigen Betrieb (LTO) stattfinden, können zu einer Verschlechterung der Bodenstruktur und des Bodenprofils führen. Während der Arbeiten findet keine Entwässerung statt. Veränderungen im Bodenfeuchtigkeitshaushalt, Anziehung mobiler Schadstoffphasen und Bodensedimente infolge einer vorübergehenden Absenkung des Grundwasserspiegels sind daher nicht zu erwarten. Während der einzelnen Projektphasen besteht das Risiko einer Boden- oder Grundwasserkontamination. Durch die Ablagerung von Salz aus der Dampfphase der Kühltürme kann es zu Veränderungen der Bodeneignung über die Grenzen des KKW hinaus kommen.

Die erwarteten Auswirkungen auf den Bereich Boden während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018 stellen sich wie folgt dar:

- Strukturveränderung: qualitative Beschreibung und Ausweisung von Zonen, in denen Bodenverdichtungen auftreten können;
- Profiländerung: qualitative Beschreibung der Tiefe, in der die Veränderung aufgrund von Aushubarbeiten auftritt;
- Beeinträchtigung der Bodenhygiene: Qualitative Bewertung des Risikos einer (Dispersion der) Kontamination.

Die vorhersehbaren Auswirkungen während der künftigen Situation (Zeitraum 2019-2025) werden wie folgt beschrieben:

- Beeinträchtigung der Bodenhygiene: Qualitative Bewertung des Risikos einer (Dispersion der) Kontamination.

- Änderung der Bodennutzung und Bodeneignung: qualitative Bewertung der Auswirkungen von Salzniederschlag aus der Kühlturm-Dampffahne.

Daneben werden auch die Auswirkungen beschrieben, die während der endgültigen Stilllegung (Zeitraum 2025-2029) und der Null-Variante auftreten können. Dies erfolgt in qualitativer Hinsicht.

Erläuterung der Folgenabschätzung:

- Profil- und Strukturveränderung:
 - signifikant negativ: Beeinträchtigung wertvoller Böden
 - negativ: Störung von Böden mit natürlicher/landwirtschaftlicher Nutzung oder Störung empfindlicher Böden;
 - leicht positiv: Beeinträchtigung von (kürzlich) gestörten Böden oder Beeinträchtigung von wenig empfindlichen Böden
 - vernachlässigbar: Störung von verhärteten oder nicht empfindlichen Böden;
 - leicht positiv: Wiederherstellung (Umstrukturierung) zur landwirtschaftlichen Nutzung
 - positiv: Wiederherstellung (Umstrukturierung) der natürlichen Bodennutzung;
 - signifikant positiv: Der Leitfaden („Richtlijnenboek“) verweist auf die Tatsache, dass signifikante positive Auswirkungen, die angesichts der Tatsache, dass die Bodenbildung ein sehr langwieriger Prozess ist, nicht in den oben genannten Rahmen fallen;
- Bodenverseuchung
 - signifikant negativ: Das Projekt führt zu einer Verschlechterung der Bodenqualität, mit (möglichen) gesundheitlichen oder ökotoxikologischen Risiken.
 - negativ: Das Projekt führt zu einer Verschlechterung der Bodenqualität, wobei die Sanitärstandards (möglicherweise) nicht eingehalten werden.
 - leicht positiv: Das Projekt führt zu einer Verschlechterung der Bodenqualität, ohne dass gesundheitliche oder ökotoxikologische Risiken entstehen und ohne, dass die Sanierungsstandards überschritten werden;
 - vernachlässigbar: Das Projekt wird keine Veränderungen der Bodenqualität zur Folge haben.
 - leicht positiv: Die Bodenqualität verbessert sich nach der Realisierung. Bestehende Verunreinigungen, die keine Gefahr darstellen, bleiben bestehen.
 - positiv: Die Bodenqualität verbessert sich nach der Realisierung. Bestehende Kontaminationen, die kein gesundheitliches oder ökotoxikologisches Risiko darstellen, werden saniert;
 - signifikant positiv: Die Bodenqualität verbessert sich nach der Realisierung. Bestehende Verunreinigungen mit human- oder ökotoxikologischen Risiken werden saniert;
- Änderung der Bodennutzung und -eignung:
 - signifikant negativ: Die derzeitige Bodennutzung wird stark behindert und/oder verschwindet aufgrund von Veränderungen der Bodeneignung fast vollständig aus dem Untersuchungsgebiet;
 - negativ: Die derzeitige Bodennutzung wird mäßig beeinträchtigt und verschwindet in Teilen des Untersuchungsgebietes aufgrund von Veränderungen der Bodeneignung;
 - leicht positiv: Die derzeitige Bodennutzung wird durch Veränderungen der Bodeneignung beeinträchtigt, aber nur in geringem Maße;

- vernachlässigbar: Bei der Eignung des Bodens für die derzeitige Bodennutzung sind keine Veränderungen zu erwarten;
- leicht positiv: Die Bodennutzungsmöglichkeiten verbessern sich aufgrund von Veränderungen der Bodeneignung, aber nur in begrenztem Maße;
- positiv: Die Bodennutzungsmöglichkeiten werden positiv beeinflusst und können sich deutlich verbessern, aber die räumliche Ausdehnung bleibt begrenzt;
- signifikant positiv: Die Bodennutzungsmöglichkeiten können sich über weite Teile des Untersuchungsgebietes erheblich verbessern.

2.1.2 Ausgangssituation

2.1.2.1 Topografie

Die weitläufige Umgebung des KKW-Geländes weist praktisch kein Relief auf. Örtlich ist die Topografie des Gebietes durch den Bau der Industrieanlagen gestört, jedoch sind die Industriegebiete zwischen der Schelde und den Kanaldocks selbst ziemlich flach. Bei Abbildung 2-1 ist die erhöhte Plattform, auf der sich das KKW befindet, deutlich sichtbar. Der Standort wurde durch Aufsprühen von Schelde-Sand auf etwa + 9,00 m gegenüber dem Referenzwasserstand TAW (Tweede Algemene Waterpassing) [Zweite allgemeine Nivellierung], erhöht, und liegt damit etwa 6 über den umliegenden Poldern.

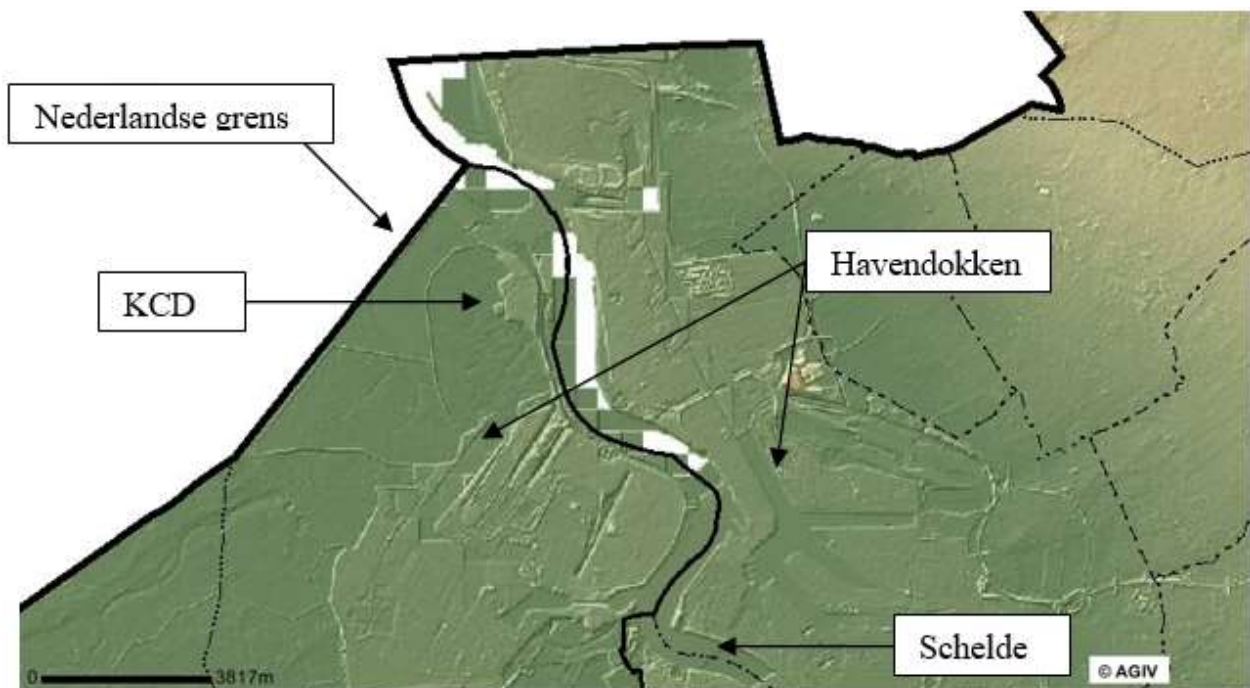


Abbildung 2-1 Topografie im Bereich des Untersuchungsgebiets

Das Gelände, auf denen sich das Kernkraftwerk befindet, wurde zwischen den 1960er und 1990er Jahren in verschiedenen Stufen mit Aushubmaterial aus der Schelde auf dem damaligen Poldergelände aufgeschüttet.

Auf der Grundlage der verfügbaren Daten ist es nicht möglich zu bestimmen, aus welcher Zone der Schelde das Aushubmaterial für die verschiedenen Phasen stammt. Es wird jedoch angenommen, dass die Zusammensetzung des Aushubmaterials aufgrund der unterschiedlichen Böschungsperioden variiert.

Um den Boden anheben zu können, wurde die ausgebaggerten Sediment zwischen den Deichen ausgebracht. Hierzu wurden einerseits bestehende Deiche genutzt und andererseits neue Deiche gebaut. Diese Deiche sind nicht völlig undurchdringlich, um eine Entwässerung des Geländes zu gewährleisten. In der Nähe der Teiche (im Westen) wurden diese Deiche mit einem wasserdichten Wall versehen.

Der Kamm des Schutzwalls des Standorts hat eine Höhe von ca. + 12,00 m TAW (Wall zwischen dem Standort und der Schelde). Der Kamm des verbleibenden Teils des Deichs des Standorts liegt bei + 11,00 m TAW (Deich zwischen Standort und umliegenden Poldern). Im Rahmen des Sigma-Plans wurden die Deiche an der Zeeschelde von der niederländischen Grenze bis Oosterweel (knapp unterhalb von Antwerpen) auf + 11,00 m TAW erhöht.



Abbildung 2-2 Höhenprofil des KKW

2.1.2.2 Pedologie

Die Bodenkarte von Belgien gibt Auskunft über das ursprüngliche Bodenprofil bis zu einer Tiefe von 1,25 Metern unter Bodenniveau. Gemäß der Bodenkarte Belgiens waren im Untersuchungsgebiet ursprünglich mäßig nasse bis nasse, leichte sandige Lehm- bis (schwere) Tonböden ohne Profilbildung anzutreffen (hauptsächliche Bodentypen Pep, Eep, Uep, Udp):

- Texturklasse: Leichter sandiger Lehm (P), Ton (E) bis schwerer Ton (U);
- Drainageklasse: mäßig nass, mäßig gleyig (d) bis nass, stark gleyig mit Reduktionshorizont (e);
- Profilbildung: keine Profilbildung (p).

Das Gelände, auf denen sich das Kernkraftwerk befindet, wurde zwischen den 1960er und 1990er Jahren in verschiedenen Stufen mit Aushubmaterial aus der Schelde auf dem damaligen Poldergelände aufgeschüttet. Der neu gebildete anthropogene Boden ohne Profilstruktur besteht bis zu einer Tiefe von 5 bis 6 m unter dem heutigen Bodenniveau hauptsächlich aus tertiärem Sand, aber auch aus tonigen

Sedimenten. Die Art des Materials ist recht unterschiedlich. In der Regel bestehen die Böschungen aus heterogenen, feinen bis mäßig feinen Sanden, die nicht sehr glaukonithaltig sind und in denen Schluffschichten auftreten können.

2.1.2.3 (Hydro-)Geologie

Das Gelände des KKW ist erhöht und liegt im Durchschnitt 5 bis 6 m höher als das umliegende Gelände. Die aufgefüllten Böden sind anthropogenen Ursprungs und haben eine überwiegend sandige Zusammensetzung. Die Sprühsände weisen eine hohe Durchlässigkeit auf.

Die ungestörten holozänen Ablagerungen, die als Schwemmlandablagerungen der Schelde entstanden sind, liegen 5 bis 6 m unterhalb der künstlichen Böschungen. Sie bestehen weitgehend aus sandigem Lehm und Ton, in denen lokal sandige, lehmige und moorige Zwischenschichten vorkommen. Die Stärke dieser alluvialen Ablagerungen beträgt etwa 3 m. Die alluvialen Ablagerungen sind schlecht bis sehr schlecht durchlässig.

Unterhalb der holozänen Ablagerungen finden sich pleistozäne sandige Ablagerungen niveo-eolischen oder niveo-fluviatilen Ursprungs. Dieser glaukonithaltige Sandkomplex besteht hauptsächlich aus Sanden, in denen man auch lehmige und tonhaltige Zonen sowie lehmige bis moorige Zwischenschichten antrifft. Die Stärke dieser pleistozänen Sande beträgt etwa 12 m. .

Zu den pleistozänen Ablagerungen gehören die ebenfalls sandigen Formationen von Lillo, Kattendijk und Berchem. Die Stärke dieser Ablagerungen beträgt etwa 30 m.

Die Lillo-Formation besteht aus muschelreichem Sand, der anfangs auch lehmig sein kann. Wenn man sich dem Scheitelpunkt der Ablagerung nähert, nimmt der Lehm- und/oder Muschelgehalt ab und verschwindet am Scheitelpunkt vollständig. Die Stärke dieser Ablagerungen beträgt etwa 12 m. Angrenzend findet sich die Formation Kattendijk, die aus glaukonithaltigem Sand besteht. An der Basis der Ablagerung können sich Spuren von Fossilien und/oder Phosphaten finden. Die Stärke dieser Schicht beträgt etwa 8 m. Anhand von Bohrungen wurde eine deutliche Lehmschicht festgestellt. Auf die Formation von Kattendijk folgt die sandige Formation von Berchem.

Unterhalb dieser sandigen Ablagerungen, in einer Tiefe von etwa 50 m, befindet sich die Formation von Boom, die aus steifem Ton besteht und als sehr schlecht durchlässig gilt.

In Tabelle 2-2 werden die aufeinanderfolgenden geologischen Schichten im Bereich des Untersuchungsgebietes gezeigt. Diese Tabelle zeigt auch die hydrogeologischen Eigenschaften der geologischen Formationen. Die in Tabelle 2-2 angegebenen Stärken der Bodenschichten sind Richtwerte und können sich lokal ändern.

Tabelle 2-2 Überblick über die (hydro)geologische Struktur im Untersuchungsgebiet.

Tiefe Scheitelpunkt-Basis (m unter Bodenoberfläche)	Periode	Formation	Lithologie	HCOV ² -Kodierung	Hydrogeologie
0-5	-	Aufschüttung (anthropogen)	Sandig	0110 Quatäre Aquifersysteme - Böschungen	Wasserdurchlässig, begrenzt wasserführend
5-8	Quartär	Holozän	Sandiger Lehm oder Ton	0133 Quatäre Aquifersysteme - tonige Polderablagerungen von Waasland-Antwerpen	Schlecht durchlässig
8-20		Pleistozän	Glaukonit-Sand	0233 Pleistozäner und pliozäner Aquifer - sandiger Scheitelpunkt von Lillo	Wasserführend
20-32	Tertiär	Bildung von Lillo	Sand	0241 Pliozäne tonhaltige Schicht – tonhaltiger Teil von Lillo oder des Übergangs Lillo-Kattendijk	Wasserführend
32-40		Bildung von Kattendijk	Homogenes leicht glimmerhaltig bis leicht glaukonithaltig	0251 Grundwasserleitersystem aus dem Miozän - Kattendijk-Sand oder untere Lillo-Sandschicht	Wasserführend
40-50		Bildung von Berchem	Schwarzgrüne glaukonitreich und lehmige mittelfeine Sande aus Glimmer und Muscheln	0254 Miozänes Grundwasserleitersystem - Berchem- oder Voort-Sande	Wasserführend
50-115		Bildung von Boom	Lehm	0303/304 Boom Aquitard - Ton von Terhagen/Ton von Belsele-Waas	Sehr schlecht durchlässig

2.1.2.4 Hydraulische Parameter

Ursprünglich bildete der Komplex aus quartärem und tertiärem Sand einen Grundwasserleiter oder Aquifer, der von einer oberen Tonschicht, den Polderablagerungen, bedeckt und unten durch den Ton aus Boom abgeschlossen war. Durch Anhebung des Geländes mit überwiegend durchlässigem Sandmaterial wurde über dem ursprünglichen Aquifer ein weiterer Aquifer geschaffen, die beide durch die tonigen

² HCOV = Hydrogeologische Kodierung des Unterbodens von Flandern.

Polderablagerungen voneinander getrennt sind. Aufgrund der Tatsache, dass die Aufhöhung zwischen Deichen gebaut wurde, ist dieses erste Bodenpaket nur eine begrenzt wasserführend.

Der Grundwasserstrom unter dem Polderlehm wird stark durch die Existenz der Schelde (Gezeiteneffekt) beeinflusst. Global gesehen verläuft dieser Grundwasserstrom nach Nordosten, d. h. in Richtung Schelde.

Die quartären Böden haben im Hafengebiet durchweg einen feuchten bis sehr feuchten Charakter. Grundwasserstandsmessungen vor Ort haben gezeigt, dass das Grundwasser in den erhöhten Zonen in Tiefen zwischen 4 m und 6 m unter Bodenoberfläche anzutreffen ist. In den Zonen, die nicht erhöht sind, findet man Grundwasser in einer Tiefe von etwa 2 m unter Bodenoberfläche. Örtlich können nasse Situationen auftreten, vermutlich aufgrund von verdichtetem Boden oder der heterogenen Qualität der Böschung, die die Versickerung und Abführung von Regenwasser erschwert.

Das Grundwasser in der oberen Grundwasserschicht am Gelände des KKW wird laut Vulnerabilitätskarte des Grundwassers der Provinz Ostflandern als sehr gefährdet eingestuft. Dies ist auf die begrenzte Stärke der ungesättigten Zone, die weniger als 10 m beträgt, und die sandige und daher durchlässige/wasserführende Beschaffenheit des Oberbodens zurückzuführen. Das Fehlen einer ausreichend dicken Schicht, um sie ausreichend zu schützen, spielt hier ebenfalls eine Rolle. Obwohl der erste Aquifer sehr anfällig für kontaminierende Aktivitäten ist, ist die geologische Struktur aufgrund der abdichtenden Tonschichten (Polderablagerungen) zwischen dem ersten und zweiten Grundwasserleiter (tertiärer Aquifer) dennoch günstig, um die Ausbreitung der Verseuchung in die Tiefe zu verhindern. Das Grundwasser in der Nähe der Schelde ist schließlich stark salzhaltig, was es für die Verwendung als Trinkwasser, Kühlwasser oder Speisewasser für Dampfkessel ungeeignet macht.

Permeabilitäten der aufeinanderfolgenden Schichten (Näherungswerte über DOV):

- Hochsande: horizontale hydraulische Durchlässigkeit ca. 6 m/Tag (relativ gut entwässerte Ablagerung);
- Polderablagerungen: vertikale Durchlässigkeit ca. 0,01 m/Tag;
- tertiäre Sandablagerungen: horizontale Durchlässigkeit ca. 6,9 bis 17,2 m/Tag.

2.1.2.5 Grundwasserentnahmen

Das Untersuchungsgebiet befindet sich nicht in einer Schutzzone für Wassereinzugsgebiete. In Tabelle 2-2 sind die in der Ausgangssituation (2013-2014) erlaubten Grundwasserentnahmen in einem Radius von ca. 2 km um das linksufrige Gebiet des KKW aufgeführt. Die Grundwasserentnahme am rechten Ufer wird im Hinblick auf die dazwischen liegende Schelde als nicht relevant angesehen.

Das KKW verwendet für seinen Betrieb kein Grundwasser.

Tabelle 2-3 Übersicht der genehmigten Grundwasserentnahmen in der Ausgangssituation im Bereich des Untersuchungsgebietes

Nr. Anlage	Betreiber	Zulässiger Jahres Durchfluss (m³/y)	Zulässiger Tagesdurchfluss (m³/d)	Ab Datum des Teilzeitraums	Bis Datum des Teilzeitraums	Aquifer (Genehmigung)	Zulässige Tiefe (m)	Zulässige Anzahl Brunnen	Koordinaten der Anlage:	
									X (m Lambert 72)	Y (m Lambert 72)
2019-058463	Hesse-Noord Natie, Deurgansdok zn 9120 Beveren	30000,0		08/01/2009	04/04/2024	0160 - Pleistozäne Ablagerungen		1	141696,0	222315,0
2019-063711	De Bock Robby, Zoetenberm 26 9120 Beveren	2920,0	8,0	03/01/2002	03/01/2022	0400 - Oligozänes Aquifersystem	121,0	1	140200,0	223410,0
2019-063922	Gillis Petrus, Oostlangeweg 9 9120 Beveren	125,0		19/01/1998	19/01/2018	0100 - Quatäre Aquifersysteme	5,0	2	141698,0	222281,0
2019-064100	Gillis Eric, Zoetenberm 29 9120 Beveren	2939,0	10,0	11/10/2012	10/10/2032	0400 - Oligozänes Aquifersystem	132,0	1	140212,0	223753,0
2019-066843	Van Den Berghe André, Oostlangeweg 1 9120 Beveren	720,0	4,0	14/05/2001	06/12/2013	0100 - Quatäre Aquifersysteme	2,0	1	140734,0	224957,0

2.1.2.6 Boden- und Grundwasserqualität

Im Rahmen der Bodenverordnung werden periodische Bodenuntersuchungen auf dem Gelände im Hinblick auf die laufenden Vlarebo-Aktivitäten durchgeführt. Bodenuntersuchungen wurden in der Vergangenheit auch im Rahmen der Übertragung von Grundstücken durchgeführt.

Im Falle einer Störung mit Bodenkontamination wird diese so schnell wie möglich beseitigt. Anschließend wird eine deskriptive Bodenuntersuchung durchgeführt, um die Beseitigung zu bestätigen. Wenn die Kontamination nicht ausreichend beseitigt wurde, wird eine Bodensanierung durchgeführt.

Ein Überblick über die Bodenuntersuchungen, die im Rahmen der Boden(sanierungs-)verordnung zum Zeitpunkt der Ausgangssituation (2010-2014) durchgeführt wurden, ist in Tabelle 2-4 enthalten. Darin enthalten sind auch die zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführten Bodenuntersuchungen.

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen werden unterhalb der Tabelle erläutert.

Tabelle 2-4 Überblick über am KKW durchgeführten Bodenuntersuchungen

Berichtsdatum	Typ	Bodenprüfstelle	Vermessene Flurstücke
April 1996	OBU	Becewa vzw	562/Z - 459/B - 457/B - 471/Z2 - 471/T2 - 471/R2 - 471/P2 - 471/N2 - 'x0_'471/H3 - 471/H2 - 471/G3 - 471/G2 - 471/F3 - 471/F2 - 471/E3 - 'x1_'459/B - 449/B
Mai 2000	OBU	Becewa vzw	562/Z - 471/P2 - 471/N2 - 471/H2 - 471/G2 - 471/F2
Mai 2001	DBU	Becewa vzw	562/Z - 471/Z2 - 471/R2 - 471/P2 - 471/N2 - 471/H3 - 471/H2 - 471/G3 - 471 G2 - 471 F3 - 471 F2 - 471 E3
September 2002	OBU	Soresma	562/Z - 471/N2 (nur der Teil, auf dem sich die 150-kV- und 380-kV-Umspannwerke befinden)
Mai 2005	OBU	Becewa vzw	562/Z - 471/P2 - 471/N2
November 2007	DBU	ABO NV	471/P2
November 2009	ODBU	Becewa vzw	562/Z - 471/T2 - 471/R2 - 471/P2 - 471/N2 - 471/H3 - 471/H2 - 471/G3 - 471/G2 - 471/F2
Mai 2010	OBU	Becewa vzw	471/F2
Dezember 2015	OBU	AIB Vinçotte International NV	562Z, 471N2, 471P2
Oktober 2019	OBU	Sweco Belgium NV	471H2

Verwendete Abkürzungen: OBU=Orientierende Bodenuntersuchung; DBU=Deskriptive Bodenuntersuchung; ODBU=Kombinierte Orientierende und Deskriptive Bodenuntersuchung; Bodenprüfstelle=Anerkannter Sachverständiger für Bodensanierung.

Die letzte bei der OVAM eingereichte Bodenuntersuchung datiert vom Oktober 2019.

Der folgende Überblick über die Untersuchungsergebnisse vermittelt ein Bild über die Qualität von Boden und Grundwasser im Untersuchungsgebiet anhand der Ergebnisse der am KKW Doel durchgeführten Bodenuntersuchungen:

- Das gesamte Gelände weist erhöhte Arsenkonzentrationen im Grundwasser auf, was auf die Anreicherung mit Bagger sediment der Schelde zurückzuführen ist. Eine deskriptive Bodenuntersuchung (Mai 2001) ergab, dass keine ernsthafte Bedrohung besteht und somit kein Bodensanierungsprojekt ausgearbeitet werden musste.
- Keine Überschreitung der Bodensanierungsnorm für die allgemeinen Verseuchungsparameter in den angespülten Sanden (fester Teil des Bodens).
- Historische Verseuchungen durch Mineralöl, Aromate und chlorierte Kohlenwasserstoffen wurden auf der Ebene der unterirdischen Altöltanks der Garage gefunden (OBU Mai 2000). Auf der Grundlage einer DBU im Mai 2011 wurde entschieden, dass keine ernsthafte Bedrohung vorlag und kein Bodensanierungsprojekt ausgearbeitet werden musste. Es wurde eine regelmäßige OBU empfohlen, um den Zustand der Kontamination zu überwachen.
- In einer OBU vom Mai 2005 wurde die Bodensanierungsnorm für Blei, EOX, Zink, Kupfer im Boden und für Leitfähigkeit, Arsen, Mineralöl und 1,1,1-Trichlorethan im Grundwasser überschritten. Mit Ausnahme der Parzelle 471 P2 (Zink und Kupfer im Boden) werden diese Schadstoffe als historische Schadstoffe betrachtet. Für 471 P2 war eine deskriptive Bodenuntersuchung erforderlich. Eine DBU der Parzelle 471 P2 zeigte, dass keine ernsthaftes Risiko vorlag und kein Bodensanierungsprojekt notwendig war.
- In einer hinweisenden Bodenuntersuchung (Oktober 2007) wurde in der Nähe des Feuerwehrübungsplatzes ein Überschuss an Mineralöl (Parzelle 471 H2) im Boden und Grundwasser gefunden. Im Deponiebereich wurden ein stark erhöhter pH-Wert, Leitfähigkeit und Schwermetalle im Boden und im Grundwasser gemessen. In den anderen Bereichen wurde eine erhöhte Konzentration von Schwermetallen und Acenaphthylen im Boden sowie von Arsen und Nickel im Grundwasser beobachtet. Die Kontamination wurde in einer kombinierten explorativen und deskriptiven Bodenuntersuchung weiter untersucht (November 2009). Die Kontamination wurde von den Behörden identifiziert und als unschädlich für Mensch und Umwelt bewertet. Eine Bodensanierung war nicht erforderlich.
- Im Rahmen einer obligatorischen regelmäßigen Bodenuntersuchung der Parzelle 471 F2 des KKW (Mai 2010) wurden keine Konzentrationen oberhalb des Richtwerts für den festen Teil des Bodens festgestellt. Anhand der Analysen des Grundwassers gab es keinen Grund zur Annahme, dass der feste Teil des Bodens verseucht ist.
- Anlässlich der regelmäßigen OBU vom Dezember 2015 wurden auf den Parzellen 562 Z, 471 N2 und 471 P2 verschiedene (Rest-)Schadstoffe (Arsen, Mineralöl, VOCl, Zink, Blei) identifiziert, die auch in früheren Untersuchungen festgestellt wurden. Die orientierende Bodenuntersuchung zeigt, dass es für die verschiedenen Schadstoffe keine Hinweise darauf gibt, dass die erhöhten Konzentrationen eine ernsthafte Bodenbelastung für Mensch und Umwelt darstellen. Infolgedessen ist keine deskriptive Bodenuntersuchung erforderlich.
- Bei der regelmäßigen OBU vom Oktober 2019 wurde auf Parzelle 471 H2./// Die Untersuchung zeigt, dass die gefundenen erhöhten Konzentrationen (Zink, Mineralöl, Arsen) keine ernsthafte Bodenverschmutzung für Mensch und Umwelt darstellen. Infolgedessen war keine deskriptive Bodenuntersuchung erforderlich.

2.1.2.7 Getroffene Maßnahmen zum Schutz der Boden- und Grundwasserqualität

Im KKW befinden sich zahlreiche Substanzen, die eine mögliche Quelle für eine Boden- bzw. Grundwasserverseuchung sein können.

Für alle aktuellen potenziellen Kontaminationsquellen auf dem KKW-Gelände werden stets die erforderlichen Bodenschutzmaßnahmen ergriffen, um eine Kontamination von Boden und Grundwasser zu verhindern. Im Folgenden ein klarer Überblick über die derzeitigen Maßnahmen:

- Alle oberirdischen Lagertanks auf dem Gelände verfügen entweder über einen Auffangbehälter oder sind doppelwandig ausgelegt. In vielen Fällen befinden sich diese Tanks in einem Gebäude, in dem zusätzliche Maßnahmen ergriffen wurden, um die Ausbreitung einer möglichen Kontamination zu verhindern.
- Die Lagerung gefährlicher Produkte erfolgt an getrennten Standorten und wird ebenfalls mit den erforderlichen Vorkehrungen (Auffangbehälter) durchgeführt.
- Die unterirdischen Tanks sind doppelwandig und verfügen zusätzlich über ein Leckmeldesystem. Mit Ausnahme der gefundenen Schadstoffe, die in den Bodenuntersuchungen der benachbarten Parzellen (KKW) beschrieben wurden, sind keine Berichte über irgendwelche Leckagen bekannt.
- Alle Lagertanks sind mit elektronischen Überfüllsicherungen ausgestattet, die mit der Pumpe des Tankwagens verbunden sind.
- Für Chemikalien gibt es Entladerampen mit Auffangvorrichtungen. Für Gasöllieferungen gibt es Entladerampen oder mobile Rampen (an den Stellen, an denen eine Rampe nicht möglich ist).
- Der Standort des Tanks ist mit einem flüssigkeitsabweisendem Untergrund und einer Auffangvorrichtung versehen.
- Das Löschen von Chemikalien oder Gasöl erfolgt stets anhand einer Checkliste in Anwesenheit des Fahrers und einer vom KKW benannten Person.
- In den Containerparks werden nur ungefährliche Abfallstoffe gelagert. Dabei handelt es sich allein um feste Inertabfälle. Die Lagerung erfolgt in Containern auf verhärtetem Untergrund mit Abfluss zu einem Ölabscheider.
- Das Löschwasser, das bei Brandschutzübungen freigesetzt wird, wird über die betriebsinterne Kanalisation aufgefangen.
- Die Transformatoren sind mit einem Entwässerungssystem ausgestattet. Im Falle von Lecks wird das Kühllöl, das von den „nassen“ Transformatoren freigesetzt werden kann, in einer unterirdischen Auffangwanne aufgefangen.
- Das KKW verfügt über Interventionspersonal und -ausrüstung vor Ort, so dass bei einem Zwischenfall leicht eingegriffen werden kann.
- Bei Eintritt eines Zwischenfalls wird sofort eine Bodenuntersuchung eingeleitet und, falls erforderlich, die Kontamination quantifiziert, auf ihr Risiko hin bewertet und beseitigt.

Auch für alle zukünftigen neuen potenziellen Verseuchungsquellen werden stets die notwendigen Bodenschutzmaßnahmen ergriffen.

2.1.2.8 Bodennutzung

Der Standort des KKW liegt im äußersten Norden dessen, was als Waaslandhaven bezeichnet wird (Antwerpener Hafengebiet am linken Ufer).

Das Gelände des Kraftwerks ist von Freiflächen umgeben. Auf dem linken Scheldeufer wird dieser Freiraum hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt. Gemäß der Karte der landwirtschaftlichen Nutzung im Jahr 2014 sind Getreide, Saatgut und Hülsenfrüchte die häufigsten Kulturpflanzen. Auch Grasland ist vorhanden, dort werden Kartoffeln, Mais und Zuckerrüben angebaut.

In einem Umkreis von 5 km um den KKW-Standort ist die Bevölkerungsdichte eher gering: Das Gebiet besteht zum größten Teil aus dem Antwerpener Hafen und der Schelde sowie ansonsten hauptsächlich aus dünn besiedelten Poldern. Es gibt verschiedene Wohneinheiten und Wohncluster, die über die Polder verstreut sind, darunter die Poldersiedlungen Ouden Doel, Saefinghe und Prosperpolder. Das nächstgelegene Haus (Scheldemolenstraat 65, 9130 Beveren) liegt 330 m südlich des Geländes.

Direkt an den Standort grenzen:

- im Norden und Osten durch die Schelde mit ihren Schlickern und Salzwiesen;
- im Süden und Westen durch den Doelpolder mit den in 900 m und weiter Entfernung liegenden kleinen Wohnkernen Oude Doel (Nordwesten), Rapenburg (Westen), Saefingen (Südwesten) und Doel (Süden).

Außerhalb des Untersuchungsgebietes im Osten in einer Entfernung von 2 km und mehr befinden sich Lillo-Fort und Unternehmen (Petrochemie). Es folgen Berendrecht (3,3 km nordöstlich) und Zandvliet (4 km nordöstlich). Alle diese Wohngebiete befinden sich am rechten Ufer (gegenüberliegendes Scheldeufer).

Die weitere Umgebung des KKW ist durch eine starke Industrialisierung geprägt (Hafengebiet). Das Antwerpener Hafengebiet zeichnet sich durch die Existenz eines (petro-)chemischen Clusters einerseits und Containerterminals andererseits aus.

2.1.3 Folgenabschätzung

2.1.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Die Beschreibung der Arbeiten, die im Zusammenhang mit den Anpassungen für einen langfristigen Betrieb (LTO) durchgeführt wurden, findet sich im allgemeinen Teil der UVP (s. Kapitel 1.6).

2.1.3.1.1 Strukturveränderung

Strukturelle Veränderungen des Bodens können durch die Nutzung von schwerem Gerät oder durch Bodenaufschüttungen verursacht werden. Daraus ergibt sich eine körnige Struktur mit einem ungünstigen Wasser- und Lufthaushalt, woraus sich eine geringere (Wasser-)Durchlässigkeit ergibt und der Boden für eine bestimmte Art der Bodennutzung ungeeignet ist. Das Risiko von Strukturveränderungen – vor allem bei Ton- und Lehmböden – ist am größten, wenn die Arbeiten bei feuchter Witterung durchgeführt werden.

Die ursprünglichen Böden im Projektgebiet haben eine sandige oder lehmige Textur. Das Gelände wurde jedoch in der Vergangenheit mit Sand aus der Schelde angehoben, so dass die oberen 5 bis 6 m überwiegend eine sandige Textur aufweisen. Die Gefahr der Bodenverdichtung ist daher begrenzt. Außerdem ist der Effekt in den Bereichen mit einer „harten“ Infrastruktur (Gebäude, Pflasterung, ...) weniger bedeutsam. Auch der An- und Abtransport der Materialien erfolgt über vorhandene, befestigte Straßen, so dass der Baustellenverkehr keinen Einfluss auf die Bodenstruktur hat.

Die Auswirkungen auf die Bodenstruktur werden daher mit vernachlässigbar bewertet.

2.1.3.1.2 Profilveränderung

Beim Ausheben des Erdreichs und Einbringen von Fremdmaterialien wird das ursprüngliche Bodenprofil gestört. Einerseits kann eine Störung des Profils negative Auswirkungen haben, u. a. aufgrund von Veränderungen des Wasserhaushalts sowie der lokalen Grundwasserströmung, einer möglichen Abnahme der mikrobiellen Aktivität und des Verlusts der ursprünglichen Bodenfunktionen. Andererseits kann eine Profilstörung auch positive Auswirkungen haben, indem sie die Durchlässigkeit und Belüftung des Bodens erhöht und die Durchwurzelungstiefe vergrößert. Im Zusammenhang mit diesem Projekt ist die Profilveränderung im negativen Sinne besonders wichtig.

Während der Aushubarbeiten im Hinblick auf den langfristigen Betrieb kam es beim FE-Pumpengebäude und dem Filtered Containment Vent zu einer Störung des Untergrunds. Auf dem KKW-Gelände sind jedoch nur anthropogene Böden ohne Profilbildung in der Aufschüttungen mit Baggersedimenten vorhanden. Die Aushubarbeiten beschränkten sich auf diese anthropogene Schicht (mit einer Stärke von 5 bis 6 m) und reichten nicht in die ursprünglichen Böden hinein, die laut der Bodenkarte Belgiens ebenfalls keine Profilentwicklung aufweisen.

Die Auswirkung auf die Profilentwicklung wird als 'vernachlässigbar' angesehen.

2.1.3.1.3 Bodenverunreinigung

Während der Arbeiten für den langfristigen Betrieb bestand die Gefahr einer unfallbedingten Bodenverschmutzung infolge von Lecks in (Treibstoff-)Pipelines oder des Auslaufens von hauptsächlich Öl bzw. Treibstoffen. Dies ist auf den Einsatz und die Wartung der Maschinen am Standort zurückzuführen. Kontaminierte Stoffe, die auf oder in den Boden gelangen, können unter dem Einfluss von versickerndem Regenwasser auslaugen und ins Grundwasser gelangen. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass nach den Bestimmungen der Bodenverordnung eine solche Boden- bzw. Grundverunreinigung als neu zu betrachten ist, muss der Auftragnehmer bei Schwierigkeiten unverzüglich eingreifen und die erforderlichen Maßnahmen ergreifen, um eine Boden- und Grundwasserverschmutzung auszuschließen.

Die Erdbewegungen wurden in Übereinstimmung mit den geltenden gesetzlichen Vorschriften durchgeführt. Um die Ausbreitung der Bodenkontamination einzudämmen, hat die flämische Regierung Vorschriften zur Verwendung von Bodenaushub erlassen. Diese Vorschriften sind in Kapitel XIII den Vlarebo-Vorschriften (Vlaams Reglement betreffende bodemsanering en bodembescherming)[flämische Verordnung über Bodensanierung und Bodenschutz]beschrieben. Wenn der gesamte Aushub mehr als 250 m³ beträgt, muss ein technischer Bericht von einer anerkannten Bodenprüfstelle erstellt werden.

Der technische Bericht wird die Umweltqualität und die Möglichkeiten zur Wiederverwendung des auszuhebenden Bodens bestimmen. Die als Ergebnis des technischen Berichts zu ergreifenden Maßnahmen müssen sicherstellen, dass die Ausbreitung der Bodenkontamination innerhalb des Aushubbereichs vermieden wird.

Für die Aushubarbeiten während des Baus des Filtered Containment Vent wurde 2016 ein technischer Bericht erstellt (nach Angaben von Grondbank NR: 2067-16-202396). Die auszuhebenden Böden erhielten folgende Umweltbewertungen: 911³ (Bereich in der Nähe von Reaktorgebäude 1 bis 1,5 m unter Bodenoberfläche) und 211⁴ (Bereich in der Nähe von Reaktorgebäude 1 1,5-3 m unter Bodenoberfläche + Bereich Reaktorgebäude 2 bis 3 m unter Bodenoberfläche). Die Böden wurden zwischengelagert und für Aufschüttungen wieder verwendet. Da der Bodenaushub vorschriftsmäßig wiederverwendet wird, sind die Auswirkungen infolge möglicher Qualitätsänderungen durch Erdbewegungen als nicht signifikant zu bewerten. Für die Aushubarbeiten in Bezug auf das neue Feuerwehrgebäude musste kein technischer Bericht erstellt werden, da das Volumen des auszuhebenden Bodens weniger als 250 m³ betrug.

Die Auswirkungen auf die Boden- und Grundwasserqualität während der LTO-Arbeiten werden mit begrenzt negativ bis vernachlässigbar bewertet.

2.1.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

2.1.3.2.1 Bodenverunreinigung

Die Lagerung und Verarbeitung gefährlicher Stoffe in großen Mengen (Diesel, Neutralisationsprodukte usw.) birgt potenziell gewisse Risiken einer Kontamination von Boden und Grundwasser. Die zum Schutz der Boden- und Grundwasserqualität getroffenen Maßnahmen werden in Abschnitt 2.1.2.7 aufgelistet.

Um die Risiken dieser Einlagerung zu minimieren, werden die folgenden Grundsätze des Risikomanagements angewandt:

- die Menge der gelagerten Chemikalien ist auf das unbedingt Notwendige zu beschränken;
- sachgemäße Einlagerung in Tanks mit Sammelbehältern oder in doppelwandigen Tanks und Leckerkennung.

KKW-1 und KKW-2 verfügen über ein Prozedere zur Vermeidung von Boden- und Grundwasserkontamination. Für die Betriebsphase sind in der Zukunft keine Änderungen an diesem System vorgesehen. Da das Risiko einer Boden- und Grundwasserkontamination in der Ausgangssituation als begrenzt angesehen wird, gibt es keinen Grund zur Annahme, dass sich dies in Zukunft ändern wird. Die kontinuierliche Überwachung der Einhaltung der vorgeschriebenen Maßnahmen zum Boden- und Grundwasserschutz wird als ausreichend angesehen. In den jüngsten Bodenuntersuchungen (2015, 2019) wurde dementsprechend keine neue Bodenkontamination (nach 2000 entstanden) festgestellt.

³ Diese Böden können innerhalb der katastertechnischen Arbeitszone frei genutzt werden. Außerhalb der katastertechnischen Arbeitszone muss dieser Boden dekontaminiert werden, bevor er wieder als Boden genutzt werden darf. Die Böden können zur Baulandnutzung oder als formstabiles Produkt verwendet werden.

⁴ Diese Böden können innerhalb der katastertechnischen Arbeitszone frei genutzt werden. Außerhalb der katastertechnischen Arbeitszone können sie als Boden nach Bestimmungstyp I bis V frei verwendet werden. Da die Schwermetallkonzentrationen die Werte für die freie Verwendung nicht überschreiten, können diese Böden zur Baulandnutzung oder als formstabiles Produkt verwendet werden.

Zwischenfälle, die Auswirkungen auf Boden und Grundwasser haben, können jedoch nie ausgeschlossen werden. Es ist immer noch mit erheblichen Auswirkungen auf die Qualität des Bodens und des Grundwassers zu rechnen, in dem Sinne, dass ein solcher Zwischenfall Anzeichen dafür sein könnte, dass die Kontamination von Boden und Grundwasser die Bodensanierungsnormen überschreitet oder zu überschreiten droht, was die Durchführung einer Bodenuntersuchung und möglicherweise eine anschließende Sanierung erforderlich macht.

So trat 2019 ein Leck an einem Heizöltank auf. Die Störung wurde dem OVAM gemeldet (05.09.2019). Der kontaminierte Boden wurde mit einem Saugwagen entfernt. Der kontaminierte Boden wurde zur Aufbereitung zu Suez Remediation und GRC Kallo verbracht. Die Kontrollproben zeigten keine Überschreitung des Richtwerts. Es daraus lässt sich schließen, dass alle Verunreinigungen mit Mineralöl entfernt worden sind. Der zur Auffüllung verwendete Boden erfüllte die Bedingungen für die freie Nutzung gemäß der Konformitätserklärung 2015-18202469 der Grondbank.

Auch im Falle neuer Störungen werden Sofortmaßnahmen ergriffen, um eine Verschmutzung von Boden und Grundwasser auszuschließen.

Die Auswirkungen auf die Boden- und Grundwasserqualität während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (2019-2025) werden mit begrenzt negativ bis vernachlässigbar bewertet.

2.1.3.2.2 Änderung der Bodennutzung und -eignung

In einem Umkreis von 2 km um das KKW entsprechen die Böden der Bodeneignungskarte:

- mäßig geeignet für Grünland;
- mäßig bis schlecht geeignet für Ackerbau und Mais;
- wenig bis ungeeignet für extensiven Gemüse- und Obstanbau;
- ungeeignet für intensiven Gemüseanbau, Gewächshausanbau, Zierpflanzenanbau, Obstgärten.

Die Bodeneignung kann durch die Emission von Salz über mitgeführte Tröpfchen in der Dampffahne der Kühltürme des KKW beeinflusst werden, die durch das brackige Scheldewasser als Kühlwasser entstehen. Berechnungen für den Bereich Luft ergaben, dass die Salzablagerung in der Umwelt (in einem Umkreis von 2 km) maximal etwa 0,25 g/m² pro Monat beträgt. Die Kühltürme funktionieren nur in Bezug auf Doel 3 und 4. Da sich die Anpassungen im Rahmen der LTO nur auf Doel 1 und 2 beziehen, sind keine Änderungen der Salzablagerung zu erwarten.

Darüber hinaus befindet sich das KKW an einem Standort, der bereits durch das vorhandene brackige Scheldewasser beeinflusst wird. Dies geht auch aus der Grundwassergefährdungskarte hervor, die auf das Vorhandensein von salzhaltigem Grundwasser hinweist. Die heutige Vegetation und die Nutzpflanzen haben sich wahrscheinlich bereits diesem Salzeinfluss angepasst. Der Einfluss des Salzniederschlags aus den Kühltürmen wird daher als begrenzt angesehen. Außerdem nehmen die Ablagerungen mit zunehmendem Abstand kontinuierlich ab.

Die Versalzung kann jedoch auch zu direkten Auswirkungen auf den Boden führen, z. B. Bodenverschluss. Salz zerstört die Bodenstruktur von Lehmböden durch den Kationenaustausch. Dieser Effekt kann jedoch u. a. durch die Zugabe von Kalk oder organischen Substanzen in den Boden behoben werden. Es ist davon auszugehen, dass derartige Zugaben bereits auf den umliegenden

landwirtschaftlichen Parzellen stattfinden. Diesbezüglich werden keine Änderungen der zukünftigen Situation erwartet.

Der Einfluss auf Bodennutzung und Bodeneignung infolge der Salzablagerungen wird mit vernachlässigbar bewertet.

2.1.3.3 Endgültige Stilllegungen (Zeitraum 2025-2029)

Während der endgültigen Stilllegungen wird es keine Änderungen an der Infrastruktur des KKW-Geländes geben, die mit Grabungs- oder Bauarbeiten verbunden sind. Es werden keine Veränderungen der Bodenstruktur oder des Profils auftreten.

Die Interventionen, die im Rahmen der endgültigen Stilllegungen erfolgen, werden immer nach den neuesten „Best Practices“ durchgeführt, wodurch das Risiko einer Bodenkontamination deutlich verringert wird. Das Meldesystem für störfallbedingte Emissionen wird stets strikt eingehalten. Auf diese Weise gilt das Risiko einer Boden- und Grundwasserverschmutzung als beherrschbar. Die Auswirkungen auf die Boden- und Grundwasserqualität werden mit begrenzt negativ bis vernachlässigbar bewertet.

2.1.3.4 Null-Variante

Bei der Null-Variante (= kein LTO) wurden im Rahmen der Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2 keine Arbeiten vorgenommen. Es dürften daher keine Bau- und Aushubarbeiten stattgefunden haben. Somit wären die oben beschriebenen Auswirkungen während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018 auf Bodenstruktur, Bodenprofil und Bodengesundheit nicht aufgetreten. Es ist zu beachten, dass diese Auswirkungen in der LTO-Situation als vernachlässigbar bis begrenzt negativ bewertet werden.

Bei der Null-Variante würden die Lager- und Risikoaktivitäten auf dem Gelände ab 2015 anstelle von 2025 eingestellt. Da das Risiko der Boden- und Grundwasserverseuchung als beherrschbar angesehen werden kann, wird der Unterschied gegenüber der LTO-Situation hinsichtlich der Auswirkungen auf die Boden- und Grundwasserqualität als begrenzt angesehen.

Der Betrieb der Blöcke Doel 1 und 2 hat keine Auswirkungen auf die Salzablagerungen in der Umgebung. Der Verzicht auf eine Verlängerung der Laufzeiten von Doel 1 und 2 hat daher keine Auswirkungen auf Bodennutzung und Bodeneignung.

Für den Bereich Boden kann daraus geschlossen werden, dass es keinen Unterschied zwischen der definitiven Stilllegung im Jahr 2015 (= Null-Variante) und im Jahr 2025 gibt.

2.1.3.5 Kumulierte Effekte

Was den Bereich Boden betrifft, sind keine kumulativen Effekte mit anderen Projekten in der Umgebung zu erwarten.

2.1.3.6 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Es gibt keine grenzüberschreitenden Auswirkungen im Bereich Boden. Auch der Salzniederschlag aus der Rauchfahne der Kühltürme wird sich nicht ändern, da die Kühltürme nur in Bezug auf Doel 3 und 4 arbeiten (siehe Bereich Luft, Kapitel 2.4).

2.1.4 Monitoring

Für den Bereich Boden sind keine Maßnahmen zur Überwachung und Evaluierung erforderlich.

2.1.5 Mitigierende Maßnahmen und Empfehlungen

Wie bereits erwähnt, können Zwischenfälle mit möglichen Auswirkungen auf den Boden und/oder das Grundwasser nie ganz ausgeschlossen werden. Der weitere Betrieb des Kernkraftwerks wird stets nach den neuesten „Best Practices“ erfolgen, wodurch das Risiko einer Bodenkontamination deutlich gemindert wird.

Was die unfallbedingten Emissionen betrifft, so wird das Berichtsprozedere (u. a. für Zwischenfälle) jederzeit streng eingehalten, um kritische Punkte zu identifizieren, zu analysieren und zu beheben.

Weitere mitigierende Maßnahmen oder Empfehlungen werden nicht für notwendig erachtet.

2.1.6 Wissenslücken

Es wurden keine Wissenslücken festgestellt, die sich auf die durchgeführte Analyse oder die getroffenen Schlussfolgerungen auswirken würden.

2.1.7 Schlussfolgerungen

Die Auswirkungen der Arbeiten, die im Rahmen der LTO-Anpassungen für LTO stattgefunden haben, können für den Bereich Boden als begrenzt negativ bis vernachlässigbar bewertet werden. Es werden keine zusätzlichen Auswirkungen durch die LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation erwartet.

Die Auswirkungen der DSL werden ebenfalls als begrenzt negativ bis vernachlässigbar bewertet. Der Unterschied zwischen einer definitiven Stilllegung im Jahr 2015 (= Null-Variante) oder im Jahr 2025 ist, was den Boden betrifft, begrenzt.

Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass in Zukunft Vorfälle mit Auswirkungen auf die Bodenhygiene eintreten können. Allerdings sind KKW-1 und KKW-2 derzeit sowohl mit technischen als auch mit organisatorischen Maßnahmen ausgestattet, um mögliche Kontaminationen so weit wie möglich zu verhindern oder ihnen entgegenzuwirken. Der weitere Betrieb des Kernkraftwerks wird stets nach den neuesten „Best Practices“ erfolgen, wodurch das Risiko einer Bodenkontamination deutlich gemindert wird.

Der Betrieb der Blöcke Doel 1 und 2 hat keine Auswirkungen auf die Salzablagerungen in der Umgebung und somit auch nicht auf Bodennutzung und Bodeneignung.

2.2 Wasser

- Anhang A - Karte 8: Genehmigte Grundwasserentnahmen
- Anhang A - Karte 9: Flämischer Hydrographischer Atlas
- Anhang A - Karte 10: Wasserprüfung - überschwemmungsgefährdete Gebiete
- Anhang A - Karte 11: Wasserprüfung - erosionsgefährdete Gebiete
- Anhang A - Karte 12: Wasserprüfung - Grundwasserströmungs-empfindliche Gebiete

2.2.1 Methodologie

2.2.1.1 Abgrenzung der Studie

Das Untersuchungsgebiet für den Bereich Wasser umfasst alle zum öffentlichen Gewässernetz gehörenden Oberflächengewässer, deren Qualität, Quantität und/oder Profil durch das KKW Doel beeinflusst werden könnten.

Der Aspekt Grundwasser wird zusammen mit dem Bereich Boden behandelt.

2.2.1.2 Beschreibung der Ausgangssituation

Bei der Beschreibung der Ausgangssituation werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Hydrographie: Diese wird anhand der topographischen Karte und des Flämischen Hydrographie-Atlases behandelt.
- Oberflächenwasserqualität: Der Gesamtzustand der Schelde und des angrenzenden Doorloop wird anhand der Bewertung im Rahmen des zweiten Bewirtschaftungsplans für Flusseinzugsgebiete (BPFEG) des spezifischen Teils Unteres Scheldebecken beschrieben, zu finden auf dem Geoportale der Bewirtschaftungspläne für Flusseinzugsgebiete. Die Oberflächenwasserqualität der Zeeschelde wird auch auf der Grundlage der Messdatenbank der Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) sowohl flussaufwärts als auch flussabwärts der Einleitstellen des KKW beschrieben. Die aktuelle Wasserqualität wird im Hinblick auf die geltenden Qualitätsanforderungen geprüft;
- Überschwemmungsgefährdung, Versickerung, Grundwasserströmung und Erosion sowie die Lage innerhalb eines Winterbetts: Hierfür werden die bei Geopunt verfügbaren Wassertestkarten verwendet;
- Wasserversorgung / Wasserbilanz / interne Kanalisation: Die ein- und ausgehenden Wasserströme des KKW werden quantitativ ermittelt und im Kanalisationsplan schematisch dargestellt;
- Beschreibung der Emissionen: Die Schadstoffkonzentrationen in den abfließenden Wasserströmen des KKW werden beschrieben, quantifiziert und mit den geltenden Einleitnormen abgeglichen.

2.2.1.3 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen

Während der Bauphase im Rahmen der LTO-Arbeiten sind für den Bereich Wasser keine Auswirkungen zu erwarten. Es werden auch keine Entwässerungsarbeiten durchgeführt.

Das KKW verwendet für seinen Betrieb Leitungswasser und Wasser, das aus der Schelde entnommen wird. Regenwasser wird nicht wiederverwendet. Anpassungen im Rahmen des LTO können mit einer zusätzlichen Versiegelung oder Dachfläche einhergehen. Während der Betriebsphase (Industrie- und Sanitärabwässer) erfolgen Einleitungen in Oberflächengewässer. Kühlwasser mit einer höheren Temperatur als das Oberflächenwasser wird in die Schelde eingeleitet. Für die Einleitung und Überwachung des Kühlwassers gelten besondere Umweltauflagen, die in der Umweltgenehmigung festgelegt sind. Der Standort des KKW an der Schelde kann ein Überschwemmungsrisiko beinhalten (unter Berücksichtigung der erwarteten Auswirkungen des Klimawandels).

Die zu erwartenden Auswirkungen für den Bereich Wasser während der Betriebsphase werden wie folgt beschrieben:

- Wasserhaushalt (Wasserbilanz): Sowohl die zu- als auch die abfließenden Ströme als Folge des Projekts werden quantitativ bestimmt;
- Änderung der Versickerungs- und Abflussmerkmale: qualitative Beschreibung des Regenwasserabflusses (basierend auf dem regionalen Regenwassertest). Die Risiken von Überflutungen (auch durch den Klimawandel) werden qualitativ beschrieben (Gefährdung des Projekts);
- Veränderung der Qualität der Oberflächengewässer: Quantitative Abschätzung der Schmutzfracht von eingeleiteten Industrie- und Sanitärabwässern und Ermittlung der Auswirkungen der Einleitung auf die Qualität der aufnehmenden Gewässer mittels eines statischen Ansatzes;
- Thermische Auswirkung der Kühlwassereinleitung: Quantitative Abschätzung des Temperaturanstiegs in Abhängigkeit von der Entfernung zur Einleitstelle und von der Größe der Wärmefahne auf der Grundlage der fünf durchgeführten Monitoring-Kampagnen zum Temperatureinfluss des KKW-Kühlwassers auf die Schelde (Arcadis, 2012). Der Einfluss des Klimawandels auf die Kühlleistung des KKW und die thermische Belastung der Schelde wird qualitativ beschrieben.
- Bewertung der Auswirkungen auf den Zustand der Wasserkörper: Mit dem Urteil des Europäischen Gerichtshofs vom 1. Juli 2015 zur Auslegung der Wasserrahmen-Richtlinie (Rechtssache C-461/13, das sogenannte Weser-Urteil) wurde deutlich, dass den Auswirkungen auf das Wasser und den verschiedenen Elementen, die seinen Zustand bestimmen, größere Aufmerksamkeit gewidmet muss. Es wird eine Prüfung anhand der Wasserrahmen-Richtlinie durchgeführt.

Erläuterung der Folgenabschätzung:

- Wasserversorgung (quantitativ – Wasserbilanz):
 - Es erfolgt hier keine Bewertung;
- Änderung der Versickerungs- und Abflussmerkmale:

- signifikant negativ: Signifikante Änderungen in des Wasserhaushalts, die zu negativen Sekundäreffekten führen (z. B. Häufigkeit und Ausmaß von Überschwemmungen);
- negativ: Begrenzte Änderung des Wasserhaushalts mit begrenzten negativen Sekundäreffekten als Folge;
- leicht positiv: Begrenzte Änderung des Wasserhaushalts ohne negative Sekundäreffekte als Folge;
- vernachlässigbar: Es ist keine Änderung des Wasserhaushalts zu erwarten;
- leicht positiv: Begrenzte Änderung des Wasserhaushalts ohne positive Sekundäreffekte als Folge;
- positiv: Begrenzte Änderung des Wasserhaushalts mit leicht positiven Sekundäreffekten als Folge;
- signifikant positiv: Begrenzte Änderung des Wasserhaushalts mit positiven Sekundäreffekten als Folge;
- Veränderung der Oberflächenwasserqualität:

Für die Bewertung der permanenten (mittleren) Auswirkung der Einleitung wird die Methodik der aktuellen Version des Leitfadens für den Bereich Wasser verwendet (Juni 2011). Diese Methode besteht zunächst darin, für den Parameter x den Konzentrationsanstieg Cv bei voller Durchmischung anhand folgender Formel zu berechnen: $Cv = \frac{Ce \cdot QL}{Qopp + QL}$

Es gilt:

Ce = Konzentrationsparameter x im eingeleiteten Wasser (Jahresmittelwert)

QL = Abflussmenge des Abwassers (Jahreswert)

$Qopp$ = Abflussmenge Oberflächenwasser (mittlere Wasserbewegung der Gezeiten)

Um die Signifikanz der permanenten Auswirkung der Einleitung anzugeben, wird der folgende Bewertungsrahmen aus dem genannten Richtlinienkompendium verwendet. Die in Anhang 2.3.1 von VLAREM II festgelegten Umweltqualitätsnormen werden als Referenzwert genutzt.

Gesamte Konzentrationserhöhung Einleitungen (X) vs. Prüfwert	$1 \leq X < 10\%$	$10 \leq X < 20\%$	$X > 20\%$
Aktuelle Immissionsqualität (Y) vs. Prüfwert			
$Y < 50\%$	-1	-1	-2
$50\% \leq Y < 75\%$	-1	-2	-3
$Y \geq 75\%$	-2	-3	-3

-1: geringer Beitrag = geringe negative Auswirkung; -2: relevanter Beitrag = negative Auswirkung; -3: erheblicher Beitrag = signifikant negative Auswirkungen

Y = mittlere Immissionsqualität stromaufwärts vor der Einleitung

- Bewertung Temperaturanstieg:
 - signifikant negativ – erhebliche thermische Auswirkungen: Infolge der Einleitung kommt es zu einem Temperaturanstieg von mehr als 3 °C;
 - negativ – relevante (akzeptable) thermische Auswirkungen: Infolge der Einleitung kommt es zu einem Temperaturanstieg zwischen 1 und 3 °C;
 - begrenzt negativ – begrenzte thermische Auswirkungen: Infolge der Einleitung kommt es zu einem Temperaturanstieg von weniger als 3 °C;
- Beurteilung der Größe der Wärmefahne (gemäß Beurteilungssystem für Wärmeeinleitungen der *Kommission Integraal Waterbeheer Nederland*): Die Durchmischungszone in der Nähe der Einleitstelle (das ist die Zone, die durch eine Temperatur von über 25°C begrenzt wird) darf nicht mehr als 25 % des Querschnitts des Oberflächenwassers einnehmen (so bleibt die entstehende Wärmebarriere noch ausreichend für Wasserorganismen passierbar).
- Bewertung der Auswirkungen auf den Zustand der Wasserkörper: Die Bewertung erfolgt auf der Grundlage der vorläufigen Leitlinien für die Bewertung der Auswirkungen auf den Zustand der Wasserkörper (Koordinierungsausschuss für integrierte Wasserwirtschaft, 2019).

2.2.2 Ausgangssituation

2.2.2.1 Hydrografie

Der KKW-Standort befindet sich am linken Scheldeufer.

Die Schelde ist ein Tieflandfluss, der von der Quelle bei Saint Quentin (Nordfrankreich) bis zur Mündung bei Vlissingen (Niederlande) etwa 355 km lang ist. Das Einzugsgebiet der Schelde und ihrer Nebenflüsse umfasst fast ganz Niederbelgien, einen kleinen Teil Nordfrankreichs und die Hälfte von Zeeland. Das Einzugsgebiet grenzt im Westen an das Yser-Becken und im Norden, Osten und Süden an das Maas-Becken. Die Schelde und alle ihre Nebenflüsse sind sogenannte Regenflüsse. Das bedeutet, dass der Wasserabfluss an der belgisch-niederländischen Grenze im Laufe des Jahres stark schwanken kann.

Grob gesagt, besteht die Schelde aus zwei Teilen. Der eigentliche Flusslauf beginnt in Saint Quentin und endet an den Wehren in Gent. Stromabwärts von Gent bis zur Mündung in Vlissingen bildet die Schelde ein Ästuar, in dem die Gezeiten von der Nordsee einen erheblichen Einfluss auf die Morphologie ausüben und in dem die Wechselwirkung zwischen Fluss und Meerwasser eine ausgeprägte differenzierte morphologische Entwicklung bewirkt. Im KKW-Bereich gehört die Schelde zu diesem Ästuar.

Bis wenige Kilometer vor der belgisch-niederländischen Grenze besteht die Schelde aus einer einzigen Fahrrinne. Weiter flussabwärts, in Richtung Nordsee, zeigt das Querprofil eine von Ebbe dominiertes Hauptrinne und einige Nebenrinnen (Scheren), die meist von Flut dominiert werden. Die Hauptrinne ist in den relativ engen, scharfen Kurven am tiefsten. In den geraden Rinnen und an den relativ breiten Abzweigungen von Haupt- und Nebenrinnen ist der Fluss von Natur aus flach. Solche Untiefen werden mit dem Begriff „Schwellen“ bezeichnet. Das Schelde-Ästuar ist seitlich mit dem Intertidalgebiet in Form von Schorren und Schlickern verbunden (z. B. die Galgenschorre).

Die Schelde bei Doel ist ein Gezeitenfluss; es gibt also zwei Arten von Strömung. Erstens die Gezeitenströmung (Ebbe und Flut) und zweitens der Abfluss von überschüssigem Wasser aus dem

hydrografischen Hinterland in Richtung Meer. Die Gezeitenströmungen sind sehr groß und variieren mit dem Zyklus der jeweiligen Flut. Der Gezeitenstrom nimmt in stromabwärtiger Richtung zu.

Um eine Vorstellung von der Größe zu vermitteln: Bei einer durchschnittlichen Flut bewegen Ebbe und Flut bei Liefkenshoek einen gemittelten Durchfluss von 5.300 bzw. 5.400 m³/s. Die Dauer ist jeweils unterschiedlich: Die Flut dauert etwas mehr als fünfeinhalb Stunden, während die Ebbe fast sieben Stunden dauert. Bei Flut bzw. Ebbe wird – bei mittlerer Tide – ein momentaner maximaler Durchfluss von 9.400 bzw. 8.300 m³/s erreicht. Das gesamte Flutvolumen beträgt 115 Mio. m³, das Ebbevolumen 123 Mio. m³ (Quelle: Plancke et al., 2017).

Die Differenz zwischen Flut- und Ebbedurchfluss zeigt sofort, dass ein durchschnittlicher Überschussdurchfluss von etwa 100 m³/s vorliegt.

Flut und Ebbe bedingen gegenläufige Strömungsrichtungen, d. h. bei Flut landeinwärts, bei Ebbe seewärts. Beim Gezeitenwechsel zwischen Ebbe und Flut (Gezeitenwechsel; ca. eine Stunde nach Hoch- und Niedrigwasser) ist die Fließgeschwindigkeit recht gering. Beim Messpunkt Lillo gibt es ausgeprägte Unterschiede zwischen den Fließgeschwindigkeiten bei Flut und bei Ebbe. Für die obere Einheit werden Geschwindigkeiten bei Flut von 0,4-0,8 m/s gemessen, für die untere Einheit liegen sie bei 0,4-0,7 m/s. In Grundnähe wird die Geschwindigkeit eher gering. Dennoch reicht sie oft aus, um Sand und Schlack über den Boden zu bewegen. Bei Ebbe werden an der oberen Einheit Geschwindigkeiten um 0,2-0,35 m/s und an der unteren Einheit Geschwindigkeiten um 0,25-0,4 m/s gemessen. Die Strömung ist hier also eindeutig gezeitendominiert (Quelle: Plancke et al., 2017).

Die Bathymetrie der Schelde am KKW kann vereinfacht anhand der mittleren rechteckigen Bathymetrie beschrieben werden. Die Lage des Querschnitts der Schelde, für den die mittlere rechteckige Bathymetrie der Schelde beschrieben wird, ist in Abbildung 2-3 dargestellt. Die durchschnittliche Tiefe der Schelde bei Ebbe beträgt hier 7,8 m und die Breite liegt bei etwa 1.100 m. Die Berechnung der mittleren Tiefe stellt sicher, dass die Fläche des tatsächlichen Querschnitts gleich der Fläche des vereinfachten rechteckigen Querschnitts ist. Am stromaufwärts gelegenen Ende der Gezeitenrinne der Doel-Platte befindet sich ein Wellenbrecher, der ebenfalls auf Abbildung 2-3 gekennzeichnet ist. Ein Wellenbrecher dämmt die Flutströmung teilweise ein und leitet sie zum Überlauf des vorhandenen Ebbegrabens. Hier konzentriert sich der Ebbestrom mehr im Hauptfahrwasser, wobei durch die Erhöhung der Sandtransportkapazität eine größere Erosion in der Fahrinne erreicht wird und folglich größere natürliche Tiefen erhalten bleiben. Ein Wellenbrecher definiert in gewissem Sinne einen Plattenbereich und verhindert die Bildung von durchgängigen sekundären Ebbekänen im Plattensystem, die in ihrem natürlichen Zustand bestimmte Entwicklungen aufweisen, die sich nachteilig auf die Erhaltung des Fahrwassers auswirken können. Es ist zu beachten, dass aufgrund der besonderen Lage der Einleitstelle am Kopf der Doelplatte für die Situation bei Ebbe angenommen wurde, dass die größte Wassermenge durch diese Platte zurückfließt. Bei Ebbe wird für die Doel-Platte eine Tiefe von 3 m und eine Breite von 300 m zugrunde gelegt.

Südlich des KKW verläuft der Doorloop, ein Wasserlauf der Kategorie 3, der in die Zuständigkeit des Polder van het Land van Waas fällt. Er mündet unmittelbar oberhalb des KKW in die Schelde. Das KKW hat keine Einleitstellen an diesem Wasserlauf.

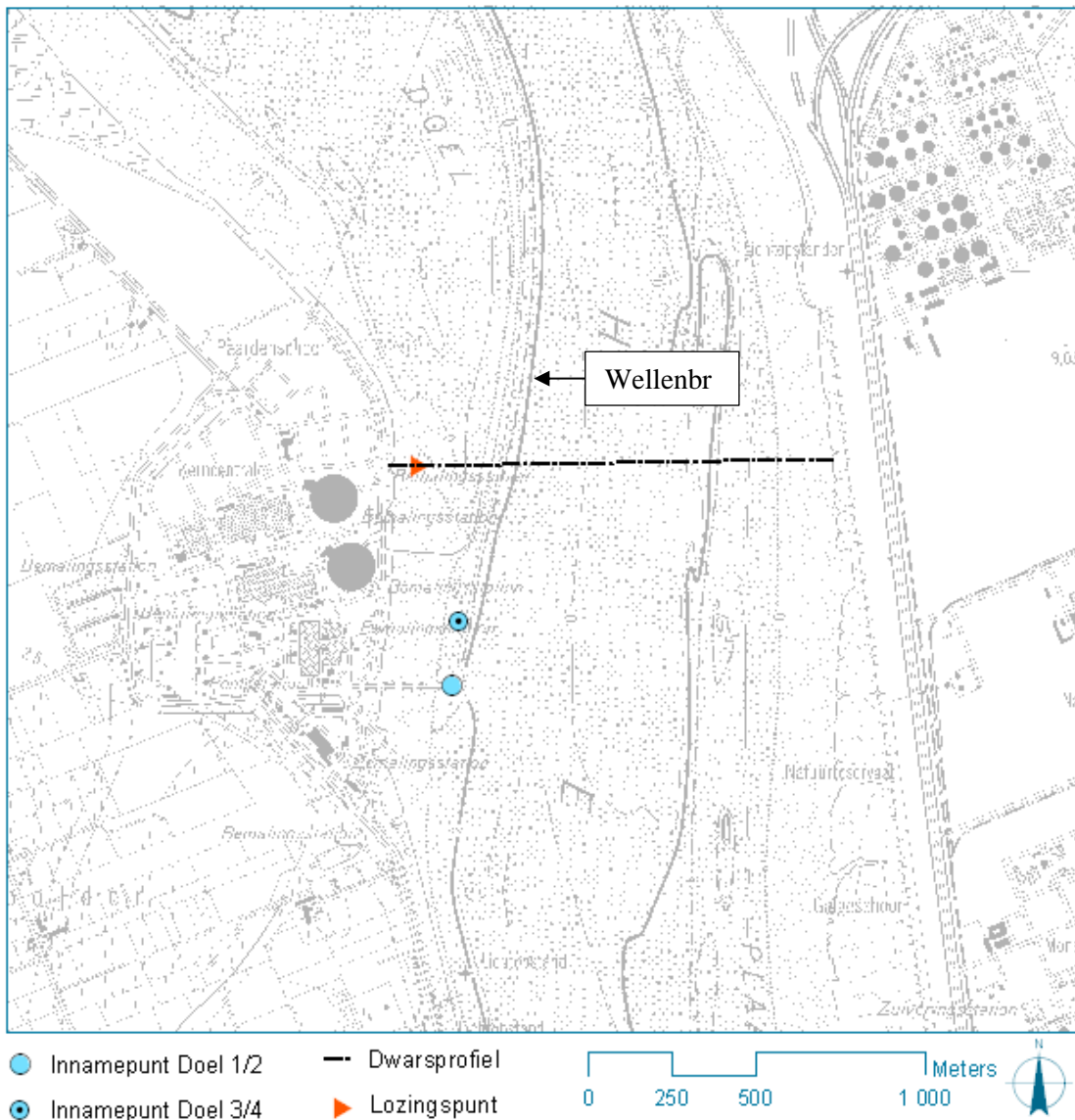


Abbildung 2-3 Bathymetrie Schelde bei Doel

2.2.2.2 Qualität des Oberflächenwassers

2.2.2.2.1 Globale Zustandsbewertung im Rahmen des Bewirtschaftungsplans für Flusseinzugsgebiete Zeeschelde

Für die Beschreibung der Oberflächenwasserqualität der Schelde in der Ausgangssituation wird die Bewertung im Rahmen des zweiten BPFEG (Bewirtschaftungsplan für das Flusseinzugsgebiet) für die Schelde für den beckenspezifischen Teil des Unteren Scheldebeckens verwendet. Die Schelde am KKW ist Teil des flämischen Wasserkörpers Zeeschelde IV mit dem Code VL08_43. Dieser Wasserkörper ist als Übergangsgewässer des Typs brackisch-makrotides Tiefland-Ästuar (O1b) kategorisiert und hat den Status eines erheblich veränderten Wasserkörpers. Die Bewertung basiert auf Messergebnissen aus den Jahren 2005-2013 und kann daher als repräsentativ für die Ausgangssituation gelten:

- Die Gesamtbewertung des ökologischen Potenzials der Zeeschelde IV ist im Allgemeinen unzureichend:
 - Die Bewertung der biologischen Elemente ist ungenügend: für Makrophyten und Fische und mäßig für Makroinvertebraten.
 - Die Bewertung der physikalisch-chemischen Elemente, die die biologischen Elemente bestimmen, ist im Allgemeinen schlecht. Folgendes gilt für die Bewertung der einzelnen physikalisch-chemischen Elemente:
 - Schlechte Bewertung für Nitrat + Nitrit + Ammonium;
 - Gute Bewertung für Temperatur, gelösten Sauerstoff und pH-Wert.
 - Die Bewertung für die spezifischen Schadstoffe ist schlecht. Es gibt eine Überschreitung bei gelöstem Arsen, Bor und Uran.
- Die Bewertung des chemischen Zustands der Zeeschelde IV ist schlecht. Es gibt Überschreitungen für PAH und Gesamtquecksilber.
- Der Flussgrund der Zeeschelde IV ist verschmutzt.

Für die Beschreibung der Oberflächenwasserqualität der Schelde im Zeitraum 2015-2019 wird die Bewertung aus dem dritten BPFEG genutzt. Die Bewertung basiert auf Messergebnissen aus dem Jahr 2018 und kann daher als repräsentativ für diesen Zeitraum gelten:

- Die Gesamtbewertung des ökologischen Potenzials der Zeeschelde IV ist im Allgemeinen unzureichend:
 - Das Ergebnis der Bewertung der biologischen Elemente ist ungenügend: ungenügend für Makrophyten, mäßig für Makroinvertebraten und gut für Fische.
 - Das Ergebnis der Bewertung der physikalisch-chemischen Elemente im Allgemeinen ist schlecht:
 - Schlechte Bewertung für Nitrat + Nitrit + Ammonium;
 - Gute Bewertung für gelösten Sauerstoff und pH-Wert.
 - Das Ergebnis der Evaluierung der spezifischen Schadstoffen, die für die biologischen Elemente maßgeblich sind, ist nicht gut. Es gibt eine Überschreitung bei gelöstem Arsen, Bor und Uran.
 - Die Bewertung der Hydromorphologie ist unzureichend.
- Die Bewertung des chemischen Zustands der Zeeschelde IV ist schlecht. Es gibt Überschreitungen für PAH, polybromierten Diphenylether, Tributylzinn, Perfluoroktansulfonsäure, Heptachlorepoxyd und Gesamtquecksilber.
- Der Meeresboden der Zeeschelde IV ist belastet.

Doorloop

Für die Beschreibung der Oberflächenwasserqualität des Doorloop in der Ausgangssituation wird die Bewertung im Rahmen des zweiten BPFEG (Bewirtschaftungsplan für das Flusseinzugsgebiet) für die Schelde für den beckenspezifischen Teil des Unteren Scheldebeckens verwendet. Der Doorloop ist ein lokaler Wasserkörper gemäß Rang 1 mit dem Code L107_333. Der Wasserkörper ist als Fluss des Typs Brackwasser-Poldergewässer (Pb) eingestuft und hat den Status eines erheblich veränderten Wasserkörpers. Die Bewertung basiert auf Messergebnissen aus dem Jahr 2012 und kann daher als repräsentativ für die Ausgangssituation gelten:

Für die Bewertung des ökologischen Potenzials des Doorloop gilt Folgendes:

- Das Ergebnis der Bewertung der biologischen Elemente ist insgesamt mäßig: mäßig für Makrophyten und Makroinvertebraten.
- Das Ergebnis der Evaluierung der physikalisch-chemischen Elemente, die die biologischen Elemente bestimmen, ist im Allgemeinen unzureichend. Es gilt für die Bewertung der einzelnen physikalisch-chemischen Elemente:
 - Unzureichend für Gesamtphosphor;
 - Mäßige Bewertung für Gesamtstickstoff, Temperatur und gelösten Sauerstoff;
 - Gute Bewertung für pH-Wert und Durchlässigkeit.
- Das Ergebnis der Evaluierung der spezifischen Schadstoffe ist nicht gut. Es gibt eine Überschreitung bei gelöstem Uran.

Die Bewertung des chemischen Zustands für den Doorloop ist schlecht. Es gibt eine Überschreitung bei gelöstem Uran.

Es gab keine Gesamtzustandsbewertung für den Doorloop im Rahmen des dritten BPFEG.

2.2.2.2.2 *Physikalisch-chemische Qualität*

Die Oberflächenwasserqualität der Schelde flussaufwärts und flussabwärts der KKW-Einleitstellen wird anhand des VMM-Messnetzes der Oberflächenwasserqualität weiter besprochen. Die folgenden Messpunkte werden auf monatlicher Basis gemessen und sind für diese UVP von Bedeutung:

- 159000: stromaufwärts, Beveren, Fahrinne Scheldebocht in der Nähe der Kallo-Schleuse;
- 157000: stromaufwärts, Lillo, Fahrinne bei Fort Liefkenshoek und Fort Lillo;
- 154100: stromabwärts, Zandvliet, Grenze Doel, Fahrinne in der Mitte der Schelde auf Bojenhöhe.

Die Lage der Messpunkte ist in Abbildung 2-4 dargestellt.

Die Schelde muss stromaufwärts und -abwärts des KKW die Richtwerte zur Bestimmung des guten ökologischen und chemischen Zustands für den Typ „Übergangsgewässer - brackiges makrotides Tiefland-Ästuar“ (O1b) einhalten, die in Anhang 2.3.1 der VLAREM II zu finden sind. Aufgrund des brackigen Charakters des Wassers im Schelde-Ästuar sind die Ziele für Chloride, Sulfat und Durchlässigkeit nicht anwendbar.



Abbildung 2-4 Lage der VMM-Messstellen

Ausgangssituation 2013-2014

Tabelle 2-4 zeigt die durchschnittlichen Messergebnisse der physikalisch-chemischen Wasserqualität im Zeitraum 2013-2014 für die oben genannten VMM-Messstellen. Die grundlegenden Umweltqualitätsnormen für Oberflächengewässer sind ebenfalls in der Tabelle enthalten. Werte in Rot beziehen sich auf eine Überschreitung der entsprechenden Umweltqualitätsnorm (UQN).

Aus Tabelle 2-5 geht hervor, dass die maximal gemessene Temperatur (gerade) unterhalb der Umweltqualitätsnorm von 25 °C liegt. Die qualitativen Umweltzielsetzungen werden für die Parameter pH-Wert, gelöster Sauerstoff (die Zielsetzung wird an der flussaufwärts gelegenen Messstelle nicht erreicht, wohl aber weiter flussabwärts), chemischer Sauerstoffverbrauch (CSV), Orthophosphat, Nitrat + Nitrit + Ammonium, gelöstes Bor, Arsen, Beryllium, Thallium und Uran nicht eingehalten.

Wie oben erwähnt, werden die VMM-Messpunkte jeden Monat abgelesen. An den Entnahmestellen Doel 1 und Doel 2 sowie an der Entnahmestelle der Blöcke Doel 3 und 4 wird die Scheldetemperatur von Engie selbst kontinuierlich gemessen. Die Entnahmestelle ist in Abbildung 2-3 dargestellt. Die kontinuierlichen Messungen für die Ausgangssituation 2013-2014 zeigen, dass die Maximaltemperatur von 25 °C im Allgemeinen nicht überschritten wird, mit Ausnahme je eines Tages Ende Juli 2013 und 2014, an dem die Maximaltemperatur auf 26 °C steigt (Abbildung 2-5 und Abbildung 2-6). Unstetigkeiten in den Messungen sind auf Messfehler, einen Fehler im Aufzeichnungssystem oder eine Störung der Messeinrichtung aufgrund einer Wartung zurückzuführen.

Der Sauerstoffgehalt an den Entnahmestellen Doel 1 sowie Doel 3 und 4 wird ebenfalls kontinuierlich von Engie selbst gemessen. Die Messungen für die Ausgangssituation 2013-2014 sind in Abbildung 2-15 und Abbildung 2-16 aus Abschnitt 2.2.2.6.3.1 dargestellt. Da die Schelde viele Schwebstoffe enthält, kann die Zuleitung zur Messzelle verstopfen. Die mikrobielle Aktivität führt dann zu einem Sauerstoffverbrauch, der die Messwerte auf Null gehen lässt. Dies führt häufig zu Fehlmessungen, wie in den Abbildungen ersichtlich ist. Ohne Berücksichtigung der Ausreißer und der Werte bei einer verstopften Messzelle lässt sich aus den Messungen ableiten, dass die Umweltqualitätsnorm von 6 mg O₂/L als P10-Wert für das entnommene Scheldewasser zu jeder Zeit eingehalten wird.

Zeitraum 2015-2019

Tabelle 2-6 zeigt die durchschnittlichen Messergebnisse der physikalisch-chemischen Wasserqualität im Zeitraum 2015-2019 für die oben genannten VMM-Messstellen. Aus Tabelle 2-6 geht hervor, dass die maximal gemessene Temperatur (knapp) unterhalb der Umweltqualitätsnorm von 25 °C liegt, mit Ausnahme der Messstelle stromabwärts des KKW (Messstelle 1574100). Hier wurde die Umweltqualitätsnorm im August 2018 überschritten, als die Temperatur 25,2 °C erreichte. Die qualitativen Umweltzielsetzungen werden für die Parameter chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Nitrat + Nitrit + Ammonium, gelöstes Bor, Arsen, Beryllium, Cadmium und Uran nicht eingehalten.

Die kontinuierlichen Temperaturmessungen für den Zeitraum 2015-2019 (Abbildung 2-7 bis Abbildung 2-11) zeigen, dass die Maximaltemperatur von 25 °C nicht überschritten wird, mit Ausnahme einiger Tage in den Sommern 2018 und 2019, an denen die Maximaltemperatur auf 26 °C ansteigt (abgesehen von sporadischen Überschreitungen/Ausreißern aufgrund von Messfehlern).

Die kontinuierlichen Messungen des Sauerstoffgehalts für den Zeitraum 2015-2019 sind in Abbildung 2-17 bis Abbildung 2-21 aus Abschnitt 2.2.2.6.3.1 dargestellt. In den Jahren 2016 und 2018 werden die P10-Werte von 6 mg O₂/L nicht eingehalten.

Tabelle 2-5 Wasserqualität und Bewertung anhand der Umweltqualitätsnorm (UQN) an Messstellen flussaufwärts und flussabwärts der KKW-Einleitstelle in die Schelde – Ausgangssituation 2013-2014

Parameter	Einheit	UQN gültig für 2013-2014	Messpunkte (Ergebnisse 2013-2014)																	
			159000 – stromaufwärts						157000 – stromaufwärts						154100 – stromabwärts					
			Min	P10	Ø	P90	max	Winter-Ø	Min	P10	Ø	P90	Max	Winter-Ø	min	P10	Ø	P90	max	Winter-Ø
Temperatur	°C	25 (max)	6,90	8,06	14,04	20,88	24,10	8,25	6,70	7,74	14,11	20,66	23,50	8,23	7,00	7,92	13,90	20,22	24,20	8,12
pH	-	zwischen 7,5 und 9	7,10	7,60	7,78	8,00	8,00	7,74	7,10	7,64	7,83	8,00	8,00	7,87	7,30	7,74	7,91	8,10	8,10	7,98
Sauerstoff, gelöst	mg/L	6 (P10)	4,90	5,56	7,61	9,66	10,30	9,24	5,30	6,44	8,20	10,08	10,50	9,60	6,80	7,20	9,01	10,94	11,80	10,47
Durchlässigkeit (20 °C)	µS/cm		1667,00	2274,60	7574,72	12460,00	14480,00	54900,00	3590,00	5156,00	10529,20	14362,00	17210,00	7020,00	4990,00	7170,00	12540,00	17588,00	19490,00	8668,33
Chlorid	mg/L		0,00	466,00	2289,60	4220,00	5300,00	1705,00	0,00	1274,00	3369,60	5120,00	6500,00	2433,33	0,00	2042,00	3988,80	6000,00	7300,00	3038,33
Biochemischer Sauerstoffverbrauch nach 5d. (BSV)	mgO ₂ /L	6 (P90)	0,00	0,50	0,86	1,54	2,30	1,03	0,50	0,50	0,86	1,66	2,00	0,85	0,25	0,50	1,51	2,32	12,00	0,68
Chemischer Sauerstoffverbrauch (CSV)	mgO ₂ /L	30 (P90)	19,00	20,80	32,64	48,40	81,00	34,63	19,00	20,60	31,48	43,20	56,00	29,33	13,00	20,40	34,60	58,40	80,00	24,50
Kjeldahl-Stickstoff	mgN/L		0,20	0,58	1,24	2,02	2,90	1,39	0,10	0,20	1,02	1,66	2,80	1,38	0,00	0,20	0,81	1,46	2,00	0,94
Ammonium	mgN/L		0,04	0,04	0,12	0,30	0,87	0,28	0,04	0,04	0,13	0,31	0,75	0,28	0,04	0,04	0,12	0,24	0,65	0,22
Nitrat	mgN/L		2,40	2,49	3,57	4,50	4,90	4,24	1,73	2,34	3,30	4,26	4,60	4,02	1,66	1,73	3,03	4,10	4,30	3,82
Nitrit	mgN/L	0,2 (Ø) 0,6 (max)	0,01	0,01	0,01	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,04
Nitrat + Nitrit + Ammonium	mgN/L	0,49 (Winter-Ø)	2,45	2,56	3,70	4,89	5,22	4,54	1,78	2,41	3,44	4,59	5,19	4,32	1,71	1,79	3,16	4,31	4,99	4,07
Stickstoff, gesamt	mgN/L		3,20	3,46	4,84	6,34	6,80	5,15	2,80	2,90	4,36	5,86	6,20	5,42	0,00	2,50	3,71	5,14	5,70	4,80
Phosphor, gesamt	mgP/L		0,00	0,27	0,48	0,87	1,00	0,63	0,00	0,24	0,39	0,62	0,90	0,53	0,00	0,21	0,29	0,48	0,66	0,27
Orthophosphat	mgP/L	0,07 (Ø)	0,00	0,08	0,12	0,15	0,19	0,11	0,00	0,08	0,12	0,16	0,17	0,11	0,00	0,08	0,11	0,15	0,16	0,11
Sulfat	mg/L		0,00	130,00	375,36	656,00	750,00	297,88	0,00	238,00	512,40	720,00	870,00	371,67	0,00	332,00	614,40	886,00	1000,00	456,67
Cyanide, gesamt	µg/L	50 (Ø) 75 (max)	0,00	0,00	0,22	0,70	1,40	0,09	0,00	0,00	0,03	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,70	0,00
Schwebstoffe	mg/L		0,00	39,40	109,68	264,00	290,00	154,63	0,00	27,00	94,16	196,20	350,00	145,83	0,00	19,80	54,52	113,40	193,00	42,00
Härte, gesamt	°F		0,00	0,00	30,24	118,00	150,00	10,88	0,00	0,00	46,28	166,00	220,00	24,50	0,00	0,00	50,80	188,00	250,00	30,00
Calcium, gelöst	µg/L		0,00	0,00	46000,00	156000,00	180000,00	26250,00	0,00	0,00	55600,00	180000,00	230000,00	43333,33	0,00	0,00	56000,00	192000,00	250000,00	43333,33
Magnesium, gelöst	µg/L		0,00	0,00	46520,00	198000,00	270000,00	10500,00	0,00	0,00	78600,00	282000,00	410000,00	32500,00	0,00	0,00	88000,00	324000,00	450000,00	46666,67
Silber, gesamt	µg/L		0,00	0,08	0,14	0,34	0,54	0,25	0,00	0,08	0,11	0,15	0,38	0,15	0,00	0,08	0,08	0,08	0,15	0,08

Parameter	Einheit	UQN gültig für 2013-2014	Messpunkte (Ergebnisse 2013-2014)																	
			159000 – stromaufwärts						157000 – stromaufwärts						154100 – stromabwärts					
			Min	P10	Ø	P90	max	Winter-Ø	Min	P10	Ø	P90	Max	Winter-Ø	min	P10	Ø	P90	max	Winter-Ø
Silber, gelöst	µg/L	0,08 (Ø)	0,00	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,00	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,00	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08
Arsen, gesamt	µg/L		0,00	4,62	7,44	13,18	15,60	9,28	0,00	4,52	6,60	10,18	13,40	8,15	0,00	4,20	5,36	7,68	9,70	5,03
Arsen, gelöst	µg/L	3 (Ø)	0,00	2,39	3,00	4,02	4,20	2,64	0,00	2,54	3,24	4,42	4,80	2,80	0,00	2,47	3,14	4,12	4,50	2,83
Bor, gesamt	µg/L		0,00	100,0 0	577,2 0	1020,0 0	1200,0 0	430,00	0,00	332,0 0	832,0 0	1360,0 0	1600,0 0	583,33	0,00	466,0 0	968,0 0	1460,0 0	1700,0 0	705,00
Bor, gelöst	µg/L	700 (Ø)	0,00	100,0 0	528,8 0	876,00	1200,0 0	380,00	0,00	308,0 0	748,8 0	1220,0 0	1400,0 0	523,33	0,00	422,0 0	884,8 0	1360,0 0	1600,0 0	633,33
Barium, gesamt	µg/L		0,00	36,20	51,96	79,60	84,00	59,25	0,00	37,20	48,92	62,20	90,00	52,83	0,00	32,40	42,16	53,40	64,00	40,33
Barium, gelöst	µg/L	60 (Ø)	0,00	24,40	33,32	43,20	52,00	30,13	0,00	26,00	34,16	45,20	52,00	29,50	0,00	26,40	32,84	41,60	50,00	29,33
Beryllium, gesamt	µg/L		0,00	0,20	0,22	0,40	0,40	0,28	0,00	0,20	0,21	0,20	0,40	0,23	0,00	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20
Beryllium, gelöst	µg/L	0,08 (Ø)	0,00	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20	0,00	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20
Kupfer, gesamt	µg/L		0,00	2,84	8,40	16,84	21,00	11,83	0,00	2,00	6,71	12,66	17,80	9,30	0,00	2,00	5,54	10,28	24,00	8,38
Kupfer, gelöst	µg/L	7 (Ø)	0,00	1,00	1,95	2,00	7,00	1,50	0,00	1,00	2,03	2,00	7,50	1,50	0,00	2,00	2,04	2,00	6,00	2,00
Cadmium, gesamt	µg/L		0,00	0,15	0,51	1,10	1,40	0,68	0,00	0,15	0,40	0,74	1,20	0,52	0,00	0,15	0,27	0,48	0,76	0,18
Cadmium, gelöst	µg/L	0,2 (Ø) 0,45 (max)	0,00	0,08	0,08	0,08	0,15	0,08	0,00	0,08	0,09	0,15	0,15	0,08	0,00	0,08	0,10	0,15	0,15	0,08
Kobalt, gesamt	µg/L		0,00	0,96	2,17	4,66	6,00	3,19	0,00	0,81	1,69	3,42	5,00	2,58	0,00	0,54	1,08	2,04	2,76	1,20
Kobalt, gelöst	µg/L	0,5 (Ø)	0,00	0,20	0,40	0,77	0,90	0,56	0,00	0,20	0,43	0,85	1,37	0,51	0,00	0,20	0,24	0,49	0,63	0,31
Chrom, gesamt	µg/L		0,00	3,88	11,70	27,52	35,00	18,06	0,00	2,84	8,91	20,60	28,40	14,52	0,00	1,92	5,41	11,52	15,10	5,65
Chrom, gelöst	µg/L	5 (Ø)	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,85	0,50	8,10	0,58	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Quecksilber, gesamt	µg/L		0,00	0,02	0,08	0,21	0,23	0,12	0,00	0,02	0,06	0,13	0,25	0,09	0,00	0,01	0,04	0,08	0,13	0,03
Quecksilber, gelöst	µg/L	0,05 (Ø) 0,07 (max)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Mangan, gesamt	µg/L		0,00	66,40	175,0 4	392,00	510,00	259,88	0,00	30,00	138,8 4	316,00	460,00	226,00	0,00	30,00	78,04	179,20	246,00	84,00
Mangan, gelöst	µg/L		0,00	15,00	24,52	50,40	104,00	38,63	0,00	15,00	30,56	81,00	107,00	32,50	0,00	15,00	15,60	15,00	30,00	20,00
Molybdän, gesamt	µg/L		0,00	2,54	4,05	5,80	6,30	3,55	0,00	3,14	4,54	6,06	6,80	4,05	0,00	3,34	4,84	6,84	7,10	4,37
Molybdän, gelöst	µg/L	340 (Ø)	0,00	2,38	3,94	5,86	6,20	3,20	0,00	2,94	4,46	6,26	6,70	3,67	0,00	2,98	4,78	6,56	6,90	4,02
Nickel, gesamt	µg/L		0,00	2,00	5,10	9,46	12,30	6,93	0,00	2,00	3,93	8,14	10,00	6,22	0,00	2,00	2,72	5,52	6,10	2,80
Nickel, gelöst	µg/L	8,6 (Ø) 34 (max)	0,00	2,00	1,92	2,00	2,00	2,00	0,00	1,40	1,98	2,00	5,60	2,00	0,00	1,00	1,80	2,00	2,00	2,00
Blei, gesamt	µg/L		0,00	3,88	12,54	30,60	37,00	18,65	0,00	3,40	9,39	20,20	35,40	14,58	0,00	2,18	5,50	11,74	19,00	5,23
Blei, gelöst	µg/L	1,3 (Ø) 14 (max)	0,00	0,25	0,29	0,25	1,40	0,25	0,00	0,25	0,67	0,25	6,00	0,25	0,00	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25

Parameter	Einheit	UQN gültig für 2013-2014	Messpunkte (Ergebnisse 2013-2014)																	
			159000 – stromaufwärts						157000 – stromaufwärts						154100 – stromabwärts					
			Min	P10	Ø	P90	max	Winter-Ø	Min	P10	Ø	P90	Max	Winter-Ø	min	P10	Ø	P90	max	Winter-Ø
Antimon, gesamt	µg/L		0,00	0,50	1,00	1,46	1,70	0,98	0,00	0,50	0,91	1,25	1,50	0,96	0,00	0,50	0,72	1,15	1,24	0,69
Antimon, gelöst	µg/L	100 (Ø)	0,00	0,50	0,79	1,24	1,44	0,60	0,00	0,50	0,71	1,10	1,19	0,68	0,00	0,50	0,55	0,81	1,08	0,59
Selen, gesamt	µg/L		0,00	1,00	2,22	3,56	4,30	2,21	0,00	1,00	2,03	3,56	4,30	1,83	0,00	1,00	1,80	3,24	3,60	1,35
Selen, gelöst	µg/L	2 (Ø)	0,00	0,70	1,01	1,00	2,20	0,94	0,00	0,70	1,04	1,00	2,60	0,92	0,00	1,00	1,12	2,06	2,30	0,92
Zinn, gesamt	µg/L		0,00	0,50	1,65	2,76	5,80	1,94	0,00	0,50	1,44	2,00	3,20	1,17	0,00	0,50	1,38	2,00	6,00	1,00
Zinn, gelöst	µg/L	3 (Ø)	0,00	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Tellur, gesamt	µg/L		0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Tellur, gelöst	µg/L	100 (Ø)	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Titan, gesamt	µg/L		0,00	5,90	71,32	196,00	210,00	106,44	0,00	5,90	54,64	136,00	210,00	87,33	0,00	3,90	37,12	84,20	120,00	39,00
Titan, gelöst	µg/L	20 (Ø)	0,00	0,50	0,52	0,50	1,00	0,50	0,00	0,20	0,44	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50
Thallium, gesamt	µg/L		0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Thallium, gelöst	µg/L	0,2 (Ø)	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,48	0,50	0,50	0,50
Uran, gesamt	µg/L		0,00	0,70	1,71	1,78	11,50	2,74	0,00	1,18	1,86	1,97	11,30	3,15	0,00	1,32	1,68	2,01	4,00	2,22
Uran, gelöst	µg/L	1 (Ø)	0,00	0,50	1,09	1,54	1,64	1,05	0,00	0,50	1,22	1,62	1,70	1,14	0,00	1,05	1,39	1,78	1,85	1,31
Vanadium, gesamt	µg/L		0,00	7,08	14,16	29,72	35,00	19,65	0,00	6,34	11,76	22,60	30,90	16,72	0,00	5,38	8,38	14,30	19,10	8,33
Vanadium, gelöst	µg/L	4 (Ø)	0,00	2,32	3,01	3,90	4,50	2,63	0,00	2,43	3,51	4,86	9,90	2,73	0,00	2,31	3,05	4,00	4,90	2,69
Zink, gesamt	µg/L		0,00	23,96	55,80	114,20	152,00	80,59	0,00	21,40	42,52	85,60	117,00	64,80	0,00	15,76	28,32	52,20	71,00	28,97
Zink, gelöst	µg/L	20 (Ø)	0,00	3,50	7,06	11,30	33,00	5,88	0,00	3,50	7,38	16,60	35,00	4,58	0,00	5,00	5,78	10,00	15,00	5,00
Silizium, gelöst	µg/L		0,00	2040,00	4700,00	7060,00	9000,00	6887,50	0,00	1740,00	4536,00	7160,00	11000,00	6583,33	0,00	1540,00	3692,00	6560,00	8000,00	5783,33

Ergebnisse < Nachweisgrenze werden gleichgestellt mit Nachweisgrenze / 2
Überschreitung der UQN

Tabelle 2-6 Wasserqualität und Bewertung anhand der Umweltqualitätsnorm (UQN) an Messstellen flussaufwärts und flussabwärts der KKW-Einleitstelle in die Schelde – 2015-2020

Parameter	Parameter	Einheit	UQN	Messpunkte (Ergebnisse 2015-2020)																	
				159000 – stromaufwärts						157000 – stromaufwärts						154100 – stromabwärts					
				Min	P10	Ø	P90	Max	Winter-Ø	min	P10	Ø	P90	max	Winter-Ø	min	P10	Ø	P90	max	Winter-Ø
T	Temperatur	°C	25 (max)	4,70	6,82	13,79	21,47	25,00	7,90	5,30	7,14	13,74	21,50	24,50	8,14	5,10	7,04	13,63	21,08	25,20	7,68
pH	pH	-	zwischen 7,5 und 9	7,60	7,70	7,81	7,90	8,00	7,79	7,70	7,80	7,86	8,00	8,00	8,07	7,70	7,80	7,91	8,00	8,00	7,89
O2	Sauerstoff, gelöst	mg/L	6 (P10)	5,10	6,40	8,09	9,57	10,40	9,29	0,00	6,80	8,35	10,06	10,50	9,53	0,00	7,22	8,82	10,58	11,20	10,14
EG 20	Durchlässigkeit (20 °C)	µS/cm		691,00	2644,00	10860,84	18869,00	23300,00	8549,39	1625,00	5122,00	13873,77	21126,00	24400,00	9284,04	0,00	7184,00	15642,70	23480,00	26500,00	13786,11

Parameter	Parameter	Einheit	UQN	Messpunkte (Ergebnisse 2015-2020)																	
				159000 – stromaufwärts						157000 – stromaufwärts					154100 – stromabwärts						
				93,00	723,00	3955,52	7810,00	8800,00	3119,61	0,00	1570,00	5019,69	8100,00	9400,00	3348,21	0,00	2263,00	5917,50	9400,00	11000,00	5066,11
Cl-	Chlorid	mg/L																			
BZV5	Biochemischer Sauerstoffverbrauch nach 5d.	mgO ₂ /L	6 (P90)	0,25	0,50	1,22	1,90	4,10	1,35	0,00	0,50	1,08	1,70	2,40	2,68	0,00	0,50	1,06	1,67	2,30	1,24
CSV	Chemischer Sauerstoffverbrauch	mgO ₂ /L	30 (P90)	0,00	3,00	29,39	53,70	78,00	22,39	0,00	6,00	32,89	58,60	86,00	23,32	0,00	0,00	36,09	75,70	130,00	34,50
KjN	Kjeldahl-Stickstoff	mgN/L		0,00	0,00	0,63	1,75	3,20	0,96	0,00	0,00	0,54	1,50	2,70	2,27	0,00	0,00	0,53	1,40	2,40	0,68
NH ₄ ⁺	Ammonium	mgN/L		0,03	0,03	0,14	0,33	0,55	0,21	0,00	0,03	0,13	0,27	0,47	1,71	0,00	0,03	0,13	0,26	0,45	0,17
NO ₃ ⁻	Nitrat	mgN/L		0,20	1,19	3,06	4,80	5,50	3,52	0,00	0,53	2,65	4,56	5,10	3,88	0,00	0,26	2,30	4,27	5,10	2,74
NO ₂	Nitrit	mgN/L	0,2 (Ø) 0,6 (max)	0,00	0,01	0,02	0,06	0,10	0,04	0,00	0,01	0,02	0,06	0,09	1,58	0,00	0,01	0,03	0,07	0,09	0,04
NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ + NH ₄ ⁺	Nitrat + Nitrit + Ammonium	mgN/L	0,49 (Winter-Ø)	0,33	1,41	3,22	5,06	5,93	3,76	0,00	0,80	2,81	4,74	5,35	4,08	0,00	0,46	2,46	4,41	5,33	2,95
N _t	Stickstoff, gesamt	mgN/L		2,00	2,60	3,93	5,47	6,60	4,57	0,00	2,20	3,53	4,96	5,50	4,98	0,00	1,90	3,12	4,37	5,30	3,57
P _t	Phosphor, gesamt	mgP/L		0,13	0,24	0,43	0,67	1,47	0,41	0,00	0,24	0,37	0,49	1,34	1,87	0,12	0,19	0,28	0,41	0,57	0,30
oPO ₄	Orthophosphat	mgP/L	0,07 (Ø)	0,00	0,00	0,06	0,15	0,24	0,06	0,00	0,00	0,06	0,15	0,19	1,59	0,00	0,00	0,05	0,14	0,18	0,06
SO ₄	Sulfat	mg/L		65,00	160,00	612,16	1128,00	1300,00	492,61	0,00	269,00	762,75	1256,00	1500,00	521,93	177,00	369,90	904,48	1400,00	1700,00	759,78
ZS	Schwebstoffe	mg/L		19,00	33,00	116,84	260,00	1060,00	151,06	0,00	32,00	85,65	152,00	340,00	82,66	0,00	23,65	51,36	95,40	163,00	62,51
H _t	Härte, gesamt	°F		0,00	0,00	48,59	167,00	260,00	49,67	0,00	0,00	81,00	260,00	330,00	37,38	0,00	0,00	133,06	320,00	380,00	116,89
Ca _o	Calcium, gelöst	µg/L		0,00	0,00	54190,48	194000,00	255000,00	61555,56	0,00	0,00	88158,73	260600,00	299000,00	45612,66	0,00	0,00	124619,05	297000,00	331000,00	124111,11
Mg _o	Magnesium, gelöst	µg/L		0,00	0,00	74366,67	298200,00	458000,00	83500,00	0,00	0,00	147190,48	480000,00	612000,00	59279,32	0,00	0,00	216761,90	590000,00	716000,00	207277,78
Ag _t	Silber, gesamt	µg/L		0,00	0,05	0,14	0,26	1,00	0,13	0,00	0,05	0,10	0,17	0,45	1,66	0,00	0,03	0,07	0,10	0,15	0,09
Ag _o	Silber, gelöst	µg/L	0,08 (Ø)	0,00	0,03	0,05	0,10	0,10	0,06	0,00	0,03	0,06	0,10	0,12	1,60	0,00	0,03	0,05	0,10	0,10	0,06
As _t	Arsen, gesamt	µg/L		0,00	3,86	6,47	10,37	15,60	6,15	0,00	3,80	5,84	7,90	14,10	6,41	0,00	3,60	4,79	6,22	8,40	4,75
As _o	Arsen, gelöst	µg/L	3 (Ø)	0,00	2,07	3,19	4,58	5,10	2,71	0,00	2,31	3,31	4,50	5,10	3,90	0,00	2,29	3,15	4,48	5,00	2,93
B _t	Bor, gesamt	µg/L		50,00	203,10	887,92	1584,00	2110,00	692,39	0,00	340,00	1124,11	1906,00	2170,00	764,32	210,00	520,00	1335,62	2150,00	2370,00	1131,76
B _o	Bor, gelöst	µg/L	700 (Ø)	0,00	148,80	846,62	1528,00	2110,00	707,50	0,00	334,00	1130,78	1992,00	2250,00	779,32	0,00	414,00	1224,21	2148,00	2430,00	1150,00
Ba _t	Barium, gesamt	µg/L		0,00	29,00	41,22	59,70	74,00	37,72	0,00	28,00	38,47	54,60	65,00	33,82	0,00	28,20	34,44	46,60	62,00	34,41
Ba _o	Barium, gelöst	µg/L	60 (Ø)	0,00	20,36	30,47	41,80	63,00	27,22	0,00	23,20	31,42	42,80	59,00	25,68	0,00	21,36	29,01	42,40	55,00	28,67
Be _t	Beryllium, gesamt	µg/L		0,00	0,08	0,15	0,20	0,61	0,16	0,00	0,08	0,14	0,20	0,52	1,68	0,00	0,08	0,12	0,20	0,23	0,14
Be _o	Beryllium, gelöst	µg/L	0,08 (Ø)	0,00	0,05	0,11	0,20	0,20	0,11	0,00	0,05	0,11	0,20	0,20	1,64	0,00	0,05	0,11	0,20	0,20	0,11
Cu _t	Kupfer, gesamt	µg/L		0,00	4,70	8,64	15,94	32,10	8,44	0,00	2,50	7,52	13,34	31,00	7,73	0,00	2,00	5,51	8,78	11,60	6,08
Cu _o	Kupfer, gelöst	µg/L	7 (Ø)	0,00	2,00	2,57	3,80	6,40	2,61	0,00	2,00	2,65	3,75	8,90	3,51	0,00	2,00	3,09	4,49	13,30	2,80
Cd _t	Cadmium, gesamt	µg/L		0,00	0,15	0,39	0,78	1,37	0,34	0,00	0,12	0,31	0,50	1,07	1,80	0,00	0,10	0,22	0,34	0,64	0,22

Parameter	Parameter	Einheit	UQN	Messpunkte (Ergebnisse 2015-2020)																	
				159000 – stromaufwärts						157000 – stromaufwärts						154100 – stromabwärts					
Cd o	Cadmium, gelöst	µg/L	0,2 (Ø) 0,45 (max)	0,00	0,05	0,09	0,15	0,26	0,07	0,00	0,05	0,10	0,21	0,30	1,62	0,00	0,05	0,11	0,22	0,60	0,13
Co t	Kobalt, gesamt	µg/L		0,00	0,85	2,11	4,10	8,80	2,34	0,00	0,74	1,70	2,79	7,60	3,17	0,00	0,46	1,01	1,74	2,84	1,31
Co o	Kobalt, gelöst	µg/L	0,5 (Ø)	0,00	0,16	0,42	0,70	0,96	0,59	0,00	0,20	0,36	0,62	0,92	1,96	0,00	0,10	0,26	0,45	0,78	0,38
Cr t	Chrom, gesamt	µg/L		0,00	2,08	9,17	19,04	32,00	10,26	0,00	2,00	7,19	12,86	27,60	8,43	0,00	1,50	4,06	8,00	18,60	5,51
Cr o	Chrom, gelöst	µg/L	5 (Ø)	0,00	0,50	0,64	0,75	1,50	0,67	0,00	0,50	0,69	0,75	2,04	2,09	0,00	0,50	0,67	0,75	1,50	0,71
Hg t	Quecksilber, gesamt	µg/L		0,01	0,02	0,06	0,14	0,25	0,06	0,00	0,02	0,05	0,09	0,24	1,59	0,01	0,01	0,03	0,07	0,12	0,04
Hg o	Quecksilber, gelöst	µg/L	0,05 (Ø) 0,07 (max)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	1,55	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Mn t	Mangan, gesamt	µg/L		30,0 0	52,00	155,89	318,30	590,00	181,44	0,00	33,00	119,46	222,00	500,00	129,66	15,0 0	30,00	67,55	132,60	209,00	90,95
Mn o	Mangan, gelöst	µg/L		0,00	5,96	24,55	49,70	98,00	37,87	0,00	5,58	19,32	31,00	115,00	29,94	0,00	3,09	12,54	16,17	67,00	19,89
Mo t	Molybdän, gesamt	µg/L		0,00	2,50	5,01	7,77	8,50	4,28	0,00	2,80	5,46	8,20	8,80	5,62	0,00	3,01	5,96	8,68	9,60	5,45
Mo o	Molybdän, gelöst	µg/L	340 (Ø)	0,00	2,28	4,83	7,58	8,60	4,43	0,00	2,64	5,46	8,08	9,00	5,61	0,00	2,70	5,55	8,40	9,30	5,53
Ni t	Nickel, gesamt	µg/L		0,00	2,00	5,72	10,57	18,40	5,81	0,00	1,85	4,90	8,64	17,00	5,40	0,00	1,75	3,66	6,24	10,80	4,09
Ni o	Nickel, gelöst	µg/L	8,6 (Ø) 34 (max)	0,00	1,50	2,41	3,80	7,50	2,51	0,00	1,15	2,45	3,80	7,40	3,46	0,00	1,00	2,00	3,60	6,90	2,11
Pb t	Blei, gesamt	µg/L		0,00	2,72	9,15	19,31	40,70	9,69	0,00	2,20	7,00	11,94	32,80	8,80	0,00	1,50	3,81	7,92	13,60	5,05
Pb o	Blei, gelöst	µg/L	1,3 (Ø) 14 (max)	0,00	0,25	0,30	0,50	0,75	0,31	0,00	0,25	0,31	0,50	0,75	1,81	0,00	0,25	0,36	0,50	3,80	0,49
Sb t	Antimon, gesamt	µg/L		0,00	0,50	0,79	1,38	1,80	0,81	0,00	0,50	0,76	1,80	1,80	2,23	0,00	0,50	0,78	1,80	1,80	0,81
Sb o	Antimon, gelöst	µg/L	100 (Ø)	0,00	0,50	0,66	1,06	1,80	0,66	0,00	0,50	0,67	1,09	1,80	2,10	0,00	0,50	0,64	1,17	1,80	0,65
Se t	Selen, gesamt	µg/L		0,00	0,65	1,28	2,40	3,70	1,22	0,00	0,46	1,27	2,96	4,20	2,67	0,00	0,33	1,12	2,70	4,30	1,08
Se o	Selen, gelöst	µg/L	2 (Ø)	0,00	0,33	0,94	2,49	3,80	0,72	0,00	0,33	1,14	2,87	4,30	2,35	0,00	0,33	1,04	2,60	4,00	0,82
Sn t	Zinn, gesamt	µg/L		0,00	0,33	0,70	1,00	3,16	0,74	0,00	0,33	0,66	0,99	2,80	2,14	0,00	0,33	0,55	0,98	1,00	0,65
Sn o	Zinn, gelöst	µg/L	3 (Ø)	0,00	0,33	0,45	0,75	0,98	0,47	0,00	0,33	0,46	0,75	0,98	1,96	0,00	0,33	0,45	0,75	0,98	0,47
Zu t	Tellur, gesamt	µg/L		0,00	0,50	0,79	0,75	2,25	0,83	0,00	0,50	0,83	2,25	2,25	2,25	0,00	0,50	0,88	2,25	2,25	0,93
Zu o	Tellur, gelöst	µg/L	100 (Ø)	0,00	0,50	0,69	0,75	2,25	0,71	0,00	0,50	0,75	1,28	2,25	2,13	0,00	0,50	0,71	1,28	2,25	0,71
Ti t	Titan, gesamt	µg/L		0,00	15,37	57,74	115,90	222,00	60,32	0,00	11,82	46,07	89,60	192,00	46,02	0,00	9,40	26,76	56,76	91,00	34,19
Ti o	Titan, gelöst	µg/L	20 (Ø)	0,00	0,50	0,81	1,00	2,00	0,92	0,00	0,50	0,80	1,00	1,00	2,21	0,00	0,50	0,90	1,00	9,80	1,32
Tl t	Thallium, gesamt	µg/L		0,00	0,05	0,22	0,50	0,50	0,22	0,00	0,05	0,22	0,50	0,50	1,75	0,00	0,03	0,20	0,50	0,50	0,21
Tl o	Thallium, gelöst	µg/L	0,2 (Ø)	0,00	0,03	0,20	0,50	0,50	0,20	0,00	0,03	0,20	0,50	0,50	1,74	0,00	0,03	0,19	0,50	0,50	0,19
U t	Uran, gesamt	µg/L		0,00	0,98	1,38	1,87	1,95	1,27	0,00	1,14	1,55	1,99	2,26	2,72	0,00	1,14	1,57	2,05	2,29	1,56

Parameter	Parameter	Einheit	UQN	Messpunkte (Ergebnisse 2015-2020)																	
				159000 – stromaufwärts						157000 – stromaufwärts						154100 – stromabwärts					
U o	Uran, gelöst	µg/L	1 (Ø)	0,00	0,50	1,18	1,67	1,90	1,09	0,00	0,98	1,40	1,87	2,06	2,57	0,00	1,04	1,45	1,94	2,09	1,42
F t	Vanadium, gesamt	µg/L		0,00	4,70	10,83	19,31	31,00	10,94	0,00	4,70	9,18	15,24	27,00	9,62	0,00	4,00	6,47	10,16	15,60	7,11
V o	Vanadium, gelöst	µg/L	4 (Ø)	0,00	1,20	2,74	3,90	4,60	2,38	0,00	1,20	2,77	4,04	5,20	3,49	0,00	1,20	2,52	3,88	4,70	2,45
Zn t	Zink, gesamt	µg/L		0,00	20,00	47,26	92,00	194,00	49,13	0,00	20,00	38,06	60,20	155,00	37,01	0,00	11,25	23,79	33,90	56,00	30,49
Zn o	Zink, gelöst	µg/L	20 (Ø)	0,00	3,75	7,44	11,97	20,00	8,48	0,00	3,75	7,03	11,92	21,00	8,02	0,00	3,75	7,71	13,70	20,00	7,91
Si o	Silizium, gelöst	µg/L		0,00	1800,00	3568,73	5380,00	7100,00	4866,67	0,00	1600,00	3247,46	5100,00	6600,00	3929,32	0,00	1400,00	2966,83	5060,00	6700,00	4111,11
Ergebnisse < Nachweisgrenze werden gleichgestellt mit Nachweisgrenze / 2 Überschreitung der UQN																					

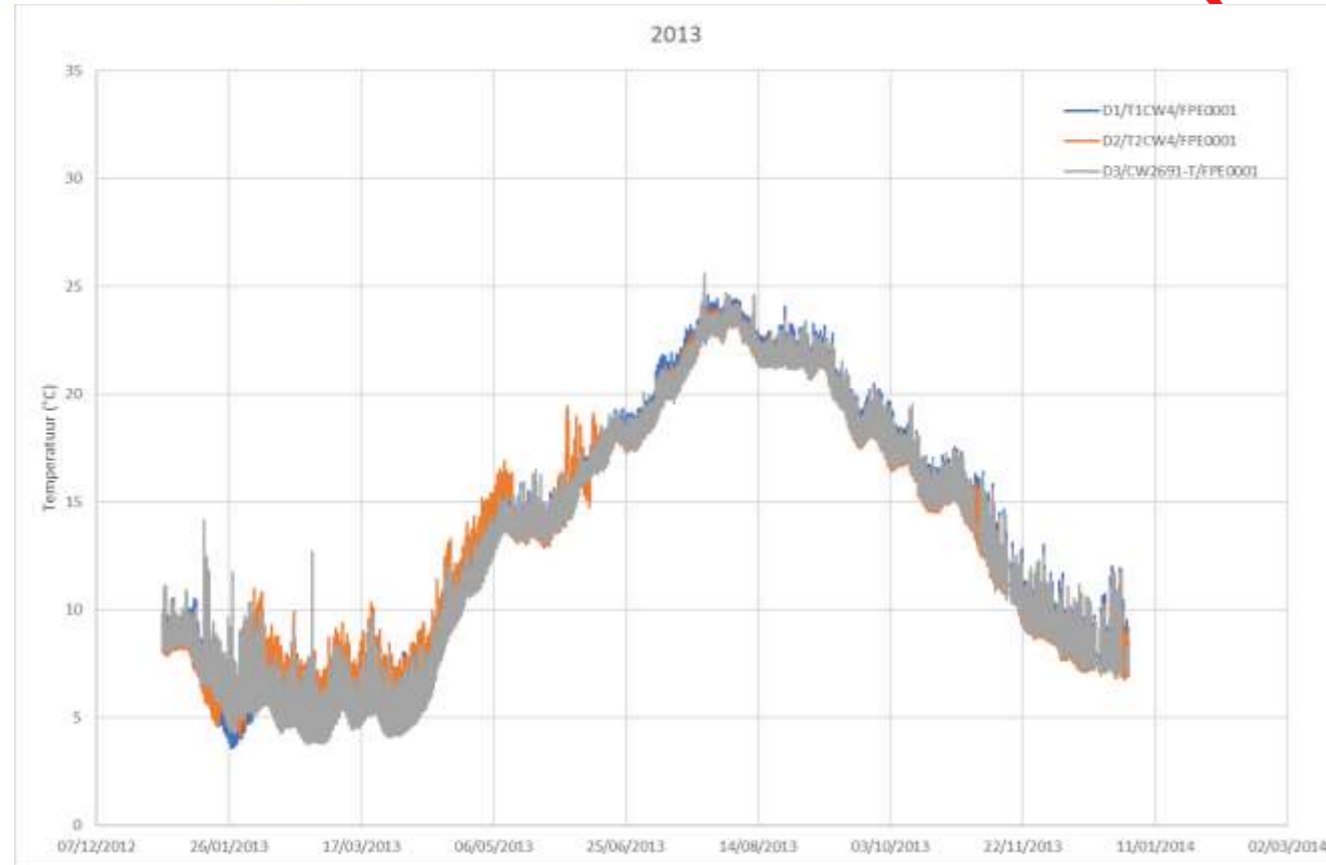


Abbildung 2-5 Temperatur (°C) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1 (D1/xxx; blaue Linie) und Doel 2 (D1/xxx; orange Linie) sowie an der Entnahmestelle der Blöcke Doel 3 und 4 (D3/xxx; graue Linie) – 2013

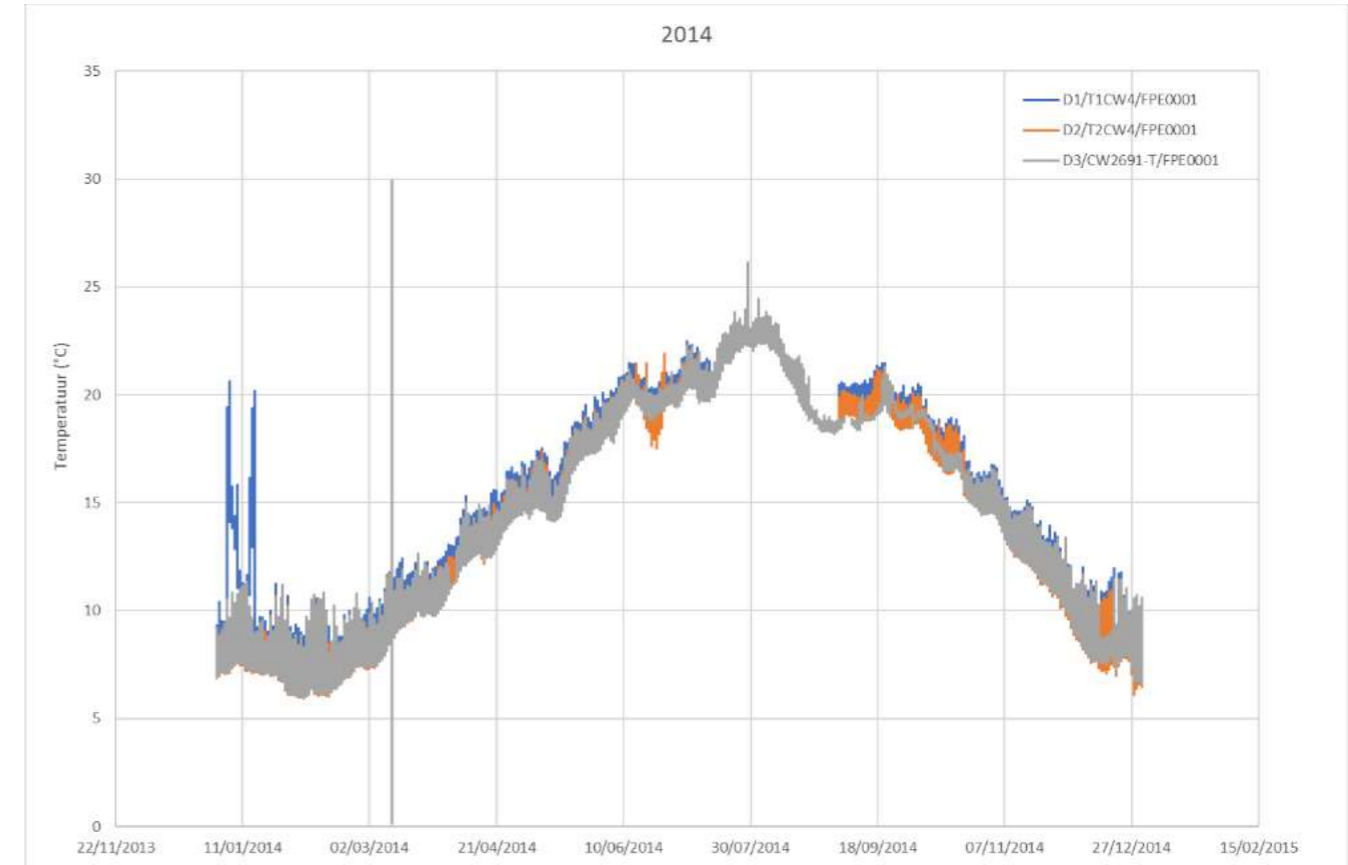


Abbildung 2-6 Temperatur (°C) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1 (D1/xxx; blaue Linie) und Doel 2 (D1/xxx; orange Linie) sowie an der Entnahmestelle der Blöcke Doel 3 und 4 (D3/xxx; graue Linie) – 2014

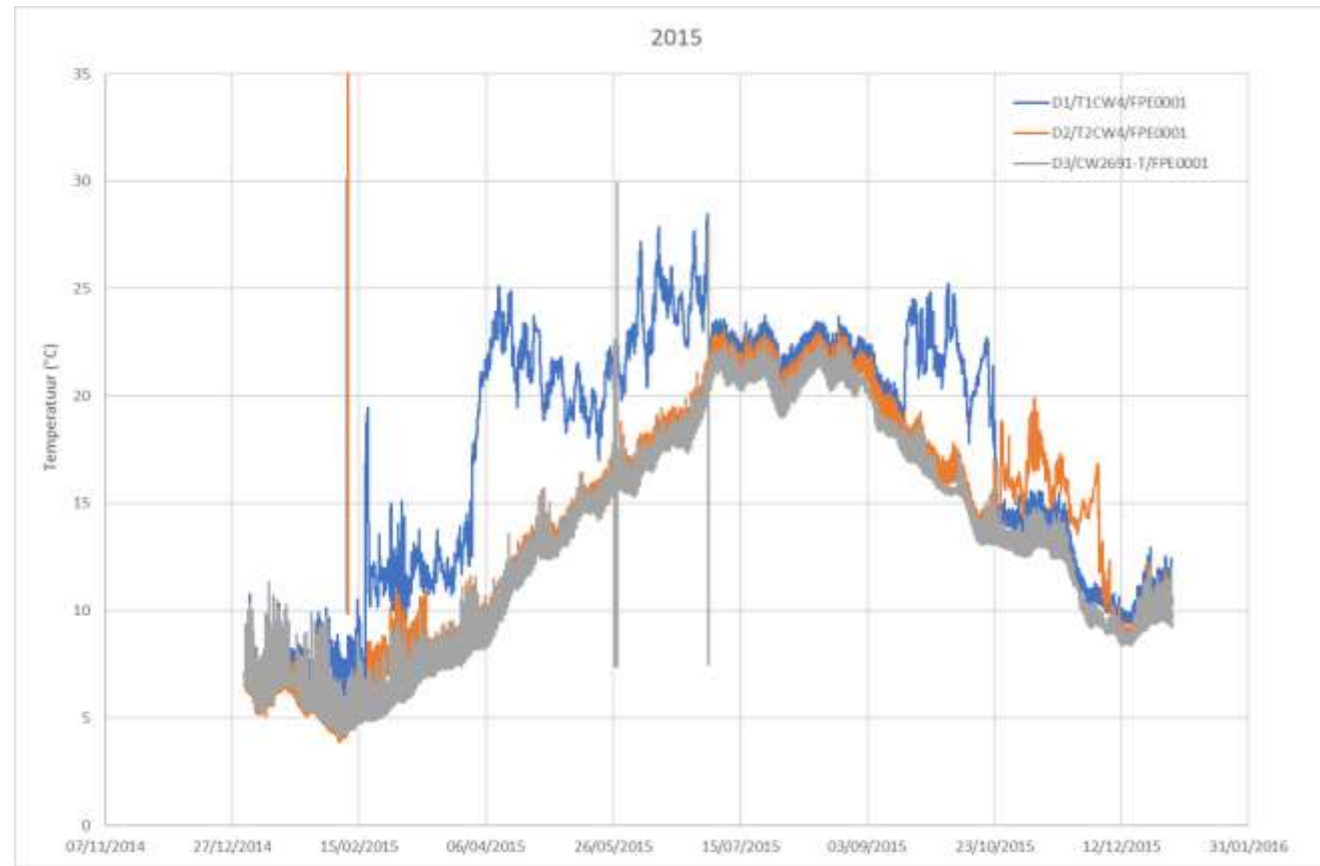


Abbildung 2-7 Temperatur (°C) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1 (D1/xxx; blaue Linie) und Doel 2 (D1/xxx; orange Linie) sowie an der Entnahmestelle der Blöcke Doel 3 und 4 (D3/xxx; graue Linie) – 2015

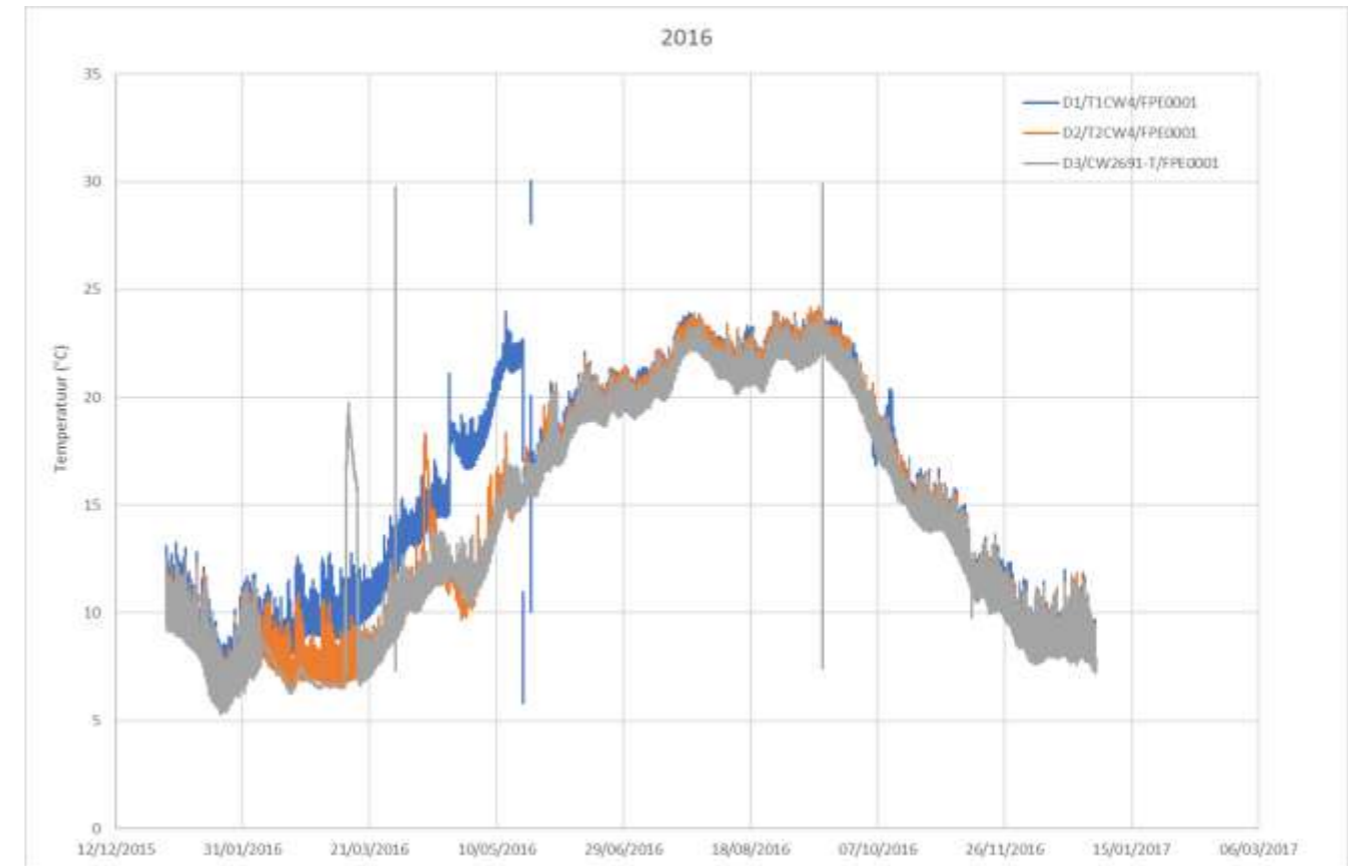


Abbildung 2-8 Temperatur (°C) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1 (D1/xxx; blaue Linie) und Doel 2 (D1/xxx; orange Linie) sowie an der Entnahmestelle der Blöcke Doel 3 und 4 (D3/xxx; graue Linie) – 2016

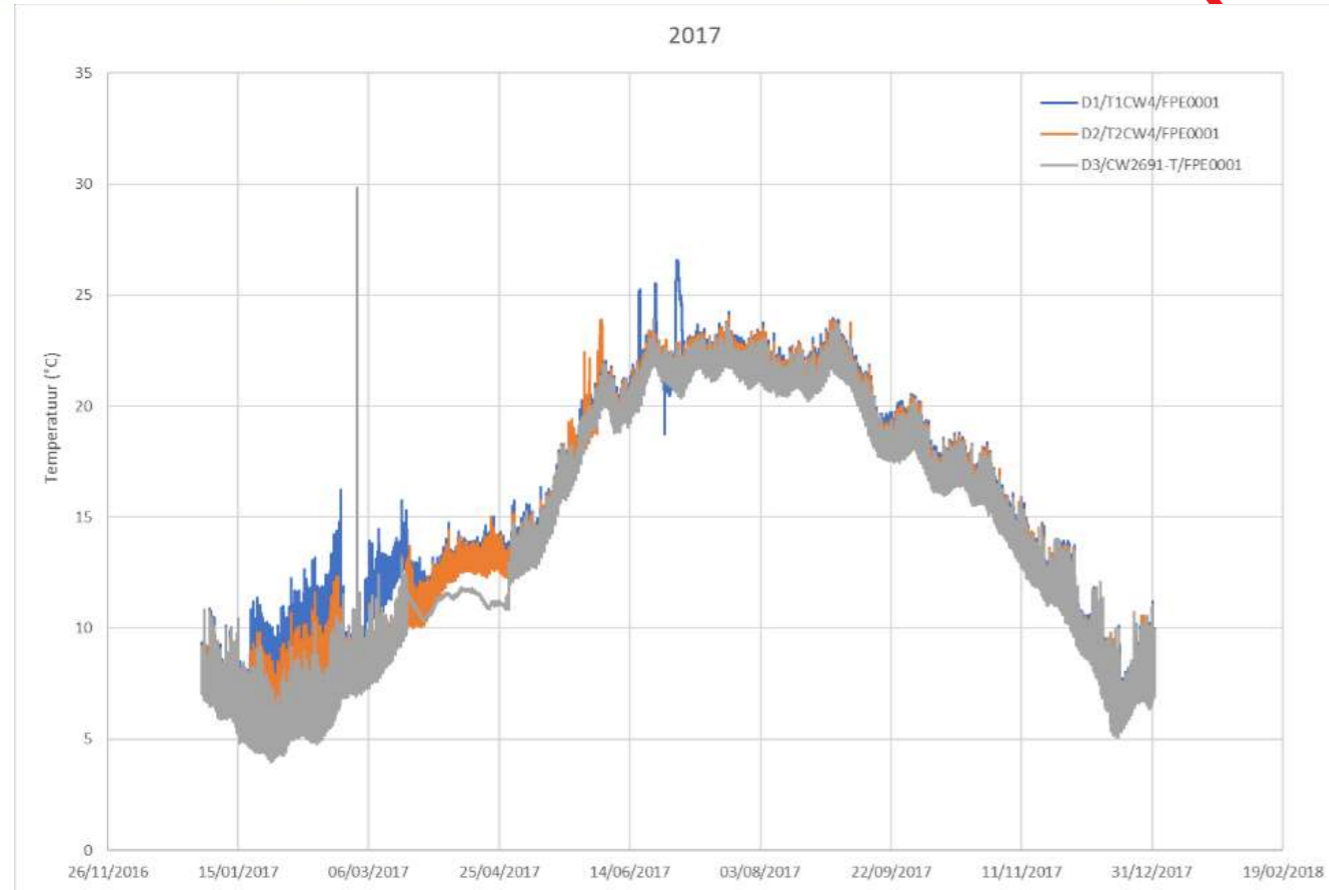


Abbildung 2-9 Temperatur (°C) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1 (D1/xxx; blaue Linie) und Doel 2 (D1/xxx; orange Linie) sowie an der Entnahmestelle der Blöcke Doel 3 und 4 (D3/xxx; graue Linie) – 2017



Abbildung 2-10 Temperatur (°C) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1 (D1/xxx; blaue Linie) und Doel 2 (D1/xxx; orange Linie) sowie an der Entnahmestelle der Blöcke Doel 3 und 4 (D3/xxx; graue Linie) – 2018

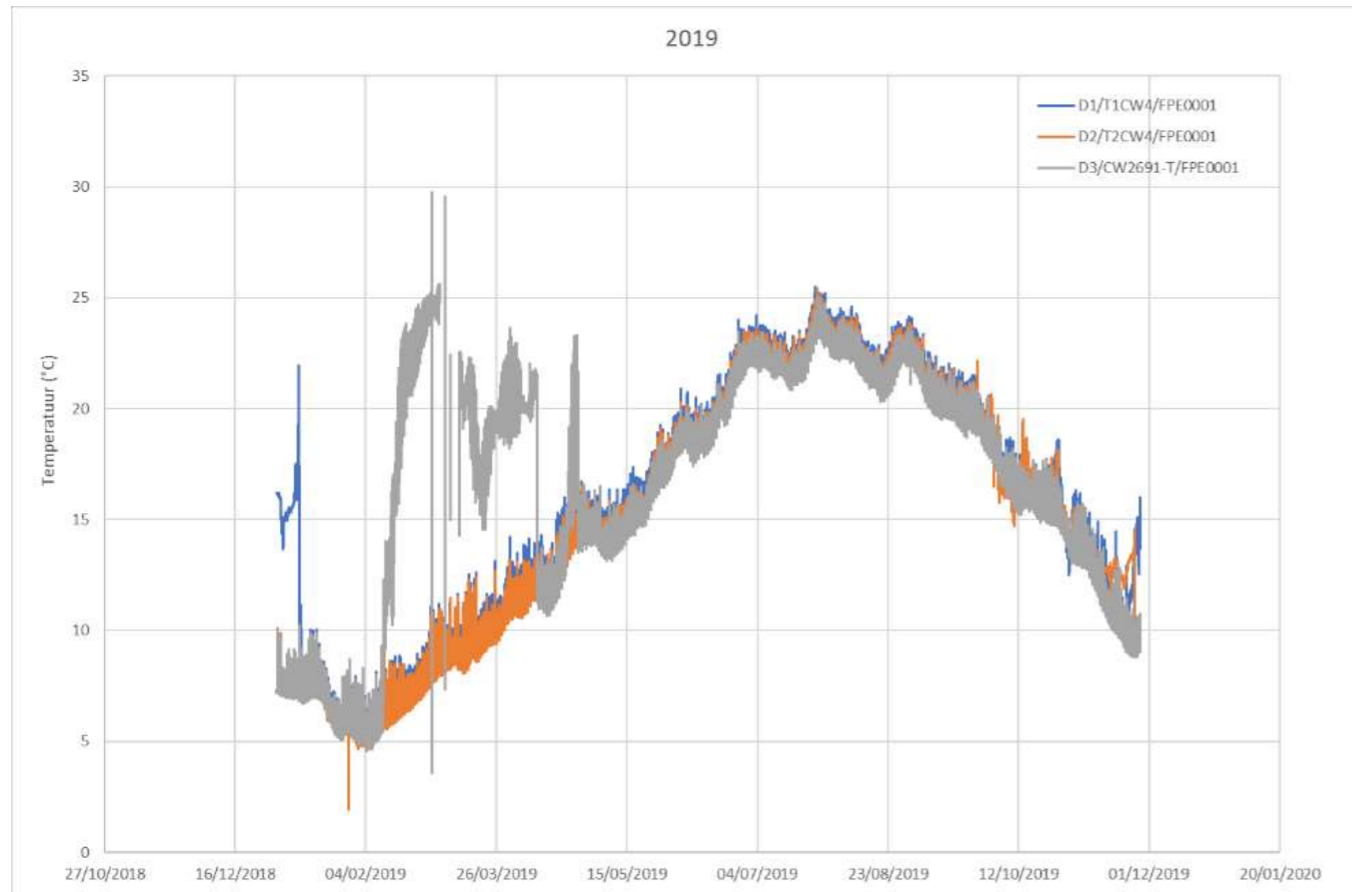


Abbildung 2-11 Temperatur (°C) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1 (D1/xxx; blaue Linie) und Doel 2 (D1/xxx; orange Linie) sowie an der Entnahmestelle der Blöcke Doel 3 und 4 (D3/xxx; graue Linie) – 2019

2.2.2.2.3 Prati-Index für gelösten Sauerstoff (PIO)

Die VMM verwendet den Prati-Index für gelösten Sauerstoff (PIO) zur Beurteilung der Wasserqualität. Dies ist ein zusätzlicher Parameter, der die Güteklasse der Sauerstoffbilanz im Oberflächenwasser angibt.

Der italienische Forscher Prati entwickelte eine Transformationsformel für verschiedene Parameter, um einen Messwert in einen vergleichbaren Qualitätsindex umzurechnen. Anhand dieses Index kann die Güteklasse bestimmt werden. Der Qualitätsindex für gelösten Sauerstoff ist eine Zahl zwischen 0,1 und >16 (siehe Tabelle 2-7). Die erhaltenen Werte werden in Klassen von 1 bis 6 eingeteilt, wobei die Qualität des Wassers von unbelastet (Klasse 1) bis sehr stark belastet (Klasse 6) beurteilt wird. In Tabelle 2-8 ist der PIO an den betrachteten Messpunkten im Zeitraum 1994-2019 dargestellt.

An allen Messpunkten ist eine allmähliche, zeitabhängige Verbesserung der Wasserqualität zu beobachten. Für die stromaufwärts befindlichen Messpunkte 159000 und 157000 entwickelt sich die Qualität von belastet zu akzeptabel und am Messpunkt 154100 von belastet zu rein. Es ist auch eine Verbesserung des Sauerstoffhaushalts stromabwärts des KKW zu verzeichnen.

Tabelle 2-7 Prati-Index nach Sauerstoff: Klassen

Klasse	Index	Beschreibung
1	0,1-1	Nicht belastet
2	1-2	Akzeptabel
3	2-4	Mäßig belastet
4	4-8	Belastet
5	8-16	Stark belastet
6	> 16	Sehr stark belastet

Tabelle 2-8 Prati-Index nach Sauerstoff

Messt elle	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
159000 – stroma ufwärts		7, 1	5, 45	6, 26	4, 88	5, 5	4, 74	5, 51	4, 63	3, 75	3, 97	4, 45	4, 78	3, 29	3, 13	2, 42	2, 4	1, 99	1, 96	2, 16	2, 02	1, 72	2, 06	1, 66	1, 7	1, 32
157000 – stroma ufwärts		5, 48	4, 36	5, 08	3, 96	4, 64	4, 49	4, 72	3, 5	2, 75	3, 02	3, 04	3, 15	2, 5	2, 51	1, 95	1, 8	1, 5	1, 5	1, 53	1, 56	1, 34	1, 61	1, 25	1, 26	1, 04
154100 – stroma bwärts	4, 65			4, 13	3, 13	3, 91	3, 59	4, 39	3	2, 29	2, 68	1, 98	1, 5	1, 43	1, 51	1, 35	1, 28	0, 9	0, 88	0, 85	1, 01	0, 84	1, 1	0, 85	0, 66	0, 76

2.2.2.2.4 Belgischer Biotischer Index (BBI)

Die VMM bestimmt auch die biologische Qualität des Oberflächenwassers. Die biologische Studie bewertet das Fließgewässer als Biotop, anstatt nur die Qualität der Wassersäule zu betrachten. Die Methode des Belgischen Biotischen Index (BBI) wird zur Bestimmung der biologischen Qualität von Oberflächensüßwasser herangezogen. Zur Bestimmung des BBI werden Makroinvertebraten mit einem Schöpfkescher aus dem Boden und aus dem Wasser aufgenommen. Das Vorhandensein oder Fehlen bestimmter Makroinvertebraten bestimmt den BBI. Der biotische Index ist eine Funktion der relativen Empfindlichkeit bestimmter Indikatoren gegenüber der Verschmutzung einerseits und der Diversität andererseits. Im Gegensatz zu chemischen Analysen, die den Zeitpunkt der Wasserprobenentnahme widerspiegeln, werden bei der biologischen Bestimmung Belastungseffekte bewertet, die über einen längeren Zeitraum eingetreten sind. Für die Bewertung wird eine Note zwischen 10 (sehr gute Qualität) und 0 (extrem schlechte Qualität) vergeben.

Für die Messpunkte 159000, 157000 und 154100 liegen keine Werte für den BBI vor. Denn der BBI ist ein Messinstrument, das für die Beurteilung von frischem Oberflächensüßwasser entwickelt wurde und für Brack- und Salzwasser keine verwertbaren Ergebnisse liefert.

2.2.2.2.5 Erlass Wasserqualität

Im Allgemeinen kann auf der Grundlage aller oben genannten Daten aus dem VMM-Messnetz gefolgert werden, dass die Schelde sowohl flussaufwärts als auch flussabwärts der KKW-Einleitstelle nicht alle Qualitätsanforderungen erfüllt. Die kritischsten Parameter sind Temperatur (einige Tage über 25 °C im Sommer), gelöster Sauerstoff (der P10-Wert von 6 mg O₂/L wird nicht immer eingehalten), chemischer Sauerstoffbedarf (CSV), Nitrat + Nitrit + Ammonium, gelöstes Bor, Arsen, Beryllium, Cadmium und Uran. Anhand des Prati-Index für gelösten Sauerstoff wird jedoch an allen Messpunkten eine allmähliche, zeitabhängige Verbesserung der Sauerstoffbilanz beobachtet. Es ist auch eine Verbesserung der Sauerstoffbilanz stromabwärts des KKW zu verzeichnen. Dies lässt sich durch den größeren Gezeitenstrom in stromabwärtiger Richtung erklären.

Auch der an das KKW angrenzende Doorloop erfüllt nicht alle Qualitätsanforderungen. Die kritischsten Parameter sind Phosphor gesamt und gelöstes Uran.

2.2.2.3 Wassertestkarten: Überschwemmungsrisiko, Infiltration, Grundwasserströmung und Erosion und Lage im Winterbett

Das Betriebsgelände des KKW befindet sich in einer Zone, die laut Wassertestkarten wie folgt ausgewiesen ist:

- nicht überschwemmungsgefährdet Die tiefer gelegenen Polder westlich des KKW wurden als potenziell hochwassergefährdet identifiziert.
- nicht anfällig für Infiltrationen
- sehr empfindlich gegenüber Grundwasserströmung (Typ 1)
- Gefälle von 0,5 % oder 0,5-5 %
- nicht in einem Winterbett gelegen

2.2.2.4 Wasserversorgung / Wasserbilanz

Die Wasserbilanzen des KKW für die Ausgangssituation 2013 und 2014 finden sich in Abbildung 2-12 bzw. Abbildung 2-13. Diese Wasserbilanzen sind auch für den Zeitraum 2015-2019 repräsentativ, da sich

der Betrieb des KKW gegenüber der Ausgangssituation nicht verändert hat. Daher sind die Wasserbilanzen für diesen Zeitraum nicht separat in der UVP ausgewiesen.

Das KKW nutzt die folgenden Wasserquellen:

- Leitungswasser (städtisch): wird hauptsächlich für die Herstellung von demineralisiertem Wasser verwendet, das für die Dampferzeugung im Sekundärkreislauf, für die Auffüllung von Kühlteichen und für sanitäre Zwecke eingesetzt wird. In den Jahren 2013 und 2014 wurden 299.011 m³ bzw. 338.727 m³ Leitungswasser verbraucht. Der Unterschied zwischen dem Verbrauch im Jahr 2014 und 2013 ist darauf zurückzuführen, dass im Jahr 2014 nur Stadtwasser und kein Scheldewasser für die Produktion von Prozesswasser verwendet wurde, sowie auf den Anstieg des Verbrauchs für sanitäre Zwecke im Jahr 2014.
- Scheldewasser: wird fast ausschließlich als Kühlwasser im Tertiärkreislauf verwendet. Das Kühlwasser wird der Schelde entnommen und nach Gebrauch wieder in die Schelde eingeleitet. Ein Teil des Kühlwassers verdampft in zwei Kühltürmen (Doel 3 und Doel 4). Im Jahr 2013 wurden 1.191.981.940 m³ Kühlwasser aus der Schelde entnommen. Davon wurden 1.172.731.154 m³ wieder eingeleitet. Im Jahr 2014 wurden 1.240.058.030 m³ Kühlwasser aus der Schelde entnommen. Davon wurden 1.230.973.030 m³ wieder eingeleitet. Ein sehr kleiner Teil des Oberflächenwassers wird zur Herstellung von Prozesswasser durch Destillation verwendet.

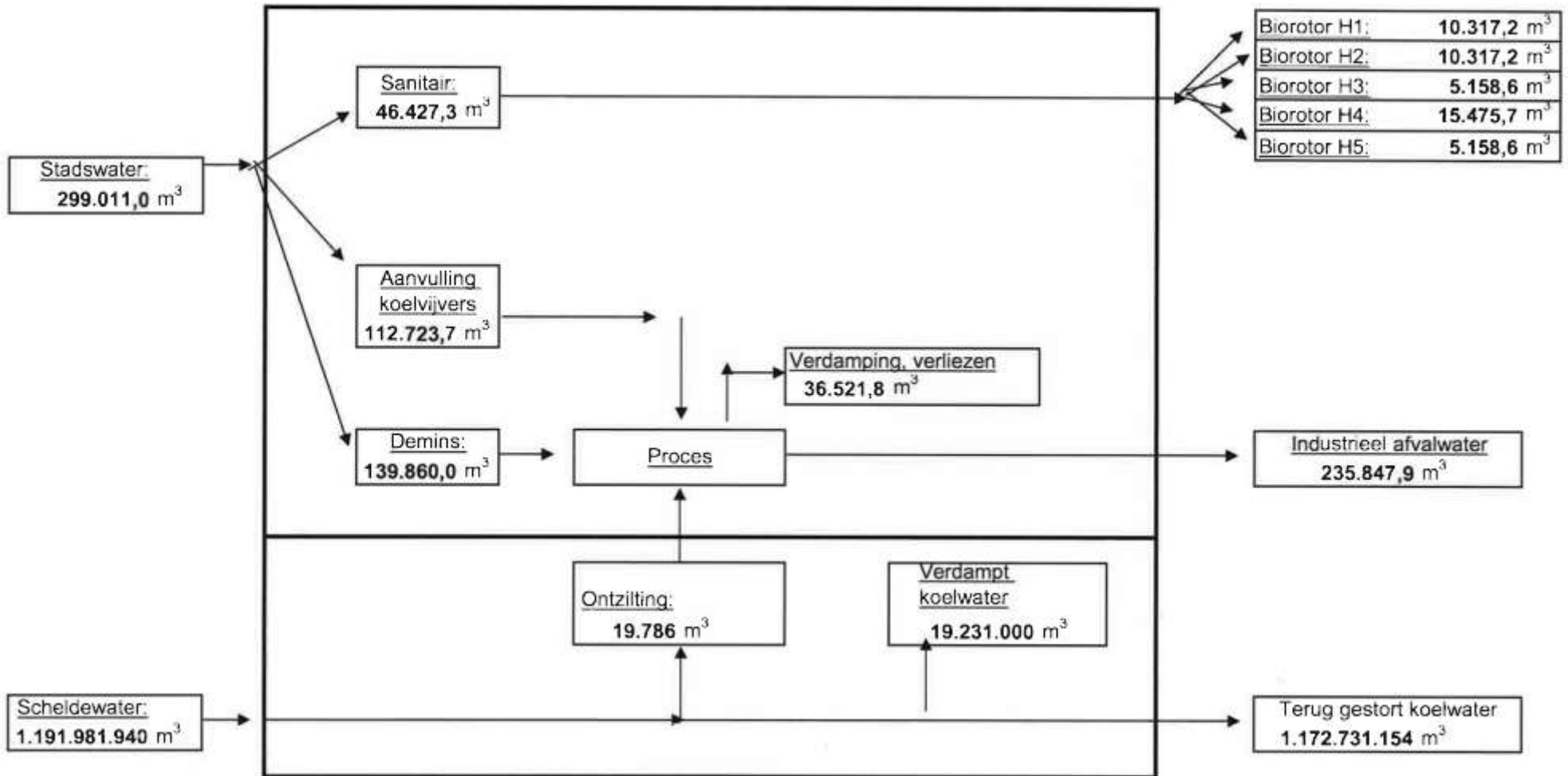


Abbildung 2-12 Wasserbilanz 2013 (m³)

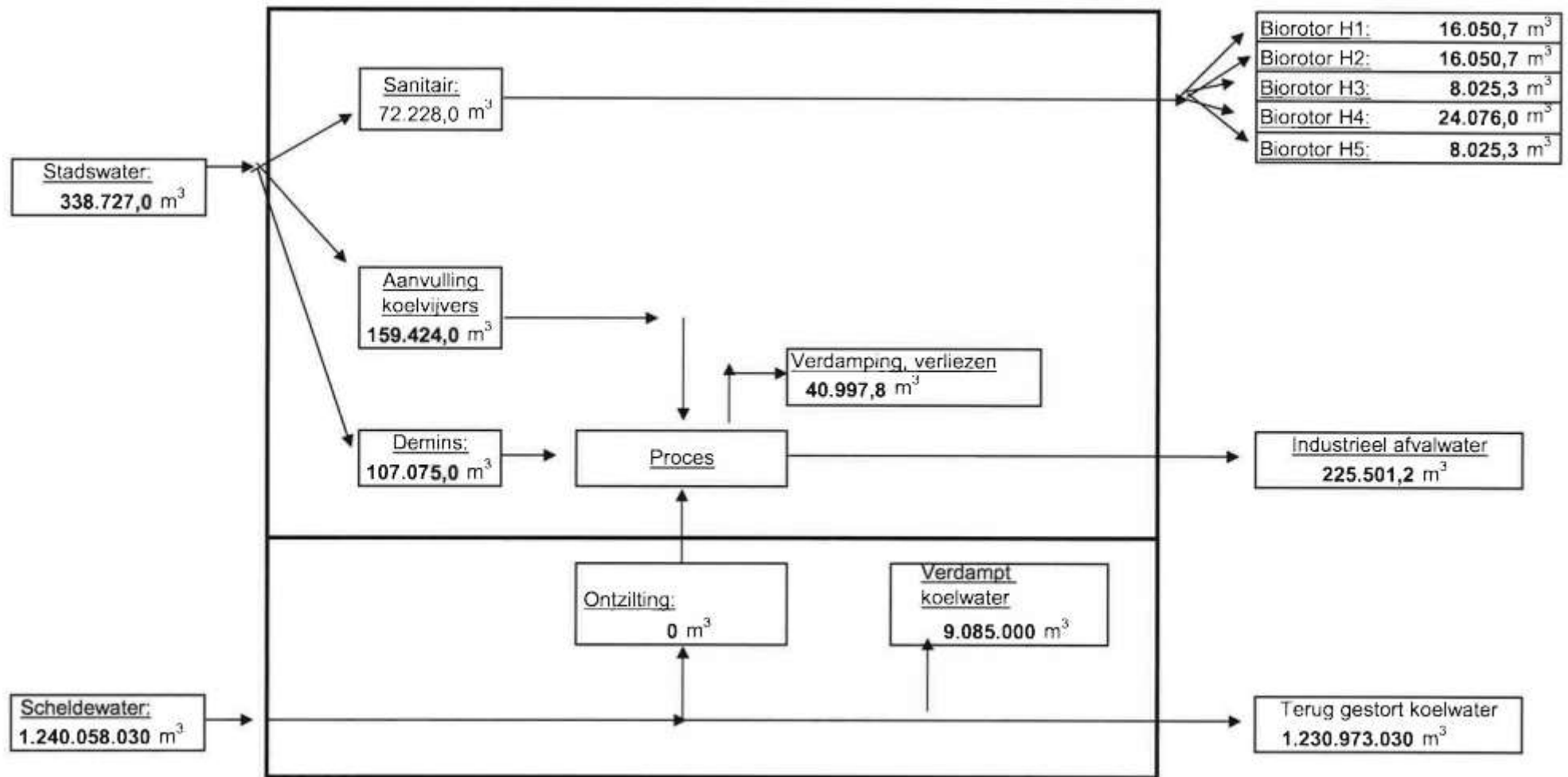


Abbildung 2-13 Wasserbilanz 2014 (m³)

2.2.2.5 Internes Abwassersystem

Das KKW verfügt über ein internes Kanalisationssystem für die Entsorgung der verschiedenen (Ab-)Wasserströme. Eine schematische Darstellung des internen Kanalisationssystems und der Einleitstellen finden Sie in Abbildung 2-14.

Das KKW verfügt über kein separates Abwassersystem für Regenwasser. Das Sanitärabwasser wird zusammen mit dem Regenwasser von den Dächern und den meisten versiegelten Flächen gesammelt und in fünf Sammelschächte geleitet. Diese Brunnen sind mit Tauchpumpen ausgestattet, die bei starkem Regen das Wasser in die Schelde pumpen. Unter normalen Umständen wird dieses Wasser in fünf Biorotoren geklärt und dann in die Schelde eingeleitet (H1 – H5 auf Abbildung 2-12 und Abbildung 2-13). Im Jahr 2013 betrug die Dauer des Überlaufs der Gruben 18 Tage und im Jahr 2014 waren es 14 Tage. Für den Zeitraum 2015 bis 2019 schwankte die Dauer der Überflutung der Auffanggruben zwischen 12 und 46 Tagen. In den unterirdischen Stollen zwischen den Blöcken und den Kühltürmen finden sich Lecks (hauptsächlich aufgrund von Verdichtungen). Diese Stollen bestehen aus Betonrohren mit einem großen Durchmesser. Bei jeder Überholung werden die Stollen gereinigt, auf Undichtigkeiten überprüft und ggf. repariert. Die Lecksuche und -reparatur ist zeit- und kostenintensiv. Während der Reparatur muss die jeweilige Reaktoreinheit abgeschaltet werden. Das ausgetretene Kühlwasser gelangt über das Erdreich in die Mischkanalisation. Die Mischkanalisation selbst ist auch nicht wasserdicht und entwässert Kühl- und Grundwasser. Diese Leckagen von Kühlwasser und in geringerem Maße auch von Grundwasser in der Mischkanalisation erklären den häufigen Überlauf.

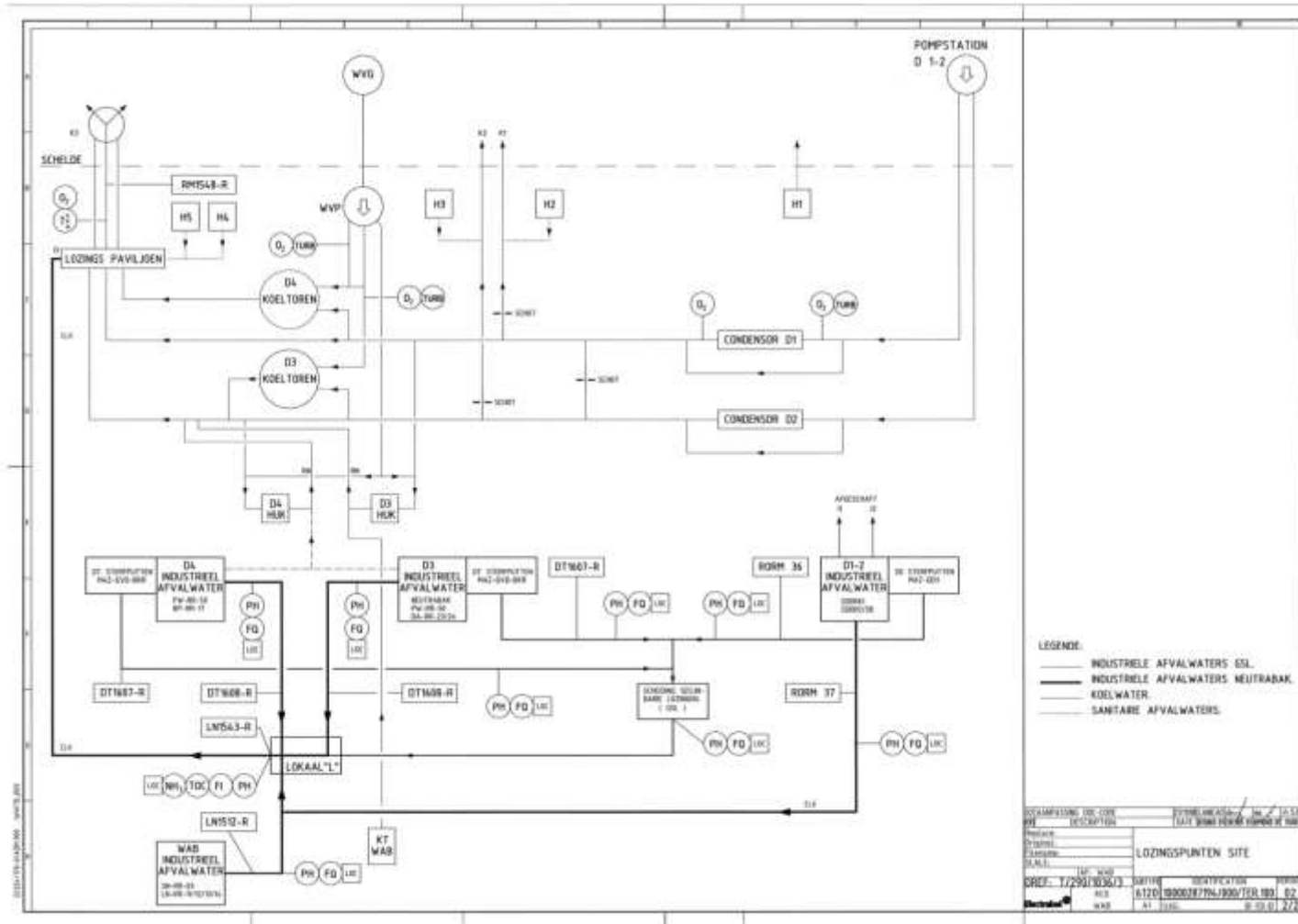
Insgesamt sind fünf Einleitstellen vorhanden. Jeder Biorotor hat seine eigene Einleitstelle. Das Industrieabwasser wird zusammen mit dem Kühlwasser über eine gemeinsame Einleitstelle (Einleitpavillon bei Abbildung 2-14) eingeleitet. Die Einleitstellen K1 und K2 der Abbildung sind die alten Kanäle von Doel 1 und Doel 2, die nur in Notfällen verwendet werden, wenn der andere Abflusskanal für Kühlwasser (K3) nicht zur Verfügung steht, z. B. wegen einer Überholung.

Regenwasser wird nicht wiederverwendet. Das Regenwasser von Dächern und den meisten versiegelten Flächen wird in einem gemeinsamen System mit dem Sanitärabwasser gesammelt und über fünf Biorotoren geklärt. Das Wasser von den Parkplätzen am Standorteingang fließt in den nahe gelegenen Doorloop. Die Wiederverwendung von Regenwasser für die Produktion von demineralisiertem Wasser, die Nutzung als Kühlwasser oder für sanitäre Zwecke ist grundsätzlich möglich. Die notwendige Infrastruktur für eine Wiederaufbereitung des Regenwassers ist jedoch nicht vorhanden. Die städtebauliche Regelung zu Regenwasserbrunnen, Versickerungsanlagen, Pufferanlagen und getrennten Einleitungen von Schmutz- und Regenwasser gilt nicht für bestehende Gebäude und Anlagen.

Die Gesamtfläche des KKW-Geländes beträgt 1.154.583 m². Davon sind 555.894 m² versiegelt oder bebaut und 598.689 m² unversiegelt. Das KKW-Gelände ist also zu 52 % wasserdurchlässig. Die Menge des eingeleiteten Regenwassers ist nicht bekannt und wird nicht in die Wasserbilanz aufgenommen (siehe Abbildung 2-12 und Abbildung 2-13). Unter Berücksichtigung der o. g. versiegelten bzw. bebauten Fläche und einem durchschnittlichen Niederschlag von 690 mm/Jahr in der Ausgangssituation 2013-2014

an der nächstgelegenen VMM-Messstation (Melsele, P04_001)⁵wird die in der Ausgangssituation 2013-2014 eingeleitete Regenwassermenge auf ca. 383.600 m³ veranschlagt.

⁵ Quelle: waterinfo.be (VMM)



WVG = Wassersammelgebäude; WVP = Wassersammelpumpen; D3 HUK = Hilfskühlturm Doel 3; D4 HUK = Hilfskühlturm Doel 4; KT WAA = Kühlturm WAA; DT = Abwasserreislauf; MAZ = Maschinenhalle; GEH = Gebüdeelektrik Notdienst; O = Sauerstoffmessungen; T = Temperatuurmessing; Turb = Trübungsmessing

Abbildung 2-14 Schematische Darstellung der internen Kanalisation für Industrieabwasser und Kühlwasser

2.2.2.6 Beschreibung der Emissionen

2.2.2.6.1 Abwasserströme

Das KKW leitet verschiedene Abwässer ein:

- Sanitärabwasser: Das Sanitärabwasser wird zusammen mit dem Regenwasser von den Dächern gesammelt und nach der Aufbereitung mit fünf Biorotoren in die Schelde eingeleitet;
- Industrieabwasser: Das Industrieabwasser wird gesammelt und in die Schelde eingeleitet, entweder separat oder nach Aufbereitung (siehe unten).
- Kühlwasser: Das Kühlwasser des Tertiärkreislaufs wird der Schelde entnommen und nach Gebrauch wieder in die Schelde eingeleitet.

2.2.2.6.1.1 Sanitärabwasser/Regenwasser

Jedes Gebäude auf dem KKW-Gelände, in dem Sanitärabwasser anfällt, ist mit einer Klärgrube ausgestattet. Auf dem KKW-Gelände befinden sich etwa 38 Klärgruben. Diese Klärgruben werden periodisch überprüft. Das Sanitärabwasser wird in den Klärgruben gesammelt. Das KKW verfügt über kein separates Abwassersystem für Regenwasser. Nach diesen Klärgruben wird das Regenwasser von den Dächern und den meisten versiegelten Flächen der Mischkanalisation zugeführt. Die Mischkanalisation wird dann in fünf Sammelschächte eingeleitet. Diese Brunnen sind mit Tauchpumpen ausgestattet, die bei starkem Regen das Wasser in die Schelde pumpen. Unter normalen Umständen wird dieses Wasser in fünf Biorotoren gereinigt, bevor es in die Schelde eingeleitet wird.

Der Zweck der Biorotoren ist die Beseitigung der Belastung an biochemischem Sauerstoffbedarf (BSB)/chemischem Sauerstoffbedarf (CSB) durch aeroben biologischen Abbau organischer Bestandteile zu CO₂ und Wasser durch Mikroorganismen. Diese Mikroorganismen sind als fester Film auf dem Biorotor immobilisiert.

Biorotoren sind auch für die Denitrifikation geeignet. Denitrifizierende Mikroorganismen wachsen langsam; durch Immobilisierung in einem Biorotor können sich diese Mikroorganismen gut halten. Der Biorotor ist eine Einheit, die aus einer Trommel als Rahmen besteht, in deren Inneren sich eine Wabenstruktur oder ein Füllmaterial befindet, auf dem die Mikroorganismen immobilisiert sind. Die Trommel ist teilweise in einen kontinuierlich von Abwasser durchströmten Tank getaucht, wobei die organischen Substanzen adsorbiert und umgewandelt werden. Die Belüftung erfolgt durch Rotation und Kontakt mit der Außenluft. Das Abwasser fließt dann in ein Klärbecken, wo sich der Schlamm absetzt. Für eine vollständige Entfernung des Stickstoffs ist ein zusätzlicher Denitrifikations-Schritt erforderlich.

Die wichtigsten Parameter im Sanitärabwasser sind BSB, CSB, Schwebstoffe, N und P.

2.2.2.6.1.2 Industrieabwasser

Industrieabwasser bestehen aus den folgenden Teilströmen:

- Abwasser aus der Regeneration den Demineralisierungsanlagen Doel 1 bis 4 und der Wasser- und Abfallaufbereitungsanlage (WAA). Dieses Abwasser hat einen hohen Salzgehalt und einen abnormalen pH-Wert. Nach der Neutralisation (mit Schwefelsäure, Salzsäure und Natriumhydroxid) wird dieser Abwasserstrom über die einzige Einleitstelle (Lokal L) eingeleitet und beprobt.

- Bodenwässer (z. B. Klärwasser, Grundwasser u. Ä.) aus Doel 1 bis 4 und aus der WAA, die wenig belastet sind, werden in eine gemeinschaftliche Neutralisationsanlage (GSL) eingeleitet. Nach der Neutralisation mit CO₂ und Natriumhydroxid wird das Abwasser ebenfalls über die einzige Einleitstelle (lokal L) eingeleitet und beprobt.
- Abwasser aus der WAA, in der das Abwasser aus dem Primärkreislauf behandelt wird. Diese Abwässer, die möglicherweise radioaktive Elemente enthalten, werden in Demineralisierungsanlagen und Destillatoren behandelt. Das Konzentrat wird in Betonwannen aus Aktivmüll verarbeitet. Das gereinigte Wasser und das Destillat, das keine radioaktiven Elemente mehr enthält, werden ebenfalls über die einzige Einleitungsstelle eingeleitet und beprobt.

Die Anlage verfügt auch über eine Umkehrosmose-Anlage, um ammoniakreiche Abwässer von den Vakuumpumpen zu isolieren und extern abzuleiten und zu behandeln.

Einige relevante Parameter in Industrieabwässern:

- Bor: Das Wasser des Primärkreislaufs enthält Borsäure, die zur Steuerung der Reaktivität des Kerns genutzt wird. Wenn Borsäure nicht zurückgewonnen werden kann, sollte sie nach dem Klärvorgang entsorgt werden.
- Stickstoff: Die Korrosion im Sekundärkreislauf wird durch hohe pH-Werte des Wassers und durch sauerstoffbindende Produkte bekämpft. Dafür sorgen Ammoniak bzw. Hydrazin. Ionentauscher reinigen einen Teil des Sekundärkreislaufs. Diese chemischen Filter können jedoch nicht zwischen den Verunreinigungen, die aus dem Kreislauf entfernt werden müssen, und dem darin enthaltenen Ammoniak unterscheiden. Darüber hinaus ist Ammoniak ein Gas, das zusammen mit anderen nicht kondensierbaren Gasen und einem begrenzten Dampfanteil aus dem Kondensator abgezogen wird. Nach den Vakuumpumpen, in denen ein atmosphärischer Druck herrscht, kondensiert dieser Dampf, so dass sich die Gase auflösen. Dieser Wasserstrom ist nicht mehr verwertbar und landet im Industrieabwasser. Stickstoffhaltige Bestandteile gelangen daher über diese beiden Wege ins Abwasser. 80 % der gesamten Stickstoffbelastung stammt aus dem Abwasser von Doel 3 und 4. Um die Stickstoffmenge in diesem Abwasser zu reduzieren, wurden 2011 zwei Anlagen gebaut. Bei Doel 4 handelt es sich um eine Sammelanlage für Abwässer, die zur externen Aufbereitung eingeleitet werden. Bei Doel 3 handelt es sich um eine Umkehrosmose-Anlage für die Abwässer der Vakuumpumpen. Diese Anlage dickt das aus dem Abwasser gewonnene Schmutzwasser zu einer stickstoffhaltigen Flüssigkeit (Ammonium) an und reduziert so die Menge des zu transportierenden Abwassers. Das kondensierte Abwasser aus dieser Anlage wird ebenfalls zur externen Behandlung entsorgt. Das geklärte Wasser wird über das Industrieabwasser eingeleitet.
- Chloride: eingeleitet von HCl, das für die Regeneration der Ionenaustauscher der Demineralisierungsanlagen verwendet wird. Die Demineralisierungsanlagen dienen nun als Backup-Anlagen. Ab dem Jahr 2018 wurde ein Osmoseverfahren zur Herstellung von demineralisiertem Wasser eingesetzt. H₂SO₄ wurde durch HCl ersetzt.
- Chrom: Chrom wird für die Passivierung bestimmter interner geschlossener Wasserkreisläufe verwendet.

- (Molybdän): Vor 2012 wurde Molybdän auch zur Behandlung bestimmter Wasserkreise eingesetzt. Ab 2012 wurde auf molybdänfreie Produkte umgestellt, so dass kein Molybdän-Ausstoß mehr erfolgt.
- Arsen: Der Boden im Antwerpener Hafen wurde mit arsenhaltiger Erde bedeckt. Daher stammt das vom KKW eingeleitete Arsen wahrscheinlich aus dem Grundwasser, das über das Bodenwasser in das Industrieabwasser gelangt.

2.2.2.6.1.3 Kühlwasser

Als Prozesskühlwasser wird Scheldewasser verwendet, das über zwei nahe gelegene Auffangstellen hochgepumpt wird. Die Auffangstelle der (ältesten) Blöcke Doel 1 und 2 ist „in der Schelde“ gebaut. Mit anderen Worten, die Kläranlagen, Gitter, Schaber und Trommelfilter befinden sich in einem Bauwerk an der Schelde. Das Wasser wird über Pumpen zu den Blöcken Doel 1 und 2 gepumpt. Der Kühlkreislauf dieser Geräte ist offen, das bedeutet, dass das durch den Kondensator geleitete Wasser nur einmal verwendet wird. Beim Bau von Doel 3 und 4 wurde das Kühlwasser von Doel 1 und Doel 2 über die Einleitstellen K1 und K2 wieder in die Schelde geleitet. Diese Einleitstellen werden derzeit nur verwendet, wenn z. B. die allgemeine Einleitstelle K3 oder das „Verteilungssystem“ nicht verfügbar sind. Durch dieses Verteilungssystem ist es möglich, das Wasser entweder direkt zur Einleitstelle K3 zu verbringen oder es über vorhandene Pumpen in die Kühltürme von Doel 3 und oder 4 zu pumpen.

Bei der an der Schelde befindlichen Auffangstelle der Blöcke Doel 3 und 4 handelt es sich lediglich um eine offene Struktur, von der ein Stollen zur Pumpstation auf dem „Festland“ abgeht. Das Rohr ist nur mit einem stationären Gitter ausgestattet, um große Materialien fernzuhalten.

Die Pumpstation besteht aus einem Pufferbehälter, der mit Abstreifern und rotierenden Korbfiltren versehen ist. In der Pumpstation befinden sich zwei Zusatzpumpen, die Wasser in die geschlossenen Kältekreisläufe von Doel 3 und 4 einspeisen. Beide Pumpen können die beiden Blöcke versorgen. Die Kühlkreisläufe der Blöcke Doel 3 und 4 sind geschlossene Kühlkreisläufe, was bedeutet, dass das Kühlwasser zwischen Kühlturm und Kondensator zirkuliert. Die Nachspeisung dient zur Auffüllung der Verdunstungsverluste und der Dekonzentrationsgemische [*deconcentratiespuien*]. Ein kleiner Teil des Kühlwassers wird zur Speisung des Hilfskühlturms verwendet, der die Sicherheitskreisläufe kühlt. Auch diese Dekonzentrationsgemische werden über die Einleitstelle K3 in die Schelde zurückgeleitet.

Im Jahr 2013 wurden 1.191.981.940 m³ Kühlwasser aus der Schelde entnommen. Die bewilligte Menge beträgt 1.500.000.000 m³. Im Jahr 2013 wurden 19.786 m³ der gesamten hochgepumpten Scheldewassermenge entsalzt und als Prozesswasser verwendet, 19.231.000 m³ wurden in den Kühltürmen verdampft und der restliche Teil (1.172.731.154 m³) wurde wieder in die Schelde eingeleitet. Im Jahr 2014 wurden 1.240.058.030 m³ Kühlwasser aus der Schelde entnommen. Davon wurden 0 m³ entsalzt, um als Prozesswasser verwendet zu werden (2014 wurde dafür nur Stadtwater und kein Scheldewasser verwendet), 9.085.000 m³ verdampften in den Kühltürmen und 1.230.973.030 m³ wurden zurückgeführt.

Die wichtigsten Parameter des Kühlwassers sind Temperatur, Sauerstoffgehalt, CSV, Chloride und AOX. Die Temperatur und der Gehalt an gelöstem Sauerstoff werden kontinuierlich gemessen. Monatliche Analysen werden zu CSV, vierteljährlich zu Aktivchlor durchgeführt. Die Kühlwasserdurchflussmenge wird anhand von Stundenzählern und Pumpenmerkmalen ermittelt. Das Kühlwasser erwärmt sich durch

die Abkühlung des Wassers aus dem Sekundärkreislauf und die Kondensation des Dampfes in den Kondensatoren der Blöcke. Die Chloride stammen von NaClO, das dem Kühlwasser zugesetzt wird, um biologisches Wachstum in den Kühltürmen zu verhindern. So wird vermieden, dass zusätzlich CSV über das Kühlwasser in die Schelde eingeleitet wird. Die Messungen zeigen, dass es keinen merklichen Unterschied zwischen dem CSV-Gehalt des ein- und abgehenden Kühlwassers gibt. Wöchentlich wird eine berechnete Schockdosis NaClO eingegeben (ca. 4.000 Liter pro Kühlturm). Die Schockdosierung wurde anhand der Analyse des Aktivchlorüberschusses und der Erfahrungswerte mit den Kühlturmfüllkörpern ermittelt. Eine eventuelle zusätzliche Dosierung erfolgt auf Basis der Überwachung des biologischen Wachstums an den Kontrollplatten und auf ATP-Messungen in den Kühltürmen. Das NaClO reagiert unter Bildung von Chloriden. Im eingeleiteten Kühlwasser wird kein Aktivchlor oberhalb der Nachweisgrenze ($<0,1$ mg/L) gefunden. Zusammen mit der Schockdosis NaClO werden pro Woche und Kühlturm ca. 200 Liter SPECTRUS BD1501E Biodetergent beigegeben. Es ist ein Gemisch aus nichtionischen Tensiden in wässriger Lösung. In Zeiten von Hitzewellen wird jede Woche die doppelte Menge NaClO mit SPECTRUS BD1501E in die Kühltürme eingeführt.

Bei der Behandlung mit NaClO werden AOX (= adsorbierbare organische Halogenverbindungen) gebildet. Der AOX-Gehalt setzt sich aus Haloformen, auch Trihalogenmethane genannt (hauptsächlich Bromoform in Brack- und Salzwasser) und verschiedenen halogenierten polaren Verbindungen (z. B. Chlor- und Bromessigsäure) zusammen (Berbee, 1997).

Dem Kühlwasser wird kontinuierlich ein Antischaummittel zugegeben, um Schaumbildung infolge von Algenwachstum zu verhindern. Dabei handelt es sich um FOAMTROL AF4039 (eine Kombination aus modifizierten Fettalkoholen und speziellen Alkoholen). Dieses Antischaummittel wird kontinuierlich mit einer Pumpe in das einlaufende Scheldewasser gegeben. Bei den wöchentlichen Eingaben von NaClO mit SPECTRUS BD1501E wird zusätzlich mit einer zweiten Pumpe jeweils gesondert eine bestimmte Menge Entschäumer dosiert. Die eingekaufte Menge an Antischaummittel beträgt durchschnittlich ca. 5.500 kg pro Jahr. Aufgrund des Lagerbestands gibt es hier eine große Schwankung. Daraus lässt sich schließen, dass die abgegebenen Konzentrationen des Antischaummittels sehr begrenzt sind.

2.2.2.6.2 Abwassermenge und Schmutzfracht

In der Ausgangssituation (2013) wurden die folgenden (Abwasser-)Ströme eingeleitet:

- Sanitärabwasser (+ Regenwasser): 46.427,3 m³;
- Industrieabwasser: 235.847,9 m³;
- Kühlwasser: 1.172.731.154 m³.

In der Ausgangssituation (2014) wurden die folgenden (Abwasser-)Ströme eingeleitet:

- Sanitärabwasser (+ Regenwasser): 72.228,0 m³;
- Industrieabwasser: 225.501,2 m³;
- Kühlwasser: 1.230.973.030 m³.

Die Abwasserströme und Schadstoffbelastungen für die Ausgangssituation 2013-2014 sind auch für den Zeitraum 2015-2019 repräsentativ, da sich der Betrieb des KKW gegenüber der Ausgangssituation nicht verändert hat.

2.2.2.6.2.1 Sanitärabwasser

Das in den Jahren 2013 und 2014 eingeleitete Sanitärabwasser muss die Normen für den eingeleiteten Durchfluss laut der seinerzeitigen Umweltgenehmigung erfüllen. 31.03.2011 (M03/46003/46/2/A/5/HV/CW). Die Konzentrationen im Abwasser müssen Artikel 4.2.8.1.1 VLAREM II entsprechen. Für die in Anhang 2C zu Titel I der VLAREM genannten Parameter darf das Abwasser keine höheren Konzentrationen als das Zehnfache der in der Spalte „Klassifizierungskriterium GS (gefährliche Stoffe)“ in Artikel 3 von Anhang 2.3.1 VLAREM II angegebenen Klassifizierungskriterien enthalten.

Aus Tabelle 2-9 lässt sich für Sanitärabwasser in der Ausgangssituation 2013-2014 Folgendes ableiten:

- Für das Jahr 2013 werden alle Einleitnormen für das geklärte Sanitärabwasser erfüllt.
- Für das Jahr 2014 wird die Einleitnorm für den Jahresdurchfluss und die Schwebstoffe nicht eingehalten:
 - Die jährliche Durchflussmenge wird mithilfe von Zählern berechnet. Dies ist jedoch eine Überschreitung des tatsächlich eingeleiteten Sanitärabwassers. So werden das Sperrwasser der Kühlwasserpumpen (mit Stadtwater) und die interne Versorgung der IC-Kreisläufe mitgezählt. Die Durchflussberechnung basiert auf einer Zählperiode von drei Tagen mit einer Extrapolation auf das ganze Jahr. Der städtische Wasserkreislauf ist sehr komplex mit Verflechtungen zu verschiedenen Anlagen. In der Praxis kommt es zu keiner Überschreitung der zulässigen Jahresdurchflussmenge. Der zugelassene Jahresdurchfluss wird anhand der Durchflussmenge der Förderpumpen der Biorotoren ermittelt.
 - Bei Schwebstoffen entstand der erhöhte Wert am ersten Tag der Messkampagne im Jahr 2014. Eine 24-Stunden-Wasserprobe wird mit Hilfe einer Probenahmevorrichtung entnommen. Der Schlauch wird in den Absetzbeckenausgang „Reaktionskammer“ gelegt. In diesem Fall war der Schlauch zu tief platziert und Schlamm wurde mit hochgepumpt.
- Ein atypischer Parameter im Ablauf von geklärtem Sanitärabwasser für 2013 und 2014 ist AOX (adsorbierbare organische Halogenverbindungen). Das Auftreten von AOX ist wahrscheinlich auf das Austreten von Kühlwasser durch das Erdreich in die Mischkanalisation (siehe Beschreibung in 2.2.2.5) und/oder auf den sporadischen Einsatz von desinfizierenden Sanitärprodukten zurückzuführen. Die durchschnittliche Konzentration liegt zwischen 62,4 und 68,4 µg/L für die Jahre 2013 bzw. 2014 und liegt zwischen dem Einstufungskriterium GS (gefährliche Stoffe) von 40 µg/L (Art.3, Anhang 2.3.1 VLAREM II) und dem 10-fachen dieses Einstufungskriteriums, womit die Einleitnorm eingehalten wird.
- Für die Parameter Ammonium, B, Sb, Co, Mo, Se, Sn, Ag, Ba, Tl, Ti, V, Be, Te, anionische, nichtionische und kationische Tenside werden die Messungen der Jahre 2013 bzw. 2014 inkonsistent durchgeführt oder die Nachweisgrenze der Messungen liegt über der Einleitnorm. Daher ist es nicht möglich, fundierte Aussagen über die Konzentrationen und das Erreichen der Einleitnormen für diese Parameter zu treffen.

Die Qualität des Sanitärabwassers für die Jahre 2015-2019 wurde in Funktion dieser UVP überprüft. Die Konzentrationen und Schadstoffbelastungen für den Zeitraum 2015-2019 unterscheiden sich nicht signifikant von der Ausgangssituation 2013- 2014, da sich der KKW-Betrieb gegenüber der Ausgangssituation nicht geändert hat.

Tabelle 2-9 Einleitnormen, Ablaufkonzentrationen und Schadstoffbelastungen Sanitäres Abwasser

Parameter	Gültig 2013-2014		2013				2014			
	Einleitnorm		Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)	Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)
Durchflussmenge	Max. 90 m ³ /Std., 135 m ³ /Tag und 50.000 m ³ /Jahr, verteilt auf 5 Einleitstellen wie folgt: H1: 20 m ³ /Std. und 30 m ³ /Tag; H2: 20 m ³ /Std. und 30 m ³ /Tag; H3: 10 m ³ /Std. und 15 m ³ /Tag; H4: 30 m ³ /Std. und 45 m ³ /Tag; H5: 10 m ³ /Std. und 15 m ³ /Tag;		46.427,3 m ³ /Jahr: H1: 10.317,2 m ³ /Jahr; H2: 10.317,2 m ³ /Jahr; H3: 5.158,6 m ³ /Jahr; H4: 15.475,7 m ³ /Jahr; H5: 5.158,6 m ³ /Jahr.				72.228 m ³ /Jahr: H1: 16.050,7 m ³ /Jahr; H2: 16.050,7 m ³ /Jahr; H3: 8.025,3 m ³ /Jahr; H4: 24.076 m ³ /Jahr; H5: 8.025,3 m ³ /Jahr.			
BSV (mg/L)	Max 25	mg/L	40	3,7	23	170	36	4,4	25	317
CSV (mg/L)			36	35,9	100	1668	25	34,3	74	2479
Schwebstoffe (mg/L)	Max 60	mg/L	39	21,6	55	1002	34	24,1	200	1742
Ges P (mg/L)	Max 10	mg/L	42	2,5	6,6	115	31	2,6	10	185
NO ₂ (N-mg/L)	Max 6,6	mg N/L	13	0,043	0,230	2	20	0,332	1,8	24
NO ₃ (N-mg/L)			8	10,8	42	503	20	12,4	66	898

Parameter	Gültig 2013-2014		2013				2014			
	Einleitnorm		Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)	Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)
Kjld N (N-mg/L)			8	3,1	16	142	20	4,3	34	314
NH4 (N-mg/L)			0	-	-	-	5	3	13	217
Ges N (N-mg/L)			23	19,2	71	890	35	19,2	85	1386
B (mg/L)	Max 7	mg/L	5	0,066	0,160	3	0	-	-	-
Sb (mg/L)	Max 1	mg/L	5	<0,020	<0,020	-	0	-	-	-
Cd (mg/L)	Max 0,008	mg/L	20	0,0001	0,001	0,003	15	<0,001	<0,001	-
Cr (mg/L)	Max 0,5	mg/L	20	<0,010	<0,010	-	15	0,002	0,016	0,128
Co (mg/L)	Max 0,006	mg/L	5	<0,010	<0,010	-	0	-	-	-
Cu (mg/L)	Max 0,5	mg/L	20	0,008	0,053	0,361	15	0,004	0,036	0,289
Mn (mg/L)			5	0,117	0,380	5	0	-	-	-
Mo (mg/L)	Max 3,5	mg/L	5	<0,020	<0,020	-	0	-	-	-
Se (mg/L)	Max 0,03	mg/L	5	<0,005	<0,005	-	0	-	-	-
Sn (mg/L)	Max 0,4	mg/L	5	<0,04	<0,04	-	0	-	-	-
Zn (mg/L)	Max 2	mg/L	20	0,054	0,170	3	15	0,073	0,210	5
As (mg/L)	Max 0,05	mg/L	20	0,013	0,030	1	15	0,015	0,031	1
Hg (mg/L)	Max 0,003	mg/L	20	<0,0001	<0,0001	-	15	<0,0001	<0,0001	-
Pb (mg/L)	Max 0,5	mg/L	20	<0,025	<0,025	-	15	0,003	0,025	0,201

Parameter	Gültig 2013-2014		2013				2014			
	Einleitnorm		Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)	Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)
Ni (mg/L)	Max 0,3	mg/L	20	0,002	0,017	0,111	15	<0,010	<0,010	-
Ag (mg/L)	Max 0,004	mg/L	20	<0,010	<0,010	-	15	<0,010	<0,010	-
Al (mg/L)			5	0,206	0,320	10	0	-	-	-
Ba (mg/L)	Max 0,700	mg/L	5	0,010	0,021	0,469	0	-	-	-
Fe (mg/L)			5	0,808	2,200	38	0	-	-	-
Tl (mg/L)	Max 0,002	mg/L	5	<0,020	<0,020	-	0	-	-	-
Ti (mg/L)	Max 1	mg/L	5	0,021	0,033	1	0	-	-	-
V (mg/L)	Max 0,05	mg/L	5	<0,010	<0,010	-	0	-	-	-
U (mg/L)	Max 0,01	mg/L	5	<0,001	<0,001	-	0	-	-	-
Be (mg/L)	Max 0,001	mg/L	5	<0,005	<0,005	-	0	-	-	-
Te (mg/L)	Max 1	mg/L	5	<0,010	<0,010	-	0	-	-	-
F (mg/L)	Max 9	mg/L	5	0,102	0,290	5	5	0,184	0,470	13
Anion best. (mg/L)	Max 1	mg/L	0	-	-	-	0	-	-	-
Kation best. (mg/L)	Max 10	mg/L	0	-	-	-	0	-	-	-
Niet-ion best. (mg/L)			0	-	-	-	1	0,278	2,5	20
AOX µg/L	Max 400	µg/L	10	62,4	210	3	9	68,4	93	5
DOC mg/L			10	6,1	10	281	9	8,6	12	621

Parameter	Gültig 2013-2014		2013				2014			
	Einleitnorm		Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)	Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)
freies Cyanid	Max 0,5	mg/L	5	<0,005	<0,005	-	5	<0,005	<0,005	-

Rot: Überschreitung der Einleitnormen in 2013 bzw. 2014; Gelb: keine Messungen in 2013 bzw. 2014 oder Nachweisgrenze der Messung überschreitet Einleitnorm.

2.2.2.6.2.2 Industrieabwasser

2.2.2.6.2.2.1 Durchfluss und Schmutzfracht

Das in den Jahren 2013 und 2014 eingeleitete Industrieabwasser muss die Einleitnormen gemäß den seinerzeitigen (besonderen) Umweltauflagen der Umweltgenehmigungen vom 31.03.2011 (M03/46003/46/2/A/5/HV/CW) und 10.11.2011 (M03/46003/46/2/W/5/LDR/KVDS) einhalten. Die Konzentrationen der in der Genehmigung aufgeführten und in Anhang 2C zu Titel I VLAREM genannten nicht-nominativen Parameter im Abwasser sind auf die Konzentrationen zu begrenzen, die in den Klassifizierungskriterien in der Spalte „Klassifizierungskriterium GS (gefährliche Stoffe)“ von Artikel 3 des Anhangs 2.3.1 zu Titel II VLAREM aufgeführt sind, oder andernfalls auf maximal das Zehnfache des Meldegrenzwerts.

Aus Tabelle 2-10 lässt sich für Industrieabwasser in der Ausgangssituation 2013-2014 Folgendes ableiten:

- Für die Jahre 2013 bzw. 2014 wird die Einleitnorm für Nitrit, Titan und AOX nicht eingehalten:
 - In den Jahren 2013 und 2014 wurden Möglichkeiten zur Vermeidung und Behandlung von Nitrit in Industrieabwässern geprüft. Die durchschnittliche Nitritkonzentration lag im Jahr 2013 über der Einleitnorm. Im Jahr 2014 lag die durchschnittliche Konzentration unter der Einleitnorm, doch es wurden immer noch Spitzenkonzentrationen oberhalb der Einleitnorm gemessen. Untersuchungen durch das KKW ergaben, dass das Nitrit im Industrieabwasser vom biologischen Wachstum in der GSA-Kläranlage stammt. Es wurde untersucht, welche Maßnahmen ergriffen werden können, um das biologische Wachstum zu hemmen. Um das Bakterienwachstum zu begrenzen, führte das KKW einen einmaligen Test mit der Eingabe von H_2O_2 in den Sickerschacht durch. Aufgrund der Reaktivität (Verstopfen von Filtern durch Lösen von Schmutz) und der Schaumbildung wurde diese Technik nicht beibehalten. Ende 2014 wurde ein Antrag zwecks Änderung der Umweltgenehmigungsaufgaben eingereicht, u. a. zur Anpassung der Sonderaufgabe bezüglich des Nitritgehalts im Industrieabwasser. Es darin wurden ein Tagesmittelwert von 20 mg/L NO_2 -N und eine gleitende jährliche NO_2 -N-Fracht von 1.200 kg/Jahr beantragt. Der Vorgang war Ende 2014 noch anhängig.
 - Die Einleitnorm für Titan beträgt 0,1 mg/L. Im Jahr 2014 gab es eine einmalige Messung von Ti. Die Konzentration betrug 0,11 mg/L. Die Ursache für die Überschreitung der Einleitnorm ist unbekannt. Im KKW wird kein Ti verarbeitet. Dies war ein einmaliger Vorfall, der nicht weiter verfolgt wurde. In späteren Jahren gab es keine Überschreitungen mehr für Ti.
 - Die erhöhten Konzentrationen für AOX sind unerklärlich, da die Verwendung von chlorierten Produkten auf ein Minimum reduziert ist. Außerdem werden in dem Prozess keine organischen Produkte verwendet oder zugesetzt. Vermutlich werden die erhöhten Werte als Folge von Störungen durch Chloride aus den Regenerationsabwässern oder durch Leckagen von Kühlwasser in den Industrieabwasserkreislauf gemessen. Ende 2014 wurde ein Antrag zwecks Änderung der Umweltgenehmigungsaufgaben eingereicht, u. a. um eine spezielle AOX-Ableitungsnorm von 400 µg/L zu erlangen. Der Vorgang war Ende 2014 noch anhängig.

- Für die Parameter Ammonium, Co, Ag, Tl, V, Be, anionische, nichtionische und kationische Tenside und Natriumfluoracetat werden die Messungen der Jahre 2013 bzw. 2014 inkonsistent durchgeführt oder die Nachweisgrenze der Messungen liegt über der Einleitnorm. Daher ist es nicht möglich, fundierte Aussagen über die Konzentrationen und die Einhaltung der Einleitnormen für diese Parameter zu treffen.

Die Qualität des Industrieabwassers für die Jahre 2015-2019 wurde in Funktion dieser UVP überprüft. Die Konzentrationen und Schadstoffbelastungen für den Zeitraum 2015-2019 unterscheiden sich nicht signifikant von der Ausgangssituation 2013- 2014, da sich der KKW-Betrieb nicht geändert hat.

Tabelle 2-10 Einleitnormen, Ablaufkonzentrationen und Schadstoffbelastungen Industrieabwasser

Parameter	Gültig 2013-2014		2013				2014			
	Einleitnorm		Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)*	Anzahl Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)*
Durchflussmenge	Max. 700 m ³ /Std.; 3.000 m ³ /Tag; 600.000 m ³ /Jahr		Max. 1.686 m ³ /Tag; 235.848 m ³ /Jahr.				Max. 2.055 m ³ /Tag; 225.501 m ³ /Jahr.			
BSV (mg/L)			8	13,3	41	3137	9	6,3	18	1423
CSV (mg/L)	Max 125	mg/L	11	22,4	57	5283	9	17,9	28	4034
Schwebstoffe (mg/L)			17	11,5	55	2712	15	9,3	23	2094
Ges P (mg/L)	Max 2	mg/L	8	0,609	0,930	144	9	0,686	1,2	155
NO ₂ (N-mg/L)	Max 6,089	mg N/L	106	6,4	24	1518	68	1,1	6,5	244
NO ₃ (N-mg/L)			72	5, 2	21	1217	67	5,4	33	1212
Kjld N (N-mg/L)			70	17, 3	63	4069	68	9,3	52	2105
NH ₄ (N-mg/L)			0	-	-	-	5	13,2	51	2980
Ges N (N-mg/L)	Tages-Ø: 100 mg/L; gleit. Jahres-Ø: 27 mg/L; gleit. Jahresfracht: 7200 kg/Jahr		338	17,9	63,2	4.226	310	11,8	67,8	2.663
B (mg/L)	Max 7.300	kg/Jahr	54	29,0	370	6842	55	22,5	470	5070
Sb (mg/L)	Max 0,07	mg/L	3	<0,020	<0,020	-	1	<0,020	<0,020	-
Cd (mg/L)	Max 0,003	mg/L	9	<0,0001	<0,0001	-	9	<0,0001	<0,0001	-
Cr (mg/L)	Max 0,15	mg/L	10	<0,010	<0,010	-	9	0,006	0,051	1

Parameter	Gültig 2013-2014		2013				2014			
	Einleitnorm		Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)*	Anzahl Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)*
Co (mg/L)	Max 0,006	mg/L	2	<0,010	<0,010	-	1	<0,010	<0,010	-
Cu (mg/L)	Max 0,2	mg/L	7	0,007	0,047	2	7	<0,025	<0,025	-
Mn (mg/L)	Max 1	mg/L	4	0,088	0,110	21	2	0,078	0,078	17
Mo (mg/L)	Max 0,35	mg/L	4	<0,020	<0,020	-	2	<0,020	<0,020	-
Se (mg/L)	Max 0,03	mg/L	2	<0,005	<0,005	-	1	<0,005	<0,005	-
Sn (mg/L)	Max 0,04	mg/L	1	<0,04	<0,04	-	1	<0,04	<0,04	-
Zn (mg/L)	Max 0,8	mg/L	9	0,033	0,064	8	9	0,058	0,120	13
As (mg/L)	Max 0,05	mg/L	9	0,017	0,028	4	9	0,011	0,030	2
Hg (mg/L)	Max 0,0005	mg/L	9	<0,0001	<0,0001	-	9	0,000	0,000	0
Pb (mg/L)	Max 0,050	mg/L	7	<0,025	<0,025	-	6	<0,025	<0,025	-
Ni (mg/L)	Max 0,1	mg/L	9	<0,010	<0,010	-	6	0,002	0,011	0
Ag (mg/L)	Max 0,002	mg/L	7	<0,010	<0,010	-	6	<0,010	<0,010	-
Al (mg/L)			1	<0,100	<0,100	-	1	0,100	0,100	23
Ba (mg/L)	Max 0,25	mg/L	4	0,026	0,047	6	4	0,032	0,064	7
Fe (mg/L)			2	0,710	1,000	167	1	0,700	0,700	158

Parameter	Gültig 2013-2014		2013				2014			
	Einleitnorm		Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)*	Anzahl Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)*
Tl (mg/L)	Max 0,002	mg/L	1	<0,020	<0,020	-	1	<0,020	<0,020	-
Ti (mg/L)	Max 0,1	mg/L	1	<0,020	<0,020	-	1	0,110	0,110	25
V (mg/L)	Max 0,005	mg/L	1	<0,010	<0,010	-	1	<0,010	<0,010	-
U (mg/L)	Max 0,001	mg/L	1	<0,001	<0,001	-	1	<0,001	<0,001	-
W (mg/L)			0	-	-	-	0	-	-	-
Sr (mg/L)			0	-	-	-	0	-	-	-
Be (mg/L)	Max 0,0001	mg/L	1	<0,005	<0,005	-	1	<0,005	<0,005	-
Te (mg/L)	Max 0,1	mg/L	1	<0,010	<0,010	-	1	<0,010	<0,010	-
F (mg/L)	Max 9	mg/L	4	0,465	0,650	110	3	0,393	0,680	89
Cl (mg/L)			4	635	970	149.763	4	392,5	800	88.509
SO4 (mg/L)			4	452,5	810	106.721	4	559,5	1900	126.168
Anion best. (mg/L)	Max 0,1	mg/L	0	-	-	-	1	<0,2	<0,2	-
Kation best. (mg/L)	Max 1	mg/L	0	-	-	-	1	<0,5	<0,5	-
Niet-ion best. (mg/L)			0	-	-	-	1	<0,5	<0,5	-
S (mg/L)			4	<0,050	<0,050	-	4	<0,050	<0,050	-

Parameter	Gültig 2013-2014		2013				2014			
	Einleitnorm		Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)*	Anzahl Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (kg/Jahr)*
Si (mg/L)			0	-	-	-	0	-	-	-
Natriumfluoracetat	Max 50	mg/L	0	-	-	-	0	-	-	-
AOX µg/L	Max 4	µg/L	4	52	86	12	6	82,7	170	19
DOC mg/L			4	4,7	7,5	1.097	6	5,2	9,9	1.169
SO3 mg S/l			0	-	-	-	4	<0,05	<0,05	-
CN mg/L	Max 0,05	mg/L	3	<0,005	<0,005	-	5	0,001	0,005	0
TOC mg/L			1	3,3	3,3	778	0	-	-	-
Chrom (VI) als Cr			4	<0,005	<0,005	-	4	0,004	0,010	1
Durchlässigkeit µS/cm							3	3033,333	4600	684.020

Rot: Überschreitung der Einleitnormen in 2013 bzw. 2014; Gelb: keine Messungen in 2013 bzw. 2014 oder Nachweisgrenze der Messung überschreitet Einleitnorm.

*Im Jahr 2013 wurden ca. 235.847,9 m³ Industrieabwässer eingeleitet. Ca. 19.786 m³ oder 8 % dieses Volumens waren verbrauchtes Scheldewasser. Die restlichen 92 % entfielen auf Stadtwasser. Da es sich um eine vernachlässigbare Menge Scheldewasser handelt, bleibt dies bei der Berechnung der gesamten Nettoverschmutzungsbelastung der Schelde unberücksichtigt. Im Jahr 2014 wurde ausschließlich Stadtwasser als Prozesswasser verwendet.

2.2.2.6.2.2.2 Temperatur

Einleitungsaufgaben

Das in den Jahren 2013 und 2014 eingeleitete Industrieabwasser muss den Umweltauflagen der Umweltgenehmigungen vom 31.03.2011 (M03/46003/46/2/A/5/HV/CW) und 10.11.2011 (M03/46003/46/2/W/5/LDR/KVDS) ausgewiesen sind.

Die maximale Einleittemperatur des Industrieabwassers darf 35°C unter einer der folgenden Voraussetzungen betragen:

- Außentemperatur: 25°C oder mehr;
- Kühlwassereintrittstemperatur: 20 °C oder mehr

sofern die in den Umweltqualitätsnormen angegebene Temperatur des aufnehmenden Oberflächenwassers nicht überschritten wird (Art. 4.2.2.1.4° VLAREM II).

Temperatur des Industrieabwassers

Für die Ausgangssituation 2013-2014 und den Zeitraum 2015-2019 wurden im Rahmen dieser UVP die kontinuierlichen Temperaturmessungen des eingeleiteten Industrieabwassers an der gemeinsamen Einleitstelle K3 des KKW ausgewertet. Diese Auswertung erfolgte zusammen mit der Auswertung der kontinuierlichen Temperaturmessungen des Scheldewassers an der Einlaufstelle für Doel 3/4. Diese Bewertung zeigt, dass es keine Überschreitungen der oben genannten Einleitungsbedingungen für die Temperatur des eingeleiteten KKW-Industrieabwassers gibt. Dies gilt mit Ausnahme eines Tages Ende Dezember 2018 für zwei Stunden, hier beträgt die Temperatur des Industrieabwassers 36 °C, während die Zulauftemperatur des Scheldewassers unter 20 °C und die Außentemperatur unter 25 °C liegt.

2.2.2.6.3 Kühlwasser

2.2.2.6.3.1 Durchfluss und Schmutzfracht

Das in den Jahren 2013 und 2014 eingeleitete Kühlwasser muss die Normen für die maximale Einleitquote und den Aktivchlorgehalt einhalten, entsprechend den (speziellen) Umweltauflagen der Umweltgenehmigungen vom 31.03.2011 (M03/46003/46/2/A/5/HV/CW) und 10.11.2011 (M03/46003/46/2/W/5/LDR/KVDS). Die Konzentrationen der in den Genehmigungen aufgeführten nicht-nominativen Parameter im Abwasser sind auf die in Artikel 4.2.4.1. VLAREM II genannten Konzentrationen zu begrenzen. Dies bedeutet unter anderem, dass das eingeleitete Kühlwasser keine Stoffe enthalten darf, die zu den in Anhang 2C aufgeführten Stofffamilien und -gruppen gehören.

In Anwendung von Artikel 4.2.5.1.2 VLAREM II kann für die Durchflussmessung des Kühlwassers die Berechnungsmethode auf der Grundlage der gemessenen Wasseraufnahmedaten angewendet werden.

Die Chloridbelastung wird nicht gemessen, sondern auf Basis des NaClO-Verbrauchs berechnet. Im Jahr 2013 wurden 379.997 kg NaClO (15 %) eingesetzt. Die berechnete Chloridbelastung im Kühlwasser beträgt ca. 27.161 kg. Im Jahr 2014 wurden 319.420 kg NaClO (15 %) eingesetzt. Die berechnete Chloridbelastung im Kühlwasser beträgt ca. 22.831 kg.

Der Sauerstoffgehalt des eingeleiteten Kühlwassers muss mindestens 4 mg/L betragen und, falls niedriger, mindestens so hoch sein wie der Sauerstoffgehalt des entnommenen Wassers. Der Sauerstoffgehalt des entnommenen Scheldewassers und des eingeleiteten Kühlwassers wird von Engie

kontinuierlich überwacht; die Messungen für die Ausgangssituation 2013-2014 sind in Abbildung 2-15 und Abbildung 2-16 dargestellt. Der Sauerstoffgehalt des entnommenen Scheldewassers und des eingeleiteten Kühlwassers wird von Engie kontinuierlich überwacht; die Messungen für den Zeitraum 2015-2019 sind in den Abbildung 2-17 bis Abbildung 2-21 dargestellt. Da die Schelde viele Schwebstoffe enthält, kann die Zuleitung zur Messzelle verstopfen. Die mikrobielle Aktivität führt dann zu einem Sauerstoffverbrauch, der die Messwerte auf Null gehen lässt. Dies führt häufig zu Fehlmessungen, wie in den Abbildungen ersichtlich ist. Die vorgegebene Norm von 4 mg/L für das eingeleitete Kühlwasser wird stets eingehalten, ohne Ausreißer mitzuzählen. Im Herbst, Winter und Frühjahr ist der Sauerstoffgehalt des entnommenen Scheldewassers gleich oder höher als der des eingeleiteten Kühlwassers. Im Sommer ist der Sauerstoffgehalt des eingeleiteten Kühlwassers höher als der des entnommenen Scheldewassers. Dieses Phänomen ist wahrscheinlich temperaturabhängig.

Aus Tabelle 2-11 lässt sich für Kühlwasser in der Ausgangssituation 2013-2014 Folgendes ableiten:

- Für die Parameter pH-Wert, Aktivchlor und CSV werden die Einleitnormen in den Jahren 2013-2014 eingehalten. Die Messungen ergeben, dass es keinen merklichen Unterschied zwischen dem CSV-Gehalt des ein- und abgehenden Kühlwassers gibt. Das bedeutet, dass kein zusätzlicher CSV über das Kühlwasser eingeleitet wird. Die CSV-Belastung im Kühlwasser wird als nicht relevant angesehen.
- Im Jahr 2014 wurde der Gruppenparameter AOX am ein- und abgehenden Kühlwasser gemessen. Im eingeleiteten Kühlwasser wird eine erhöhte Konzentration für den Parameter AOX (adsorbierbare halogenorganische Verbindungen), die zu den in Anhang 2C aufgeführten Stofffamilien und Stoffgruppen gehören, festgestellt. Es ist zu beachten, dass es sich um Brackwasser handelt, das die Analyse stören kann. Die gemessene AOX-Konzentration betrug 190 µg/L, was zusätzlich das Einstufungskriterium GS (gefährliche Stoffe) von 40 µg/L überschreitet (Art.3, Anhang 2.3.1 VLAREM II). Im Jahr 2014 wurde eine Studie zur Wirkung von NaClO auf den AOX-Parameter bei einer möglichen Oxidation von Nitrit zu Nitrat durchgeführt. Die Umsetzung von Nitrit zu Nitrat ist mit einem erheblichen Überschuss an NaClO möglich. Die Dosierung hat einen markanten Einfluss auf die AOX-Bildung. Im Brackwasser scheint vor allem Bromoform eine wichtige Komponente zu sein.
- Für die Parameter Fäkalcoliforme und Gesamt-N sind die Messungen für die Jahre 2013 bzw. 2014 inkonsistent. Daher ist es nicht möglich, fundierte Aussagen über die Abwasserkonzentrationen und Schadstoffbelastungen sowie über die Einhaltung der Einleitnormen für diese Parameter zu treffen.

Die Qualität des Kühlwassers für die Jahre 2015-2019 wurde anhand dieser UVP überprüft. Die Konzentrationen und Schadstoffbelastungen für den Zeitraum 2015-2019 unterscheiden sich nicht signifikant von der Ausgangssituation 2013-2014, da sich der KKW-Betrieb gegenüber der Ausgangssituation nicht geändert hat.

Tabelle 2-11 Einleitnormen, Abwasserkonzentrationen und Schadstoffbelastungen Kühlwasser

Parameter	Einleitnorm	2013				2014			
		Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (t/Jahr)	Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (t/Jahr)
Durchflussmenge	- K1 (Kühlwasser aus Doel 1): max. 44.500 m ³ /Std im Winter (Oktober bis April) und max. 56.800 m ³ /Std im Sommer (Mai bis September); - K2 (Kühlwasser aus Doel 2): max. 44.500 m ³ /Std im Winter und max. 56.800 m ³ /Std im Sommer; - K3: max. 171.160 m ³ /Std im Winter und max. 195.760 m ³ /Std im Sommer, davon: max. 44.500 m ³ /Std (w)/56.800 m ³ /Std (S) aus Doel 1; max. 44.500 m ³ /Std (w)/56.800 m ³ /Std (S) aus Doel 2; max 40.000 m ³ /Std + 1.080 m ³ /Std aus Doel 3; max 40.000 m ³ /Std + 1.080 m ³ /Std aus Doel 4.	Die Durchflussmenge wird nicht gemessen, sondern anhand der Pumpenleistung und der Anzahl Betriebsstunden berechnet.				Die Durchflussmenge wird nicht gemessen, sondern anhand der Pumpenleistung und der Anzahl Betriebsstunden berechnet.			
Chloride (Cl Konz. wird nicht gemessen. Cl-Fracht wird auf Basis des NaClO-Verbrauchs berechnet)		0	-	-	27,161	0	-	-	22,831
pH	Zwischen 7,5 und 9	12	7,78	8	-	19	7,91	9,1	-

Parameter	Einleitnorm	2013				2014			
		Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (t/Jahr)	Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (t/Jahr)
Restliches Aktivchlor (mg/L) Einleitstelle	1 mg/L als Momentanwert 0,2 mg/L als Tagesmittelwert	4	0,1	0,1	-	4	0,1	-	-
Fäkalcoliforme/100 mL	Keine pathogenen Keime im eingeleiteten Kühlwasser in einem Ausmaß, das das aufnehmende Wasser gefährlich belasten würde.	0	-	-	-	3	6,33	10	-
Gesamt-N (mg/L) entnommenes Kühlwasser	N/A	Monatliche Messungen stromaufwärtige VMM-Messpunkte 159000 und 157000	5	7	-	Monatliche Messungen stromaufwärtige VMM-Messpunkte 159000 und 157000	4,2	5,9	-
Gesamt-N (mg/L) eingeleitetes Kühlwasser	-	3	0,55	1,3		0	-	-	
AOX (mg/L) Eingang Doel 1	Keine Stoffe nach Anhang 2C	0	-	-	-	1	0,065	0,065	153,87
AOX (mg/L) Eingang Doel 3		0	-	-		1	<0,04	<0,04	
AOX (mg/L) Einleitstelle		0	-	-		1	0,19	0,19	
CSV (mg/L) entnommenes Kühlwasser	Abweichung von – in max. 30 mg/L	Monatliche Messungen stromaufwärtige VMM-Messpunkte 159000 und 157000	30	56	-	Monatliche Messungen stromaufwärtige VMM-Messpunkte 159000 und 157000	35	81	-

Parameter	Einleitnorm	2013				2014			
		Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (t/Jahr)	Anzahl der Messungen	Durchschn. (mg/L)	Max. (mg/L)	Durchschn. Gesamtfracht (t/Jahr)
CSV (mg/L) eingeleitetes Kühlwasser		12	33	55		19	33	66	

Rot: Überschreitung der Einleitnormen in 2013 bzw. 2014; Gelb: keine Messungen in 2013 bzw. 2014.

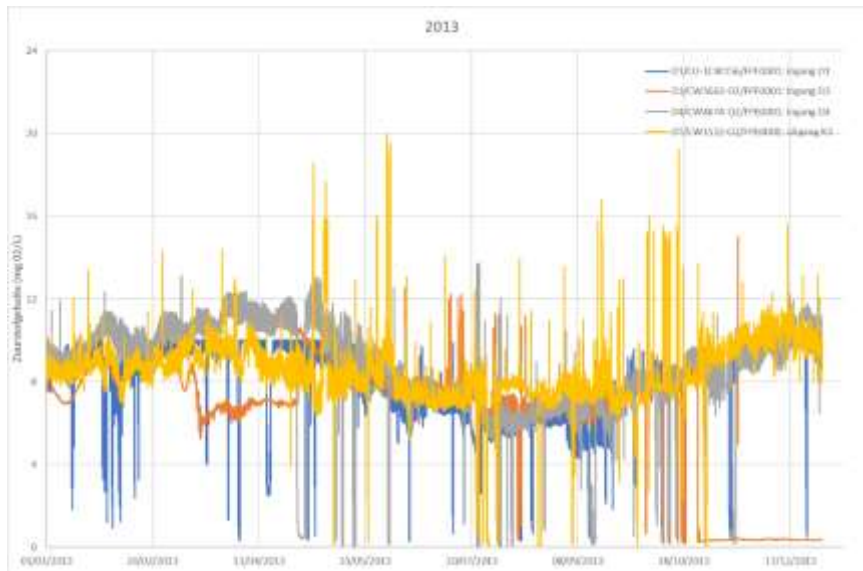


Abbildung 2-15 Sauerstoffgehalt (mg O₂/L) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1, Doel 3 und 4 und des Kühlwassers an der gemeinsamen Einleitstelle K3 – 2013

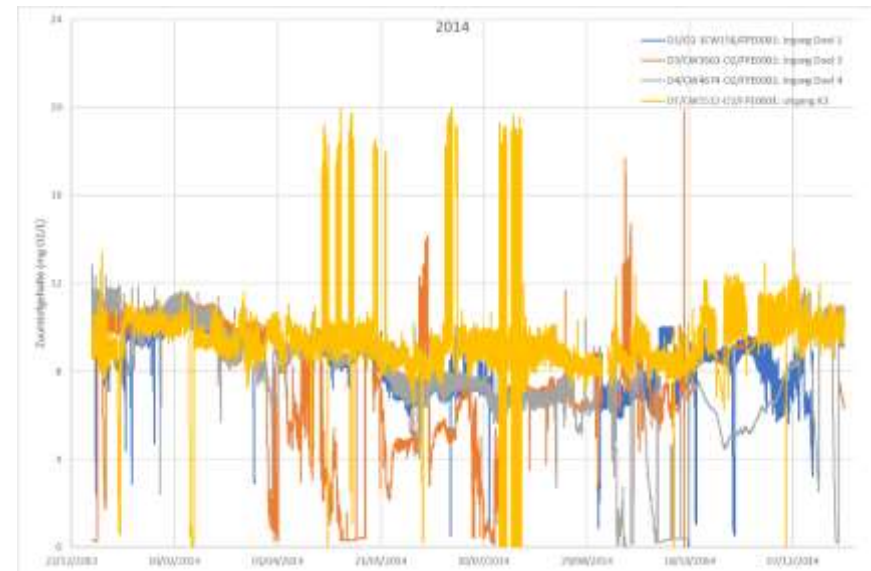


Abbildung 2-16 Sauerstoffgehalt (mg O₂/L) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1, Doel 3 und 4 und des Kühlwassers an der gemeinsamen Einleitstelle K3 – 2014

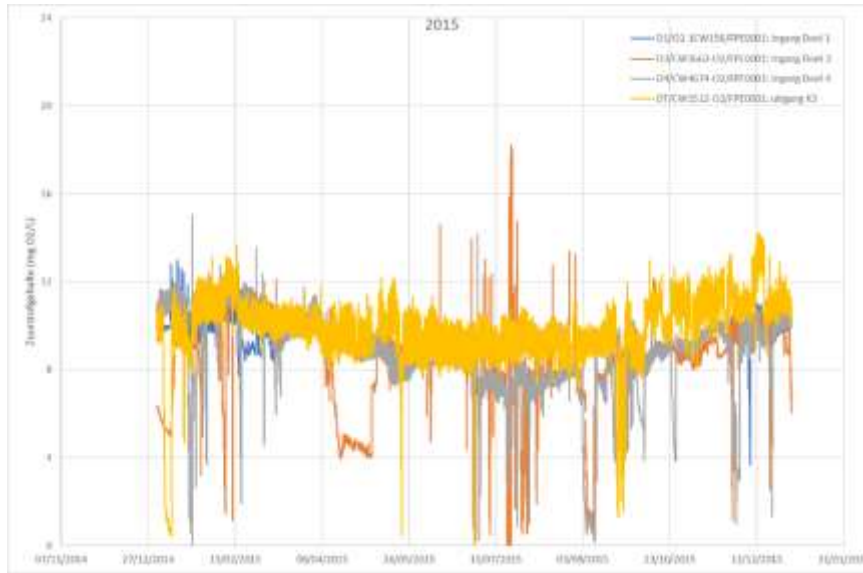


Abbildung 2-17 Sauerstoffgehalt (mg O₂/L) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1, Doel 3 und 4 und des Kühlwassers an der gemeinsamen Einleitstelle K3 – 2015

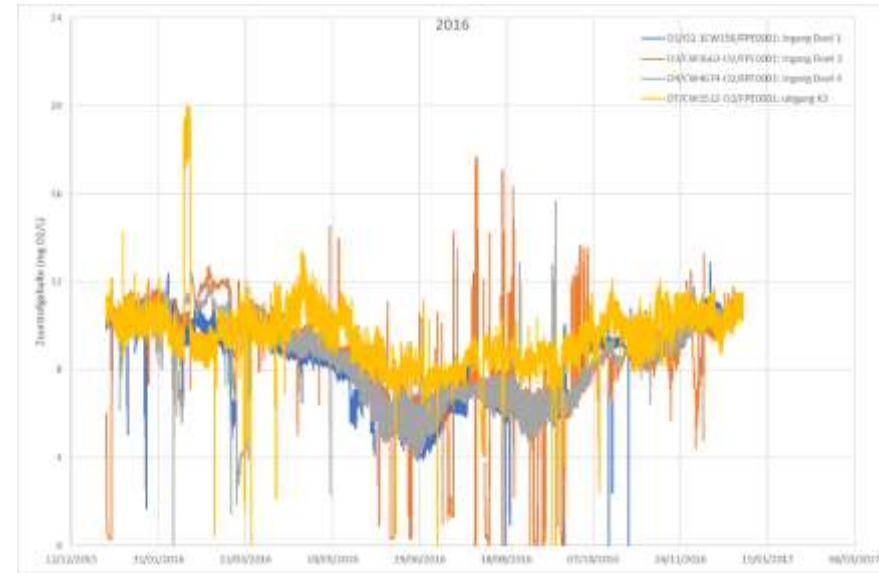


Abbildung 2-18 Sauerstoffgehalt (mg O₂/L) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1, Doel 3 und 4 und des Kühlwassers an der gemeinsamen Einleitstelle K3 – 2016

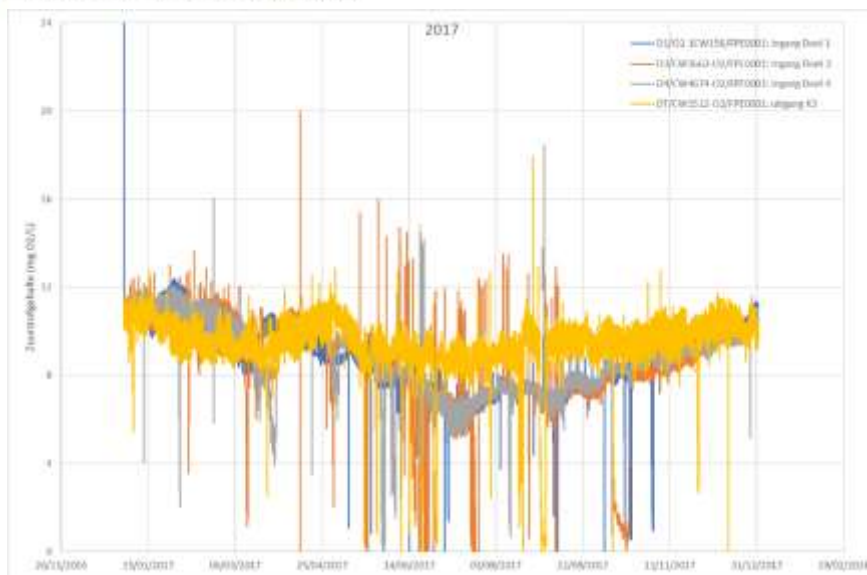


Abbildung 2-19 Sauerstoffgehalt (mg O₂/L) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1, Doel 3 und 4 und des Kühlwassers an der gemeinsamen Einleitstelle K3 – 2017

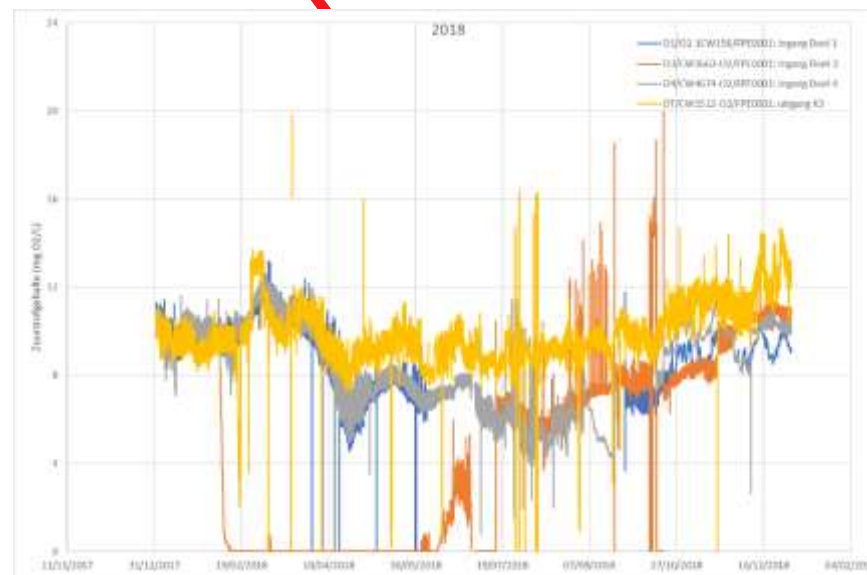


Abbildung 2-20 Sauerstoffgehalt (mg O₂/L) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1, Doel 3 und 4 und des Kühlwassers an der gemeinsamen Einleitstelle K3 – 2018

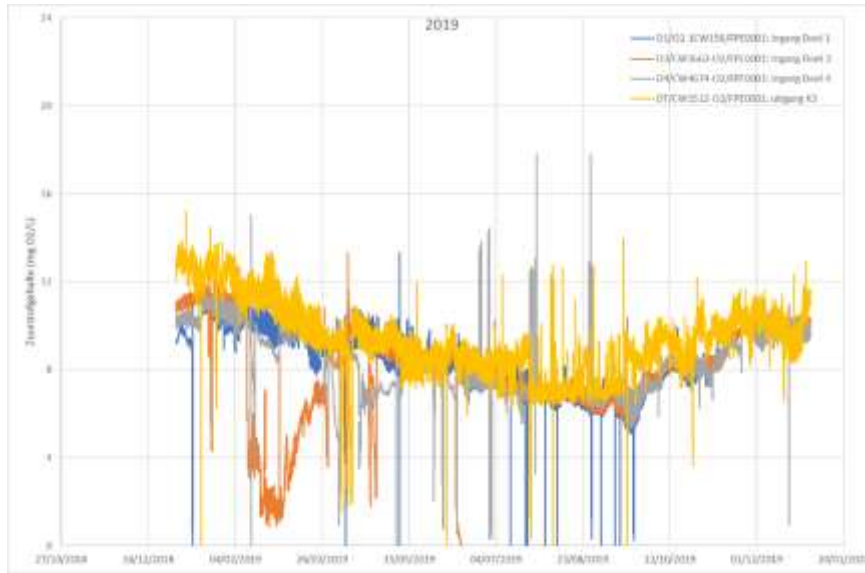


Abbildung 2-21 Sauerstoffgehalt (mg O₂/L) des Scheldewassers an den Entnahmestellen Doel 1, Doel 3 und 4 und des Kühlwassers an der gemeinsamen Einleitstelle K3 – 2019

2.2.2.6.3.2 Temperatur und thermische Belastung des Kühlwassers

Einleitungsbedingungen

Das in den Jahren 2013 und 2014 eingeleitete Kühlwasser muss die Temperaturnormen einhalten, die in den sektoralen Umweltauflagen für die Einleitung von Kühlwasser aus Kraftwerken gemäß Artikel 4.2.4.1. VLAREM II und den besonderen Umweltbedingungen der Umweltgenehmigungen vom 31.03.2011 (M03/46003/46/2/A/5/HV/CW) und 10.11.2011 (M03/46003/46/2/W/5/LDR/KVDS) ausgewiesen sind.

Für die Temperatur des eingeleiteten Kühlwassers gelten die folgenden Emissionsgrenzwerte:

- maximal 33 °C als Momentanwert;
- maximal 32 °C als Tagesmittelwert unter Berücksichtigung der stündlichen Messwerte vom Mittag (12 Uhr) eines Tages bis zum Mittag (12 Uhr) des folgenden Tages;
- maximal 30 °C als gleitender 30-Tage-Durchschnitt.

Bei Erreichen der maximalen Einleittemperatur auf Tagesbasis sowie bei Erreichen einer durchschnittlichen Tagestemperatur von 26 °C des gefassten Wassers muss die thermische Belastung, insbesondere beim Wechsel von Ebbe zu Flut, begrenzt werden, damit die Auswirkungen gemildert werden. Die prozentuale Begrenzung der thermischen Belastung richtet sich nach den einschlägigen Bestimmungen der VLAREM, d. h.

- bei einer durchschnittlichen Tagestemperatur von 26 °C des gefassten Wassers: bis zu 70 % der maximalen täglichen Wärmelast;
- bei einer durchschnittlichen Tagestemperatur von 27 °C des gefassten Wassers: bis zu 40 % der maximalen täglichen Wärmelast;
- bei einer durchschnittlichen Tagestemperatur von 28 °C des gefassten Wassers: bis zu 10 % oder weniger der maximalen täglichen Wärmelast;

Soweit erforderlich:

- müssen hierzu die Kühltürme maximal genutzt werden, wobei das Wasser aus den direkten Kühlkreisläufen von Doel 1 und Doel 2 zu den Kühltürmen umgeleitet werden muss;
- muss die Temperatur an der gemeinschaftlichen Einleitstelle K3 durch Öffnung der Bypass-Kühltürme auf ein Maximum begrenzt werden.

Temperatur des Kühlwassers

Die kontinuierlichen Temperaturmessungen des abgeleiteten Kühlwassers an der gemeinsamen KKW-Einleitstelle K3 des KKW für die Ausgangssituation 2013 und 2014 sind in Abbildung 2-22 und Abbildung 2-23 dargestellt. Die kontinuierlichen Temperaturmessungen des eingeleiteten Kühlwassers an der gemeinschaftlichen KKW-Einleitstelle K3 für den Zeitraum 2015 bis 2019 sind in Abbildung 2-24 bis Abbildung 2-28 dargestellt. Für die Ausgangssituation 2013-2014 und den Zeitraum 2015-2019 müssen die Richtwerte für den Momentanwert, den Tagesmittelwert und den 30-Tage-Mittelwert eingehalten werden (mit Ausnahme einer begrenzten Anzahl von Ausreißern des Temperatursensors).

Der Temperatureinfluss des eingeleiteten Kühlwassers auf die Schelde sowohl für die Ausgangssituation als auch für die Betriebsphase des vorliegenden Projekts ist in 2.2.3.1.5

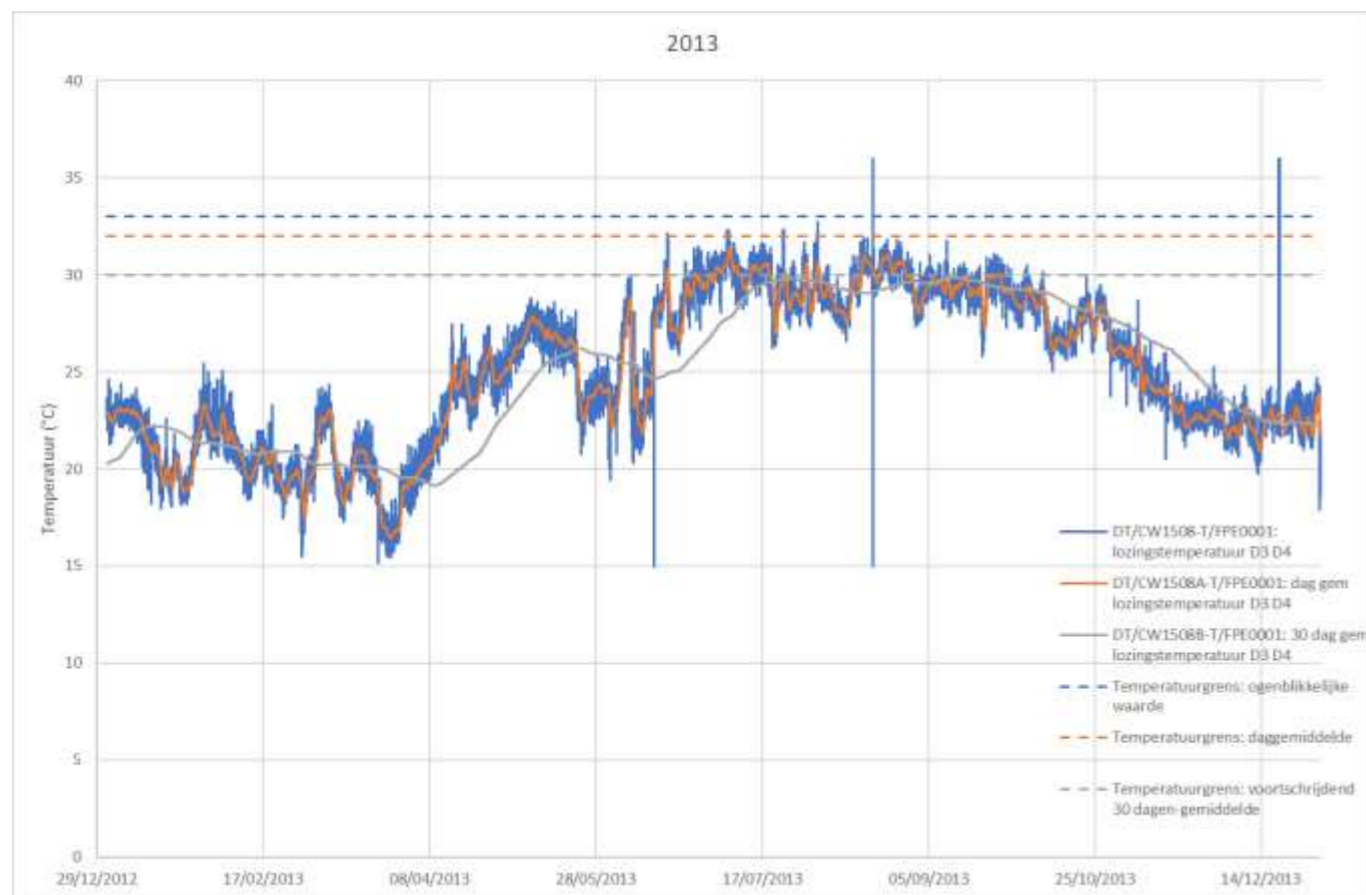


Abbildung 2-22 Temperatur (°C) Kühlwasser an gemeinschaftlicher Einleitstelle K3 – 2013

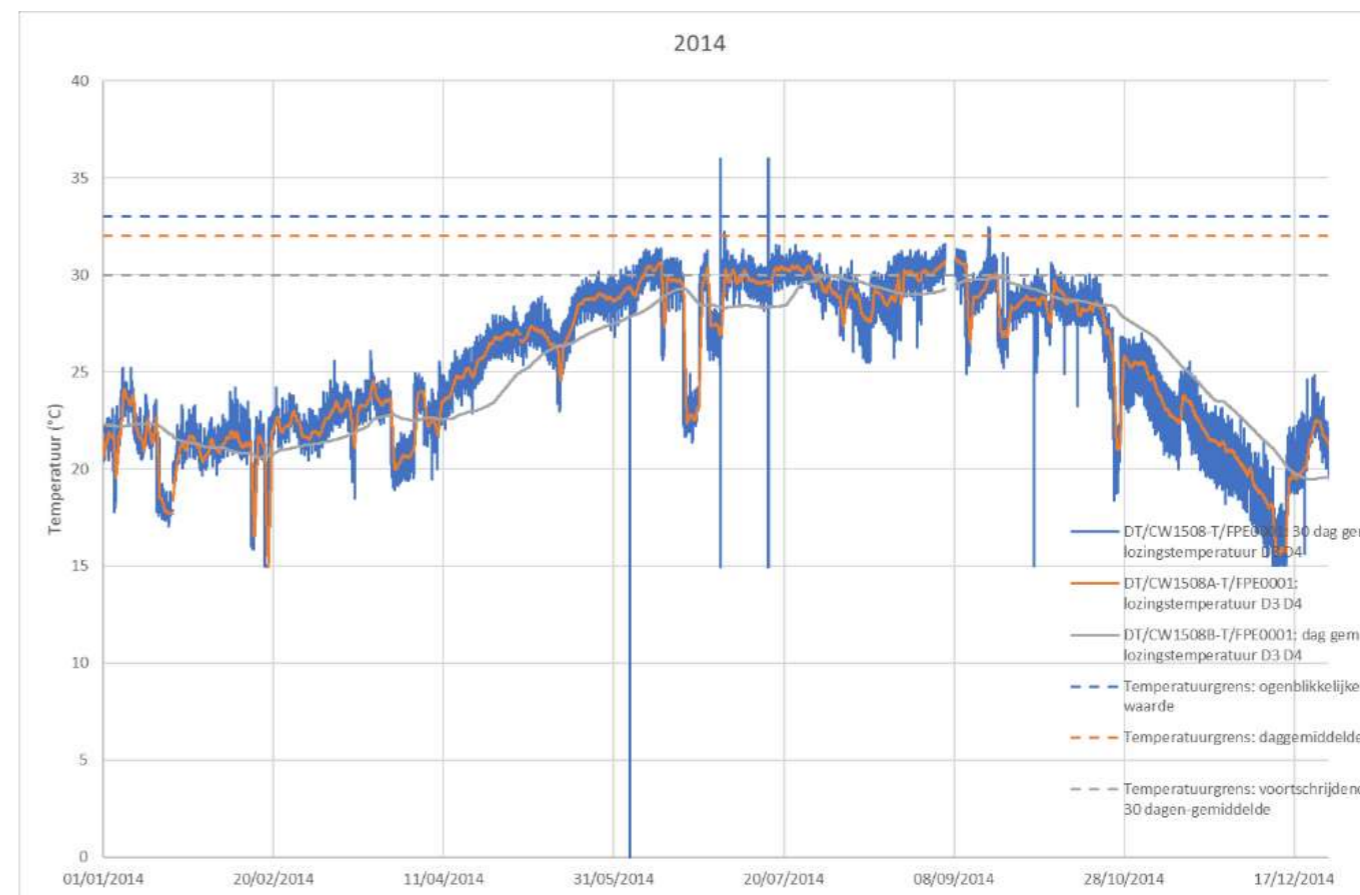


Abbildung 2-23 Temperatur (°C) Kühlwasser an gemeinschaftlicher Einleitstelle K3 – 2014

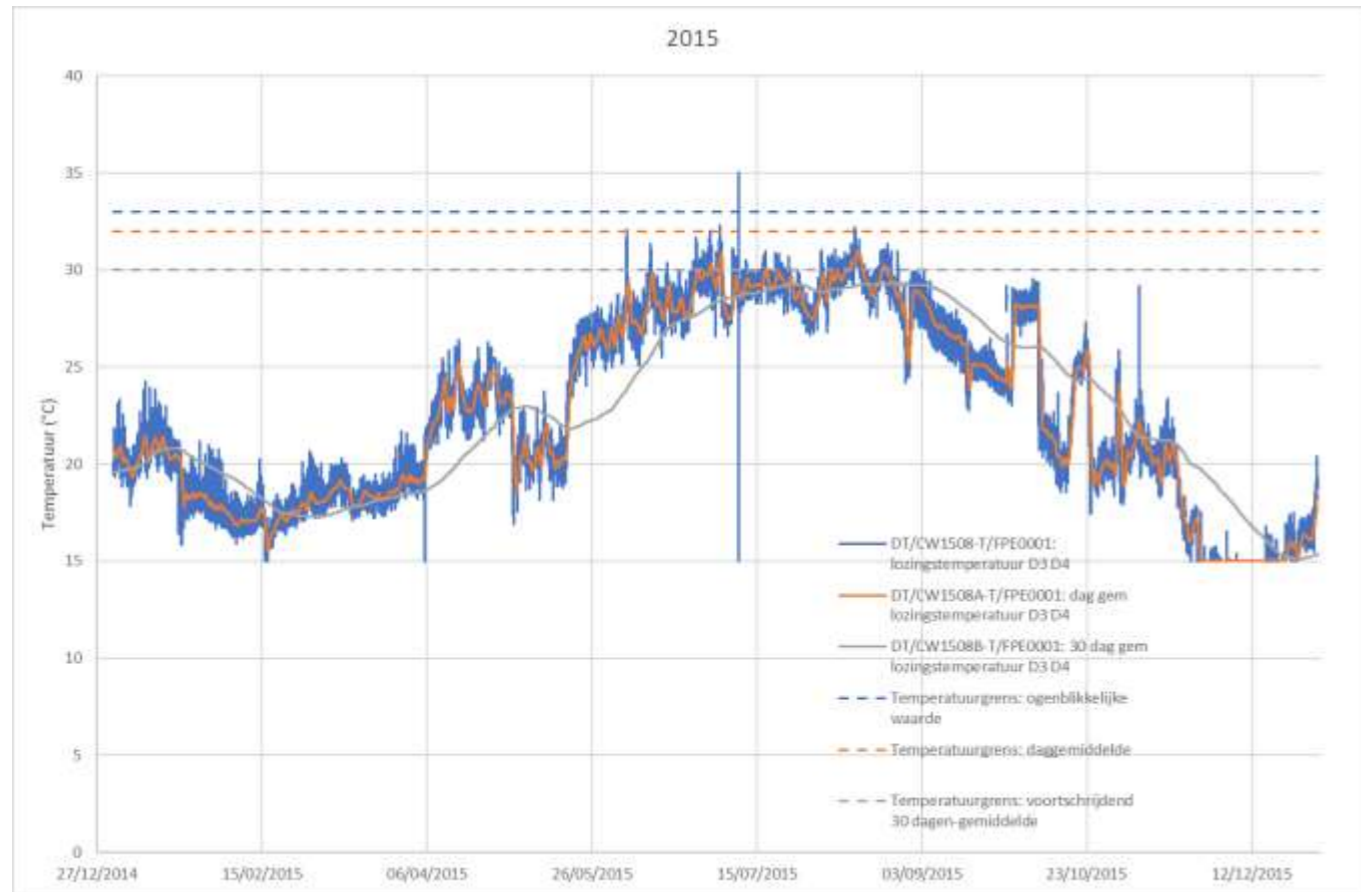


Abbildung 2-24 Temperatur (°C) Kühlwasser an gemeinschaftlicher Einleitstelle K3 – 2015

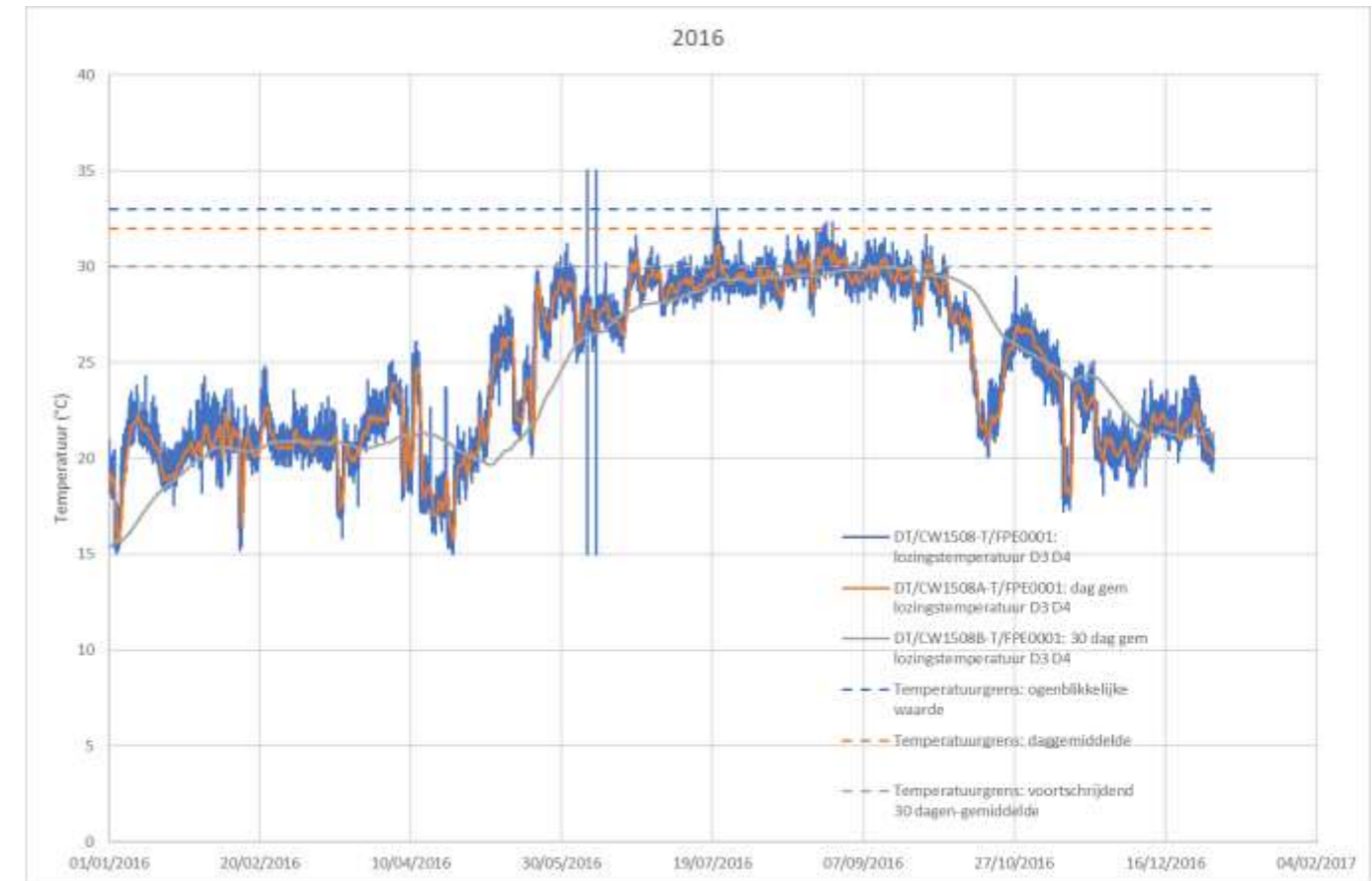


Abbildung 2-25 Temperatur (°C) Kühlwasser an gemeinschaftlicher Einleitstelle K3 – 2016

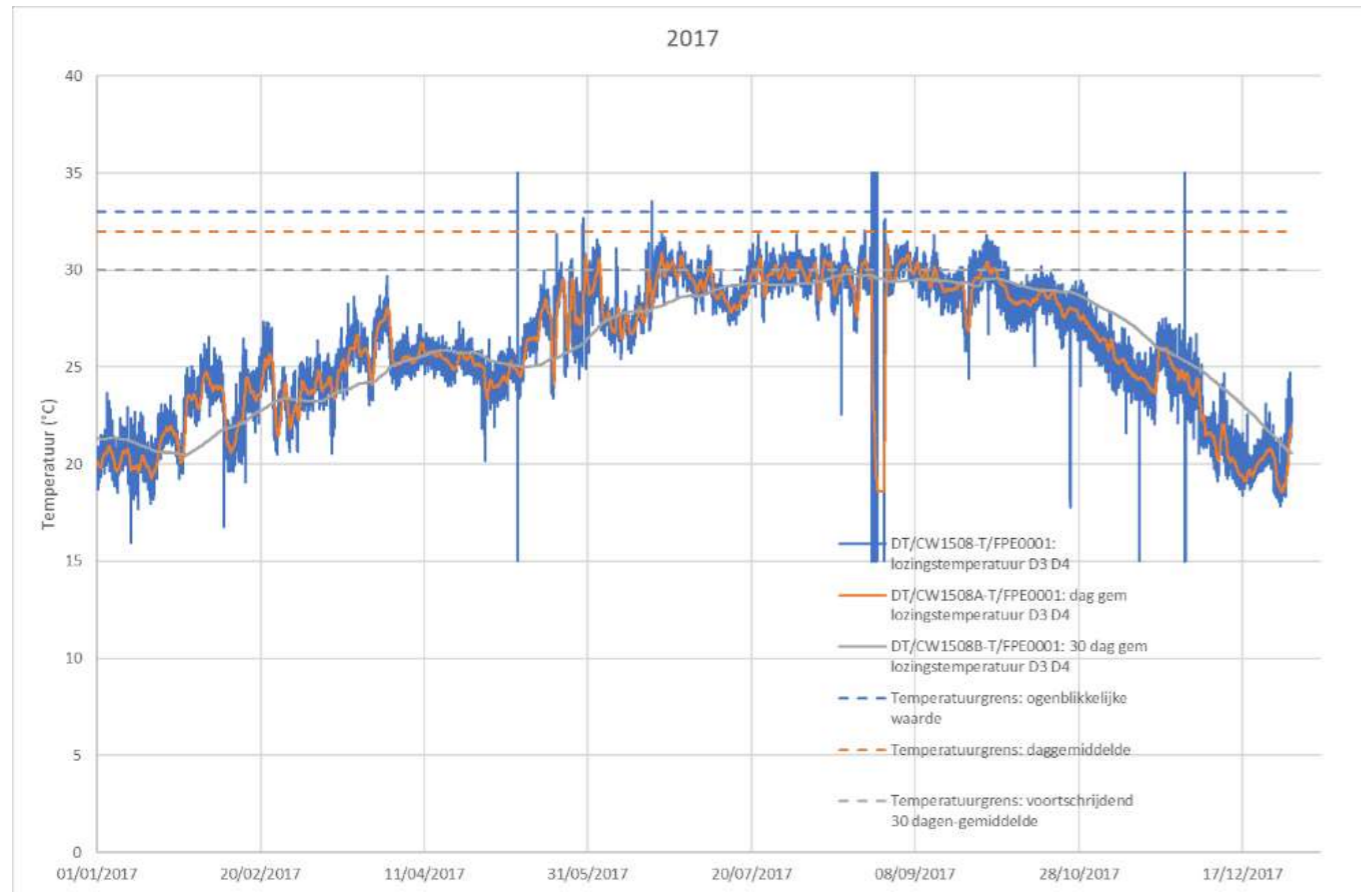


Abbildung 2-26 Temperatur (°C) Kühlwasser an gemeinschaftlicher Einleitstelle K3 – 2017

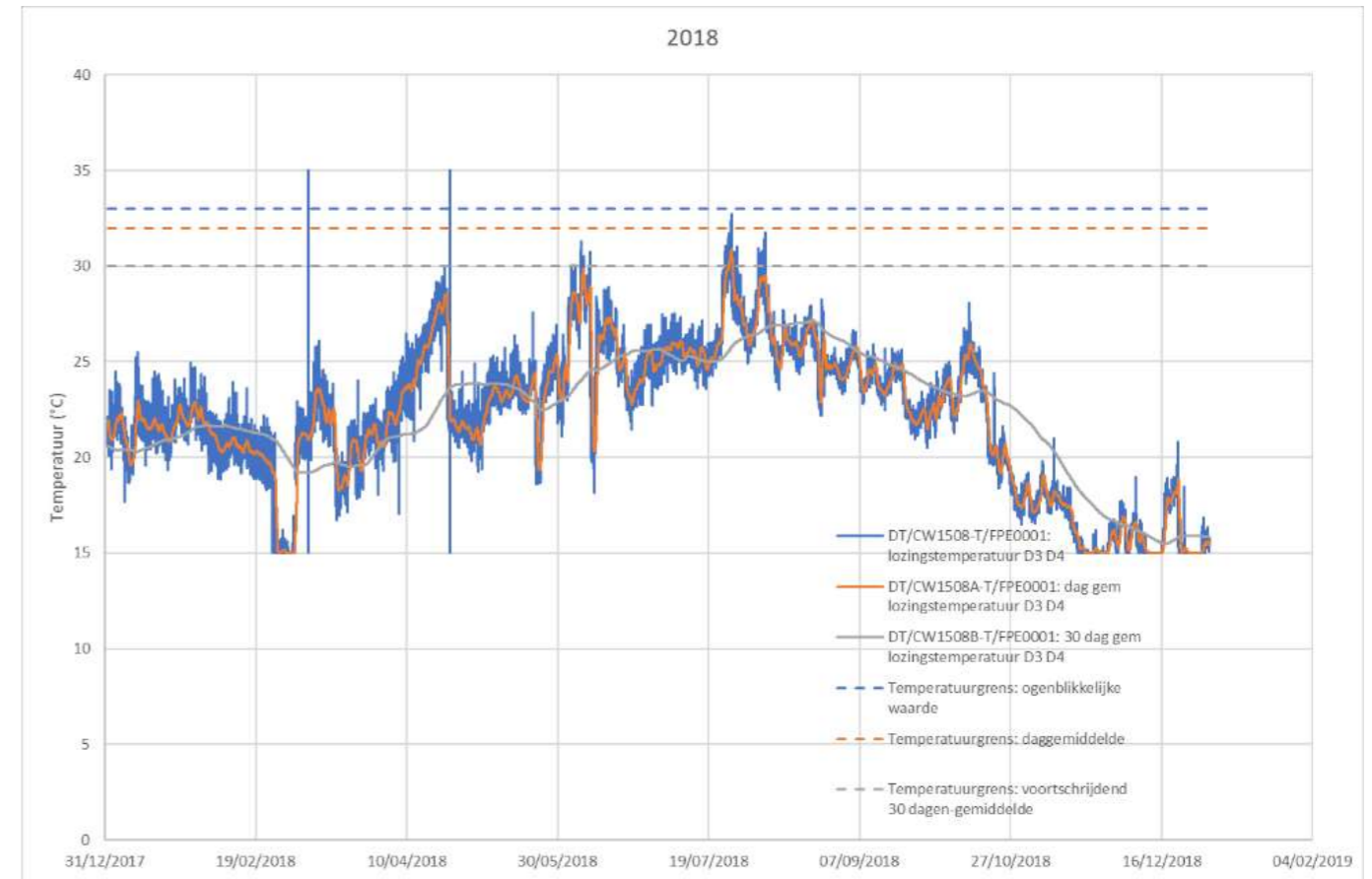


Abbildung 2-27 Temperatur (°C) Kühlwasser an gemeinschaftlicher Einleitstelle K3 – 2018

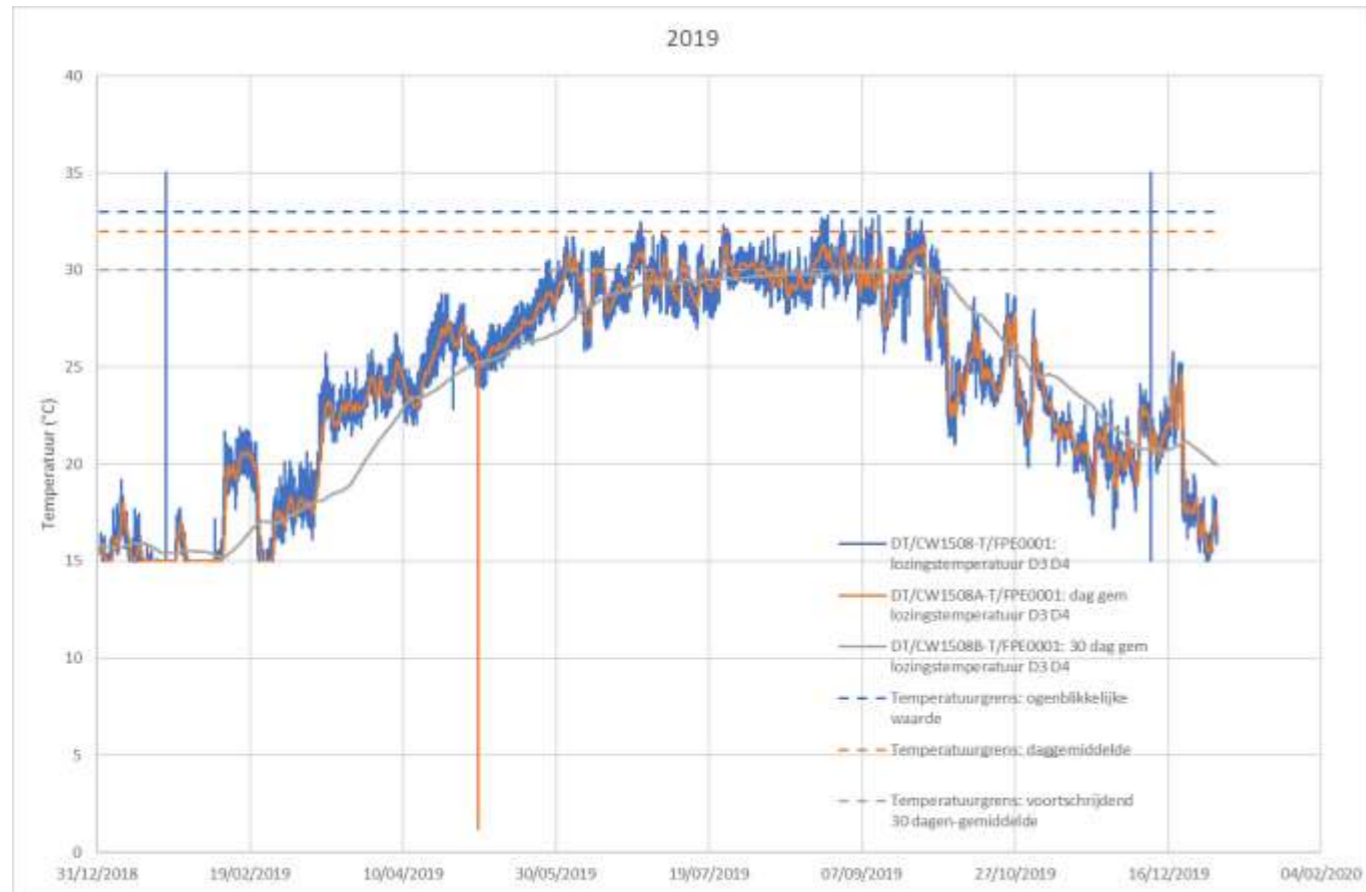


Abbildung 2-28- Temperatur (°C) Kühlwasser an gemeinschaftlicher Einleitstelle K3 – 2019

2.2.3 Folgenabschätzung

2.2.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

2.2.3.1.1 LTO-Arbeiten

Die Beschreibung der Arbeiten, die im Zusammenhang mit den Anpassungen für einen langfristigen Betrieb (LTO) durchgeführt wurden, findet sich im allgemeinen Teil der UVP (s. Kapitel 1.6). Da während der Arbeiten keine Entwässerungsarbeiten durchgeführt wurden, sind keine Auswirkungen auf den Bereich Wasser zu erwarten.

2.2.3.1.2 Wasserversorgung / Wasserbilanz

Die Umweltgenehmigung des KKW bestimmt die maximalen Einleitmengen für Sanitär- und Industrieabwasser sowie für Kühlwasser und damit auch den maximalen Wasserverbrauch. Das Projekt beinhaltet eine Neuzulassung der bestehenden KKW-Anlagen, wobei die Wasserbilanz für die Ausgangsjahre 2013-2014 als repräsentativ für die Produktion in den Folgejahren des Neulizenzierungszeitraums angesehen wird. Es sind also keine relevanten Änderungen des Wasserverbrauchs und der Wasserbilanz gegenüber der Ausgangssituation zu erwarten.

2.2.3.1.3 Änderung Versickerungs- und Abflussmerkmale – Wassertest und Klimawandel

Wasserprüfung

Die Wasserprüfung ist eines der allgemeinen Instrumente des Dekrets über die integrierte Wasserpolitik vom 18. Juli 2003, koordiniert am 15. Juni 2018 (Wassergesetzbuch). Der Hauptzweck der Wasserprüfung besteht darin, das Auftreten von nachteiligen Auswirkungen auf die Wassersysteme zu verhindern oder zu minimieren und, falls dies nicht möglich ist, die nachteiligen Auswirkungen zu beheben.

Der Wasserprüfung unterliegen alle genehmigungspflichtige Vorgänge, die eine potenziell negative Auswirkung auf die Wassersysteme haben. Beispielsweise sind dies Eingriffe, für die eine Umweltgenehmigung erforderlich ist und die Auswirkungen auf die Qualität oder Quantität des Oberflächen- oder Grundwassers haben.

Bei genehmigungspflichtigen Tätigkeiten, Plänen oder Programmen, die einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterliegen, sind die Analyse des Auftretens oder Nichteintretens einer nachteiligen Auswirkung und der Auflagen, die zur Vermeidung, Verringerung, Behebung oder Kompensation dieser Auswirkung vorgeschrieben sind, in diesen Bericht aufzunehmen.

Die Wasserprüfung muss von den Behörden durchgeführt werden. Dieses Kapitel enthält die notwendigen Elemente für die Durchführung des Wassertests.

Das Betriebsgelände des KKW befindet sich in einer Zone, die laut Wassertestkarten wie folgt ausgewiesen ist:

- nicht überschwemmungsgefährdet
- nicht anfällig für Infiltrationen;
- sehr empfindlich gegenüber der Grundwasserströmung;
- Gefälle von 0,5 % oder 0,5-5 %;

- nicht in einem Winterbett gelegen

Das Projekt umfasst die Neuzulassung der bestehenden KKW-Anlagen. Im Vergleich zur Ausgangssituation sind auf dem KKW-Gelände nur wenige Flächen neu hinzugekommen: 70 m² für eine neue Feuerwache mit Tank und 2x104 m² für Sicherheitsanlagen. Außerdem erfolgte eine provisorische Versiegelung von 50x50 m für eine Werkstatt. In Anbetracht der begrenzten Zahl an zusätzlichen Versiegelungen dürfte es keine schädlichen Auswirkungen aufgrund von Änderungen des Oberflächenwasserabflusses, strukturellen Veränderungen von Wasserläufen, Versickerungen von Regenwasser, Qualitätsverlust von Oberflächen- oder Grundwasser oder Veränderungen des Grundwasserflusses geben.

Die erheblichste Auswirkung des KKW auf das Wassersystem ist die Einleitung von Abwasser und Kühlwasser in die Schelde. Der Wasserprüfungserlass besagt, dass der Wassertest im Falle eines Antrags auf die Genehmigung einer Einleitung in eine Kanalisation, ein Oberflächengewässer oder ein Grundwasser gemäß dem Bewertungsschema in Anhang V des Erlasses durchzuführen ist. Nach diesem Bewertungsschema werden die Qualitätsaspekte in VLAREM I und in den dafür geltenden allgemeinen und sektoralen Umweltauflagen von VLAREM II behandelt. Für die Diskussion der Qualitätsaspekte sei auf Abschnitt 2.2.3.1.2 verwiesen.

Im Abschnitt 2.2.2.5 wurde das häufige Überlaufen der Auffanggruben für Sanitärabwasser festgestellt. Im Jahr 2013 betrug die Dauer des Überlaufs der Gruben 18 Tage und im Jahr 2014 waren es 14 Tage. Für den Zeitraum 2015 bis 2019 schwankte die Dauer der Überflutung der Auffanggruben zwischen 12 und 46 Tagen. Der häufige Überlauf des Sanitärabwassers ist auf das Austreten von Kühlwasser aus den unterirdischen Stollen und in geringerem Maße auf Grundwasser in der Mischkanalisation zurückzuführen. Diese Überlaufeffekte können Spitzenbelastungen der Nährstoffkonzentration in der Schelde in Höhe des KKW verursachen. Dies wird als eine negative Auswirkung (-2) im Vergleich zur Situation ohne Betrieb des KKW betrachtet. Engie trifft bereits die folgenden Maßnahmen:

- Regelmäßige Überprüfung von Klärgruben;
- Lecksuche und Reparatur der unterirdischen Kühlwasserstollen.

Regenwasser wird nicht wiederverwendet. Das Regenwasser von Dächern und den meisten versiegelten Flächen wird in einem gemeinsamen System mit dem Sanitärabwasser gesammelt und über fünf Biorotoren geklärt. Das Wasser von den Parkplätzen am Standorteingang fließt in den nahe gelegenen Doorloop. Die Wiederverwendung von Regenwasser für die Produktion von demineralisiertem Wasser, die Nutzung als Kühlwasser oder für sanitäre Zwecke ist grundsätzlich möglich. Auf diese Weise kann der Leitungswasserverbrauch reduziert werden. Sie kann auch die Häufigkeit des direkten Abpumpens des Inhalts der fünf Regenwasser- und Abwassersammelgruben bei starken Regenfällen mindern. Die notwendige Infrastruktur für eine Wiederaufbereitung des Regenwassers ist jedoch nicht vorhanden. Die städtebauliche Regelung zu Regenwasserbrunnen, Versickerungsanlagen, Pufferanlagen und getrennten Einleitungen von Schmutz- und Regenwasser gilt nicht für bestehende Gebäude und Anlagen.

Einfluss Klimaveränderung

Um die Auswirkungen des vorliegenden Projekts auf das Klima bzw. seine spezifische Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel abschätzen zu können, ist es wichtig, zunächst einen Überblick über die zu

erwartenden Klimaänderungen in Bezug auf Wasser zu vermitteln, basierend auf verschiedenen für das KKW relevanten Klimaszenarien für Belgien⁶:

- mehr Starkregenperioden im Winter und heftige Gewitter im Sommer, was das Risiko von Überschwemmungen erhöht;
- geringere Wasserführung von Flüssen im Sommer (Rückgang um mehr als 50 % bis zum Ende des 21. Jahrhunderts) aufgrund abnehmender Sommerniederschläge in Kombination mit einer erhöhten Verdunstung, was zu Risiken von Wasserknappheit führt.

Auf Abbildung 2-28 und Abbildung 2- ist zu erkennen, dass sich auf dem KKW-Gelände um bestimmte Gebäude herum überschüssiges Regenwasser ansammelt, und zwar sowohl im aktuellen Klima als auch im zukünftigen Klima im Jahre 2050 anhand des High-impact-Szenarios (Hochsommer) der VMM. Dies ist auf in Abständen von 10, 100 und 1000 Jahren periodisch wiederkehrende Niederschlagsereignisse zurückzuführen. Die Überflutungstiefe und die überflutbare Fläche sind sowohl bei derzeitigen als auch beim zukünftigen Klima im Jahr 2050 begrenzt. Die Zunahme der überflutbaren Fläche bei einem zukünftigen Klima im Jahr 2050 im Vergleich zum derzeitigen Klima ist ebenfalls begrenzt.

Empfehlungen

In Anbetracht der beträchtlichen Anzahl versiegelter Flächen im KKW, der Häufigkeit und des Volumens der Überflutung der Sammelbecken für Sanitärabwasser des KKW in die Schelde in der Ausgangssituation und während der und der Betriebsphase 2015-2018, der Tatsache, dass die Umweltqualitätsstandards für N, P und CSV für die Schelde in der Ausgangssituation und der Betriebsphase 2015-2018 nicht eingehalten werden, und der zu erwartenden Perioden mit Starkregen im Winter und schweren Gewittern und Wasserknappheit im Sommer aufgrund des Klimawandels, empfiehlt sich für den Bereich Wasser die Prüfung der Durchführbarkeit der folgenden Maßnahmen auf Konzeptebene mit den besten verfügbaren Techniken (BVT):

- Quellenorientierte Maßnahme: Bei neuen Projekten Untersuchung der Abkopplung des Regenwassers vom Sanitärabwasser und der Möglichkeiten zur Wiederverwendung von Regenwasser, Versickerung oder Pufferung gemäß den BVT. Hierbei müssen die durch den Klimawandel bedingten stärkeren Bemessungsniederschläge berücksichtigt werden. Das High-Impact-Szenario bietet einen guten Bezugsrahmen, um das KKW klimabeständiger zu machen.
- End-of-pipe-Maßnahme: Untersuchung der Schaffung eines zusätzlichen Sammelbeckens für Sanitärabwasser mit BVT mit dem Ziel der Reduzierung des Überlaufs.

⁶ Quelle: klimaat.be

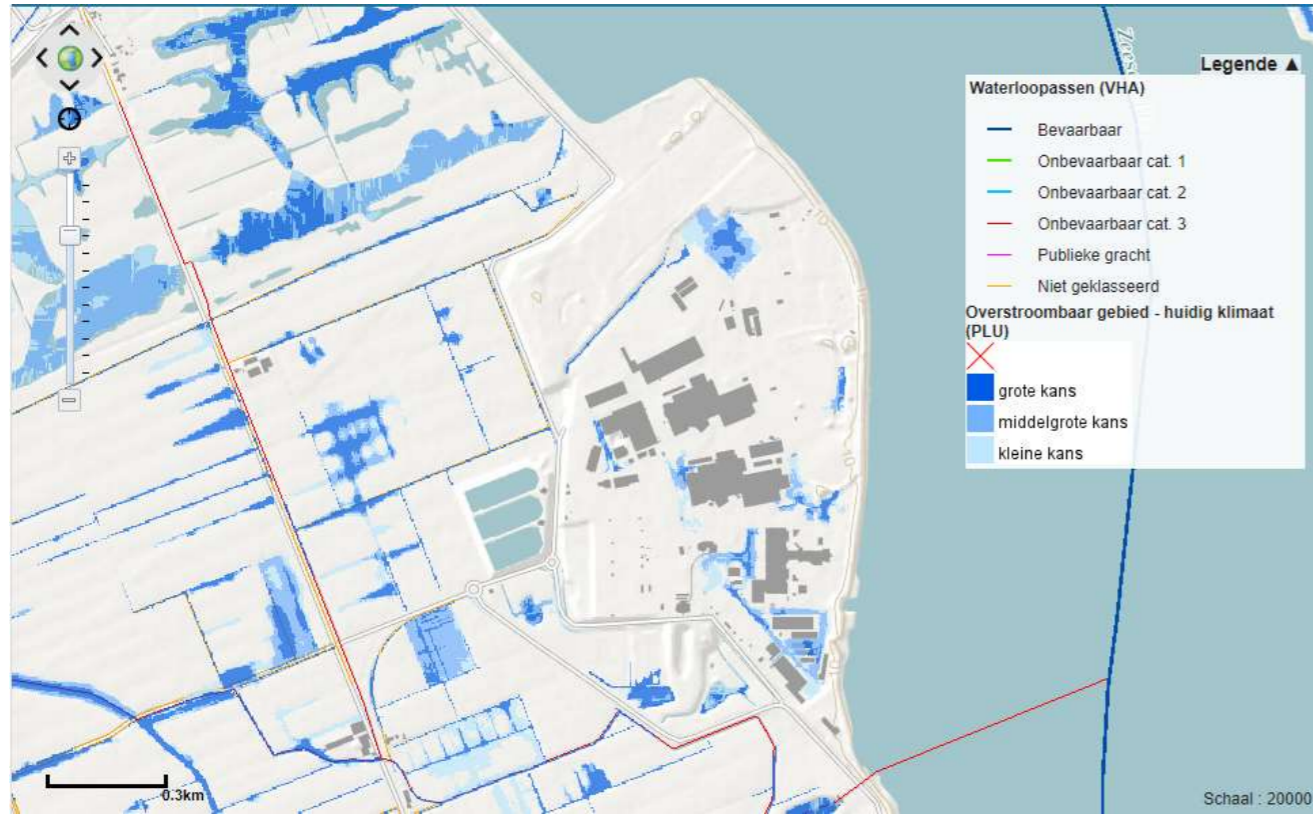


Abbildung 2-289 Pluviale Hochwasserkarte – überflutbares Gebiet bei aktuellem Klima Hohe Wahrscheinlichkeit: Niederschlag mit Wiederkehrperiode 10 Jahre (T10); mittlere Wahrscheinlichkeit: Wiederkehrperiode 100 Jahre (T100); geringe Wahrscheinlichkeit: Wiederkehrperiode 1000 Jahre (T1000) (Quelle: www.waterinfo.be/overstromingsrichtlijn).



Abbildung 2-30 Pluviale Hochwasserkarte – überflutbare Fläche unter dem Klimaszenario mit hohen Auswirkungen (Hochsommer) 2050. Hohe Wahrscheinlichkeit: Wolkenbruch mit Wiederkehrperiode 10 Jahre (T10); mittlere Wahrscheinlichkeit: Wiederkehrperiode 100 Jahre (T100); geringe Wahrscheinlichkeit: Wiederkehrperiode 1000 Jahre (T1000) (Quelle: www.waterinfo.be/overstromingsrichtlijn).

2.2.3.1.4 Qualität des Oberflächenwassers

Die Abwässer des KKW werden in die Schelde eingeleitet.

Die Durchflussmenge der Schelde kann stark variieren. Hohe Abflüsse treten hauptsächlich im Winter und im Frühjahr auf, niedrige Abflüsse hauptsächlich im Sommer. Die tatsächliche Durchflussmenge der Schelde am KKW wird stark von den Gezeiten bestimmt (der durchschnittliche Gezeitenunterschied bei Antwerpen beträgt 5 m) und ist daher schwer zu quantifizieren. Für die Zwecke dieser Umweltverträglichkeitsprüfung wird eine durchschnittliche jährliche Netto-Abflussmenge von 70 m³/s angenommen.

Die KKW-Einleitstellen befinden sich zwischen den stromaufwärts gelegenen VMM-Messpunkten 159000 und 157000 und dem stromabwärts gelegenen VMM-Messpunkt 154100. Infolge des Gezeiteneffekts werden die eingeleiteten Belastungen vertikal durchmischt.

Die berechnete durchschnittliche Konzentrationserhöhung der Schadstoffbelastung der Schelde durch die KKW-Aktivitäten in den Ausgangsjahren 2013-2014 ist ausgewiesen in

Tabelle 2-12. Bei der Berechnung des Konzentrationsanstiegs wurden die gesamte durchschnittliche Schadstoffbelastung durch Sanitärabwasser, Industrieabwasser und Kühlwasser des KKW, die gesamte durchschnittliche Nettoeinleitung des KKW und der durchschnittliche Netto-Abflussmenge von 70 m³/s aus der Schelde berücksichtigt. Die Abwasserströme und Schadstoffbelastungen für die Ausgangssituation 2013-2014 sind auch für den Zeitraum 2015-2019 repräsentativ, da sich der Betrieb des KKW gegenüber der Ausgangssituation nicht verändert hat.

Für jeden Parameter ist der erhaltene Konzentrationsanstieg im Verhältnis zur Umweltqualitätsnorm zu bewerten, die Auswirkung wird gemäß dem in Absatz 2.2.1.3 vorgeschlagenen Signifikanzrahmen beurteilt..

Tabelle 2-12 Beitragsberechnung

				Schelde Ø konz. VMM-Messstellen 2013-2014			UQN	Konzentrationse rhöhung	% Beitrag zu UQN	Berwertun g
Parameter	Einh eit	Durchschni ttliche KKW- Belastung 2013-2014	Einh eit	Durchschnitte Schelde- Durchflussmenge		m³/s				
				159000 – stromaufwärts	70 157000 – stromaufwärts		154100 – stromabwärts	Anhang 2.3.1 Vlarem II		
Netto-Einleitungsmenge	m³/J ahr	290002								
	m³/s	0,0092								
Biochemischer Sauerstoffverbrauch nach 5d.	kg/J ahr	2524	mgO 2/L	0,86	1,66	12,00	6	0,00114	0,02%	vernachläs sigbar
Chemischer Sauerstoffverbrauch	kg/J ahr	6732	mgO 2/L	32,64	43,20	80,00	30	0,00305	0,01%	vernachläs sigbar
Schwebstoffe	kg/J ahr	3775	mg/L	109,68	196,20	193,00		0,00171	-	
Orthophosphat	kg/J ahr	57	mgP/ L	0,12	0,16	0,16	0,07	0,00003	0,04%	vernachläs sigbar
Phosphor, gesamt	kg/J ahr	299	mgP/ L	0,48	0,62	0,66		0,00014	-	
Nitrit	kg/J ahr	894	mgN/ L	0,01	0,04	0,08	0,2	0,00040	0,20%	vernachläs sigbar
Nitrat	kg/J ahr	1916	mgN/ L	3,57	4,26	4,30		0,00087	-	
Kjeldahl-Stickstoff	kg/J ahr	3315	mgN/ L	1,24	1,66	2,00		0,00150	-	
Ammonium	kg/J ahr	3197	mgN/ L	0,12	0,31	0,65		0,00145	-	
Stickstoff, gesamt	kg/J ahr	4837	mgN/ L	4,84	5,86	5,70		0,00219	-	
Nitrat + Nitrit + Ammonium	kg/J ahr	4408	mgN/ L	3,70	4,59	4,99	0,49	0,00200	0,41%	vernachläs sigbar
Bor, gelöst	kg/J ahr	5957	µg/L	528,80	1220,00	1600,00	700	0,00270	0,00%	vernachläs sigbar
Antimon, gelöst	kg/J ahr	-	µg/L	0,79	1,10	1,08	100	-	-	
Cadmium, gelöst	kg/J ahr	0,003	µg/L	0,08	0,15	0,15	0,2	0,00000	0,00%	vernachläs sigbar
Chrom, gelöst	kg/J ahr	1	µg/L	0,48	0,50	0,50	5	0,00000	0,00%	vernachläs sigbar
Kobalt, gelöst	kg/J ahr	-	µg/L	0,40	0,85	0,63	0,5	-	-	
Kupfer, gelöst	kg/J ahr	1	µg/L	1,95	2,00	6,00	7	0,00000	0,00%	vernachläs sigbar
Mangan, gelöst	kg/J ahr	22	µg/L	24,52	81,00	30,00		0,00001	-	

				Schelde Ø konz. VMM-Messstellen 2013-2014			UQN	Konzentrationse rhöhung	% Beitrag zu UQN	Berwertun g
				Durchschnitte Schelde- Durchflussmenge	70	m³/s				
Parameter	Einh eit	Durchschni ttliche KKW- Belastung 2013-2014	Einh eit	159000 – stromaufwärts	157000 – stromaufwärts	154100 – stromabwärts	Anhang 2.3.1 Vlaem II			
Molybdän, gelöst	kg/J ahr	-	µg/L	3,94	6,26	6,90	340	-	-	
Selen, gelöst	kg/J ahr	-	µg/L	1,01	1,00	2,30	2	-	-	
Zinn, gelöst	kg/J ahr	-	µg/L	0,50	0,50	0,50	3	-	-	
Zink, gelöst	kg/J ahr	14	µg/L	7,06	16,60	15,00	20	0,00001	0,00%	vernachläs sigbar
Arsen, gelöst	kg/J ahr	4	µg/L	3,00	4,42	4,50	3	0,00000	0,00%	vernachläs sigbar
Quecksilber, gelöst	kg/J ahr	0,006	µg/L	0,01	0,01	0,01	0,05	0,00000	0,00%	vernachläs sigbar
Blei, gelöst	kg/J ahr	0,201	µg/L	0,29	0,25	0,50	1,3	0,00000	0,00%	vernachläs sigbar
Nickel, gelöst	kg/J ahr	0,262	µg/L	1,92	2,00	2,00	8,6	0,00000	0,00%	vernachläs sigbar
Silber, gelöst	kg/J ahr	-	µg/L	0,07	0,08	0,08	0,08	-	-	
Aluminium, gelöst	kg/J ahr	16	-	-	-	-		0,00001	-	
Barium, gelöst	kg/J ahr	7	µg/L	33,32	45,20	50,00	60	0,00000	0,00%	vernachläs sigbar
Eisen, gelöst	kg/J ahr	181	-	-	-	-		0,00008	-	
Thallium, gelöst	kg/J ahr	-	µg/L	0,48	0,50	0,50	0,2	-	-	
Titan, gelöst	kg/J ahr	13	µg/L	0,52	0,50	1,00	20	0,00001	0,00%	vernachläs sigbar
Vanadium, gelöst	kg/J ahr	-	µg/L	3,01	4,86	4,90	4	-	-	
Uran, gelöst	kg/J ahr	-	µg/L	1,09	1,62	1,85	1	-	-	
Wolfram, gelöst	kg/J ahr	-	-	-	-	-		-	-	
Strontium, gelöst	kg/J ahr	-	-	-	-	-		-	-	
Beryllium, gelöst	kg/J ahr	-	µg/L	0,19	0,20	0,20	0,08	-	-	
Tellur, gelöst	kg/J ahr	-	µg/L	0,48	0,50	0,50	100	-	-	
Fluorid, gelöst	kg/J ahr	108	µg/L	-	-	-	900	0,00005	0,00%	vernachläs sigbar

				Scheide Ø konz. VMM-Messstellen 2013-2014			UQN	Konzentrationse rhöhung	% Beitrag zu UQN	Berwertun g
				Durchschnitte Scheide- Durchflussmenge	70	m³/s				
Parameter	Einheit	Durchschnittliche KKW- Belastung 2013-2014	Einheit	159000 – stromaufwärts	157000 – stromaufwärts	154100 – stromabwärts	Anhang 2.3.1 Vlarem II			
Chlorid	kg/J ahr	144132	mg/L	2289,60	5120,00	7300,00		0,06528	-	
Sulfat	kg/J ahr	116445	mg/L	375,36	720,00	1000,00		0,05274	-	
Magnesium, gelöst	kg/J ahr	-		46520,00	282000,00	450000,00		-	-	
Silizium, gelöst	kg/J ahr	-		4700,00	7160,00	8000,00		-	-	
AOX	kg/J ahr	76954	µg/L	-	-	-	40	0,03486	0,09%	vernachlässigbar
Cyanide, gesamt	kg/J ahr	0,226	µg/L	0,22	0,00	0,70	50	0,00000	0,00%	vernachlässigbar

Gelb: keine Messungen für 2013 und 2014 oder die Nachweisgrenze der Messung ist höher als die Einleitnorm, daher kann keine Beitragsberechnung durchgeführt werden.

Tabelle 2-11 zeigt, dass für alle Parameter der Beitrag in Bezug auf die UQN kleiner als 0,1 % ist und im Vergleich zur Situation ohne Betrieb des KKW eine vernachlässigbare Auswirkung erwartet wird (0).

Im Jahresdurchschnitt wird ein vernachlässigbarer Beitrag (weniger als 0,1 %) für die Nährstoffparameter Nitrat + Nitrit + Ammonium und Orthophosphat errechnet. Im Abschnitt 2.2.2.5 wurde das häufige Überlaufen der Auffanggruben für Sanitärabwasser festgestellt. Im Jahr 2013 betrug die Dauer des Überlaufs der Gruben 18 Tage und im Jahr 2014 waren es 14 Tage. Für den Zeitraum 2015 bis 2019 schwankte die Dauer der Überflutung der Auffanggruben zwischen 12 und 46 Tagen. Der häufige Überlauf des Sanitärabwassers ist auf das Austreten von Kühlwasser aus den unterirdischen Stollen und in geringerem Maße auf Grundwasser in der Mischkanalisation zurückzuführen. Diese Überlaufeffekte können Spitzenbelastungen der Nährstoffkonzentration in der Schelde in Höhe des KKW verursachen. Dies wird als negative Auswirkung (-2) im Vergleich zur Situation ohne Betrieb des KKW betrachtet.

Zur Reduzierung der Überläufe von Sanitärabwasser des KKW werden in Abschnitt 2.2.3.1.3 BVT-konforme Studien für den Bau eines getrennten Abwassersystems für Regenwasser und Sanitärabwasser und BVT-konforme Studien für die Einrichtung eines zusätzlichen Sanitärabwasserauffangbeckens empfohlen.

Änderung der Nitrit-Norm

Der Beitrag von Nitrit im Hinblick auf die UQN beträgt weniger als 0,1 %, so dass eine vernachlässigbare Auswirkung zu erwarten ist (<1 %) im Vergleich zur Situation ohne Betrieb des KKW. Der Betrieb wurde 2013 und 2014 für eine Nitrit-Einleitnorm von 20 mg/L bis zum 31. Dezember 2014 genehmigt, dann wurde der Wert auf 2 mg/L verschärft. Die durchschnittliche Nitritkonzentration lag im Jahr 2013 über der Einleitnorm. Im Jahr 2014 lag die durchschnittliche Konzentration unter der Einleitnorm, allerdings wurden immer noch Spitzenkonzentrationen oberhalb der Einleitnorm gemessen. In den Jahren 2013 und 2014 wurden Möglichkeiten zur Vermeidung und Behandlung des Nitrits in Industrieabwässern geprüft. Untersuchungen durch das KKW ergaben, dass das Nitrit im Industrieabwasser vom biologischen Wachstum in der GSA-Kläranlage stammt, das Ammonium bzw. Nitrat zu Nitrit umwandelt. Es wurde untersucht, welche Maßnahmen ergriffen werden können, um das biologische Wachstum zu hemmen. Um das Bakterienwachstum zu begrenzen, führte das KKW einen einmaligen Test mit der Eingabe von H₂O₂ in den Sickerschacht durch. Aufgrund der Reaktivität (Verstopfen von Filtern durch Lösen von Schmutz) und der Schaumbildung wurde diese Technik nicht beibehalten. Ende 2014 wurde ein Antrag zwecks Änderung der Umweltgenehmigungsaufgaben eingereicht, u. a. zur Anpassung der Sonderauflage bezüglich des Nitritgehalts im Industrieabwasser. Darin wurden ein Tagesmittelwert von 20 mg/L NO₂-N und eine gleitende jährliche NO₂-N-Fracht von 1.200 kg/Jahr beantragt.

Mit Erlass vom 09.04.2015 (M03/46003/46/2/W/6/LDR/FV) wurde die Norm für Nitrite bis zum 31.12.2017 auf 20 mg N-NO₂/L und ab 01.01.2018 auf 2 mg N-NO₂/L festgelegt. Daran wurde folgende Auflage geknüpft:

In Bezug auf Nitrit muss das Unternehmen weitere Untersuchungen durchführen:

- der Weg, auf dem die mikrobielle Umwandlung erfolgt;

- die Ursachen für erhöhte Stickstoffkonzentrationen, die (diskontinuierlich) aus bestimmten Blöcken oder während bestimmter Vorgänge freigesetzt werden;
- (fakultativ) die Machbarkeit des ELONITA-Prozesses.

Ein Zwischenbericht über den Stand dieser Studie sowie über die Wirksamkeit der vorgesehenen Schockdosierung mit H₂O₂ zur Erreichung der vorläufigen Norm von 20 mg NO₂-N/L sollte dem LNE – Abteilung Umweltgenehmigungen, den Sachverständigen, dem Umweltbeauftragten der Gemeinde und dem VMM bis zum 31. Dezember 2016 vorgelegt werden.

Über die Nitrituntersuchung erstellte Engie einen Zwischenbericht (Untersuchung zur Herkunft von Nitrit in Industrieabwässern, Ref. 10010675123/000/ vom 08.03.2017). Die Batch-Einleitungen des Industrieabwassers wurden ab 2013 zusätzlich auf Nitrite analysiert. Schlussfolgerung dieses Zwischenberichts war:

- Das im Abwasser enthaltene Nitrit wird im Gebäude für Sekundärabflüsse (GSA) durch die Umwandlung von Ammonium durch die vorhandene Biologie gebildet;
- Das Vorhandensein von Ammonium ist eine Voraussetzung für die Bildung von Nitriten. Es besteht jedoch kein Zusammenhang zwischen der Konzentration von Ammonium und Nitrit.
- Die Menge an vorhandenem Ammonium stammt aus den Abflüssen des Prozesswassers der Sekundärkreisläufe. Der Großteil davon stammt aus dem Block Doel 3. Die Hauptquelle für das vorhandene Ammonium ist eine Fehlfunktion des Aufbereitungssystems (Umkehrosiose) für die Abwässer der Vakuumpumpen von Doel 3. Eine Folge davon ist das Überlaufen eines Puffertanks zum Auffangen der Kondensate aus diesen Vakuumpumpen. Ein weiterer Beitrag dürfte das Dichtungsleck sein, das von diesen Vakuumpumpen ausgeht.

Die Begrenzung der Ammoniumbelastung auf das GSA würde die Wahrscheinlichkeit der Nitritbildung verringern, aber es kann nicht ausgeschlossen werden, dass das verbleibende Ammonium vollständig zu Nitrit umgewandelt wird. Die Schlussfolgerung dieses Berichts wurde in einer Studie von Sweco (Begründung für die Änderung der Nitrit-Norm, Ref. 0546-0182, vom 12.01.2017) bestätigt. Neben der Suche nach der Ursache für die Nitritbildung wurden in dieser Studie auch End-of-Pipe-Lösungen untersucht. Der Bericht ergab, dass die Nachteile einer End-of-Pipe-Lösung die Vorteile überwiegen und dass deren Machbarkeit fraglich ist. Diese Studie wurde einem Antrag auf Änderung der Nitrit-Norm beigefügt. In der folgenden Entscheidung vom 07.02.2019 (2018122825) wurde die Norm für Nitrite durch 8 mg N-NO₂/L bis zum 31. Dezember 2021 und durch 2 mg N-NO₂/L ab 1. Januar 2022 ersetzt. Daran wurde folgende Auflage geknüpft:

- *Es ist ein Steuerungsprogramm mit Aktionen zu implementieren, die das Überlaufen des Vakuumkondensatsammelbehälters verhindern.*
- *Es sind weitere Untersuchungen zur Reduzierung der hydraulischen Verweilzeit im GSL-System durchzuführen.*
- *Der Betreiber erstellt einen Zwischenbericht, um den Fortschritt der Untersuchungen und die Ausarbeitung der quellenorientierten Maßnahmen (Steuerungsprogramm und weitere Untersuchung der hydraulischen Verweilzeit) darzustellen und die Auswirkungen auf die endgültige Einleitungsqualität nachzuweisen; dieser Bericht ist bis zum 31. Dezember 2019 der*

Abteilung Ökologische Überwachung der Flämischen Umweltagentur und der Abteilung GOP (Umwelt [„Milieu“]) des Referats Umwelt [„Omgeving“] vorzulegen.

Engie hat einen Zwischenbericht für die Nitrite erstellt (Zwischenbewertungsbericht Nitrite KKW, Ref. 10010933709, vom 03.12.2019). Die folgenden quellenorientierten Maßnahmen wurden im Zeitraum 2016-2018 durchgeführt:

- Ableitung in einen Neutralisationsbehälter des Überlaufs des Vakuumkondensatsammelbehälters;
- Auffangen von Dichtungswasser aus Vakuumpumpen D3;
- Austausch des Puffertanks der GSL-Anlage (weniger Totvolumen; kürzere Verbleibzeit);
- Reparatur der Lecks in den Kühlkreisläufen der Vakuumpumpen;
- Der Abfluss des Konzentrats aus der Umkehrosmose-Anlage erfolgte früher bei Bedarf, d. h. bei vollem Tank. Dies wurde auf eine wöchentliche Entleerung des Tanks umgestellt. So wird das Risiko von Ausfallzeiten aufgrund voller Tanks vermieden.

Durch die Umsetzung dieser quellenorientierten Maßnahmen kann die Vorgabe von 8 mg N-NO₂/L eingehalten werden. Die künftige Norm von 2 mg N-NO₂/L wird sporadisch überschritten, aber die Konzentration bleibt im Durchschnitt unter der Norm.

Änderung der AOX-Norm

Der Beitrag von AOX im Hinblick auf die UQN beträgt weniger als 0,1 %, so dass im Vergleich zur Situation ohne den Betrieb des KKW eine vernachlässigbare Auswirkung zu erwarten ist (<1 %). Es wurden jedoch erhöhte AOX-Konzentrationen im Sanitär- und Industrieabwasser sowie im Kühlwasser gemessen, weshalb dieser Parameter gesondert beschrieben wird.

Dem Kühlwasser wird NaClO als Behandlungsmittel zugesetzt, um ein Fouling im Kühlsystem zu verhindern. Hierdurch können AOX entstehen. Im Brackwasser scheint vor allem Bromoform eine wichtige Komponente zu sein.

Vermutlich werden die erhöhten AOX-Werte im Industrieabwasser als Folge von Störungen durch Chloride aus den Regenerationsabwässern oder durch Leckagen von Kühlwasser in den Industrieabwasserkreislauf festgestellt. Im Jahr 2014 wurde eine Studie zur Wirkung von NaClO bei einer möglichen Oxidation von Nitrit zu Nitrat durchgeführt. Auch die Bildung von AOX wurde untersucht. Die Umsetzung von Nitrit zu Nitrat ist mit einem erheblichen Überschuss an NaClO möglich. Die Dosierung scheint einen markanten Einfluss auf die AOX-Bildung zu haben.

Ende 2014 wurde ein Antrag zwecks Änderung der Auflagen zur Umweltgenehmigung eingereicht, u. a. mit dem Ersuchen um eine spezielle AOX-Ableitungsnorm von 400 µg/L. Diese Einleitnorm wurde per Dekret vom 09.04.2015 (M03/46003/46/2/W/6/LDR/FV) bewilligt.

Eine optimale Vorbehandlung kann den Umfang des Einsatzes von NaClO und den Zeitraum, in dem diese erforderlich ist, reduzieren, was letztlich auf Jahresbasis zu einer Verringerung der Emissionen von Organohalogenen über Kühlsysteme in Oberflächengewässer führt. Eine Überdosierung kann durch eine suboptimale Prozesssteuerung, aber auch durch Prozesslecks verursacht werden. Die Maßnahmen sollten in erster Linie darauf abzielen, den Einsatz von NaClO zu reduzieren (Berbee, 1997).

Neben den diversen chemischen Reaktionen scheinen auch die Prozessaspekte von großer Bedeutung zu sein. Die Praxis hat gezeigt, dass bei ähnlichem Kühlwasser ein längerer Verbleib in einem Durchflusssystem eine höhere Chlordosierung am Einlass erforderlich machen kann (Berbee, 1997).

Der mit Abstand wichtigste Steuerungsparameter scheint der Einsatz von Aktivchlor zu sein. Durch die sachgemäße Regulierung dieses Einsatzes ist es möglich, die Umweltbelastung zu minimieren (Berbee, 1997). Derzeit basiert die Dosierung von NaClO im KKW auf der Analyse des überschüssigen Aktivchlors und der Erfahrung mit den Kühlturmfüllkörpern. Eine eventuelle zusätzliche Dosierung erfolgt auf Basis der Überwachung des biologischen Wachstums an Kontrollplatten in den Kühltürmen und Gewichtsmessungen an den Füllkörpern. Im eingeleiteten Kühlwasser wird kein Aktivchlor oberhalb der Nachweisgrenze gefunden ($<100 \mu\text{g/L}$). Für die Überwachung des Aktivchlors im Kühlwasser in Abhängigkeit von der Schockdosierung von NaClO wird empfohlen, die Überwachung des Aktivchlors mit einem Online-Messsensor durchzuführen, mit einer Nachweisgrenze bis ca. $10 \mu\text{g/L}$ (statt $100 \mu\text{g/L}$ im Ist-Zustand). Dies, um die Regelung der NaClO-Dosierung verfeinern zu können, mit den Zielen eines geringeren NaClO-Verbrauchs, geringerer Aktivchlorgehalt im eingeleiteten Kühlwasser und weniger AOX-Bildung.

2.2.3.1.5 Thermische Belastung durch die Kühlwassereinleitung

Die Umweltqualitätsnormen gemäß Anhang 2.3.1 der VLAREM II über Temperaturen zur Bestimmung des einwandfreien ökologischen und chemischen Zustands der Schelde auf Höhe des KKW bestimmen (Typ „Übergangsgewässer – brackig-makrotides Tiefland-Ästuar“ (O1b)):

- Max. Temperatur: $25 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Thermische Auswirkung der Einleitung: max. $+3 \text{ }^\circ\text{C}$.

In der UVP von 2010 für die Neuerteilung der Umweltgenehmigung für das KKW wurden die Auswirkungen der Kühlwassereinleitung auf die Schelde-Temperatur durch Anwendung des CORMIX-Modells beschrieben und bewertet. In der UVP wird anschließend vorgeschlagen, die Temperatur der Schelde an der Doel-Platte zu überwachen, um die Entwicklung der Temperatur während des Gezeitenzyklus und insbesondere bei Ebbe zu überprüfen und das CORMIX-Modell zu validieren. Der Bewilligungsbescheid für die weitere Genehmigung des KKW-Betriebs (31.03.2011, M03/46003/46/2/A/5/HV/CW) folgt dieser Empfehlung und legt fest, dass ein Monitoring-Programm durchzuführen ist, um den Einfluss des KKW-Kühlwassers auf die Schelde zu überprüfen und die Modellergebnisse weiter zu validieren und zu präzisieren.

Im Jahr 2012 wurde Arcadis von Engie mit der Durchführung von fünf Monitoring-Kampagnen beauftragt, um diese Anforderung zu erfüllen. Die Monitoring-Kampagnen wurden gemäß dem am 24. Mai 2011 erstellten Monitoring-Programm, gemäß dem im Bericht über die Monitoring-Kampagnen 1 und 2 (vom 05.09.2011) enthaltenen „Vorschlag für die weitere Überwachung“ und gemäß den vor Beginn der ersten Monitoring-Kampagne und bei der Anhörung vom 12. September 2011 gemachten Bemerkungen und Vorschlägen der zuständigen Behörden durchgeführt. Der vollständige Bericht über die Ergebnisse der Monitoring-Kampagne ist als Anhang B beigefügt.

Die fünf Monitoring-Kampagnen wurden im Zeitraum Juni 2011-März 2012 durchgeführt, wobei die Temperatur und der Sauerstoffgehalt in zwei Tiefen in Bezug auf die Wasseroberfläche in und um die Einleitungsfahne bei verschiedenen Gezeitenbedingungen und insbesondere bei Tideniedrigwasser

gemessen wurden. Die Kenntnis dieser Entwicklung ist besonders bei den höchsten Scheldetemperaturen während der Warmzeiten wünschenswert. Zu diesem Zweck wurden die Monitoring-Kampagnen zu den verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt. Die fünf Monitoring-Kampagnen fanden jeweils statt, wenn alle Blöcke in Betrieb waren, die durchschnittliche Einleitquote betrug 195.760 m³/h. Diese Durchflussmenge und die daraus resultierende thermische Belastung sind sowohl für die Ausgangssituation als auch für die Betriebsphase 2015-2018 des vorliegenden Projekts repräsentativ.

Die Messungen zeigen keine Sauerstoffverarmung des Scheldewassers durch die Einleitung des warmen Kühlwassers, sondern eine leichte Anreicherung (wenn das Kühlwasser den Kühlprozess durchfließt, wird das Wasser stark durchlüftet). Die Ergebnisse der Sauerstoffmessungen werden in dem Bericht nicht weiter besprochen.

Feststellungen Temperaturmessungen

Im Folgenden werden die Feststellungen der Temperaturmessungen pro Periode des Gezeitenzyklus besprochen:

- Ebbe:
 - Bei Ebbe bildet sich im Bereich innerhalb des Wellenbrechers eine Fahne, wobei die Temperatur je nach Entfernung vom Einleitungspunkt abnimmt.
 - In einer Entfernung von 200 bis 300 m von der Einleitstelle bleibt die Temperatur nahezu mit der Einleittemperatur gleich.
 - Am Ende des Wellenbrechers, in einer Entfernung von ca. 1300 m stromabwärts von der Einleitstelle, beträgt der Temperaturanstieg (ΔT) etwa 1 °C.
 - In der Phase nach dem Hochwasser ist der Wellenbrecher über einen längeren Zeitraum überflutet, so dass sich das Kühlwasser theoretisch über die gesamte Breite und Tiefe der Schelde ausbreiten kann, wobei das Kühlwasser ständig mit frischem und kaltem Scheldewasser von flussaufwärts vermischt wird. Der Bereich des wahrnehmbaren Temperaturanstiegs ist somit auf einen Kegel innerhalb des Wellenbrechers begrenzt (schattierte Zone in Abbildung 2-29).

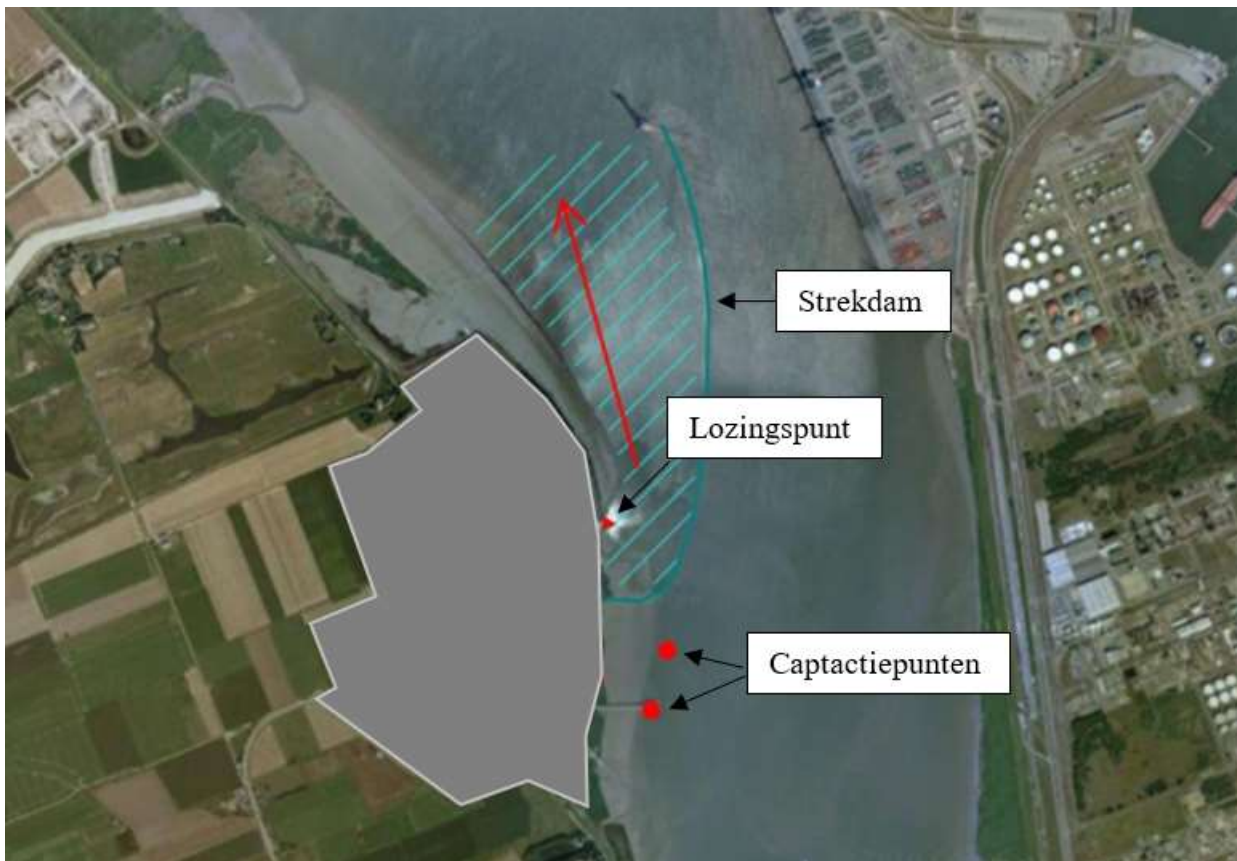


Abbildung 2-29 Bereich mit wahrnehmbarem Temperaturanstieg ($>1\text{ }^{\circ}\text{C}$) bei Ebbe, überfluteter Wellenbrecher

- Ab dem Zeitpunkt, zu dem der Wellenbrecher über der Wasseroberfläche liegt (ca. 1,5 Stunden vor der Gezeitenwende), ist kein weiterer Zustrom von frischem, kaltem Scheldewasser von flussaufwärts in den Bereich innerhalb des Wellenbrechers möglich, und flussabwärts ist keine weitere Ausbreitung über die gesamte Breite und Tiefe der Schelde möglich. Der Bereich des wahrnehmbaren Temperaturanstiegs ist somit der gesamte Bereich innerhalb des Wellenbrechers (schattierter Bereich in Abbildung 2-30).

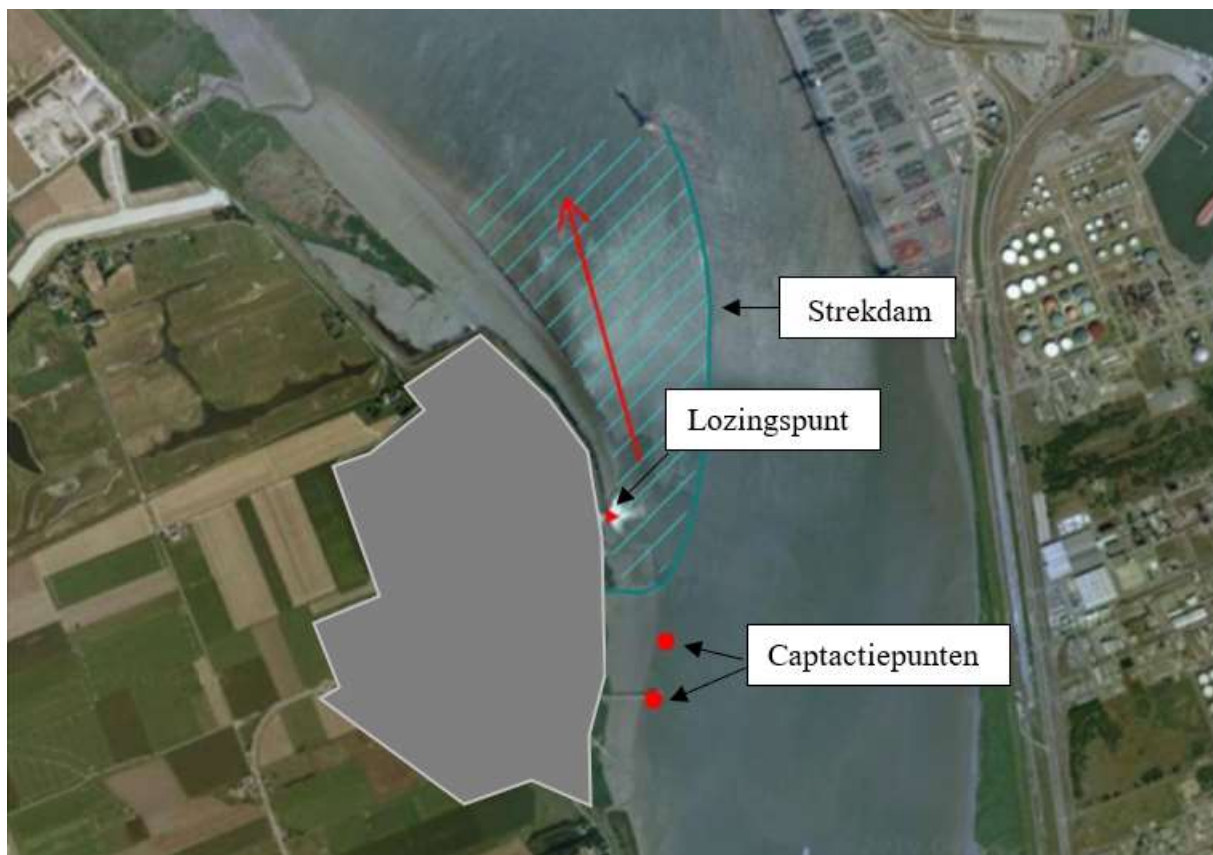


Abbildung 2-30 Bereich mit wahrnehmbarem Temperaturanstieg ($>1\text{ }^{\circ}\text{C}$) bei Ebbe, überfluteter Wellenbrecher

- Es ist eine deutliche thermische Schichtung zu beobachten, wobei sich das wärmere, weniger dichte Kühlwasser an der Oberfläche befindet. Die Temperaturdifferenz zwischen dem Wasser an der Oberfläche und dem Wasser in größerer Tiefe nimmt mit zunehmender Entfernung von der Einleitstelle ab.
- In einer Tiefe von 2 bis 2,5 m ist ein starker Temperaturanstieg nur in der Nähe der Einleitstelle ($< 300\text{ m}$) zu beobachten. In diesem Bereich kommt es aufgrund der durch das einströmende Kühlwasser verursachten Turbulenzen, der geringen Wassertiefe und der unregelmäßigen Morphologie zu einer guten vertikalen Durchmischung. Ein tieferer Bereich befindet sich wahrscheinlich an der Einleitstelle etwas weiter flussabwärts, gefolgt von einer Düne.
- Tideniedrigwasser
 - Bei Tideniedrigwasser staut sich das Kühlwasser innerhalb des Wellenbrechers, wodurch die Temperatur in diesem Bereich ansteigt. Die Temperatur sinkt, je weiter man sich von der Einleitstelle entfernt.
 - In einer Entfernung von 400 bis 500 m flussabwärts der Einleitstelle beträgt der Temperaturanstieg (ΔT) des Scheldewassers bei der Gezeitenwende an der Oberfläche durchschnittlich 10 bis 12 $^{\circ}\text{C}$ (mit einem ΔT bei Einleitung von 11 bis 16 $^{\circ}\text{C}$); in einer Tiefe von 2 bis 2,5 m beträgt er durchschnittlich 6 bis 7 $^{\circ}\text{C}$. Der Temperaturanstieg an der Oberfläche bleibt bis zu einer Entfernung von ca. 850 m höher als 5 $^{\circ}\text{C}$. In einer Tiefe von 2

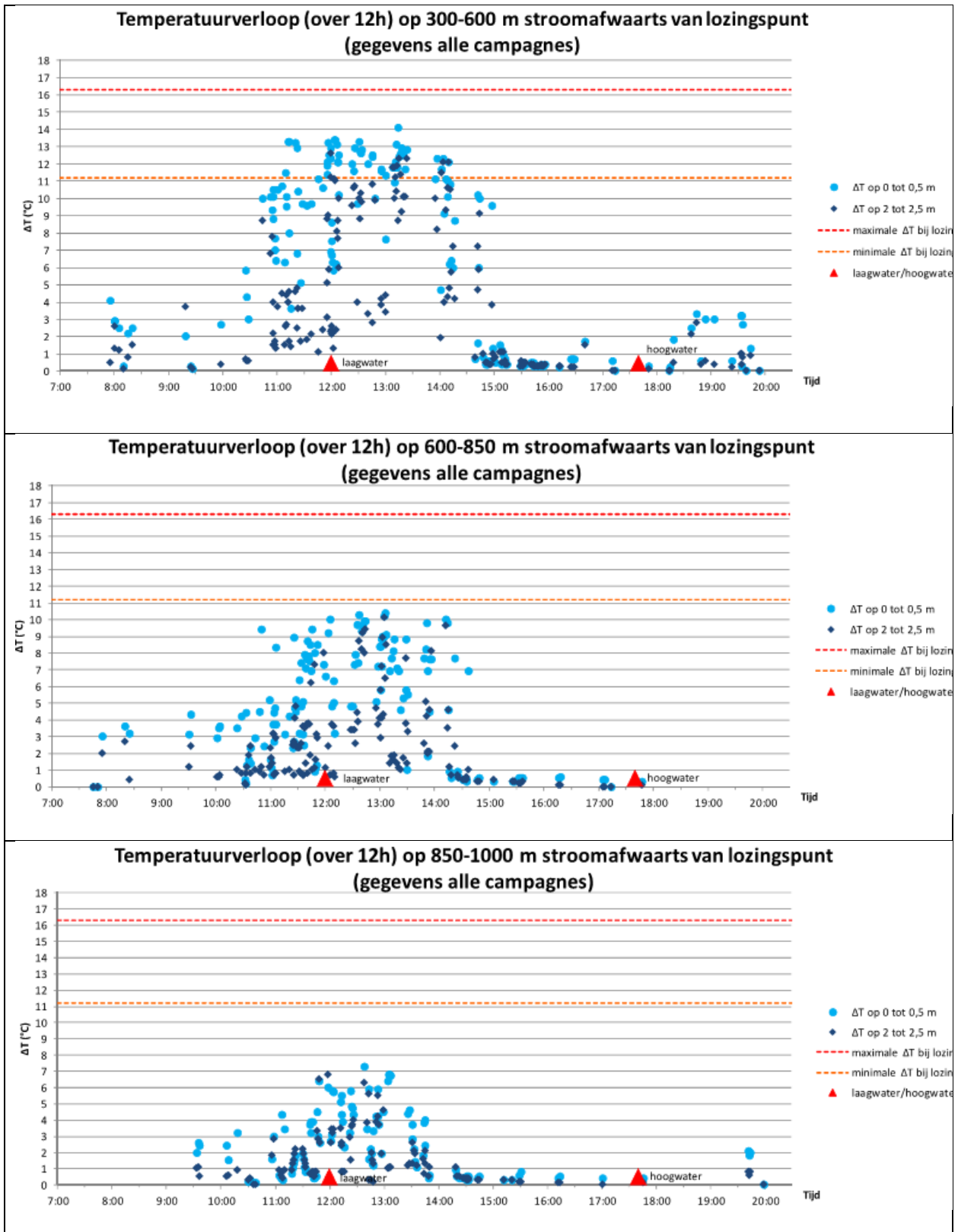
- bis 2,5 m ist ΔT auf ca. 3 °C in 800 m Entfernung begrenzt. Bei 1250 m stromabwärts der Einleitstelle beträgt ΔT 0,5 bis 1 °C.
- Die höchsten Wassertemperaturen sowohl am Einlass des Kühlwassers als auch stromabwärts der Einleitstelle scheinen während der zweiten Monitoring-Kampagne im Sommer (02.08.2011) aufzutreten. Während dieser Monitoring-Kampagne betrug die durchschnittliche Temperatur der Schelde am Einlauf zum KKW etwa 19,8 °C. Für die stromabwärts der Einleitstelle gilt Folgendes:
 - Bis etwa 800 m stromabwärts der Einleitstelle kann die Oberflächenwassertemperatur (bis zu einer Tiefe von 0,5 m) bei Tideniedrigwasser den Wert von 25 °C überschreiten.
 - Bei einer Wassertemperatur zwischen 2 und 2,5 m Tiefe kann die Temperatur bei Tideniedrigwasser bis ca. 450 m stromabwärts der Einleitungsstelle den Wert von 25°C überschreiten.
 - Flut:
 - Bei steigendem Wasser wird die innerhalb des Wellenbrechers befindliche Einleitungsfahne allmählich in Richtung Einleitstelle zurückgedrückt.
 - Bei steigendem Wasserstand wird der Wellenbrecher wieder geflutet. Das zuvor eingeleitete Kühlwasser und das im Wellenbrecher angestaute Wasser werden ausgespült und fließen über die Breite des Dammes stromaufwärts.
 - Innerhalb des Wellenbrechers ist nach einiger Zeit kaum noch ein messbarer Temperaturanstieg feststellbar.
 - Stromaufwärts, außerhalb des Wellenbrechers, sind die Auswirkungen in ihrer Ausdehnung begrenzt; eine Wolke scheint sich südlich der Einleitstelle → zu bilden, das Kühlwasser wird zwischen der Einleitstelle und den Auffangstellen mehr oder weniger kurzgeschlossen (schattierte Zone in Abbildung 2-31).
 - Die Einwirkungszone bei steigendem Wasser ist bis maximal 500 m von der Einleitstelle in Richtung Osten messbar, sie reicht bis maximal 800 m stromaufwärts der Einleitstelle (Richtung Süden). Innerhalb dieser Zone beträgt der Temperaturanstieg 1 bis 3 °C; ausnahmsweise wurde ein höherer ΔT gemessen (maximal 6°C).

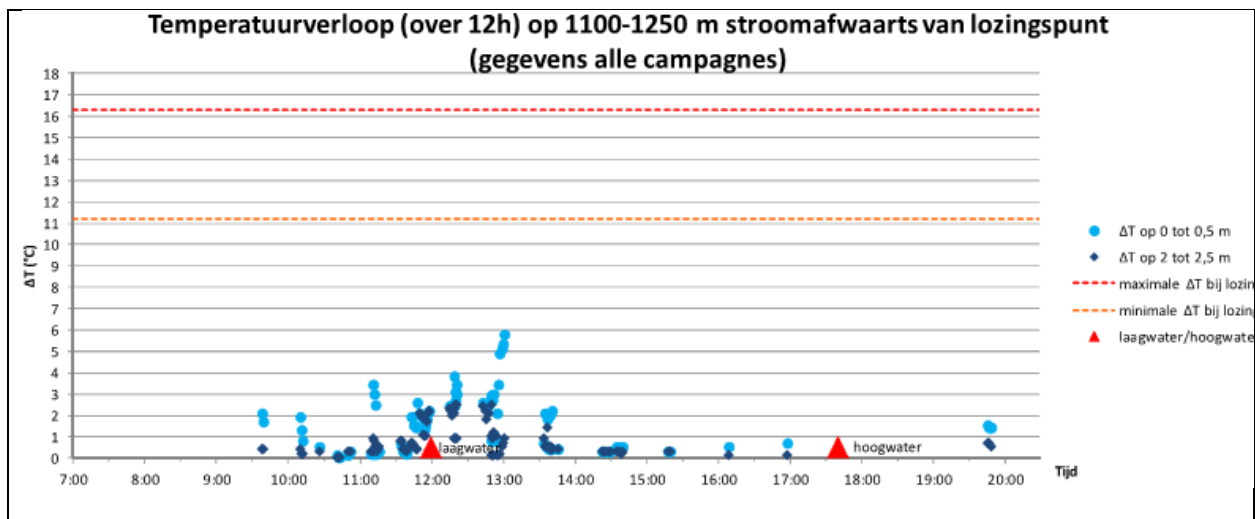


Abbildung 2-31 Maximaler Bereich des wahrnehmbaren Temperaturanstiegs (>1°C) bei steigender Flut

- Ebbe, kurz nach der Tidehochwasser:
 - Nach dem Tidehochwasser fließt das Kühlwasser wieder stromabwärts. Die Wärmefahne stromaufwärts außerhalb des Wellenbrechers verschwindet vollständig. Kurz nach dem Tidehochwasser steigt die Wassertemperatur im Bereich innerhalb des Wellenbrechers wieder an. Der Zyklus wiederholt sich.
- Globaler Temperaturverlauf pro Einflusszone über 12 Stunden:
 - Aus den Zahlen in Tabelle 2-13 lässt sich ableiten, dass in der Zone von 300-600 m stromabwärts der Einleitstelle ein starker Temperaturanstieg ab 1,5 Stunden vor Niedrigwasser bis 3 Stunden nach Niedrigwasser zu verzeichnen ist. In den Bereichen weiter stromabwärts der Einleitstelle nimmt ΔT weiter ab, auch der Zeitraum, in dem ein deutlicher Temperaturanstieg zu beobachten ist, nimmt stets weiter ab:
 - Auf 600-850 m stromabwärts gibt es einen deutlichen Temperaturanstieg ab 1 Stunde vor bis 2,5 Stunden nach Niedrigwasser.
 - Auf 850-1000 m stromabwärts gibt es einen deutlichen Temperaturanstieg ab 1 Stunde vor bis 2 Stunden nach Niedrigwasser.
 - Auf 600-850 m stromabwärts gibt es einen deutlichen Temperaturanstieg ab weniger als 1 Stunde vor bis weniger als 2 Stunden nach Niedrigwasser.

Tabelle 2-13 Grafische Darstellung der zeitabhängigen Temperaturentwicklung bei verschiedenen Entfernungen von der Einleitstelle (Daten aller Messkampagnen) (Arcadis, 2012)





Rückschlüsse auf Temperaturmessungen

- Die Wassertemperatur steigt bei Tideniedrigwasser an: Das CORMIX-Modell scheint nicht geeignet, um den momentanen Anstieg der Wassertemperatur bei Tideniedrigwasser vorherzusagen. Basierend auf den Messwerten der fünf durchgeführten Monitoring-Kampagnen wurden daher für beide Überwachungstiefen (0-0,5 m und 2-2,5 m) Formeln abgeleitet, die den Zusammenhang zwischen ΔT und dem Abstand zur Einleitstelle eine Stunde bei Tideniedrigwasser beschreiben. Mit Hilfe dieser Formeln kann der Temperaturanstieg für jede beliebige Entfernung von der Einleitstelle vorherbestimmt werden und umgekehrt:
 - ΔT während der Gezeitenwende bei 500 m stromabwärts beträgt 10 °C an der Oberfläche und 5,7 °C in 2-2,5 m Tiefe.
 - Bei 750 m Abstand beträgt ΔT an der Oberfläche 6,1 °C und 3,3 °C in 2-2,5 m Tiefe.
 - Bei 1 km Abstand beträgt ΔT an der Oberfläche 3,4 °C und 1,6 °C in 2-2,5 m Tiefe.
 - ΔT sinkt auf 1°C bei einem Abstand von 1300 m an der Oberfläche und von 1100 m Entfernung in 2-2,5 m Tiefe.
- Anstieg der durchschnittlichen täglichen Wassertemperatur: Das CORMIX-Modell scheint eine repräsentative Vorhersage für den täglichen mittleren Wassertemperaturanstieg des Scheldewassers bei Ebbe zu liefern. Anhand des mit den Messungen abgeglichenen Modells lassen sich die folgenden durchschnittlichen täglichen Wassertemperaturanstiege ableiten:
 - Stromabwärts
 - Bei 500 m beträgt ΔT 1 bis 2 °C.
 - Ab 750 m Entfernung beträgt ΔT ca. 1 °C oder weniger.
 - Stromaufwärts
 - Bei 500 m beträgt ΔT 0,5 bis 1 °C.
 - Ab 750 m Entfernung beträgt ΔT ca. 0,51 °C oder weniger.

Bewertung des Temperaturanstiegs und der Größe der Wärmefahne aufgrund der KKW-Kühlwassereinleitung im Vergleich zur Situation ohne KKW-Betrieb

Signifikante Temperaturerhöhungen von mehr als 3 °C aufgrund der KCD-Kühlwassereinleitung scheinen nur im Bereich des Wellenbrechers aufzutreten, bis zu einer Maximalentfernung von etwa 1050 m von der Einleitstelle entfernt (signifikant negative Auswirkungen, -3).

Relevante (akzeptable) Temperaturerhöhungen zwischen 1 und 3°C scheinen bei Ebbe und bei Tideniedrigwasser bis zu einer maximalen Entfernung von ca. 1.300 m von der Einleitstelle, dem Bereich, der noch innerhalb des Wellenbrechers liegt, aufzutreten (negativer Effekt, -2). Bei steigendem Wasser ergibt sich ein relevanter Temperaturanstieg zwischen 1 und 3 °C außerhalb des Wellenbrechers bis maximal 500 m von der Einleitstelle in östlicher Richtung und bis maximal 800 m vor der Einleitstelle in südlicher Richtung (negativer Effekt, -2).

Die Umfang der Wärmefahne ist bei Tideniedrigwasser am größten. Die Zone, die durch eine Temperatur von mehr als 25°C begrenzt ist (streng genommen die Mischzone, gemäß Definition des Bewertungsrahmens), ist kleiner als die Zone, in der signifikante Temperaturanstiege von mehr als 3 °C auftreten. Dies ergibt sich aus den oben beschriebenen Ergebnissen der zweiten Monitoring-Kampagne im Sommer und bei Tideniedrigwasser. Auf dieser Grundlage kann davon ausgegangen werden, dass die Zone, die durch eine Temperatur von mehr als 25 °C begrenzt wird (streng genommen die Mischzone, gemäß Definition des Bewertungsrahmens), nicht über den Wellenbrecher hinausreicht, da die signifikanten Temperaturerhöhungen von mehr als 3 °C stets durch den Wellenbrecher begrenzt werden.

Für die spezifische Situation des KKW lässt sich sagen, dass der Bereich innerhalb des Wellenbrechers eine Wärmebarriere für bestimmte Wasserorganismen bilden dürfte. Für den Bereich innerhalb des Wellenbrechers werden die Umweltqualitätsnormen in Bezug auf die Schelde-Temperatur aufgrund der Kühlwassereinleitung des KKW nicht eingehalten. Die Fahrrinne der Schelde östlich des Wellenbrechers bleibt jedoch für Wasserorganismen passierbar. Die durchschnittliche Querschnittsfläche des Bereichs innerhalb des Wellenbrechers beträgt nicht mehr als 25 % der Querschnittsfläche der Schelde. Die Fahrrinne der Schelde östlich des Wellenbrechers wird als jederzeit für Wasserorganismen passierbar angesehen.

Die oben genannten Wirkungsanalysen gelten sowohl für die Ausgangssituation als auch für die Betriebsphase 2015-2018 des vorliegenden Projekts.

Kumulierte Effekte

Andere industrielle Kühlwassereinleitungen in der Umgebung des KKW

Im Bericht der fünf Monitoring-Kampagnen der Schelde-Temperatur (Arcadis, 2012) ist der Temperaturanstieg der Kühlwassereinleitung des KKW im Vergleich zu einem gemessenen Hintergrundwert stromaufwärts der Einleitung bei ablaufendem Wasser und stromabwärts der Einleitung bei einlaufendem Wasser dargestellt. Die gemessenen Hintergrundwerte liegen innerhalb der bereits thermisch belasteten Zone Hansweert Antwerpen. Aufgrund der Einleitung von Wärmefracht an verschiedenen Stellen in der Unteren Zeeschelde ist die Zone zwischen Hansweert und Antwerpen im Winter 1 bis 2 Grad wärmer als die flussaufwärts und flussabwärts gelegenen Zonen (Stevens & Van den Bergh, 2010). Die Produktionssituation 2010 ist repräsentativ für die Ausgangsjahre 2013-2014 und die Betriebsphase 2015-2018. Hierdurch wird angenommen, dass unter der geltenden Umweltqualitätsnorm, vgl. Anhang 2.3.1 von VLAREM II zur Temperatur für den betrachteten Teil der Schelde geblieben werden kann, d. h. dass die Auswirkungen der thermischen Ableitungen 3°C nicht überschreiten dürfen.

In dieser UVP wird die Monitoring-Maßnahme vgl. die Empfehlung von INBO (Van den Bergh et al., 2013) übernommen, wobei Engie eine routinemäßige Überwachung der räumlich-zeitlichen Entwicklung des Temperaturgradienten zwischen Hansweert und Antwerpen durchführt. Angesichts der allgemeinen Verfügbarkeit von (thermischen) Satellitenbildern und der damit im Ausland gemachten Erfahrungen kann diese Technik auch für die Zeeschelde angewandt werden, um den Temperaturgradienten in der erweiterten Umgebung des KKW zu überwachen. So können Veränderungen der kumulierten thermischen Belastung der Zeeschelde besser visualisiert und erkannt werden.

Einfluss des Klimawandels

Bei einer autonomen Entwicklung in den nächsten 20 Jahren ist ein Anstieg der Schelde-Temperatur zu erwarten. Außerdem ist eine geringere Wasserführung im Sommer zu erwarten (Rückgang um mehr als 50 % bis zum Ende des 21. Jahrhunderts) aufgrund abnehmender Sommerniederschläge in Kombination mit einer erhöhten Verdunstung. Dadurch entsteht die Gefahr einer Wasserknappheit.

Der Klimawandel wird sich negativ auf die Kühlkapazität des Scheldewassers auswirken. Die Kapazität des Kühlwassers hängt u. a. von der Temperatur des angesaugten Wassers ab. Es lässt sich sagen, dass bei der aktuellen Kühlleistung der KKW-Kühltürme die Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Ableitung der Kühltürme gleich bleiben wird. Aufgrund des erwarteten Anstiegs der Scheldetemperatur als Folge des Klimawandels wird die Temperatur des eingeleiteten Kühlwassers proportional ansteigen. Dadurch kann die maximale Einleittemperatur des Kühlwassers häufiger erreicht werden, was zu einer häufigeren Begrenzung

der maximal einzuleitenden Wärmelasten auf Tagesbasis führen könnte, vgl. die in der derzeitigen Genehmigung des KKW enthaltenen Auflagen, wobei der Sommer die kritischste Periode darstellt. Diese Auswirkungen können einen erheblichen Einfluss auf den Gesamtbetrieb des KKW haben. Aufgrund des erwarteten Rückgangs der Durchflussmenge der Schelde als Folge des Klimawandels wird erwartet, dass die Auswirkungen der thermischen Belastung des KKW für die Schelde zunehmen werden. Die Zone, in der der Temperaturanstieg mehr als 3 °C beträgt, kann sich über den Wellenbrecher hinaus erstrecken, insbesondere bei Tideniedrigwasser. Es ist dann möglich, dass die Wärmebarriere, die sich in der Schelde während bestimmter Phasen des Gezeitenzyklus bildet, für bestimmte Wasserorganismen schwieriger oder sogar unmöglich zu passieren ist. Die Vergrößerung der Wärmefahne wird im Sommer am stärksten ausgeprägt sein.

Die Bedeutung der negativen Auswirkungen des Klimawandels auf den Betrieb des KKW einerseits und der thermischen Verschmutzung der Schelde mit Sekundäreffekten auf die Biodiversität andererseits, hängt vom Umfang des Klimawandels ab.

Im Hinblick auf den Klimawechsel ist ein mögliches Zukunftsszenario, dass das KKW seine Kühlkapazitäten erweitern muss, um die gleiche Produktionskapazität wie in der Ausgangssituation und der Betriebsphase 2015-2018 zu halten. Dies bedeutet mehr Verluste durch Verdunstung und eine Erhöhung der in die Schelde eingeleiteten Wärmelast.

2.2.3.1.6 Bewertung der Auswirkungen auf den Zustand der Wasserkörper – Test nach Rahmenrichtlinie Wasser, Anhang V

2.2.3.1.7 Einschätzung der Effektwahrscheinlichkeit – Test zur weiteren Untersuchung

In Übereinstimmung mit den vorläufigen Leitlinien für die Bewertung der Auswirkungen auf den Zustand von Wasserkörpern (Koordinierungsausschuss für integrierte Wasserwirtschaft, 2019) wird eine Reihe von Kriterien bewertet, um festzustellen, ob weitere Untersuchungen erforderlich sind:

- Hydromorphologische Veränderungen: Mit dem Projekt sind keine hydromorphologischen Veränderungen des Wasserkörpers verbunden.
- Einleitungen: Das Projekt betrifft eine Einleitung von Industrieabwasser der Klasse 1 → weitere Untersuchung erforderlich
- Veränderungen des Grundwassers: Das Projekt ist nicht mit Veränderungen des Grundwassers verbunden → es sind keine weiteren Untersuchungen erforderlich

Weitere Untersuchungen zu den Auswirkungen der Einleitung sind erforderlich.

2.2.3.1.8 Untersuchung der Auswirkungen der Einleitung

Zu bewertende physikalisch-chemische Elemente im Falle von Übergangsgewässern:

- gelöster Sauerstoff
- Temperatur
- pH
- Nitrat + Nitrit + Ammonium

Die unten aufgeführten Elemente sind zu untersuchen (sie müssen für die Vorhersage der Auswirkungen auf die biologischen Elemente untersucht werden, werden aber für die Beurteilung des Zustands nicht berücksichtigt):

- BSV

- CSV

Darüber hinaus ist eine Bewertung für „spezifische Schadstoffe, die den ökologischen Zustand bestimmen“ und „Schadstoffe, die den chemischen Zustand bestimmen“ für diejenigen Parameter vorzunehmen, bei denen die Umweltqualitätsnorm im Ist-Zustand überschritten wird oder bei denen die Konzentration zunehmen dürfte. Schließlich müssen, wenn möglich, die biologischen Qualitätskomponenten bewertet werden.

Tabelle 2-14 zeigt die Grenzwerte, anhand derer die Qualität des Wasserkörpers beurteilt wird.

Tabelle 2-14: Einstufungen der Kategorie Übergangswasser (Quelle: Bewirtschaftungsplan für das Einzugsgebiet der Unteren Schelde) – auf der KKW-Ebene gilt O1b

Parameter	Eenheid	Toetswijze	Typen	Ondergrens of bereik van de klassen			
				Zeer goed	Goed	Matig	Ontoereikend
Thermische omstandigheden							
Temperatuur	°C	Maximum	Alle	21	25	27,5	30
Impact thermische lozing	°C	Maximum	Alle	+1	+ 3	+4	+5
Zuurstofhuishouding							
Opgeloste zuurstof (concentratie)	mg/l	10-percentiel	Alle	8	6	4	3
Opgeloste zuurstof (verzadiging)	%	Maximum	Alle	80-110	60-80 / 110-120	50-60 / 120-130	40-50 / 130-140
Biochemisch zuurstofverbruik (BZV)	mg/ l	90-percentiel	Alle	3	6	10	25
Chemisch zuurstofverbruik (CZV)	mg/ l	90-percentiel	Alle	20	30	40	80
Verzuringstoestand							
Parameter	Eenheid	Toetswijze	Typen	Ze er goed	Goed	Matig	Ontoe reikend
pH		Minimum-maximum	O1b O2zout	7,5-9,0	7,5-9,0	<7,5-7,0 of >9,0- 9,5	<7,0 of >9,5
		Minimum-maximum	O1o	7,0-9,0	7,0-9,0	<7,0-6,5 of >9,0- 9,5	<6,5 of >9,5
Nutriënten							
Kjeldahl-stikstof	mg N/l	90-percentiel	O1o	1,5	6	12	18
Nitraat	mg N/l	90-percentiel	O1o	1,3	5,65	11,3	17
Nitraat + nitriet + ammonium	mg N/ l	Wintergemiddelde	O1b O2zout	0,25	0,49	1,0	2,0
Totaal stikstof	mg N/ l	Zomerhalfjaargemiddelde	O1o	2	2,5	5	7,5
Totaal fosfor	mg P/ l	Zomerhalfjaargemiddelde	O1o	0,06	0,14	0,19	0,42
Orthofosfaat	mg P/ l	Gemiddelde	O1o	0,02	0,14	0,28	0,56
			O1b O2zout	0,01	0,07	0,14	0,28
Diversen							
Doorzicht*	m	90-percentiel	Alle	1,5	0,7	0,3	0,1

*uitgezonderd de mortaliteitszone voor fytoplankton voor O1b

Physikalisch-chemische Elemente, die die biologischen Elemente bestimmen:

Methodik: Für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten im Oberflächenwasser, mit Ausnahme von gelöstem Sauerstoff, pH-Wert und Wassertemperatur, lässt sich berechnen, ob eine Verschlechterung eintreten wird.

Für gelösten Sauerstoff wird angenommen, dass keine Verschlechterung eintritt, wenn die Normen für den biologischen und chemischen Sauerstoffbedarf eingehalten werden. Falls die physikalisch-chemischen Elemente eine Verschlechterung aufweisen, wird davon ausgegangen, dass auch die biologischen Qualitätselemente betroffen sind und dass sich der Zustand des Wasserkörpers verschlechtert.

Die Einleitung erfolgt im Durchschnitt bei neutralem pH-Wert, es werden keine Änderungen des pH-Werts durch dieses Projekt erwartet.

Die Auswirkung der Einleitung auf die Temperatur der Schelde wird in Abschnitt 2.2.3.1.5 ausführlich behandelt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es keine Verschlechterung der Temperatur in Bezug auf den gesamten Wasserkörper durch die thermische Ableitung aus dem KKW gibt.

Für die Parameter Nitrit + Nitrat + Ammonium, BSV und CSV wurden die Auswirkungen der Einleitung in Tabelle 2-11 berechnet. Die Auswirkungen sind für diese Parameter vernachlässigbar; daher ist keine Änderung des Zustands des Wasserkörpers zu erwarten.

Spezifische Schadstoffe, die den ökologischen Zustand mit bestimmen:

Methodik: Bei den spezifischen Schadstoffen und für den chemischen Zustand wird eine Überschreitung der Umweltqualitätsnormen nach Anhang 2.3.1. VLAREM und der in den Bewirtschaftungsplänen der Flussgebiete beschriebenen Klassengrenzen als Verschlechterung angesehen. Wie bei den physikalisch-chemischen Elementen wird bei den spezifischen Schadstoffen davon ausgegangen, dass auch bei den biologischen Qualitätskomponenten eine Auswirkung eintritt, wenn sie eine Verschlechterung aufweisen und dass sich der Zustand des Wasserkörpers verschlechtert.

Die folgenden Parameter überschreiten die Umweltqualitätsgrundnorm im Ist-Zustand: Arsen, Bor, Uran. Die Bewertung für die „spezifischen Schadstoffe, die auch den ökologischen Zustand bestimmen“ ist „nicht gut“.

Für die Parameter Arsen und Bor wurden die Auswirkungen der Einleitung in Tabelle 2-11 berechnet. Uran ist kein relevanter Parameter, da es durch das KKW nicht eingeleitet wird. Die berechneten Auswirkungen für die Parameter Arsen und Bor sind vernachlässigbar; daher wird für die „Bewertung der spezifischen Schadstoffe, die zum ökologischen Zustand beitragen“ keine Verschlechterung erwartet.

Schadstoffe, die den chemischen Zustand bestimmen:

Im derzeitigen Zustand überschreiten die folgenden Parameter die Umweltqualitätsgrundnorm: PAH, polybromierter Diphenylether, Tributylzinn, Perfluoroktansulfonsäure, Heptachlorepid und Gesamtquecksilber.

Für die Parameter wurden die Auswirkungen der Einleitung für den Parameter Quecksilber in Tabelle 2-11 berechnet. Die Auswirkungen sind vernachlässigbar. Die übrigen Parameter werden vom KKW nicht

eingeleitet. Für die „den chemischen Zustand bestimmenden Schadstoffe“ wird daher keine Verschlechterung erwartet.

Biologische Qualitätselemente:

Die Auswirkungen auf die biologischen Qualitätselemente lassen sich nicht quantitativ bestimmen.

Basierend auf den Bewertungen im Bereich Biodiversität der Auswirkungen von Wasserfassung, Kühlwassereinleitung und chemischen Einleitungen auf aquatische Organismen in der Schelde wird für den gesamten Wasserkörper keine Verschlechterung der biologischen Qualitätselemente erwartet.

Fazit:

Es ist nicht zu erwarten, dass die Umsetzung des Projekts zu einer Verschlechterung oder Gefährdung der vorgegebenen Ziele für den gesamten Wasserkörper führt.

2.2.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Die Wasserversorgung, die Versickerungs- und Abflussmerkmale sowie die Emissionen in das Wassersystem werden sich in der LTO-Situation, wie oben erläutert, nicht wesentlich von den Emissionen der Ausgangssituation unterscheiden. Es gibt keine zusätzlichen Auswirkungen der LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation.

2.2.3.3 Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)

Die endgültige Stilllegung des KKW beginnt im Jahr 2025 und endet im Jahr 2028. Nach der endgültigen Stilllegung kann mit dem Rückbau der Reaktoren begonnen werden, sobald die erforderlichen Genehmigungen vorliegen. Die Phase der endgültigen Stilllegung besteht aus drei Abschnitten, in denen sich das KKW schrittweise von einem Kernkraftwerk über ein Nasslager von verstrahltem Kernbrennstoff zu einem Gebäude mit zu verarbeitenden radioaktiven Abfällen entwickelt. Es ist geplant, während der Phase der endgültigen Stilllegung:

- die Reaktoren zu entladen und den gesamten verstrahlten Kernbrennstoff zu den Pool-Loops-Docks im Gebäude für nukleare Notdienste zu verbringen;
- die Radioaktivität des verstrahlten Kernbrennstoffs in den Pool-Loops-Docks im Gebäude für nukleare Notdienste zerfallen zu lassen;
- den verstrahlten Brennstoff in Container zu verladen und zum Brennelemente-Container-Gebäude zu verbringen;
- Betriebs- und Wartungsarbeiten wie vor der endgültigen Stilllegung durchzuführen, jedoch mit einer kleineren Amplitude (keine Stromerzeugung mehr).

Dies alles sind Aktivitäten, die von der aktuellen Genehmigung abgedeckt werden. Speziell für den Abwasseranfall werden die Prozesskreisläufe entweder zur Aufbereitung in der Wasser- und Abfallaufbereitungsanlage (WAA) belassen oder zur externen Aufbereitung entsorgt, wie es bei einer Revision der Fall wäre.

Fazit: Die Hauptmerkmale des Zeitraums der definitiven Stilllegung sind, dass diese Periode in die Verlängerung der aktuellen KKW-Laufzeit fällt (= mit fortgeführten KKW-Prozessen) und dass die

Prozesse der aktuellen Genehmigung entsprechen. Die Emissionen in das Wassersystem dürften ähnlich oder geringer sein als in der Ausgangssituation.

Es wird kein Unterschied zwischen den Auswirkungen einer endgültigen Stilllegung in den Jahren 2015-2019 und einer Stilllegung in den Jahren 2025-2029 erwartet.

2.2.3.4 Null-Variante

Wasserversorgung

In der alternativen No-LTO-Situation wird ein Rückgang des Verbrauchs sowohl von Stadtwasser als auch von Scheldewasser erwartet.

Eine drastische Reduzierung des Verbrauchs von Stadtwasser ist jedoch nicht zu erwarten. So hat der Initiator keinen drastischen Rückgang bemerkt, wenn ein Block außer Betrieb war. Nur der Verbrauch von Stadtwasser für den Dampfkreislauf wird voraussichtlich leicht zurückgehen.

Die Blöcke Doel 1 und 2 werden nicht mehr in Betrieb sein, daher wird deren Kühlkreislauf nicht mehr genutzt werden. Der Verbrauch von Scheldewasser als Kühlwasser wird daher ebenfalls abnehmen und wird voraussichtlich bei 704 Mio. m³ jährlich liegen. Diese Berechnung wurde vom Initiator auf der Grundlage der erwarteten Anzahl von Betriebsstunden und der durchschnittlichen stündlichen Durchflussrate der Pumpen an der Entnahmestelle für Doel 3/4 durchgeführt. Der Scheldewasserverbrauch in der Alternativsituation No-LTO beträgt ca. 60 % des Scheldewasserverbrauchs in der Ausgangssituation.

Veränderung der Infiltrations- und Abflusscharakteristik

In der Alternativsituation No-LTO sind keine physischen Eingriffe im Vergleich zur Ausgangssituation geplant. In der Situation des Basisprojekts gibt es eine begrenzte Zunahme der Versiegelungen. Die Auswirkungsgruppen infolge von Änderungen des Oberflächenwasserabflusses, strukturellen Änderungen an Fließgewässern, Änderungen bezüglich der Versickerung von Regenwasser, Qualitätsverlust bei Oberflächen- oder Grundwasser oder Änderungen der Grundwasserströmung sind weder bei der Null-Variante noch im Basisprojekt relevant.

In Anbetracht der beträchtlichen Anzahl versiegelter Flächen im KKW, der Häufigkeit und des Volumens der Überflutung der Sammelbecken für Sanitärabwasser des Standorts in die Schelde in der Ausgangssituation, der Tatsache, dass die Umweltqualitätsstandards für N, P und CSV für die Schelde in der Ausgangssituation nicht eingehalten werden, und der zu erwartenden Perioden mit Starkregen im Winter und schweren Gewittern und Wasserknappheit im Sommer aufgrund des Klimawandels, empfiehlt sich für den Bereich Wasser die Prüfung der Durchführbarkeit der folgenden Maßnahmen auf Konzeptebene mit den besten verfügbaren Techniken (BVT):

- **Quellenorientierte Maßnahme:** Bei neuen Projekten Untersuchung der Abkopplung des Regenwassers vom Sanitärabwasser und der Möglichkeiten zur Wiederverwendung von Regenwasser, Versickerung oder Pufferung gemäß den BVT. Hierbei müssen die durch den Klimawandel bedingten stärkeren Bemessungsniederschläge berücksichtigt werden. Das High-Impact-Szenario bietet einen guten Bezugsrahmen, um das KKW klimabeständiger zu machen.
- **End-of-pipe-Maßnahme:** Untersuchung der Schaffung eines zusätzlichen Sammelbeckens für Sanitärabwasser mit BVT mit dem Ziel der Reduzierung des Überlaufs.

Qualität des Oberflächenwassers

Es wird davon ausgegangen, dass die Schadstoffkonzentrationen in den eingeleiteten Sanitär- und Industrieabwässern die gleichen sind wie in der Ausgangssituation. Eine drastische Reduzierung des Aufkommens an Sanitär- und Industrieabwässern ist jedoch nicht zu erwarten. So hat der Initiator keinen

drastischen Rückgang festgestellt, wenn ein Block außer Betrieb war. Nur der Verbrauch von Stadtwasser für den Dampfkreislauf wird voraussichtlich leicht zurückgehen. Es ist nicht möglich, diese Abnahme zu quantifizieren.

Es wird davon ausgegangen, dass die Schadstoffkonzentrationen im Kühlwasser, einschließlich der Temperatur und der Chloride, die gleichen sind wie in der Ausgangssituation. Die Blöcke Doel 1 und 2 werden nicht mehr in Betrieb sein, daher wird deren Kühlkreislauf nicht mehr genutzt werden. Der Verbrauch von Scheldewasser als Kühlwasser wird daher ebenfalls sinken und wird voraussichtlich ca. 704 Mio. m³ betragen. Diese Berechnung wurde vom Initiator auf der Grundlage der erwarteten Anzahl von Betriebsstunden und der durchschnittlichen stündlichen Durchflussrate der Pumpen an der Entnahmestelle für Doel 3/4 durchgeführt. Der Scheldewasserverbrauch in der Alternativsituation No-LTO beträgt ca. 60 % des Scheldewasserverbrauchs in der Ausgangssituation. Die eingeleiteten Schmutzfrachten und die thermische Belastung des Kühlwassers werden voraussichtlich auf ca. 60 % der Ausgangssituation zurückgehen.

Für die Überwachung des Aktivchlors im Kühlwasser entsprechend der Schockdosierung von NaClO wird empfohlen, die Überwachung des Aktivchlors mit einem Online-Messsensor durchzuführen, mit einer Nachweisgrenze bis ca. 10 µg/L (statt 100 µg/L im Ist-Zustand). Dies, um die Regulierung der NaClO-Dosierung verfeinern zu können, mit dem Ziel eines geringeren NaClO-Verbrauchs, eines geringeren Aktivchlorgehalts im eingeleiteten Kühlwasser und einer geringeren AOX-Bildung.

Thermische Auswirkung der Kühlwassereinleitung

Die thermische Belastung der Schelde durch Kühlwasser wird voraussichtlich auf ca. 60 % der Ausgangssituation sinken. Die Größe der Wärmefahne in der Schelde wird daher voraussichtlich ebenfalls geringer sein. Dies kann sich positiv auswirken, insbesondere im Hinblick auf den Klimawandel, wie in der Bewertung der thermischen Auswirkungen der Kühlwassereinleitung in der Betriebsphase 2015-2018 des Basisprojekts beschrieben.

Die Bedeutung dieses positiven Effekts hängt vom Grad der Kontraktion der Wärmefahne im Vergleich zur Ausgangssituation ab, der mit den aktuellen Daten nur schwer abzuschätzen ist, zudem hängt er auch von der Entwicklung der erwarteten Klimaeffekte ab.

2.2.3.5 Kumulierte Effekte

In Absatz 2.2.3.1.5 wird die mögliche Kumulierung der thermischen Auswirkungen von industriellen Kühlwassereinleitungen auf die Schelde qualitativ besprochen. Die Monitoring-Maßnahme gemäß INBO-Empfehlung (Van den Bergh et al., 2013) wird übernommen, wobei Engie eine routinemäßige Überwachung der räumlich-zeitlichen Entwicklung des Temperaturgradienten zwischen Hansweert und Antwerpen durchführt. Angesichts der allgemeinen Verfügbarkeit von (thermischen) Satellitenbildern und der damit im Ausland gemachten Erfahrungen kann diese Technik auch für die Zeeschelde angewandt werden, um den Temperaturgradienten in der erweiterten Umgebung des KKW zu überwachen. So können Veränderungen der kumulierten thermischen Belastung der Zeeschelde besser visualisiert und erkannt werden.

In Abschnitt 2.2.3.1.5 wird der kumulierte Effekt des Klimawandels auf die thermischen Folgen der Kühlwassereinleitungen des KKW qualitativ besprochen.

2.2.3.6 Grenzüberschreitende Auswirkungen

An der niederländischen Grenze, in einer Entfernung von ca. 3,4 km zur Einleitstelle des KKW, kann die Auswirkung der Kühlwassereinleitung höchstens als leicht negativ (-1) betrachtet werden. Dies basiert auf den fünf Monitoring-Kampagnen des Temperatureinflusses des Doel-Kühlwassers auf die Schelde (Arcadis, 2012). Dieser Temperaturanstieg nimmt weiter flussabwärts auf niederländischem Gebiet langsam ab.

2.2.4 Monitoring

In dieser UVP wird die Monitoring-Maßnahme vgl. die Empfehlung von INBO (Van den Bergh et al., 2013) übernommen, wobei Engie eine routinemäßige Überwachung der räumlich-zeitlichen Entwicklung des Temperaturgradienten zwischen Hansweert und Antwerpen durchführt. Angesichts der allgemeinen Verfügbarkeit von (thermischen) Satellitenbildern und der damit im Ausland gemachten Erfahrungen kann diese Technik auch für die Zeeschelde angewandt werden, um den Temperaturgradienten in der erweiterten Umgebung des KKW zu überwachen. So können Veränderungen der kumulierten thermischen Belastung der Zeeschelde besser visualisiert und erkannt werden.

Für die Parameter Ammonium, B, Sb, Co, Mo, Se, Sn, Ag, Ba, Tl, Ti, V, Be, Te, anionische, nichtionische und kationische Tenside sind die Messungen am Sanitärabwasser entweder inkonsistent oder die Nachweisgrenze der Messungen liegt über der Einleitnorm. Daher ist es nicht möglich, fundierte Aussagen über die Konzentrationen und das Erreichen der Einleitnormen für diese Parameter zu machen. Das KKW sollte diese Parameter konsequent an Sanitärabwässern messen, bei denen die Nachweisgrenzen der Analysemethoden unter den jeweiligen Einleitnormen liegen.

Für die Parameter Co, Ag, Tl, V, Be, anionische, nichtionische und kationische Tenside und Natriumfluoracetat wurden die Messungen der Jahre 2013 bzw. 2014 inkonsistent durchgeführt oder die Nachweisgrenze der Messungen liegt über der Einleitnorm. Daher ist es nicht möglich, fundierte Aussagen über die Konzentrationen und das Erreichen der Einleitnormen für diese Parameter zu machen. Das KKW sollte diese Parameter konsequent an Industrieabwässern messen, bei denen die Nachweisgrenzen der Analysemethoden unter den jeweiligen Einleitnormen liegen.

Für den Parameter Fäkalcoliforme sind die Messungen am Kühlwasser für die Jahre 2013 bzw. 2014 inkonsistent. Daher ist es nicht möglich, fundierte Aussagen über die Abwasserkonzentrationen und Schadstoffbelastungen sowie über die Einhaltung der Einleitnormen für diese Parameter zu treffen. Das KKW sollte diese Parameter durchgängig am Kühlwasser messen, wenn die Nachweisgrenzen der Analysemethoden unter den jeweiligen Einleitnormen liegen.

Für die Überwachung des Aktivchlors im Kühlwasser entsprechend der Schockdosierung von NaClO wird empfohlen, die Überwachung des Aktivchlors mit einem Online-Messsensor durchzuführen, mit einer Nachweisgrenze bis ca. 10 µg/L (statt 100 µg/L im Ist-Zustand). Dies, um die Regelung der NaClO-Dosierung verfeinern zu können, mit dem Ziel eines geringeren NaClO-Verbrauchs, eines geringeren Aktivchlorgehalts im eingeleiteten Kühlwasser und dem Ziel einer geringeren Bildung von AOX.

2.2.5 Mitigierende Maßnahmen und Empfehlungen

Für den Bereich Wasser werden keine mitigierenden Maßnahmen gefordert.

Der Bereich Wasser gibt folgende Empfehlungen:

- Für die Überwachung des Aktivchlors im Kühlwasser entsprechend der Schockdosierung von NaClO wird empfohlen, die Überwachung des Aktivchlors mit einem Online-Messsensor durchzuführen, mit einer Nachweisgrenze bis ca. 10 µg/L (statt 100 µg/L im Ist-Zustand). Dies, um die Regulierung der NaClO-Dosierung verfeinern zu können, mit dem Ziel eines geringeren NaClO-Verbrauchs, eines geringeren Aktivchlorgehalts im eingeleiteten Kühlwasser und einer geringeren AOX-Bildung.
- In Anbetracht der beträchtlichen Anzahl versiegelter Flächen im KKW, der Häufigkeit und des Volumens des Überläufe der Sammelbecken für Sanitärabwasser des Standorts in die Schelde in der Ausgangssituation und in der Betriebsphase 2015-2018, der Tatsache, dass die Umweltqualitätsstandards für N, P und CSV für die Schelde in der Ausgangssituation und in der Betriebsphase 2015-2018 nicht eingehalten werden, und der zu erwartenden Perioden mit Starkregen im Winter und schweren Gewittern und Wasserknappheit im Sommer aufgrund des Klimawandels, empfiehlt sich für den Bereich Wasser die Prüfung der Durchführbarkeit der folgenden Maßnahmen auf Konzeptebene mit den besten verfügbaren Techniken (BVT):
 - Quellenorientierte Maßnahme: Bei neuen Projekten Untersuchung der Abkopplung des Regenwassers vom Sanitärabwasser und der Möglichkeiten zur Wiederverwendung von Regenwasser, Versickerung oder Pufferung gemäß den BVT. Hierbei müssen die durch den Klimawandel bedingten stärkeren Bemessungsniederschläge berücksichtigt werden. Das High-Impact-Szenario bietet einen guten Bezugsrahmen, um KKW-1 und KKW-2 klimabeständiger zu machen.
 - End-of-pipe-Maßnahme: Untersuchung der Schaffung eines zusätzlichen Sammelbeckens für Sanitärabwasser mit BVT mit dem Ziel der Reduzierung des Überlaufs.

2.2.6 Wissenslücken

Unter Berücksichtigung der Meinung von Klimaexperten und den immer noch beträchtlichen Unsicherheiten bei der Klimamodellierung wurden aus vielen Dutzenden von Szenariovarianten und Modellergebnissen mittels „statistischem Downscaling“ drei Klimaszenarien für Flandern entwickelt: niedrig, mittel und hoch. Der vom Menschen verursachte Klimawandel wird sich in Flandern wahrscheinlich zwischen den Extremen dieser drei Szenarien entwickeln.

Die Klimaszenarien umfassen einen Bereich, der der zukünftigen Realität mit hoher Wahrscheinlichkeit entspricht. Dennoch bleibt die Unsicherheit groß. Schließlich ist die genaue Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Klimaszenarios nicht bekannt. Darüber hinaus gibt es bekannte Prozesse und Mechanismen, die noch nicht explizit berücksichtigt werden können (z. B. Überschreitung von Tipping Points). Es bestehen ebenso Unwägbarkeiten, deren Existenz selbst noch gar nicht bekannt ist.

Die Folgen der Klimaszenarien lassen sich jedoch berechnen. Wenn die Folgen eines bestimmten Szenarios groß sind, ist es wichtig, dies in Verwaltung und Politik zu berücksichtigen. Es sollte möglich sein, Anpassungen – zu möglichst geringen Kosten – vorzunehmen, sobald sich der Wissensstand bezüglich des Klimas ändert. Entscheidungen müssen auch effektiv und kosteneffizient sein, unabhängig von der genauen Entwicklung des Klimas.

2.2.7 Schlussfolgerungen

Die Wasserversorgung, die Versickerungs- und Abflussmerkmale sowie die Emissionen in das Wassersystem werden sich in der LTO-Situation nicht wesentlich von den Emissionen der Ausgangssituation unterscheiden. Es gibt keine zusätzlichen Auswirkungen der LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation.

Das Projekt beinhaltet eine Neuzulassung der bestehenden Anlagen für KKW-1 und KKW-2, wobei die Wasserbilanz für die Ausgangsjahre 2013-2014 als repräsentativ für die Produktion in den Folgejahren des Neubewilligungszeitraums angesehen wird. Es sind also keine relevanten Änderungen des Wasserverbrauchs und der Wasserbilanz gegenüber der Ausgangssituation zu erwarten.

Die bedeutsamsten Auswirkungen des KKW auf das Wassersystem im Vergleich zur Situation ohne KKW-Betrieb ist die Einleitung von Abwässern und von Kühlwässern in die Schelde:

- Einleitung von Abwasser:
 - Die durchschnittliche Konzentrationserhöhung in der Schelde aufgrund der KKW-Aktivitäten beträgt im Vergleich zur Umweltqualitätsnorm (UQN) weniger als 0,1% (vernachlässigbar, 0). Die Parameter Nitrit und AOX wurden separat ausgewiesen:
 - Die durchschnittliche Nitritkonzentration im Jahr 2013 lag über der damals gültigen Einleitnorm von 2 mg/L für Industrieabwasser. Im Jahr 2014 lag die durchschnittliche Konzentration unter der Einleitnorm, doch wurden immer noch Spitzenkonzentrationen oberhalb der Einleitnorm gemessen. Das KKW prüfte Möglichkeiten zur Vermeidung und Behandlung des Nitrits in Industrieabwässern. Mit Bescheid vom 07.02.2019 (2018122825) wurde der Standard für Nitrite bis 31. Dezember 2021 auf 8 mg N-NO₂/L und ab 01. Januar 2022 auf 2 mg N-NO₂/L festgelegt. Durch die Umsetzung bestimmter quellenorientierter Maßnahmen durch das KKW im Zeitraum 2016-2018 kann die Vorgabe von 8 mg N-NO₂/L eingehalten werden. Die künftige Norm von 2 mg N-NO₂/L wird sporadisch überschritten, aber die Konzentration bleibt im Durchschnitt unter der Norm.
 - Es wurden erhöhte AOX-Konzentrationen im Sanitär- und Industrieabwasser sowie im Kühlwasser gemessen, weshalb dieser Parameter gesondert beschrieben wird. Dem Kühlwasser wird NaClO als Behandlungsmittel zugesetzt, um ein Fouling im Kühlsystem zu verhindern. Hierdurch können AOX entstehen. Im Jahr 2014 wurde vom KKW eine Studie zur Wirkung von NaClO bei einer möglichen Oxidation von Nitrit zu Nitrat durchgeführt. Auch die Bildung von AOX wurde untersucht. Die Umsetzung von Nitrit zu Nitrat ist mit einem erheblichen Überschuss an NaClO möglich. Die Dosierung

scheint einen markanten Einfluss auf die AOX-Bildung zu haben. Eine optimale Vorbehandlung kann den Umfang des Einsatzes von NaClO und den Zeitraum, in dem dies erforderlich ist, reduzieren, was letztlich auf Jahresbasis zu verringerten Emissionen von Organohalogenen über die Kühlsysteme in das Oberflächenwasser führt. Der mit Abstand wichtigste Steuerungsparameter scheint der Einsatz von Aktivchlor zu sein. Durch die sachgemäße Regulierung dieses Einsatzes ist es möglich, die Umweltbelastung zu minimieren (Berbee, 1997). Derzeit basiert die Dosierung von NaClO im KKW auf der Analyse des überschüssigen Aktivchlors und der Erfahrung mit den Kühlturmfüllkörpern. Eine eventuelle zusätzliche Dosierung erfolgt auf Basis der Überwachung des biologischen Wachstums an Kontrollplatten in den Kühltürmen und Gewichtsmessungen an den Füllkörpern. Im eingeleiteten Kühlwasser wird kein Aktivchlor oberhalb der Nachweisgrenze gefunden ($<100 \mu\text{g/L}$). Für die Überwachung des Aktivchlors im Kühlwasser entsprechend der Schockdosierung von NaClO wird empfohlen, die Überwachung des Aktivchlors mit einem Online-Messensor durchzuführen, mit einer Nachweisgrenze bis ca. $10 \mu\text{g/L}$ (statt $100 \mu\text{g/L}$ im Ist-Zustand). Dies, um die Regelung der NaClO-Dosierung verfeinern zu können, mit dem Ziel eines geringeren NaClO-Verbrauchs, eines geringeren Aktivchlorgehalts im eingeleiteten Kühlwasser und einer geringeren AOX-Bildung.

- Es wurde ein häufiges Überlaufen der KKW-Sanitärabwassergruben an der Schelde festgestellt. Der häufige Überlauf des Sanitärabwassers ist auf das Austreten von Kühlwasser aus den unterirdischen Stollen und in geringerem Maße auf Grundwasser in der Mischkanalisation zurückzuführen. Diese Überlaufeffekte können Spitzenbelastungen der Nährstoffkonzentration in der Schelde in Höhe des KKW verursachen. Dies wird als negativer Effekt (-2) betrachtet. Regenwasser wird nicht wiederverwendet. Die städtebauliche Regelung zu Regenwasserbrunnen, Versickerungsanlagen, Pufferanlagen und getrennten Einleitungen von Schmutz- und Regenwasser gilt nicht für bestehende Gebäude und Anlagen. Für den Bereich Wasser empfiehlt sich, die Machbarkeit der Abkopplung des Regenwassers vom Sanitärabwasser (quellenorientierte Maßnahme) bei neuen Projekten und die Möglichkeit der Einrichtung eines zusätzlichen Auffangbeckens für Sanitärabwasser (End-of-Pipe-Maßnahme) auf Konzeptebene nach den besten verfügbaren Techniken zu untersuchen.
- Einleitung von Kühlwasser:
 - Signifikante Temperaturerhöhungen über $3 \text{ }^\circ\text{C}$ durch die Kühlwassereinleitung des KKW scheinen nur im Bereich des Wellenbrechers aufzutreten, bis zu einer maximalen Entfernung von ca. 1050 m von der Einleitstelle (signifikanter negativer Effekt, -3).
 - Relevante (akzeptable) Temperaturerhöhungen zwischen 1 und $3 \text{ }^\circ\text{C}$ scheinen bei Ebbe und bei Tideniedrigwasser bis zu einer maximalen Entfernung von ca. 1.300 m von der Einleitstelle, dem Bereich, der noch innerhalb des Wellenbrechers liegt, aufzutreten (negativer Effekt, -2).
 - Bei Flut ergibt sich ein relevanter Temperaturanstieg zwischen 1 und $3 \text{ }^\circ\text{C}$ außerhalb des Wellenbrechers bis maximal 500 m von der Einleitstelle in östlicher Richtung und bis maximal 800 m vor der Einleitstelle in südlicher Richtung (negative Wirkung, -2).
 - Für die spezifische Situation des KKW kann festgestellt werden, dass der Bereich innerhalb des Wellenbrechers eine Wärmebarriere für bestimmte Wasserorganismen bilden wird. Für

den Bereich innerhalb des Wellenbrechers werden die Umweltqualitätsnormen in Bezug auf die Schelde-Temperatur aufgrund der Kühlwassereinleitung des KKW nicht eingehalten. Die Fahrrinne der Schelde östlich des Wellenbrechers bleibt jedoch für Wasserorganismen passierbar. Die durchschnittliche Querschnittsfläche des Bereichs innerhalb des Wellenbrechers beträgt nicht mehr als 25 % der Querschnittsfläche der Schelde. Die Fahrrinne der Schelde östlich des Wellenbrechers wird als jederzeit für Wasserorganismen passierbar angesehen.

Die Wasserversorgung, die Versickerungs- und Abflussmerkmale sowie die Emissionen in das Wassersystem werden sich in der LTO-Situation nicht wesentlich von den Emissionen der Ausgangssituation unterscheiden. Es gibt keine zusätzlichen Auswirkungen der LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation.

2.3 Lärm & Vibrationen

Anhang A - Karte 3: Sektorenplan

Anhang A - Karte 4: Regionaler Raumordnungsplan

2.3.1 Methodologie

2.3.1.1 Abgrenzung der Studie

Die Erzeugung von Strom ist eine klassifizierte Anlage gemäß der flämischen Umweltgesetzgebung (Vlarem II).

Das Untersuchungsgebiet für klassifizierte Anlagen nach Vlarem II wird nach den Bestimmungen von Vlarem II festgelegt und dementsprechend abgegrenzt:

- die 200-m-Grenze zu den Standortgrenzen der Anlage,
- die 200-m-Grenze zur Grenze des Industriegebiets.

Das KKW Doel befindet sich laut Sektorenplan in einem Industriegebiet. In Ermangelung von Wohnungen in einem 200 m großen Puffer um das Betriebsgelände, ebenfalls 200 m zur Gebietsgrenze des Industriegebiets, kann die Bewertung auf dem 200 m langen Umriss betrachtet werden.

So wird der spezifische Lärm bis zu einem Mindestabstand von 200 m um die Standortgrenzen des KKW bestimmt, ergänzt durch die Bestimmung der Lärmbelastung der nächstgelegenen Wohnungen. Die Referenzpunkte stimmen somit mit denen überein, die in früheren UVP-Studien für den KKW-Standort verwendet wurden.

2.3.1.2 Beschreibung der Referenzsituation

Die geplante Entwicklung im Projektgebiet wird immer in ein bestehendes Lärmumfeld eingebunden. Je nach den Funktionen, die der beabsichtigten Entwicklung zugewiesen werden, können diese so beschaffen sein, dass sie sich vorübergehend oder dauerhaft auf die bestehende Lärmumgebung und damit auf die aktuelle Verträglichkeit auswirken. Um eine Abwägung gegenüber der Referenzsituation in der Nähe des Projektgebietes zu ermöglichen, wird zunächst die Referenzsituation beschrieben.

Bei der Beschreibung der Referenzsituation werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Das Lärmklima im Untersuchungsgebiet auf der Grundlage von Immissionsmessungen: Bestandsaufnahme des Umgebungslärms mittels in-situ-Lärmmessungen, die bereits an diskreten Messpunkten rund um den KKW-Standort durchgeführt wurden (Immissionsmesskampagnen 2009, 2014, 2017).
- Die Lärmübertragung des KKW im Untersuchungsgebiet auf der Grundlage eines akustischen Berechnungsmodells: Die Lärmübertragungsberechnung der UVP für die Neuzulassung des Standorts im Jahr 2010 und aktualisiert zum Zeitpunkt der WMF-UVP in den Jahren 2013-2014 – wird als Grundlage für diese UVP verwendet.

2.3.1.3 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen

Das KKW hat ins Freie emittierende Lärmquellen, die Auswirkungen auf die Umwelt haben können. Es wird unterschieden zwischen kontinuierlichen Quellen und Quellen, die nur für einen begrenzten Teil der Zeit in Betrieb sind, wie z. B. Notfallaggregate und -pumpen. Anpassungen im Rahmen der LTO können Änderungen der Lärmemissionen des KKW nach sich ziehen, sowohl in Bezug auf die gesamte Lärmemission als auch in Bezug auf eine quellenspezifische Lärmemission.

Während der Arbeiten, die im Rahmen der LTO-Anpassungen durchgeführt werden, werden lärm- und/oder vibrationsemittierende Arbeiten in verschiedenen Arbeitszonen und zu verschiedenen Zeiten während des Ausführungszeitraums durchgeführt. Das Einschalten von Schallquellen führt zu einer Veränderung der Umgebungslärms. Das Grundprinzip besteht darin, dass die durch die geplanten Aktivitäten verursachten Umweltbeeinträchtigungen unter Nutzung des BBT-Prinzips (Beste Beschikbare Techniken) [beste verfügbare Techniken] so weit wie möglich geschützt werden.

Während der verschiedenen Phasen des Projekts sind folgende Auswirkungen in Bezug auf den Bereich Lärm und Vibrationen zu erwarten:

- Modifikation der Lärmimmission des KKW: Quantitative Beschreibung des spezifischen Lärmbeitrags zur Umwelt in der Ist- und Soll-Situation und Vergleich mit dem Status während der Ausgangssituation (2009, 2014).
- Veränderung des Umgebungslärms: Quantitative Beschreibung der Auswirkungen der veränderten Lärmimmission des KKW auf den Umgebungslärm.
- Konformitätstest mit den geltenden Vlärem II-Lärmnormen: Quantitative Kontrolle in Bezug auf die Einhaltung der Richtwerte für den spezifischen Lärm im Freien.

Die UVP befasst sich mit der Veränderung der Lärmimmissionen, die sich aus dem Betrieb des KKW bei zwei möglichen Szenarien und vier Zeiträumen ergeben:

1. Ausgangssituation (Zeitraum 2009-2014);
2. LTO-Szenario: Weiterführung der Blöcke Doel 1/2 im Zeitraum 2015-2025:
 - a. Betriebsphase im Zeitraum 2015-2019;
 - b. Betriebsphase in der zukünftigen Situation (2020-2025)
 - c. Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)
3. No-LTO-Szenario: Null-Variante: Endgültige Stilllegung der Blöcke Doel 1/2 (2015-2019), andere Blöcke noch in Betrieb (Zeitraum 2015-2025).

Für die Betriebsphasen mit ausgeprägten Schallemissionen des KKW wird die Lärmbelastung in Bezug auf die Umwelt berechnet.

Die quantitative Beschreibung der Lärmeffekte wird mit Hilfe eines akustischen Berechnungsmodells für den KKW-Standort ermittelt. Zu diesem Zweck wird das Rechenmodell mit Hilfe des Berechnungsprogramms (GEOMILIEU) erstellt, das auf der internationalen Norm ISO 9613 basiert und folgende Umgebungsbedingungen berücksichtigt:

- geometrische Simulation von einflussreichen Objekten (z. B. schalldämmende oder -reflektierende Gebäude, Abschirmungen, Erdböschungen usw.) in x,y,z-Koordinaten;

- Geometrische Simulation der Lärmquelle in x,y,z-Koordinaten;
- Quellleistungspegel und Richtcharakteristik der Schallquelle;
- Lage und Höhe der Berechnungspunkte;
- Bodenniveaulinien, reflektierende oder absorbierende Bodenbereiche.

Das Berechnungsmodell berechnet den Lärmbeitrag jeder modellierten Lärmquelle an jedem Berechnungspunkt der Umgebung.

Die errechnete Lärmausbreitung auf die Umgebung des gesamten Quellfeldes des KKW unter bestimmten Betriebsbedingungen wird mittels farbiger Lärmkonturen dargestellt (Lärmkarte). Der kritische Bereich, d. h. der Bereich, innerhalb dessen der Schalldruckpegel einen bestimmten Wert (d. h. den geltenden Vlärem II-Richtwert) überschreitet, kann eindeutig identifiziert werden.

Die Folgenabschätzung wird anhand des Signifikanzrahmens durchgeführt, der in der UVP-Richtlinie für den Bereich Lärm und Vibrationen (Februar 2011) enthalten ist. Gilt auch für frühere UVPs.

Tabelle 2-15: Signifikanzrahmen Bereich Lärm

Einfluss auf die Umgebung		Endergebnis nach Korrektur Werden die Vlärem-Bedingungen erfüllt?				
Ln – Lvor $\Delta L_{AX,T}$	Zwischenergebnis is (Effektergebnis)	Neu oder Abweichung		Vorhanden oder Neugenehmigt		
		Lsp ≤ GW	Lsp > GW	Lsp ≤ RW	RW < Lsp ≤ RW+10	Lsp > RW+10
$L_{AX,T} > +6$	-3	-1	-3	-1	-2	-3
$+3 < \Delta L_{AX,T} \leq +6$	-2	-1	-3	-1	-2	-3
$+1 < \Delta L_{AX,T} \leq +3$	-1	-1	-3	-1	-1	-3
$-1 \leq \Delta L_{AX,T} \leq +1$	0	0	-1 / -2 **	0	-1	-3
$-3 \leq \Delta L_{AX,T} < -1$	+1	+1	-	+1	+1	-
$-6 \leq \Delta L_{AX,T} < -3$	+2	+2	-	+2	+2	-
$L_{AX,T} < +6$	+3	+3	-	+3	+3	-

Hierbei haben die verwendeten Symbole und Abkürzungen folgende Bedeutung:

- $\Delta L_{AX,T}$ = Unterschied im Umgebungslärm vor und nach der Durchführung eines Projekts, wobei X und T vom Sachverständigen zu bestimmen und zu bestimmen zu verantworten sind.
 - T gleich Dauer.
 - Mit X gleich ,N' als Parameter der statistischen Analyse LAN,T, in Vlärem II wird N = 95 als Kontrolle gegenüber der Umweltqualitätsnorm oder gleich ,eq' für den äquivalenten Schalldruckpegel LAeq,T des Umgebungslärms verwendet.
- LAN,T A-gewichteter prozentualer Schalldruckpegel, der während N% (1, 5, ... , 95, 99) des Zeitintervalls überschritten wird.
- GW = Grenzwert
- RW = Richtwert
- Lsp = spezifischer Lärm

Anmerkung **: die Wahl -1 oder -2 hängt von der Größe der GW-Überschreitung ab, unabhängig davon, ob diese innerhalb des Konfidenzintervalls der berechneten spezifischen Immission liegt oder nicht.

Die negativen Endergebnisse sind wie folgt an die mitigierenden Maßnahmen gekoppelt:

Tabelle 2-16: Verknüpfung der Bewertung mit mitigierenden Maßnahmen

Signifikanz	Beschreibung	Mildernde Maßnahmen
+3	Signifikant positiv:	Keine Maßnahmen erforderlich
+2	Positiv:	
+1	Leicht positiv:	
0	Vernachlässigbar:	Keine Maßnahmen erforderlich
-1	Leicht negativ:	Die Untersuchung der mitigierenden Maßnahmen ist <u>weniger zwingend</u> , doch wenn die Untersuchungsrahmenbedingungen darauf hindeuten, dass es ein Problem geben könnte, sollte der Sachverständige mitigierende Maßnahmen vorschlagen. Ist dies nicht der Fall, muss dies begründet werden.
-2	Negativ:	Es sollte <u>zwingend</u> nach mitgierenden Maßnahmen gesucht werden, möglicherweise in Verbindung mit einem <u>längeren Zeitraum</u> . Ist dies nicht der Fall, muss dies begründet werden.
-3	Signifikant negativ:	Es sollte <u>zwingend</u> nach mitgierenden Maßnahmen gesucht werden, möglicherweise in Verbindung mit einem <u>kurzen Zeitraum</u> . Ist dies nicht der Fall, muss dies begründet werden.

2.3.2 Ausgangssituation (= 2013-2014)

2.3.2.1 Immissionsmessungen (2009-2014)

Zur Bestimmung des Umgebungslärms wurden für die UVP 2010 im Jahr 2009 drei Wochen lang kontinuierliche und simultane Messungen an drei Messpunkten an der Grundstücksgrenze (Mpt1) bzw. ca. 200 m von der Grundstücksgrenze entfernt (Mpt 2 und 3) durchgeführt, bis ausreichend repräsentative Messdaten für die Windsituation (d. h. mit Windrichtung vom KKW zum jeweiligen Messpunkt) zur Verfügung standen. Im Jahr 2014 führte Vinçotte eine neue Messkampagne für die WMF-UVP durch.⁷ Bei der Auswahl der Messpunkte wurde auf die Lage von bewohnten Gebäuden und Naturräume geachtet. Die genaue Lage der Messpunkte ist der folgenden Tabelle und Abbildung zu entnehmen.

⁷ Die Messkampagne wurde 2014 erneut an mpt 1 bis mpt 3 durchgeführt (siehe Tabelle II2-19 und nachfolgende Besprechung der Tabelle).



TABELLE II.2-17: LAGE DER IMMISSIONSMESSPUNKTE

Punkt	Lage	Lambert-Koordinaten		Gebiet gemäß Sektorenplan (vgl. Abschnitt 2.6.3 in Teil I) gemäß Vlarem II.	
		X	Y	Kat.	Beschreibung
Mpt-1	Standortgrenze Nord British Monument in 0 m Entfernung von der Standortgrenze.	142384	224665	2	Naturraum < 500 m vom Industriegebiet
Mpt-2	Scheldedeich in ca. 200 m Entfernung von der Standortgrenze.	142716	222989	2	
Mpt-3	Lindenhofstraatin ca. 200 m Entfernung von der Standortgrenze.	141509	223509	2	landwirtschaftliche Fläche < 500 m vom Industriegebiet

Da es keinen Unterschied zwischen den Produktionsbedingungen tagsüber (7.00 bis 19.00 Uhr) und nachts (22.00 bis 7.00 Uhr) und damit zwischen den Lärmemissionen gibt, wird nur der kritischste Zeitraum, d. h. der Nachtzeitraum, betrachtet. Darüber hinaus wurde der Parameter $L_{A95,1h}$ berücksichtigt, da er am repräsentativsten für die Bewertung kontinuierlicher und stabiler Lärmquellen (auf Stundenbasis) ist.

Für den gesamten Nachtzeitraum wurde ein Durchschnittswert ermittelt, indem alle $L_{A95,1h}$ -Werte während der Nachtperiode berücksichtigt wurden. Dieser Durchschnitt wurde nach den technischen Bestimmungen von VLAREM II berechnet. Dies ist das arithmetische Mittel der niedrigsten 4-Stunden-

Werte während des Nachtzeitraums, die unter vergleichbaren und repräsentativen Bedingungen gemessen wurden.

Der Umgebungslärm während der Nachtzeit – gemittelt über die gesamte Messkampagne – wurde für die verschiedenen Windsektoren berechnet. Zu diesem Zweck wurde zwischen acht verschiedenen Sektoren unterschieden:

TABELLE II.2-18: DIE VERSCHIEDENEN WINDSEKTOREN

Windsektor	von	bis
Nord	337,5°	22,5°
Nordost	22,5°	67,5°
Ost	67,5°	112,5°
Südost	112,5°	157,5°
Süd	157,5°	202,5°
Südwest	202,5°	247,5°
West	247,5°	292,5°
Nordwest	292,5°	337,5°

Für die Berechnung der Mittelwerte pro Windrichtung wurden nur die Werte berücksichtigt, die bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von weniger als 5 m/s gemessen wurden.

Die Ergebnisse der im Jahr 2014 durchgeführten Messungen des gesamten Umgebungslärms werden mit den Ergebnissen der im September 2009 von Vinçotte durchgeführten Messkampagnen sowie mit der geltenden Umweltqualitätsnorm (MKM) verglichen.

TABELLE II2-19: ERGEBNISSE DER IMMISSIONSMESSUNG UND VERGLEICH MIT MKM

Punkt	Messzeitraum	Mittlerer LA _{95,1h} nachts in dB(A)								MKM in dB(A)
		N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	
Mpt-1	Sept. 2009	48,9	50,0	49,8	50,2	50,5	49,8	49,0	49,0	45
	Sept. 2014	46,5	49,1	49,5	48,4	(-)	47,9	48,0	(-)	
Mpt-2	Sept. 2009	48,1	48,9	(44,2)	42,7	40,5	40,2	41,5	(45,7)	45
	Sept. 2014	47,5	48,4	47,1	43,8	(-)	43,1	46,2	(-)	
Mpt-3	Sept. 2009	45,5	47,1	(35,4)	37,4	37,3	34,0	(33,8)	(37,3)	45
	Sept. 2014	43,6	44,5	43,3	39,8	(-)	35,9	39,6	(-)	

- Werte in Klammern (xx): Nicht genügend relevante Werte zur Berechnung eines repräsentativen Durchschnitts.
- Angabe (-): Keine Werte bei der entsprechenden Windrichtung gemessen
- Fettgedruckter WERT xx: Ergebnisse bei Wind aus Richtung des KKW zum relevanten Messpunkt

Beim Vergleich der Messergebnisse müssen die unterschiedlichen Betriebsbedingungen zwischen September 2009 und 2014 berücksichtigt werden.

Mpt-1 Standortgrenze Nord:

Der Messpunkt befindet sich nördlich des KKW, so dass man bei Südwind von einer Rückenwindsituation vom KKW zum Messpunkt sprechen kann. Diese Windrichtung ist während der Messkampagne 2014 nicht aufgetreten. Die Messwerte für die Windrichtungen SO und SW, die dem am nächsten liegen, sind 2014 um ca. 2,0 dB(A) niedriger. Dies kann auf die Betriebsbedingungen (weniger Blöcke in Betrieb) zurückzuführen sein.

Die Umweltqualitätsnorm MKM wird daher hier noch in der Größenordnung von 5 dB überschritten, sowohl bei Rückenwind als auch bei anderen Windrichtungen.

Mpt-2 Scheldedeich Süd:

Dieser Messpunkt liegt etwa in der gleichen Entfernung südlich vom KKW. Bei Rückenwind, vom KKW bis zum Referenzpunkt, d. h. bei Nord- oder Nordwestwind, beträgt der im September 2014 gemessene Umgebungslärm 47,5 bis 48,5 dB(A). Diese Werte sind nur 0,5 dB(A) niedriger als im September 2009.

Die Umweltqualitätsnorm MKM wird daher hier bei Wind in der Größenordnung von 1-3 dB überschritten.

Mpt-3 Lindenhofstraat West:

Der Messpunkt liegt weiter entfernt von anderen Industrieanlagen – unabhängig vom KKW. Der während der Messkampagne im September 2014 gemessene Gesamtumgebungsärm bei Wind aus Richtung des Industriegebiets zum Referenzpunkt betrug 44,5 dB(A), was einer Abnahme von 2,6 dB(A) im Vergleich zur Situation im September 2009 entspricht.

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass die Umweltqualitätsnorm EQS von 45 dB(A) bei Rückenwind eingehalten wird.

2.3.2.2 Beschreibung der Lärmemission

Im November-Dezember 2009 führte Vinçotte eine umfangreiche Inventur der wichtigsten externen Quellen durch, die einen potenziellen Einfluss auf den Umgebungslärm haben können. Es muss unterschieden werden zwischen Quellen, die kontinuierlich in Betrieb sind, und Quellen, die nur für einen begrenzten Zeitraum effektiv in Betrieb sind. So verfügt die Anlage über Notfallaggregate und Notkühlkondensatoren, die über den gesamten Standort verteilt sind und im Prinzip nur in Notfallsituationen gestartet werden, aber aus Sicherheits- und Wartungsgründen auch monatlich getestet werden.

Die Schalleistung dieser Quellen, sowohl kontinuierlich als auch nicht-kontinuierlich, wurde durch Intensitätsmessungen und/oder Schalldruckmessungen bestimmt. Verschiedene Anlagen sind für die einzelnen Kraftwerksblöcke – Doel 1-2, Doel 3, Doel 4 – identisch und wurden deshalb nicht jedes Mal erneut gemessen. Auch für größere Anlagen, wie z. B. die Hilfskühltürme, wurden Messungen an einer repräsentativen Auswahl durchgeführt, aus denen anschließend die Schalleistung pro 1/3-Oktave der gesamten Anlage ermittelt wurde.

Für die Lärmquellen, die Teil der Situation 2013-2014 bildeten, aber nicht im Quelleninventar von 2009 enthalten sind, oder die ersetzt wurden, wurde der Schalleistungspegel von Tractebel Engineering vor Ort während eines repräsentativen Betriebszustands am 3. Juni 2020 gemessen.

Der spezifische Lärm neuer Schallquellen mit mehr als 10 % Betrieb im Beurteilungszeitraum muss anhand des Grenzwerts für kontinuierlichen Lärm für „neue Anlagen“ geprüft werden. Die Notstromgruppen⁸ (neue diskontinuierliche Quellen) dürfen nicht mehr als 10 % des Tageszeitraums in Betrieb sein. Die neuen Quellen sind als ereignisbedingter Lärm zu betrachten. Da die Grenzwerte für ereignisbedingten Lärm toleranter sind als die für Dauerlärm, kann man sagen, dass auch die Notfallgruppen den geltenden Grenzwert für ereignisbedingten Lärm bequem einhalten.

⁸ Die ‚BEST‘-Pumpen und Dieselgeneratoren (neue diskontinuierliche Quellen) werden periodisch im GUM-Gebäude bei geöffnetem Rolltor getestet. Bei der Berechnung der Lärmübertragung wurde eine Freiluftaufstellung als Worst-Case angenommen.

Hinweis: Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die LwA-Schalleistungen der betrachteten kontinuierlichen und diskontinuierlichen Quellen.

2.3.2.2.1 Kontinuierliche Quellen

Quelle n- Grupp e	Beschreibung	Berücksichtigte Schalleistungen in dB(A) re 1 pW
		2013-2014
1	Doel 1 – Transformatoren	102,6
2	Doel 1 - Belüftung Reaktorgebäude	102,3
3	Doel 2 – Transformatoren	102,6
4	Doel 2 - Belüftung Reaktorgebäude	102,3
5	Doel 1&2 - Hilfskühltürme	107,0
6	Doel 1&2 - Maschinenraum	104,0
7	Zweck 1&2 - Wasserentnahme	102,9
8	Zweck 1&2 - Gebäude der nuklearen Notfalldienste GNN	100,3
9	Doel 3 – Haupttransformatoren	98,9
10	Doel 3 - Hilfstransformatoren Maschinenraum	92,0
11	Doel 3 – Hilfstransformatoren zwischen Maschinenraum und CGB	87,4
12	Doel 3 – Hilfskühltürme – Hochgeschwindigkeitsventilator	111,7
13	Doel 3 – Kältekompressor Typ Yoric	100,8
14	Doel 3 – Maschinenraum – Fenster und Lüftungsgitter	103,2
15	Doel 3 – Belüftung Bunker Nordseite	103,7
16	Doel 3 - Belüftung Bunker -Südseite	103,7
16a	Doel 3 - Belüftung GEH	96,0
17	Doel 4 – Haupttransformatoren	98,9
18	Doel 4 - Hilfstransformatoren Maschinenraum	92,0
19	Doel 4 – Hilfstransformatoren zwischen Maschinenraum und CGB	87,4
20	Doel 4 – Hilfskühltürme – Hochgeschwindigkeitsventilator	111,7
21	Doel 4 – Kältekompressor Typ Carrier	99,2
22	Doel 4 – Maschinenraum – Fenster und Lüftungsgitter	102,8
23	Doel 4 – Lüftungsgitter auf dem Dach GEH	94,8
24	Doel 4 – Belüftung Bunker Nordseite	109,7
25	Doel 4 – Belüftung Bunker -Südseite	108,4
26	Zweck 3&4 – Wasserentnahme	95,5
27	Doel 1&4 – Kühltürme	117,8
28	Doel 1&4 – Umwälzpumpen	109,3
29	Doel 1&4 – Nachfüllpumpen	103,3
30	Doel 2&3 – Kühltürme	117,8
31	Doel 2&3 – Umwälzpumpen	103,2
32	Doel 2&3 – Nachfüllpumpen	98,4
33	WAA – Hilfskühltürme	107,0
GESAMT LwA INSTALLIERT am KKW-Standort		123,4

Die Gesamtschalleistung der kontinuierlichen KKW-Quellen beträgt somit 123,4 dB(A). Davon entfallen 55 % auf die beiden Kühltürme, die zusammen eine Schalleistung von 120,8 dB(A) aufweisen. Die Hilfskühler machen weitere 20 % aus. Die Abstrahlung der Maschinenräumwände und die Belüftung der Bunker und Reaktorgebäude machen 15 % der Gesamtleistung aus.

Einige Schallquellen oder Quellgruppen haben einen tonalen Charakter, aber dies ist für den Gesamtschalleistungspegel des KKW nicht mehr der Fall.

2.3.2.2.2 Diskontinuierliche Quellen

Nr.	Beschreibung	Gesamt-Schalleistung in dB(A) re 1pW	
		Anzahl	2013-2014
	Doel 1&2 – Dieselgeneratoren (4,3 MWth)	2	111,2
2	Doel 1&2 – Sicherheits-Dieselgeneratoren (6,2 MWth)	4	Außer Betrieb
3	Ziel 1&2 – Notfall-Dieselgeneratoren (6,1 MWth).	2	115,1
4	Doel 1&2 – EC und PL-Kreislauf Notkühler	3	115,9
5	Doel 3 – Notfall-Dieselgeneratoren (6,1 MWth).	4	125,6
6	Doel 3 – Rauchgasschornsteine der Sicherheits-Dieselgeneratoren (5,7 MWth)	3	106,8
7	Doel 4 – Notfall-Dieselgeneratoren (12,6 MWth)	3	124,4
9	Doel 4 – Rauchgasschornsteine der Sicherheits-Dieselgeneratoren (5,7 MWth)	3	106,8
Gesamt-Schalleistungspegel DISCONTINUE-Quellen			128,6 dB(A)

Die diskontinuierlichen Quellen insgesamt repräsentieren einen Schalleistungspegel von 128,6 dB(A), von denen jedoch unter normalen Bedingungen nur eine begrenzte Anzahl für eine begrenzte Zeit und nicht gleichzeitig in Betrieb ist.

2.3.2.3 Berechnung der Lärmübertragung

Die Berechnungen zur Lärmübertragung wurden auf der Grundlage der verfügbaren Daten, wie im vorigen Absatz beschrieben, unter Verwendung des Modells ‚GEOMILIEU‘ gemäß der Norm ISO 9613-2 durchgeführt. Bei der Berechnung wurden die korrekte Lage der verschiedenen Lärmquellen, der Abstand zwischen Quelle und Referenzpunkt, die Luftabsorption, mögliche Abschirmeffekte und der Einfluss des Erdreichs berücksichtigt. Die Berechnungen wurden für die kritischste Windrichtung durchgeführt, d. h. die Windrichtung von jeder Schallquelle zu jedem Referenzpunkt. Die Luftfeuchtigkeit und Temperatur betragen 70 % bzw. 10 °C. Die Berechnungen wurden für die normierten 1/3-Oktavbänder zwischen 25 Hz und 10 kHz durchgeführt.

Der spezifische Lärm (Lsp) des KKW wurde an verschiedenen Referenzpunkten berechnet.



Mpt 1, 2 und 3 sind identisch mit den Messpunkten, an denen zuvor Immissionsmessungen durchgeführt wurden. Die Punkte mit dem Code IP-1x befinden sich auf der Höhe der nächstgelegenen Wohngebiete, aber mehr als 200 m von der Standortgrenze entfernt. Da der spezifische Lärm einer Anlage jedoch in 200 m Entfernung von der Standortgrenze bewertet wird, wurden in den verschiedenen Windrichtungen Referenzpunkte mit dem Code IP-2x gewählt, und zwar genau an der 200-m-Grenze um die genehmigten KKW-Parzellen.

Für die Bewertung der Lärmemission sollte der spezifische Lärm der kontinuierlichen Quellen des KKW mit den Normen von VLAREM II verglichen werden. Dabei müssen die Bedingungen für eine **bestehende Anlage der Klasse 1** erfüllt sein. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen:

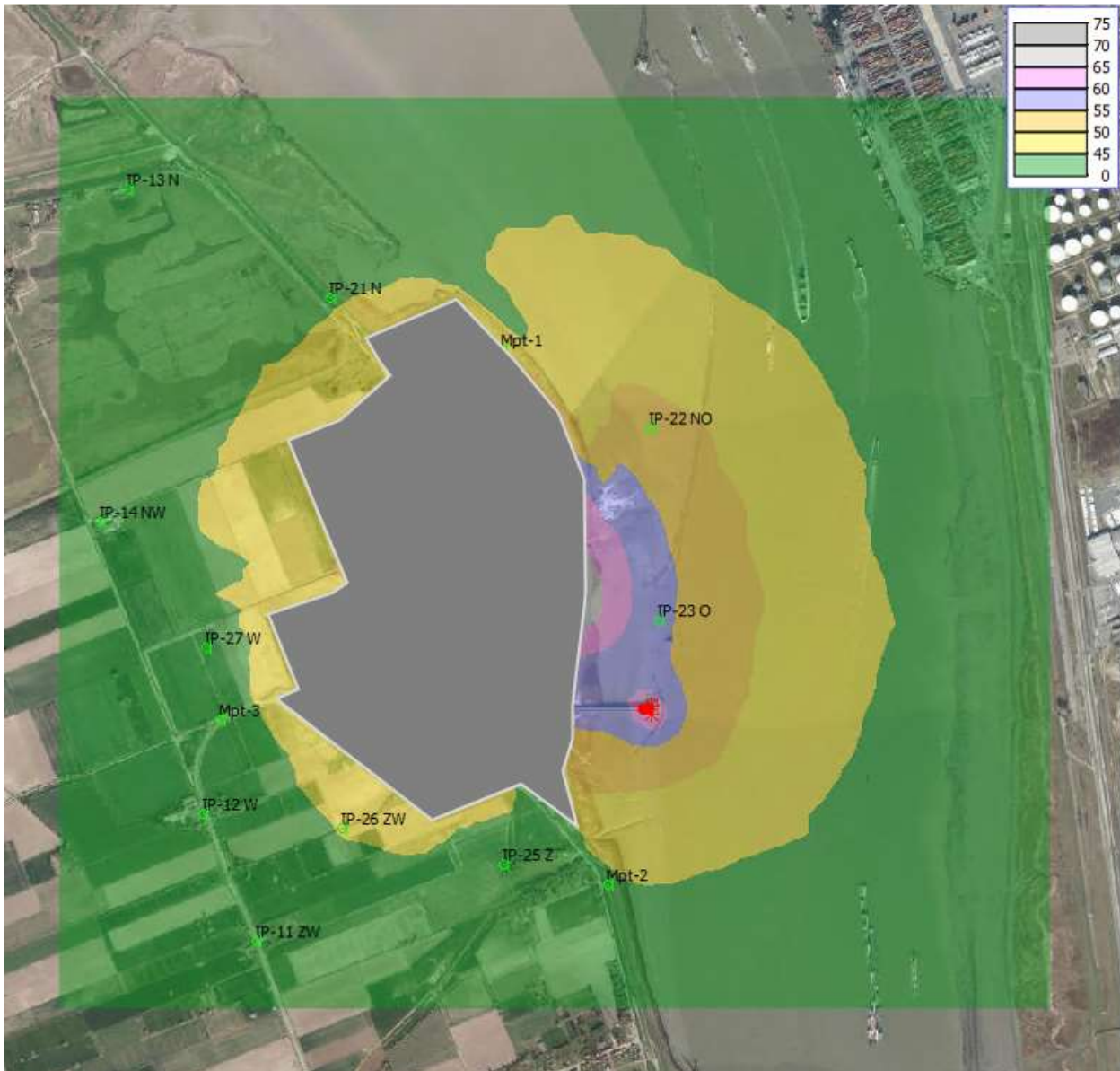
- Wenn der spezifische Lärm **Lsp** der Anlage **unter** dem geltenden Richtwert bleibt **oder mit diesem maximal gleich** ist, **erfüllt die Anlage** die Lärmanforderungen von VLAREM II, so dass keine zusätzlichen Maßnahmen zur Lärminderung erforderlich sind.
- Wenn der spezifische Lärm **Lsp** den Richtwert jedoch überschreitet und diese **Überschreitung auf ein Maximum von 10 dB(A) begrenzt bleibt**, kann die Genehmigungsbehörde auf Anraten der für die Anlage zuständigen Genehmigungsstelle einen **Sanierungsplan** gemäß den Normen nach VLAREM II, Anhang 4.5.3. **vorschreiben**.
- Wenn festgestellt wird, dass der spezifische Lärm **Lsp** [den Richtwert] **um 10 dB(A) übersteigt**, muss der Betreiber der Anlage Betriebs von sich aus einen **Sanierungsplan** gemäß den Normen nach VLAREM II, Anhang 4.5.3 erstellen und umsetzen.

Da die Immissionspunkte alle weniger als 500 m von einem Industriegebiet entfernt sind, sollte **als Grenzwert der Richtwert während der Nachtzeit für Gebiete in weniger als 500 m Entfernung von einem Industriegebiet herangezogen werden, d. h. 45 dB(A)**.

2.3.2.3.1 Kontinuierliche Quellen

Je nach Betriebszustand der Lärmquellen wurden zwei Berechnungen durchgeführt. In der ersten Berechnung wird die gesamte Lärmbelastung durch alle kontinuierlich arbeitenden Quellen berechnet. Da sich die Betriebszustände der kontinuierlichen Quellen während der Tages-, Abend- und Nachtperiode nicht unterscheiden, braucht kein tageszeitabhängiger Immissionszustand berechnet werden. Die Bewertung des berechneten Wertes erfolgt für den kritischsten Bewertungszeitraum, d. h. den Nachtzeitraum: 45 dB(A) in 200 m Entfernung von der Standortgrenze (bei Abwesenheit von Wohngebäuden innerhalb von 200 m von der Standortgrenze). Auf den Beitrag der diskontinuierlichen Quellen sowie der Notfallaggregate wird später eingegangen.

Die errechnete Lärmausbreitung auf die Umgebung wird mittels farbiger Lärmkonturen dargestellt (Lärmkarte). Eine Lärmkontur wird durch Verbinden von Gitterpunkten mit gleichem Schalldruckpegel gebildet. Auf der Lärmkonturkarte werden Zonen mit gleichem Lärmpegel (Lärmklasse) in der gleichen Farbe dargestellt, so dass ein klarer visueller Überblick über die Lärmausbreitung gegeben ist. Der kritische Bereich, d. h. der Bereich, innerhalb dessen der Schalldruckpegel einen bestimmten Wert (d. h. den geltenden Vlärem II-Richtwert) überschreitet, kann eindeutig identifiziert werden. Die Lärmkonturkarte gibt Aufschluss über die Ausbreitung und das Ausmaß der Lärmbelastung.



Die obige Abbildung zeigt die Lärmkarte, die auf der Grundlage der Schalleistungen der kontinuierlichen KKW-Quellen berechnet wurde. Die Lärmkonturen werden ab 45 dB(A) in Schritten von 5 dB(A) bis zum Schallkonturwert von 75 dB(A) dargestellt.

Daraus geht hervor, dass der spezifische Lärm der kontinuierlichen Quellen in 200 m Entfernung von der Standortgrenze auf der Ostseite, d. h. im Naturschutzgebiet entlang der Schelde, am höchsten ist und zwischen 45 und 60 dB(A) variiert. Von Süden über Westen nach Norden schwankt der Lsp für die kontinuierlichen Quellen weitgehend unterhalb von 45 dB(A) und entspricht damit hier dem Richtwert. Weiter im Nordosten sinkt der spezifische Lärm auf 50 dB(A) und mehr.

Zusätzlich wurde der spezifische Lärm des KKW in absoluten Werten für die oben genannten Referenzpunkte (inkl. Auswertungspunkte und Messpunkte) berechnet.

Zustand 2013-2014	Name	Lsp	Überschreitung des Richtwerts Vlare II (dB(A))		
			D:50	A:45	N:45
	IP-11 ZW_A	40.7	-	-	-
	IP-12 W_A	41.4	-	-	-
	IP-13 N_A	38.2	-	-	-
	IP-14 NW_A	41.3	-	-	-
	IP-21 N_A	44.6			
	IP-22 NO_A	51.7	1.7	6.7	6.7
	IP-23 O_A	56.6	6.6	11.6	11.6
	IP-25 Z_A	43.1			
	IP-26 ZW_A	45.3			
	IP-27 W_A	43.4			
	Mpt-1_A	48.7			
	Mpt-2_A	43.4			
	Mpt-3_A	43.6			

L _{sp} < RW
RW < L _{sp} < RW + 10
L _{sp} > RW+10

Nur die eingerahmten Referenzpunkte werden auf den Richtwert Vlare II getestet, da sie sich in einer Entfernung von 200 m von der Standortgrenze befinden. Die Referenzpunkte an den nahegelegenen Wohnungen (IP-1x) sollten streng genommen nicht auf den Richtwert geprüft werden, da sie sich in einer Entfernung von mehr als 200 m von der Standortgrenze befinden. Da Mpt 1 an der Standortgrenze liegt, handelt es sich auch hier nicht um einen Auswertungspunkt.

Die Berechnungen zeigen, dass während der **Abend- und Nachtperiode** der spezifische Lärm des KKW an den Referenzpunkten IP-22 NO und IP-23 O den Richtwert überschreitet. Diese Überschreitung bei IP-23 O, d. h. 200 m östlich der Standortgrenze, beträgt mehr als 10 dB(A), was an sich schon bedeutet, dass der Betreiber von sich aus einen Sanierungsplan⁹ entwickeln muss.

⁹2010 wurde bereits im Hinblick auf die Lärmbelastung durch die Kühltürme eine Sanierungsstudie erstellt. In einer von Technum durchgeführten Studie (Studie geluidsanering koeltorens; 090-390-0225 14/06/2012) wurde fallendes Wasser als Ursache für die Lärmemission identifiziert. Darüber hinaus wurde eine Reihe möglicher Maßnahmen vorgeschlagen, um die Lärmbelastung der Umwelt zu reduzieren:

Die Durchführbarkeit der Sanierungsmaßnahmen wurde vom Konstrukteur Hamon Thermal Europe und dem Planungsbüro Tractebel untersucht. Die Anpassung der Kühltürme ist aus wirtschaftlicher und sicherheitstechnischer Sicht nicht gerechtfertigt.

Einfluss auf den Umgebungslärm: Zusätzlich zu den oben erwähnten Prüfungen des berechneten spezifischen mit dem geltenden Richtwert von Vlärem II wird bei der Bestimmung der Effektbewertung im Signifikanzrahmen auch die erwartete Auswirkung des spezifischen Lärms auf den Umgebungslärm berücksichtigt. Der Lärmpegel des Umgebungslärms an einem bestimmten Ort wird durch die Kumulierung aller in dem Gebiet vorhandenen Lärmquellen, einschließlich des Industrielärms auf der anderen Seite der Schelde, bestimmt. Der spezifische Lärm des KKW ist somit Teil des Umgebungslärms.

Um den Einfluss des spezifischen Lärms des KKW auf den Umgebungslärm zu bestimmen, gilt es zunächst den ursprünglichen Umgebungslärm zu determinieren, d. h. den Umgebungslärm, der gemessen würde, wenn das KKW völlig inaktiv wäre. Dieser gemessene Umgebungslärm wird als ursprünglicher Umgebungslärm (abgekürzt UUL) betrachtet. Da keine Messungen mit einem nicht in Betrieb befindlichen KKW vorgenommen werden können, muss der UUL aus der logarithmischen Differenz zwischen dem an den Messpunkten um das KKW herum gemessenen Umgebungslärm bei Wind und dem berechneten spezifischen Lärm des KKW aus den kontinuierlichen Quellen an den Messpunkten unter Verwendung des Übertragungsmodells berechnet werden. Die **Bestimmung des UUL** wurde bereits in der UVP 2010 durchgeführt, wo ein berechneter UUL von **gemittelt 45,6 dB(A)** an den Messpunkten festgestellt wurde.

Wie in der nachstehenden Tabelle dargestellt können dann auf der Grundlage des geschätzten ursprünglichen Umgebungslärms die Signifikanzpegel entsprechend dem Signifikanzrahmen an den verschiedenen Referenzpunkten bestimmt werden.

Tabelle 2-20: Signifikanzpegel für Lärm im Zustand 2013-2014

Zustand 2013-2014							
Name	Lsp	UUL	GES. = UUL	Δ GES.- UUL	Zwischene rgebnis	Überschreiten Lsp vs RW	Enderge bnis
IP-11 ZW_A	40.7	45.6	46.8	1.2	-1	-4.3	-1
IP-12 W_A	41.4	45.6	47	1.4	-1	-3.6	-1
IP-13 N_A	38.2	45.6	46.3	0.7	0	-6.8	0
IP-14 NW_A	41.3	45.6	47	1.4	-1	-3.7	-1
IP-21 N_A	44.6	45.6	48.1	2.5	-1	-0.4	-1
IP-22 NO_A	51.7	45.6	52.7	7.1	-3	6.7	-2
IP-23 O_A	56.6	45.6	56.9	11.3	-3	11.6	-3
IP-25 Z_A	43.1	45.6	47.5	1.9	-1	-1.9	-1
IP-26 ZW_A	45.3	45.6	48.5	2.9	-1	0.3	-1
IP-27 W_A	43.4	45.6	47.6	2.0	-1	-1.6	-1
Mpt-1_A	48.7	45.6	50.4	4.8	-2	3.7	-2
Mpt-2_A	43.4	45.6	47.6	2.0	-1	-1.6	-1
Mpt-3_A	43.6	45.6	47.7	2.1	-1	-1.4	-1

An den nächstgelegenen Wohnungen (IP-1x) um das KKW Für den ‚gewichteten spezifischen Gesamtlärm‘ finden wir ein Signifikanzniveau (Endscore) von 0 oder -1, was bedeutet, dass das KKW einen vernachlässigbaren bis ‚geringfügigen negativen‘ Einfluss hat. Es sei darauf hingewiesen, dass diese Punkte streng genommen nicht als Auswertungspunkte von Vlärem II gelten, da die Entfernung der Wohnungen bis zur Standortgrenze mehr als 200 Meter beträgt.

In den Beurteilungspunkten von Vlärem II (IP-2x) wird in Bezug auf die nördliche, südliche und westliche Zone ein Signifikanzniveau von -1 erreicht. In der östlichen Zone wird im Nordosten ein Signifikanzniveau von -2 (= ‚negativer‘ Einfluss) und im Osten, im Naturschutzgebiet entlang der Schelde, ein Signifikanzniveau von -3 (= ‚signifikant negativer‘ Einfluss) erreicht.

2.3.2.3.2 Diskontinuierliche Quellen

Neben den kontinuierlich arbeitenden Maschinen mit permanenter Lärmemission während der Tages-, Abend- und Nachtzeit verfügt das KKW über eine Reihe Stromgeneratoren und Pumpen, die im Störfall zugeschaltet werden können. Diese teils auf Anhängern befindlichen Notfallsysteme sind über den gesamten Standort in technischen Gebäuden verteilt (mit Ausnahme eines Notstromdieselgenerators des Lagers und einer Pumpe bei Doel 1/2). Die Lärmemissionspegel der diskontinuierlichen Quellen wurden bereits im Quelleninventar 2009 bestimmt. Die vier Sicherheits-Dieselgeneratoren (PKD-D0/DG 12.14.22.24) wurden jedoch aus dem Quelleninventar 2009 ausgemustert und durch fünf neue Maschinen ersetzt, die alle in einem abgeteilten Betongebäude mit einem Ein/Ablass-Gitter und einer Batterie von Kühlanlagen im Freien untergebracht sind.

Die Notfallaggregate sind dauerhaft außer Betrieb und werden nur kurzzeitig für monatliche Tests und Wartungsarbeiten in Betrieb genommen.

Diese Notstromanlagen sind nie alle gleichzeitig in Betrieb, außer natürlich im Notfall. Daher wird eine durchschnittliche zeitlich gewichtete Auswirkung auf der Grundlage der bereitgestellten Daten der Zählerstände (Betriebsstunden) der in den Jahren 2013 und 2014 erfassten Notstromanlagen ermittelt.

In einer Notfallsituation im Störfall kann der Lärmbeitrag aus dem gleichzeitigen Betrieb aller Notfallanlagen einen maximalen spezifischen Lärm erzeugen, der um ca. 20 dB(A) höher ist als der nachfolgend berechnete ‚zeitgewichtete spezifische Gesamtlärm‘ der nicht-kontinuierlichen Quellen. In einer solchen Situation ist die Auswirkung auf die Umwelt vergleichbar mit der aktuellen Auswirkung der kontinuierlichen Quellen.

Während der LTO sind zusätzliche Tests nicht erforderlich.

Unter der Annahme, dass es 220 Arbeitstage im Jahr und 12 Stunden am Tag gibt, wurde die durchschnittliche tägliche Betriebszeit pro Notfallgruppe ermittelt. In Kombination mit dem spezifischen Lärm jeder einzelnen Notfallgruppe, berechnet auf der Grundlage des Übertragungsmodells, wurde der zeitgewichtete Beitrag jeder Notfallgruppe bestimmt. Die logarithmische Summe all dieser Einzelbeiträge ergibt dann den durchschnittliche spezifische Lärm der Gesamtheit dieser nicht-kontinuierlichen Notfallanlagen des KKW an den betrachteten Referenzpunkten.



Name	2013-2014
IP-11 ZW_A	20.3
IP-12 W_A	21.4
IP-13 N_A	26.8
IP-14 NW_A	32.2
IP-21 N_A	32.1
IP-22 NO_A	38.7
IP-23 O_A	33.1
IP-25 Z_A	25.8
IP-26 ZW_A	28.9
IP-27 W_A	33.9
Mpt-1_A	40.3
Mpt-2_A	26.4
Mpt-3_A	28.2

Dieser ‚zeitgewichtete spezifische Gesamtlärm‘ der nicht-kontinuierlichen Quellen bleibt an allen Referenzpunkten deutlich unter dem spezifischen Lärm der kontinuierlichen Quellen.

Die logarithmische Summe des ‚zeitgewichteten spezifischen Gesamtlärms‘ der nicht-kontinuierlichen Quellen mit den kontinuierlichen Quellen und deren Prüfung gegenüber dem Richtwert von 50 dB(A) während des Tages (da die nicht-kontinuierlichen Quellen nur während des Tages geprüft werden) ist für die Referenzpunkte in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2-21: Zeitgewichteter spezifische Gesamtlärm im Zustand 2013-2014

Name	Zustand 2013-2014		Kontinuierliche + nicht-kontinuierliche Quellen GES. Lsp	Überschreitung GES. vs RW 50 (tagsüber)
	Kontinuierliche Quellen Lsp	Diskontinuierliche Quellen ‚Zeitgewichteter‘ Lsp		
IP-11 ZW_A	40.7	20.3	40.7	-
IP-12 W_A	41.4	21.4	41.4	-
IP-13 N_A	38.2	26.8	38.5	-
IP-14 NW_A	41.3	32.2	41.8	-
IP-21 N_A	44.6	32.1	44.8	-
IP-22 NO_A	51.7	38.7	51.9	+1.9
IP-23 O_A	56.6	33.1	56.6	+6.6
IP-25 Z_A	43.1	25.8	43.2	-
IP-26 ZW_A	45.3	28.9	45.4	-
IP-27 W_A	43.4	33.9	43.9	-
Mpt-1_A	48.7	40.3	49.3	-

Mpt-2_A	43.4	26.4	43.5	-
Mpt-3_A	43.6	28.2	43.7	-

Die logarithmische Summe beider Werte bleibt an den meisten Punkten unter dem für den Tageszeitraum geltenden Richtwert, mit Ausnahme der Referenzpunkte IP-22-NO und IP-23 O, die sich im Naturschutzgebiet 200 m von der Standortgrenze im Osten und Nordosten befinden. An diesen Punkten übersteigt dieser ‚zeitgewichtete spezifische Gesamtlärm‘ den Richtwert für den Tageszeitraum um ca. 2 bis 6 dB(A). Allein mit dem Beitrag der kontinuierlichen Quellen wird der Richtwert 50 dB(A) bereits überschritten. Der ‚zeitgewichtete spezifische Lärm‘ der nicht-kontinuierlichen Lärmquellen verursacht nur eine vernachlässigbare zusätzliche Überschreitung von 0,2 dB(A) am Referenzpunkt IP-22 NO. Am Referenzpunkt IP-23 O wird keine zusätzliche Überschreitung des kumulativen Lärmpegels durch die nicht-kontinuierlichen Quellen erreicht.

Schließlich könnte der von den diskontinuierlichen Quellen erzeugte Lärm gesondert als Nebenlärm betrachtet werden, der anhand der entsprechenden Richtwerte, d. h. 65 dB(A) am Tag und 55 dB(A) am Abend und in der Nacht, zu bewerten ist. Diese Richtwerte für Nebenlärm liegen werden an allen Referenzpunkten weit unterschritten. Dies wurde bereits in der UVP 2010 bestätigt.

Die errechnete Lärmausbreitung auf die Umgebung des zeitgewichteten spezifischen Lärms wird mittels farbiger Lärmkonturen dargestellt (Lärmkarte). Eine Lärmkontur wird durch Verbinden von Gitterpunkten mit gleichem Schalldruckpegel gebildet. Auf der Lärmkonturkarte werden Zonen mit gleichem Lärmpegel (Lärmklasse) in der gleichen Farbe dargestellt, so dass ein klarer visueller Überblick über die Lärmausbreitung gegeben ist. Der kritische Bereich, d. h. der Bereich, innerhalb dessen der Schalldruckpegel einen bestimmten Wert (d. h. den geltenden Vlärem II-Richtwert) überschreitet, kann eindeutig identifiziert werden. Die Lärmkonturkarte gibt Aufschluss über die Ausbreitung und das Ausmaß der Lärmbelastung.



Die obige Abbildung zeigt die Lärmkarte für den ‚zeitgewichteten spezifischen Lärm‘ der nicht-kontinuierlichen Quellen des KKW. Die Lärmkonturen werden ab 45 dB(A) in Schritten von 5 dB(A) bis zum Schallkonturwert von 75 dB(A) dargestellt.

Daraus geht hervor, dass der ‚zeitgewichtete spezifische Lärm‘ der nicht-kontinuierlichen Quellen den Zielwert von Vlärem II von 50 während der Tageszeit in der Nähe des KKW nicht überschreitet. Die Lärmkarte zeigt sogar, dass die Belastungskontur von 50 dB(A) vollständig im KKW-Gelände liegt.

Wie bei den kontinuierliche, Quellen können für die Kombination von kontinuierlichen und nicht-kontinuierlichen Quellen die Auswirkungen auf den Umgebungslärm und den Signifikanzpegel an den verschiedenen Bezugspunkten für den ‚zeitgewichteten spezifischen Gesamtlärm‘ bestimmt werden.

Tabelle 2-22: Signifikanzniveau basierend auf dem zeitgewichteten spezifischen Gesamtlärm im Zustand 2013-2014

Zustand 2013-2014		Kontinuierliche + nicht- kontinuierliche Quellen		GES. =	Δ GES.-	Zwischen	Überschreit	Endstan
Name	Lsp	UUL	UUL	UUL	UUL	ergebnis	ung Lsp vs RW	d
IP-11 ZW_A	40.7	45.6	46.8	1.2	-1	-9.3	-1	
IP-12 W_A	41.4	45.6	47	1.4	-1	-8.6	-1	
IP-13 N_A	38.5	45.6	46.4	0.8	0	-11.5	0	
IP-14 NW_A	41.8	45.6	47.1	1.5	-1	-8.2	-1	
IP-21 N_A	44.8	45.6	48.2	2.6	-1	-5.2	-1	
IP-22 NO_A	51.9	45.6	52.8	7.2	-3	1.9	-2	
IP-23 O_A	56.6	45.6	56.9	11.3	-3	6.6	-2	
IP-25 Z_A	43.2	45.6	47.6	2.0	-1	-6.8	-1	
IP-26 ZW_A	45.4	45.6	48.5	2.9	-1	-4.6	-1	
IP-27 W_A	43.9	45.6	47.8	2.2	-1	-6.1	-1	
Mpt-1_A	49.3	45.6	50.8	5.2	-2	-0.7	-1	
Mpt-2_A	43.5	45.6	47.7	2.1	-1	-6.5	-1	
Mpt-3_A	43.7	45.6	47.8	2.2	-1	-6.3	-1	

Für den ‚gewichteten spezifischen Gesamtlärm‘ der kontinuierlichen und nicht-kontinuierlichen Quellen zusammen finden wir ein Signifikanzniveau (Endscore) von 0 oder -1 für ‚tagsüber‘ an den nächstgelegenen Wohnungen (IP-1x) um das KKW, was bedeutet, dass das KKW einen vernachlässigbaren bis ‚geringfügigen negativen‘ Einfluss hat. Es sei darauf hingewiesen, dass diese Punkte streng genommen nicht als Auswertungspunkte von Vlärem II gelten, da die Entfernung der Wohnungen bis zur Standortgrenze mehr als 200 Meter beträgt.

In den Beurteilungspunkten von Vlärem II (IP-2x) wird in Bezug auf die nördliche, südliche und westliche Zone ein Signifikanzniveau von -1 erreicht. In der östlichen und nordöstlichen Zone, die im Naturschutzgebiet entlang der Schelde liegt, wird ein Signifikanzniveau von -2 (= ‚negative‘ Auswirkungen) erreicht.

Während der Nachtperiode ist dies keine Bewertungssituation, da die nicht-kontinuierlichen Quellen nur während der Tagesperiode getestet werden.

2.3.3 Folgenabschätzung

2.3.3.1 Betriebsphase 2015-2019

2.3.3.1.1 Immissionsmessungen (2016-2017)

Die letzten Lärmimmissionsmessungen wurden 2017 von Vinçotte im Rahmen der SF2-UVP an drei Messpunkten über einen Zeitraum von 18 Tagen durchgeführt. Die berücksichtigten Messpunkte sind

identisch mit den Messpunkten der UVP 2010 für das gesamte KKW-Gelände und mit den Messpunkten der UVP 2014 für das WMF.

Die Ergebnisse der jüngst im Februar 2017 durchgeführten Messungen des gesamten Umgebungslärms werden mit den Ergebnissen der Messkampagnen von Vinçotte im September 2009 und 2014 und Technum im September 2016 (für ca. vier Wochen im Juni-Juli 2016) sowie mit der geltenden Umweltqualitätsnorm (MKM) verglichen.

TABELLE II2-23: ERGEBNISSE DER IMMISSIONSMESSUNG UND VERGLEICH MIT MKM

Punkt	Messzeitraum	Mittlerer LA _{95,1h} nachts in dB(A)								MKN in dB(A)
		N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	
Mpt-1	Sept. 2009	48,9	50,0	49,8	50,2	50,5	49,8	49,0	49,0	45
	Sept. 2014	46,5	49,1	49,5	48,4	(-)	47,9	48,0	(-)	
	Sept. 2016	47,4	(50,5)	50,7	50,2	50,2	50,0	48,1	47,4	
	Feb. 2017	(-)	(-)	48,0	50,5	51,4	50,8	49,0	(-)	
Mpt-2	Sept. 2009	48,1	48,9	(44,2)	42,7	40,5	40,2	41,5	(45,7)	45
	Sept. 2014	47,5	48,4	47,1	43,8	(-)	43,1	46,2	(-)	
	Sept. 2016	46,9	(47,6)	43,7	40,9	40,9	41,1	42,0	46,2	
	Feb. 2017	(-)	(-)	46,0	46,3	44,9	43,2	46,3	(-)	
Mpt-3	Sept. 2009	45,5	47,1	(35,4)	37,4	37,3	34,0	(33,8)	(37,3)	45
	Sept. 2014	43,6	44,5	43,3	39,8	(-)	35,9	39,6	(-)	
	Sept. 2016	37,8	(42,4)	41,1	32,7	32,7	32,2	32,2	35,6	
	Feb. 2017	(-)	(-)	40,2	41,6	40,5	37,0	36,3	(-)	

- Werte in Klammern (xx): Nicht genügend relevante Werte zur Berechnung eines repräsentativen Durchschnitts.
- Angabe (-): Keine Werte bei der entsprechenden Windrichtung gemessen
- Fettgedruckt Werte xx: Ergebnisse bei Wind aus Richtung des KKW zum relevanten Messpunkt

Beim Vergleich der Messergebnisse müssen die unterschiedlichen Betriebsbedingungen zwischen September 2009, 2014 und 2016 und Februar 2017 berücksichtigt werden.

Mpt-1 Standortgrenze Nord:

Der Messpunkt befindet sich nördlich des KKW, so dass man bei Südwind von einer Rückenwindssituation vom KKW zum Messpunkt sprechen kann. Diese Windrichtung ist während der Messkampagne 2014 nicht aufgetreten. Die Messwerte für die Windrichtungen SO und SW, die dem am nächsten liegen, sind 2014 um ca. 2,0 dB(A) niedriger. Dies kann auf die Betriebsbedingungen (weniger Blöcke in Betrieb) zurückzuführen sein.

Die Messkampagnen vom September 2016 (Technum) und Februar 2017 (Vinçotte) liefern vergleichbare Werte, die auch mit den Ergebnissen von 2009 übereinstimmen.

Letztendlich scheint der Umgebungslärm in SW, S und SO über die Jahre stabil zu bleiben und während der Nacht durchschnittlich $\pm 50,5$ dB(A) zu betragen.

Die Umweltqualitätsnorm MKM wird daher hier noch in der Größenordnung von 5 dB überschritten, sowohl bei Rückenwind als auch bei anderen Windrichtungen.

Die Schwankung des Umgebungslärms je nach Windrichtung ist auf 3,0 dB begrenzt. Dies lässt sich dadurch erklären, dass sich Mpt-1 in relativ geringer Entfernung von anderen – KKW-unabhängigen – Industrieanlagen auf der anderen Seite der Schelde befindet.

Mpt-2 Scheldedeich Süd:

Dieser Messpunkt liegt etwa in der gleichen Entfernung südlich vom KKW. Bei Rückenwind, vom KKW bis zum Referenzpunkt, d. h. bei Nord- oder Nordwestwind, beträgt der im September 2014 gemessene Umgebungslärm 47,5 bis 48,5 dB(A). Diese Werte sind nur 0,5 dB(A) niedriger als im September 2009.

Die Messkampagnen vom September 2016 (Technum) und Februar 2017 (Vinçotte) zeigen sehr unterschiedliche Ergebnisse. Die Ergebnisse vom September 2016 sind niedriger als 2014, die Ergebnisse vom Februar 2017 sind höher als die Ergebnisse von 2009. Für das Jahr 2017 gibt es keine bei Rückenwind geben.

Letztendlich scheint der Umgebungslärm im N und NW im Laufe der Jahre nachts bei einer Größenordnung von 46 bis 48 dB(A) zu liegen.

Die Umweltqualitätsnorm MKM wird daher hier bei Wind in der Größenordnung von 1-3 dB überschritten.

Mpt-3 Lindenhofstraat West:

Der Messpunkt liegt weiter entfernt von anderen Industrieanlagen – unabhängig vom KKW. Der während der Messkampagne im September 2014 gemessene Gesamtumgebungslärm bei Wind aus Richtung des Industriegebiets zum Referenzpunkt betrug 44,5 dB(A), was einer Abnahme von 2,6 dB(A) im Vergleich zur Situation im September 2009 entspricht.

Dieser Trend wird mit der Messkampagne im September 2016 bestätigt. Die Ergebnisse vom Februar 2017 stimmen eher mit denen von 2009 überein, aber es gibt keine Ergebnisse bei Rückenwind.

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass die Umweltqualitätsnorm EQS von 45 dB(A) bei Rückenwind eingehalten wird.

2.3.3.1.2 Beschreibung der Lärmemission

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die LwA-Schalleistungen der betrachteten kontinuierlichen und diskontinuierlichen Quellen.

2.3.3.1.3 Kontinuierliche Quellen

Die Situation der Lärmemission für die Betriebsphase 2015-2019 entspricht der von 2013-2014.

2.3.3.1.4 Diskontinuierliche Quellen

Tabelle 2-24: Gesamtschallleistungspegel der diskontinuierlichen Quellen

Nr	Beschreibung	Gesamt-Schallleistung in dB(A) re 1pW		
		Anzahl		2015-2019
1	Doel 1&2 – Dieselgeneratoren (4,3 MWth)	2		111,2
2	Doel 1&2 – Sicherheits-Dieselgeneratoren (6,2 MWth)	4		Außer Betrieb
3	Doel 1&2 – Sicherheits-Dieselgeneratoren	5	neu	105
4	Ziel 1&2 – Notfall-Dieselgeneratoren (6,1 MWth).	2		115,1
5	Doel 1&2 – EC und PL-Kreislauf Notkühler	3		115,9
6	Doel 3 – Notfall-Dieselgeneratoren (6,1 MWth).	4		125,6
7	Doel 3 – Rauchgasschornsteine der Sicherheits-Dieselgeneratoren (5,7 MWth)	3		106,8
8	Doel 4 – Notfall-Dieselgeneratoren (12,6 MWth)	3		124,4
9	Doel 4 – Rauchgasschornsteine der Sicherheits-Dieselgeneratoren (5,7 MWth)	3		106,8
10	Feuerwehr GUM - BEST-Pumpen	9	neu	114,5
11	Feuerwehr GUM - BEST-Dieselgeneratoren	11	neu	98,5 102,5
12	Lager - Not-Dieselgenerator	1	neu	91
Gesamt-Schallleistungspegel DISCONTINUE-Quellen				128,8 dB(A)

Hinweis: Best = BElgian Stress Tests

Die diskontinuierlichen Quellen insgesamt repräsentieren einen Schallleistungspegel von 128,8 dB(A), von denen jedoch unter normalen Bedingungen nur eine begrenzte Anzahl für eine begrenzte Zeit und nicht gleichzeitig in Betrieb ist. Dies stellt einen vernachlässigbaren Anstieg der Gesamt-Schallleistung von 0,2 dB(A) im Vergleich zur Situation 2013-2014 dar.

2.3.3.1.5 Berechnung der Lärmübertragung

2.3.3.1.6 Kontinuierliche Quellen

Da der Lärmemissionsstatus für die Betriebsphase 2015-2019 dem Status 2013-2014 entspricht, wird für den Lärmeffekt auf den Status 2013-2014 verwiesen.

2.3.3.1.7 Diskontinuierliche Quellen

Zusätzlich zu den Änderungen, die bei der Beschreibung der Situation 2013-2014 vorgenommen wurden, kamen elf neue ‚BEST Dieselgeneratoren‘ und neun ‚BEST Dieselpumpen‘ im GUM-Gebäude der Feuerwehr hinzu. Die Schalleistung dieser neuen Quellen wurden im Juni 2020 gemessen.

Die Notfallaggregate sind dauerhaft außer Betrieb und wurden nur kurzzeitig für monatliche Tests und Wartungsarbeiten in Betrieb genommen.

Viermal im Jahr werden die Pumpen gewartet (5 große des Typs 150 und 5 kleine des Typs 80), davon dreimal eine kleine Wartung mit Schwerpunkt auf der Batteriespannung und einmal im Jahr eine große Wartung, bei der auch Öl, Filter usw. ausgetauscht werden. Gleichzeitig führen die Techniker einen Startlauf durch, bei dem die Pumpen eine bis maximal fünf Minuten laufen. Dies geschieht vor Ort im GUM-Gebäude bei geöffneten Türen und für eine Pumpe bei Doel 1/2, da sie sich bei Doel 1/2 ständig im Freien befindet. Zusätzlich zum Starten der Pumpe während der Wartung werden monatliche Testläufe an den Pumpen durchgeführt, die ebenfalls maximal fünf Minuten dauern. Einmal alle drei Jahre findet

zudem eine vollständige Durchflussprüfung aller Pumpen statt. Die Laufzeit für diesen Test beträgt höchstens eine halbe Stunde pro Pumpe. Alle Tests werden tagsüber durchgeführt.

Unter der Annahme, dass es 220 Arbeitstage im Jahr und 12 Stunden am Tag gibt, wurde die durchschnittliche tägliche Betriebszeit pro Notfallgruppe ermittelt. In Kombination mit dem spezifischen Lärm jeder einzelnen Notfallgruppe, berechnet auf der Grundlage des Übertragungsmodells, wurde der zeitgewichtete Beitrag jeder Notfallgruppe bestimmt. Die logarithmische Summe all dieser Einzelbeiträge ergibt dann den durchschnittliche spezifische Lärm der Gesamtheit dieser nicht-kontinuierlichen Notfallanlagen des KKW an den betrachteten Referenzpunkten.

Tabelle 2-25: Durchschnittlicher spezifischer Lärm Rauschen an Referenzpunkten.

Name	2015-2019
IP-11 ZW_A	21.2
IP-12 W_A	23.1
IP-13 N_A	26.9
IP-14 NW_A	32.2
IP-21 N_A	32.1
IP-22 NO_A	38.7
IP-23 O_A	33.1
IP-25 Z_A	26.1
IP-26 ZW_A	29.3
IP-27 W_A	33.9
Mpt-1_A	40.3
Mpt-2_A	26.6
Mpt-3_A	28.8

* berechnet in Genoise

Dieser ‚zeitgewichtete spezifische Gesamtlärm‘ der nicht-kontinuierlichen Quellen bleibt an allen Referenzpunkten deutlich unter dem spezifischen Lärm der kontinuierlichen Quellen.

Die logarithmische Summe des ‚zeitgewichteten spezifischen Gesamtlärms‘ der nicht-kontinuierlichen Quellen mit den kontinuierlichen Quellen und deren Prüfung gegenüber dem Richtwert von 50 dB(A) während des Tages (da die nicht-kontinuierlichen Quellen nur während des Tages geprüft werden) ist für die Referenzpunkte in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2-26: Zeitgewichteter spezifische Gesamtlärm im Zustand 2015-2019

Name	Kontinuierliche Quellen	Diskontinuierliche Quellen	Kontinuierliche + nicht-kontinuierliche Quellen	Überschreitung GES. vs RW 50 (tagsüber)
	Lsp	„Zeitgewichteter“ Lsp	GES. Lsp	
IP-11 ZW_A	40.7	21.2	40.7	-
IP-12 W_A	41.4	23.1	41.5	-
IP-13 N_A	38.2	26.9	38.5	-
IP-14 NW_A	41.3	32.2	41.8	-
IP-21 N_A	44.6	32.1	44.8	-
IP-22 NO_A	51.7	38.7	51.9	+1.9
IP-23 O_A	56.6	33.1	56.6	+6.6
IP-25 Z_A	43.1	26.1	43.2	-
IP-26 ZW_A	45.3	29.3	45.4	-
IP-27 W_A	43.4	33.9	43.9	-
Mpt-1_A	48.7	40.3	49.3	-
Mpt-2_A	43.4	26.6	43.5	-
Mpt-3_A	43.6	28.8	43.7	-

Die logarithmische Summe beider Werte bleibt an den meisten Punkten unter dem für den Tageszeitraum geltenden Richtwert, mit Ausnahme der Referenzpunkte IP-22-NO und IP-23 O, die sich im Naturschutzgebiet 200 m von der Standortgrenze im Osten und Nordosten befinden. An diesen Punkten übersteigt dieser ‚zeitgewichtete spezifische Gesamtlärm‘ den Richtwert für den Tageszeitraum um ca. 2 bis 6 dB(A). Allein mit dem Beitrag der kontinuierlichen Quellen wird der Richtwert 50 dB(A) bereits überschritten. Der ‚zeitgewichtete spezifische Lärm‘ der nicht-kontinuierlichen Lärmquellen verursacht nur eine vernachlässigbare zusätzliche Überschreitung von 0,2 dB(A) am Referenzpunkt IP-22 NO. Am Referenzpunkt IP-23 O wird keine zusätzliche Überschreitung des kumulativen Lärmpegels durch die nicht-kontinuierlichen Quellen erreicht. Infolgedessen bleibt die Folgenabschätzung identisch mit der Situation in den Jahren 2013-2014.

Die errechnete Lärmausbreitung auf die Umgebung des zeitgewichteten spezifischen Lärms wird mittels farbiger Lärmkonturen dargestellt (Lärmkarte). Eine Lärmkontur wird durch Verbinden von Gitterpunkten mit gleichem Schalldruckpegel gebildet. Auf der Lärmkonturkarte werden Zonen mit gleichem Lärmpegel (Lärmklasse) in der gleichen Farbe dargestellt, so dass ein klarer visueller Überblick über die Lärmausbreitung gegeben ist. Der kritische Bereich, d. h. der Bereich, innerhalb dessen der Schalldruckpegel einen bestimmten Wert (d. h. den geltenden Vlärem II-Richtwert) überschreitet, kann eindeutig identifiziert werden. Die Lärmkonturkarte gibt Aufschluss über die Ausbreitung und das Ausmaß der Lärmbelastung.



Die obige Abbildung zeigt die Lärmkarte für den ‚zeitgewichteten spezifischen Lärm‘ der nicht-kontinuierlichen Quellen des KKW. Die Lärmkonturen werden ab 45 dB(A) in Schritten von 5 dB(A) bis zum Schallkonturwert von 75 dB(A) dargestellt.

Daraus geht hervor, dass der ‚zeitgewichtete spezifische Lärm‘ der nicht-kontinuierlichen Quellen den Zielwert von Vlärem II von 50 während der Tageszeit in der Nähe des KKW nicht überschreitet. Die Lärmkarte zeigt sogar, dass die Belastungskontur von 50 dB(A) vollständig im KKW-Gelände liegt.

Wie bei den kontinuierliche, Quellen können für die Kombination von kontinuierlichen und nicht-kontinuierlichen Quellen die Auswirkungen auf den Umgebungslärm und den Signifikanzpegel an den verschiedenen Bezugspunkten für den ‚zeitgewichteten spezifischen Gesamtlärm‘ bestimmt werden.

Tabelle 2-27: Signifikanzniveau basierend auf dem zeitgewichteten spezifischen Gesamtlärm im Zustand 2015-2019

Name	Kontinuierliche + nicht-kontinuierliche Quellen		GES. = UUL	Δ GES.-UUL	Zwischenergebnis	Überschreiten Lsp vs RW	Endergebnis
	Lsp	UUL					
IP-11 ZW_A	40.7	45.6	46.8	1.2	-1	-9.3	-1
IP-12 W_A	41.5	45.6	47	1.4	-1	-8.5	-1
IP-13 N_A	38.5	45.6	46.4	0.8	0	-11.5	0
IP-14 NW_A	41.8	45.6	47.1	1.5	-1	-8.2	-1
IP-21 N_A	44.8	45.6	48.2	2.6	-1	-5.2	-1
IP-22 NO_A	51.9	45.6	52.8	7.2	-3	1.9	-2
IP-23 O_A	56.6	45.6	56.9	11.3	-3	6.6	-2
IP-25 Z_A	43.2	45.6	47.6	2.0	-1	-6.8	-1
IP-26 ZW_A	45.4	45.6	48.5	2.9	-1	-4.6	-1
IP-27 W_A	43.9	45.6	47.8	2.2	-1	-6.1	-1
Mpt-1_A	49.3	45.6	50.8	5.2	-2	-0.7	-1
Mpt-2_A	43.5	45.6	47.7	2.1	-1	-6.5	-1
Mpt-3_A	43.7	45.6	47.8	2.2	-1	-6.3	-1

Für den ‚gewichteten spezifischen Gesamtlärm‘ der kontinuierlichen und nicht-kontinuierlichen Quellen zusammen finden wir ein Signifikanzniveau (Endscore) von 0 oder -1 für ‚tagsüber‘ an den nächstgelegenen Wohnungen (IP-1x) um das KKW, was bedeutet, dass das KKW einen vernachlässigbaren bis ‚geringfügigen negativen‘ Einfluss hat. Es sei darauf hingewiesen, dass diese Punkte streng genommen nicht als Auswertungspunkte von Vlärem II gelten, da die Entfernung der Wohnungen bis zur Standortgrenze mehr als 200 Meter beträgt.

In den Beurteilungspunkten von Vlärem II (IP-2x) wird in Bezug auf die nördliche, südliche und westliche Zone ein Signifikanzniveau von -1 erreicht. In der östlichen und nordöstlichen Zone, die im Naturschutzgebiet entlang der Schelde liegt, wird ein Signifikanzniveau von -2 (= ‚negative‘ Auswirkungen) erreicht.

Während der Nachtperiode ist dies keine Bewertungssituation, da die nicht-kontinuierlichen Quellen nur während der Tagesperiode getestet werden.

Infolgedessen bleibt die Folgenabschätzung identisch mit der Situation in den Jahren 2013-2014.

2.3.3.2 Beschreibung der Lärmbelastung LTO

Für die LTO-Bauphase sind zwei Bauprojekte geplant:

- CFVS-Gebäude (mit FCV)
- FE-Pumpengebäude (auf Bohrpfählen)

Der Bau für des FE-Gebäudes erfolgt teils zur gleichen Zeit wie der Bau des CFVS-Gebäudes. Um eine konservative Schätzung vornehmen zu können, wird für die Lärmbelastung angenommen, dass beide Baustellen gleichzeitig betrieben werden.

Eine Baustelle verursacht viele Formen von Lärmbelästigung:

- Lärm erzeugende Maschinen, Geräte und Aktivitäten.
- Eine schlechte Anordnung der Lärmquellen (wohnungsnahe Anordnung, Fehlen einer Lärmmessung usw.).
- Geschrei und bestimmte Verhaltensweisen.

Jede Baustelle erzeugt spezifische Lärmemissionen, die von der Art der ausgeführten Arbeiten abhängen. Außerdem ändern sich diese Geräuschemissionen mit dem Fortschreiten der Arbeiten.

Die wichtigsten Aktivitäten für das Projekt mit Potenzial für Lärm-/Vibrationsbelastungen sind unten aufgeführt:

- Für das FE-Pumpenhaus sind Pfahlfundamente vorgesehen.
- Der Bodenaushub muss entfernt und das Bau-/Fundamentmaterial angeliefert werden.

In Tabelle 2-28 sind die bei den oben genannten Vorgängen verwendeten Werkzeuge dargestellt:

- Bagger
- Turmkräne
- Schraubpfahlmaschine
- Hubarbeitsbühnen (Scherenhubtische)
- Stromgenerator
- Kleines Bauwerkzeug
- Betonmischer



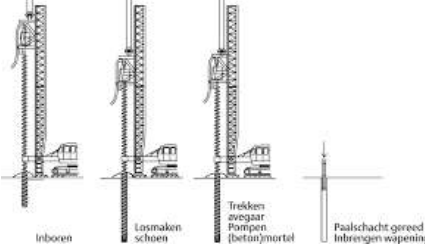
Hinweis: Es ist keine Entwässerung vorgesehen, also auch keine Entwässerungspumpen.



Die Lärmbelastung durch die Arbeiten hängt von der Umgebung der Baustelle, dem Fortschritt der Arbeiten und dem spürbaren Unterschied zwischen der theoretischen Lärmemission (begrenzt durch den Königlichen Erlass vom 6. März 2002 über den Schalleistung von Geräten zur Verwendung im Freien) und der tatsächlichen Lärmemission ab.

Der Schalleistungspegel der spezifizierten Geräte ist in der nachstehenden Tabelle entsprechend den technischen Merkmalen angegeben. In Ermangelung von Daten wurden die Lärmangaben eines typischen Maschine angegeben.

Dennoch muss jede Arbeitsmaschine den maximal zulässigen Schalleistungspegel gemäß dem Königlichen Erlass vom 6. März 2002 einhalten.

Tabelle 2-28: Typische Arbeitsmaschinen während der Bauphase und ihr Schalleistungspegel

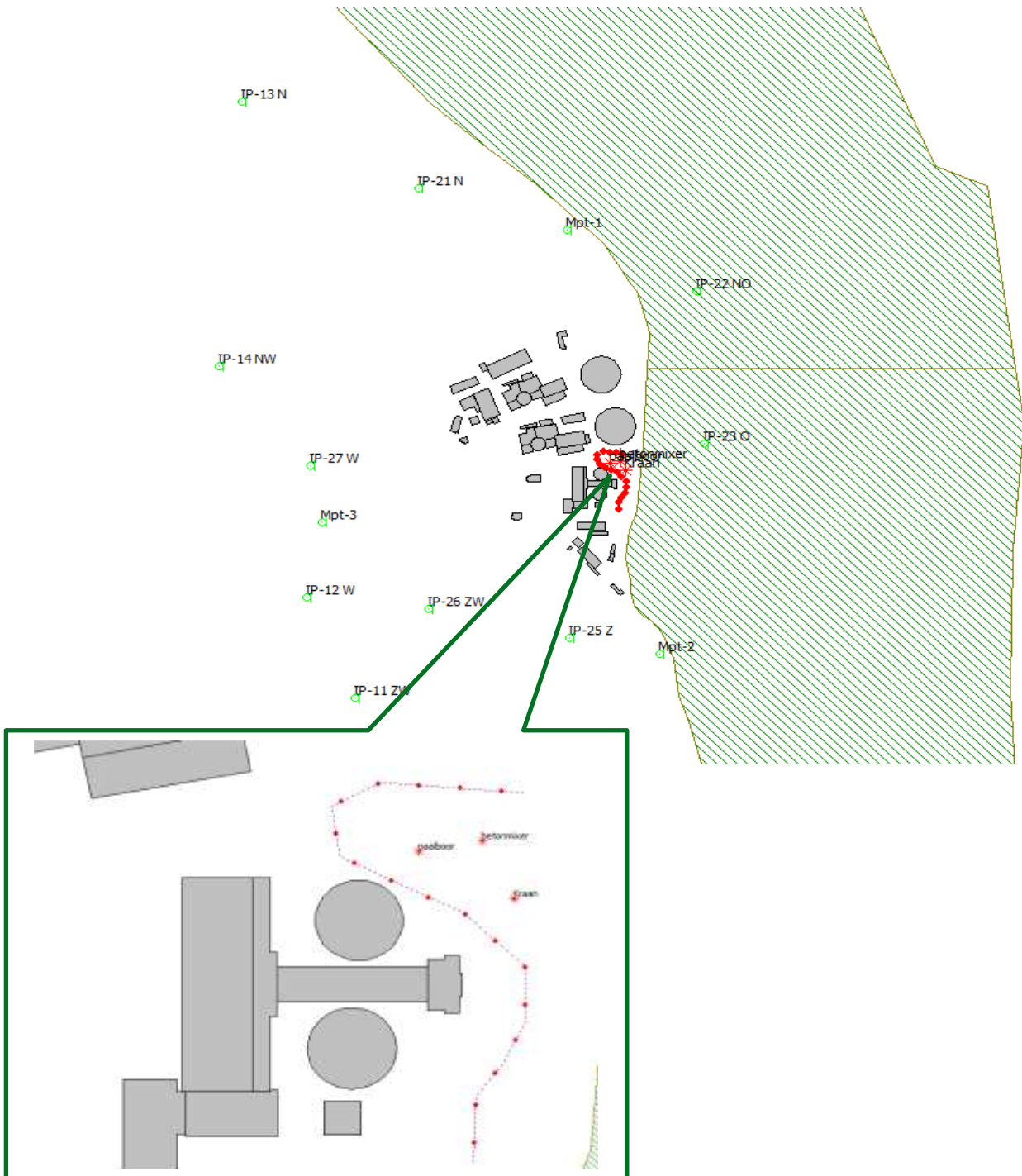
Materialtyp	Charakteristisches Werkzeug Installierte Nettoleistung P in kW	Lärmpegel gemäß technischem Datenblatt
Bagger	 <p>Typ: Caterpillar 328 DL 140kW</p>	106 dB(A)
Turmdrehkran	 <p>Typ: Liebherr 280 ECH 65kW & Liebherr 200 ECH 45kW</p>	105 dB(A)
Schraubpfahlmaschine	 <p>Inboren Losmaken schoen Trekken weggar Pompen (beton)mortel Paalschicht gereed Inbrengen wapening</p>	< 110 dB(A)

Materialtyp	Charakteristisches Werkzeug Installierte Nettoleistung P in kW	Lärmpegel gemäß technischem Datenblatt
Betonmischer	 DAF CF85/410 – 302 kW	107 dB(A) ¹⁰
Dumper/LKW Transport von Materialien auf der Straße]		104 dB(A)

Die geschätzte Erdbewegung beträgt 1000 m³ (500 m³ pro Projekt). Infolgedessen ist die Zahl der Lkw-Bewegungen begrenzt, und zwar hauptsächlich bei Aushubarbeiten und bei der Anlieferung von Materialien. Die Transporte erfolgen nur tagsüber. Es gibt keine Baustellenwege außerhalb der Standortgrenzen des KKW, da der Bodenaushub zur Wiederverwendung auf dem eigenen Gelände zwischengelagert wird. Für die interne Baustellenroute wird teilweise die an den Projektzonen angrenzende Straße genutzt.

Auf der Grundlage der Daten für die Bauarbeiten wurde ein akustisches Berechnungsmodell erstellt, das auf dem maximalen Belastungszustand basiert, d. h. dem Augenblick des spezifischen Lärms, bei dem alle Werkzeuge (ein Werkzeug jeden Typs) gleichzeitig arbeiten. Dies in Kombination mit dem stündlichen durchschnittlichen Lärmbeitrag des internen Baustellenverkehrs auf der angrenzenden Straße zwischen der Projektzone und dem nahe gelegenen Lager für Erdbewegungen innerhalb des Baustellenbereichs. Im folgenden Auszug aus dem Berechnungsmodell sind der Standort der Werkzeuge im Baustellenbereich durch ein Sternchen und der Baustellenweg durch eine rote Linie dargestellt. Die Lage der Referenzpunkte ist ebenfalls angegeben, zusammen mit der Wasseroberfläche (grüne Schattierung) der Schelde.

¹⁰ Lärmpegel lt. Studie Peutz B.V. - „Bouwlawaai: hoe ermee om te gaan in de praktijk.“ [Baulärm: Wie man in der Praxis damit umgeht.]



Die logarithmische Summe des ‚zeitgewichteten spezifischen Gesamtlärms‘ der nicht-kontinuierlichen und der kontinuierlichen Quellen mit dem Beitrag des Baustellenlärms und deren Prüfung gegenüber dem Richtwert von 50 dB(A) während des Tages (da die nicht-kontinuierlichen Quellen nur während des Tages geprüft werden) ist für die Referenzpunkte in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2-29: Überprüfung der logarithmischen Summe des zeitgewichteten spezifischen Gesamtlärms gegenüber dem Richtwert an Referenzpunkten im Zustand 2015-2019.

Zustand 2015-2019

Name	Kontinuierliche + nicht-kontinuierliche Quellen Lsp	Werkzeug Bau LTO Lsp-Baustelle	Kontinuierliche + Nicht-kontinuierliche Quellen + Einrichtung der Werkzeuge GES. Lsp	Überschreitung GES. vs RW 50 (tagsüber)
IP-11 ZW_A	40.7	31.4	41.3	-
IP-12 W_A	41.5	20.7	41.6	-
IP-13 N_A	38.5	24.7	39	-
IP-14 NW_A	41.8	23.3	42.3	-
IP-21 N_A	44.8	19.3	45.1	-
IP-22 NO_A	51.9	39.8	52.4	+2.4
IP-23 O_A	56.6	50.4	57.6	+7.6
IP-25 Z_A	43.2	36.2	44	-
IP-26 ZW_A	45.4	33.9	45.8	-
IP-27 W_A	43.9	33.2	44.6	-
Mpt-1_A	49.3	17.0	49.8	-
Mpt-2_A	43.5	42.9	46.3	-
Mpt-3_A	43.7	20.2	43.9	-

Die logarithmische Summe beider Werte bleibt an den meisten Punkten unter dem für den Tageszeitraum geltenden Richtwert, mit Ausnahme der Referenzpunkte IP-22-NO und IP-23 O, die sich im Naturschutzgebiet 200 m von der Standortgrenze im Osten und Nordosten befinden. Diese Situation ist bereits ohne die Baustellenaktivitäten gegeben. An diesen Punkten übersteigt dieser ‚zeitgewichtete spezifische Gesamtlärm‘ den Richtwert für den Tageszeitraum um ca. 2 bis 7 dB(A). Allein mit dem Beitrag der kontinuierlichen Quellen wird der Richtwert 50 dB(A) bereits überschritten. Der zusätzliche Lärmbeitrag der Arbeiten führt nur zu einer begrenzten zusätzlichen Überschreitung von 0,5 dB(A) am Referenzpunkt IP-22 NO bzw. 1 dB(A) am Referenzpunkt IP-23 O in einem begrenzten Zeitfenster. Damit entspricht die Folgenabschätzung für die Arbeiten (bei einer Worst-Case-Belastung) der Situation von 2013-2014.

Die Lärmnormen für die Prüfung des spezifischen Lärms bei vorübergehenden Arbeiten sind in Flandern nicht gesetzlich geregelt. Man kann sich jedoch auf Lärmnormen beziehen, die für Bauarbeiten in unseren Nachbarländern erarbeitet wurden. Die Niederländische Bauverordnung 2012 legt einen Lärmpegel von 60 dB(A) als Grenzwert für die Fassaden der umliegenden Gebäude oder andere lärmempfindliche Bereiche fest.

- Immerhin gibt es bis zu 60 dB(A) keine Begrenzung der Expositionsdauer.
- Ab 60 dB(A) bis maximal 80 dB(A) wird die Anzahl der Tage, an denen die Anwohner dem Lärm der Bautätigkeit ausgesetzt sind, geregelt (begrenzt).

Wenn der aus den Arbeiten resultierende Lärmpegel ca. 60 dB(A) beträgt, ist dies sicherlich wahrnehmbar und deutlich erkennbar, aber sicherlich nicht inakzeptabel im Verhältnis zu dem in der Gegend herrschenden Umgebungslärm, der durch Wohntätigkeiten, Straßenverkehr, Schienenverkehr, Industrielärm usw. verursacht wird. Falls die Lärmpegel bestimmter Arbeiten voraussichtlich 60 dB(A) übersteigen, ist es angebracht, zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen.

Auf der Grundlage der Bestimmungen des niederländischen Baudekrets 2012 können wir feststellen, dass der Richtwert von 60 dB(A) bereits in einem Abstand von weniger als 200 m von der Standortgrenze des KKW eingehalten wird. Dies bedeutet, dass der Richtwert, der für die Wohnungen festgelegt wurde, mit Sicherheit eingehalten wird, da alle Wohnungen mehr als 200 m von der Standortgrenze entfernt liegen.

2.3.3.3 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2020-2025)

2.3.3.3.1 Beschreibung der Lärmemission

2.3.3.3.2 Kontinuierliche Quellen

Die Situation der Lärmemission für die Betriebsphase 2020-2025 entspricht der von 2013-2014. Es gibt keine Änderungen bei den Geräuschemissionen.

2.3.3.3.3 Diskontinuierliche Quellen

Die Situation der Lärmemission für die Betriebsphase 2020-2025 entspricht der von 2015-2019. Es gibt keine Änderungen bei den Geräuschemissionen.

2.3.3.3.4 Berechnung der Lärmübertragung

2.3.3.3.5 Kontinuierliche Quellen

Da der Lärmemissionsstatus für die Betriebsphase 2020-2025 dem Status 2013-2014 entspricht, wird für den Lärmeffekt auf den Status 2013-2014 verwiesen.

2.3.3.3.6 Diskontinuierliche Quellen

Da der Lärmemissionsstatus für die Betriebsphase 2020-2025 dem Status 2015-2019 entspricht, wird für den Lärmeffekt auf den Status 2015-2019 verwiesen.

2.3.3.4 Betriebsphase Endgültige Stilllegung (2025-2029)

2.3.3.4.1 Beschreibung der Lärmemission

2.3.3.4.2 Kontinuierliche Quellen

Die Situation der Lärmemission für die Betriebsphase 2025-2029 entspricht der von 2013-2014. Es gibt keine Änderungen bei den Geräuschemissionen.

2.3.3.4.3 Diskontinuierliche Quellen

Die Situation der Lärmemission für die Betriebsphase 2025-2029 entspricht der von 2015-2019. Es gibt keine Änderungen bei den Geräuschemissionen.

2.3.3.4.4 Berechnung der Lärmübertragung

2.3.3.4.5 Kontinuierliche Quellen

Da der Lärmemissionsstatus für die Betriebsphase 2025-2029 dem Status 2013-2014 entspricht, wird für den Lärmeffekt auf den Status 2013-2014 verwiesen.

2.3.3.4.6 Diskontinuierliche Quellen

Da der Lärmemissionsstatus für die Betriebsphase 2025-2029 dem Status 2015-2019 entspricht, wird für den Lärmeffekt auf den Status 2015-2019 verwiesen.

2.3.3.5 Betriebsphase Null-Variante

2.3.3.5.1 Beschreibung der Lärmemission

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die LwA-Schalleistungen der betrachteten kontinuierlichen und diskontinuierlichen Quellen. Für die Beschreibung der Null-Variante wird auf den allgemeinen Teil der UVP verwiesen (siehe Abschnitt 1.7).

2.3.3.5.2 Kontinuierliche Quellen

Tabelle 2-30: Berücksichtigte Schalleistungspegel der Dauerschallquellen

Quelle n- Grupp e	Beschreibung	Berücksichtigte Schalleistungen in dB(A) re 1 pW
		Null-Variante
1	Doel 1 – Transformatoren	102,6
2	Doel 1 - Belüftung Reaktorgebäude	102,3
3	Doel 2 – Transformatoren	102,6
4	Doel 2 - Belüftung Reaktorgebäude	102,3
5	Doel 1&2 - Hilfskühltürme	107,0
6	Doel 1&2 - Maschinenraum	Außer Betrieb
7	Zweck 1&2 - Wasserentnahme	Außer Betrieb
8	Doel 1&2 – Belüftung GNH	Außer Betrieb
9	Doel 3 – Haupttransformatoren	98,9
10	Doel 3 - Hilfstransformatoren Maschinenraum	92,0
11	Doel 3 – Hilfstransformatoren zwischen Maschinenraum und CGB	87,4
12	Doel 3 – Hilfskühltürme – Hochgeschwindigkeitsventilator	111,7
13	Doel 3 – Kältekompressor Typ Yoric	100,8
14	Doel 3 – Maschinenraum – Fenster und Lüftungsgitter	103,2
15	Doel 3 – Belüftung Bunker Nordseite	103,7
16	Doel 3 - Belüftung Bunker -Südseite	103,7
16a	Doel 3 - Belüftung GEH	96,0
17	Doel 4 – Haupttransformatoren	98,9
18	Doel 4 - Hilfstransformatoren Maschinenraum	92,0
19	Doel 4 – Hilfstransformatoren zwischen Maschinenraum und CGB	87,4
20	Doel 4 – Hilfskühltürme – Hochgeschwindigkeitsventilator	111,7
21	Doel 4 – Kältekompressor Typ Carrier	99,2
22	Doel 4 – Maschinenraum – Fenster und Lüftungsgitter	102,8
23	Doel 4 – Lüftungsgitter auf dem Dach GEH	94,8
24	Doel 4 – Belüftung Bunker Nordseite	109,7
25	Doel 4 – Belüftung Bunker -Südseite	108,4
26	Zweck 3&4 – Wasserentnahme	95,5
27	Doel 1&4 – Kühltürme	117,8
28	Doel 1&4 – Umwälzpumpen	109,3
29	Doel 1&4 – Nachfüllpumpen	103,3

Quelle n- Grupp e	Beschreibung	Berücksichtigte Schalleistungen in dB(A) re 1 pW
		Null-Variante
30	Doel 2&3 – Kühltürme	117,8
31	Doel 2&3 – Umwälzpumpen	103,2
32	Doel 2&3 – Nachfüllpumpen	98,4
33	WAA – Hilfskühltürme	107,0
GESAMT LwA INSTALLIERT am KKW-Standort		123,2

Die Gesamt-Schalleistung der kontinuierlichen KKW-Quellen beträgt somit 123,2 dB(A). Davon entfallen 55 % auf die beiden Kühltürme, die zusammen eine Schalleistung von 120,8 dB(A) aufweisen. Die Hilfskühler machen weitere 20 % aus. Die Abstrahlung der Maschinenräumwände und die Belüftung der Bunker und Reaktorgebäude machen 15 % der Gesamtleistung aus. Dies stellt eine vernachlässigbare Reduzierung der Gesamt-Schalleistung von 0,2 dB(A) im Vergleich zur Situation 2013-2014 dar.

2.3.3.5.3 Diskontinuierliche Quellen

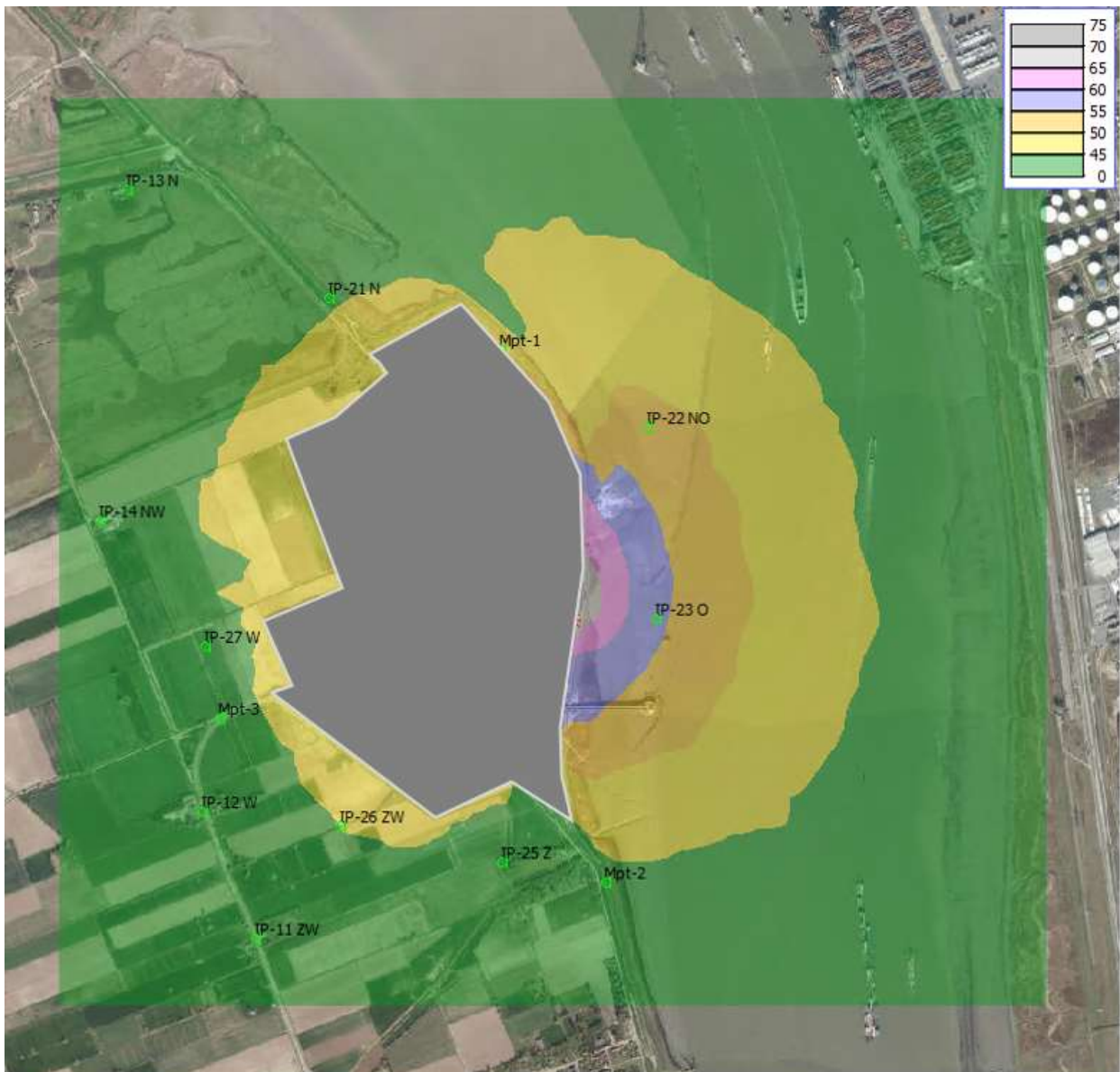
Die Situation der Lärmemission für die Betriebsphase ‚Null-Variante‘ entspricht der von 2015-2019.

Für den Zeitraum 2019-2025 müssten jedoch nur die Notstromanlagen für Doel 3 und 4 getestet werden. Die Gesamt-Schalleistung der kontinuierlichen KKW-Quellen beträgt somit 128,3 dB(A), das entspricht einer Lärmreduktion um nur 0,5 dB(A) im Vergleich zur Situation vor 2019.

2.3.3.5.4 Berechnung der Lärmübertragung

2.3.3.5.5 Kontinuierliche Quellen

Die errechnete Lärmausbreitung auf die Umgebung wird mittels farbiger Lärmkonturen dargestellt (Lärmkarte). Eine Lärmkontur wird durch Verbinden von Gitterpunkten mit gleichem Schalldruckpegel gebildet. Auf der Lärmkonturkarte werden Zonen mit gleichem Lärmpegel (Lärmklasse) in der gleichen Farbe dargestellt, so dass ein klarer visueller Überblick über die Lärmausbreitung gegeben ist. Der kritische Bereich, d. h. der Bereich, innerhalb dessen der Schalldruckpegel einen bestimmten Wert (d. h. den geltenden Vlärem II-Richtwert) überschreitet, kann eindeutig identifiziert werden. Die Lärmkonturkarte gibt Aufschluss über die Ausbreitung und das Ausmaß der Lärmbelastung.



Die obige Abbildung zeigt die Lärmkarte, die auf der Grundlage der Schalleistungen der kontinuierlichen KKW-Quellen berechnet wurde. Die Lärmkonturen werden ab 45 dB(A) in Schritten von 5 dB(A) bis zum Schallkonturwert von 75 dB(A) dargestellt.

Daraus geht hervor, dass der spezifische Lärm der kontinuierlichen Quellen in 200 m Entfernung von der Standortgrenze auf der Ostseite, d. h. im Naturschutzgebiet entlang der Schelde, am höchsten ist und zwischen 45 und 60 dB(A) variiert. Von Süden über Westen nach Norden schwankt der Lsp für die kontinuierlichen Quellen weitgehend unterhalb von 45 dB(A) und entspricht damit hier dem Richtwert. Weiter im Nordosten sinkt der spezifische Lärm auf 50 dB(A) und mehr.

Der Vergleich mit der Lärmkarte 2013-2014 zeigt eine sichtbare Schrumpfung der Schallkontur in der südöstlichen Zone.

Zusätzlich wurde der spezifische Lärm des KKW in absoluten Werten für die oben genannten Referenzpunkte (inkl. Auswertungspunkte und Messpunkte) berechnet.

Tabelle 2-31: Spezifischer Lärm an Referenzpunkten gegenüber dem Vlärem II-Richtwert

Status Null-Variante	Lsp	Überschreitung des Richtwerts Vlärem II (dB(A))		
		D:50	A:45	N:45
IP-11 ZW_A	40.5	-	-	-
IP-12 W_A	41.2	-	-	-
IP-13 N_A	38.2	-	-	-
IP-14 NW_A	41.2	-	-	-
IP-21 N_A	44.6			
IP-22 NO_A	51.7	1.7	6.7	6.7
IP-23 O_A	56.3	6.3	11.3	11.3
IP-25 Z_A	42.7			
IP-26 ZW_A	45.1			
IP-27 W_A	43.2			
Mpt-1_A	48.7			
Mpt-2_A	42.4			
Mpt-3_A	43.4			

L _{sp} < RW
RW < L _{sp} < RW + 10
L _{sp} > RW+10

Die Berechnungen zeigen, dass während der **Abend- und Nachtperiode** der spezifische Lärm des KKW an den Referenzpunkten IP-22 NO und IP-23 O den Richtwert überschreitet. Diese Überschreitung bei IP-23 O, d. h. 200 m östlich der Standortgrenze, beträgt mehr als 10 dB(A), was an sich schon bedeutet, dass der Betreiber von sich aus einen Sanierungsplan entwickeln muss. Die gleiche Bewertung erhielt man bereits für den Zustand 2013-2014. Die Außerbetriebnahme der Lärmquellen des Lagers MAZ-12, der Quellen an der Wasserentnahme und der Belüftung von GNH-12 bedingt lediglich für den Referenzpunkt IP-23 O eine vernachlässigbare Lärmreduzierung um 0,3 dB(A). Das Bewertungsergebnis entspricht damit dem Zustand 2013-2014.

Einfluss auf den Umgebungslärm:

Zusätzlich zu den oben erwähnten Prüfungen des berechneten spezifischen mit dem geltenden Richtwert von Vlärem II wird bei der Bestimmung der Effektbewertung im Signifikanzrahmen auch die erwartete Auswirkung des spezifischen Lärms auf den Umgebungslärm berücksichtigt.

Wie in der nachstehenden Tabelle dargestellt können dann auf der Grundlage des geschätzten ursprünglichen Umgebungslärms die Signifikanzpegel entsprechend dem Signifikanzrahmen an den verschiedenen Referenzpunkten bestimmt werden.

Tabelle 2-32: Signifikanzpegel für Lärm bei der Null-Variante

Status Null-Variante								
Name	Lsp	UUL	GES. = UUL	Δ GES.-UUL	Zwischen ergebnis	Überschreiten Lsp vs RW	Endergebnis	
IP-11 ZW_A	40.5	45.6	46.8	1.2	-1	-4.5	-1	
IP-12 W_A	41.2	45.6	46.9	1.3	-1	-3.8	-1	
IP-13 N_A	38.2	45.6	46.3	0.7	0	-6.8	0	
IP-14 NW_A	41.2	45.6	46.9	1.3	-1	-3.8	-1	
IP-21 N_A	44.6	45.6	48.1	2.5	-1	-0.4	-1	
IP-22 NO_A	51.7	45.6	52.7	7.1	-3	6.7	-2	
IP-23 O_A	56.3	45.6	56.7	11.1	-3	11.3	-3	
IP-25 Z_A	42.7	45.6	47.4	1.8	-1	-2.3	-1	
IP-26 ZW_A	45.1	45.6	48.4	2.8	-1	0.1	-1	
IP-27 W_A	43.2	45.6	47.6	2.0	-1	-1.8	-1	
Mpt-1_A	48.7	45.6	50.4	4.8	-2	3.7	-2	
Mpt-2_A	42.4	45.6	47.3	1.7	-1	-2.6	-1	
Mpt-3_A	43.4	45.6	47.6	2.0	-1	-1.6	-1	

2.3.3.5.6 Diskontinuierliche Quellen

Da der Lärmemissionsstatus für die Betriebsphase ‚Null-Variante‘ dem Status 2015-2019 entspricht, wird für den ‚zeitgewichteten spezifischen Lärm‘ der diskontinuierlichen Quellen auf den Status 2015-2019 verwiesen.

Wie bei den kontinuierliche, Quellen können für die Kombination von kontinuierlichen und nicht-kontinuierlichen Quellen die Auswirkungen auf den Umgebungslärm und den Signifikanzpegel an den verschiedenen Bezugspunkten für den ‚zeitgewichteten spezifischen Gesamtlärm‘ bestimmt werden.

Tabelle 2-33: Signifikanzniveau basierend auf dem zeitgewichteten spezifischen Gesamtlärm bei der Null-Variante

Status Null-Variante								
Name	Kontinuierlich e + nicht-kontinuierliche Quellen		GES. =	Δ	Zwischene rgebnis	Überschreite n Lsp vs RW	Enderge bnis	
	Lsp	UUL	UUL	GES.-UUL				
IP-11 ZW_A	40.6	45.6	46.8	1.2	-1	-9.4	-1	
IP-12 W_A	41.3	45.6	47	1.4	-1	-8.7	-1	
IP-13 N_A	38.5	45.6	46.4	0.8	0	-11.5	0	
IP-14 NW_A	41.7	45.6	47.1	1.5	-1	-8.3	-1	
IP-21 N_A	44.8	45.6	48.2	2.6	-1	-5.2	-1	
IP-22 NO_A	51.9	45.6	52.8	7.2	-3	1.9	-2	
IP-23 O_A	56.3	45.6	56.7	11.1	-3	6.3	-2	
IP-25 Z_A	42.8	45.6	47.4	1.8	-1	-7.2	-1	
IP-26 ZW_A	45.2	45.6	48.4	2.8	-1	-4.8	-1	

IP-27 W_A	43.7	45.6	47.8	2.2	-1	-6.3	-1
Mpt-1_A	49.3	45.6	50.8	5.2	-2	-0.7	-1
Mpt-2_A	42.5	45.6	47.3	1.7	-1	-7.5	-1
Mpt-3_A	43.5	45.6	47.7	2.1	-1	-6.5	-1

Für den ‚gewichteten spezifischen Gesamtlärm‘ der kontinuierlichen und nicht-kontinuierlichen Quellen zusammen finden wir ein Signifikanzniveau (Endscore) von 0 oder -1 für ‚tagsüber‘ an den nächstgelegenen Wohnungen (IP-1x) um das KKW, was bedeutet, dass das KKW einen vernachlässigbaren bis ‚geringfügigen negativen‘ Einfluss hat. Es sei darauf hingewiesen, dass diese Punkte streng genommen nicht als Auswertungspunkte von Vlärem II gelten, da die Entfernung der Wohnungen bis zur Standortgrenze mehr als 200 Meter beträgt.

In den Beurteilungspunkten von Vlärem II (IP-2x) wird in Bezug auf die nördliche, südliche und westliche Zone ein Signifikanzniveau von -1 erreicht. In der östlichen und nordöstlichen Zone, die im Naturschutzgebiet entlang der Schelde liegt, wird ein Signifikanzniveau von -2 (= ‚negative‘ Auswirkungen) erreicht.

Während der Nachtperiode ist dies keine Bewertungssituation, da die nicht-kontinuierlichen Quellen nur während der Tagesperiode getestet werden.

Infolgedessen bleibt die Folgenabschätzung identisch mit der Situation in den Jahren 2013-2014.

2.3.3.6 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Das nächste Haus auf niederländischem Gebiet ist 3,5 bis 4 km vom KKW entfernt. Durch Extrapolation des berechneten spezifischen Lärms bei Mpt 3 – Wohnung Nord in 1350 m Entfernung vom KKW – auf die niederländischen Wohnungen erhalten wir einen spezifischen Lärm von maximal 30 dB(A) während der Nacht für den Lärmbeitrag der kontinuierlichen Quellen des KKW. Der ‚zeitgewichtete spezifische Gesamtlärm‘ der kontinuierlichen und nicht-kontinuierlichen Quellen beträgt ebenfalls maximal 30 dB(A), da der Beitrag der nicht-kontinuierlichen Quellen deutlich unter dem Beitrag der kontinuierlichen Quellen liegt.

Es kann dann davon ausgegangen werden, dass das KKW einen vernachlässigbaren bis höchstens geringen Einfluss auf den Umgebungslärm in Höhe der betrachteten Wohnhäuser in den Niederlanden hat.

2.3.4 Monitoring

Die verschiedenen Betriebsphasen weichen weder in der negativen noch in der positiven Bewertung wesentlich von der Ausgangssituation 2013-2014 ab.

Eine zusätzliche Überwachung zur Identifizierung signifikanter negativer Auswirkungen der nächsten Betriebsphasen ist nicht erforderlich, kann aber nützlich sein, um die Entwicklung der Lärmbelastung der Umwelt anhand von Lärmmessungen zu beschreiben. Anhand der Ergebnisse kann dann entschieden

werden, welche weiteren Maßnahmen bzw. Untersuchungen erforderlich sind, um die Lärmbelastung während der kommenden Betriebs- und Rückbauphasen einzugrenzen.

2.3.5 Mitigierende Maßnahmen und Empfehlungen

Die verschiedenen Betriebsphasen weichen weder in der negativen noch in der positiven Bewertung wesentlich von der Ausgangssituation 2013-2014 ab.

Zusätzliche mitigierende Maßnahmen werden daher für die kommenden Betriebsphase nicht formuliert.

2.3.6 Wissenslücken

Basierend auf den Erkenntnissen aus der aktuellen und der vorangegangenen Studie (Messungen und Berechnungen) gibt es keine Wissenslücken, die eine Beurteilung wesentlich beeinflussen könnten.

2.3.7 Schlussfolgerungen

Generell lässt sich sagen, dass für die verschiedenen Betriebsphasen im Vergleich zur Ausgangssituation 2013-2014 keine ausgeprägten Lärmeffekte zu erwarten sind. Die Abweichungen an den Auswertungspunkten sind für alle Betriebsphasen auf weniger als 0,5 dB(A) gegenüber der Situation 2013-2014 beschränkt. Dies bedeutet, dass die bereits für die Situation 2013-2014 zu ermittelnden Lärmeffekte und die Bewertung für die kommenden Jahre beibehalten werden.

Der spezifische Lärm von den kontinuierlichen Quellen des KKW an den westlichen, südlichen und nördlichen Beurteilungspunkten (= Richtung, in der noch einige Wohnungen vorhanden sind) wird als ‚geringfügig negativ‘ betrachtet. Darüber hinaus werden an diesen Beurteilungspunkten (200 m von der Standortgrenze entfernt) für den spezifischen Lärm die tagsüber, abends und nachts jeweils geltenden Richtwerte eingehalten.

Obwohl die nahegelegenen Wohnungen nicht zu den Auswertungspunkten gehören (aufgrund eines Abstands von mehr als 200 m zur Standortgrenze), wird dort eine begrenzte Lärmsteigerung bis zu 1,5 dB(A) gegenüber dem ursprünglichen Umgebungslärm erreicht, so dass der maximale Lärmeffekt als ‚gering signifikant‘ eingestuft werden kann.

Im Osten ergibt sich ein ‚negativer‘ Effekt für den Auswertungspunkt, der im Naturschutzgebiet entlang der Schelde liegt und hauptsächlich durch den Lärmbeitrag der Kühltürme bestimmt wird.

2010 wurde bereits im Hinblick auf die Lärmbelastung durch die Kühltürme eine Sanierungsstudie erstellt. In einer von Technum durchgeführten Studie (Studie geluidsanering koeltorens; 090-390-0225 14/06/2012) wurde fallendes Wasser als Ursache für die Lärmemission identifiziert. Darüber hinaus wurde eine Reihe möglicher Maßnahmen vorgeschlagen, um die Lärmbelastung der Umwelt zu reduzieren:

Quellengerichtete Maßnahmen

- Reduzierung der Fallhöhe
- Schwimmende schallabsorbierende Matten

Übertragungshemmende Maßnahmen

- Schalldämpfer rund um die Kühltürme
- Lärmschutzwände entlang der Kühltürme

Die Durchführbarkeit der Sanierungsmaßnahmen wurde vom Konstrukteur Hamon Thermal Europe und dem Planungsbüro Tractebel untersucht. Die Anpassung der Kühltürme ist aus wirtschaftlicher und sicherheitstechnischer Sicht nicht gerechtfertigt. All dies wurde dem Ausschuss für Nachfolgefragen vorgelegt, der die Studien und Entscheidungen akzeptierte.

Es wird erwartet, dass die grenzüberschreitende Wirkung auf niederländische Haushalte auf maximal 30 dB(A) für den spezifischen Lärm der kontinuierlichen Lärmquellen des KKW begrenzt wird. Es kann dann davon ausgegangen werden, dass das KKW keine Zunahme des Umgebungslärms für die betrachteten Wohngebiete in den Niederlanden verursachen wird.

2.4 Luft & Klima

Anhang A - Karte 26: Differenzkarte NO₂ LTO

Anhang A - Karte 27: Differenzkarte NO₂ No LTO

2.4.1 Methodologie

2.4.1.1 Abgrenzung der Studie

Das Untersuchungsfeld für den Bereich Luft & Klima umfasst jenen Bereich, in dem atmosphärische Emissionen einen nachweisbaren Einfluss auf die Luftqualität haben. Obwohl sich Luftschadstoffe über sehr große Entfernungen ausbreiten können, ist die Größe des Untersuchungsgebietes zunächst auf die unmittelbare Umgebung des KKW (Umkreis von 1 km) begrenzt. Aufgrund der spezifischen Lage der Messstationen wird die Luftqualität im Untersuchungsgebiet jedoch anhand von Daten beschrieben, die außerhalb des Untersuchungsgebietes erhoben werden (können).

2.4.1.2 Beschreibung der Ausgangssituation

Die Luftqualität im Jahr 2014 (und soweit möglich auch im Jahr 2013) wird mit Hilfe der Interpolationskarten der Interregionalen Zelle für Umwelt (Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu – IRCEL) beschrieben. Doel 1 und 2 waren in diesem Jahr in Betrieb (und auch Doel 4).

Die Immissionswerte in der Ausgangssituation werden anhand der Umweltqualitätsnormen für Luft der VLAREM II überprüft. Im Hinblick auf die Emissionen des KKW (siehe Abschnitt 2.3.4.1.3) sind die Schadstoffe CO, NO₂, SO₂, PM₁₀ und PM_{2,5} relevant. Für PM₂ erfolgt die Bewertung (auch für die Situation im Jahr 2014) anhand des indikativen Grenzwerts von 20 µg/m³, der ab 2020 in Kraft treten würde.

Es wird auch ein Modell (siehe auch Abschnitt 2.3.4.1.3) erstellt, das nur die Emissionen berücksichtigt, die mit dem Betrieb von Doel 3, 4 und den Gebäuden zur Wasser- und Abfallaufbereitung („WAA“) zusammenhängen.

2.4.1.3 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen

In der Bauphase sind für den Bereich Luft folgende Emissionen zu erwarten:

- Emissionen von Baumaschinen
- Emissionen aus dem Baustellenverkehr (Lkw, Transporter)

Diese Motoren werden generell mit Dieselmotoren betrieben und verursachen daher hauptsächlich CO, CO₂, SO_x, NO_x sowie Feinstaub. Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung wird untersucht, inwieweit dies zu relevanten Auswirkungen führen kann.

In der Betriebsphase weist das KKW nur eine klassische Emissionsart mit einem relevanten Massenstrom auf, nämlich die gelenkten Emissionen aus den verschiedenen am Standort befindlichen Verbrennungsanlagen. Die damit verbundenen Emissionen werden unter Berücksichtigung ihrer spezifischen Eigenschaften abgebildet. Da es sich um die Verbrennung von Gasöl (Diesel) handelt, fallen vor allem CO₂, NO_x, SO_x, CO und Feinstaub an. Für das Inventar der Emissionen Überwachungsdaten können die Überwachungsdaten verwendet werden. Die Emissionsdaten werden für die LTO-Situation und die Nullsituation abgebildet.

Hinzu kommen mögliche (diffuse) Emissionen bei der Lagerung verschiedener Produkte auf dem KKW-Gelände. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Ammoniak und Hydrazin. Beide Produkte liegen als wässrige Lösung vor und werden den verschiedenen Wasserströmen zugesetzt, um den pH-Wert zu optimieren und die Sauerstoffkonzentration gering zu halten. Potenzielle Emissionen sind vor allem für Ammoniak zu erwarten, aufgrund des hohen Dampfdrucks dieses Produkts, auch in wässriger Lösung. Die Flüchtigkeit von Hydrazin in Wasser ist sehr begrenzt, so dass relevante Emissionen ausgeschlossen werden können. Darüber hinaus erfolgt die Lagerung so verdünnt, dass Atemverluste minimiert werden. Darüber hinaus wurden Maßnahmen ergriffen, um eine mögliche Ausbreitung über die Luft zu verhindern, z. B. durch Siphons und Aktivkohlefilter. Beide Stoffe sind zudem vollständig wasserlöslich. Das KKW verfügt über mehrere Prozedere für das Handling und Lagerung dieser Produkte. Es werden daher keine relevanten Emissionen von Ammoniak oder Hydrazin in die Umwelt erwartet. Daher werden die Auswirkungen von Ammoniak- oder Hydrazin-Emissionen im UVP nicht weiter betrachtet.

Die (gelenkten) Emissionen des KKW werden inventarisiert und quantifiziert. Die Emissionsquellen werden, soweit möglich, nach ihrer Lage, ihren Massenströmen und der Art der Schadstoffe identifiziert und beschrieben.

Außergewöhnliche oder störungsbedingte Emissionen werden nicht berücksichtigt. Emissionen im Zusammenhang mit dem Verkehr, die hauptsächlich auf Verbrennungsmotoren zurückzuführen sind, werden in Bezug auf das Gesamtemissionsbild als nicht relevant angesehen und nicht weiter behandelt. Ausgehend von einer durchschnittlichen täglichen Präsenz von 1300 Fahrzeugen und den Daten aus dem

Bereich Mobilität ¹¹ wird der Anteil von Doel 1 und Doel 2 am Gesamtverkehrsaufkommen des KKW auf 364 Fahrzeugbewegungen pro Tag veranschlagt. Angesichts der Lage der N451/Oostlangeweg in offenem Gelände werden die Auswirkungen des Verkehrs auf die lokalen Schadstoffkonzentrationen als vernachlässigbar angesehen.

Die Emission einer Dampffahne aus den Kühltürmen und die damit verbundenen Salzausfällungen in der Umgebung werden gesondert betrachtet, da es sich um ein sehr spezifisches Problem handelt, das von den klassischen Emissionen getrennt zu behandeln ist. Bestehende Studien werden zur Quantifizierung der Salzemissionen und -ausfällungen herangezogen:

- Gassman, F., Tinguely, M. & Haschke, D. UVP-Bericht Nr. 475, 1982. Calculs de panaches de tours de refroidissement pour des situations de haute pression hivernales.
- Méry, P. Aménagement et Nature Nr. 94, Association pour les espaces naturels, Paris, Frankreich, 1989. Impact de la réfrigération atmosphérique.
- International Atomic Energy Agency, 1974. Technical Reports Series Nr. 155. Thermal discharges at nuclear power stations. Their management and environmental impacts.
- Argonne National Laboratory, Environmental Science Division, 2014. Saline Water for Power Plant Cooling: Challenges and Opportunities.
- Lauver, T.L., Curtis C.R., Patterson, G.W. & Douglass, L.W., 1978. Effects of saline cooling tower drift on seasonal variations of sodium and chlorine concentrations in native perennial vegetation.

Der mögliche Einfluss auf das Mikroklima infolge dieser Dampffahne wird auch qualitativ besprochen werden.

Die ermittelten Luftemissionsströme werden bewertet und anhand der geltenden Vorschriften (falls vorhanden) überprüft. In Ermangelung geltender regionaler Regelungen wird eine Bewertung anhand internationaler Referenzen vorgenommen.

Zusammenfassend sind in der operativen Phase die folgenden Auswirkungen zu erwarten:

- Luftverschmutzung: als Folge der Emission von NO_x, SO_x, CO, PAH und Feinstaub aus Verbrennungsanlagen;
- versauernde und eutrophierende Ablagerungen: als Folge von NO_x- und SO_x-Emissionen aus Verbrennungsanlagen;
- Salzausfällung: als Folge der Emission der Dampffahne aus dem Kühlturm;
- Klimaauswirkungen aufgrund von Emissionen von CO₂ (aus Verbrennungsanlagen) und fluorierten Kohlenwasserstoffen (aus Kältemittelemmissionen von Kühlgruppen).

Die UVP bewertet, ob für einen Luftschadstoff eine Dispersionsmodellierung erforderlich ist oder nicht. Artikel 4.1.8.1. der VLAREM II, der gemäß Titel III des Erlasses vom 5. April 1995 mit allgemeinen Bestimmungen zur Umweltpolitik den jährlichen Umweltbericht für bestimmte Betriebe auf der Grundlage ihrer VLAREM-Klassifizierung und anhand von Schwellenwerten für relevante Schadstoffe

¹¹ 14 % des Personals (Engie und Externe) entfallen auf den Betrieb von Doel 1 und 2. Bei einer täglichen Präsenz von 1300 Fahrzeugen (oder 2600 Fahrzeugbewegungen) entspricht dies einem Anteil von $2600 * 14 \% = 364$ Fahrzeugbewegungen pro Tag.

vorschreibt. Die Liste der relevanten Stoffe und Schwellenwerte ist im Unterformular „Luftemissionen“ des Integrierten Umweltjahresberichts [Integraal Milieujaarverslag - IMJV] aufgeführt.

Darüber hinaus werden die folgenden Umstände berücksichtigt:

- der Massenstrom des Schadstoffs und seine Verteilung (vgl. Schornsteinhöhe);
- die mögliche schädliche Wirkung (Eigenschaften der Schadstoffe in Bezug auf ihre Ausbreitung);
- andere Quellen in der Umgebung;
- die „natürlichen“ Hintergrundkonzentrationen;
- An-/Abwesenheit von Anwohnern;
- Erfahrungen des Experten in anderen ähnlichen Projekten.

Für die emittierten Parameter soll untersucht werden, inwieweit eine relevante Auswirkung zu erwarten und somit eine Ausbreitungsmodellierung notwendig ist. Dies wird auf der Grundlage der obigen Erwägungen geschehen.

In Abhängigkeit von der obigen Überlegung wird dann die Verteilung der relevanten Parameter mit Hilfe des IMPACT-Modells abgebildet. Die so berechneten Immissionskonzentrationen werden anschließend mithilfe von Karten verdeutlicht und visualisiert. Für versauernde und eutrophierende Ablagerungen ist aufgrund der Nähe von Naturgebieten in jedem Fall eine Dispersionsmodellierung vorgesehen.

Für die Schadstoffe, für die eine Dispersionsmodellierung durchgeführt wird, geschieht dies sowohl für die Referenzsituation (nur Emissionen bezogen auf Doel 3, Ziel 4 und WAA) als auch für die Soll-Situation (Emissionen Referenzsituation + Emissionen bezogen auf Doel 1 und 2). Die Auswirkungen des Projekts (LTO) können dann auf der Grundlage der errechneten Differenz des Immissionsbeitrags in beiden Situationen beschrieben und bewertet werden.

Die Umweltauswirkungen der relevanten Schadstoffe, für die Dispersionsberechnungen durchgeführt wurden, werden in Abhängigkeit vom errechneten Immissionsbeitrag nach ihrer Signifikanz eingeteilt.

Erläuterung der Folgenabschätzung:

- Luftverschmutzung durch Emissionen von NO_x, SO_x, CO, PAK und Partikeln (basierend auf modellierten Immissionen, soweit es sich um relevante Parameter handelt):
 - durchschnittlicher Immissionsbeitrag:
 - signifikant negativ: der Immissionsbeitrag liegt mehr als 10 % über der Umweltqualitätsnorm bzw. dem Richtwert
 - negativ: der Immissionsbeitrag liegt mehr als 3 % über der Umweltqualitätsnorm bzw. dem Richtwert
 - begrenzt negativ: der Immissionsbeitrag liegt mehr als 1 % über der Umweltqualitätsnorm bzw. dem Richtwert
 - vernachlässigbar: der Immissionsbeitrag liegt weniger als 1 % über der Umweltqualitätsnorm oder dem Richtwert
 - Perzentile bzw. Sachverhalte, die nicht vollständig mit Durchschnittswerten bewertet werden können:
 - signifikant negativ: der Immissionsbeitrag liegt mehr als 20 % über der Umweltqualitätsnorm bzw. dem Richtwert

- negativ: der Immissionsbeitrag liegt mehr als 5 % über der Umweltqualitätsnorm bzw. dem Richtwert
- begrenzt negativ: der Immissionsbeitrag liegt mehr als 1 % über der Umweltqualitätsnorm bzw. dem Richtwert
- vernachlässigbar: der Immissionsbeitrag liegt weniger als 1 % über der Umweltqualitätsnorm oder dem Richtwert
- versauernde und eutrophierende Ablagerung: Diese wird nur für den Bereich Luft berechnet; die Bewertung erfolgt im Bereich Biodiversität und im Rahmen der entsprechenden Bewertung;
- Salzausfällungen: Bewertung der möglichen Auswirkungen auf Landwirtschaft und Natur auf der Grundlage der verfügbaren Literatur (Auswirkungen auf die Landwirtschaft innerhalb des Bereichs Boden, auf die Natur innerhalb des Bereichs Biodiversität).
- Auswirkungen auf das Klima: Es gibt derzeit keinen allgemein akzeptierten Signifikanzrahmen für die Bewertung der Treibhausgasemissionen. Daher werden die rechnerischen CO₂-Äquivalent-Emissionen nicht bewertet.

2.4.2 Ausgangssituation

Die Beschreibung der Ausgangssituation bezieht sich auf die im Referenzjahr 2014 bestehenden Anlagen. Um die Auswirkungen der meteorologischen Bedingungen abzuschätzen, werden zur Beschreibung der Luftqualität gegebenenfalls Daten aus mehreren Jahren (2009 bis 2014) ausgewiesen.

2.4.2.1 Luftqualität

Wie in 'Abschnitt 5.1 angegeben, sollten die Auswirkungen in der geplanten Situation im Vergleich zur Referenzsituation bewertet werden, insbesondere der Situation, in der davon ausgegangen wird, dass Doel 1 und 2 nicht in Betrieb sind. Für die Beschreibung der Luftqualität in der Ausgangssituation werden Messdaten der VMM-Messstationen verwendet [VMM – Vlaamse Milieumaatschappij – Flämische Umweltgesellschaft]. Diese Messungen beinhalten daher bereits den Beitrag von Doel 1 und 2.

Um die Auswirkungen der meteorologischen Bedingungen abzuschätzen, werden gegebenenfalls Daten aus drei Jahren (2012, 2013 und 2014) ausgewiesen. Die folgenden VMM-Messstationen befinden sich in der Nähe des KKW:

Tabelle 2-34 Übersicht der VMM-Messstellen in der Nähe des KKW

Messpunkt	Bezeichnung	Entfernung und Richtung zum KKW (km)	SO ₂	NO _x	PM	BC	CO	PAK's	BTEX
AB01	Antwerpen - Boudewijnsloos	ca. 6,3 km SO			x	x			
AB02	Berendrecht – Antwerpse baan	ca. 4 km NO			x				

Messpunkt	Bezeichnung	Entfernung und Richtung zum KKW (km)	SO ₂	NO _x	PM	BC	CO	PAK's	BTEX
AL01	Antwerpen LO - Scheldeweg	ca. 12,3 km SO		x	x	x			x
AL02	Doel - Engelsesteenweg	ca. 2,1 km SW							
AL05	Kallo-Schleuse	ca. 6,3 km nach S			x			x	
R830	Doel – Scheldemolenstraat	ca. 6,1 W	x	x					
R891	Antwerpen - Scheurweg	ca. 7 SO	x	x					
R892	Kallo-Schleuse	ca. 7 SW	x	x					
R893	Antwerpen – Ekerse dijk	ca. 4,5 SO	x	x					
R894	Antwerpen – Muisbroeklaan	ca. 3,5 S	x	x					
R897	Antwerpen – Scheldelaan	ca. 7,3 S	x	x					

Die regulatorischen und empfohlenen Luftqualitätswerte sind in Anhang 4.1. angegeben.

2.4.2.1.1 Schwefeldioxid

Im Zeitraum 2012 bis 2014 lagen die Jahresmittelwerte für SO₂ an der Messstelle Doel zwischen 2 µg/m³ und 4 µg/m³ (siehe Tabelle2-35).

Tabelle2-35 SO₂-Konzentrationen (µg/m³) in der Umgebung des KKW

Messpunkt	Bezeichnung	Jahresdurchschnitt (µg/m ³)			Tageswerte P99 (µg/m ³)			Stundenwerte P99 (µg/m ³)		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
R830	Doel – Scheldemolenstraat	3	4	4	13	17	12	19	21	21
R891	Antwerpen – Scheurweg	6	5	5	39	13	22	63	38	35
R892	Kallo-Schleuse	4	5	4	18	13	17	35	39	33
R893	Antwerpen – Ekerse dijk	5	4	4	17	11	16	31	25	30

R894	Antwerpen – Muisbroeklaan	10	8	9	34	23	36	65	59	62
R897	Antwerpen – Scheldelaan	4	5	5	17	13	18	32	35	39

Tabelle ??? nummer geven?? ////

Messpunkt	Bezeichnung	Max. Tageswert ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Max. Stundenwerte ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014
R830	Doel – Scheldemolenstraat	16	88	21	54	447	75
R891	Antwerpen – Scheurweg	56	35	55	166	116	262
R892	Kallo-Schleuse	21	37	29	159	175	193
R893	Antwerpen – Ekerse dijk	25	21	24	96	87	66
R894	Antwerpen – Muisbroeklaan	49	38	41	162	157	394
R897	Antwerpen – Scheldelaan	35	59	48	164	426	318
	Grenzwert EU-Richtlinie 2008/50/EG	125, max. 3 Überschreitungen pro Jahr			125, max. 3 Überschreitungen pro Jahr		

Auf Jahresbasis sind 24 Überschreitungen des Stundenmittelwertes von $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zulässig. Im Jahr 2013 wurde an den Messstationen R830 und R897 eine Überschreitung gezählt, im Jahr 2014 gab es eine Überschreitung an R894. Das bedeutet, dass das Stundengrenzwert nicht überschritten wurde. Übrigens haben in den Jahren 2012, 2013 und 2014 alle Messstellen in Flandern den Stundengrenzwert, den Tagesgrenzwert und die Alarmschwelle für SO_2 (siehe Anhang 6) eingehalten, so dass davon ausgegangen wird, dass dies für das gesamte Untersuchungsgebiet gilt.

Aufgrund der dichten Bebauung, des ausgedehnten Straßennetzes und der verstreut angesiedelten Industrie gibt es in Flandern streng genommen keine Gebiete, in denen das kritische Niveau des Vegetationsschutzes gilt. So gibt es keine Zonen, die die Kriterien für den Standort von Messstationen, wie in der Richtlinie 2008/50/EG gefordert, erfüllen.

2.4.2.1.2 Stickstoffoxide

In den Jahren 2012, 2013 und 2014 lag die mittlere Jahreskonzentration an der Messstelle Doel bei 26 bis $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der europäische Grenzwert für den Jahresmittelwert von unter $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde bei weitem eingehalten. Für den Messpunkt Muisbroeklaan lag der Jahresmittelwert bei 40 bis $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Diese Messstelle befindet sich in einer Zone, für die eine Verlängerung des Zeitraums für das Erreichen des Jahresgrenzwerts von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gewährt wurde. Die Ergebnisse dieser Messstellen werden bis 2014 im Hinblick auf einen Jahresgrenzwert von $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überprüft.

Tabelle 2-36 NO₂-Konzentrationen in der Nähe des KKW

Messpunkt	Bezeichnung	Jahresdurchschnitt (µg/m ³)			Stundenwerte P99 (µg/m ³)			Max. Stundenwert (µg/m ³)		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
AL01*	Antwerpen - Linkeroever	-	-	26	-	-	84	-	-	142
R830	Doel – Scheldemolenstraat	26	27	27	76	83	85	110	135	136
R891	Antwerpen – Scheurweg	38	37	36	88	95	88	167	196	199
R892	Kallo-Schleuse	33	38	34	80	91	94	124	132	135
R893	Antwerpen – Ekerse dijk	40	36	36	84	85	83	177	137	139
R894	Antwerpen – Muisbroeklaan	41	40	42	82	96	95	165	203	159
R897	Antwerpen - Scheldelaan	35	37	35	84	94	96	128	127	143
	Grenzwert EU-Richtlinie 2008/50/EG	40 µg/m³ **			-			200 µg/m³, max. 18 Überschreitungen pro Jahr		

* Für AL01 gab es 2012 keine Messungen von NO_x, 2013 waren die Daten unzureichend.

** Die Europäische Kommission gewährte eine Verlängerung für die Gebiete Antwerpener Hafen und Großraum Antwerpen, wodurch die Ergebnisse bis 2014 anhand eines Jahresgrenzwertes von 60 µg/m³ bewertet wurden.

Auf Jahresbasis sind 18 Überschreitungen des Stundenmittelwertes von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zulässig. Im Jahr 2013 wurde in der Messstation R894 eine Überschreitung gemessen. Das bedeutet, dass das Stundengrenzwert nicht überschritten wurde.

Aufgrund der dichten Bebauung, des ausgedehnten Straßennetzes und der verstreut angesiedelten Industrie gibt es in Flandern streng genommen keine Gebiete, in denen das kritische Niveau des Vegetationsschutzes gilt. So gibt es keine Zonen, die die Kriterien für den Standort von Messstationen, wie in der Richtlinie 2008/50/EG gefordert, erfüllen.

Abbildung 2.32 zeigt eine räumliche Darstellung des NO_2 -Jahresmittels im Jahr 2012. Diese Modellkarte wird mit dem Modell RIO-IFDM v5.1.0 errechnet. Deutlich höhere durchschnittliche NO_2 -Jahresmittelwerte sind in der Nähe des Antwerpener Hafens und den Autobahnen zu verzeichnen. Die jährliche Durchschnittskonzentration beim KKW liegt zwischen 26 und $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Eine leichte Verbesserung der Luftqualität ist in den Jahren 2013 und 2014 zu verzeichnen.

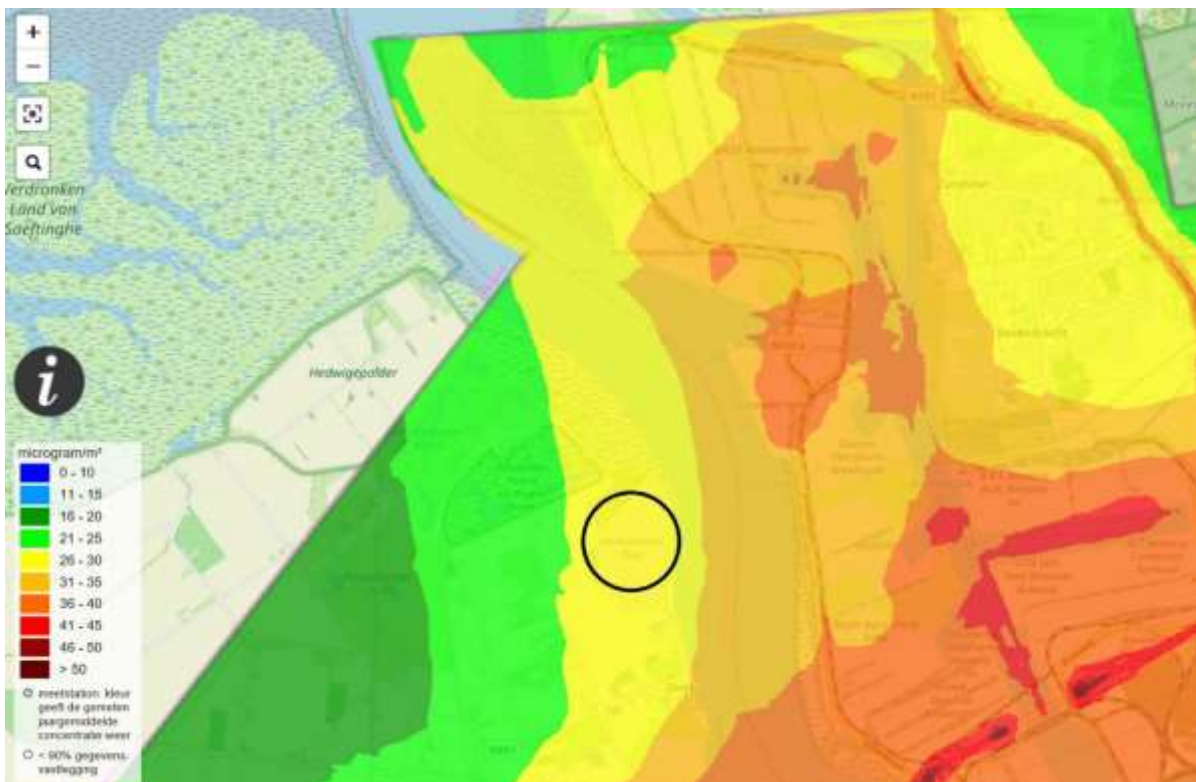


Abbildung 2.32 Interpoliertes NO_2 -Jahresmittel 2012 in der Nähe des KKW (schwarzer Kreis)

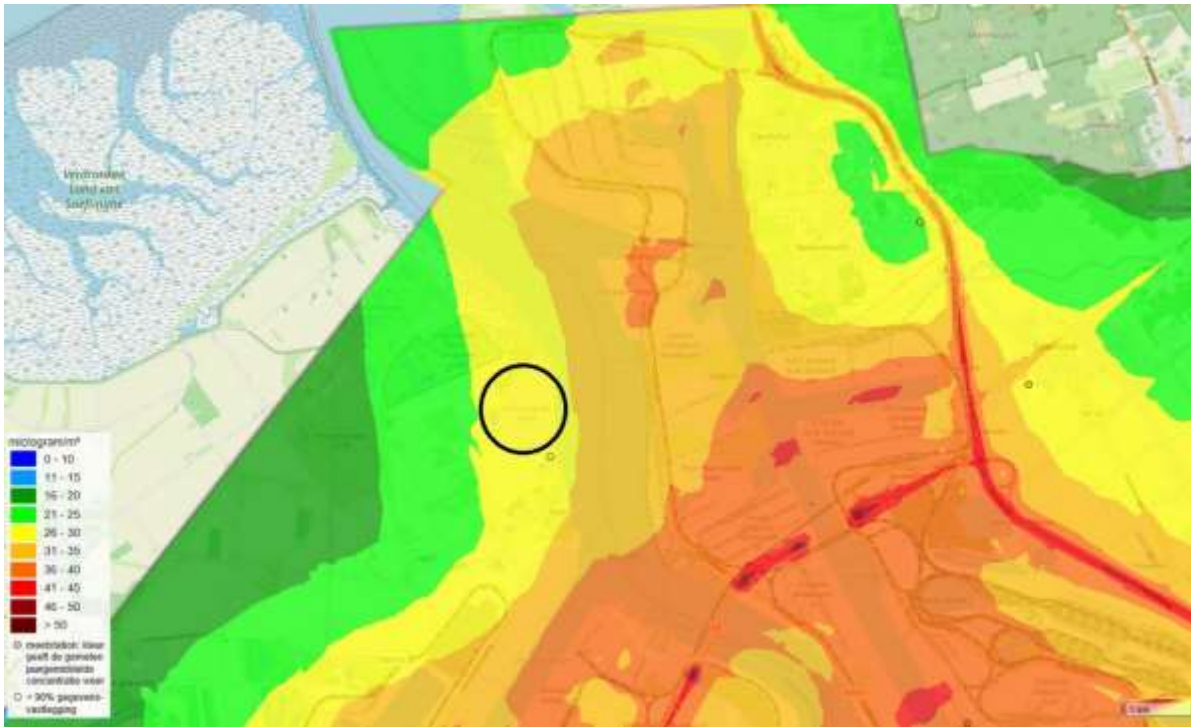


Abbildung 2.33 Interpoliertes NO2-Jahresmittel 2013 in der Nähe des KKW (schwarzer Kreis)



Abbildung 2.34 Interpoliertes NO2-Jahresmittel 2014 in der Nähe des KKW (schwarzer Kreis)

2.4.2.1.3 Feinstaub

In Tabelle 2-37 werden die Konzentrationen von PM₁₀ an Messpunkte in der Nähe des KKW angezeigt.

Tabelle 2-37 PM₁₀-Konzentrationen in der Nähe des KKW

Messpunkt	Bezeichnung	Jahresdurchschnitt (µg/m ³)			Anzahl der Tageswerte > 50 µg/m ³		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014
40 AB01	Antwerpen – Boudewijnsluis	27	27	23	25	24	11
40 AB02	Berendrecht – Antwerpse baan	26	26	22	26	18	10
40 AL01	Antwerpen LO – Scheldeweg	24	25	22	22	18	11
40 AL02	Doel - Engelsesteenweg	25	26	25	26	19	16
40 AL05	Kallo-Schleuse	29	28	25	35	25	12
	Grenzwert EU-Richtlinie 2008/50/EG	40 µg/m³			35		

Sowohl der europäische Tagesgrenzwert als auch der Jahresgrenzwert wurden an den Messpunkte in der Nähe des KKW (übrigens in ganz Flandern) erreicht.

Abbildung 2.35 zeigt eine Schätzung des PM₁₀-Jahresdurchschnitts 2014 im Untersuchungsgebiet. Die jährliche Durchschnittskonzentration von PM₁₀ beim KKW liegt zwischen 21 und 25 µg/m³. Die absolute Unsicherheit für die RIO-Hintergrundkarte liegt zwischen 7,4 und 10,0 µg/m³. Die Karten für 2012 und 2013 zeigen ein ähnliches Bild (ohne Abbildung).

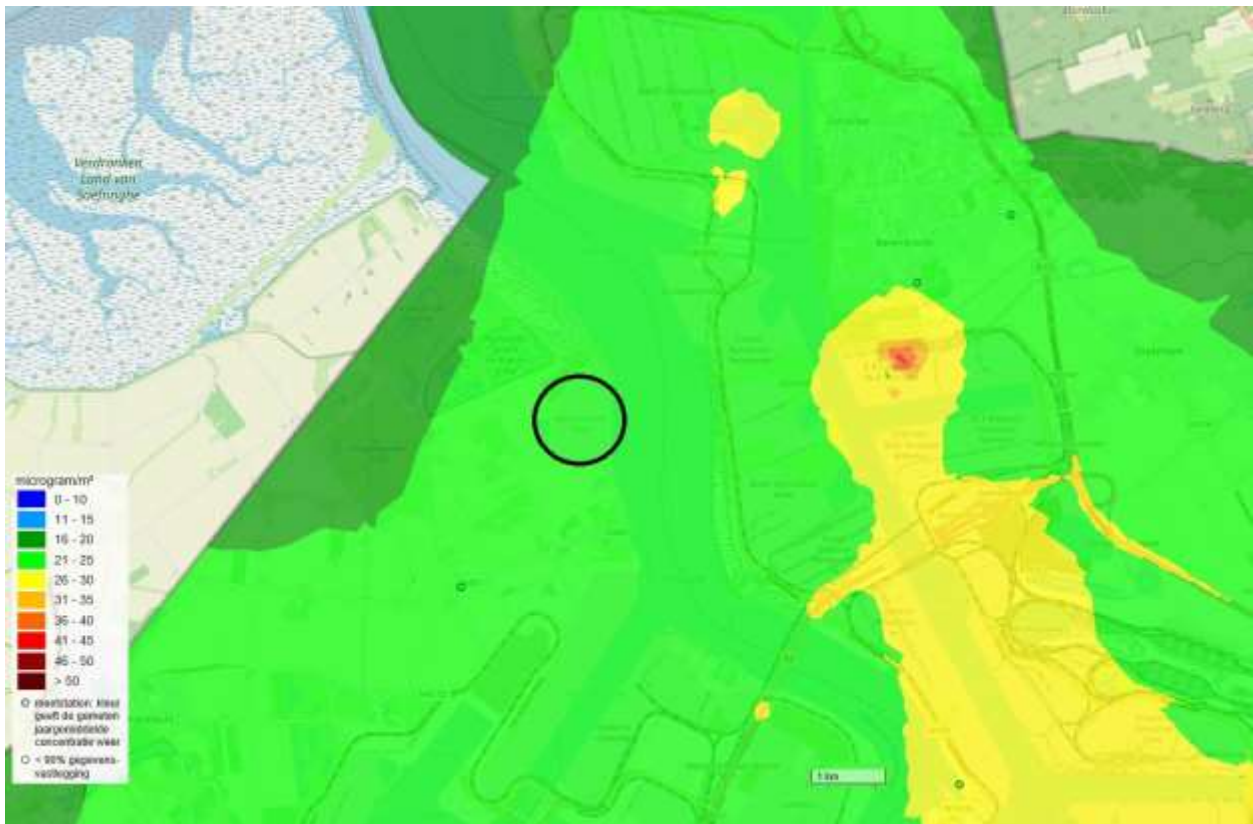


Abbildung 2.35 Modellierte PM10-Konzentrationen in der Nähe des KKW (schwarzer Kreis).

Tabelle 2-38 PM_{2,5}-Konzentrationen in der Nähe des KKW

Messpunkt	Bezeichnung	Jahresdurchschnitt (µg/m ³)			Anzahl der Tageswerte > 25 µg/m ³		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014
40 AB01	Antwerpen – Boudewijnsluis	-	-	-	-	-	-
40 AB02	Berendrecht – Antwerpse baan	-	-	-	-	-	-
40 AL01	Antwerpen LO – Scheldeweg	-	-	13	-	-	13
	Grenzwert EU-Richtlinie 2008/50/EG	25 µg/m³ ab 2015			-		

Im Jahr 2014 wurden für den betrachteten Zeitraum (2012-2014) Messungen der PM_{2,5} nur an der Messpunkt AL01 durchgeführt. Tabelle 2-38 zeigt, dass der europäische Jahresgrenzwert für PM_{2,5} von 25 µg/m³ eingehalten wurde (wie in ganz Flandern). Der ab 2020 geltende untere indikative Jahresgrenzwert von 20 µg/m³ wurde ebenfalls eingehalten.

Abbildung 2.36 zeigt eine Schätzung der PM_{2,5}-Jahresdurchschnittswerte im Jahr 2014. Die jährliche Durchschnittskonzentration von PM₁₀ beim KKW liegt zwischen 16 und 20 µg/m³. Die absolute Unsicherheit für die RIO-Hintergrundkarte schwankt zwischen 2,8 und 3,4 µg/m³. Dem Modell zufolge hält ganz Flandern den europäischen Jahresgrenzwert ein, sodass kein Flame PM_{2,5}-Konzentrationen ausgesetzt war, die über dem Grenzwert lagen. Die Karten für 2012 und 2013 zeigen ein ähnliches Bild (ohne Abbildung).

Alle PM_{2,5}-Jahresmittelwerte lagen im Jahr 2014 über 10 µg/m³ und an allen Messpunkte gab es mehr als drei Tage mit Durchschnittskonzentrationen von über 25 µg/m³. Folglich wurden die WHO-Empfehlungswerte an allen Messpunkte (wie in ganz Flandern) überschritten.

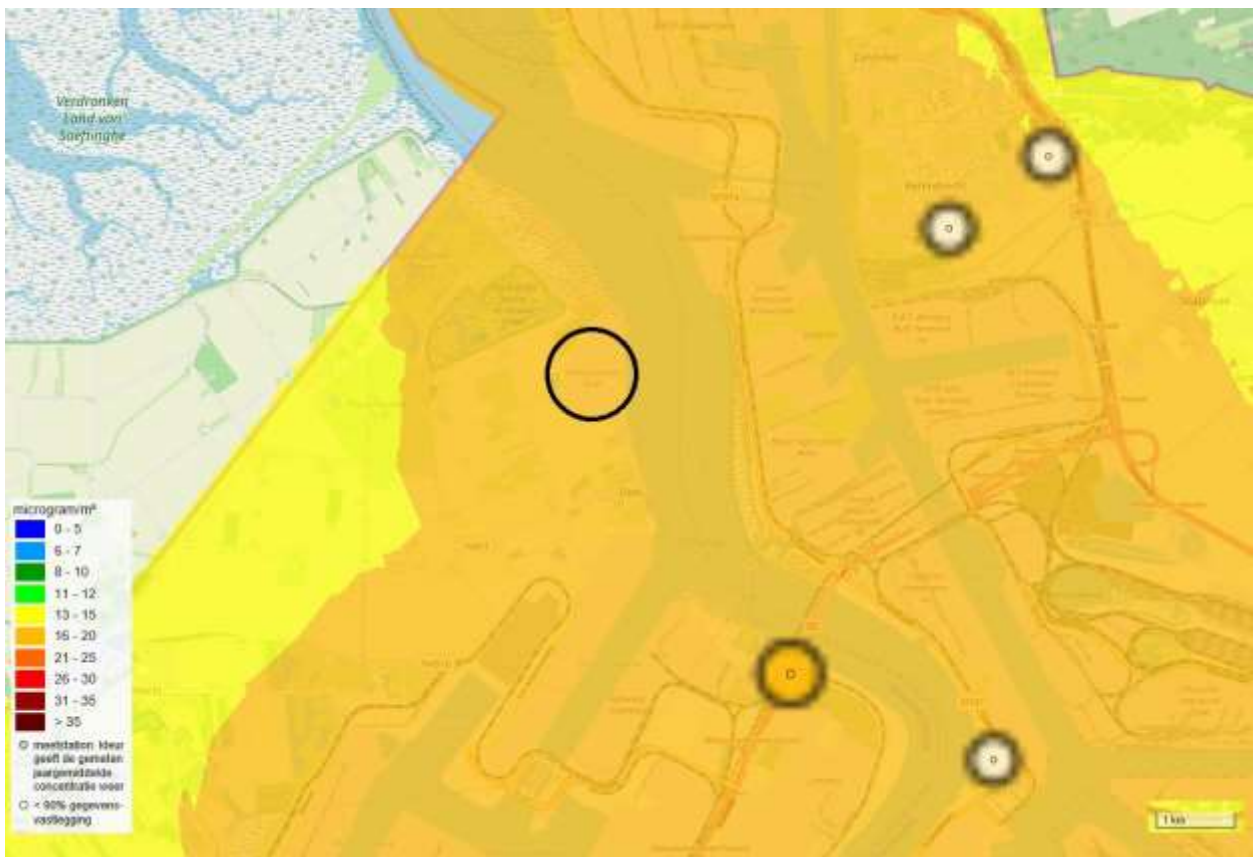


Abbildung 2.36 Modellierte PM_{2,5}-Konzentrationen in der Nähe des KKW (schwarzer Kreis).

Tabelle 2-39 Schwarzkohlenstoff-Konzentrationen in der Nähe des KKW

Messpunkt	Bezeichnung	Jahresdurchschnitt (µg/m ³)			Stundenwerte P99 (µg/m ³)		
		2012	2013	2014	2012	2013	2014
40 AB01	Antwerpen – Boudewijnsluis	1,7	1,7	1,6	7,6	7,7	6,7
40 AL01	Antwerpen LO – Scheldeweg	1,5	1,5	1,4	6,2	7,1	5,9

Abbildung 2.37 zeigt eine Schätzung der jährlichen Durchschnittswerte für Schwarzkohlenstoff im Jahr

2014 in Flandern. Die absolute Unsicherheit für die RIO-Hintergrundkarte schwankt zwischen 0,68 und 0,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Für das KKW wird eine Konzentration von 1,26 bis 1,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ geschätzt.

Derzeit gibt es weder auf europäischer noch auf flämischer Ebene eine Regelung für Schwarzkohlenstoff.

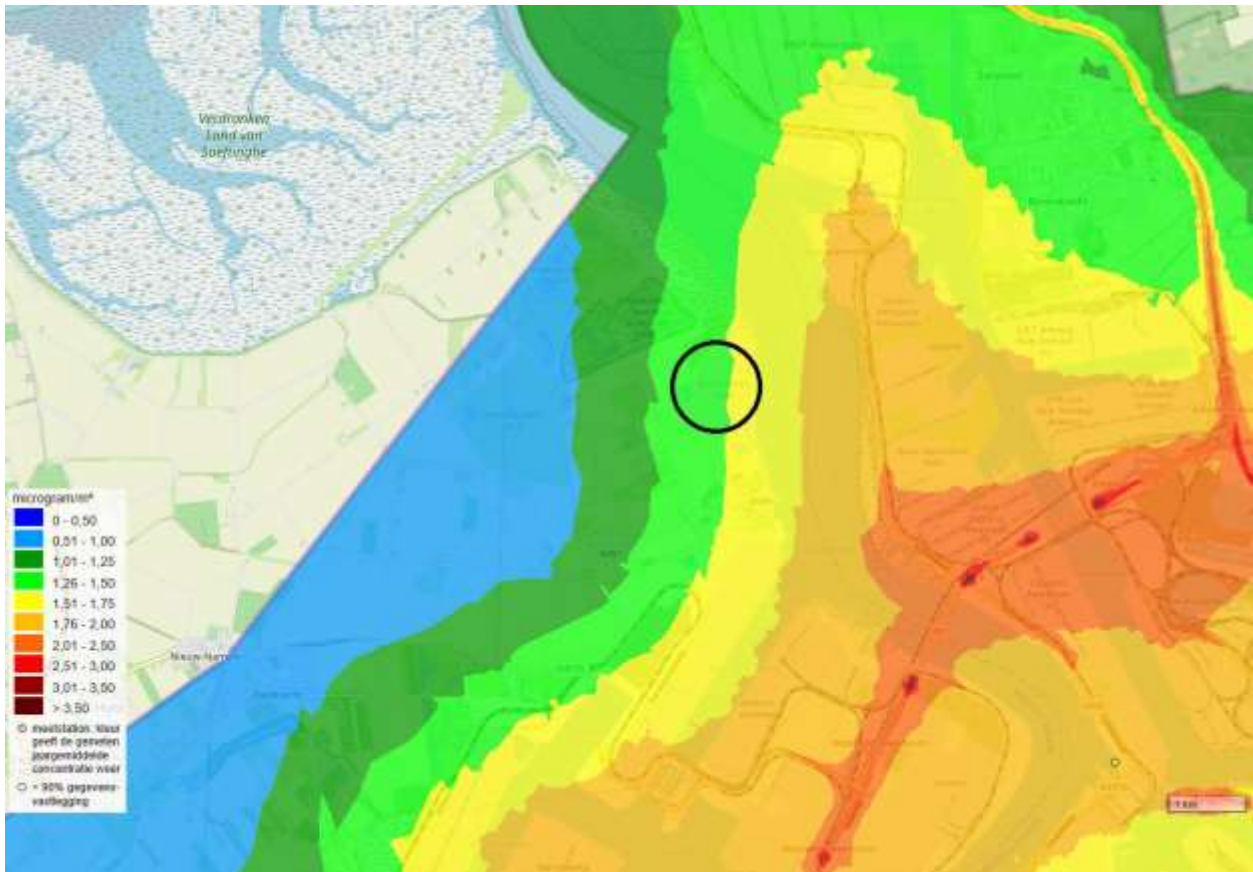


Abbildung 2.37 Modellierte Schwarzkohlenstoffkonzentrationen im Jahr 2014 in der Nähe des KKW (schwarzer Kreis).

2.4.2.1.4 CO

In den Jahren 2012, 2013 und 2014 hielten alle flämischen Messstationen den europäischen Grenzwert für CO von 10 mg/m^3 als höchsten 8-Stunden-Mittelwert eines Tages ein.

2.4.2.1.5 PAK's

Die 4. europäische Tochterrichtlinie 2004/107/EG definiert einen Zielwert von 1 ng/m^3 als Jahresmittelwert für Benzo(a)pyren (B(a)P). Die Mitgliedsstaaten mussten diesen Wert bis zum 31. Dezember 2012 einhalten.

In den Jahren 2012, 2013 und 2014 lag der Jahresdurchschnitt von Benzo(a)pyren an allen Messpunkte unter dem Zielwert.

Im Jahr 2014 lag die durchschnittliche Konzentration von Benzo(a)pyren in Berendrecht bei 0,14 ng/m³.

2.4.2.2 Identifizierung und Quantifizierung der gelenkten Emissionen.

2.4.2.2.1 Allgemeines

Im Falle des KKW handelt es sich bei den gelenkten Emissionen um Emissionen aus verschiedenen Verbrennungsanlagen: Hilfskessel, Notstromgruppen und Heizungsanlagen. Die Lage dieser Emissionspunkte ist in Anhang 4.1 dieses Kapitels angegeben.

Hilfsdampf ist für den ordnungsgemäßen Betrieb der Blöcke erforderlich. Der Hilfsdampf wird normalerweise von den Blöcken geliefert. Ist dies nicht möglich, übernehmen zwei Hilfskessel diese Funktion. Um ihre Verfügbarkeit zu gewährleisten, werden sie regelmäßig getestet. Im Zeitraum 2014 wurden sie nur für solche Tests in Betrieb genommen.

Gasöl-Notfallgruppen gewährleisten für die Sicherheits-, Notfall- und Hilfseinrichtungen eine bestimmte elektrische Stromversorgung, falls die externe Stromversorgung nicht verfügbar ist. Um ihre einwandfreie Funktionsweise zu gewährleisten, werden sie in regelmäßigen Abständen getestet. Die Notfallgruppen (mit Ausnahme der Notfallgruppe PKD-D3/ES-DG0004) sind nicht für die Versorgung des externen Netzes mit elektrischer Energie ausgelegt. Im Jahr 2014 wurden Notfallgruppen nur zum Testen gestartet.

Schließlich gibt es noch eine Heizungsanlage im Lager.

2.4.2.2.2 Emissionsgrenzwerte

Das KKW ist für Feuerungsanlagen mit einer nominalen thermischen Leistungsaufnahme von insgesamt mehr als 50 MW zugelassen (Punkt 43.3.2°) und fällt daher unter die Anwendung der IED (Industrial Emissions Directive).

Kapitel 3.12 der VLAREM III legt die sektoralen Umweltbedingungen für Großfeuerungsanlagen fest. Die Bestimmungen dieses Kapitels gelten nicht für Einheiten mit einer nominalen thermischen Leistungsaufnahme unter 15 MW. Alle Dieselmotoren haben eine Leistung von weniger als 15 MW, daher gilt Kapitel 3.12 nicht für sie.

Die Hilfskessel haben jeweils eine Leistung von etwa 43 MW und unterliegen daher den Bestimmungen des Kapitels. Die Emissionsgrenzwerte in die Luft gelten jedoch nicht für Turbinen und Motoren für den Notbetrieb mit <500 Betriebsstunden pro Jahr, wenn ein solcher Notbetrieb nicht mit der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte vereinbar ist (in diesem Fall gelten die für die Anlage relevanten „Besten verfügbaren Techniken“ (BBT)).

Die Hilfskessel sind weniger als 500 Stunden pro Jahr in Betrieb. Für Anlagen, die weniger als 500 Stunden pro Jahr in Betrieb sind, werden in Unterabschnitt 3.12.4.1 (mit schwerem Heizöl oder Gasöl befeuerte Kessel) keine Emissionsgrenzwerte festgelegt.

Zusätzlich sollte VLAREM II, Kapitel 5.43 berücksichtigt werden. Denn wenn die sektoralen Bedingungen von VLAREM II die gleiche Problematik regeln, gelten die strengsten Bedingungen.

Auf die Dieselgeneratoren findet Kapitel 3.12, wie oben erwähnt, keine Anwendung. Hier ist auf die sektoralen Bestimmungen der VLAREM II, Kapitel 5.43, Bezug zu nehmen.

VLAREM II schreibt vor, dass Feuerungsanlagen mit weniger als 100 Betriebsstunden pro Kalenderjahr, was bei den Notstromaggregaten und den Dampfkesseln des KKW der Fall ist, nicht den Emissionsgrenzwerten unterliegen (Art. 5.43.2.2). Folglich gibt es keine Messverpflichtungen (Artikel 5.43.2.23).

Daher sind keine Emissionsmessungen für die Hilfsdampfkessel oder die Dieselgeneratoren verfügbar.

2.4.2.2.3 Emissionsfaktoren

Das KKW hat keine Messverpflichtungen für die oben genannten gelenkten Emissionen. Es ist daher zu erwarten, dass die gelenkten Emissionen aus den oben beschriebenen Aktivitäten des KKW nur einen begrenzten Umfang haben.

Das Fehlen einer Verpflichtung bedeutet aber auch, dass nur wenige Daten zu den Emissionen vorliegen. Um jedoch einen Rahmen zu schaffen, werden die Emissionen auf der Grundlage des berichteten Kraftstoffverbrauchs jeder Verbrennungsanlage unter Verwendung von Emissionsfaktoren berechnet.

Die verwendeten Emissionsfaktoren berücksichtigen das Baujahr¹² der Anlagen.

Diese Emissionsfaktoren sind in Tabelle 2-40 aufgeführt.

Tabelle 2-40 Emissionsfaktoren für Verbrennungsanlagen mit flüssigen Brennstoffen, Baujahr 1982-1984

Schadstoff	Dieselmotoren		Hilfskessel		
	Baujahr	1982, 1984 ¹³	Einheit	1982 ¹⁴	Einheit
CO		12,2	kg/m ³ Diesel	0,63	kg/m ³ Diesel
NO _x		56,2	kg/m ³ Diesel	2,8	kg/m ³ Diesel
SO _x		3,74	kg/m ³ Diesel	17*Schwefelgehalt ¹⁵ (%)	kg SO ₂ /m ³ Diesel
PM ₁₀		4,01	kg/m ³ Diesel	0,25	kg/m ³ Diesel
PM _{2,5}		4,01	kg/m ³ Diesel	0,25	kg/m ³ Diesel

¹² Das Baujahr wird als das Jahr ihrer Genehmigung angenommen.

¹³ AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1 ,Emission factors for gasoline- and Diesel-powered industrial equipment – emission factor rating: C' (Diesel)

¹⁴ AP-42 1977, Tabelle 1.3-1 ,Emission factors for fuel oil combustion – Emission factor rating: A' (distillate oil)

¹⁵ maximal 0,1 %

Tabelle 2-41: Emissionsfaktoren für Verbrennungsanlagen mit flüssigen Brennstoffen, Baujahr 2000-2017

Schadstoff	Dieselmotoren			
	Baujahr	2000, 2010 ¹⁶	2015, 2017 ¹⁷	Einheit
CO		385	130	g/GJ
NO _x		1450	942	g/GJ
SO _x		46,1	48	g/GJ
PM ₁₀		22,4	30	g/GJ
PM _{2,5}		21,7	30	g/GJ

2.4.2.2.4 Kraftstoffverbrauch

Der Kraftstoffverbrauch dieser sämtlichen Emissionspunkte für den Zeitraum 2014 ist in Tabelle 2-42 ausgewiesen.

Tabelle 2-42 Kraftstoffverbrauch (2014)

Funktionselement	Nummer auf Plan	Leistung [MWth]	Typ	Betriebsstunden [Std.]	Gasölverbrauch [m ³]
DOEL 1 und 2					
PKD-D1/DG0011	1	4,3	Gasölmotor	6,49	1,57
PKD-D1/ED0022	8	6,1	Gasölmotor	47,39	15,76
PKD-D0/DG0014 ¹⁸	4	6,2	Gasölmotor	0,00	0,00
PKD-D0/DG0012	3	6,2	Gasölmotor	0,00	0,00
PKD-D0/DG0024	6	6,2	Gasölmotor	0,00	0,00
PKD-D0/DG0022	5	6,2	Gasölmotor	0,00	0,00
PKD-D2/DG0021	2	4,3	Gasölmotor	5,14	1,25
PKD-D2/ED0012	7	6,1	Gasölmotor	51,53	17,14
PKD-D0/DGS12	30	6,79	Gasölmotor	28,33	10,50
PKD-D0/DGS14	31	6,79	Gasölmotor	47,09	17,46
PKD-D0/DGS22	33	6,79	Gasölmotor	35,85	13,29
PKD-D0/DGS24	34	6,79	Gasölmotor	29,19	10,82
PKD-D0/DGS99	32	6,79	Gasölmotor	31,73	11,76

¹⁶ EMEP EEA Guidebook 2009, Tabelle 3-38, Tier 2 emissiefactoren voor niet residentiële bronnen - zuigermotoren op gasolie

¹⁷ EMEP EEA Guidebook 2013, Tabelle 3-37, Tier 2 emissiefactoren voor niet residentiële bronnen - zuigermotoren op gasolie; gilt nur für Dieselgeneratoren, die 2015 und 2017 zugelassen werden (siehe Betriebsphase ab 2015).

¹⁸ Die Diesel PKD-D0/DG0014, PKD-D0/DG0012, PKD-D0/DG0024 und PKD-D0/DG0022 sind alte Dieselmotoren, die noch zugelassen, aber nicht mehr angeschlossen sind und daher nicht mehr getestet werden.

Funktionselement	Nummer auf Plan	Leistung [MWth]	Typ	Betriebsstunden [Std.]	Gasölverbrauch [m³]
Zwischensumme					35,72 m³
DOEL 3					
PKD-D3/ES-DG0012	17	2,4	Gasölmotor	1,60	0,19
PKD-D3/ES-DG0022	18	2,4	Gasölmotor	18,60	2,26
PKD-D3/ES-DG0001	13	12,6	Gasölmotor	55,20	38,97
PKD-D3/ES-DG0002	14	12,6	Gasölmotor	34,10	24,07
PKD-D3/ES-DG0003	15	12,6	Gasölmotor	55,00	38,83
PKD-D3/ES-DG0004	16	12,6	Gasölmotor	53,70	37,91
PKD-D3/KE-DG0001	10	5,7	Gasölmotor	33,00	10,97
PKD-D3/KE-DG0002	11	5,7	Gasölmotor	31,00	10,31
PKD-D3/KE-DG0003	12	5,7	Gasölmotor	32,30	10,74
Zwischensumme					174,26 m³
DOEL 4					
PKD-D4/ES-DG0022	26	2,4	Gasölmotor	131,30	15,97
PKD-D4/ES-DG0012	25	2,4	Gasölmotor	8,30	1,01
PKD-D4/ES-DG0001	22	12,6	Gasölmotor	84,20	59,44
PKD-D4/ES-DG0002	23	12,6	Gasölmotor	31,40	22,17
PKD-D4/ES-DG0003	24	12,5	Gasölmotor	39,70	28,03
PKD-D4/KE-DG0001	19	5,7	Gasölmotor	29,90	9,94
PKD-D4/KE-DG0002	20	5,7	Gasölmotor	26,90	8,95
PKD-D4/KE-DG0003	21	5,7	Gasölmotor	25,00	8,31
Zwischensumme					153,82 m³
WAA					
Hilfskessel ABN	27	43,126	Dampfkessel	0,00	0,00
Hilfskessel ABZ	28	43,126	Dampfkessel	54,00	87,15
Zwischensumme					87,15 m³
DIVERS					
Feuerwehr-Diesel	9	0,125	Gasölmotor	14,00	0,15
Heizung MAI	29	0,204	Kessel		15,04
Zwischensumme					15,20 m³
GESAMT					529,99 m³

2.4.2.2.5 Emissionen aus Verbrennungsanlagen

Die folgenden Emissionsfaktoren werden für die verschiedenen Verbrennungsanlagen verwendet:

Tabelle 2-43: Emissionsfaktoren pro Verbrennungsanlage

Funktionselement	Baujahr	Quelle
Doel 1 und 2		
PKD-D1/DG0011	2000	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D1/ED0022	2000	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D2/DG0021	2000	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D2/ED0012	2000	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D0/DGS12	2010	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D0/DGS14	2010	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D0/DGS22	2010	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D0/DGS24	2010	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
PKD-D0/DGS99	2010	EMEP/EEA 2009, table 3-38 tier 2, non-residential sources, reciprocating engines burning gasoil. Ref: US EPA (1996), chapter 3.4
Doel 3		

Funktionselement	Baujahr	Quelle
PKD-D3/ES-DG0012	1982	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D3/ES-DG0022	1982	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D3/ES-DG0001	1982	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D3/ES-DG0002	1982	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D3/ES-DG0003	1982	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D3/ES-DG0004	1982	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D3/KE-DG0001	1982	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D3/KE-DG0002	1982	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D3/KE-DG0003	1982	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
Doel 4		
PKD-D4/ES-DG0022	1984	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D4/ES-DG0012	1984	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D4/ES-DG0001	1984	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D4/ES-DG0002	1984	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D4/ES-DG0003	1984	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D4/KE-DG0001	1984	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1

Funktionselement	Baujahr	Quelle
PKD-D4/KE-DG0002	1984	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
PKD-D4/KE-DG0003	1984	AP-42 1977, Tabelle 3.3.3-1
WAA		
PKD-DT/ABN	1982	AP-42 1977, Tabelle 1.3-1
PKD-DT/ABZ	1982	AP-42 1977, Tabelle 1.3-1
DIVERSE		
Heizung MAI	unbekannt	AP-42 1977, Tabelle 1.3-1
Feuerwehr-Diesel PKD-D0/FEOP2	unbekannt	EMEP EEA 2013, Tabelle 3-37 Non residential sources, reciprocating engines burning gas oil (ref: Nielsen et al. 2010)

Wenn der Verbrauch aus Tabelle 2-42 mit den gegebenen Emissionsfaktoren¹⁹ kombiniert wird, erhält man ein (indikatives) Bild der gesamten gelenkten Emissionen des KKW, dargestellt in Tabelle 2-44.

Tabelle 2-44 Emissionen Großfeuerungsanlagen (2014)

Funktionselement	CO-Emissionen in kg/Jahr	NOx-Emissionen in kg/Jahr	SOx-Emissionen in kg/Jahr	PM10-Emission in kg/Jahr	PM2,5-Emission in kg/Jahr
DOEL 1 und 2					
PKD-D1/DG0011	39	149	5	2	2
PKD-D1/ED0022	395	1487	47	23	22
PKD-D0/DG0014	0	0	0	0	0
PKD-D0/DG0012	0	0	0	0	0
PKD-D0/DG0024	0	0	0	0	0
PKD-D0/DG0022	0	0	0	0	0
PKD-D2/DG0021	31	118	4	2	2

¹⁹ Unter Berücksichtigung einer Dichte des Gasöls von 0,85 und einem unteren Verbrennungswert von 42.279 GJ/Tonne

Funktionselement	CO-Emissionen in kg/Jahr	NOx-Emissionen in kg/Jahr	SOx-Emissionen in kg/Jahr	PM10-Emission in kg/Jahr	PM2,5-Emission in kg/Jahr
PKD-D2/ED0012	429	1617	51	25	24
PKD-D0/DGS12	263	991	32	15	15
PKD-D0/DGS14	438	1648	52	25	25
PKD-D0/DGS22	333	1255	40	19	19
PKD-D0/DGS24	271	1022	32	16	15
PKD-D0/DGS99	295	1110	35	17	17
Zwischensumme	2495	9397	299	145	141
DOEL 3					
PKD-D3/ES-DG0012	4	20	1	1	1
PKD-D3/ES-DG0022	50	230	15	16	16
PKD-D3/ES-DG0001	861	3967	264	283	283
PKD-D3/ES-DG0002	532	2451	163	175	175
PKD-D3/ES-DG0003	858	3953	263	282	282
PKD-D3/ES-DG0004	838	3859	257	275	275
PKD-D3/KE-DG0001	243	1117	74	80	80
PKD-D3/KE-DG0002	228	1049	70	75	75
PKD-D3/KE-DG0003	237	1093	73	78	78
Zwischensumme	3851	17740	1181	1266	1266
DOEL 4					
PKD-D4/ES-DG0022	353	1626	108	116	116
PKD-D4/ES-DG0012	22	103	7	7	7
PKD-D4/ES-DG0001	1314	6051	403	432	432

Funktionselement	CO-Emissionen in kg/Jahr	NO _x -Emissionen in kg/Jahr	SO _x -Emissionen in kg/Jahr	PM10-Emission in kg/Jahr	PM _{2,5} -Emission in kg/Jahr
PKD-D4/ES-DG0002	490	2257	150	161	161
PKD-D4/ES-DG0003	619	2853	190	204	204
PKD-D4/KE-DG0001	220	1012	67	72	72
PKD-D4/KE-DG0002	198	911	61	65	65
PKD-D4/KE-DG0003	184	846	56	60	60
Zwischensumme	3399	15659	1042	1117	1117
WAA					
Hilfskessel ABZ	0	0	0	0	0
Hilfskessel ABZ	125	476	3	50	50
Zwischensumme	125	476	3	50	50
DIVERSE					
Feuerwehr-Diesel PKD-D0/FEOP2	9	36	0,3	3,8	3,8
Heizung MAI	1	5	0,2	0,1	0,1
Zwischensumme	10	41	0,5	3,9	3,9
GESAMT (kg)	9881	43314	2525	2582	2582

Auf der Grundlage der Emissionsdaten der verschiedenen Verbrennungsanlagen, wie in der obigen Tabelle dargestellt, kann festgestellt werden, dass die Emissionen von CO, SO_x und Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}) im Vergleich zu den NO_x-Emissionen gering sind.

2.4.2.3 Identifizierung und Quantifizierung der nicht-gelenkten Emissionen.

In verschiedenen Tanks auf dem KKW-Gelände werden wässrige Lösungen sowohl von Ammoniak als auch von Hydrazin gelagert. Diese Produkte werden eingesetzt, um einen optimalen pH-Wert in den Wasserkreisläufen zu erhalten und den Sauerstoffgehalt darin zu begrenzen, um Korrosion zu verhindern. Weitere Informationen zu diesem Thema und Daten über die Einleitung dieser Produkte in das Wasser finden Sie im Bereich Wasser.

Sowohl Ammoniak als auch Hydrazin sind giftig. Hydrazin ist ebenfalls ein Karzinogen. Ammoniak hat einen hohen Dampfdruck, so dass sich bereits unter normalen Bedingungen Dämpfe bilden und somit mögliche Emissionen auftreten können. Die Flüchtigkeit von Hydrazin in Wasser ist sehr begrenzt, so dass relevante Emissionen ausgeschlossen werden können. Darüber hinaus erfolgt die Lagerung so

verdünnt, dass Atmungsverluste minimiert werden. Darüber hinaus wurden Maßnahmen ergriffen, um eine mögliche Ausbreitung über die Luft zu verhindern, z. B. durch Siphons und Aktivkohlefilter. Beide Stoffe sind zudem vollständig wasserlöslich. Das KKW verfügt über mehrere Prozedere für das Handling und Lagerung dieser Produkte.

Aus diesem Grund sind die Emissionen von Ammoniak oder Hydrazin in die Umwelt nicht relevant.

2.4.2.4 Emission von Dampffahnen aus Kühltürmen

2.4.2.4.1 Identifizierung und Quantifizierung von Salzausfällungen aus den Dampffahnen der Kühltürme

Die Kraftwerke Doel 3 und 4 nutzen Kühlwasser, das nach der Nutzung in den offenen Kühltürmen abgekühlt wird. Salzfällungen aus der Dampffahne von Kühltürmen, in denen Salzwasser verwendet wird, sind ein bekanntes Problem. Das Schelde-Wasser bei Doel ist aufgrund des Gezeiteneinflusses von Natur aus brackig.

In der Vergangenheit wurde auf der Grundlage von Messungen eine Methodik entwickelt, um die Emission und den damit verbundenen Salzniederschlag aus einem großen Kühlturm mit natürlichem Zugeffekt und Salzwasserzufuhr zu erfassen.

Darüber hinaus wurde anhand von Versuchsmessungen ermittelt, inwieweit die Salzausfällung unter Ertrags- und Qualitätsgesichtspunkten einen Einfluss auf die Anbauflächen sowie auf den Boden und das natürliche Pflanzenwachstum hat.

Die Daten zu den Salzausfällungen in diesem Abschnitt stammen aus dem Memo „Hauptkühlturm - Schätzung der Salzausfällungen, Übersetzung des Memos Nr. 51158 NTNUSO 3753“, Tractebel Engineering, 01/08/1983.

Der Salzgehalt des Zirkulationswassers in den Kühltürmen, das aus der Schelde hochgepumpt wird, liegt bei 20 g/l, was einem pessimistischen Jahresdurchschnitt entspricht²⁰.

Die Salzablagerung wird auf der Grundlage folgender Parameter geschätzt:

- Zirkulationswasserdurchsatz in den Türmen 259.200 m³/Std.
- Grad des Einschlusses von Tröpfchen: $2 \cdot 10^{-5}$
- Salzgehalt im Zirkulationswasser: 20 kg/m³
- Höhe der Türme 167 m

Die Kombination dieser Daten führt zu einer Salzemission aus den beiden Doel-Kühltürmen (Blöcke 3 und 4) von 103,7 kg/Std. Die Salzablagerung in der Umgebung der Kühltürme (in einem Radius von 2 km) kann auf 0,25 g/m² pro Monat geschätzt werden.

²⁰ Messungen über den Zeitraum 2010-2019 zeigen einen maximalen Salzgehalt des hochgepumpten Scheldewassers von ca. 10,8 g/l.

2.4.2.4.2 Einfluss von Dampffahnen auf das Umgebungsmikroklima

Dampffahnen von Kühltürmen können aufgrund ihrer Größe das lokale Mikroklima beeinflussen.

Die klassischerweise auftretenden Auswirkungen sind der Niederschlag der Dampffahne in der Umgebung als Folge der (lokalen) meteorologischen Bedingungen, was zu Nebelbildung führt. Dies wird jedoch hauptsächlich bei Kühltürmen beobachtet, die eine geringere Höhe haben als die Kühltürme des KKW, die mit ihren 160 m hoch genug über die Umgebung hinausragen, um eine solche Vernebelung zu vermeiden.

Es gibt keine weiteren Hinweise darauf, dass die Dampffahnen einen relevanten Einfluss auf das Umgebungsklima haben. Daher erfordern die Dampffahnen des KKW keine weiteren Untersuchungen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Mikroklima.

2.4.2.5 Emissions-Chronik

Ein Vergleich der gelenkten Emissionen über verschiedene Jahre ist schwierig, da der Verbrauch hauptsächlich mit Nicht-Produktionsfaktoren zusammenhängt, in diesem Fall mit dem Testen der Motoren.

Auch in Bezug auf die Salzausfällung ist ein Vergleich der Daten nicht möglich, u. a. weil der Salzgehalt der Schelde von Jahr zu Jahr, innerhalb eines Jahres selbst und sogar zeitenabhängig stark schwankt.

2.4.2.6 Energie und Klima

2.4.2.6.1 Energieplan

Die europäische IVU-Richtlinie 96/61/EG (Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung bzw. Integrated Pollution Prevention and Control) verpflichtet die Mitgliedstaaten, dafür Sorge zu tragen, dass im Rahmen der Umweltgesetzgebung die Energieeffizienz von Anlagen sowohl beim Betrieb der Anlage als auch bei der Beantragung einer Genehmigung für eine neue Anlage berücksichtigt wird.

Konkret bedeutet dies für Flandern, dass die Genehmigungsbedingungen an eine Energiestudie bzw. einen Energieplan geknüpft sind. Mit dem Erlass der flämischen Regierung vom 14. Mai 2004 (B.S. 16.07.2004) über die Energieplanung für klassifizierte energieintensive Anlagen wird Teil 4 des Titels II der Vlarem um ein Kapitel 4.9 „Energieplanung“ ergänzt. Dieses besagt, dass jede klassifizierte Anlage mit einem Primärenergieverbrauch von mindestens 0,5 Petajoule (500.000 GJp) pro Jahr über einen zertifizierten Energieplan verfügen muss.

Der Erlass der flämischen Regierung mit allgemeinen Bestimmungen zur Energiepolitik („Energiebesluit“) vom 19. November 2010 legt die Anforderungen an den Inhalt des Energieplans fest.

Erstmals wurde 2010 ein Energieplan für das KKW erstellt. Es wurde ein Screening möglicher Energiesparmaßnahmen durchgeführt. Für jede dieser Maßnahmen wurde geprüft, ob sie sicher, technisch durchführbar und wirtschaftlich tragfähig ist. Dieser Plan wurde im Jahr 2014 überprüft und aktualisiert.

Zusätzlich zu den im Energieplan enthaltenen Maßnahmen werden auf Initiative von ENGIE weitere Maßnahmen ergriffen. Die folgende Tabelle 5-3 (aus dem Energieplan 2014) zeigt, dass durch die

getroffenen Maßnahmen (zwischen 2010 und 2014) mehr als 3.700 Tonnen CO₂/Jahr eingespart werden konnten²¹.

Tabelle 2-45: Einsparungen durch Energiemaßnahmen im KKW (gemäß Energieplan 2014)

	maatregel EP2010	Besparingsoverzicht van uitgevoerde maatregelen van het EP2010		
		MWh _e /jaar	t CO ₂ /jaar	
1	DOGB01a	ADG: verminderen verlichting	43,4	6,1
2	DOGB0a3a	WPG: aanwezigheidsdetectie	13,6	1,9
3	DOGB06a, 07a, 08a	CGA: optimalisatie van de verlichting	22,5	3,2
4	DOGB10a	CGB: optimalisatie van de verlichting	12,6	1,8
		totaal	92,1	12,9

Besparingsoverzicht van uitgevoerde maatregelen niet vermeld in het EP2010		MWh _e /jaar	t CO ₂ /jaar
1	Andere gebouwen: optimalisatie verlichting en verwarming	1.240	174
2	WPG: warmtepomp i.p.v. directe verwarming	16	2
3	TGB: optimalisatie van de verlichting	8	1
4	Technische gebouwen: vervanging verlichting	843	118
5	WPG: verbeterde isolatie	3.223	451
6	vervangen van UPS uitrustingen	1626	228
7	vervanging van koelgroepen	73	10
8	vervanging van noodaggregaten	93	13
9	vervanging van opvoertransformatoren D3	2.759	386
10	vervanging van opvoertransformatoren D4	4.663	653
11	vervanging van de pakking van koeltoren D3	12.005	1.681
	Totaal	26.547	3.717

Das KKW hat die Energiewirtschaft in seine tägliche Arbeit integriert. Der Energieverbrauch der verschiedenen Anlagen wird auf Monatsbasis berichtet und analysiert. Sowohl der Stromverbrauch als auch der Verbrauch von Gasöl für die verschiedenen Notstromanlagen werden überwacht. Alle unterstützenden Dienste (Gebäude, Werkstätten, Werkzeugmaschinen usw.) arbeiten kontinuierlich daran, ihren Energieverbrauch zu reduzieren.

Der Stromverbrauch in den nicht-technischen Gebäuden lag 2014 bei 2.200 MWh, verglichen mit 2.600 MWh im Jahr 2013. Die Abnahme ist auf eine Reihe von Energiesparmaßnahmen zurückzuführen,

²¹ Laborelec, Energieplan 2014 Electrabel-Kraftwerk Doel, 2014.

darunter der Austausch von Beleuchtungsanlagen, Pumpen und Einrichtungen. Zusätzlich zur Reduzierung des Stromverbrauchs wurde der Wärmeverlust des Verwaltungsgebäudes durch den Einbau einer Doppelverglasung sowie einer Dach- und Mauerisolation verringert.

2.4.2.6.2 Energiestudie

Eine Energiestudie ist nur bei neuen Anlagen mit einem jährlichen Gesamtenergieverbrauch von mindestens 0,1 PJ oder bei einer Änderung einer bestehenden Anlage und einem (primären) Mehrverbrauch von mindestens 10 TJ pro Jahr erforderlich.

Da keine neuen Anlagen oder Kapazitätserweiterungen geplant sind, fällt das KKW nicht in diese Kategorien, so dass keine Energiestudie durchgeführt werden muss.

2.4.2.6.3 Treibhausgasemissionen

Die Klimakonferenz in Kyoto verpflichtete Belgien und die Europäische Union zur einer Reduzierung der Emissionen von CO₂ und anderen Treibhausgasen. Das Protokoll wurde durch den Beschluss 2002/358/EG des Rates vom 25. April 2002 verabschiedet. Zu diesem Zweck wurde mit der europäischen Richtlinie 2003/87/EG ein System von Emissionszertifikaten für Treibhausgase in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft geschaffen.

Seit dem Handelszeitraum 2013-2020 fällt auch das KKW Doel aufgrund des Betriebs von Feuerungsanlagen mit einer nominalen thermischen Leistungsaufnahme von insgesamt mehr als 20 MW (2014 betraf dies 31 fest installierte Motoren, zwei Feuerungsanlagen in Verbindung mit Hilfskesseln und einen Kessel in Verbindung mit einer Heizungsanlage mit einer Gesamtleistung von 298.031 MWth) unter diese Richtlinie.

Seitdem ist das KKW verpflichtet, einen jährlichen Überwachungsbericht zu erstellen. Für das Jahr 2014 betrug die so berechnete CO₂-Emission 1411,33 Tonnen.

Der gesamte Erzeugungspark von Electrabel GDF Suez produzierte 2014 in Belgien 47.008 GWh (Nettoerzeugung zu 100 %) Strom und CO₂Emissionen in Höhe von 7.617.325 Tonnen. Die vier Nuklearblöcke von Doel produzierten zusammen etwa 14.044 GWh netto und emittierten dabei 1.411,33 Tonnen CO₂ durch die Tests der Dieselmotoren und Dampfkessel. Das KKW machte somit 29,87 % der gesamten von Electrabel in Belgien produzierten Elektrizität aus und ist nur für etwa 0,019 % der CO₂-Emissionen²²verantwortlich.

Da diese CO₂-Emissionen unter normalen Bedingungen ausschließlich aus der Erprobung der Verbrennungsanlagen stammen, die für den sicheren Betrieb von Nuklearanlagen erforderlich sind, ist nicht damit zu rechnen, dass es in Zukunft zu großen Schwankungen bei diesen Emissionen kommen wird.

Die CO₂-Emissionen aus diesen Quellen sind so gering, jedenfalls im Vergleich zu denen eines konventionellen Kraftwerks, dass die negativen Auswirkungen dieser Emissionen auf das Klima nicht quantifiziert werden können.

²² Electrabel, Milieuverklaring 2015 – prestaties 2014, 2015.

2.4.3 Folgenabschätzung

2.4.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2019

2.4.3.1.1 Emissionen

LTO-Arbeiten

Die Beschreibung der Arbeiten, die im Zusammenhang mit den Anpassungen für einen langfristigen Betrieb (LTO) durchgeführt wurden, findet sich im allgemeinen Teil der UVP (s. Abschnitte 1.6.2 und 1.7.1).

Folgende Emissionen waren während der Arbeiten möglich:

- Staubemissionen bei Aushubarbeiten und Anlieferungen durch Lastwagen (Erdbewegung, Bauarbeiten usw.);
- Emissionen aus den Abgasen von Baustellenmaschinen und Lastwagen (Verbrennung fossiler Brennstoffe und umfassen CO, CO₂, unverbrannte Kohlenwasserstoffe, NO_x, SO₂ und Partikel (PM 2,2 und PM 10)).

Bei einer Reihe von Aktivitäten (Anlieferung von Materialien per Straßentransport, Lagerung und Verladung von Materialien, Aushubarbeiten) konnten diffuse Staubemissionen entstehen. Es stehen jedoch keine Methoden zur Verfügung, um eine zuverlässige Quantifizierung dieser Emissionen vorzunehmen.

Die Staubemissionen hängen von einer ganzen Reihe von Faktoren ab, z. B. der Anzahl und Art der auf der Baustelle eingesetzten Maschinen, den Arbeitsanweisungen während des Baus usw.

Angesichts der Entfernung vom Standort zu den Wohngebieten waren keine Auswirkungen aufgrund von Staubemissionen (Staub von den Baumaschinen) während der Arbeiten zu erwarten.

Der Anteil der Emissionen durch Maschinen am Standort und den Baustellenverkehr schwankte von Tag zu Tag und wurde im Vergleich zu den derzeitigen Emissionsquellen am Standort und in der Umgebung, z. B. dem Verkehr, als eher gering eingestuft. Die Auswirkungen auf die Luftqualität aufgrund der Baumaschinen und des Verkehrs sind unter Berücksichtigung des vorübergehenden Charakters als begrenzt negativ bis vernachlässigbar zu bewerten.

Die Anzahl der Transporte während der Arbeiten ist nicht bekannt. Die Anzahl der Wohneinheiten entlang der Zufahrtsstraßen des KKW ist begrenzt. Es kann daher festgestellt werden, dass die Auswirkungen der Abgase aus diesen Transporten als vernachlässigbar gelten können.

Verbrennungsanlagen

Im Rahmen des LTO-Projekts wurden drei zusätzliche Dieselmotoren für die Feuerlöschpumpen

bereitgestellt. Diese werden im Jahr 2020 in Betrieb genommen. Unter normalen Betriebsbedingungen ist die Anzahl der Betriebsstunden auf die periodischen Tests beschränkt.

Außerdem wurden 2015 und 2017 einige zusätzliche Dieselmotoren im neuen GUM-Gebäude installiert.

Die Anzahl der Betriebsstunden schwankt von Jahr zu Jahr. Häufigkeit und Testdauer hängen von der Funktion des Dieselmotors ab (Hilfsdiesel, Sicherheitsdiesel, Notstromdiesel, Dieselmotoren GUM).

Die neuen Dieselmotoren werden ebenfalls Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxide (NO_x), Kohlenmonoxid (CO) und Partikel ausstoßen, aber wesentlich strengere Emissionsgrenzwerte einhalten. Daher werden für die Generatoren 2015 und 2017 niedrigere Emissionsfaktoren berechnet (siehe Tabelle 2-40).

Eine realistische Worst-Case-Gesamttestdauer pro Jahr wurde auf Basis der Daten pro Anlage im Zeitraum 2015-2019 ermittelt:

Tabelle 2-46: Theoretische Anzahl der Betriebsstunden und Gasölverbrauch, realistischer Worst-Case-Zeitraum 2015-2019

Funktionselement	Betriebsstunden (Std.)	Gasölverbrauch [m³]
PKD-D1/DG0011	10	4.4
PKD-D1/ED0022	100	60.2
PKD-D0/DG0014	0	0.0
PKD-D0/DG0012	0	0.0
PKD-D0/DG0024	0	0.0
PKD-D0/DG0022	0	0.0
PKD-D2/DG0021	10	4.4
PKD-D2/ED0012	100	60.2
PKD-D0/DGS12	50	33.6
PKD-D0/DGS14	50	33.6
PKD-D0/DGS22	50	33.6
PKD-D0/DGS24	50	33.6
PKD-D0/DGS99	50	33.6
PKD-D3/ES-DG0012	10	2.2
PKD-D3/ES-DG0022	10	2.2
PKD-D3/ES-DG0001	50	63.9
PKD-D3/ES-DG0002	50	63.9
PKD-D3/ES-DG0003	50	63.9

Funktionselement	Betriebsstunden (Std.)	Gasölverbrauch [m³]
PKD-D3/ES-DG0004	50	63.9
PKD-D3/KE-DG0001	50	30.1
PKD-D3/KE-DG0002	50	30.1
PKD-D3/KE-DG0003	50	30.1
PKD-D4/ES-DG0022	10	2.2
PKD-D4/ES-DG0012	10	2.2
PKD-D4/ES-DG0001	50	63.9
PKD-D4/ES-DG0002	50	63.9
PKD-D4/ES-DG0003	50	63.9
PKD-D4/KE-DG0001	50	30.1
PKD-D4/KE-DG0002	50	30.1
PKD-D4/KE-DG0003	50	30.1
PKD-DT/ABN	40	146.9
PKD-DT/ABZ	40	146.9

Anhand der Emissionsfaktoren aus Tabelle 2-40 wurden folgende Emissionen für die LTO-Situation berechnet:

Tabelle 2-47: Emissionen aus Verbrennungsanlagen realistischer Worst-Case 2015-2019 Situation LTO (Tonnen/Jahr)

	CO	NOx	SOx	PM ₁₀	PM _{2,5}
Doel 1&2	4,1	15,5	0,5	0,2	0,2
Doel 3	4,3	19,7	1,3	1,4	1,4
Doel 4	3,5	16,1	1,1	1,1	1,1
Hilfskessel	0,18	0,7	0,005	0,073	0,073
Diverse	0,02	0,1	0,006	0,004	0,004
Gesamt	12,1	52,1	2,9	2,9	2,9

Salzemission und Salzniederschlag (über die Dampffahne)

Die Salzemission wird nicht jährlich berechnet oder überwacht, da der Salzgehalt des Scheldewassers

stark schwankt. Es kann nur eine Größenschätzung vorgenommen werden (siehe Abschnitt 2.4.2.4.1). Es werden keine Änderungen aufgrund des LTO erwartet.

2.4.3.1.2 *Selektion der relevanten Schadstoffe*

Die folgende Tabelle zeigt die Schadstoffe, für die eine Wirkungsabschätzung anhand verschiedener Kriterien durchgeführt wird. Folgenden Aspekten wird dabei Rechnung getragen:

- die Emissionsbelastung (Vergleich mit der IMJV-Meldeschwelle),
- aktuelle Luftqualität (mehr oder weniger als 80 % der Qualitätsziele),
- Toxizität (insbesondere mutagene, karzinogene und reprotoxische Stoffe²³),
- Nähe zu Wohn- und Naturgebieten,
- Art der Emission (diffus, Schornstein usw.).

Auf der Grundlage der Tabelle kommen wir zu der nächsten Selektion von Schadstoffen, die weiter zu bewerten sind:

- CO, SO₂, Staub: keine (separate) Bewertung wegen der geringen Emissionsbelastung und der eher guten Luftqualität im Untersuchungsgebiet;
- NO_x: weitere Bewertung aufgrund von Emissionen (knapp) oberhalb des IMJV-Grenzwertes;
- Versauernde und eutrophierende Emissionen: weitere Bewertung aufgrund der Nähe zum Naturgebiet.

Tabelle 2-48 Selektion der relevanten Schadstoffe

Schadstoff	Emissionsbelastung realistischer Worst-Case [t/Jahr]	Aktuelle Luftqualität (Messwerte mehr oder weniger als 80 % der Qualitätsnorm)	Karzinogenität und Toxizität (H-Sätze)	Lage im Verhältnis zu Wohn- und Naturgebieten	Entscheidung für weitere Folgenabschätzung
NO _x	52,1 t/J > 50 t/J (IMJV)	Messungen < 80% der Qualitätsnorm	H330	Max. 150 Personen < 2km, Dorf Doel ca. 900 m nach S	Ja
CO	12,1 t/J < 200 t/J (IMJV)	Messungen < 80% der Qualitätsnorm	H331	Max. 150 Personen < 2 km, Dorf Doel ca. 900 m nach S	Nein
SO _x	2,9 t/J < 100 t/J (IMJV)	Messungen < 80% der Qualitätsnorm	H331	Max. 150 Personen < 2 km, Dorf Doel ca. 900 m nach S	Nein

²³ Schadstoffe mit den H-Sätzen H340, H341, H350, H351, H360 und/oder H361

Schadstoff	Emissionsbelastung realistischer Worst-Case [t/Jahr]	Aktuelle Luftqualität (Messwerte mehr oder weniger als 80 % der Qualitätsnorm)	Karzinogenität und Toxizität (H-Sätze)	Lage im Verhältnis zu Wohn- und Naturgebieten	Entscheidung für weitere Folgenabschätzung
PM10	2,9 t/J < 20 t/J (IMJV)	Messungen < 80% der Qualitätsnorm	Keine Bewertung mit H-Sätzen	Max. 150 Personen < 2 km, Dorf Doel ca. 900 m nach S	Nein
PM2,5	2,9 t/J < 10 t/J (IMJV)	Messungen < 80% der Qualitätsnorm	Keine Bewertung mit H-Sätzen	Max. 150 Personen < 2 km, Dorf Doel ca. 900 m nach S	Nein
Versauernde Emissionen	n. a.	n. a.	Keine Bewertung mit H-Sätzen	Nähe zum Naturgebiet	Ja
Eutrophierende Emissionen	n. a.	n. a.	Keine Bewertung mit H-Sätzen	Nähe zum Naturgebiet	Ja

2.4.3.1.3 Ermittlung des Immissionsbeitrags

Aus der obigen Überlegung geht hervor, dass NO₂ und versauernde und eutrophierende Ablagerungen als relevante Parameter identifiziert wurden. Die Ausbreitung wird nachstehend anhand des IMPACT-Modells abgebildet. Für NO₂ wird der Hintergrundwert 2015 herangezogen.

Die in Tabelle 2-47 berechneten Emissionen sind (zusammen mit den Emissionskenngrößen²⁴) in das Dispersionsmodell einzugeben und für die Emissionspunkte auszuführen, die mindestens 95 % der Emissionsbelastung darstellen.

Die im GUM-Gebäude installierten Dieselgeneratoren und die im Rahmen des LTO-Projekts installierten Dieselgeneratoren sind im Vergleich zu den anderen Emissionsquellen vernachlässigbar, da sie eine geringe Leistung (und damit einen geringeren Kraftstoffverbrauch) und niedrigere Emissionsfaktoren aufweisen.

²⁴ Das Emissionsverhalten ist nicht vollständig bekannt, da keine Emissionsmessungen vorliegen. Folgende Annahmen wurden getroffen: Rauchgasfaktor 10, Emissionstemperatur 420 °C für die Dieselgeneratoren und 200 °C für die Dampfkessel, Schornsteinhöhe 1,5x die Gebäudehöhe und Schornsteindurchmesser 0,5 bis 1,5 m. Es wurden das Meteo-Jahr 2012 und die Standard-Ablagerungsraten nach IMPACT herangezogen.

Für die Schadstoffe, für die eine Dispersionsmodellierung erfolgt, geschieht dies sowohl für die LTO-Situation (einschließlich Doel 1 und 2) als auch für die Nicht-LTO-Situation (ohne Doel 1 und 2) (Null-Variante).²⁵

→ NO₂

Der durchschnittliche jährliche Beitrag zu den Auswirkungen des KKW beträgt weniger als 1 % der Umweltqualitätsnorm (siehe Abbildung 2.38) und kann daher als vernachlässigbar eingeschätzt werden.



Abbildung 2.38: Jahresdurchschnittlicher NO₂-Immissionsbeitrag in der Betriebsphase, LTO-Situation

→ Eutrophierende und versauernde Ablagerungen

²⁵ Dies gilt für den Zeitraum 2019-2025. Schließlich würden in der Nicht-LTO-Situation die Tests der Dieselgeneratoren Doel 1 und 2 noch im Zeitraum 2015-2019 (während der endgültigen Abschaltung) stattfinden, solange noch Brennstoff in den Reaktoren vorhanden ist.

Die durch das Projekt verursachten NO_x- und SO₂-Emissionen führen zu eutrophierenden und versauernden Ablagerungen in der Umwelt, u. a. im Habitat-Richtlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeestuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ [Schelde- und Durme-Ästuar von der niederländischen Grenze bis Gent] und im (teilweise überschneidenden) VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘ [Schlicken und Schorren längs der Schelde]. Diese Ablagerungen werden berechnet, wobei die Ergebnisse im Bereich ‚Biodiversität‘ dargestellt und ausgewertet werden.

2.4.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2020-2025)

Die der Verbrennungsanlagen werden sich in der LTO-Situation, wie oben erläutert, nicht signifikant von den Emissionen der Ausgangssituation unterscheiden.

2.4.3.3 Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)

Im Zeitraum 2025-2029 (Zeitraum der endgültigen Abschaltung) werden die mit Doel 1 und 2 verbundenen Dieselgeneratoren so lange in Betrieb bleiben, wie Brennelemente vorhanden sind. Diese Situation ist also ähnlich wie die LTO-Situation im Zeitraum 2019-2025 und im Zeitraum 2015-2019. Erst während der letzten Phase der definitiven Stilllegung (drei Monate), wenn der gesamte Brennstoff aus den Docks in das Brennstoff-Containergebäude (SCG) verbracht wurde, kann es außer Betrieb genommen werden. Für den Worst-Case in diesem Zeitraum kann von einem Testschema wie im Zeitraum 2019-2025 ausgegangen werden. Für die Diskussion wird daher auf 2.4.3.1 verwiesen.

2.4.3.4 Null-Variante

Emissionen aus den Verbrennungsanlagen

Die Emissionen in der Null-Variante sind:

- Im Zeitraum 2015-2019 (Zeitraum der endgültigen Abschaltung in der Nicht-LTO-Situation): die mit Doel 1 und 2 verbundenen Dieselgeneratoren bleiben so lange in Betrieb, wie Brennstoff vorhanden ist. Diese Situation ist also vergleichbar mit der LTO-Situation;
- Im Zeitraum 2019-2029: Reduzierung der Emissionen durch die Emissionspunkte von Doel 1 und 2 (siehe Tabelle 2-49).

Tabelle 2-49: Emissionen aus Verbrennungsanlagen realistischer Worst-Case 2019-2029 Nicht-LTO-Situation (Tonnen/Jahr)

	CO	NO _x	SO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}
Doel 1&2	0	0	0	0	0
Doel 3	4,3	19,7	1,3	1,4	1,4
Doel 4	3,5	16,1	1,1	1,1	1,1
Hilfskessel	0,18	0,7	0,005	0,073	0,073
Diverse	0,02	0,1	0,006	0,004	0,004

Gesamt	8,0	36,6	2,4	2,6	2,6
--------	-----	------	-----	-----	-----

In dieser Situation liegt der jährliche durchschnittliche NO₂-Beitrag des KKW ebenfalls überall unter 1 % der Umweltqualitätsnorm und ist daher überall vernachlässigbar.



Abbildung 2.39: Jahresdurchschnittlicher NO₂-Immissionsbeitrag in der Betriebsphase, (Nicht-LTO-Situation)

Der Beitrag der Dieselgeneratoren von Doel 1 und 2 ist daher ebenfalls vernachlässigbar.

Die Null-Variante unterscheidet sich daher von der Basis-Alternative zum Zeitpunkt der endgültigen Stilllegung (2015-2019 bei der Null-Variante vs. 2025-2029 im Basisfall).

Im ersten Fall wird es zehn Jahre lang weniger Emissionen geben (nämlich die mit den Tests der Dieselgeneratoren Doel 1 und 2 verbundenen Emissionen).

Wie in Abbildung 2.39 dargestellt, ist der Beitrag dieser Emissionen zur Luftqualität jedoch vernachlässigbar. Folglich ist auch der Einfluss des LTO auf die Luftqualität vernachlässigbar.

→ Eutrophierende und versauernde Ablagerungen

Die Ablagerungen werden berechnet, wobei die Ergebnisse im Bereich ‚Biodiversität‘ dargestellt und ausgewertet werden.

Salzmission und Salzniederschlag (über die Dampffahne)

Die Salzmission wird nicht jährlich berechnet oder überwacht, da der Salzgehalt des Scheldewassers stark schwankt. Es kann nur eine Größenschätzung vorgenommen werden (siehe Abschnitt 2.4.2.4.1). Bei der Basis-Alternative sind im Vergleich zur Null-Variante keine Änderungen zu erwarten. Schließlich sind die Kühltürme nur mit Doel 3 und 4 verbunden. Die Reaktoren von Doel 1 und 2 werden über ein Wasser-Wasser-Kühlsystem gekühlt (nicht über die Kühltürme). Das Umlaufwasser im Kühlturm bleibt daher unabhängig vom Betrieb von Doel 1 und 2 unverändert.

2.4.3.5 Energie und Klima

2.4.3.5.1 Betriebsphase im Zeitraum 2015-2019

Während der Arbeiten für einen LTO-Betrieb wurden direkte Emissionen durch den Güterverkehr und die Baustellenmaschinen verursacht. Diese machten den größten Anteil an den Gesamtemissionen aus. Es ist nicht ganz möglich, diese Emissionen abzuschätzen, da Parameter wie der Kraftstoffverbrauch nicht bekannt sind. Es ist auch schwierig, die Abfallproduktion während der Arbeiten, die bei der Verarbeitung zu Emissionen führte, abzuschätzen.

Darüber hinaus ist der Einsatz von elektrischer Energie von geringer Relevanz, so dass es in diesem Bereich keine indirekten Emissionen infolge der Stromerzeugung gibt.

Eine wesentliche indirekte Emissionsquelle ist die Herstellung der für das Projekt benötigten Baumaterialien und technischen Anlagen. Die Produktion von Stahl und Beton beispielsweise ist sehr energieintensiv. Da es sich bei den Arbeiten im Rahmen des LTO-Projekts hauptsächlich um technische Anpassungen handelt, die nur wenig derartige Materialien erfordern, werden diese indirekten Emissionen als vernachlässigbar eingestuft.

Die im Rahmen der ETS-Verpflichtungen gemeldeten CO₂-Emissionen in den Jahren 2015-2019 sind unten dargestellt (zum Vergleich sind auch die Emissionen der Jahre 2009 bis 2014 angegeben).

Tabelle 2-50 Jährliche CO₂-Emissionen im Zeitraum 2009-2019

	CO₂ (t/Jahr)
2009	1608,99
2010	1660,60
2011	1809,43
2012	2253,13
2013	1683,98
2014	1411,33
2015	1887,49
2016	1419,54
2017	1414,46
2018	1674,72
2019	1272,34

Die obige Tabelle lässt keinen Trend bei den CO₂-Emissionen erkennen.

2.4.3.5.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Die direkten Treibhausgasemissionen in der zukünftigen Situation sind aufgrund der sehr begrenzten Emissionen vernachlässigbar.

Indirekt verursacht die Betriebsphase Emissionen aufgrund des Verbrauchs der notwendigen elektrischen Energie. Der Energieverbrauch wird begrenzt sein. Emissionen sind auch bei der Verarbeitung von betrieblichen Abfällen wie Kunststoff- und Metallverpackungen, Papier & Karton, Restmüll zu erwarten. Auch in diesem Bereich ist es nicht möglich, eine Vorhersage zu treffen, da die notwendigen Parameter nicht bekannt sind.

Im Hinblick auf die direkten CO₂-Emissionen des KKW infolge des LTO oder der Null-Variante werden keine signifikanten Auswirkungen erwartet.

Es ist jedoch unter Umständen mit indirekten Auswirkungen zu rechnen, da bei gleichem oder steigendem Energiebedarf die Fehlenergie bei einer Abschaltung der Kraftwerke Doel 1 und 2 auf anderweitig gedeckt werden muss.

Die Internationale Energieagentur (IEA) veröffentlichte 2019 den Bericht ‚Nuclear Power in a Clean Energy System‘. Die Kernenergie ist derzeit die zweitgrößte kohlenstoffarme Energiequelle der Welt, auf die 10 % der weltweiten Stromerzeugung entfallen. Nur Wasserkraft hat einen höheren Anteil (16 %). Für fortgeschrittene Volkswirtschaften wie die der USA, Kanadas, der Europäischen Union und Japans ist sie seit 30 Jahren Hauptlieferant für kohlenstoffarmen Strom. Die Zukunft der Kernenergie ist jedoch ungewiss, da ältere Kraftwerke ausgemustert werden, dies zum Teil infolge politischer Entscheidungen, aber auch aus wirtschaftlichen oder regulatorischen Gründen. Der Studie zufolge könnten die fortgeschrittenen Volkswirtschaften ohne politische Änderungen bis 2025 ein Viertel und bis 2040 zwei Drittel ihrer Kernkraftkapazität verlieren. Ohne weitere Laufzeitverlängerungen bestehender Kernkraftwerke oder neue Projekte könnten zusätzlich vier Milliarden Tonnen CO₂ ausgestoßen werden.

Einige Länder haben sich aus Sicherheits- oder anderen Gründen für den Ausstieg aus der Kernkraft entschieden. Viele Länder sehen jedoch nach wie vor eine Rolle für die Kernenergie bei ihrer Energiewende, tun aber dem Bericht zufolge nicht genug, um ihre Ziele zu erreichen.

Durch die Nutzung der Kernenergie wurden in den letzten 50 Jahren 55 Gt an CO₂-Emissionen vermieden, was fast zwei Jahren an globalen CO₂-Emissionen entspricht. Trotz des Beitrags der Kernenergie und des raschen Wachstums der erneuerbaren Energien war 2018 ein Rekordjahr für energiebedingte CO₂-Emissionen, da die Energienachfrage schneller wuchs als die kohlenstoffarme Energieerzeugung.

Dem Bericht zufolge wird eine Mix von Technologien, einschließlich der Kernenergie, für die Energiewende benötigt.

Belgien war im Zeitraum 2010-2018 ein Nettoimporteur von Strom. Bei der Null-Variante wird daher erwartet, dass mehr Strom importiert wird als in der LTO-Situation. Die CO₂-Emissionen hängen in

beiden Szenarien vom Energiemix der exportierenden Länder ab. In diesen Jahren importierte Belgien hauptsächlich Strom aus dem benachbarten Frankreich und den Niederlanden. Da diese Länder auch fossile Energieträger in ihrem Energiemix haben, kann davon ausgegangen werden, dass die CO₂-Emissionen bei der Basis-Alternative höher sind als in der LTO-Situation. In dieser Hinsicht ist die LTO-Situation positiver für das Klima als die Null-Variante. Dies setzt voraus, dass bei der Null-Variante im Vergleich zur LTO-Situation die gleiche Menge kohlenstoffarmer Elektrizität aus anderen Quellen (z. B. Wind, Sonne, Biomasse usw.) erzeugt und die gleiche Menge Strom verbraucht wird. Wir berücksichtigen daher keine Kompensation der Produktion der Kraftwerke Doel 1 und Doel 2 durch Gaskraftwerke oder andere fossile oder nicht-fossile Kraftwerke.

Natürlich sind dies Annahmen, die mit einer großen Unsicherheit behaftet sind. Ein unerwünschter Nebeneffekt der Verlängerung der Laufzeit von Doel 1 und 2 könnte zum Beispiel darin bestehen, dass Investitionen in erneuerbare Energien unterbleiben. Diese potenzielle Auswirkung kann jedoch im Rahmen dieses UVP nicht abgeschätzt werden.

2.4.3.6 Kumulierte Effekte

Von den Plänen und Projekten in der KKW-Umgebung hat das Projekt „Zusätzliche Containerumschlagkapazität für den Hafen“ einen potenziellen Einfluss auf die Luftqualität.

Im Rahmen der für dieses komplexe Projekt erstellten, strategischen Umweltverträglichkeitsprüfung (S-MER) wurden verschiedene Alternativen zur Erreichung der Zielsetzungen gegeneinander abgewogen. Diese S-MER zeigt, dass alle Alternativen einen signifikanten Anstieg der Treibhausgasemissionen (insbesondere CO₂) und der Luftschadstoffe (insbesondere NO₂) sowohl in den Hafengebieten als auch im Hinterland mit sich bringen. Die S-UVP zeigt die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Emissionsreduzierung, um die internationalen und europäischen Verpflichtungen in Bezug auf die Eindämmung der Luftverschmutzung und des Klimawandels zu erfüllen und das Wachstum anderer Aktivitäten/Projekte mit relevanten Emissionen nicht zu behindern.

Der Bewertungsrahmen für die Auswirkungen auf die Luftqualität ist unabhängig von der Luftqualität in der Referenzsituation – allein der Wirkungsbeitrag des Projekts beeinflusst die Qualifikation. Es besteht allerdings ein Zusammenhang mit den mitgliedernden Maßnahmen. Ab einem begrenzten (negativen) Immissionsbeitrag sind Minderungsmaßnahmen anzustreben, wenn die Umweltqualitätsnorm um mehr als 80 % überschritten wird. Da die Auswirkungen des KKW jedoch als vernachlässigbar gering eingeschätzt werden, sind keine Abhilfemaßnahmen erforderlich.

2.4.3.7 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Die vorstehende Analyse zeigt, dass die potenziellen Auswirkungen des KKW infolge von Emissionen in die Luft über die (regionalen) Grenzen hinweg absolut vernachlässigbar sind.

2.4.4 Monitoring

Da die Auswirkungen als vernachlässigbar bewertet werden, wurden keine Überwachungsvorschläge formuliert. Die gesetzlichen Verpflichtungen müssen selbstverständlich eingehalten werden.

2.4.5 Mitigierende Maßnahmen und Empfehlungen

Da es keine signifikanten Auswirkungen gibt, werden keine mitigierenden Maßnahmen oder Empfehlungen vorgeschlagen.

2.4.6 Wissenslücken

Es bestehen keine Wissenslücken, die die Beurteilung beeinflussen.

2.4.7 Schlussfolgerungen

Die obige Analyse zeigt, dass die Auswirkungen von KKW-1 i,d KKW-2 auf die Luftqualität:

- bei der Basis-Alternative sowohl während der Betriebsphase als auch bei der endgültigen Stilllegung als vernachlässigbar zu bewerten sind;
- bei der Null-Variante sowohl während der Betriebsphase als auch bei der endgültigen Stilllegung als vernachlässigbar zu bewerten sind;
- bei einer Laufzeitverlängerung der Kraftwerke Doel 1 und Doel 2 über einen Zeitraum von 10 Jahren ebenfalls als vernachlässigbar einzuschätzen sind.

Für direkte CO₂-Emissionen wird kein signifikanter Unterschied zwischen der Null-Variante- und der Basis-Alternative erwartet.

Für die Null-Variante steht allerdings zu erwarten, dass mehr Strom importiert wird als in der LTO-Situation. Folglich werden die indirekten CO₂-Emissionen bei der Null-Variante höher sein als in der LTO-Situation (Basis-Alternative). In dieser Hinsicht ist die LTO-Situation positiver für das Klima als die Null-Variante (unter der Annahme, dass alle anderen Parameter gleich bleiben). Diese Annahmen gehen jedoch mit einer großen Unsicherheit einher.

2.5 Biodiversität

Anhang A - Karte 3: Sektorenplan

Anhang A - Karte 4: Regionaler Raumordnungsplan

Anhang A - Karte 13: Biologische Bewertungskarte

Anhang A - Karte 14: Besondere Schutzgebiete

Anhang A - Karte 15: Europäische Habitate

Anhang A - Karte 16: Ramsar-Gebiete

Anhang A - Karte 17: Vlaams Ecologisch Netwerk [Flämisches Ökologisches Netzwerk]

Anhang A - Karte 18: Naturschutzgebiete

Anhang A - Karte 19: Risiko-Atlas – Synthesekarte Vögel

2.5.1 Methodologie

2.5.1.1 Abgrenzung der Studie

Das Untersuchungsgebiet für den Bereich Biodiversität bezieht sich auf das KKW-Gelände und dessen weitere Umgebung, basierend auf dem Auswirkungsbereich, der einerseits durch Lärm- und Luftemissionen und andererseits durch die Auswirkungen der Kühlwassereinleitung definiert ist. Von besonderer Bedeutung sind die Auswirkungen auf die Schwerpunktgebiete, von denen das Schelde-Ästuar das bedeutsamste ist.

2.5.1.2 Beschreibung der Ausgangssituation

Bei der Beschreibung der Ausgangssituation werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Vegetationstypen: Die Vegetation in der unmittelbaren Umgebung wird unter Berücksichtigung der Biologischen Bewertungskarte (BWK) – Stand 2018, der Natura 2000-Habitatkarte – Stand 2018 und der Ökotoptkarte der Schelde (INBO, 2015) beschrieben;
- geschützte Gebiete: Hierzu werden frei zugängliche Datenbanken und Daten zu VEN-, Habitat- und Vogelschutzrichtlinien-Gebieten verwendet. [VEN=Vlaams Ecologisch Netwerk] Ihre Lage wird auf dem Kartenmaterial angezeigt. Es wird eine Beschreibung von Vegetationsformen, Vögeln, Säugetieren, Amphibien, Wirbellosen und Fischen gegeben;
- die ökologische Empfindlichkeit auf Mikroebene: Sie wird anhand von Ökosystem-Empfindlichkeitskarten beschrieben;
- die wichtigen Vogelgebiete und -routen: Die Erörterung basiert auf dem Flämisches Atlas der Risiken für Vögel bei Windkraftanlagen (INBO 2015).

2.5.1.3 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen

Die Arbeiten im Hinblick auf den langfristigen Betrieb (LTO) des KKW erfolgten innerhalb der Grenzen des KKW-Standorts. Ein Verlust an Ökotopten und Biotopen infolge einer direkten Landnahme wird daher als nicht relevant angesehen. Aus dem gleichen Grund werden auch keine Auswirkungen einer Fragmentierung erwartet. Die Aktivitäten des KKW erzeugen Luftemissionen von NO_x, SO_x, CO, CO₂ und Feinstaub (siehe Bereich Luft & Klima). Im Zusammenhang mit diesen Emissionen sind für den Bereich Biodiversität Auswirkungen infolge von Versauerung und Eutrophierung zu erwarten. Außerdem verursachen die verschiedenen bestehenden Anlagen entsprechende Lärmemissionen (siehe Bereich Lärm & Vibration). Daher werden auch die Auswirkungen von Ruhestörungen untersucht. Schließlich können auch die Entnahme und Wiedereinleitung von Kühlwasser sowie die Einleitung von Abwasser einen Einfluss auf die Organismen in und an der Schelde haben.

Die bei den Arbeiten zu erwartenden Auswirkungen auf den Bereich Biodiversität im Hinblick auf den LTO werden im Folgenden beschrieben:

- Eutrophierung und Versauerung durch atmosphärische Deposition: qualitative Bewertung der Emissionen von NO_x und SO₂ durch Baumaschinen und Baustellenverkehr (basierend auf der Bewertung im Bereich Luft & Klima);
- Ruhestörung: qualitative Beschreibung der Lärmbelästigung durch Baustellenmaschinen und Baustellenverkehr (aus dem Bereich Lärm & Vibrationen).

Die vorhersehbaren Auswirkungen in der künftigen Situation (Zeitraum 2019-2025) werden wie folgt beschrieben:

- Eutrophierung und Versauerung durch atmosphärische Deposition: quantitative Bewertung der Emissionsberechnungen für NO_x und SO₂ durch gelenkte Emissionen anhand der Bewertung im Bereich Luft & Klima)
- Ruhestörung: qualitative Beschreibung der Lärmbelästigung durch kontinuierliche und nicht-kontinuierliche Quellen (aus dem Bereich Lärm & Vibrationen)
- Wasserentnahme: Qualitative Beschreibung auf der Grundlage von Forschungsergebnissen über Fische und sonstige Fauna, die während der Entnahme angesaugt wird oder nicht
- Einleitung von Kühlwasser: Qualitative Beschreibung des thermischen Effekts anhand der erfassten Temperaturdaten (Arcadis, 2012) unter Berücksichtigung der Population von Fischen und Krustentieren in der Nähe der KKW-Einleitstellen des Kühlwassers (Breine & Van Thuyne, 2013A)
- Einleitung von chemischen Stoffen: qualitative Beschreibung (aus dem Bereich Wasser). Der Fokus liegt hier vor allem auf Stoffen, für die ein begrenzter bis signifikanter Beitrag gemäß dem Signifikanzrahmen des Bereichs Wasser bestimmt wurde. Es wird unterschieden zwischen Eutrophierungseffekten durch die Einleitung von Nährstoffen und ökotoxikologischen Effekten durch die Einleitung von Schadstoffen in die Schelde.

Es werden folgende Naturverträglichkeitsprüfungen durchgeführt:

- Angemessene Verträglichkeitsprüfung im Rahmen von Artikel 36ter des Naturschutzerlasses, wobei die Auswirkungen auf besondere Schutzgebiete untersucht werden
- Erweiterte Naturverträglichkeitsprüfung im Rahmen von Artikel 26ter des Naturerlasses, wobei die Auswirkungen auf das Vlaams Ecologisch Netwerk [flämisches ökologisches Netzwerk] untersucht werden

Erläuterung der Folgenabschätzung:

- Eutrophierung und Versauerung durch atmosphärische Deposition: Die zu verwendenden Signifikanzrahmen für Eutrophierung und Versauerung durch atmosphärische Deposition sind jeweils im Praxisleitfaden zur Eutrophierung²⁶ und Versauerung²⁷ über die Luft, herausgegeben

²⁶ <https://pww.natuurenbos.be/eutrofiering-de-lucht>

²⁷ <https://pww.natuurenbos.be/verzuring-lucht>

von der ANB, beschrieben. Diese Praxisleitfäden sind als die aktuellsten Anleitungen für die Beurteilung der Signifikanz einer Auswirkung auf die Erhaltungsziele in besonderen Schutzgebieten, genauer gesagt in den Habitat-Richtliniengebieten, zu verstehen. Diese Praxisleitfäden sind keine Leitlinien für die Bewertung in Vogelschutzrichtlinien-Gebieten, auch nicht für das VEN oder geschützte Arten ebenso wenig wie für biologisch wertvolle bzw. sehr wertvolle Gebiete gemäß der Biologischen Bewertungskarte außerhalb der Habitatrichtlinien-Gebiete. Da das KKW an die Schelde angrenzt, die als Habitatrichtlinien-Gebiet ausgewiesen ist, empfiehlt sich die Verwendung dieses Praxisleitfadens für diese UVP.

Auf der Grundlage der im Bereich Luft durchgeführten Immissionsberechnungen zu den Aktivitäten des KKW und auf Basis der kritischen Depositionswerte (KDW) der vorhandenen europäischen Lebensraumtypen, die sich in den Praxiswegweisern zur Eutrophierung und Versauerung über die Luft wiederfinden, wird eine Aussage über die mögliche Auswirkung der Eutrophierung und Versauerung durch die Deposition von NO_x und SO₂ des KKW getroffen. Es wird der Bewertungsrahmen aus den Praxisleitfäden für Versauerung und Eutrophierung verwendet, dargestellt in Tabelle 2-51.

Tabelle 2-51 Bewertungsrahmen Eutrophierung und Versauerung aus dem ANB-Praxiswegweiser für Eutrophierung und Versauerung über die Luft

Anteil der veranschlagten Deposition X am kritischen Depositionswert (KDW) des gefährdeten Habitats	Verhältnis der zulässigen Emission zur derzeitigen Aktivität	Einzusetzende Technik, die als Bedingung in die Genehmigung aufzunehmen ist
$X < 5\%$	Nicht signifikant	Gängige Maßnahmen zur Emissionsminderung (BAT)
$5 \leq X < 50\%$	Nicht signifikant, wenn eine wesentliche Abnahme erreicht wird	Zusätzliche Maßnahmen sind vorzuschreiben, soweit dies zur Emissionsminderung erforderlich ist
$X \geq 50\%$	Signifikant	/

- Ruhestörung:
 - signifikant negativ:
 - Permanenter oder temporärer Effekt während kritischer Zeiträume (Brutzeit, Überwinterung, ... je nach Gebiet);
 - Gebiet ist sehr empfindlich gegenüber Ruhestörungen;
 - Vorhandensein von empfindlichen bis hochempfindlichen Arten gegenüber Ruhestörungen;
 - Eine Lärmbelastung von mehr als 55 dB(A) als Folge des Plans/Projekts;
 - negativ:
 - Temporärer Effekt außerhalb kritischer Zeiträume (Brutzeit, Überwinterung, ... je nach Gebiet);
 - Gebiet ist sehr empfindlich gegenüber Ruhestörungen;
 - Vorhandensein von empfindlichen bis hochempfindlichen Arten gegenüber Ruhestörungen;

- Eine Lärmbelastung als Folge des Plans/Projekts von mehr als 50-55 dB(A);
 - leicht negativ:
 - Permanenter oder temporärer Effekt;
 - Gebiet ist wenig bis gar nicht empfindlich oder empfindlich für Ruhestörungen;
 - Vorhandensein von wenig empfindlichen, empfindlichen bis hochempfindlichen Arten gegenüber Ruhestörungen;
 - Eine Lärmbelastung als Folge des Plans/Projekts von mehr als 50 dB(A);
 - vernachlässigbar:
 - Permanenter oder temporärer Effekt;
 - Gebiet ist wenig bis gar nicht empfindlich für Ruhestörungen;
 - Es gibt keine empfindlichen Arten für Ruhestörungen;
- Wasserentnahme: Bei den Auswirkungen der Wasserentnahme auf die Biodiversität ist zu beschreiben und zu bewerten, welche Arten von der Wasserentnahme betroffen sind. Das KKW hat jedoch bereits mehrere Maßnahmen ergriffen, um das Ansaugen von Fischen und anderen Tierarten zu minimieren. Die Beschreibung und Bewertung dieser Auswirkungen erfolgt qualitativ und basiert auf den Daten des KKW;
- Einleitung von Kühlwasser: Die Erörterung über die Einleitung von Kühlwasser auf Höhe des KKW gliedert sich in drei Teile:
 - Es wird eine Zusammenfassung des gemessenen Temperaturanstiegs und der Größe der Wärmefahne aufgrund der Kühlwassereinleitung des KKW gegeben. Eine detaillierte Beschreibung findet sich im Bereich Wasser;
 - Als Nächstes werden die potenziellen direkten und indirekten Auswirkungen erörtert, die als Folge eines Temperaturanstiegs durch die Kühlwassereinleitung auftreten können. Bei den direkten Auswirkungen gibt es allgemeine Auswirkungen auf Wasserorganismen und -populationen, spezifische Auswirkungen auf Fische, auf Plankton und Makroinvertebraten. Die potenziellen Auswirkungen von Wärmefahnen auf exotische Arten werden ebenfalls erörtert.
 - Schließlich wird für das KKW eine Bewertung der möglichen Auswirkungen der Kühlwassereinleitung auf Organismen durchgeführt. Hier werden die Ergebnisse der Fischbestandsproben in der KKW-Kühlwasserfahne verwendet (Breine & Van Thuyne, 2013A).
- Einleitung von chemischen Substanzen:
 - signifikant negativ: Das Projekt birgt das Risiko einer Verschlechterung der Wasserqualität innerhalb der europäischen oder flämischen Schutzgebiete;
 - negativ: Das Projekt birgt das Risiko einer Verschlechterung der Wasserqualität außerhalb europäischer oder flämischer Schutzgebiete bzw. birgt ein begrenztes Risiko einer Verschlechterung der Wasserqualität innerhalb der europäischen oder flämischen Schutzgebiete.
 - leicht negativ: Das Projekt birgt ein begrenztes Risiko einer Verschlechterung der Wasserqualität außerhalb der europäischen oder flämischen Schutzgebiete;
 - vernachlässigbar: Das Projekt ändert nichts an der Wasserqualität bzw. dieses Risiko ist vernachlässigbar;

- leicht positiv: Das Projekt bedingt eine begrenzte Verbesserung der Wasserqualität außerhalb der europäischen oder flämischen Schutzgebiete;
- positiv: Das Projekt bedingt eine Verbesserung der Wasserqualität außerhalb der europäischen oder flämischen Schutzgebiete;
- signifikant positiv: Das Projekt bedingt eine Verbesserung der Wasserqualität innerhalb der europäischen oder flämischen Schutzgebiete;

2.5.2 Ausgangssituation

2.5.2.1 Lage der Naturräume

In der Umgebung des KKW befinden sich mehrere wertvolle Naturräume und Schutzgebiete. Diese Gebiete befinden sich größtenteils an den Ufern der Schelde und sind sowohl auf europäischer als auch auf flämischer Ebene geschützt.

2.5.2.1.1 Natura 2000 Gebiete

Die natürliche Struktur des abgegrenzten Untersuchungsgebietes umfasst auf europäischer Ebene hauptsächlich die folgenden besonderen Schutzgebiete (siehe Anhang A - Karte 14):

- **BE2301336 Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘** [Schorren und Polder der Unteren Schelde]. Dazu gehören das Poldergebiet am linken Ufer, das derzeit größtenteils vom Hafen eingenommen wird, sowie ein kleineres Poldergebiet am rechten Ufer, der Galgeschoor und der Groot Buitenschoor. Das KKW-Gelände auf dem linken Ufer ist von dem Vogelschutzrichtlinien-Gebiet umgeben und überlappt dieses teilweise. Durch die Vereinnahmung dieses Vogelschutzgebietes am linken Ufer durch die hafenbezogene Infrastruktur (u. a. das Deurganck-Dock) ging viel Natur verloren. Um diesen Verlust an Naturwerten zu kompensieren, wurde eine Reihe von Flächen abgegrenzt und als Ausgleichsflächen, so genannte Kompensationsgebiete, ausgewiesen. In der Nähe des KKW befinden sich das Paardenschor (siehe 2.5.2.2.32.5.2.2.82.5.2.2.5). Doelpolder Midden befindet sich noch in der Entwicklung;
- **BE2300006 Habitatrichtlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘** [Anm. d. Ü.: Schelde- und Durme-Ästuar von der niederländischen Grenze bis Gent]. Dazu gehören die Scheldefahrerinne sowie die ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘ und das Paardenschor-Gebiet außerhalb der Deiche. Das KKW befindet sich am Rande der Schelde und dieses Habitatrichtlinien-Gebiets.

Beide besonderen Schutzgebiete überschneiden sich an den Ufern der Schelde.

Das Vogelschutzrichtlinien-Gebiet BE2300222 ‚De Kuifeend en de Blokkersdijk‘ und das Habitatrichtlinien-Gebiet BE2100045 ‚Historische fortengordels van Antwerpen als vleermuizenhabitat‘ [Historische Stadtbefestigung von Antwerpen als Fledermaushabitat] befinden sich in mehr als 3 km Entfernung zum KKW-Gelände. Sie befinden sich aufgrund ihrer entfernteren Lage zum KKW-Standort außerhalb des Einflussbereichs des KKW-Betriebs im Hinblick auf die zu erwartenden Auswirkungen des KKW-Betriebs auf die Biodiversität.

Auf niederländischem Gebiet liegt das ‚Verdronken land van Saeftinghe‘ als Teil des Natura 2000-Gebiets ‚Westerschelde & Saeftinghe‘; es ist als Vogel- und Habitat-Gebiet ausgewiesen (NL9803061). Dieses Gebiet liegt gut 3 km nördlich des KKW und damit außerhalb des Untersuchungsgebiets. Andere Natura 2000-Gebiete in den Niederlanden wie die Oosterschelde, das Markiezaat und der Brabantse Wal liegen noch weiter vom KKW entfernt (> 10 km). Diese Gebiete befinden sich aufgrund ihrer entfernteren Lage zum Standort außerhalb des Einflussbereichs der KKW-Aktivitäten hinsichtlich der zu erwartenden Auswirkungen der KKW-Aktivitäten auf die Biodiversität .

2.5.2.1.2 Ramsar-Gebiete

Ramsar-Gebiete sind Feuchtgebiete (Wetlands) von internationalem Rang, die aufgrund ihrer Bedeutung für Wasservögel, Artenvielfalt und Fischpopulationen ausgewiesen wurden.

Der Galgeschoor, Groot Buitenschoor und die Schorren van Ouden Doel sind als Ramsar-Gebiete ausgewiesen (Ramsar Nr. 327; siehe Anhang A - Karte 16). Die Entfernungen vom Galgeschoor und Groot Buitenschoor zum KKW betragen 1,2 km respektive 2,7 km; diese Gebiete befinden sich am rechten Scheldeufer. Der Schor van Ouden Doel befindet sich neben dem KKW-Gelände in weniger als 1 km Entfernung und damit innerhalb des Untersuchungsgebiets. Die Ramsar-Gebiete liegen an den Scheldeufern und überschneiden sich mit dem Gebiet der Vogelschutzrichtlinie und dem der Habitat-Richtlinie.

2.5.2.1.3 VEN-Gebiete

Die ‚**Slikken en schorren langs de Schelde**‘ sind als Große Natureinheiten (GEN) ausgewiesen (Gebiet Nr. 304), sie sind Teil des Flämischen Ökologischen Netzwerks (VEN) (siehe Anhang A - Karte 17). Das KKW-Gelände grenzt an dieses VEN-Gebiet an.

Die Fahrrinne der Schelde mit den angrenzenden Schlickern und Schorren sind durch den Gezeiteneffekt sehr dynamisch und haben einen sehr hohen ökologischen Wert. Die hohe natürliche Produktivität des Ökosystems spiegelt sich in der gesamten Nahrungskette wider, sowohl in Bezug auf die Arten als auch auf deren Umfang. Wichtig ist der Gradient Salz-Brack-Süß in den Gezeitenzonen. Die landschaftsprägende Struktur führt dazu, dass auch wandernde Tierarten diese Strecke als Wanderroute nutzen. Die Uferbereiche der Schelde bilden wichtige Verbindungszonen zwischen den größeren Naturgebieten (Verdronken land van Saeftinghe), den verbliebenen großen Brackwassergebieten (Galgeschoor, Groot buitenschoor, Schor van Ouden Doel) und den jüngeren Kompensationsgebieten mit Schlickern und Schorren (Ketenisseschor, Paardenschor, Prosperpolder, Lillo-Potpolder usw.) entlang der Schelde. Die Uferzonen haben also eine wichtige Netzwerkfunktion. Diese angeführten Bereiche sind alle Teil dieses VEN-Gebiets. Zu diesem abgegrenzten VEN-Gebiet gehören auch die Scheldeufer in der Nähe des KKW.

Die VEN-Gebiete an den Scheldeufern überschneiden sich mit dem Gebiet der Vogelschutzrichtlinie, dem der Habitat-Richtlinie sowie dem des Ramsar-Gebiets.

2.5.2.1.4 Naturschutzgebiete

Die **Schorren van Ouden Doel** sind ein offizielles Naturschutzgebiet (Schutzgebiet Nr. E-110), das sich am linken Scheldeufer befindet (siehe 2.5.2.2.4). Dieses überschneidet sich mit dem Gebiet der

Vogelschutzrichtlinie, dem Gebiet der Habitatrictlinie, dem Ramsar-Gebiet und dem VEN-Gebiet. Der Schor van Ouden Doel liegt nördlich des KKW-Geländes in weniger als 1 km Entfernung. In der weiteren Umgebung längs der Schelde befinden sich der **Galgeschoor** und der **Groot Buitenschoor** (Schutzgebiet Nr. E-021), diese beiden Naturschutzgebiete liegen am rechten Scheldeufer in 1,2 km bzw. 2,7 km Entfernung zum KKW.

2.5.2.1.5 Andere für die Natur relevante Gebiete

Weitere relevante Gebiete in der Nähe des KKW sind der **Hedwigepolder** und **Prosperpolder** (siehe 2.5.2.2.62.5.2.2.11Abbildung 2-40

In der Nähe des KKW befinden sich der **Paardenschor**, der **Doelpolder Noord** und der **Brakke Kreek** als eingerichtete **Kompensationsgebiete** (siehe 2.5.2.2.3 2.5.2.2.82.5.2.2.5). Diese Gebiete schließen sich an den Schor van Ouden Doel und den Hedwigepolder an, sie sind seit einigen Jahren wichtige Gebiete für die Artenvielfalt. Die Lage dieser Gebiete ist in Abbildung 2-40 dargestellt.

Die anderen Zonen um das KKW sind als Poldergebiete erhalten geblieben (**Doelpolder**, **Arenbergpolder**). Diese Poldergebiete 2.5.2.2.7

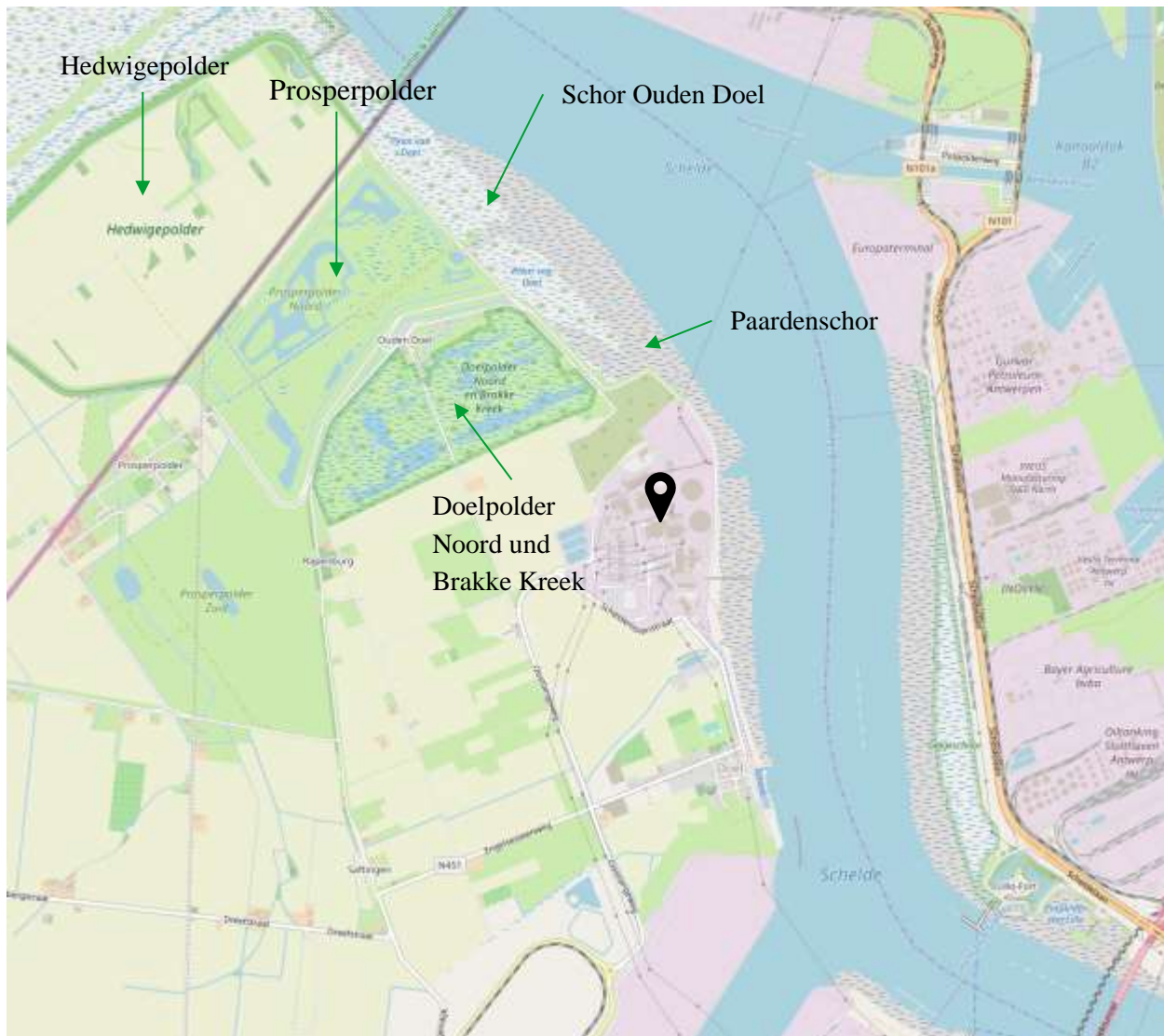


Abbildung 2-40 Weitere für die Natur wichtige Gebiete in der Umgebung des KKW

Die Schelde und ihre unmittelbare Umgebung sind ein **faunistisch wichtiges Gebiet**. Laut dem Flämischen Atlas der Risiken für Vögel bei Windkraftanlagen [Vlaamse risicoatlas vogels-windturbines] (INBO, 2011) sind mehrere Brutgebiete, Wiesenvogelgebiete, Schlafplätze und Nistgebiet für Vögel auf Schlickern und Schorren, Poldern und Docks vorhanden. Die Schelde ist eine wichtige Zugroute für Vögel. Viele Arten kommen hierher, um zu rasten oder zu überwintern. In der Umgebung des Doel-Standorts gibt es viele überfliegende Vögel, die zu ihrem Schlafplatz fliegen, dort Halt machen oder fressen. Das KKW wird fast vollständig vom Nistgebiet Beveren Linkeroever Polders umschlossen. Weitere wichtige Gebiete sind die Zeeschelde – niederländische Grenze – Lillo (Nistgebiet), Linkeroever (Brutgebiet), Galgeschoor und der Groot Buitenschoor (Brut- und Nistgebiet), das Kanaaldok B2, Kanaaldok B3, die Zandvliet-Schleuse, das Doeldok und das Deurganckdok (siehe Abbildung 2-41). Die Zugrouten der Vögel meiden das KKW-Gelände als solches, aber in der Umgebung des Standorts gibt es einen regen Verkehr an Schlafplätzen, Futterstellen und wegen der saisonalen Wanderung. Die KKW-

Kühltürme sind seit 1996 dank der Anbringung eines Nistkastens ein Brutplatz für Wanderfalken. Im Folgenden wird die Anzahl der Wanderfalken dargestellt, die im Zeitraum 2013-2019 an diesem Brutplatz geboren wurden:

- 2013: 1
- 2014: 3
- 2015: 4
- 2016: keine
- 2017: 4
- 2018: 3
- 2019: keine





Abbildung 2-41



Wichtige Brut- und Nistplätze in der Nähe des KKW

2.5.2.2 Beschreibung der Naturräume

Nachstehend folgt eine kurze Beschreibung der im Untersuchungsgebiet gelegenen Naturräume in der Umgebung des KKW. Diese Naturräume sind sowohl auf flämischer als auch auf europäischer Ebene geschützt.

2.5.2.2.1 Die Schelde und die Scheldeufer

Die Schelde und ihre Ufer sind Teil des Habitatrictlinien-Gebiets ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘. Teile der Scheldeufer liegen im **Vogelschutzrichtlinien**-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘ bzw. im **VEN-Gebiet** ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘.

Unter dem Begriff Schelde verstehen wir sowohl die Wasserzone als auch deren unmittelbare Umgebung, d. h. die Ufer bis zu den Deichen. Die Scheldeufer bilden schmale Streifen entlang des Flusses, die von den Deichen begrenzt werden. Die Scheldeufer sind auf flämischer und europäischer Ebene durch den Ausweis im Sektorenplan als Naturschutzgebiet, Naturreservat, Naturschutzgebiet mit Dienstbarkeit (Verkehrswege und Leitungen) oder als besonderes Naturschutzgebiet geschützt sowie durch die Ausweisung von Teilen der Ufer als VEN-Gebiet und/oder Habitat-Richtliniengebiet geschützt.

2.5.2.2.1.1 Biotopen

Ein Ästuar ist der flussabwärts gelegene Teil eines Flusses, der unter dem Gezeiteneinfluss des Meeres steht. Im Gegensatz zu Meeresarmen und Lagunen haben Ästuarie einen konstanten Flusswasserstrom. Dadurch entsteht ein typischer Süß-Salz-Gradient vom Landesinneren (süß) bis zum Mündungsgebiet (salzig). In der Brackwasserzone gibt es starke Schwankungen des Salzgehalts. Durch die Vermischung von Süß- und Salzwasser und die Verringerung der Fließgeschwindigkeit kommt es zur Sedimentation feiner Schlickpartikel. Dadurch entsteht ein sehr dynamisches System aus Seitenkanälen, Flachwasser, Schlickten und Schorren. Das Wattgebiet wird zweimal täglich überflutet, der höher gelegene Teil nur bei Sturm- und Springfluten. Der Bau von Deichen reduzierte diese Uferzone auf schmale Streifen und trennte sie vom Binnenlandbereich der Deiche, den Scheldepoldern.

Ästuarie sind biologisch sehr reiche Ökosysteme. Das Vorhandensein verschiedener Gradienten (süß zu salzig, schlammig zu sandig usw.) in diesen Gezeitenbereichen sorgt für eine große Vielfalt an Organismen, obwohl in den brackigen Teilen die Anzahl der Arten eher gering ist. Neben dieser Vielfalt sind Ästuarie äußerst produktiv. Zum Beispiel ist die jährliche Produktion von organischem Material in Ästuarie weit höher als in Flüssen und Meeren. Diese hohe Primärproduktion machte sich der Mensch seit jeher zunutze. Ästuarie sind normalerweise gute Fischgründe und besonders für Aquakulturen geeignet.

Das Schelde-Ästuar wurde im 20. Jahrhundert durch menschliche Eingriffe stark geschädigt. Das Ästuar wurde zunehmend mit Poldern trockengelegt bzw. eingedeicht. Der Antwerpener Hafen entwickelte sich zu einem Hafen von Weltrang, so dass die Fahrinne tiefer und breiter ausgebaggert wurde. Die größten Hemmnisse für das ökologische Funktionieren des Schelde-Ästuarie sind die Veränderungen der Hydromorphologie, die erhöhte Gezeitenenergie, die schlechte Wasserqualität und die Verschmutzung des Gewässerbodens. Durch die Eindeichung und Vertiefung der Schelde ist die Fläche der Watten und Schlickten in den letzten 150 Jahren stark zurückgegangen. Im Jahr 2003 betrug die Fläche nur noch ein Drittel der Fläche von 1850. Die verbleibenden Gezeitenzonen sind vielerorts nicht sehr nachhaltig, da sie

unter hohem hydro-morphologischen Druck stehen. Der Übergang zwischen Rinne und Schorre wird zunehmend steiler. Schlicker sowie niedrige und mittelhohe Schorren werden anfällig und erodieren infolge der erhöhten Gezeitenenergie. Die allmählichen Übergänge verschwinden und es bilden sich hohe Klippen, die schließlich durch Erosion verschwinden können („coastal squeezing“).

In den letzten Jahrzehnten hat jedoch der Wandel in der internationalen und lokalen Umwelt- und Naturpolitik (genauer gesagt das Streben nach einer ganzheitlicheren Bewirtschaftung des Ästuars) eine Reihe von Initiativen hervorgebracht, so z. B. den überarbeiteten Sigma-Plan, der das Blatt langsam wenden kann.

Die Schlicke und Schorren im Gebiet außerhalb der Deiche haben beim KKW einen Brackwassercharakter; südlich von Antwerpen nimmt der Meereseinfluss ab und es finden sich Süßwasserschorren. Die am linken Scheldeufer befindlichen Schlicke und Schorren sind der Schor van Ouden Doel und der Paardenschor nördlich des KKW. Die Schorren von Ketenis südlich des KKW sind weiter entfernt und liegen außerhalb des Untersuchungsgebiets. Auf Höhe des KKW gibt es eine kurze und steile Übergangszone vom Deich zur Schelde, was bedeutet, dass den Schlicker und Schorren nur wenig Platz bleibt und diese folglich auch wenig entwickelt sind. Am rechten Ufer sind der Galgeschoor und die weiter nördlich gelegene „Groot Buitenschoor“ die wertvollsten Schlicke- und Schorregebiete.

Entlang der Scheldeufer sind deutlich Pflanzengürtel unterscheidbar, nämlich grasartige Vegetationsformen auf den höchsten Teilen der Schorre und auf den Deichen; Schilfgürtel und Zonen mit Strandquecken und Strandsimsen auf den unteren Teilen der Schorre. Der Schlick ist eine schlammige Fläche zwischen der Wasserlinie und der höher gelegenen Schorre; diese Zone ist reich an Bodenleben, sie enthält viele einzellige Organismen (Kieselalgen, Blaualgen usw.) und hat wenig oder keine Vegetation (Queller, Schlickgräser).

Zu den durch vom Salzeinfluss abhängigen Schorrenpflanzen gehören Strandsimsen, Strand-Dreizack, Echtes Löffelkraut, Strand-Milchkraut, Strand-Salzschwaden, Salz-Binsen und Spieß-Melde. Zu den feuchtigkeitsliebenden Pflanzen zählen Schilf, Wasser-Knöterich, Sumpf-Ampfer, Stumpfblattrige Ampfer, Echte Zaunwinde und Ufer-Wolfstrapp. Pflanzen mit weniger spezifischen Vorlieben sind die gemeine Brennnessel, die Kleine Klette, die Ackerdistel und die Wiesen-Kerbel.

Auf der Biologischen Bewertungskarte (s. Anhang A – Karte 13) sind die Vegetationen entlang der Scheldedeiche und -ufer am linken Scheldeufer als biologisch wertvoll bzw. sehr wertvoll ausgewiesen. Biologisch sehr wertvolle Vegetationen sind Schlick (ds), Schorre (da), Meeresbinsen (mz), Schilfvegetation (mr) und Heuwiesenvegetation (hu). Biologisch wertvoll sind Deiche (kd), Schilfdickichte (mru), alle Arten von Weiden-Beständen (sz+sal), Ruderalvegetation (ku) und Gebüsche (ku/kz) auf aufgeschütteten Flächen.

In der Natura 2000-Habitatkarte (Anhang A - Karte 15) ist die Schelde als Habitattyp 1130 „Ästuar“ ausgewiesen. Auch das Scheldeufer gehört zum Lebensraumtyp 1130 „Ästuar“, wobei die Schorrenvegetation entlang des KKW als Lebensraumtyp 1330_da „Buitendijkse schorren“ und die Schilfgebiete entlang des KKW sowie andere Phragmites (rbbmr) als regional bedeutsames Schilfbiotop ausgewiesen sind. Ein begrenzter Bereich des Scheldeufers in der Nähe der KKW-Entnahmestelle Doel 1/2 wurde als Lebensraumtyp 6430_mr „Schilfgebiete mit Echtem Eibisch, Sumpf-Lathyrus bzw. Sumpf-Gänsedisteln“ ausgewiesen. Ein begrenztes Gebiet der Scheldeufers südlich der KKW-

Entnahmestellen Doel 1/2 wurde als regional bedeutsames Biotop Dorniges Gebüsch mit lehmhaltigem Grund (rbbsp) ausgewiesen. Der Scheldedamm nördlich des KKW wurde als unsicher für den Lebensraumtyp 6510,gh ‚Niedrig gelegene magere Mähwiesenfläche: Glatthaferverbund oder kein Lebensraumtyp der Habitat-Richtlinie‘ ausgewiesen. Der Scheldedeich südlich des KKW wurde als Teillebensraum für den Lebensraumtyp 6510_hu ‚Tiefliegende magere Mähwiesenfläche: Glatthaferverbund‘ ausgewiesen.

Auf der Ökotoptkarte der Schelde (INBO, 2015), Abbildung 2-42, lässt sich für die Schelde und ihr linkes Ufer auf Höhe des KKW von Ost nach West Folgendes ableiten:

- Die Schifffahrtsrinne der Schelde östlich des Wellenbrechers ist als tiefe sublitorale Zone gekennzeichnet.
- Der Innenbereich des Wellenbrechers ist durch die mäßig tiefe sublitorale Zone mit Übergang in eine schmale Zone der flachen sublitoralen Zone gekennzeichnet.
- Die Schlickzone entlang des linken Scheldeufers in der Nähe des KKW liegt vollständig auf weichem Substrat – mit Ausnahme der Schlickzone an der Einleitstelle des KKW, die auf anthropogenem Substrat liegt – und ist durch eine schmale Zone mit geringem Schlick mit einem Übergang in einen breiten Streifen mit mittelhohem Schlick und eine schmale Zone mit hohem Schlick gekennzeichnet.
- An das KKW-Gelände angrenzend befindet sich eine schmale Schorrenzone.

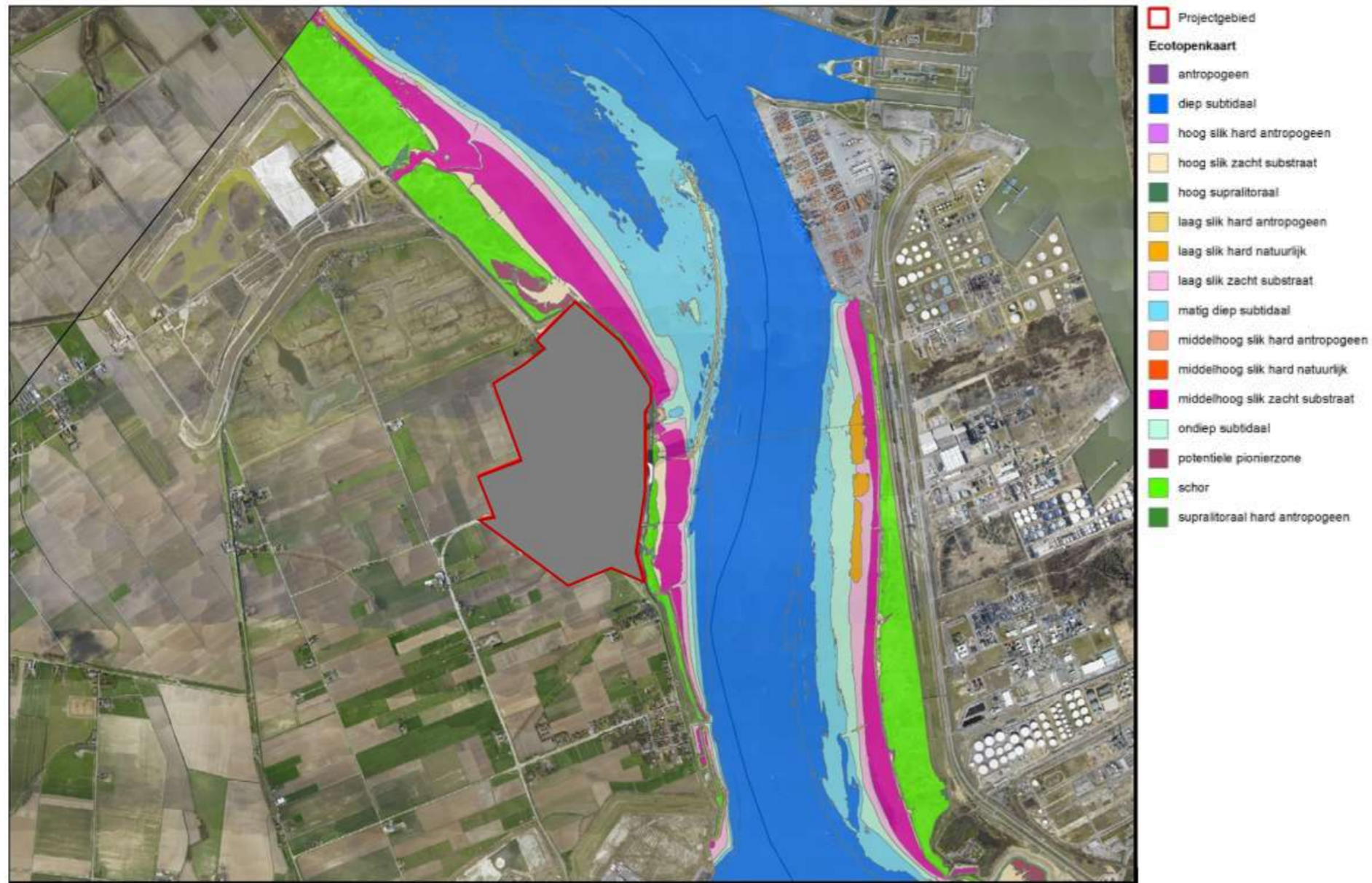


Abbildung 2-42 Ökotopte Schelde (INBO, 2015)

2.5.2.2.1.2 Benthos

Das große Nahrungsangebot in Ästuaren führt auch zu einer hohen Konzentration an wirbellosen Bodenlebewesen, dem Benthos. Hier finden wir bedeutende Populationen von grauen Garnelen, eine große Anzahl von Schalenweichtieren, z. B. den Plattmuschel und die Sandklaffmuschel, sowie verschiedene Wurmarten, wie z. B. den Trichterwurm und den Drahtwurm. Diese reiche Bodenfauna dient sowohl Vögeln als auch Fischen als Nahrungsquelle. Bei Ebbe suchen und fressen die Vögel auf den Schlickern und ruhen sich bei Flut auf den Schorren aus; die Fische tun genau das Gegenteil: bei Flut kommen sie auf das Watt und bei Ebbe ruhen sie in den Rinnen.

2.5.2.2.1.3 Fische

Ästuare spielen auch eine wichtige Rolle im Lebenszyklus vieler Fische. Die Artenzusammensetzung der Gemeinschaft in der Unteren Zeeschelde ändert sich jedoch im Laufe des Jahres. Im Sommer-Herbst fungiert sie als Jungtiergebiet, in der die Larven und Jungtiere einer Reihe von Arten wie Garnelen und Grundeln leben. Im Winter dient die Untere Zeeschelde der Überwinterung für Arten wie Hering, Sprotte und Seebarsch. Im Frühjahr hat das Ästuar eine wichtige Transit- und Passagefunktion für eine Reihe von wandernden Arten wie Dünnlippige Meeräsche, Neunauge, Aal und Flunder. Auch eine Reihe von Süßwasserarten (Karausche, Güster, Kaulbarsch, Bitterling und Rotaue) kommen aufgrund des geringen Salzgehaltes vor (Maes *et al.*, 1996).

Das INBO überprüft jährlich im Rahmen eines Monitorings den Fischbestand des Zeeschelde-Ästuars mithilfe von Hamennetzen, dies erfolgt dreimal pro Jahr (Mai, Juli und September) und entlang des Ästuargradienten, d. h. bei Doel, Antwerpen, Steendorp und Branst. Für die Ausgangssituation 2013 und 2014 gelten die folgenden Beobachtungen (Breine & Van Thuyne, 2013B und 2014):

Stint scheint die am häufigsten vorkommende Art in der Schelde zu sein. Alle Lebensstadien (Larven, Jungfische und adulte Fische) werden gefangen, was darauf hinweist, dass diese diadrome Art erfolgreich in der Schelde laicht.

Es wurden wieder ausgewachsene Finten gefangen. Trotz der Tatsache, dass mithilfe eines Bongo-Netzes eine Laichaktivität mit Eiern beobachtet werden konnte, war die Rekrutierung offenbar erfolglos, da weder Larven noch juvenile Finten gefangen wurden.

Das Vorhandensein von juvenilen Sardellen, Heringen und Seebarschen zeigt, dass marine Arten, wie die diadrome Flunder, die Schelde als Jungtiergebiet nutzen.

Grau- und Sägegarnelen schwimmen weit stromaufwärts in die Schelde.

Die folgenden Feststellungen gelten speziell für den Bereich Doel:

- Bei Doel zeigen die jährlichen Daten mehr Arten bei Ebbe als bei Flut.
- In der Nähe von Doel werden hauptsächlich See- und Ästuarfische angetroffen.
- Von den vier Messstellen wurde die größte Artenanzahl in Doel (mesohaline Zone) gefangen.
- An den vier Messstellen werden die geringste Anzahl an Exemplaren exotischer Arten und der geringste relative Anteil exotischer Arten in Doel (mesohaline Zone) gemeldet.

Für den Zeitraum 2015-2019 gelten die folgenden Beobachtungen (Breine & Van Thuyne, 2015, 2016, 2017, 2018 und 2019):

Stint scheint die am häufigsten vorkommende Art in der Schelde zu sein. Alle Lebensstadien (Larven, Jungfische und adulte Fische) werden gefangen, was darauf hinweist, dass diese diadrome Art erfolgreich in der Schelde laicht.

Es wurden ausgewachsene Finten gefangen. Im Gegensatz zu 2014 wurden in jedem Jahr zwischen 2015 und 2019 juvenile Finten gefangen. Dies zeigt an, dass eine Rekrutierung stattgefunden hat.

Das Vorhandensein von juvenilen Sprotten, Heringen und Seebarschen zeigt, dass marine Arten, wie die diadrome Flunder, die Schelde als Jungtiergebiet nutzen.

Grau- und Sägegarnelen schwimmen weit stromaufwärts in die Schelde.

Von 2012 bis 2017 stieg die Anzahl der gefangenen Exemplare exotischer Arten an fast allen Standorten. Die hohen Anzahl von Exoten in den Jahren 2016 und 2017 war vor allem der hohen Anzahl von Zandern geschuldet.

Ein Anstieg des relativen Anteils an Exoten wurde auch an den vier Messstellen von 2012 bis 2019 beobachtet.

Die folgenden Feststellungen gelten speziell für den Bereich Doel:

- Bei Doel zeigen die jährlichen Daten mehr Arten bei Ebbe als bei Flut.
- In der Nähe von Doel findet man hauptsächlich See- und Ästuarialfische.
- Von den vier Messstellen wurde die größte Artenanzahl in Doel (mesohaline Zone) gefangen.
- Von den vier Überwachungsstandorten werden die geringste Anzahl an Exemplaren exotischer Arten und der geringste relative Anteil exotischer Arten in Doel (mesohaline Zone) beobachtet.

Im Jahr 2013 führte das INBO eine Beprobung des Fischbestands mit Baumkurren in der Kühlwasserfahne (innerhalb des Wellenbrechers) des KKW durch (Breine & Van Thuyne, 2013A). An zwei Tagen im November wurden 17 Mal Schleppnetze innerhalb und außerhalb des KKW-Wellenbrechers ausgeworfen. Der Bericht beantwortet die folgenden Fragen:

- Gibt es ein erhöhtes Vorkommen von wärmeliebenden einheimischen Arten innerhalb des Wellenbrechers gegenüber dem Bereich außerhalb des Wellenbrechers? Und wenn ja, welche Arten in welcher Anzahl?
- Gibt es eine erhöhte Abundanz von Exoten innerhalb des Wellenbrechers gegenüber dem Bereich außerhalb des Wellenbrechers? Falls ja, welche Arten in welcher Anzahl?

Innerhalb des Wellenbrechers wurden 13 Fische gefangen und außerhalb 7 Exemplare. Die Flunder wurde am häufigsten gefangen. Innerhalb des Wellenbrechers ist die Brackwasser-Grundel die zweithäufigste Art, während bei Flut der Anteil der Seezunge zunimmt. Außerhalb des Wellenbrechers ist der Beitrag von Grundeln, Kaulquappen und Brackwasser-Grundeln, größer. Auch hier werden bei Flut mehr Seezungen gefangen. Die Seezunge wandert normalerweise im Herbst und Winter in wärmere und tiefere Gewässer. Nur ein einziger exotischer Fisch wurde innerhalb des Wellenbrechers gefunden: ein Exemplar der Schwarzschnabel-Grundel. Diese Art hat sich auch in einigen Kanälen und Flüssen etabliert. Verreycken (2013) gibt an, dass die Schwarzmund-Grundel alle Arten von Lebensräumen besetzen kann. Ihre Auswirkungen auf die Umwelt hängen vor allem mit der Nahrungs- und Lebensraumkonkurrenz sowie der Prädation zusammen. Innerhalb des Wellenbrechers wurden auch wärmeliebende Seebarsche gefangen. Dies ist bemerkenswert, wenn man bedenkt, dass diese Art 2013 in der Schelde unterfischt wurde.

Neben Fischen wurden auch Garnelen und Krabben gefangen. Innerhalb des Wellenbrechers wurden vier Exemplare der Japanischen Felsen- und Partnergarnelen gefangen. Die Chinesische Wollhandkrabbe wurde in großer Zahl gefangen: 274 Stück innerhalb und 452 außerhalb des Wellenbrechers. Innerhalb des Wellenbrechers leben offenbar hauptsächlich Graue Krabben (18096 gefangene Exemplare) und in geringerem Umfang auch Felsen- und Partnergarnelen (544).

Diese Fangdaten zeigen, dass die Fischfauna sowie Garnelen und Krabben dazu neigen, sich in dem Innenbereich des Wellenbrechers niederzulassen, in dem die Wassertemperatur höher ist. Außerdem ist dieser Bereich weniger dynamisch als außerhalb des Wellenbrechers. Die Anwesenheit von Seebarschen, einer wärmeliebenden Meerestierart, deutet darauf hin, dass diese Art den Innenbereich des Wellenbrechers als Winterrefugium nutzt. Die Seeszunge findet sich innerhalb und in der Nähe des Wellenbrecherbereichs. Einige Arten nutzen den aufgewärmten Innenbereich des Wellenbrechers als Jungtierbereich. Es gibt also einige Anzeichen dafür, dass es eine erhöhte Abundanz von wärmeliebenden einheimischen Arten (Seebarsch und Seeszunge) innerhalb des Wellenbrechers gibt.

Das Vorkommen von exotischen Fischen ist nicht nennenswert, innerhalb des Wellenbrechers wurde nur eine Schwarzmund-Grundel gefangen. Felsen- und Partnergarnelen und die Chinesische Wollhandkrabbe sind in der Schelde häufig anzutreffen. Man kann also nicht von einer erhöhten Abundanz von Exoten innerhalb des Wellenbrechers sprechen (Breine & Van Thuyne, 2013A).

2.5.2.2.1.4 Vögel

Die Schelde und die Scheldeufer sind als Gebiet von faunistischem Interesse ausgewiesen. Das reiche Bodenleben im Schlick ist eine wichtige Nahrungsquelle für Vögel. Die Scheldeufer sind daher ein wichtiges Zuggebiet, Überwinterungsgebiet sowie Brut- und Jungtierbereich für zahlreiche Vogelarten. Die Schlicke und Schorren dienen als Schlafplätze für Möwen, Enten und Gänse.

Das INBO führt ein jährliches Monitoring der Wasservögel in der Zeeschelde durch. Einige häufig an der Zeeschelde vorkommende **Wasservögel** in der Nähe des KKW (Van Ryckegem *et al.*, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018):

- Kormoran
- Brandgans
- Alpenstrandläufer
- Kanadagans
- Haubentaucher
- Graugans
- Kiebitz
- Säbelschnäbler
- Schnatterente
- Reiherente
- Spießente
- Austernfischer
- Pfeifente
- Tafelente

- Rotschenkel
- Stockente
- Krickente
- Großer Brachvogel
- Schwarzkopfmöwe

Für die Ausgangssituation 2013 und 2014 gelten die folgenden Beobachtungen für Wasservögel (Van Ryckegem *et al.*, 2014 und 2015):

- Die Gesamtmuster der monatlichen Vogelzahlen entlang der Zeeschelde für die Jahre 2013 und 2014 ähneln denen der Vorjahre. Die Winterzahlen zeigen seit 1999 einen rückläufigen Trend, seit 2008 stabilisiert sich die Zahl auf etwa 25 000 bis 30 000 gezählte Wintervögel. Der Hauptrückgang ist auf eine starke Abnahme der Pfeifenten- und Krickentenbestände zurückzuführen. Die Wintermaxima fallen in die Monate Dezember-Januar. Die geringsten Vorkommen findet man im März. Die Zeeschelde ist eines der wichtigsten Überwinterungsgebiete für Wasservögel in Flandern. Die internationale Bedeutung der Zeeschelde als Überwinterungsgebiet ist geringer geworden, so erreicht derzeit nur noch die Schnatterente die 1%-Schwelle (= von internationaler Bedeutung). In der Zeeschelde als Vogelschutzrichtlinien-Gebiet hielten sich in den Wintern 2013 und 2014 weniger als 2 % bzw. weniger als 1 % der nordwesteuropäischen Population auf. Entgegen den Erwartungen gibt es keine größere Zunahme bei den fischfressenden Vogelarten. Im Gegenteil, seit Ende der 1990er Jahre ist der Lappentaucher in der mesohalinen Zone (zu der das vorliegende Untersuchungsgebiet gehört) stark zurückgegangen;
- Die Brandgans ist der dominierende ‚Wasserbrutvogel‘ in der Zeeschelde. Die Stockente ist neben der Brandgans der am häufigsten anzutreffende Brutvogel entlang der Zeeschelde. Die Schnatterente ist kein häufiger Brüter an der Zeeschelde.

Für den Zeitraum 2015-2017 gelten folgende Beobachtungen zu Wasservögeln (Van Ryckegem *et al.*, 2016, 2017 und 2018):

- Die monatlichen Vogelzahlen entlang der Zeeschelde waren in den Wintern 2015, 2016 und 2017 etwas niedriger als in den Vorjahren. Infolgedessen ist die internationale Bedeutung der Zeeschelde für überwinternde Wasservögel historisch gesehen gering. In der Zeeschelde macht nur noch die Schnatterente 1 % der geschätzten nordwesteuropäischen Population aus.
- Nach einer Periode der Zunahme (2012-2015) wurde ein Rückgang der benthivoren Vogelarten in der Unteren Zeeschelde beobachtet.
- Allgemein lässt sich also sagen, dass der Vogelbestand in der Schelde einen kontinuierlichen Abwärtstrend aufweist.

Im Zeitraum 2013-2017 wurden jährlich alle großen Brackwasser-Schorreengebiete an der Zeeschelde im NSZ-Gebiet – darunter der Doelpolder Noord, der Doelpolder Midden, der Prosperpolder, der Schor Ouden Doel und der Paardenschor – auf **Brutvögel** inventarisiert (Van Ryckegem *et al.*). Die folgenden Vogelarten brüten jährlich im nördlichen Bereich des Antwerpener Hafengebiets am linken Ufer – dazu gehören Doelpolder Noord, Doelpolder midden, Prosperpolder, der Schor Ouden Doel und der Paardenschor:

- Bartmeise
- Blaukehlchen
- Rohrweihe
- Zwergtaucher
- Säbelschnäbler
- Tüpfelsumpfhuhn
- Schilfrohrsänger
- Austernfischer
- Löffelente
- Rotschenkel

Die selteneren Arten Bartmeise, Säbelschnäbler, Tüpfelsumpfhuhn und Rotschenkel haben in den letzten fünf Jahren einen stabilen Trend gezeigt. Längerfristig zeigt die Rohrweihe einen rückläufigen Trend. Für die häufigeren Arten Blaukehlchen, Zwergtaucher, Schilfrohrsänger, Löffelente und Knäkente nimmt die Bedeutung zu, je mehr Sigma-Gebiete erschlossen werden.

Von den einjährig brütenden Arten im NSZ-Gebiet Schelde-Ästuar kommt ein erheblicher Teil der Populationen der Uferschnepfen, Rohrschwirl, Zwergdommeln und Knäkenten außerhalb des Hafens vor. Mehrere Arten brüteten bis 2017 nur selten im NSZ-Gebiet Schelde-Ästuar (Drosselrohrsänger, Nachtreiher, Wachtelkönig, Löffler, Rohrdommel und Braunkehlchen) oder wurden noch nie als Brutvögel erfasst (Purpureiher).

2.5.2.2.1.5 Säugetiere

Jedes Jahr schwimmen Robben in kleiner Anzahl die Zeeschelde hinauf und verbleiben dort mehr oder weniger lange. Die Art pflanzt sich im belgischen Teil des Schelde-Ästuars nicht fort. Auch Schweinswale werden regelmäßig in der Zeeschelde beobachtet. Es scheint vorerst keine wirkliche Rückkehr dieser Art in die Zeeschelde zu geben (Van Ryckegem *et al.*, 2014, 2015, 2016 und 2017).

Fledermäuse kommen eher in geschlossenen bis halboffenen Wäldern und kleinräumigen Feuchtgebieten oder Landschaften mit bewaldeten Ufern und Baumreihen vor. Die Teichfledermaus ist in der Nähe von großen Seen, Flüssen und Kanälen zu finden. Die Schelde selbst ist jedoch kein bekanntes Gebiet hierfür. Es sind keine Flugrouten für Fledermäuse in der Umgebung des KKW bekannt (Baetens *et al.* 2016).

2.5.2.2.2 Galgeschoor

Der Galgeschoor ist Teil des **Habitatrichtlinien-Gebiets** ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und des **VEN-Gebiets** ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘. Der Galgeschoor ist auch als **offizielles Naturschutzgebiet** ‚Groot Buitenschoor und Galgeschoor‘ und als **Ramsar-Gebiet** ausgewiesen.

Der Galgeschoor ist ca. 46 ha groß und 2 km lang, er befindet sich östlich des KKW am rechten Scheldeufer zwischen Lillo-Fort und dem Europa-Terminal. Es handelt sich um ein sehr wertvolles, brackiges Schorrengbiet der Gemeinden Zandvliet und Lillo. Der südliche Teil des Galgeschoors geht von einem schmalen Streifen mit Schilfvegetation in das Reservat Fort Lillo über.

Der gesamte Galgeschoor ist in der Biologischen Bewertungskarte (Anhang 1 - Karte 13) als biologisch sehr wertvolles Gebiet mit Schlicke (ds), Schorren (da) und Schilfland (mr) ausgewiesen. Der europäische Lebensraumtyp 1130 ‚Ästuar‘ kommt dort vor ebenso der Lebensraumtyp 1330 ‚Atlantische Schorren‘ (Glauco-Puccinellietalia maritimae) auf den etwas höher gelegenen Teilen, die nicht bei jeder Flut, sondern nur bei Springflut überschwemmt werden. Darüber hinaus findet man dort auch das regional bedeutsame Biotop ‚Schilf und andere Phragmites‘.

Auf der Ökotoptkarte der Schelde (INBO, 2015), Abbildung 2-42, lässt sich für das Schlicke- und Schorrengbiet am Galgeschoor von Ost nach West Folgendes ableiten:

- Der westlichste Bereich ist durch ein Schorrengbiet gekennzeichnet, das im Süden breit ist und sich nach Norden hin verengt.
- Die Schorren gehen in eine Schlickzone über, die sich durch mittelhohen Schlick Weichsubstrat, niedrigen Weichschlick kennzeichnet.
- Substrat, drei kleine Zonen mit niedrigem, hartem, natürlichem Schlick.
- Der Schlick unterteilt sich in eine flache sublitorale Zone und eine tiefe sublitorale Zone.

Der faunistische Wert des Galgeschoors wird hauptsächlich durch die Avifauna bestimmt.

Gezeitengebiete wie der Galgeschoor sind für viele Vogelarten von großem Wert. Dies ist insbesondere wegen des Gradienten von Salz zu Süßwasser. Sie haben auch einen klaren saisonalen Aspekt: Es gibt die Brutvögel, die Zugvögel und die Wintergäste.

Die reichhaltige Wirbellosen-Fauna in den Schlick- und Sandgebieten führt dazu, dass hier oft viele Regenpfeiferartige wie Regenpfeifer und Schnepfenvögel auf Nahrungssuche sind. Bei Flut bilden die Schorren auch ein Refugium für alle Arten von Watvögeln, die auf den umliegenden Wattflächen oder Stränden nach Nahrung suchen.

2.5.2.2.3 Paardenschor

Der Paardenschor ist Teil des **Habitatrichtlinien-Gebiets** ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und des **Vogelschutzrichtlinien-Gebiets** ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘, nicht jedoch des VEN-Gebiets ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘.

Der Paardenschor befindet sich nördlich des KKW und grenzt an das Gelände des Kernkraftwerks. Dieser von den Gezeiten beeinflusste Bereich außerhalb des Deiches wurde 2004 neu gestaltet, um den Verlust von Naturwerten durch den Bau des Deurganckdoks auszugleichen. Das Ziel ist die Entwicklung von Schlick- und Schorrengbieten. Der größte Teil der Oberfläche wird von Schlick- und Schorrengbieten eingenommen. Die räumliche Ausdehnung der Schorre bleibt auf die Randzonen des Gebiets beschränkt. Strand-Aster, Strandsimsen und Schilf bilden die Hauptvegetation; diese schließt an den nördlich gelegenen Schor Ouden Doel an, wo hauptsächlich hohe Schorren anzutreffen sind. In der Anfangsphase fand man hauptsächlich eine Vegetation aus *Vaucheria* vor; diese ist durch die Besiedlung mit höheren Pflanzen weitgehend verschwunden.

Der Paardenschor ist in der Biologischen Bewertungskarte (siehe Anhang A - Karte 13) als biologisch sehr wertvolles Schlick- und Schorrengbiet (ds + da) mit Schilf- (mr) und Strandsimsenvegetation (mz) ausgewiesen.

In der Natura 2000-Habitatkarte (siehe Anhang A - Karte 15) ist der Paardenschor als Habitattyp 1130 ‚Ästuar‘ ausgewiesen, die Schorrenvegetation als Habitattyp 1330_da ‚Außendeich-Schorren‘ und die Schilfvegetation als regional bedeutsames Biotop ‚Schilfland und andere Phragmites‘ (rbbmr). Eine begrenzte Zone des Paardenschors ist als Lebensraumtyp 1310_zk ‚Pioniergesellschaften mit Queller‘ ausgewiesen. Der Scheldedeich am Paardenschor wird als unsicherer Lebensraum für den Lebensraumtyp 6510_gh ‚Niedrig gelegene magere Mähwiesenfläche: Glatthaferland oder kein Lebensraumtyp der Habitat-Richtlinie‘ ausgewiesen.

Auf der Ökotoptkarte der Schelde (INBO, 2015), Abbildung 2-42, lässt sich für das Schlick- und Schorrengbiet am Paardenschor von Ost nach West Folgendes ableiten:

- eine eher schmale Zone mit niedrigem Schlick und einem Übergang in eine breite Zone mit mittlerem Schlick sowie eine schmale Zone mit hohem Schlick. Die Schlickzone liegt vollständig auf weichem Substrat.
- Auf die Schlickzone folgt ein breiter Streifen Salzwiese mit einer nördlich des KKW angrenzenden potenziellen Pionierzone.

Der Paardenschor beherbergt viele überwinterte und rastende Wasservögel, er ist auch Brutgebiet.

2.5.2.2.4 Schor van Ouden Doel

Das Gebiet ‚Schor Ouden Doel‘ ist Teil des **Habitatrichtlinien-Gebiets** ‚Schelde- en Durmeestuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und des **Vogelschutzrichtlinien-Gebiets** ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘; das **VEN-Gebiet** ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘ ist als **Ramsar-Gebiet** geschützt und ein **offizielles Naturschutzgebiet**.

Der Schor Ouden Doel schließt an das Verdrongen land van Saeftinghe an, beide Gebiete zusammen bilden die größte Brackwasserschorre Westeuropas.

Der Schor Ouden Doel ist 51 ha groß und befindet sich am linken Scheldeufer im Prosperpolder, etwa 1,2 km nördlich des KKW. Dieses bis zur Schelde und zur niederländischen Grenze reichende Außendeich-Gebiet ist eine Brackwasserschorre von ca. 51 ha, die vom Natuurpunt-Verband verwaltet wird. Das Gebiet steht unter dem Einfluss der Gezeiten und wird sowohl von Salzwasser aus der Nordsee als auch von Süßwasser aus der Schelde überschwemmt. Das Schlickengebiet wird zweimal täglich überschwemmt. Die höher gelegenen Schorren werden nur bei Stürmen und Springfluten überflutet (Gyselings, 2011). Ein Teil des Gebiets besteht aus Schilf- und Strandbinsenvegetation. Teile des Gebiets werden beweidet, um ein Überwachsen zu verhindern.

Auf der Biologischen Bewertungskarte (Anhang A - Karte 13) ist der Schor Ouden Doel als Gebiet von hohem biologischen Wert ausgewiesen. Neben Schlick (ds) und Schorren (da) finden sich auch Schilf (mr), Schilfdickichte (mru) und Strandsimsenvegetation (mz).

In der Natura 2000-Habitatkarte (siehe Anhang A - Karte 15) ist der Schor Ouden Doel als Habitattyp 1130 ‚Ästuar‘ ausgewiesen, die Schorrenvegetation als Habitattyp 1330_da ‚Außendeich-Schorren‘ und die Schilfvegetation als regional bedeutsames Biotop ‚Schilfland und andere Phragmites‘ (rbbmr). Ein begrenztes Gebiet am Schor Ouden Doel wurde als Lebensraumtyp 1320 ‚Schorren met Schlickgrasvegetation (Spartinion maritimae)‘ ausgewiesen. Der Scheldedeich längs des Paardenschor

wird als Teillebensraum für den Lebensraumtyp 6510_hu „Tiefliegende magere Mähwiesenfläche: Glatthaferland“ ausgewiesen.

Auf der Ökotoptkarte der Schelde (INBO, 2015), Abbildung 2-42, lässt sich für das Schlick-Schorrengebiet am Schor Ouden Doel von Ost nach West Folgendes ableiten:

- eine eher schmale Zone mit niedrigem Schlick und einem Übergang in eine breite Zone mit mittlerem Schlick sowie eine schmale Zone mit hohem Schlick. Die Schlickzone liegt größtenteils auf weichem Substrat. Die Schlickzone verengt sich in nördlicher Richtung, in Höhe der Verengung liegt die Schlickzone auf natürlichem Harts substrat.
- Auf die Schlickzone folgt ein breiter Streifen Salzwiese mit einer nördlich des KKW angrenzenden potenziellen Pionierzone.

Aufgrund der spezifischen Flora (salzliebende Arten) und dem Vorhandensein von Wirbellosen ist dieses Gebiet wichtig für überwinternde Wasser-, Zug- und Brutvögel.

2.5.2.2.5 Doelpolder Noord (mit Brakke Kreek) und Doelpolder Midden

Doelpolder Noord und Brakke kreek sind Teil des **Vogelschutzrichtlinien-Gebiets** ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘.

Doelpolder Noord liegt direkt hinter dem Scheldedeich auf Höhe des Paardenschor, weniger als 1 km nordwestlich des KKW. Das Gebiet Doelpolder Noord wurde als Wiesenvogelgebiet (Kompensationsgebiet) neu gestaltet. Der Brakke Kreek wurde zusammen mit dem Wiesenvogelgebiet Doelpolder Noord angelegt und befindet sich südlich davon. Die Einlaufkonstruktion befindet sich jedoch noch in der Planung, so dass es noch keine Gezeiten im Priel gibt. Durch eine Schleuse im Scheldedeich wird eine begrenzte Menge Brackwasser in den Doelpolder Noord geleitet, wodurch ein leicht salzhaltiger Gezeitenpriel (36 ha) entsteht. Der Doelpolder Midden ist noch nicht angelegt (noch in landwirtschaftlicher Nutzung). Das Ziel für den Doelpolder Noord (mit Brakke Kreek) und den Doelpolder Midden ist die Entwicklung eines Gezeitengebiets (KRG Doelpolder mit kontrolliert reduzierter Gezeitenwirkung), mit Schlickten und Schorren, Prielen, Rinnen und Inseln sowie einem Wiesenvogelgebiet. Um das KRG Doelpolder werden wasserrückhaltende Deiche angelegt. Der Deich zwischen Doelpolder Noord und Doelpolder Midden wird abgegraben. Der Brakke Kreek wird als Hauptpriel beibehalten. In der Nähe des Paardenschors wird eine Abflussrinne geschaffen. Die Arbeiten werden phasenweise erfolgen.

Aufgrund des Wegfalls des GRUP ‚Afbakening Zeehavengebied Antwerpen – Havenontwikkeling Linkeroever‘ kann diese Entwicklung des Gezeitengebiets und der Naturentwicklung in Doelpolder Midden jedoch nicht wie geplant stattfinden.

Zurzeit bildet das Gebiet Brakke Kreek noch eine Einheit mit Doelpolder Noord. Die gleichen Lebensräume finden sich nun in beiden Teilen. Diese beiden Naturschutzgebiete sollen das Verschwinden von Naturwerten durch den Bau des Deurganck-Docks ausgleichen und sind daher als Vogelschutzrichtlinien-Gebiet geschützt.

In der Biologischen Bewertungskarte (siehe Anhang A - Karte 13) ist das Gebiet Doelpolder Noord als biologisch sehr wertvoll ausgewiesen, es besteht aus grabenreichem Grünland (hpr+), eutrophen

Gewässern (ae) und Schilf (k(mr)). In der Nähe des Doelpolder Midden gibt es laut Biologischer Bewertungskarte noch Äcker (bu) und Grünland (hx, hp); diese Vegetationen sind biologisch weniger wertvoll. Die zwischen den Parzellen gelegenen Baumreihen, Wassergräben und Schilfgürtel sind biologisch wertvoll bis sehr wertvoll.

Die Felder und Weiden von Doelpolder Midden sind ein Nahrungsgebiet für Gänse, wie Bläss-, Grau- und Tundrasaatgänse. Der Doelpolder Noord und der Brakke Kreek sind wichtige Gebiete für Brutvögel, Wiesenvögel und überwinternde Wasservögel.

2.5.2.2.6 Hedwigepolder und Prosperpolder

Der Prosperpolder ist Teil des **Vogelschutzrichtlinien-Gebiets** ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘ und des **VEN-Gebiets** ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘.

Der Prosperpolder (belgisches Territorium) und der Hedwigepolder (niederländisches Territorium) sind Teil des grenzüberschreitenden Gezeitengebiets, das sich in der Entwicklung befindet. Diese Polder liegen südlich des Verdrunken Land van Saeftinghe und werden in absehbarer Zeit ein Naturschutzgebiet von internationaler Bedeutung bilden. Der Prosperpolder befindet sich nordwestlich des KKW in einem Mindestabstand von 0,9 km. Daran schließt sich der Hedwigepolder an, der auf der anderen Seite der Grenze in den Niederlanden liegt, in einem Mindestabstand von 2,1 km. Die Gesamtfläche dieser zu entwickelnden Gebiete beträgt ca. 655 ha, wovon 465 ha als Schlicke und Schorren angelegt werden. 170 ha davon werden sich im Prosperpolder auf belgischem Gebiet befinden.

Das Schelde-Ästuar ist einzigartig in Europa. Der Übergang von Fluss- (Süß-) zu Meerwasser (Salz) und die Gezeiten sind hier noch einigermaßen intakt. Das Ökosystem steht unter dem Druck des Menschen (Vertiefung der Schelde), so dass im Rahmen der Renaturierungsaufgabe mehr Raum für die Natur benötigt wird. Damit können die europäischen Schutzverpflichtungen erfüllt werden. Der Hedwige- und Prosperpolder ist das optimal geeignete Gebiet, um diese Schutzmaßnahmen durchzuführen. Ein wichtiger Aspekt dabei ist, dass der Hedwigepolder mit dem Prosperpolder verbunden ist und das Bindeglied zwischen diesem Gebiet und dem Verdrunken land van Saeftinghe bildet. Die Gebiete schließen auch an die Schlicke und Schorren am linken Scheldeufer (Schor Ouden Doel und Paardenschor) und an den KRG Doelpolder an. Auf diese Weise kann schließlich ein großer Naturraum von internationaler Bedeutung geschaffen werden, der selbst Arten mit großem Raumbedarf ein besonderes Potenzial bietet.

Im Hedwige- und Prosperpolder wird durch das Versetzen der Deiche eine Ästuarnatur geschaffen. In einem ersten Schritt wird ein neuer Deich landeinwärts von der Schelde bis zum Verdrunken Land van Saeftinghe angelegt. In einem zweiten Schritt wird die Scheldentide in das Gebiet eingelassen. Die Durchbrüche in den heutigen Scheldedeichen können nur dann vorgenommen werden, wenn der gesamte Ringdeich (sowohl auf flämischem als auch auf niederländischem Gebiet) fertiggestellt ist. Sobald die Arbeiten auf der niederländischen Seite des Deiches abgeschlossen sind, dürfte sich hier die Ästuar-Natur von selbst entwickeln.

Die zukünftigen Lebensräume sind Schlicke und Schorren mit einer Vegetation, die mit der in den angrenzenden Gebieten des Verdrunken land van Saeftinghe, des Schor Ouden Doel und des Paardenschor vergleichbar ist.

Im Moment befindet sich das Gebiet noch in der Entwicklung, es wird durch die dort stattfindenden Sandabbau- und Erschließungsarbeiten gestört. Der Standort ist in der Biologischen Bewertungskarte (Anhang A - Karte 13) als weniger wertvolle bis wertvolle Hochfläche mit ruderaler Vegetation (kz und ku) ausgewiesen. Der zwischen Prosperpolder und Doelpolder Noord errichtete Deich ist mit ruderaler Vegetation überwachsen. Am Rand befinden sich Pappel- und Weidenbaumreihen. Der Deich und seine Umgebung sind als biologisch wertvoll ausgewiesen.

Der Prosperpolder war und ist ein wichtiges Gebiet für überwinternde Gänse und dient auch als Brutgebiet. Eine große Anzahl anderer Vogelarten, die entweder jagen oder auf Nahrungssuche sind, ist im Prosperpolder zu finden.

2.5.2.2.7 Sonstige Poldergebiete

Der Doelpolder und der Nieuwe Arenbergpolder sind Teil des **Vogelschutzrichtlinien-Gebiets ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘**.

Neben dem sanierten Prosperpolder und dem Doelpolder Noord gibt es noch den **Nieuwe Arenbergpolder** und den **Doelpolder** als restliche Poldergebiete am linken Scheldeufer in unmittelbarer Nähe des KKW. Der Doelpolder grenzt im Westen an das KKW und das Dorf Doel und wird im Norden von Doelpolder-Nord (KRG Doelpolder) begrenzt. Der Teil südlich des Doelpolder Noord wird auch Doelpolder Midden genannt. Der Nieuwe Arenbergpolder liegt westlich des Doelpolders und grenzt an den Prosperpolder und die niederländische Grenze.

Der Doelpolder besteht größtenteils aus Ackerland und zu einem geringeren Teil aus Grasland und Gräben. Letztere sind biologisch wertvoll, die Äcker und Weiden sind es weniger.

Beide Polderflächen dienen als Rast- und Brutgebiet; angesichts der vorherrschenden landwirtschaftlichen Nutzung sind schilfbrütende Vögel nur in geringer Zahl anzutreffen.

2.5.2.2.8 Netzwerk ökologische Infrastruktur Antwerpener Hafen und Artenschutzprogramm

2.5.2.2.9 Netwerk ecologische infrastructuur [Netzwerk ökologische Infrastruktur]

Der Raumordnungsplan für Flandern sah vor, dass maximal 5 % aller Seehafengebiete von industrieller Bebauung freigehalten werden sollten, um als ökologische Infrastruktur zu dienen. Um dies zu erreichen und das Überleben bestimmter Pflanzen und Tiere im Antwerpener Hafengebiet zu gewährleisten, wurde im Rahmen der GRUP-Abgrenzung des Antwerpener Hafengebiets ein Netzwerk ökologischer Infrastruktur für die Natur (ÖIN) angelegt. Permanente Lebensräume werden auf öffentlichem Grund eingerichtet (permanentes ÖIN). Darüber hinaus können auch temporäre Bereiche und Initiativen auf Industriegeländen in das Netzwerk aufgenommen werden (temporäres ÖIN)²⁸ (Abbildung 2-43).

²⁸ Die permanenten ÖIN- und Naturkernflächen werden auf Dauer erhalten bleiben. Die temporäre ÖIN und die temporären Kompensationsgebiete wurden in das aktuelle Artenschutzprogramm des Antwerpener Hafens aufgenommen, um die Naturkerngebiete zu unterstützen und die permanente ÖIN, um die Erhaltungsziele (EHD) zu erreichen. Diese EHD wurden für die europäisch geschützten Lebensräume und Arten in allen flämischen besonderen Schutzgebieten (BSG) der europäischen Vogel- und Habitat-Richtlinien als Teil des europäischen Natura 2000-Netzwerks festgelegt. Dies betrifft vor allem Arten der Vogelschutzrichtlinie, wie die Rohrweihe, Flusseeeschwalbe und Schwarzkopfmöwe. Wenn im Jahr 2019, nach Ablauf des ersten Artenschutzprogramms für den Antwerpener Hafen,

Das ÖIN besteht aus einem Netzwerk von Korridoren und Trittsteinen, die die Kernbereiche miteinander verbinden. Die Kernbereiche sind größere Gebiete mit einer durchgängigen Natur, sie haben oft einen höheren Naturwert. Korridore bilden längsförmige Verbindungszonen zwischen Gebieten, während Trittsteine kleine Restflächen sind, in denen die Arten mehr Platz zum Verweilen haben. Trittsteine bieten normalerweise einen geeigneteren Lebensraum für die Fortpflanzung (z. B. für die Kreuzkröte) als ein Korridor. In der Realität laufen die beiden ineinander über.

Um ein funktionales Netzwerk zu schaffen, wurden auch viele Randstreifen in das Netz der ökologischen Infrastruktur einbezogen. Die meisten Randstreifen bestehen aus trockenem Grasland. An Stellen, an denen Rohrleitungen vorhanden sind, erfolgen regelmäßig Bodenarbeiten, so dass diese Randstreifen viel Potenzial für Pioniervegetation und die damit verbundenen Arten bieten.

In unmittelbarer Nähe sowie nördlich des KKW befindet sich das permanente natürliche Kerngebiet der Polder und Schorren. Der Galgeschoor auf der anderen Scheldeseite ist ebenfalls ein permanentes Naturschutzgebiet und wurde oben besprochen. Die Deiche (BWK-Code kd) und Grünlandstreifen (BWK-Code hp) westlich des KKW sind Teil einer permanenten ökologischen Infrastruktur, die den nördlichen mit dem südlichen Teil des Hafengebiets am linken Ufer verbindet.

die EHD in den Naturkerngebieten erreicht werden, werden die temporären ÖIN-Flächen und die temporären Kompensationsgebiete für die Hafentwicklung freigegeben (Website Natuurpunt WAL, Baetens et al., 2015).

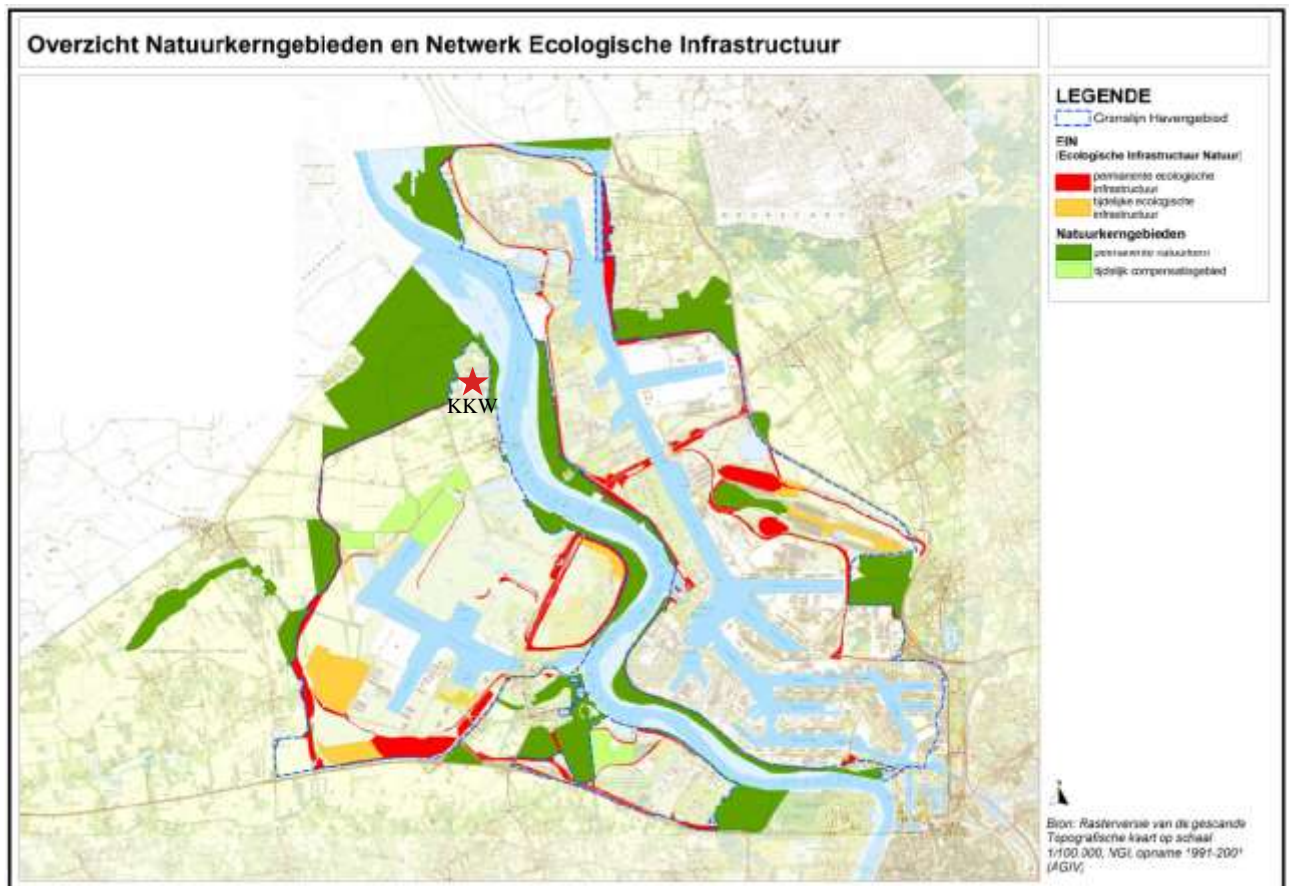


Abbildung 2-43 Netzwerk der ökologischen Infrastruktur im Antwerpener Hafengebiet (Baetens *et al.*, 2015)

2.5.2.2.10 Arten

Das Artenschutzprogramm (ASP) des Antwerpener Hafens (Ministerielle Erlasse v. 23. Mai 2014 und vom 5. September 2019 zur Verlängerung) ist ein gebietsbezogenes Programm, das ein Bündel von Maßnahmen zur Entwicklung und Erhaltung der Schirmspezies und ihren „Trampnern“ [„meelifters“] enthält. In einer Vereinbarung mit der flämischen Regierung hat sich der Hafenbetrieb Antwerpen verpflichtet, die Durchführung der Maßnahmen zu garantieren.

Im Antwerpener Hafen gibt es 51 hafenspezifisch geschützte Arten und 39 nicht hafenspezifisch geschützte Arten. Vierzehn Arten wurden aus der breiteren Gruppe der 90 geschützten Arten ausgewählt, weil die Erhaltungsmaßnahmen für diese Arten auch die Erhaltung der übrigen 76 geschützten Arten („Tramper“) abdecken. Diese Arten werden als Schirmspezies bezeichnet. Diese Schirmspezies repräsentieren einen bestimmten (Entwicklungs-)Lebensraum, wobei immer davon ausgegangen wird, dass Maßnahmen, die für die Schirmspezies ergriffen werden, auch den Trampnern (= den anderen 76 Arten) zugute kommen. Für jede Schirmspezies wurde auch die so genannte Funktionelle Ökologische Einheit abgegrenzt. Dies ist die Mindestfläche, die zur Erhaltung einer lebensfähigen Population dieser Art erforderlich ist.

Die Maßnahmen des ASP zielen auf die nachhaltige Erhaltung der Schirmspezies mitsamt der Tramper innerhalb des Hafengebiets ab.

Der Flächenbedarf zur Erreichung der quantitativen und qualitativen Naturschutzziele der 14 Schirmspezies kann innerhalb des Netzes der ökologischen Infrastruktur und der Kerngebiete erreicht werden. Diese Ziele stehen – soweit es sich um europäisch geschützte Arten handelt - im Einklang mit den Erhaltungszielen, die für die jeweiligen besonderen Schutzgebiete erarbeitet wurden.

Die Gültigkeit des Ministeriellen Erlasses zur Erstellung des Artenschutzprogramms für das Antwerpener Hafengebiet vom 23. Mai 2014 wurde bis zum 20. Februar 2020 verlängert, die Rechtmäßigkeit dieser Verlängerung wird jedoch derzeit im Rahmen eines beim Staatsrat anhängigen Nichtigkeitsverfahrens angefochten.

Derzeit wird ein zweites ASP erarbeitet, in dem die Visionen und Maßnahmen des ersten ASP weiter verankert werden. weitgehend gleich. Die Schirmspezies und Tramper sind weitgehend dieselben wie im ersten ASP, mit einigen Änderungen (z. B. wird Kleiner Sonnenröschen-Bläuling durch Mauerfuchs ersetzt). (Ankündigung Port of Antwerp).

2.5.3 Folgenabschätzung

2.5.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

2.5.3.1.1 LTO-Arbeiten

Die Beschreibung der Arbeiten, die im Zusammenhang mit den Anpassungen für einen langfristigen Betrieb (LTO) durchgeführt wurden, findet sich im allgemeinen Teil der UVP (s. Kapitel 1.6).

2.5.3.1.1.1 Eutrophierung und Versauerung durch atmosphärische Deposition

Während der Arbeiten für die LTO-Anpassungen ergaben sich Emissionen aus den Abgasen von Baustellenmaschinen und Lastwagen (Verbrennung fossiler Brennstoffe) diese umfassen CO, CO₂, unverbrannte Kohlenwasserstoffe, NO_x, SO₂ und Partikel (PM_{2,5} und PM₁₀).

Der Anteil der Emissionen durch Baumaschinen und den Baustellenverkehr schwankte von Tag zu Tag; sie wurden im Vergleich zu den anderen Emissionsquellen am Standort und in der Umgebung, z. B. dem (Schiffs-)Verkehr, als eher gering eingestuft. Die versauernde und eutrophierende Wirkung durch die Baustellenmaschinen und den Baustellenverkehr wird unter Berücksichtigung des temporären Charakters als nicht signifikant negativ für die Lebensräume in der Umgebung des KKW bewertet.

2.5.3.1.1.2 Ruhestörung:

Aus dem Bereich Lärm ergibt sich, dass die im Rahmen der Anpassungen für den LTO durchgeführten Arbeiten per se eine vernachlässigbare Zunahme des Umgebungslärms verursachten. Die Ruhestörung in Bezug auf die Fauna wird daher als vernachlässigbar angesehen.

2.5.3.1.2 Eutrophierung und Versauerung durch atmosphärische Deposition

Die Versauerung entsteht durch die Luftverschmutzung mit Schwefeldioxid, Ammoniak und Stickoxiden. Diese Gase reagieren mit Sauerstoff und Wasserdampf u. a. zu Schwefel- und Salpetersäure. Wenn diese Verbindungen nach der Deposition eine versauernde Wirkung auf den Boden oder die Pflanzen haben, spricht man von versauernder Deposition.

Die Eutrophierung erfolgt durch die Luftverschmutzung mit Ammoniak und Stickoxiden, sodass die Menge der für Pflanzen verfügbaren Nährstoffe erhöht wird. Sie haben eine düngende Wirkung auf die Anbauflächen, wodurch sich bestimmte Lebensraumtypen oder Lebensräume von bestimmten Arten verschlechtern oder sogar verschwinden. So ist z. B. die Vergrasung und Verfilzung von artenreicher Grünland- oder Heidevegetation eine typische Folge der atmosphärischen Stickstoffdeposition, die zur Verdrängung bestimmter Arten und zu einem Rückgang der Biodiversität führen kann.

Versauerung und Eutrophierung spielen beide eine wichtige Rolle bei der Störung von Ökosystemen. Zum Beispiel verlieren Wälder an Vitalität, Heideflächen vergrasen, die Vielfalt der Pflanzen- und Tierarten nimmt ab, Seen versauern, Fischbestände werden degradiert und das Grundwasser verschmutzt (VMM, 2014).

Die durch das Projekt verursachten NO_x- und SO₂-Emissionen führen zu eutrophierenden und versauernden Depositionen in der Umwelt, u. a. im Habitatrichtlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und im (teilweise überschneidenden) VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘. Diese Deposition wird im Bereich ‚Luft‘ berechnet, wobei die Ergebnisse im Bereich ‚Biodiversität‘ dargestellt und ausgewertet werden.

2.5.3.1.2.1 Prüfung der Stickstoffdeposition im Hinblick auf kritische Depositionswerte
Abschnitt 2.5.1.3

In

Tabelle 2-52 sind alle europäischen Lebensraumtypen, die im Umkreis von 2,5 km um den KKW-Standort vorkommen, aufgelistet. Die Biologische Bewertungskarte und die Natura 2000-Habitatkarte (Stand 2018) wurden verwendet, um die Lage der europäischen Lebensraumtypen in der Nähe des KKW-Standorts einzuordnen.

Für jeden Lebensraumtyp wird der kritische Wert für die Deposition (KDW) von Stickstoff (ausgedrückt in kg N pro ha und pro Jahr) angegeben. Da der genutzte Bewertungsrahmen von 5 % dieses KDW ausgeht, um zu beurteilen, ob der Beitrag eines Projekts hinsichtlich der gesamten N-Deposition als vernachlässigbar angesehen werden kann oder nicht, weist die letzte Spalte von

Tabelle 2-52 aus, wie viel 5 % des KDW ausmachen.

Tabelle 2-52 Übersicht der kritischen Stickstoffdepositionen für europäische Lebensraumtypen innerhalb eines 2,5 km-Radius um den KKW-Standort

Lebensraumtyp		KDW für N * (kg N/(ha.Jahr))	5% des KDW für N * (kg N/(ha.Jahr))
1130	Ästuare	>34	> 1,7
1310_zk	Pioniergemeinschaften mit Queller	23	1,15
1320	Schorren mit Schlickgrasvegetation (Spartinion maritimae)	23	1,15
1330_da	Außendeich-Schorren	22	1,1
3270	Flüsse mit Schlickufern mit Vegetation des Chenopodietum rubri p.p. und des Bidention p.p.	>34	> 1,7
6430_mr	Schilf mit Echtem Eibisch, Sumpf-Platterbse und Sumpf-Gänsedistel	>34	> 1,7
6510,gh und 6510_hu	Tiefliegende magere Mähwiesenfläche: Glatthaferland	20	1

*Für jeden Lebensraumtyp wird der kritische Wert an Stickstoffdeposition (KDW) angegeben (ausgedrückt in kg N/(ha.Jahr)) und wie viel 5 % dieses KDW ausmachen. Habitate mit einem KDW > 34 kg N/ha.j sind nicht empfindlich gegenüber Stickstoffdepositionen.

Aus

Tabelle 2-52 ist ersichtlich, dass der Lebensraumtyp 6510 ‚Tiefliegende Magerwiese: Glatthaferland‘ den niedrigsten kritischen Depositionswert aufweist. Der Habitattyp 1330_da ‚Außendeich-Schorren‘ hat den geringsten kritischen Depositionswert.

Abbildung 2-44 vermittelt einen Überblick über die Konturen der Stickstoffdeposition durch das KKW bei der Betriebsphase der zukünftigen Situation innerhalb des Untersuchungsgebietes. Die maximale Stickstoffdeposition beträgt 0,071 kg N/(ha.Jahr) für den KKW-Betrieb. Diese Werte stammen aus den Schlickern und Schorren entlang des KKW (Lebensraumtyp 1330) und hauptsächlich in der Fahrrinne des Ästuars (Lebensraumtyp 1130).



Abbildung 2-44 Kontinuierliche Stickstoffdeposition (in kg N/(ha.Jahr)) verursacht durch die Aktivitäten des KKW während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation

Die obige Abbildung zeigt Folgendes:

- Die Abbildung zeigt, dass auf der Ebene der europäischen Lebensraumtypen im Habitatrictlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ keine Deposition von mehr als 1 kg N/(ha.Jahr) (5 % des niedrigsten KDW der vorkommenden europäischen Lebensraumtypen) aufgrund von Stickstoffemissionen in die Luft des KKW zu verzeichnen ist. Folglich wird die Auswirkung auf das Habitatrictlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ durch die atmosphärische Stickstoffdeposition des KKW als nicht signifikant gegenüber der Situation ohne den KKW-Betrieb bewertet.
- Im VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘ kommt es aufgrund der KKW-Stickstoffemissionen in die Luft zu keiner Deposition von mehr als 1,1 kg N/(ha.Jahr) bzw. 5 % des niedrigsten KDW für Schorrenvegetation. Folglich wird die Auswirkung auf das VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘ durch die atmosphärische Stickstoffdeposition des KKW als nicht signifikant im Vergleich zur Situation ohne KKW-Betrieb bewertet.

2.5.3.1.2.2 Schlussfolgerung Stickstoffdeposition

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Stickstoffdepositionen des KKW im vorliegenden Projekt gegenüber der Situation ohne KKW-Betrieb keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Eutrophierung der umliegenden europäischen Lebensraumtypen im Habitatrictlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und auf die Schlick- und Schorrenvegetation im (sich teilweise überschneidenden) VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘ haben. Die Stickstoffdeposition in der Betriebsphase des KKW beträgt in der zukünftigen Situation max. 0,071 kg N/(ha.Jahr), was geringer ist als 5 % der kritischen Depositionswerte für die N-Deposition der europäischen Lebensraumtypen in der näheren Umgebung des Betriebsgeländes.

2.5.3.1.2.3 Überprüfung der versauernden Deposition in Bezug auf die kritischen Depositionswerte

Abschnitt 2.5.1.3 legt den verwendeten Bewertungsrahmen für die Stickstoffdeposition dar.

In

Tabelle 2-52 sind alle europäischen Lebensraumtypen, die im Umkreis von 2,5 km um den KKW-Standort vorkommen, aufgelistet. Die Biologische Bewertungskarte und die Natura 2000-Habitatkarte (Stand 2018) wurden verwendet, um die Lage der europäischen Lebensraumtypen in der Nähe des KKW-Standorts einzuordnen.

Für jeden Lebensraumtyp wird der kritische Ablagerungswert (KDW) für Versäuerung (ausgedrückt in Säure-Äquivalenten (Zeq) pro ha und pro Jahr angegeben. Da der genutzte Bewertungsrahmen von 5 % des KDW ausgeht, um zu beurteilen, ob der Beitrag eines Projekts hinsichtlich des Gesamtversauerungseffektes als vernachlässigbar angesehen werden kann oder nicht, weist die letzte Spalte von Tabelle 2-53 die 5 % des KDW aus.

Tabelle 2-53 Zusammenfassung der kritischen Belastung der europäischen Lebensraumtypen für Versäuerung innerhalb eines 2,5 km-Radius um den KKW-Standort

Lebensraumtyp		KDW (Zeq/(ha.Jahr)) nach van Dobben <i>et al</i> , 2012	5 % des KDW für Versäueru ng (Zeq/(ha.J ahr))
1130	Ästuare	>2400	>120
1310_zk	Pioniergemeinschaften mit Queller	1643	82
1320	Schorren mit Schlickgrasvegetation (<i>Spartinion maritimae</i>)	1643	82
1330_da	Außendeich-Schorren	1571	79
3270	Flüsse mit Schlickufern mit Vegetation des <i>Chenopodietum rubri</i> p.p. und des <i>Bidention</i> p.p.	>2400	>120
6430_mr	Schilf mit Echtem Eibisch, Sumpf-Platterbse und Sumpf-Gänsedistel	>2400	>120
6510,gh und 6510_hu	Tiefliegende magere Mähwiesenfläche: Glatthaferland	1429	71

Abbildung 2-45

Aus Tabelle 2-53 ist ersichtlich, dass von den in der Umgebung des KKW vorkommenden Lebensräumen der Lebensraumtyp 6510 ‚Niedrig gelegene magere Mähwiesenfläche: Glatthaferland‘ am empfindlichsten auf versauernde Deposition reagiert. Daher wird dieser Wert (71 Zeq/(ha.Jahr)) verwendet, um die Versäuerung durch die Aktivitäten des KKW zu beschreiben.

Die maximale versauernde Gesamtdeposition der Emissionspunkte des KKW (ausgehend von NO_x; Fahnenmaximum) befindet sich in der Fahrinne der Schelde und beträgt in der Betriebsphase in der zukünftigen Situation 5,06 Zeq/(ha.Jahr).



Abbildung 2-45 Kontinuierliche Stickstoffdeposition (inZeq/(ha.Jahr)) verursacht durch die Aktivitäten des KKW während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation

Aus Abbildung 2-45 und Tabelle 2-53 ist ersichtlich, dass die maximale versauernde Deposition aus dem KKW deutlich unter 5 % der kritischen Depositionswerte aller relevanten Ökosysteme im Umfeld des KKW liegt.

2.5.3.1.2.4 Schlussfolgerung versauernde Deposition

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die im vorliegenden Projekt bewerteten versauernden Depositionen des KKW keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Ökosysteme im Untersuchungsgebiet im Hinblick auf die Situation ohne den KKW-Betrieb haben, da die versauernde Deposition des KKW höchstens 5,06 Zeq/ha.Jahr beträgt, was weniger als 5 % der kritischen Depositionswerte für die versauernde Deposition der Ökosysteme in der Umgebung des Betriebsgeländes ausmacht. Daher sind durch die Versauerung infolge der betrieblichen Aktivitäten des KKW gegenüber der Situation ohne KKW-Betrieb keine signifikant negativen Auswirkungen auf die umliegenden europäischen Lebensraumtypen im Habitatrichtlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und auf die Schlick- und Schorrenvegetation im (sich teilweise überschneidenden) VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘ zu erwarten.

2.5.3.1.3 Ruhe störung:

2.5.3.1.3.1 Störung der Vogelwelt

Die potenziellen Auswirkungen von chronischem Lärm auf Vögel infolge von Betriebsaktivitäten und Lärmspitzen durch Veranstaltungen wurde in der für diese UVP relevanten Studie von Sierdsema *et al.* (2014) untersucht.

Untersuchungen zur chronischen Lärmbelastung durch Industrie- und Stadtlärm ergeben, dass dessen Auswirkungen auf Vögel ähnlich denen von Verkehrslärm sind. Es gibt zahlreiche Hinweise darauf, dass insbesondere tiefe Vogelstimmen durch die chronische Lärmbelastung überdeckt werden (sowohl Stadt- als auch Industrielärm enthalten viele tiefe Töne (<2 kHz), die die Kommunikation stören), was Auswirkungen auf den Bruterfolg und die Fitness der Tiere haben kann. Daraus lässt sich schließen, dass vor allem Arten, die mit tiefen Tönen kommunizieren, empfindlich auf diese Art von Lärm reagieren. Es wurden Effekte ab 50-60 dB(A) beobachtet. Wirkdistanzen wurden nicht ermittelt.

Neben der chronischen Lärmbelastung verursachen einige Quellen eine kurzzeitige oder sporadische Lärmbelastung, z. B. der Lärm bei Rammarbeiten. Auch hier lassen sich Abstufungen unterscheiden, vom einmaligen Knall, einem vorbeifliegenden Flugzeug bis hin zu einem Popkonzert, das einen Tag oder einen Teil des Tages dauert.

Einige Arten zeigen Störungsreaktionen, z. B. (vorübergehende) Flucht bei plötzlichem starkem Lärm, andere hingegen nicht. Es gibt auch Hinweise darauf, dass bei einer regelmäßigen Wiederkehr der Geräusche eine Anpassung stattfindet. Ein Beispiel sind die Schlicke- und Schorren im Schelde-Ästuar, die trotz des großen Schiffsverkehrs und des Lärms durch allerlei Hafentätigkeiten von großem Wert für alle Arten von Wasservögeln sind.

Bei chronischem Lärm können Auswirkungen auf die Vogeldichte ab 50 dB(A) angenommen werden. Dies ist ein 24-Stunden-Durchschnitt. Lärmquellen, die Spitzenwerte von über 50 dB, aber keinen 24-Stunden-Mittelwert von über 50 dB aufweisen, werden als Lärmspitzen eingestuft. Es wird erwartet, dass die empfindlichen Arten hauptsächlich solche Tiere sind, die in tiefen Tönen kommunizieren.

Es gibt keine Hinweise darauf, dass tieffrequente Lärmspitzen einen Einfluss auf die Vogeldichte haben. Die Annahme bezüglich des Auftretens von Lärmspitzen ist, gelegentlich einsetzender Lärm keinen wesentlichen Einfluss auf die Dichte von Brutvögeln hat. Wenn er häufiger auftritt, kann die Auswirkung des Lärms eher als chronischer Lärm bewertet werden.

Die folgende Abbildung zeigt die Störfähigkeit der verschiedenen Vogelgruppen, sowohl brütende als auch nicht brütende (Krijgsveld *et al.*, 2008). Die folgenden Empfindlichkeitsstufen werden verwendet:

- 1-6: kaum empfindlich
- 7-12: empfindlich
- 12-17: sehr störungsempfindlich

Die für das Gebiet des KKW relevanten Artengruppen sind hauptsächlich Möwen, Kormorane, Austernfischer & Säbelschnäbler, Regenpfeiferartige, Enten, Gänse, Haubentaucher und kleine Singvögel (Blaukehlchen, Schilfrohrsänger usw.).

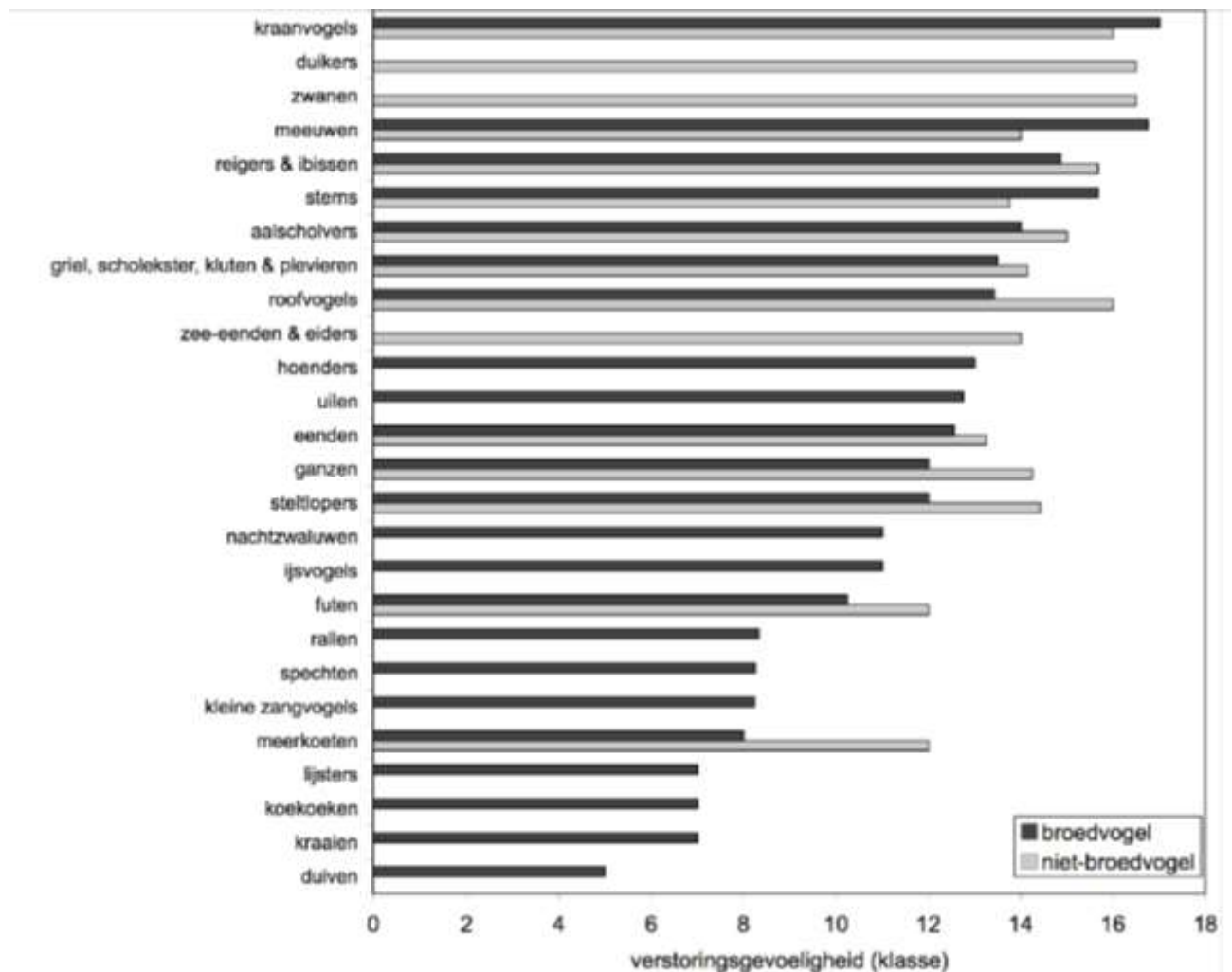


Abbildung 2-46: Störfähigkeit der verschiedenen Artengruppen, (Durchschnittswerte der relevanten niederländischen Arten, Krijgsveld *et al.* 2008)

Neben der Störemfindlichkeit der Artengruppen gibt es auch eine für Flandern relevante relative Empfindlichkeit der Vögel gegenüber Lärmstörungen nach einer von Cuperus vorgeschlagenen Methodik (in Tamis, W.L.M. & Runhaar, J. 1994). Er schlägt eine Empfindlichkeitsbewertung für jede Vogelart auf der Grundlage von fünf Kriterien vor, denen jeweils ein Empfindlichkeitswert zwischen 1 (sehr empfindlich) und 3 (mäßig empfindlich) zugeordnet wird. Dies sind die Kriterien:

- Fortpflanzungsfähigkeit/Gelegegröße: Arten mit hoher Fortpflanzungsfähigkeit (> 10) sind weniger empfindlich als Arten mit geringer Fortpflanzungsfähigkeit (< 6)
- Reviergröße: Arten mit einem großen Flächenbedarf (> 40 ha) sind empfindlicher als Arten mit einem kleinen Flächenbedarf (< 4 ha)
- Migrationsstrategie: Zugvögel sind empfindlicher als sesshafte Vögel
- Singen/Rufen: laute Sänger sind weniger empfindlich als leise Sänger
- Ökologische Amplitude oder Bindung an landschaftliche Freiflächen, z. B. Grünland: Arten in Freiflächen sind empfindlicher.

Dies sind fünf der sieben so genannten Life-History-Merkmale. Cuperus (in Tamis, W.L.M. & Runhaar, J. 1994) unterscheidet weiter die Kriterien ‚Koloniebildung‘ und ‚Risiko von Unfallverlusten‘, die hier nicht relevant sind.

Das Produkt der Punktzahlen über die fünf Kriterien hinweg ergibt dann eine Gesamtempfindlichkeitsbewertung pro Vogelart, die schließlich in eine 5-teilige ordinale Empfindlichkeitsskala übertragen wird:

- 1 störungsunempfindlich
- 2
- 3 störungsempfindlich
- 4
- 5 sehr störungsempfindlich.

Im Folgenden wird die Störemfindlichkeit für die relevanten Vogelarten in der Umgebung des KKW dargestellt (veröffentlicht in Aeolus & Lisec, 2001).

Tabelle 2-54: Störemfindlichkeit von Vögeln (Aeolus & Lisec, 2001)

Vogelart	Störemfindlichkeit	Brutvögel	Erfasste Arten des Vogelschutzrichtlinien-Gebiets ‚Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever‘
Kormoran	1		
Bartmeise	2	X	
Brandgans	1		X
Blaukehlchen	3	X	X
Alpenstrandläufer	-		
Rohrweihe	5	X	X

Vogelart	Störempfindlichkeit	Brutvögel	Erfasste Arten des Vogelschutzrichtlinien-Gebiets ‚Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever‘
Kanadagans	4		
Zwergtaucher	3	X	
Haubentaucher	4		
Graugans	4		X
Kiebitz	3		
Säbelschnäbler	5	X	X
Schnatterente	3		X
Reiherente	2		
Spießente	-		X
Tüpfelsumpfhuhn	4	X	X
Schilfrohrsänger	5	X	
Austernfischer	4	X	
Löffelente	2	X	X
Pfeifente	2		X
Tafelente	1		
Rotschenkel	4	X	
Stockente	1		
Krickente	1		X
Großer Brachvogel	5		
Schwarzkopfmöwe	-		X

Basierend auf der Studie von Krijgsveld *et al.* (2008) und Cuperus (in Aeolus & Lisee, 2001) ergeben sich für die relevanten Artengruppen und Arten in der Umgebung des KKW folgende Störempfindlichkeiten:

- **Möwen:** sehr störungsempfindlich.
- **Kormorane:** sehr störungsempfindlich, aber es kann hinzugefügt werden, dass basierend auf der Untersuchungsergebnissen von Cuperus (in Aeolus & Lisee, 2001) der Kormoran unempfindlich gegenüber Störungen ist.
- **Austernfischer & Säbelschnäbler:** sehr störungsempfindlich.

- **Enten und Gänse:** sehr störungsempfindlich, aber es kann hinzugefügt werden, dass basierend auf der Untersuchungsergebnissen von Cuperus (in Aeolus & Lisee, 2001) die häufigsten Entenarten, wie Krickenten, Stockenten, Tafelenten, Brandgänse und Reiherenten unempfindlich bis wenig empfindlich sind. Schnatterente, Kanadagans und Graugans sind allerdings störungsempfindlich.
- **Regenpfeiferartige:** sehr störungsempfindlich.
- **Haubentaucher:** sehr störungsempfindlich.
- **Kleinere Singvögel:** empfindlich bis sehr empfindlich gegenüber Störungen, z. B. die Teichrohrsänger, die einen Empfindlichkeitswert von 5 haben. Bluthänfling und Rohrammer sind weniger störungsempfindlich. Blaukehlchen haben einen Wert von 3.

2.5.3.1.3.2 Schwellenwerte

Die Studie von Reijnen und Foppen (2006) ergab zwei Schwellenwerte: 42 dB(A) für Waldvögel und 47 dB(A) für Grasland- und Wiesenvögel. Dabei handelt es sich jedoch um Durchschnittswerte einer großen Gruppe von Arten. Bei einzelnen Arten gibt es erhebliche Schwankungen.

Eine umfassende Studie über die Beziehung zwischen Vögeln und Verkehrslärm wurde in Deutschland durchgeführt (Garniel *et al.*, 2007). Die für etwa 20 Arten ermittelten Schwellenwerte reichen von 47-58 dB(A), wobei allerdings 85 % zwischen 52 und 55 dB(A) liegen.

Es gibt wenige Erfahrungen mit der Ausweitung von Verkehrsstudien auf die Auswirkungen der Lärmbelastung durch industrielle Aktivitäten. Für Industrielärm wurden keine Dosis-Wirkungs-Studien durchgeführt, in der Praxis wird jedoch häufig ein Wert von 45 dB(A) auf 24-Stunden-Basis verwendet. Angesichts der in der Verkehrsstudie beobachteten Schwellenwerte lässt sich jedoch auf der Grundlage der verfügbaren Literatur feststellen, dass es besser ist, diesen auf 50 dB(A) zu strecken, was ebenfalls ein Wert ist, der deutlich über den Hintergrundpegeln liegt (Sierdsema *et al.*, 2014). In einer ländlichen Umgebung sind dies beispielsweise 40 dB(A), in einer städtischen Umgebung 50 dB(A).

2.5.3.1.3.3 Lärmmodellierung

Auf Abbildung 2-47, Abbildung 2-48 und Abbildung 2-49 sind die 45-, 50- und 55-dB(A)-Lärmkonturen für die Dauerschallquellen während der Tages-, Abend- und Nachtzeit für die Ausgangssituation 2013-2014 angegeben. Diese sind die gleichen wie in der Betriebsphase 2015-2018, da sich das Quellfeld nicht ändert.

Für die diskontinuierlichen Quellen (Abend- und Nachtwerte sind nicht relevant, da diese Quellen nur tagsüber geprüft werden) zeigt sich, dass die Belästigungskontur von 50 dB(A) vollständig auf dem KKW-Gelände liegt. Auf die Ruhestörung durch die diskontinuierlichen Quellen des KKW wird daher nicht weiter eingegangen.



Abbildung 2-47 Lärmkonturen 2013-2014 (= in der Betriebsphase 2015-2018) im Hinblick auf die Natura 2000 Gebiete



Abbildung 2-48 Lärmkonturen 2013-2014 (auch gleich für die Betriebsphase 2015-2018) im Hinblick auf die VEN-Gebiete



Abbildung 2-49 Lärmkonturen 2013-2014 (auch gleich für die Betriebsphase 2015-2018) im Hinblick auf anerkannte flämische Naturschutzgebieten

2.5.3.1.3.4 Auswirkungen Ruhestörung

Die Ruhestörung durch den Betrieb des KKW in der Ausgangssituation 2013-2014, die auch der Ruhestörung in der Betriebsphase 2015-2018 entspricht, kann im Vergleich zur Situation ohne den Betrieb des KKW wie folgt bewertet werden:

- Östlich des KKW reicht die 55 dB-Lärmkontur in das Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘, welches auch als VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘ und als Ramsar-Gebiet ausgewiesen ist. Daraus lässt sich schließen, dass diese Schilf- und Schlickgebiete entlang der Schelde durch die Auswirkungen des KKW-Betriebs stark durch Lärm beeinträchtigt werden. Die vorhandenen Artengruppen (kleine Singvögel, Haubentaucher, Lappentaucher, Austernfischer & Säbelschnäbler usw.) sind empfindlich bis sehr empfindlich gegenüber Lärmbelastigungen. Andererseits handelt es sich um eine kontinuierliche Lärmbelastigung, so dass davon auszugehen ist, dass die anwesende Vogelwelt ein gewisses Maß an Gewöhnung zeigen wird. Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb entlang der Schilf- und Wattflächen an den Scheldeufem in der Nähe des KKW, wird mit negativ bewertet. Die Lärmkonturen von 50 dB und 45 dB reichen nicht bis zum Galgeschoor auf der anderen Seite der Schelde.

- Nördlich des KKW reichen die Belästigungskonturen von 50 dB- und 45 dB nicht in das offizielle Naturschutzgebiet ‚Schor Ouden Doel‘ (vernachlässigbare Auswirkungen).
- Westlich und südlich des KKW ist die 50 dB-Lärmkontur weitgehend auf das KKW-Gelände selbst beschränkt und es gibt nur eine geringe Überschneidung mit dem Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘. Die 50 dB-Lärmkontur überschneidet sich nicht mit dem VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘. Teile der Scheldeufer liegen im Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘ bzw. im VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘. Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb in den Poldergebieten westlich und südlich des KKW wird als begrenzt nachteilig bewertet.

2.5.3.1.4 Wasserentnahme

Das KKW entnimmt das Kühlwasser aus der Schelde an zwei separaten, räumlich getrennten Entnahmestellen: eine Entnahmestelle für die Kühlung der Blöcke Doel 1 und Doel 2 und eine weitere, 1991 in Betrieb genommene Entnahmestelle für Doel 3 und Doel 4. Das Wasser wird stets zuerst durch ein Sieb geleitet, um eventuell vorhandene Objekte herauszufiltern und Verstopfungen der Leitungen zu vermeiden. Dies wird jedoch für die beiden Entnahmestellen unterschiedlich gehandhabt.

Bei der Entnahmestelle für das Kühlwasser von Doel 1 und 2 erfolgt die mechanische Reinigung außerhalb des Deiches, auf Höhe der Wasserentnahme selbst, mittels Gitterrosten an der Entnahmestelle. So können keine Fische und Krustentiere in den Kühlwasserkreislauf gelangen. Daher wird an dieser Entnahmestelle keine Fisch- oder Krustentiersterblichkeit beobachtet.

Für Doel 3 und 4 ist das System anders. Es wurde eine Form der Kühlwasserentnahme gewählt, bei der das Wasser zunächst gravitativ aus der Schelde in eine Sammelgrube auf das Gelände selbst geleitet wird. Von dieser Grube aus wurde das Wasser dann über ein System von rotierenden Bandfiltern geleitet. Die abgeschiedenen Elemente (Kunststoffe, Pflanzenmaterial, Fische usw.) wurden in einem Behälter gesammelt. Dies führte dazu, dass große Mengen an Fischen und Krustentieren (Krabben und Garnelen) angelandet und in den Müllcontainer gekippt wurden. Infolgedessen hatte der Betrieb der Anlage einen gewissen Einfluss auf die Biota der Schelde in der Nähe der Wasserentnahme, der in einer Studie von Maes *et al.* quantifiziert wurde (1996).

1997 wurde am Wassereinlauf eine Fischschutzanlage mit einem fischgerechten Filtersystem und einem Abflusskanal installiert. Dabei halten Schallwellen Fische von der Entnahmestelle fern. Diese Geräuschentwicklung schreckt die Fische ab und reduziert ihren Eintritt in die Wasserentnahme. Besonders Fischarten mit einer Schwimmblase werden ferngehalten. Dieses Organ ähnelt einer Lunge, es reguliert die Lage der Tiere im Wasser und fängt den Schall unter Wasser auf. Die dennoch gefangenen Organismen werden über ein Rückführsystem wieder ihrem Biotop zugeleitet.

Die Fischsterblichkeit wird dadurch bei Fischen um 88 % und bei Krustentieren um 100 % reduziert. Dies entspricht 95,5 % der Anzahl und 90 % der Biomasse von Fischen und Krustentieren (Maes *et al.*, 1999). Die Anzahl der Fische im System ist stark von den Jahreszeiten und den Gezeiten abhängig. Es werden daher keine absoluten Zahlen genannt. Basierend auf dem von der KU Löwen durchgeführten Monitoring (Maes *et al.*, 1996), bei dem festgestellt wurde, dass die tägliche Fangmenge für Fische und Krebstiere ohne Fischschutzsystem 22437 bzw. 50248 Individuen betrug, kann jedoch festgestellt werden, dass im Rahmen der Wasserentnahme mit Fischschutzsystem für Doel 3 und 4 durchschnittlich 1010 Fische und

fast keine Krebstiere pro Tag sterben. Verglichen mit der Tatsache, dass laut Studie der KU Löwen (Maes *et al.*, 1996) ca. 18 Mio. Fische und 7 Mio. Krebstiere pro Stunde das Kernkraftwerk passieren, sind die Auswirkungen durch die diversen Maßnahmen auf ein vernachlässigbares Maß reduziert.

Daraus kann gefolgert werden, dass keine signifikant negativen Auswirkungen hinsichtlich der Mortalität von Fischen und Krebstieren in der Nähe der Wasseraufnahme gegenüber der Situation ohne KKW-Betrieb zu erwarten sind. An der Kapazität der Wasserentnahmestellen in der Schelde ändert sich infolge des Projekts nichts.

2.5.3.1.5 Einleitung von Kühlwasser

Einleitung von Kühlwasser: Die Erörterung zur Einleitung von Kühlwasser auf Höhe des KKW wird in drei Teilen behandelt:

- Es wird eine Zusammenfassung des gemessenen Temperaturanstiegs und der Größe der Wärmefahne aufgrund der Kühlwassereinleitung des KKW gegeben, basierend auf den Ergebnissen der fünf Überwachungskampagnen auf der Höhe des KKW (Arcadis, 2012). Eine detaillierte Beschreibung findet sich im Bereich ‚Wasser‘;
- Als Nächstes werden die potenziellen direkten und indirekten Auswirkungen erörtert, die als Folge eines Temperaturanstiegs durch die Kühlwassereinleitung auftreten können. Bei den direkten Auswirkungen gibt es allgemeine Auswirkungen auf Wasserorganismen und -populationen, spezifische Auswirkungen auf Fische, auf Plankton und Makroinvertebraten. Die potenziellen Auswirkungen von Wärmefahnen auf exotische Arten werden ebenfalls erörtert.
- Schließlich erfolgt für das KKW eine Bewertung der möglichen Auswirkungen der Kühlwassereinleitung. Hier werden die Ergebnisse der Fischbestandsproben in der KKW-Kühlwasserfahne (Breine & Van Thuyne, 2013A), sowie die Ergebnisse der fünf Monitoring-Kampagnen der Temperatur am KKW (Arcadis, 2012) herangezogen.

2.5.3.1.5.1 Temperaturanstieg und Größe der Wärmefahne

Signifikante Temperaturanstiege von über 3 °C durch die Kühlwassereinleitung des KKW scheinen nur im Bereich des Wellenbrechers aufzutreten, bis zu einer maximalen Entfernung von ca. 1050 m von der Einleitstelle (signifikant negativer Effekt, -3).

Temperaturanstiege zwischen 1 und 3°C scheinen bei Ebbe und bei Tideniedrigwasser bis zu einer maximalen Entfernung von ca. 1.300 m von der Einleitstelle, dem Bereich, der noch innerhalb des Wellenbrechers liegt, aufzutreten. Bei Flut ergibt sich ein Temperaturanstieg zwischen 1 und 3 °C außerhalb des Wellenbrechers bis maximal 500 m von der Einleitstelle in östlicher Richtung und bis maximal 800 m vor der Einleitstelle in südlicher Richtung.

Der Umfang der Wärmefahne ist bei Tideniedrigwasser am größten. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich der Bereich mit einer Temperatur von mehr als 25°C nicht über den Wellenbrecher hinaus erstreckt.

Für die spezifische Situation des KKW lässt sich sagen, dass der Innenbereich des Wellenbrechers eine Wärmebarriere für bestimmte Wasserorganismen bilden wird. Für den Innenbereich des Wellenbrechers werden die Umweltqualitätsnormen in Bezug auf die Schelde-Temperatur aufgrund der Kühlwassereinleitung des KKW nicht eingehalten. Die Fahrinne der Schelde östlich des Wellenbrechers

bleibt jedoch für Wasserorganismen passierbar. Die durchschnittliche Querschnittsfläche des Bereichs innerhalb des Wellenbrechers beträgt nicht mehr als 25 % der Querschnittsfläche der Schelde. Die Fahrrinne der Schelde östlich des Wellenbrechers wird als jederzeit für Wasserorganismen passierbar angesehen.

2.5.3.1.5.2 Mögliche Auswirkungen des Temperaturanstiegs

Direkte und indirekte Auswirkungen des Temperaturanstiegs

Eine Erhöhung der Wassertemperatur führt direkt zu Veränderungen der vorhandenen Lebensgemeinschaften. Diese Veränderungen werden in erster Linie durch eine direkte Reaktion der einzelnen Arten auf die erhöhte Umgebungstemperatur bestimmt. Die Fähigkeit eines Organismus, in seinem Biotop zu überleben, wird weitgehend durch seine Toleranz gegenüber abiotischen Faktoren bestimmt. Abbildung 2-50 zeigt eine schematische Darstellung der Reaktion eines Organismus auf einen Temperaturanstieg (Hartholt & Jager, 2004). Die Kurve beschreibt das Verhältnis zwischen dem Grad der Veränderung der physiologischen Aktivität einer Spezies bei einer Temperaturerhöhung um 10 °C.

In Bezug auf die Umgebungstemperatur hat jede Spezies für jedes Stadium einen natürlichen Bereich, innerhalb dessen eine optimale Funktion (intakte Homöostase) möglich ist. Dieser optimale Temperaturbereich ist an die geografische Lage des Lebensraums gebunden. Wenn die tatsächliche Umgebungstemperatur die Bandbreite überschreitet, wird Stress induziert, gefolgt von Todesfällen, falls die Temperatur zu hoch ansteigt oder der Stress zu lange andauert. Viele Arten vermeiden kritische Temperaturen durch vertikale oder horizontale Wanderung hin zu günstigeren Bedingungen. Die Temperaturtoleranz aquatischer Organismen wird durch verschiedene Stressfaktoren beeinflusst. Der Salzgehalt, die Menge an gelöstem Sauerstoff, die Härte des Wassers und physikalische Faktoren wie Druck haben einen entsprechenden Einfluss. So hat eine Kombination aus wechselnder Salzkonzentration und abnehmender Sauerstoffkonzentration im Wasser einen negativ verstärkenden Effekt auf die Temperaturtoleranz (Hartholt & Jager, 2004).

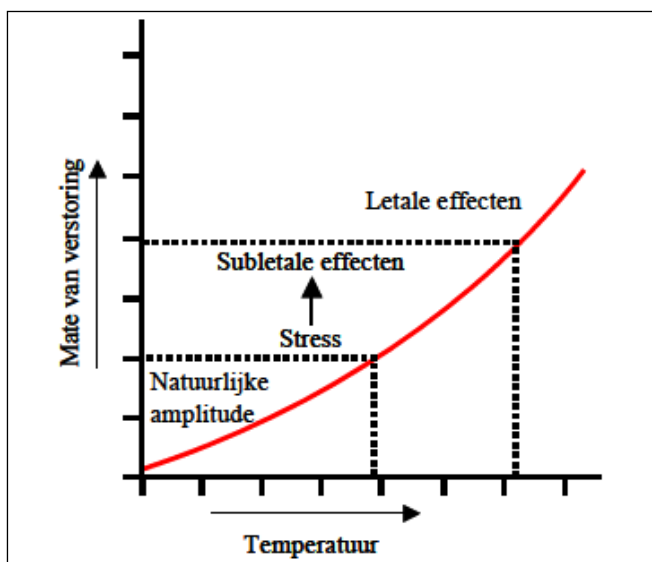


Abbildung 2-50 Grad der Beeinträchtigung je nach Anstieg der Wassertemperatur (Hartholt & Jager, 2004)

Der Temperaturanstieg kann auch zu indirekten Auswirkungen auf das Ökosystem führen, z. B. die verringerte Löslichkeit bestimmter Stoffe, wie z. B. Sauerstoff. Die erhöhte Temperatur kann sich auch

auf den mikrobiellen Abbau des vorhandenen organischen Materials auswirken, was einen zusätzlichen Sauerstoffmangel verursachen kann. Während des Abkühlvorgangs im KKW findet eine Anreicherung mit Sauerstoff statt. Daher wird davon ausgegangen, dass die indirekten Auswirkungen auf die Sauerstoffkonzentration aufgrund der verringerten Löslichkeit und des mikrobiellen Abbaus in der Schelde im KKW-Bereich weitgehend kompensiert werden.

Diese Behauptung wird durch die Ergebnisse der fünf im Bereich des KKW zwischen Juni 2011 und März 2012 durchgeführten Monitoring-Kampagnen gestützt, wobei die Temperatur und der Sauerstoffgehalt in zwei Tiefen in Bezug auf die Wasseroberfläche in und um die Einleitungsfähne bei verschiedenen Gezeitenbedingungen und insbesondere bei der Gezeitenwende bei Niedrigwasser gemessen wurden. Die Messungen zeigen keine Sauerstoffverarmung des Scheldewassers durch die Einleitung des warmen Kühlwassers, sondern eine leichte Anreicherung (wenn das Kühlwasser den Kühlprozess durchfließt, wird das Wasser stark durchlüftet).

Daher konzentriert sich die restliche Erörterung der Auswirkungen hauptsächlich auf die direkten Folgen des Temperaturanstiegs.

Auswirkungen des Temperaturanstiegs auf Phytoplankton und Zooplankton

Phytoplankton oder Algen sind Primärproduzenten, die die Basis der Nahrungskette bilden. Veränderungen in der Zusammensetzung der Phytoplankton-Gemeinschaft aufgrund erhöhter Oberflächenwassertemperaturen können sich daher auf höhere trophische Ebenen auswirken. Man kann die Algen in zwei Gruppen einteilen: die planktonischen Algen, die frei im Wasser schweben, und die sessilen Algen, die ein Substrat benötigen, um darauf zu wachsen (Kerkum *et al.*, 2004).

Für das Phytoplankton wurden bei steigender Wassertemperatur vor allem Auswirkungen hinsichtlich der Primärproduktion und der Wachstumsrate der Algen beobachtet. Dies kann zu einer Algenblüte im Wasser führen (sowohl Blaualgen als auch Grünalgen), wodurch sich die Artenzusammensetzung ändert. Letztendlich führt dies zu einer Gemeinschaft mit geringerer Artenzahl.

An den Einleitstellen können lokal stark begrenzte Veränderungen der Biomasse, der Artenzusammensetzung, der Diversität und der Produktivität beobachtet werden. In einiger Entfernung von der Einleitstelle sind keine weiteren Auswirkungen zu erwarten. Ein Rückgang der Primärproduktion und eine akute Mortalität des Phytoplanktons wird bei Temperaturen unter 30 °C im Ästuar als unwahrscheinlich angesehen. Darüber hinaus wurde beobachtet, dass einige Arten Toxine bilden können, die für Mensch und Tier schädlich sind (Kerkum *et al.*, 2004).

Zooplankton sind im Wasser schwebende Organismen, wie kleine Einzeller, Quallen und freilebende Fischlarven. Für Zooplankton hat ein Anstieg der Wassertemperatur einen deutlichen Einfluss auf Wachstum und Reproduktionsraten. Akute Auswirkungen auf Zooplankton können erst bei Expositionstemperaturen von über 30 °C eindeutig nachgewiesen werden (Kerkum *et al.*, 2004).

Auswirkungen des Temperaturanstiegs auf Makroinvertebraten

Temperatureinflüsse auf marine wirbellose Arten wurden hauptsächlich an benthischen Arten wie den größeren Krebstieren untersucht. Makroinvertebraten, die auf trocken fallenden Flächen leben, sind starken Temperaturschwankungen ausgesetzt und reagieren weniger empfindlich auf hohe Temperaturen.

In der Regel werden daher Bodentiere auf trocken fallenden Flächen durch die Einleitung von Kühlwasser wenig belastigt (Hartholt & Jager, 2004).

Die zulässige Höchsttemperatur scheint vom Salzgehalt und der Sauerstoffkonzentration abzuhängen. Bei marinen Arten nimmt die Temperaturresistenz mit dem Stress infolge der Abnahme des Salzgehalts und der Sauerstoffkonzentration ab. Die Temperaturtoleranz von Krebstieren in küstennahen Gewässern ist wesentlich höher als die von Arten in tieferen Gewässern. Vor allem Krebstiere, Muscheln und Schnecken aus der Gezeitenzone können relativ hohe Temperaturen unbeschadet vertragen (Hartholt & Jager, 2004).

Bei einigen Arten wurde eine deutliche Verlängerung der Wachstums- und Reproduktionsperiode infolge des Temperaturanstiegs beobachtet. Eine Temperatur von über 30 °C scheint sich nachteilig auf das Artenvorkommen auszuwirken (Kerkum *et al.*, 2004).

Auswirkungen des Temperaturanstiegs auf Fische

Von den im Wasser lebenden Organismen sind Fische im Allgemeinen am wenigsten tolerant gegenüber hohen Wassertemperaturen. Insbesondere benthische Arten wie Plattfische sind im Bereich von 25-28 °C direkt von Sterblichkeit bedroht. Heringsartige schon bei 22 °C. In der Zone, in der das eingeleitete Wasser diese Temperaturen aufweist, können die empfindlichen Arten nicht überleben, soweit ihnen eine Flucht unmöglich ist (Hartholt & Jager, 2004). In den Sommermonaten erreichen die Oberflächen der Küstengewässer und Ästuar hohe Temperaturen. Für das Schelde-Ästuar wurden Temperaturen um 24 °C gemessen. Das liegt an der geringen durchschnittlichen Wassertiefe und der täglichen zweimaligen Austrocknung des Wattenmeeres, das aufgrund seiner dunklen Farbe als Sonnenkollektor wirkt. Fische, die bei diesen Temperaturen nicht überleben können, sind dann nicht mehr im Ästuar anzutreffen (Hartholt & Jager, 2004).

Von den tödlichen Auswirkungen infolge erhöhter Oberflächenwassertemperaturen abgesehen, benötigen einige Fischarten während der Laichzeit niedrige Temperaturen (< 10 °C) (Winter/Frühjahr). Wenn diese Temperatur in den Wintermonaten nicht mehr erreicht wird, stagniert die Fortpflanzung, Arten verschwinden und die Diversität der Fischarten nimmt ab. Eine Erhöhung der Temperatur in Zeiten, in denen sie unter 10 °C liegt, führt zu einer geringeren Reproduktion bei Fischen, die im frühen Frühjahr laichen. Dadurch wird das aufnehmende Gewässer für diese Fische ungeeignet (Kerkum *et al.*, 2004). Eine Übersicht findet sich in Abbildung 2-51.

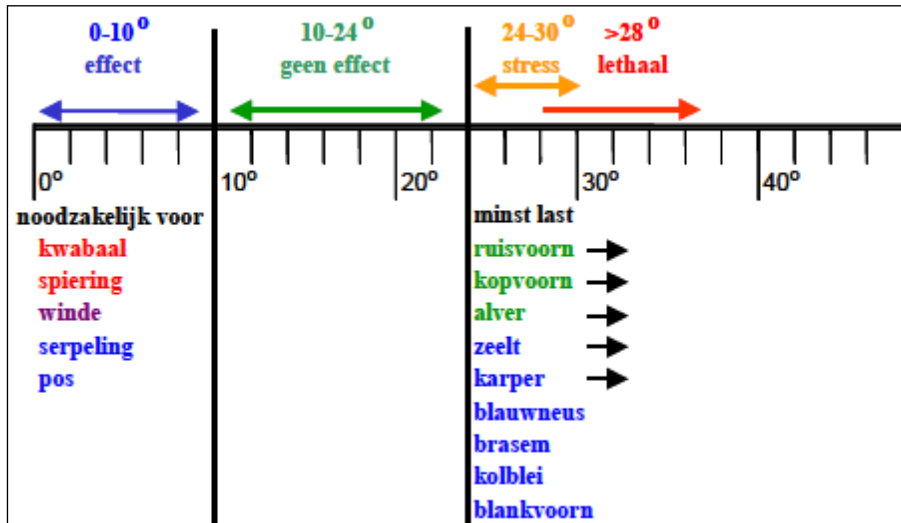


Abbildung 2-51 Temperaturanforderungen einiger Fischarten (rot: Fischfresser; blau: Makrofauna-Fresser; lila: Fisch/Makrofauna-Fresser; grün: Vegetations-/Makrofauna-Fresser. Ein Pfeil hinter der Art zeigt an, dass sie Temperaturen >28 °C tolerieren kann (Kerkum *et al.*, 2004)

Allgemein gilt, dass mit steigender Temperatur die Atmung der Fische zunimmt (Kitchell *et al.*, 1977). Die Wachstumsrate steigt ebenfalls mit zunehmender Temperatur, vorausgesetzt, es ist ausreichend Nahrung vorhanden, um den verstärkten Stoffwechsel aufrechtzuerhalten. (Ficke *et al.*, 2007) In wärmerem Wasser sind die Fische auch anfälliger für Infektionen, Krankheiten und Parasiten (De Kruik, 1983).

Wandernde Fische können einem Temperaturschock ausgesetzt sein, wenn die Flusswassertemperatur zu stark von der Meerwassertemperatur abweicht. Untersuchungen an Meeresforellen haben gezeigt, dass dies bei dieser Fischart nicht der Fall ist, was aber nicht bedeutet, dass es bei anderen Arten nicht zu Problemen führen kann. Untersuchungen an Salmoniden haben gezeigt, dass der Temperaturunterschied zwischen Fluss- und Meerwasser nicht mehr als 1°C betragen darf. Junge Salmoniden können eine Kühlwasserfahne erkennen und ihr ausweichen, so dass sie weniger betroffen sind, als wenn sie ihr ausgesetzt wären. Das tatsächliche Verhalten an einer Kühlwasserfahne in einem Fluss hängt von verschiedenen Faktoren wie Größe, Form und Gradient der Fahne und der Form der aufnehmenden Gewässer ab (Kerkum *et al.*, 2004).

Thermische Kontamination wirkt sich auch positiv auf das Wachstum und die Fortpflanzung wärmeliebender Arten aus, wobei die Kühlwasserfahne in den Wintermonaten für diese Arten als Refugium dienen kann. Dies können auch Exoten sein. Infolgedessen kann sich innerhalb des Bereichs, in dem ein konstanter Temperaturanstieg durch die Kühlwassereinleitung herrscht, die Artenzusammensetzung von der des nicht erwärmten Bereichs unterscheiden. Dies gilt nicht nur für Fische, sondern auch für andere Organismen (Hartholt & Jager, 2004).

Auswirkungen des Temperaturanstiegs auf die Vegetation

Im Untersuchungsgebiet befinden sich sowohl innerhalb als auch außerhalb der Deiche einige wichtige Naturräume. Im Hinblick auf den Aspekt ‚Vegetation‘ kann sich die Einleitung von Kühlwasser nur auf die außerhalb der Deiche gelegenen Schlicke und Schorreengebiete auswirken.

Die Schlicker werden zweimal am Tag bei Flut überschwemmt. Die Schorren werden nur bei Springflut überschwemmt, was im Durchschnitt zweimal im Monat der Fall ist. Der Bericht über die fünf Temperatur-Monitoring-Kampagnen in der Nähe des KKW (Arcadis, 2012) zeigt deutlich, dass sich die Wärmefahne bei Flut stromaufwärts des KKW erstreckt und daher die stromabwärts des KKW gelegenen Watten und Schorreengebiete, wie den Schor van Ouden Doel und den Paardenschor, nicht erreicht. Anhand dieser Informationen kann eindeutig festgestellt werden, dass die Einleitung von Kühlwasser die Vegetation auf den Schlickern und Schorren entlang der Schelde nicht beeinträchtigt.

Auswirkungen der Temperaturerhöhung auf Vögel

Es wurde keine Literatur über die direkte Auswirkung des Temperaturanstiegs auf Vögel gefunden. Es ist zu erwarten, dass eine lokale Erhöhung der Scheldetemperatur keine direkten Auswirkungen auf Wasservögel haben wird.

Wie bereits in der Ausgangssituation beschrieben, ist das Schelde-Ästuar ein wichtiges Rast-, Brut-, Nahrungs- und Wandergebiet für eine große Anzahl international geschützter Arten. In der Brackwasserzone der Schelde sind vor allem Stelzvögel, Enten und Gänse in großer Zahl anzutreffen. Die Stelzvögel suchen in den Schlickern nach Nahrung und ernähren sich von diversen allen Arten von Makroinvertebraten. Enten und Gänse kommen im Untersuchungsgebiet im Verdronken Land van Saeftinghe in großer Zahl vor.

Die Auswirkungen auf die Avifauna durch die Einleitung von Kühlwasser werden als vernachlässigbar angesehen. Die betroffene Zone ist im Vergleich zur gesamten Brackwasserzone flächenmäßig so klein, dass keine indirekten Auswirkungen zu erwarten sind. Die zu erwartenden Temperaturanstiege an den Wattflächen nahe des Paardenschors (ca. 800 m nördlich der KKW-Einleitstelle) und des Schor van Ouden Doel (ca. 1,2 km nördlich der KKW-Einleitstelle), beides wichtige Nahrungsgebiete für Stelzvögel, sind begrenzt bis vernachlässigbar.

Bewertung der Auswirkungen der Kühlwassereinleitung für das KKW

Die Studie Kerkum *et al.* (2004) kommt zu dem Schluss, dass bei Temperaturen unter 30°C die Primärproduktion und die akute Sterblichkeit wahrscheinlich nicht ab- oder zunehmen. Für die Zone, die der Einleitstelle am nächsten liegt, werden Auswirkungen auf die Primärproduktion und akute Mortalität erwartet, da die Temperaturen dort auf über 30 °C ansteigen können. Für das Phytoplankton kann ein Temperaturanstieg eine Verschiebung der Gemeinschaften von Kieselalgen über Grünalgen hin zu einer Dominanz von Blaualgen (Cyanobakterien) bewirken. Diese Verschiebung kann zu einer geringeren Artenvielfalt führen. Für den gesamten Innenbereich des Wellenbrechers, in dem sich die Wärmefahne durch die KKW-Kühlwassereinleitung erstreckt, kann es zu einer leichten Verschiebung der Lebensgemeinschaften zugunsten von Cyanobakterien kommen. Frühere Algenblüten und ein etwas anderes Artenverhältnis können sich in einer Veränderung des Zooplanktons niederschlagen, was wiederum die Nahrungskette beeinflussen kann. Außerhalb des Wellenbrechers werden die Auswirkungen als vernachlässigbar angesehen, da die Ergebnisse der fünf Temperaturmonitoring-Kampagnen in der Nähe des KKW zeigen, dass die Wärmefahne auf den Innenbereich des Wellenbrechers beschränkt ist (Arcadis, 2012).

Inwieweit sich eine lokale Zunahme von Cyanobakterien und die Produktion von toxischen Substanzen durch diese Cyanobakterien tatsächlich manifestieren wird und inwieweit diese Effekte einen

signifikanten Einfluss auf die Tragfähigkeit des Scheldeästuars im Innenbereich des Wellenbrechers haben werden, bleibt derzeit eine Wissenslücke. Van Damme *et al.* (2003) und Brys *et al.* (2006) stellen fest, dass die Phytoplankton-Gemeinschaften in der Brackwasserzone keine Bewertung des ökologischen Zustands zulassen. Eine vollständige Untersuchung der Phytoplankton-Gemeinschaften wird daher für die Beurteilung der Auswirkungen in der UVP als nicht sinnvoll erachtet.

Für Zooplankton hat ein Anstieg der Wassertemperatur einen deutlichen Einfluss auf Wachstum und Reproduktionsraten. Akute Wirkungen auf das Zooplankton sind erst bei einer Expositionstemperatur von über 30 °C eindeutig nachweisbar und werden in dem der Einleitstelle nächstgelegenen Bereich erwartet, da dort Temperaturen von über 30 °C auftreten können. Für den gesamten Innenbereich des Wellenbrechers, in dem sich die Wärmefahne durch die KKW-Kühlwassereinleitung erstreckt, kann es zu einer Beeinflussung des Wachstums und der Reproduktionsrate des Zooplanktons kommen. Außerhalb des Wellenbrechers werden die Auswirkungen als vernachlässigbar angesehen, da die Ergebnisse der fünf Temperaturmonitoring-Kampagnen in der Nähe des KKW zeigen, dass die Wärmefahne auf den Innenbereich des Wellenbrechers beschränkt ist (Arcadis, 2012).

Wie beim Zooplankton beeinflusst ein Temperaturanstieg auch bei Makroinvertebraten das Wachstum und die Reproduktionsraten. Die Mortalität tritt bei 30 °C auf und wird in dem Bereich erwartet, der der Einleitstelle am nächsten liegt, wo die Temperaturen noch über diesen Wert ansteigen können. Für den gesamten Innenbereich des Wellenbrechers, in dem sich die Wärmefahne durch die KKW-Kühlwassereinleitung erstreckt, kann es gegebenenfalls zu einer lokalen Verschiebung der vorhandenen Makroinvertebraten kommen. Es ist zu beachten, dass es sich bei einigen der entlang der Schelde gefundenen Makroinvertebraten um Arten handelt, die auch auf trocken fallenden Flächen leben können und daher natürlicherweise großen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind. Die Beprobung von Wasserorganismen innerhalb der KKW-Kühlwasserfahne durch INBO im Jahr 2013 (Breine & Van Thuyne) zeigte, dass sich Garnelen und Krabben eher in dem Innenbereich des Wellenbrechers aufhalten, in dem eine höhere Wassertemperatur herrscht. Außerdem ist dieser Bereich weniger dynamisch als außerhalb des Wellenbrechers. Das Vorkommen von exotischen Makroinvertebraten im Innenbereich des Wellenbrechers war nicht auffällig und man kann nicht von einer erhöhten Abundanz von Exoten innerhalb des Wellenbrechers sprechen. Auf der Grundlage dieser Probenergebnisse werden keine signifikant nachteiligen Auswirkungen auf Makroinvertebraten erwartet. Im Gegenteil, es ist zu erwarten, dass die erhöhte Temperatur zu einer etwas schnelleren Entwicklung und Biomassebildung der Makroinvertebraten führt.

Die empfindlichste Tiergruppe sind die Fische. Die letale Temperatur für Fische ist stark artenabhängig. Fische zeigen in der Regel im Temperaturbereich von 10 bis 22°C keine Auswirkungen (siehe Abbildung 2-51). Es gibt eine Stresszone zwischen 22 und 28 bis 30 °C, und erst ab 28 °C kommt es zu signifikantem Stress mit tödlichen Folgen. Daraus kann gefolgert werden, dass unter durchschnittlichen Bedingungen und nahezu ganzjährig keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Fischfauna zu erwarten sind. Nur die empfindlichsten Arten werden die Zone, die der Einleitstelle am nächsten liegt, meiden, indem sie sich von ihr schwimmend entfernen. Arten-spezifische Daten über das Vermeidungsverhalten und die Schreckreaktionen von Fischen auf Kühlwassereinleitungen wurden in der Literatur jedoch nicht gefunden, daher basiert die Bewertung hauptsächlich auf letalen Temperaturen. Im Innenbereich des Wellenbrechers, ab 850 m flussabwärts der Einleitstelle, sinkt die Temperatur im Winter

und Frühjahr auf unter 10 °C (Monitoring-Kampagnen Arcadis 2012), so dass hier die niedrige Temperatur erreicht wird, die Fischarten wie Kaulbarsch und Stint für die Induktion der Reproduktion benötigen.

Die Beprobung von Wasserorganismen innerhalb der KKW-Kühlwasserfahne durch INBO im Jahr 2013 (Breine & Van Thuyne) zeigte, dass sich die Fischfauna eher im Innenbereich des Wellenbrechers aufhält, wo eine höhere Wassertemperatur herrscht. Außerdem ist dieser Bereich weniger dynamisch als außerhalb des Wellenbrechers. Die Anwesenheit von Seebarschen, einer wärmeliebenden Meerestierart, deutet darauf hin, dass diese Art den Innenbereich des Wellenbrechers als Winterrefugium nutzt. Die Seezunge findet sich innerhalb und in der Nähe des Wellenbrecherbereichs. Einige Arten nutzen den aufgewärmten Innenbereich des Wellenbrechers als Jungtierbereich. Es gibt also einige Anzeichen dafür, dass es eine erhöhte Abundanz von wärmeliebenden einheimischen Arten (Seebarsch und Seezunge) innerhalb des Wellenbrechers gibt. Schließlich kann die Einleitung von Kühlwasser für das Überleben von thermophilen exotischen Arten wichtig sein. Die Beprobung aquatischer Organismen innerhalb der Kühlwasserfahne des KKW durch INBO im Jahr 2013 (Breine & Van Thuyne), zeigte, dass das Vorkommen exotischer Arten im Innenbereich des Wellenbrechers nicht nennenswert ist und dass man nicht von einer erhöhten Abundanz exotischer Arten innerhalb des Wellenbrechers sprechen kann.

Basierend auf der obigen Erörterung der Auswirkungen werden die Auswirkungen der KKW-Kühlwassereinleitung auf die aquatischen Lebensgemeinschaften in der Unteren Schelde als nicht signifikant negativ eingestuft.

2.5.3.1.6 Einleitung von chemischen Substanzen

Während des KKW-Betriebs fallen folgende Abwässer an: Sanitärabwasser, Industrieabwasser und Kühlwasser. Die Einleitung von Nährstoffen in die Schelde kann zur Eutrophierung führen. Die Einleitung von Gefahrstoffen in die Schelde kann ökotoxikologische Auswirkungen haben.

2.5.3.1.7 Eutrophierung

Für die Schelde in der Nähe des KKW werden in der Ausgangssituation und in der Betriebsphase 2015-2018 die Umweltqualitätsnormen für Nitrat + Nitrit + Ammonium und Orthophosphat nicht eingehalten. Diese Nährstoffe stehen in direktem Zusammenhang mit der Eutrophierung.

Nitrit allein trägt kaum zur Eutrophierung bei, hat aber eine toxische Wirkung. Da die Umweltqualitätsnorm für Nitrit in der Umgebung des KKW eingehalten wird und der Bereich Wasser einen vernachlässigbaren Beitrag errechnet, sind keine toxischen Auswirkungen durch die Einleitung von Nitrit in die Schelde zu erwarten.

Für die Nährstoffparameter Nitrat + Nitrit + Ammonium und Orthophosphat wird ein im Jahresdurchschnitt vernachlässigbarer Beitrag im Bereich Wasser ermittelt. Somit ist im Jahresmittel keine signifikant eutrophierende Wirkung durch die KKW-Einleitungen in die Schelde zu erwarten. Im Bereich Wasser wurde ein häufiges Überlaufen der Auffanggruben für Sanitärabwasser festgestellt. Obwohl die Belastung eher begrenzt ist, können diese Überläufe am KKW im Innenbereich des Wellenbrechers, in den Sanitär- und Industrieabwässer sowie das Kühlwasser aus dem KKW eingeleitet werden, Spitzenwerte der Nährstoffkonzentration verursachen.

Mögliche Folgen der Eutrophierung:

- Die erste, direkte Folge der Eutrophierung ist eine Zunahme des Pflanzenwachstums. In den meisten Wassersystemen ist dies eine Zunahme des Phytoplanktons, in einigen flachen Gewässern kann es sich auch um eine Zunahme von kurzlebigen Makroalgen (z. B. Seesalat) und Mikrophytobenthos handeln. Im Schelde-Ästuar treten große Algenblüten als Folge der Eutrophierung auf. Pflanzen wie Seegras und mehrjährige Makroalgen können aufgrund des verschlechterten Lichtklimas weniger tief wachsen und schließlich verschwinden. Infolge der reduzierten Sicht können jagende Fische ihre Beute nicht mehr sehen (Prins *et al.*, 2002).
- Eine weitere Folge der erhöhten Verfügbarkeit von Stickstoff und Phosphor ist eine veränderte Artenzusammensetzung des Phytoplanktons. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die anthropogene Eutrophierung zu einem Anstieg von Stickstoff und Phosphor, nicht aber von Silikat (Kieselsäure) führt. Da Silikat ein essentieller Baustoff für Kieselalgen (die häufigste Algengruppe) ist, nicht aber für andere Phytoplanktongruppen, ist die Folge der anthropogenen Eutrophierung, dass sich die Wachstumsbedingungen für Kieselalgen nicht verbessern, wohl aber für die anderen Gruppen. Dies kann zu einer Verschiebung der Artenzusammensetzung des Phytoplanktons von Kieselalgen zu anderen Algen führen. Während der Frühjahrsblüte der Kieselalgen verarmt das Silizium, sodass das Wachstum der Kieselalgen aufgrund der Si-Limitierung gehemmt wird. Dies führt zu einer Verschiebung der Algenzusammensetzung und einer zunehmenden Dominanz anderer Algenarten, die zwar kein Si wohl aber die noch nicht erschöpften Stickstoff- und Phosphorvorräte nutzen. Es steht zu vermuten, dass dieser Mechanismus eine der Ursachen für die verstärkte Blüte der Schaumalgen *Phaeocystis* ist. Auch die weltweite Zunahme anderer schädlicher Algenblüten wird auf den Anstieg von Phosphor und Stickstoff zurückgeführt. Sekundäreffekt einer erhöhten Pflanzenproduktion bei einer Eutrophierung ist die Zunahme der Biomasse von höheren trophischen Ebenen (z. B. Bodentiere) (Prins *et al.*, 2002).
- Eine steigende Pflanzenproduktion kann negative Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt des Wassers und des Gewässerbodens haben (Prins *et al.*, 2002). Für die Werte des gelösten Sauerstoffs in der Nähe des KKW wird das Umweltqualitätsziel an der flussaufwärts gelegenen Messstelle nicht erreicht, wohl aber weiter flussabwärts des KKW. Eine mögliche Erklärung dafür ist der Belüftungseffekt des Kühlwassersystems des KKW (der Sauerstoffgehalt des eingeleiteten Kühlwassers ist normalerweise höher als der des entnommenen Kühlwassers).
- Harte wissenschaftliche Beweise für kausale Zusammenhänge zwischen Eutrophierung und Verschiebungen in Lebensgemeinschaften sind jedoch oft schwer zu finden. Das liegt zum Teil daran, dass die Eutrophierung der Küstengewässer ein relativ junges Phänomen ist. Wichtiger ist, dass die physikalischen und biologischen Eigenschaften von Wassersystemen und die Wechselwirkungen mit anderen Faktoren (z. B. Klima) die Reaktion auf erhöhte Nährstoffbelastungen beeinflussen. Aufgrund der großen Artenvielfalt in den Küstenökosystemen ist die Reaktion auf Eutrophierung daher nicht einfach und nur schwer vorhersagbar. Im Gegensatz zum Süßwasser spielt Phosphat in den Küstengewässern eine wesentlich geringere Rolle. Nur für eine kurze Zeit im Frühjahr kann es zu einer P-Limitierung des Algenwachstums kommen (Prins *et al.*, 2002).

Es kann davon ausgegangen werden, dass das häufige Überlaufen der KKW-Auffanggruben für Sanitärabwässer in begrenztem Umfang zur Problematik der Schelde-Eutrophierung beitragen, zumindest

lokal an der Einleitstelle des KKW im Innenbereich des Wellenbrechers. Inwieweit dies jedoch zu einer Zunahme von Algenblüten und einer reduzierten Sichtbarkeit für jagende Fische, zu Verschiebungen in der Artenzusammensetzung des Phytoplanktons und zu einer Zunahme der Biomassenproduktion der höheren trophischen Ebenen im Innenbereich des Wellenbrechers führt, ist eine Wissenslücke. Unbekannt ist auch, welchen kumulativen Einfluss die physikalischen Eigenschaften (Gezeitendynamik, Verweilzeit, Trübung, Tiefe) und der Temperaturanstieg im Innenbereich des Wellenbrechers, in den die Einleitung der Sanitär- und Industrieabwässer sowie des Kühlwassers aus dem KKW erfolgt, auf den Grad der Eutrophierung haben. Van Damme *et al.* (2003) und Brys *et al.* (2006) stellen fest, dass die Phytoplankton-Gemeinschaften in der Brackwasserzone keine Bewertung des ökologischen Zustands zulassen. Eine vollständige Untersuchung der Phytoplankton-Gemeinschaften wird daher für die Beurteilung der Auswirkungen in der UVP als nicht sinnvoll erachtet. Um die Überläufe des Sanitärabwassers des KKW zu mindern, wurde im Bereich Wasser empfohlen, die Machbarkeit der Abkopplung des Regenwassers vom Sanitärabwasser (quellenorientierte Maßnahme) und die Möglichkeit der Einrichtung eines zusätzlichen Auffangbeckens für Sanitärabwasser (End-of-Pipe-Maßnahme) auf Konzeptebene mit den besten verfügbaren Techniken zu untersuchen.

2.5.3.1.8 Ökotoxikologische Auswirkungen

Zur Vermeidung von „Biofouling“ wird dem Kühlwasser Natriumhypochlorit (NaOCl) zugesetzt. Unter Biofouling versteht man den Prozess, bei dem sich hauptsächlich sessile Organismen wie Austern, Muscheln usw. an den Zu- und Ablaufleitungen von Kühlwassersystemen festsetzen. Die Zugabe von Natriumhypochlorit NaOCl soll diesem Biofouling entgegenwirken.

Das NaClO reagiert unter Bildung von Chloriden. Im eingeleiteten Kühlwasser wird kein Aktivchlor oberhalb der Nachweisgrenze (<100 µg/L) gefunden. Aktivchlor gilt als akut toxischer Stoff. Bei Aktivchlor scheint die Konzentration, von der Fische nicht beeinträchtigt werden, unter 1 µg/l zu liegen. Aktivchlor ist nicht sehr beständig und verschwindet relativ schnell im Oberflächenwasser (die Abbaubarkeit liegt in der Größenordnung von Minuten). Die Umwandlungsrate wird jedoch von vielen Faktoren (Temperatur, Durchmischungsgrad im Oberflächenwasser, Reduktionsmittelgehalt) beeinflusst (Berbee, 1997). Der Gehalt an Aktivchlor im abgeleiteten KKW-Kühlwasser liegt unter 100 µg/l. Es kann daraus gefolgert werden, dass bei Einleitung von Aktivchlor für kurze Zeit akute toxikologische Wirkungen auf Wasserorganismen lokal um die Einleitungsstelle auftreten können (begrenzt negative Wirkung).

Bei der Behandlung mit Chlor als Konditionierungsmittel bilden sich mitkontaminierende AOX (= adsorbierbare organische Halogenverbindungen). Der AOX-Gehalt setzt sich aus Haloformen, auch Trihalogenmethane genannt (hauptsächlich Bromoform in Brack- und Salzwasser) und verschiedenen halogenierten polaren Verbindungen (z. B. Chlor- und Bromessigsäure) zusammen (Berbee, 1997). Bei den Sekundärkontaminationen AOX ist die chronische Toxizität wichtiger. Der Beitrag von AOX wurde im Bereich Wasser als vernachlässigbarer Effekt betrachtet. Es wurden jedoch erhöhte AOX-Konzentrationen im Sanitär- und Industrieabwasser sowie im Kühlwasser gemessen, weshalb doch kurz auf AOX eingegangen werden soll. Stoffe wie Bromoform und Bromat gelten als möglicherweise krebserregend für den Menschen. Daher verdient dies auch für aquatische Organismen Aufmerksamkeit. Die Bromat-Problematik tritt auch auf, wenn das Kühlwasser gechlort wird. Es gibt Hinweise darauf, dass die Chlorung von Kühlwasser zur Bildung von sehr schädlichem Bromat führen kann (besonders bei höheren pH > 8 bis 9 und Aktivchlorgehalten über 2 mg/L). Bromat ist auch in der NaOCl-Lösung selbst

enthalten (ca. 34-37 mg Bromat/kg Bleichlauge). Obwohl theoretisch möglich, wird es in der Praxis technisch sehr schwierig sein, bromatarmer Bleichlauge zu erzeugen. In der Praxis wird bei Kühlwassereinleitungen in der Regel die Kontrolle der Chlordosen der Ableitungen akut toxischer Substanzen (Frachten und Konzentrationen) an erster Stelle stehen. Indem diese reduziert werden, kann auch der Ausstoß der chronisch toxischeren Stoffe verringert werden.

Derzeit basiert die Dosierung von NaClO im KKW auf der Analyse des überschüssigen Aktivchlors und der Erfahrung mit den Kühlturmfüllkörpern. Eine eventuelle zusätzliche Dosierung erfolgt auf Basis der Überwachung des biologischen Wachstums an Kontrollplatten in den Kühltürmen und Gewichtsmessungen an den Füllkörpern. Im eingeleiteten Kühlwasser wird kein Aktivchlor oberhalb der Nachweisgrenze gefunden (<100 µg/L). Für die Überwachung des Aktivchlors im Kühlwasser entsprechend der Schockdosierung von NaClO wird im Bereich Wasser empfohlen, die Überwachung des Aktivchlors mit einem Online-Messsensor durchzuführen, mit einer Nachweisgrenze bis ca. 10 µg/L (statt 100 µg/L im Ist-Zustand). Dies, um die Regulierung der NaClO-Dosierung verfeinern zu können, mit dem Ziel eines geringeren NaClO-Verbrauchs, eines geringeren Aktivchlorgehalts im eingeleiteten Kühlwasser und einer geringeren AOX-Bildung.

2.5.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Die Auswirkungen von Eutrophierung und Versauerung, Ruhestörung, Wasserentnahme, Kühlwassereinleitung und Chemikalien werden sich in der LTO-Situation, wie oben erläutert, nicht signifikant von den Emissionen der Ausgangssituation unterscheiden. Es gibt keine zusätzlichen Auswirkungen der LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation.

2.5.3.3 Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)

Die endgültige Stilllegung des KKW beginnt im Jahr 2025 und endet im Jahr 2028. Nach der endgültigen Stilllegung kann mit dem Rückbau der Reaktoren begonnen werden, sobald die erforderlichen Genehmigungen vorliegen. Die Phase der endgültigen Stilllegung besteht aus drei Abschnitten, in denen sich das KKW schrittweise von einem Kernkraftwerk über ein Nasslager von verstrahltem Kernbrennstoff zu einem Gebäude mit zu verarbeitenden radioaktiven Abfällen entwickelt. Es ist geplant, während der Phase der endgültigen Stilllegung:

- die Reaktoren zu entladen und den gesamten verstrahlten Kernbrennstoff zu den Pool-Loops-Docks im Gebäude für nukleare Notdienste zu verbringen;
- die Radioaktivität des verstrahlten Kernbrennstoffs in den Pool-Loops-Docks im Gebäude für nukleare Notdienste zerfallen zu lassen;
- den verstrahlten Brennstoff in Container zu verladen und zum Brennelemente-Container-Gebäude zu verbringen;
- Betriebs- und Wartungsarbeiten wie vor der endgültigen Stilllegung durchzuführen, jedoch mit einer kleineren Amplitude (keine Stromerzeugung mehr).

Diese Maßnahmen sind allesamt von der aktuellen Genehmigung abgedeckt.

Fazit: Die Hauptmerkmale des Zeitraums der definitiven Stilllegung sind, dass diese Periode in die Verlängerung der aktuellen KKW-Laufzeit fällt (= mit fortgeführten KKW-Prozessen) und dass die Prozesse der aktuellen Genehmigung entsprechen. Die Luft-, Lärm- und Wasseremissionen und die sich daraus ableitenden Auswirkungen auf die biologische Vielfalt werden mit der Ausgangssituation vergleichbar oder geringer sein.

Es wird kein Unterschied zwischen den Auswirkungen einer endgültigen Stilllegung in den Jahren 2015-2019 und einer Stilllegung in den Jahren 2025-2029 erwartet.

2.5.3.4 Null-Variante

Eutrophierung und Versauerung durch atmosphärische Deposition

Abbildung 2-52 fasst die Konturen der durch das KKW verursachten Stickstoffdeposition im Untersuchungsgebiet für die Null-Variante zusammen. Die maximale Stickstoffdeposition der fraglichen Emissionen beträgt 0,035 kg N/(ha.Jahr), was geringer ist als 5 % der kritischen Depositionswerte für die N-Deposition in den europäischen Lebensraumtypen in der näheren Umgebung des Betriebsgeländes. Die modellierte Kontur der Stickstoffdeposition erreicht nicht die Schlicke und Schorren am rechten Scheldeufer.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Stickstoffdepositionen des KKW, die im Rahmen der Null-Variante im vorliegenden Projekt beurteilt werden, keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Eutrophierung der umliegenden europäischen Lebensraumtypen im Habitatrichtlinien-Gebiet ,Schelde-

en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und auf die Watt- und Schorrenvegetation im (sich teilweise überschneidenden) VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘ haben.



Abbildung mit Karte

Automatisch generierte Beschreibung

Abbildung 2-52 Kontur der Stickstoffdeposition (in kg N/(ha.Jahr)) infolge des KKW-Betriebs bei der Null-Variante

Abbildung 2-53 zeigt die Konturen der versauernden Deposition, die durch die KKW-Aktivitäten im Projektgebiet bei der Null-Variante verursacht werden. Die maximale Stickstoffdeposition beträgt 2,507 Zeq/(ha.Jahr), was geringer ist als 5 % der kritischen Depositionswerte für die versauernde Deposition der europäischen Lebensraumtypen in der näheren Umgebung des Betriebsgeländes.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die in der Null-Variante des Projekts bewerteten versauernden KKW-Depositionen keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Ökosysteme im Untersuchungsgebiet haben werden. Daher sind durch die Versauerung im Rahmen des KKW-Betriebs keine signifikant negativen Auswirkungen auf die umliegenden europäischen Lebensraumtypen im Habitatrichtlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und auf die Schlick- und Schorrenvegetation im (sich teilweise überschneidenden) VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘ zu erwarten.



Abbildung2-53 Kontur der versauernden Deposition (in Zeq/(ha.Jahr)) infolge des KKW-Betriebs bei der Null-Variante

Ruhestörung

Auf Abbildung 2-54, Abbildung 2-55 und Abbildung 2-56 sind die 45-, 50- und 55 dB(A)-Lärmkonturen für die Dauerschallquellen während der Tages-, Abend- und Nachtzeit unter der Null-Variante angegeben. In diesem Szenario werden eine Reihe von Quellen aus Doel 1 und 2 nicht mehr aktiv sein, d. h. die Hilfskühltürme, der Maschinenraum und die Wasserentnahme. Der Schallleistungspegel der Anlage (LwA) wird dadurch um 0,2 dB(A) auf 123,2 dB(A) reduziert.

Für die diskontinuierlichen Quellen (Abend- und Nachtwerte sind nicht relevant, da diese Quellen nur tagsüber geprüft werden) zeigt sich, dass die Belästigungskontur von 50 dB(A) vollständig auf dem KKW-Gelände liegt. Auf die Ruhestörung durch die diskontinuierlichen Quellen des KKW wird daher nicht weiter eingegangen.

Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb in der Null-Variante kann wie folgt bewertet werden:

- Östlich des KKW reicht die 55 dB-Lärmkontur in das Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘, welches auch als VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘ und als Ramsar-Gebiet ausgewiesen ist. Daraus lässt sich schließen, dass diese Schilf- und Schlickgebiete entlang der Schelde durch die Auswirkungen des KKW-Betriebs stark durch Lärm beeinträchtigt werden. Die vorhandenen Artengruppen (kleine Singvögel, Haubentaucher, Lappentaucher, Austernfischer & Säbelschnäbler usw.) sind empfindlich bis sehr empfindlich gegenüber Lärmbelastigungen. Andererseits handelt es sich um eine kontinuierliche Lärmbelastigung, so dass davon auszugehen ist, dass die anwesende Vogelwelt ein gewisses Maß an Gewöhnung zeigen wird. Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb entlang der Schilf- und Wattflächen an den Scheldeufern in der Nähe des KKW, wird mit negativ bewertet. Die Lärmkonturen von 50 dB und 45 dB reichen nicht bis zum Galgeschoor auf der anderen Seite der Schelde.
- Nördlich des KKW reichen die Belästigungskonturen von 50 dB- und 45 dB nicht in das offizielle Naturschutzgebiet ‚Schor Ouden Doel‘ (vernachlässigbare Auswirkungen).
- Westlich und südlich des KKW ist die 50 dB-Lärmkontur weitgehend auf das KKW-Gelände selbst beschränkt und es gibt nur eine geringe Überschneidung mit dem Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘. Die 50 dB-Lärmkontur überschneidet sich nicht mit dem VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘. Teile der Scheldeufer liegen im Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘ bzw. im VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘. Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb in den Poldergebieten westlich und südlich des KKW wird als begrenzt nachteilig bewertet.



Abbildung 2-54 Lärmkonturen in der Null-Variante in Bezug auf Natura 2000 Gebiete



Abbildung 2-55 Lärmkonturen in der Null-Variante in Bezug auf die VEN Gebiete



Abbildung 2-56 Lärmkonturen in der Null-Variante in Bezug auf anerkannte flämische Naturschutzgebiete

Wasserentnahme

Die Blöcke Doel 1 und 2 werden nicht mehr in Betrieb sein, daher wird deren Wasserentnahme und Kühlkreislauf nicht mehr genutzt werden. Da an der Entnahmestelle für das Kühlwasser von Doel 1 und 2 keine Sterblichkeit von Fischen oder Krebstieren beobachtet wird, weil am Einlauf Gitter angebracht wurden, werden für die Auswirkungen der Wasserentnahme auf die Organismen in der Zeeschelde am KKW in der Null-Variante (= Nicht-LTO-Situation) keine Änderungen erwartet.

Einleitung von Kühlwasser

Die thermische Belastung der Schelde durch das Kühlwasser wird voraussichtlich um ca. 60 % sinken. Die Größe der Wärmefahne in der Schelde wird daher voraussichtlich ebenfalls geringer sein. Dies kann sich positiv auf Phytoplankton, Zooplankton, die Makroinvertebraten und Fischgemeinschaften im Innenbereich des Wellenbrechers auswirken, insbesondere im Hinblick auf den Klimawandel, wie der Bewertung der thermischen Auswirkungen der Kühlwassereinleitung in der Betriebsphase 2015-2018 des Basisprojekts zu entnehmen ist.

Die Bedeutung dieses positiven Effekts hängt vom Grad der Kontraktion der Wärmefahne im Vergleich zur Ausgangssituation ab, der der anhand der aktuellen Daten nur schwer abzuschätzen ist, und von der Entwicklung der erwarteten Klimaeffekte ab.

Ableitung chemischer Substanzen

Es wird davon ausgegangen, dass die Schadstoffkonzentrationen in den eingeleiteten Sanitär- und

Industrieabwässern die gleichen sind wie in der Ausgangssituation. Eine drastische Reduzierung des Aufkommens an Sanitär- und Industrieabwässern ist jedoch nicht zu erwarten. So hat der Initiator keinen drastischen Rückgang festgestellt, wenn ein Block außer Betrieb war. Nur der Verbrauch von Stadtwasser für den Dampfkreislauf wird voraussichtlich leicht zurückgehen. Es ist nicht möglich, diese Abnahme zu quantifizieren. Bei der Null-Variante treten die gleichen Auswirkungen für die Eutrophierung auf wie bei dem Basisprojekt.

Es wird davon ausgegangen, dass die Schadstoffkonzentrationen im Kühlwasser, einschließlich der Temperatur und der Chloride, die gleichen sind wie in der Ausgangssituation. Bei der Null-Variante dürften die gleichen potenziellen ökotoxikologischen Auswirkungen auftreten wie im Basisprojekt. Für die Überwachung des Aktivchlors im Kühlwasser entsprechend der Schockdosierung von NaClO wird im Bereich Wasser empfohlen, die Überwachung des Aktivchlors mit einem Online-Messsensor durchzuführen, mit einer Nachweisgrenze bis ca. 10 µg/L (statt 100 µg/L im Ist-Zustand). Dies, um die Regulierung der NaClO-Dosierung verfeinern zu können, mit dem Ziel eines geringeren NaClO-Verbrauchs, eines geringeren Aktivchlorgehalts im eingeleiteten Kühlwasser und einer geringeren AOX-Bildung.

2.5.3.5 Kumulierte Effekte

Die folgenden Pläne/Projekte sind potenziell relevant in Bezug auf kumulative Auswirkungen beim KKW-Betrieb:

- Sigma-Plan
- Doelpolder Noord
- Hedwige- und Prosperpolder
- Schaffung eines KRG Doelpolder

Die Bauphase der o. g. Pläne/Projekte wird zu Lärmbelastungen in Bereich des KKW führen, die mit dem KKW-Betrieb zu einer kumulativen Lärmbelastung führen können. Mit den derzeit verfügbaren Informationen über die o. g. Pläne/Projekte kann diese kumulative Lärmbelastung weder quantifiziert oder noch beurteilt werden.

Für die Betriebsphase der o. g. Pläne/Projekte werden keine kumulativen Auswirkungen durch den KKW-Betrieb auf die Biodiversität erwartet.

2.5.3.6 Grenzüberschreitende Auswirkungen

An der niederländischen Grenze, in einer Entfernung von ca. 3,4 km zur Einleitstelle des KKW, können die Auswirkungen der Kühlwassereinleitung höchstens als leicht negativ betrachtet werden. Dies basiert auf den fünf Monitoring-Kampagnen zum Temperatureinfluss des Doel-Kühlwassers auf die Schelde (Arcadis, 2012). Dieser Temperaturanstieg nimmt weiter flussabwärts auf niederländischem Gebiet langsam ab.

2.5.4 Vorprüfung/angemessene Verträglichkeitsprüfung Natura 2000

2.5.4.1 Einleitung

Artikel 36ter Abschnitt3 des flämischen Naturschutzerlasses (Umsetzung von Artikel 6 Abschnitt3 der Habitat-Richtlinie) besagt, dass ,genehmigungspflichtigen Aktivitäten, Pläne oder Projekte, die einzeln

oder in Zusammenwirkung mit anderen Aktivitäten, Plänen und Projekten die natürlichen Merkmale eines besonderen Schutzgebietes erheblich beeinträchtigen könnten, einer angemessenen Verträglichkeitsprüfung bezüglich seiner erheblichen Auswirkungen auf das besondere Schutzgebiet (BSG) unterzogen werden müssen‘.

Da das Kernkraftwerk Doel eine neue Genehmigung beantragen will und es nicht ausgeschlossen werden kann, dass der Betrieb Auswirkungen auf die angrenzenden besonderen Schutzgebiete haben könnte, ist die angemessene Verträglichkeitsprüfung Gegenstand eines eigenen Kapitels in der UVP.

Die angemessene Verträglichkeitsprüfung berücksichtigt die folgenden Aspekte:

- Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines BSG im Einflussbereich der geplanten Aktivität
- Beschreibung der BSG mit deren Erhaltungszielen
- Beschreibung und Bewertung der relevanten Wirkungsgruppen, die die Erhaltungsziele der geschützten Lebensräume und Arten beeinflussen können.

Dieses Dokument wird als gesondertes Kapitel innerhalb des Bereichs Biodiversität der UVP erstellt. Bestimmte Hintergrundinformationen aus den Bereichen Wasser, Luft & Klima und Lärm, auf denen diese angemessene Verträglichkeitsprüfung beruht, wurden in der UVP beschrieben und werden somit in der vorliegenden Prüfung nicht wiederholt.

2.5.4.2 Lage der Natura 2000-Gebiete

Das KKW befindet sich in Doel, einer Gemeinde von Beveren, in einem Industriegebiet nördlich des Waaslandhaven am linken Scheldeufer, aber ansonsten getrennt von diesem. Er wird durch das Polderdorf Doel vom restlichen Hafengebiet abgeschirmt. In der Umgebung des Kernkraftwerks Doel befinden sich die folgenden besonderen Schutzgebiete (siehe Anhang A - Karte 14):

BSG-V BE2301336 ‚Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever‘, das vollständig um das Kernkraftwerk Doel herum gelegen ist. Neben den Poldergebieten westlich des KKW sind auch die Schlick- und Schorreengebiete als Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ausgewiesen.

BSG-H BE2300006 ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘, das sich in der Nähe des KKW in Doel befindet und neben den Schlick- und Schorreengebieten auch die gesamte Schelde als Fluss umfasst. Auf der Höhe des KKW befindet sich das Teilgebiet 38 dieses BSG (BE2300006-38).

Die besonderen Schutzgebiete BSG-V ‚De Kuifeend und Blokkersdijk‘, BSG-H ‚Historische fortengordels van Antwerpen als vleermuizenhabitat‘ sowie die VEN-Gebiete ‚De Kuifeend‘ und ‚Wase Scheldepolders‘ werden in dieser angemessenen Verträglichkeitsprüfung nicht weiter berücksichtigt. Aufgrund ihrer großen Entfernung zum Projektgebiet (mehr als 3 km) sind keine Auswirkungen auf die geschützten Lebensräume und Arten zu erwarten, die für diese Gebiete ausgewiesen wurden. Die Gebiete Groot Buitenschoor, Galgeschoor und Ketenisseschor, die zum BSG-V ‚Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever‘ und BSG-H ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ gehören, werden hier nicht weiter erörtert, da aufgrund ihrer großen Entfernung (mehr als 1 km) zum KKW in Doel keine Auswirkungen zu erwarten sind.

Auch in Bezug auf die auf niederländischem Gebiet gelegenen besonderen Schutzgebiete werden keine signifikant negativen Auswirkungen erwartet. Es handelt sich um das Verdrunken Land van Saeftinghe als Teil des BSG Westerschelde en Saeftinghe, des Brabantse Wal (Vogelschutz- und Habitatrüchtliniengebiet), des Markiezaat (Vogelschutzgebiet), des Zoommeer (Vogelschutzgebiet) und des Vogelkreek (Habitatrüchtlinien-Gebiet) (nicht auf der Karte angegeben).

2.5.4.3 SBZ-H BE2300006 ‚Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘

2.5.4.3.1 Geschützte Lebensräume

Nachstehend folgt eine Aufstellung der geschützten Lebensraumtypen (Anhang I, Naturschutzerlass) des Habitatrüchtlinien-Gebiets BE2300006, soweit sie für den Standort des KKW, die Art seiner Aktivitäten und die Projektmerkmale relevant sind:

- Lebensraumtyp 1130: Ästuar
- Lebensraumtyp 1310: Einjährige Pioniervegetation von Schlick- und Sandflächen mit *Salicornia* spp. und anderen salzliebenden Arten
- Lebensraumtyp 1320: Schorren mit Schlickgrasvegetation (*Spartinion maritimae*)
- Lebensraumtyp 1330: Atlantische Salzwiesen (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*)
- Lebensraumtyp 3270: Flüsse mit Schlickufern mit Vegetation des *Chenopodietum rubri* p.p. und des *Bidention* p.p.
- Lebensraumtyp 6430: Nährstoffreiches Tiefland-, montanes und alpines Saumgebüsch, Unterart Verband Zottige Weidenröschen

Neben den Ästuar-Lebensräumen wurde das Habitatrüchtlinien-Gebiet auch für eine Reihe von Nicht-Ästuar-Lebensraumtypen (Feuchtgebiete) angemeldet (Anhang I, Naturschutzerlass), von denen vor allem die folgenden für den Standort des KKW, die Art seiner Aktivitäten und die Projektmerkmale von Bedeutung sind:

- Lebensraumtyp 6430: Nährstoffreiches Tiefland-, montanes und alpines Saumgebüsch
- Lebensraumtyp 6510: Tief liegendes, raues Wiesengebiet (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*)

2.5.4.3.2 Geschützte Arten

Nachfolgend eine Liste der geschützten Arten (Anhang II des Naturschutzerlasses) im Habitatrüchtlinien-Gebiet Gebiet BE2300006 ‚Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘, die aufgrund ihres Vorkommens im Hinblick auf das KKW relevant sind:

- Finten
- Steinbeißer
- Flussneunaugen

Andere für das Habitatrüchtlinien-Gebiet gemeldete Arten kommen in der Umgebung des KKW nicht vor:

- Bitterlinge sind in Teichen, Tümpeln, Gräben und geschlossenen Mäandern zu finden (siehe Habitat 3260 und 3150).
- Der Steinbeißer bewohnt kleinere Bäche und Flüsse (vgl. Habitat 3160).

- Fledermäuse (Fransenfledermaus, Wimperfledermaus, Breitflügelfledermaus, Teichfledermaus, Große Abendsegler) kommen eher in geschlossenen bis halboffenen Wäldern und kleinräumigen Feuchtgebieten oder Landschaften mit bewaldeten Ufern und Baumreihen vor. Die Teichfledermaus ist in der Nähe von großen Seen, Flüssen und Kanälen zu finden. Die Schelde selbst ist jedoch kein bekanntes Gebiet hierfür. Es sind keine Flugrouten in der Umgebung des KKW bekannt (Baetens et al. 2016). Mehrere Arten nutzen die Forts in den Stadtmauern um Antwerpen als Überwinterungsgebiet.

2.5.4.3.3 Erhaltungsziele

Die Erhaltungsziele für das Schelde-Ästuar (IHD-Zeeschelde), insbesondere für die BSG-Gebiete ‚BE2300006 Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘, und für das nach der Vogelschutzrichtlinie ausgewiesene BSG ‚BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘, ‚BE2301235 Durme und Middenloop van de Schelde‘ und der Blokkersdijk-Teil von ‚BE2300222 De Kuifeend en Blokkersdijk‘ wurden am 23.04.2014 von der flämischen Regierung endgültig festgeschrieben.

Räumlich gibt es vier Ökotopcluster: ‚Ästuar‘, ‚Feuchtgebiete‘, ‚Waldlandschaft‘ und ‚Grünland- und Sumpflandschaft in Bach- und Flusstälern mit lokalen Übergängen zu Auwald‘.

Die Ökotop-Cluster ‚Ästuar‘ und ‚Wetlands‘ decken den größten Teil des Ökosystems Zeeschelde ab und wurden in die EHD für die Zeeschelde (EHD-Z) und den aktualisierten Sigma-Plan aufgenommen. Die Gesamtfläche der zu Ästuaren gehörenden Lebensraumtypen beträgt derzeit ca. 4680 ha, davon sind ca. 3460 ha Wasser (Fahrrinne). Die EHD-Z für den ÖkotopCluster ‚Ästuar‘ und relevant für den KKW-Standort und die Art seiner Aktivitäten sind in Tabelle 2-55 dargestellt.

Wetlands hingegen sind an alluviale Talböden gebunden und befinden sich größtenteils innerhalb der Deiche (auf der landwärtigen Seite). Typische terrestrische Lebensräume sind hier magere Heuwiesen, feuchte Gebüsche, lokal eutrophe Tümpel, sehr lokal Treibinseln und Übergangsmoore und Auenwälder. Nach europäischem Recht geschützte Arten, die hier ihren Lebensraum finden, sind Steinbeißer, Bitterling, Nördlicher Kammolch, Kleiner Wasserfrosch, Große Moosjungfer, Biber und viele in Europa geschützte Vogelarten: Eisvogel, Rohrdommel, Rohrweihe, Wachtelkönig, Zwergdommeln, Blaukehlchen, Nachtreiher, Löffler, Tüpfelsumpfhuhn, Säbelschnäbler, Purpurreiher, Seggenrohrsänger sowie die durchziehenden und überwinternden Wasservögel Spießente, Krickente, Schnatterente, Brandgans, Löffelente und Lachmöwe. Die IDH-Z für den Ökotopcluster ‚Wetlands‘ und relevant für den KKW-Standort und die Art seiner Aktivitäten sind dargestellt in

Tabelle 2-12.

Der dritte und vierte Ökotopt-Cluster ‚Waldlandschaft‘ und ‚Grünland- und Sumpflandschaft in Bach- und Flusstälern mit lokalen Übergängen zu Auwald‘ liegen nicht im Untersuchungsgebiet dieser angemessenen Verträglichkeitsprüfung und werden durch das Vorhaben in keiner Weise beeinflusst.

Tabelle2-57 zeigt die EHD-Z für relevante europäisch geschützte Arten für den Standort des KKW, die Art seiner Aktivitäten und die Projektmerkmale.

Tabelle 2-55 Erhaltungsziele BSG BE2300006 Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme und Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend und Blokkersdijk - relevante europäische Lebensraumtypen für den KKW-Standort, die Art seiner Aktivitäten und die Projektmerkmale innerhalb des Ökotopclusters ‚Ästuar‘

Habitat		Oberflächenziel	Qualitätsziel
1130 - Ästuar	Ziel	+	+
	Beschreibung	<p>Aktuell: 4684 Hektar außerhalb der Naturentwicklungsgebiete des Sigma-Plans [Da der aktuelle Lebensraum in den Naturentwicklungsgebieten des Sigma-Plans häufig in andere Lebensraumtypen umgewandelt wird, wurde nur die Fläche außerhalb der Naturentwicklungsgebiete des Sigma-Plans bei der Bestimmung der Fläche des aktuellen Lebensraums für die Lebensraumtypen berücksichtigt, für die eine Zunahme vorgeschlagen wird].</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4156 ha in BSG-H BE2300006, • 2 ha in BSGSPA-H BE2300044, 488 ha in BSG-V BE2301235, • 33 ha in BSG-V BE 2301336 und • 5 ha außerhalb des BSG. [Es handelt sich um sehr schmale Watt-/Gebüschstreifen entlang der Grote en Kleine Nete sowie um Unstimmigkeiten zwischen der Habitatkarte und der BSG-Karte]. <p>Ziel: + 2000 ha netto, davon 905 ha in BSG-H2300006, 460 ha in BSG-V2301336, 346 ha außerhalb BSG und 300 ha noch festzulegen; durch effektive Erweiterung (Zielwert 1420 ha, davon Zielwert 628 ha in BSG-H2300006) und Umwandlung; durch Schaffung neuer Ästuargebiete in Form von kontrollierten Überschwemmungsgebieten mit kontrolliert reduzierter Tide (KÜG-KRG) und in Form von Entpolderung (2000 ha im Vergleich zur Situation 2005. Seitdem sind bereits 30 ha im KÜG-KRG Lippenbroek realisiert und die Entpolderung von Heusden).</p>	<p>Guter Erhaltungszustand in Bezug auf die ökologische Funktion des gesamten Ästuars, einschließlich der pelagischen/schiffbaren Fahrrinne.</p> <p>Gute chemische Wasserqualität im Ästuar mit hohen Sauerstoffkonzentrationen nicht unter 5 mg/l im Sommer und 6 mg/l im Winter.</p> <p>Ausreichend Platz für Ästuarprozesse mit besonderem Augenmerk auf Flachwasser, Schlicker und Schorren.</p> <p>Keine weitere Förderung des Anstiegs der Gezeitenamplitude und -energie.</p> <p>Vermeidung der Entsorgung von Baggergut oder eine strategische Entsorgung dergestalt, dass die Morphodynamik des Flusses so weit wie möglich berücksichtigt wird.</p> <p>Bei der Bewirtschaftungs- und bei Infrastrukturarbeiten sind so weit wie möglich die jahreszeitlichen Muster im Lebenszyklus der Arten im Ästuar zu berücksichtigen.</p> <p>Verringerung des hohen Süßwasserabflusses bei Spitzenabflüssen.</p> <p>Reduzierung der Sedimentzufuhr aus den Oberläufen.</p>



1310 – Einjährige Pionierv egetation von Schlick- und Sandflächen mit <i>Salicornia</i> - und anderen salzliebenden Arten	Ziel	+	+
	Beschreibung	Aktuell: 0,6 ha (1310) und 0,2 ha (1320). Diese Flächen sind in der Fläche des Lebensraumtyps 1130 enthalten. Ziel: Ausdehnung, Fläche schwer zu quantifizieren. Diese Ausdehnung ist in der Erweiterung des Lebensraumtyps 1130 enthalten.	Ziel: Ausreichend Platz für natürliche Dynamik und hydromorphologische Prozesse mit einer Abfolge von Schlick zu Schorre. Permanente Bemühung um eine dauerhaft gute Wasser- und Sedimentqualität.
1320 – Schorren mit Schlickgrasvegetation (<i>Spartinion maritimae</i>)	Ziel	+	+
	Beschreibung	Aktuell: 0,6 ha (1310) und 0,2 ha (1320). Diese Flächen sind in der Fläche des Lebensraumtyps 1130 enthalten. Ziel: Ausdehnung, Fläche schwer zu quantifizieren. Diese Ausdehnung ist in der Erweiterung des Lebensraumtyps 1130 enthalten.	Ziel: Ausreichend Platz für natürliche Dynamik und hydromorphologische Prozesse mit einer Abfolge von Schlick zu Schorre. Permanente Bemühung um eine dauerhaft gute Wasser- und Sedimentqualität.
1330 - Atlantische Salzwiesen (<i>Glaucopuccinellietalia maritimae</i>)	Ziel	+	+
	Beschreibung	Aktuell: 48,9 ha. Diese Fläche ist in der Fläche des Lebensraumtyps 1130 enthalten. Ziel: +110 ha. Diese Ausdehnung ist in der Erweiterung des Lebensraumtyps 1130 enthalten.	Ziel: Erhaltung oder Schaffung von ausreichend Raum für eine Erosions- und Sedimentationsdynamik mit natürlicher Abfolge von Schlick zu Schorre. Permanente Bemühung um eine dauerhaft gute Wasser- und Sedimentqualität.
3270 – Flüsse mit Schlickufern mit Vegetation des <i>Chenopodietum rubri p.p.</i> und <i>Bidention p.p.</i>	Ziel	+	+
	Beschreibung	Aktuell: 1,8 ha. Diese Fläche ist in der Fläche des Lebensraumtyps 1130 enthalten. Ziel: Ausdehnung, schwer zu quantifizieren. Diese Ausdehnung ist in der Erweiterung des Lebensraumtyps 1130 enthalten.	Ziel: Erhaltung oder Schaffung von ausreichend Raum für eine Erosions- und Sedimentationsdynamik mit natürlicher Abfolge von Schlick zu Schorre. Permanente Bemühung um eine dauerhaft gute Wasser- und Sedimentqualität.
6430 – Nährstoffreiches Tiefland-, montanes und alpines Saumgebüsch,	Ziel	+	+
	Beschreibung	Aktuell: ca. 65 ha. Die Habitatkarte zeigt 39 ha 6430_hw, die Vegetationskarte 2003 (Vandevoorde <i>et al.</i> in press) zeigt 67 ha	Ziel: Erhaltung oder Schaffung von ausreichend Raum für eine

<p><i>Unterart Verband Zottige Weidenröschen</i></p>		<p>6430_hw, wovon ca. 65 ha innerhalb des BSG liegen]. Diese Fläche ist in der Fläche des Lebensraumtyps 1130 enthalten. Ziel: Ausdehnung, schwer zu quantifizieren. Diese Ausdehnung ist in der Erweiterung des Lebensraumtyps 1130 enthalten.</p>	<p>Erosions- und Sedimentationsdynamik mit natürlicher Abfolge von Schlick zu Schorre. Permanente Bemühung um eine dauerhaft gute Wasser- und Sedimentqualität.</p>
--	--	---	---

Tabelle 2-56 Erhaltungsziele der BSG BE2300006 Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme und Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend und Blokkersdijk - relevante europäische Lebensraumtypen für den KKW-Standort, die Art seiner Aktivitäten und die Projektmerkmale innerhalb des Ökotopclusters ‚Wetlands‘

Habitat		Oberflächenziel	Qualitätsziel
6430 – Nährstoffreiches Tiefland-, montanes und alpines Saumgebüsch	Ziel	+	+
	Beschreibung	<p>Aktuell: 52 ha außerhalb der Naturentwicklungsgebiete des Sigma-Plans</p> <ul style="list-style-type: none"> • 46 ha in BSG-H BE2300006 • 6 ha in BSG-V BE2301235 <p>Zielsetzung: Gesamtfläche von 69 ha</p> <p>Der in den G-NSZ vorgesehene zusätzliche Lebensraum für Wachtelkönig und Tüpfelsumpfhuhn wird in den Naturentwicklungsgebieten des Sigma-Plans geschaffen (wie von der flämischen Regierung am 22. Juli 2005 und 28. April 2006 beschlossen). Der Lebensraum 6430 wird innerhalb des Habitats für diese Arten bereitgestellt. Der Lebensraumtyp wird sich als Saum zwischen anderen Lebensraum- und RBB-Typen auf Standorten mit intermediärer Bewirtschaftung oder intermediären abiotischen Bedingungen entwickeln. Z. B. weniger intensiv bewirtschaftete Säume um feuchte Wiesengebiete oder weniger feuchte Bestände entlang von Schilfgebieten oder anderen Sumpffarten. Für den Wachtelkönig und das Tüpfelsumpfhuhn ist dies ausreichend, da sie nur einen kleinen Teil dieses Lebensraumtyps benötigen.</p>	
6510 – Tief liegendes, raues Wiesengebiet (<i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>)	Ziel	+	+
	Beschreibung	<p>Aktuell: 37 ha außerhalb der Naturentwicklungsgebiete des Sigma-Plans</p> <ul style="list-style-type: none"> • 22 ha in BSG-H BE2300006 • 15 ha in BSG-V BE2301235 <p>Gut ausgebildete Formen sind sehr selten, der Lebensraumtyp kommt fast ausschließlich auf Deichen vor (weniger als 5 ha liegen nicht auf Deichen).</p> <p>Ziel: + 132 ha, mit 98 ha als Richtwert für die Erweiterung.</p> <p>Daneben wird der in den G-EHD vorgesehene zusätzliche Lebensraum für Wachtelkönig in den Naturentwicklungsgebieten des Sigma-Plans geschaffen (wie von der flämischen Regierung am 22. Juli 2005 und 28. April 2006 beschlossen). Innerhalb dieses Lebensraumes sollten 232-476 ha vorgesehen werden, die im Mosaik mit anderen Grünlandtypen auf mäßig nährstoffreichen Böden (rbb_hf, rbb_hc...) vorkommen werden:</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> • 132 ha in BSG-H BE2300006 • 106-227 ha außerhalb BSG 	
--	--	---	--

Tabelle2-57 Erhaltungsziele der BSG-Gebiete BE2300006 Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme und Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend en Blokkersdijk - relevante europäisch geschützte Arten für den Standort des KKW, die Art der Aktivitäten und die Projektmerkmale

Bitterling	
Populationszielsetzung	Erhaltung der aktuellen Population und Fläche
Qualitätsziel	Streben nach guter Lebensraumqualität
Finten	
Populationszielsetzung	<p>Wiederherstellung des guten Erhaltungszustands der Population in der Schelde und ihren Gezeitenzuflüssen; Erweiterung des aktuellen Gebiets flussaufwärts und der Gezeitenzuflüsse</p> <p>Massenwanderung von Adulten im Frühjahr und massives Auftreten von Jungtieren im Sommer</p>
Qualitätsziel	<p>Streben nach guter Lebensraumqualität</p> <p>Gute Wasserqualität in der Schelde und ihren Nebenflüssen, ausreichend Sauerstoff</p> <p>Wiederherstellung einer guten Strukturqualität des Ästuars mit ausreichenden niedrigdynamischen Schlickern und (flachen) sublitoralen Zonen</p> <p>Erhaltung und Wiederherstellung geeigneter Laich- und Jungtierhabitate im Süßwasser-Gezeitenbereich (Schelde und ihre Nebenflüsse), insbesondere ungestörte (flache) Bereiche mit geringer Fließgeschwindigkeit.</p>
Wimperfledermaus	
Populationszielsetzung	Vorhandensein von Sommerkolonien der Arten mit jährlich trächtigen Weibchen und/oder Jungtieren. Streben nach der Existenz einer nachhaltigen Population
Qualitätsziel	Ziel Sommer: Erhöhung der Lebensraumqualität in Wäldern und insektenreichem Grünland und Gebüsch in einer umgebenden Landschaft mit KLEs Schrittweise von Waldrändern, besonders in der Nähe offener Gewässer Erhaltung und Verbesserung der Qualität der Gewässer Die Ziele werden im Rahmen der Ziele für die Lebensräume 3150, 6430, 9120, 9160 und 91E0 umgesetzt. Ein zusätzliches Augenmerk sollte auf den Erhalt bestehender Verbindungen und, wo nötig, auf die Erweiterung und Verbindung von Wäldern und Futtergebieten gelegt werden.

	Ziel Winter: Erhaltung, Schaffung und Verbesserung von Winterquartieren
Steinbeißer	
Populationszielsetzung	Erhöhung des aktuellen Bestands auf einen guten Wert und Ausdehnung des Gebiets in BSG-H BE2300006.
Qualitätsziel	Gute Wasserqualität im Ästuar und in den Wasserläufen im Tal. Gute Verbindungen (für Fische) zwischen dem Ästuar und den Wasserläufen im Tal. Geringe Dynamik der flachen sublitoralen Zone im Ästuar und ausreichende Strukturvielfalt im Ästuar und in anderen Wasserläufen.
Flussneunaugen	
Populationszielsetzung	Etablierung einer Population in gutem Zustand in Flandern mit dem Schelde-Ästuar als geeignetem Migrationskorridor.
Qualitätsziel	Die Schelde und ihre Nebenflüsse fungieren für diese Art als optimaler Migrationskorridor zwischen dem Meer und ihren Laichgründen. Gute Wasserqualität im Mündungsgebiet. Keine Migrationsengpässe zwischen dem Mündungsgebiet und dem Oberlauf.
Rauhautfledermaus, Große Abendsegler, Fransenfledermaus, Wasserfledermaus, Teichfledermaus	
Populationszielsetzung	Vorhandensein von Sommerkolonien der Arten mit jährlich trächtigen Weibchen und/oder Jungtieren. Streben nach einer nachhaltigen Population
Qualitätsziel	Ziel Sommer: Erhöhung der Lebensraumqualität in Wäldern und insektenreichem Grünland und Gebüsch in einer umgebenden Landschaft mit KLEs Schrittweise von Waldrändern, besonders in der Nähe offener Gewässer Erhaltung und Verbesserung der Qualität der Gewässer Die Ziele werden im Rahmen der Ziele für die Lebensräume 3150, 6430, 9120, 9160 und 91E0 umgesetzt. Ein zusätzliches Augenmerk sollte auf den Erhalt bestehender Verbindungen und, wo nötig, auf die Erweiterung und Verbindung von Wäldern und Futtergebieten gelegt werden. Ziel Winter: Erhaltung, Schaffung und Verbesserung von Winterquartieren.
Mückenfledermaus, Zwergfledermaus, Breitflügelfledermaus Zwergmilan	
Populationszielsetzung	Erhaltung und Erweiterung der bestehenden Population
Qualitätsziel	Erhaltung der gegenwärtigen Qualität, Verbindungen zwischen den Bereichen erhalten und ausbauen.

2.5.4.4 BSG-V BE2301336 ,Untere Schelde: Schorren und Polder am rechten und linken Scheldeufer

2.5.4.4.1 Geschützte Arten

Das Gebiet der Vogelschutzrichtlinie ist wie folgt gemeldet:

Brutvögel

- Rohrweihe
- Blaukehlchen
- Eisvogel
- Rohrdommel
- Löffler
- Tüpfelsumpfhuhn
- Säbelschnäbler
- Flusseeschwalbe
- Seeregenpfeifer
- Schwarzkopfmöwe
- Stelzenläufer

Durchziehende und überwinternde Wasservögel:

- Krickente
- Brandgans
- Zwergschwan
- Löffler
- Löffelente
- Spießente
- Schnatterente
- Kampfläufer
- Säbelschnäbler
- Goldregenpfeifer
- Graugans
- Pfeifente
- Blässgans
- Kornweihe
- Lachmöwe
- Seggenrohrsänger

Das INBO führt ein jährliches Monitoring der Wasservögel in der Zeeschelde durch. Einige häufig an der Zeeschelde vorkommende **Wasservögel** in der Nähe des KKW (Van Ryckegem *et al.*, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018):

- Kormoran
- Brandgans
- Alpenstrandläufer
- Kanadagans

- Haubentaucher
- Graugans
- Kiebitz
- Säbelschnäbler
- Schnatterente
- Reiherente
- Spießente
- Austernfischer
- Pfeifente
- Tafelente
- Rotschenkel
- Stockente
- Krickente
- Großer Brachvogel
- Schwarzkopfmöwe

Für die Ausgangssituation 2013 und 2014 gelten die folgenden Beobachtungen für Wasservögel (Van Ryckegem *et al.*, 2014 und 2015):

Die Gesamtmuster der monatlichen Vogelzahlen entlang der Zeeschelde für die Jahre 2013 und 2014 ähneln denen der Vorjahre. Die Winterzahlen zeigen seit 1999 einen rückläufigen Trend, seit 2008 stabilisiert sich die Zahl auf etwa 25 000 bis 30 000 gezählte Wintervögel. Der Hauptrückgang ist auf eine starke Abnahme der Pfeifenten- und Krickentenbestände zurückzuführen. Die Wintermaxima fallen in die Monate Dezember-Januar. Die geringsten Vorkommen findet man im März. Die Zeeschelde ist eines der wichtigsten Überwinterungsgebiete für Wasservögel in Flandern. Die internationale Bedeutung der Zeeschelde als Überwinterungsgebiet ist geringer geworden, so erreicht derzeit nur noch die Schnatterente die 1%-Schwelle (= von internationaler Bedeutung). In der Zeeschelde als Vogelschutzrichtlinien-Gebiet hielten sich in den Wintern 2013 und 2014 weniger als 2 % bzw. weniger als 1 % der nordwesteuropäischen Population auf. Entgegen den Erwartungen gibt es keine größere Zunahme bei den fischfressenden Vogelarten. Im Gegenteil, seit Ende der 1990er Jahre ist der Lappentaucher in der mesohalinen Zone (zu der das vorliegende Untersuchungsgebiet gehört) stark zurückgegangen;

Die Brandgans ist der dominierende ‚Wasserbrutvogel‘ in der Zeeschelde. Die Stockente ist neben der Brandgans der am häufigsten anzutreffende Brutvogel entlang der Zeeschelde. Die Schnatterente ist kein häufiger Brüter an der Zeeschelde.

Für den Zeitraum 2015-2017 gelten folgende Beobachtungen zu Wasservögeln (Van Ryckegem *et al.*, 2016, 2017 und 2018):

Die monatlichen Vogelzahlen entlang der Zeeschelde waren in den Wintern 2015, 2016 und 2017 etwas niedriger als in den Vorjahren. Infolgedessen ist die internationale Bedeutung der Zeeschelde für überwinternde Wasservögel historisch gesehen gering. In der Zeeschelde macht nur noch die Schnatterente 1 % der geschätzten nordwesteuropäischen Population aus.

Nach einer Periode der Zunahme (2012-2015) wurde ein Rückgang der benthivoren Vogelarten in der Unteren Zeeschelde beobachtet.

Allgemein lässt sich also sagen, dass der Vogelbestand in der Zeeschelde einen kontinuierlichen Abwärtstrend aufweist.

Im Zeitraum 2013-2017 wurden jährlich alle großen Brackwasser-Salzwassergebiete an der Zeeschelde im NSZ-Gebiet – darunter der Doelpolder Noord, der Doelpolder Midden, der Prosperpolder, der Schor Ouden Doel und der Paardenschor – auf **Brutvögel** inventarisiert. Die folgenden Vogelarten brüten jährlich im nördlichen Bereich des Antwerpener Hafengebiets am linken Ufer – dazu gehören Doelpolder Noord, Doelpolder midden, Prosperpolder, der Schor Ouden Doel und der Paardenschor:

- Bartmeise
- Blaukehlchen
- Rohrweihe
- Zwergtaucher
- Säbelschnäbler
- Tüpfelsumpfhuhn
- Schilfrohrsänger
- Austernfischer
- Löffelente
- Rotschenkel

Die selteneren Arten Bartmeise, Säbelschnäbler, Tüpfelsumpfhuhn und Rotschenkel haben in den letzten fünf Jahren einen stabilen Trend gezeigt. Längerfristig zeigt die Rohrweihe einen rückläufigen Trend. Für die häufigeren Arten Blaukehlchen, Zwergtaucher, Schilfrohrsänger, Löffelente und Knäkente nimmt die Bedeutung zu, je mehr Sigma-Gebiete erschlossen werden.

Von den einjährig brütenden Arten im NSZ-Gebiet Schelde-Ästuar kommt ein erheblicher Teil der Populationen der Uferschnepfen, Rohrschwirl, Zwergdommeln und Knäkenten außerhalb des Hafens vor. Mehrere Arten brüteten bis 2017 nur selten im NSZ-Gebiet Schelde-Ästuar (Drosselrohrsänger, Nachtreiher, Wachtelkönig, Löffler, Rohrdommel und Braunkehlchen) oder wurden noch nie als Brutvögel erfasst (Purpureiher).

2.5.4.4.2 *Erhaltungsziele*

Die Populationsziele für Brutvögel betreffen die Ziel-Brutvögel und die Ziel-Brutpaare. Für nicht brütende Vögel sind die Zielarten Zugvögel und überwinternde Arten und die Zielanzahl der Individuen.

Die Qualitätsziele sind immer die Verbesserung der Lebensraumqualität, einschließlich Ruhe und guter Wasserqualität.

2.5.4.5 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen

2.5.4.5.1 Auswirkungen auf das BSG-H Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent'

2.5.4.5.1.1 Auswirkungen auf Lebensräume

Auswirkungen infolge des Temperaturanstiegs durch Kühlwasserableitung

Sowohl innerhalb als auch außerhalb der Deiche befinden sich mehrere wichtige Naturräume im Untersuchungsgebiet. Im Hinblick auf den Aspekt ‚Vegetation‘ kann sich die Einleitung von Kühlwasser nur auf die außerhalb der Deiche gelegenen Schlicke und Schorreengebiete auswirken.

Die Schlicke werden zweimal am Tag bei Flut überschwemmt. Die Schorren werden nur bei Springflut überschwemmt, was im Durchschnitt zweimal im Monat der Fall ist. Der Bericht über die fünf Temperatur-Monitoring-Kampagnen in der Nähe des KKW (Arcadis, 2012) zeigt deutlich, dass sich die Wärmefahne bei Flut stromaufwärts des KKW erstreckt und daher die stromabwärts des KKW gelegenen Watten und Schorreengebiete, wie den Schor van Ouden Doel und den Paardenschor, nicht erreicht. Anhand dieser Informationen kann eindeutig festgestellt werden, dass die Einleitung von Kühlwasser die Vegetation auf den Schlicken und Schorren entlang der Schelde nicht beeinträchtigt.

Versauerung und Eutrophierung durch atmosphärische Deposition

Die Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen der Versauerung und Eutrophierung durch atmosphärische Depositionen von NO_x und SO₂ aus dem KKW erfolgte in Abschnitt 2.5.3.1.2 des Bereichs Biodiversität. Für die Bewertung der Signifikanz der Auswirkungen auf die Erhaltungsziele in Habitatrictlinien-Gebieten wurde die im Praxisleitfaden für Versauerung und Eutrophierung über die Luft beschriebene Methodik angewandt. Es sind durch die Versauerung und Eutrophierung infolge des KKW-Betriebs keine signifikant negativen Auswirkungen auf die umliegenden europäischen Lebensraumtypen im Habitatrictlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ zu erwarten.

2.5.4.5.1.2 Auswirkungen auf die Arten

Auswirkungen aufgrund des Temperaturanstiegs durch Kühlwassereinleitung

Für die Gesamtbewertung der Auswirkungen auf Wasserorganismen siehe Abschnitt 2.5.3.1.5 des Bereichs Biodiversität. Die Fischarten, für die das BSG-H angemeldet wurde, sind Flussneunaugen und Finten, die im Ästuar in der Nähe des KKW vorkommen,

Flussneunaugen

Das Flussneunauge, obwohl kein Fisch, ist ein Bioindikator, der sehr empfindlich auf Verschmutzung und niedrige Sauerstoffkonzentrationen reagiert. Bisher wurden Flussneunaugen nur gelegentlich in der Zeeschelde flussaufwärts von Doel gefangen. Diese Rundmaulart wird jährlich in geringer Zahl gefangen, besonders im Frühjahr. Die Größe der gefangenen Individuen und der Zeitraum, in dem sie gefangen wurden (vor allem im Frühjahr), lässt vermuten, dass es hauptsächlich adulte Tiere sind, die in Richtung Meer wandern (Breine & Van Thuyne *et al.*, 2015 bis 2019).

Flussneunaugen nutzen die Zeeschelde als Passage zwischen den Adulten-Habitaten (Westerschelde, Nordsee) und den Jungtiergebieten (Süßwasser). Jungtiere wachsen in Bächen und Flüssen mit guter Wasserqualität auf, wo sie sich in Schlickbänken eingraben und sich von Detritus, Algen und kleinen Organismen ernähren. Nach der Metamorphose wandern die adulten Tiere seewärts. Sie halten sich 2,5

bis 3,5 Jahre lang in Küstengewässern und Flussmündungen auf, wo sie ein parasitäres Leben gegenüber anderen Fischen (hauptsächlich Hering und Kabeljau) führen. Zur Laichzeit wandern sie wieder in die mittleren und oberen Flussbereiche, um ihre Eier in grobsandigen bis kiesigen Flusssedimenten in einer Tiefe von 0,5 bis 1 m abzulegen, woraufhin sie sterben.

Ausgewachsene Flussneunaugen laichen zwischen Dezember und April. Die Migration der jungen Flussneunaugen ins Meer erreicht im Februar und März ihren Höhepunkt. Die Wanderung findet nachts statt. Anhand der vorliegenden Feldbeobachtungen können wir schlussfolgern, dass Flussneunaugen allein die Fahrrinne als Wanderoute nutzen. Fanggeräte, die in dem Teil der Wassersäule zwischen der Niedrig- und Hochwasserlinie platziert sind, fangen nur selten Flussneunaugen (Maes & Ollevier, 2005).

Der Bereich Wasser zeigt, dass die Schifffahrtsrinne der Schelde östlich des Wellenbrechers für Wasserorganismen als jederzeit passierbar angesehen wird. Es kann auch geschlossen werden, dass Flussneunaugen in der Zeit, in der die Auswirkung des Temperaturanstiegs durch die Kühlwasserperiode am größten ist, d. h. in extrem warmen Perioden, nicht am KKW vorkommen. Es ist auch festzustellen, dass der Bereich, in dem der Temperaturanstieg signifikant ist, nämlich innerhalb des Wellenbrechers, nicht als essentieller Lebensraum für das Flussneunauge angesehen werden kann. Larvalhabitate, in denen sich die Larven eingraben, befinden sich im Süßwasser und werden daher durch den KKW-Betrieb ebenfalls nicht beeinträchtigt.

Maes & Ollevier (2005) führten eine Studie über das Vorkommen des Flussneunauges durch, die auf den monatlichen Fängen von Flussneunaugen im bei Doel beprobten Kühlwasser basiert. Es wurde festgestellt, dass Flussneunaugen insbesondere während der Wanderungen ins Kühlwasser gelangen können. Relativ viele frisch metamorphosierte Neunaugen werden hauptsächlich im Februar gefangen, während der Höhepunkt für adulte Tiere im Herbst erreicht wird. Eine Regressionsanalyse dieser Daten zeigt keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Vorkommen des Flussneunauges in der Unteren Zeeschelde bei Doel und einer Reihe wichtiger Umweltfaktoren, wie Wassertemperatur, Süßwasserabfluss, Salzgehalt, Sauerstoffkonzentration und Schwebstoffe (Maes & Ollevier, 2005). Die Dichteentwicklung ist hauptsächlich auf den Lebenszyklus selbst bezogen und daher sehr stabil und vorhersehbar.

Basierend auf den oben genannten Argumenten kann gefolgert werden, dass die Auswirkungen der Temperatureinleitung keinen signifikanten Einfluss auf die Erhaltung dieser Art innerhalb des Scheldeästuars haben werden.

Fintern

Finten werden heutzutage oft vor der flämischen Küste mit Strandnetzen gefangen, die für die Freizeitfischerei aufgestellt wurden. Seit 1996 werden Finten in zunehmender Zahl in der Zeeschelde gefangen. Dieser Anstieg ist wahrscheinlich direkt auf den höheren Sauerstoffgehalt zurückzuführen. Es gibt jedoch keine Hinweise darauf, dass sich die -Art dort tatsächlich vermehrt.

Finten verbringen einen Teil ihres Lebens im Salzwasser, wandern aber zur Fortpflanzung in die Süßwassergebiete. Finten laichen flussaufwärts genau dort, wo die Gezeiten nicht mehr wirken können. Breine & Van Thuyne (2014) beobachteten jedoch laichende Finten in der Süßwasser-Gezeitenzone der Zeeschelde. Bei starker Strömung wurden jedoch keine Laichaktivitäten beobachtet. Bei erfolgreicher Rekrutierung wandern die jungen Finten in den Monaten August-September zurück ins Meer. Ende April,

Anfang Mai, bei einer Wassertemperatur von 10 bis 12 °C, wandern die ausgewachsenen Finten wieder stromaufwärts in die Zeeschelde. Der Zeitpunkt der Wanderung ist positiv mit der Zunahme der Temperatur und des Sauerstoffgehalts korreliert. Nach dem Abbläuen verschwinden sie wieder Richtung See (Breine & Van Thuyne, 2014).

Das Vorkommen von Finten am KKW wird auch durch aktuelle Beprobungen von Breine & Van Thuyne (2014 bis 2019) bestätigt. Die Anzahl der Finten schwankt von Jahr zu Jahr. Sie werden normalerweise im Frühjahr gefangen. Es handelt sich um adulte Individuen. Im Gegensatz zu 2014 wurden in jedem Jahr zwischen 2015 und 2019 juvenile Finten gefangen. Dies zeigt an, dass eine Rekrutierung stattgefunden hat. Die Verbesserung der Wasserqualität und die Sanierung von kontaminierten Schlickböden im Süßwasser-Gezeitenbereich der Zeeschelde sind wünschenswert, um eine erfolgreiche Reproduktion zu ermöglichen. Finten kommen bei Sauerstoffwerten unter 3 mg/l nicht vor und meiden Bereiche, in denen der Sauerstoffgehalt unter 4 mg/l liegt.

Aus den vorliegenden Feldbeobachtungen können wir ableiten, dass Finten die Zeeschelde auf Höhe des KKW hauptsächlich als Wanderroute nutzen. Die Finte (auch Elben genannt) ist ein Heringsartiger, der in der Schelde flussaufwärts von Antwerpen abbläut. Der Bereich Wasser zeigt, dass die Schifffahrtsrinne der Schelde östlich des Wellenbrechers für Wasserorganismen als jederzeit passierbar angesehen wird. Der Bereich in Höhe des KKW ist kein wesentliches Laich- und Larvalhabitat, diese Bereiche liegen weiter flussaufwärts.

Basierend auf den oben genannten Argumenten kann gefolgert werden, dass die Auswirkungen der Temperatureinleitung keinen signifikanten Einfluss auf die Erhaltung dieser Art innerhalb des Scheldeästuars haben werden.

Steinbeißer

Der Steinbeißer ist eine Art, die vor allem in den Bächen und Gräben innerhalb des Schelde-Ästuars vorkommt. Der Steinbeißer kommt in der Unteren Zeeschelde nicht vor (Vandelannoote *et al.*, 1990). Aktuelle Fischdaten von Breine & Van Thuyne (2013 bis 2019), zeigen ebenfalls, dass der kleine Steinbeißer nicht auf Höhe des KKW beobachtet wurde.

Aufgrund des Vorkommens und der Lebensraumsprüche dieser Art kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass der KKW-Betrieb diese Art und damit ihre Erhaltungsziele nicht beeinträchtigen wird.

Bitterling

Der Bitterling ist eine Art, die, wenn überhaupt, nur selten in der Nähe des KKW vorkommt. Diese Art wird hauptsächlich entlang der Schelde flussaufwärts von Antwerpen beobachtet (Breine & Van Thuyne, 2013 bis 2019).

Aufgrund des Vorkommens und der Lebensraumsprüche dieser Art kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass der KKW-Betrieb diese Art und damit ihre Erhaltungsziele nicht beeinträchtigen wird.

Auswirkungen auf die Sauerstoffkonzentration durch die Einleitung von Kühlwasser

Das Qualitätsziel für das Schelde-Ästuar ist eine Sauerstoffkonzentration, die nicht unter 5 mg/l im Sommer und 6 mg/l im Winter liegt.

Die Messungen zeigen, dass es keine Abnahme der Sauerstoffkonzentration infolge der Kühlwassereinleitungen gibt, wahrscheinlich aufgrund der Sauerstoffanreicherung während des Kühlprozesses selbst. Daraus kann gefolgert werden, dass die Kühlwassereinleitung das Erhaltungsziel für das Schelde-Ästuar in Bezug auf die Sauerstoffkonzentration nicht beeinträchtigen wird.

Direkte Mortalität an der Entnahmestelle für Kühlwasser

Das Kernkraftwerk Doel ist mit einem Fischleitsystem auf Schallbasis ausgestattet. Diese Geräuschentwicklung schreckt die Fische ab und reduziert ihren Eintritt in die Wasserentnahme. Besonders Fischarten mit einer Schwimmblase werden ferngehalten. Dieses Organ ähnelt einer Lunge, es reguliert die Lage der Tiere im Wasser und fängt den Schall unter Wasser auf. Im Gegensatz zu Finten und Bitterlingen besitzen Flussneunaugen keine Schwimmblase.

Fische und Garnelen, die durch die Maschen des Vergrämungssystems schlüpfen, gelangen über ein fischgerechtes Leitsystem sicher in die Schelde zurück. Die Fischsterblichkeit wird dadurch bei Fischen um 88 % und bei Krustentieren um 100 % reduziert. Dies entspricht 95,5 % der Anzahl und 90 % der Biomasse von Fischen und Krustentieren (Maes *et al.*, 1999).

Aufgrund dessen kann nicht ausgeschlossen werden, dass vor allem Flussneunaugen während der Wasserentnahme sporadisch getötet werden. Angesichts des gut funktionierenden Fischvergrämungs- und Fischleitsystems wird die Anzahl der Todesfälle von Flussneunaugen und allen anderen Fischarten, die in der Nähe der Wasserentnahme durch direkte Mortalität auftreten, jedoch als gering eingeschätzt. In Bezug auf diesen Aspekt wurden keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Erhaltungsziele für Fischarten festgestellt.

Verschmutzung durch chemische Einleitungen

Das Qualitätsziel für das Schelde-Ästuar ist eine gute chemische Wasserqualität. Dies ist auch wichtig für Flussneunaugen, Finten und Steinbeißer.

Während des KKW-Betriebs fallen folgende Abwässer an: Sanitärabwasser, Industrieabwasser und Kühlwasser.

Für die Nährstoffparameter Nitrat + Nitrit + Ammonium und Orthophosphat wird ein im Jahresdurchschnitt vernachlässigbarer Beitrag im Bereich Wasser (weniger als 0,1 %) ermittelt. Somit ist im Jahresmittel keine signifikant eutrophierende Wirkung durch die KKW-Einleitungen in die Schelde zu erwarten. Im Bereich Wasser wurde ein häufiges Überlaufen der Auffanggruben für Sanitärabwasser festgestellt. Obwohl die Belastung eher begrenzt ist, können diese Überläufe Spitzenwerte der Nährstoffkonzentrationen in der Schelde auf Höhe des KKW verursachen.

Die Wasserqualität der Zeeschelde hat sich in den letzten Jahren deutlich verbessert, aber auch jetzt gibt es im Ästuar nirgends einen guten chemischen oder ökologischen Zustand gemäß den Kriterien der Wasserrahmenrichtlinie. In den siebziger und achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts war die Wasserqualität in der Zeeschelde sehr schlecht, besonders im Süßwasserteil. Sehr hohe organische Belastungen führten zu sehr geringen Sauerstoffkonzentrationen, die den Fluss praktisch töteten. Darüber

hinaus enthielt das Wasser zu dieser Zeit auch erhebliche Mengen an toxischen Stoffen (z. B. Schwermetalle, organische Schadstoffe, usw.). In der Westerschelde war die Situation aufgrund der Durchmischung mit sauberem sauerstoffreicherem Meerwasser etwas besser. Durch Bemühungen in der Wasseraufbereitung verbesserte sich die Wasserqualität im Ästuar in den 1990er Jahren. Sowohl die Menge an toxischen Substanzen als auch die Menge an Nährstoffen sank signifikant, während die Sauerstoffkonzentration anstieg (Soetaert *et al.*, 2006). Allerdings fließen immer noch viele Nährstoffe in das Ästuar, was zu Algenblüten führt. Das verbesserte Sauerstoffmilieu führt auch zu einer Rückkehr, einer Zunahme sowie zu Verschiebungen bei der Artenzusammensetzung der Bodentiere. Wenn sich im Süßwasserbereich der Zeeschelde wieder eine gesunde Zooplanktonpopulation entwickelt, können diese Tiere dazu beitragen, die Algenblüte unter Kontrolle zu halten. Wenn es Sauerstoff und Plankton in der Schelde gibt, werden auch die Fischbestände zunehmen. Eine Entwicklung, die bereits spürbar ist. Die begrenzte Primärproduktion in der Zeit der starken Verschmutzung könnte durch ein begrenztes Algenwachstum, durch sehr niedrige Sauerstoffwerte oder hohe Ammoniumkonzentrationen, aber auch durch eine begrenzte Verfügbarkeit von Licht im trüben Scheldewasser erklärt werden (Managementplan Natura 2000 1.0, Zeeschelde (SIGMA), 19/12/2014).

Es kann davon ausgegangen werden, dass das häufige Überlaufen der KKW-Auffanggruben für Sanitärabwässer in begrenztem Umfang zur Problematik der Schelde-Eutrophierung beiträgt. Im Jahresdurchschnitt wird jedoch im Bereich Wasser ein vernachlässigbarer Beitrag (weniger als 0,1 %) der Nährstoffparameter Nitrat + Nitrit + Ammonium und Orthophosphat errechnet. Es wird davon ausgegangen, dass der Beitrag des KKW zu den Nährstoffkonzentrationen in der Schelde keine signifikant negative Auswirkung auf die Qualitätsziele des Schelde-Ästuars und die Erhaltungsziele für die gemeldeten Fischarten hat.

Für die anderen vom KKW eingeleiteten Parameter ist der Beitrag im Vergleich zur Umweltqualitätsnorm vernachlässigbar (weniger als 0,1 %), wobei keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Qualitätsziele des Scheldeästuars und die Erhaltungsziele für die gemeldeten Fischarten erwartet werden.

Exoten

Durch die Einleitung von Kühlwasser können die lokal höheren Temperaturen vor allem im Winter ein Refugium für exotische Arten bilden. Im Sommer können sich diese Arten dann möglicherweise besser in der Wärmefahne fortpflanzen.

Solange sich diese Arten nicht vermehren, ist die Gefahr geringer. Wenn die Temperaturbedingungen durch die Kühlwassereinleitung optimal für die Fortpflanzung werden und sie auch im Winter überleben können, kann es zu einer Konkurrenz mit den einheimischen Arten kommen, was erhebliche Auswirkungen auf das gesamte Ästuar-Ökosystem der Schelde haben kann. Da dies also potenziell die einheimische Fischfauna beeinträchtigen kann, von der einige Arten nach europäischem Recht geschützt sind, ist es ratsam, bei der Identifizierung von sich fortpflanzenden exotischen Arten diesen Effekt zu überwachen und gegebenenfalls entsprechende Maßnahmen zu ergreifen. Inwieweit exotische Arten eine Bedrohung für geschützte europäische Arten darstellen, ist derzeit schwer abzuschätzen. Die Beprobung aquatischer Organismen innerhalb der Kühlwasserfahne des KKW durch INBO im Jahr 2013 (Breine & Van Thuyne), zeigte, dass das Vorkommen exotischer Arten im Innenbereich des Wellenbrechers nicht nennenswert ist und dass man nicht von einer erhöhten Abundanz exotischer Arten innerhalb des Wellenbrechers sprechen kann.

2.5.4.5.2 Auswirkungen auf das BSG-V Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever

Auswirkungen auf das Vogelschutzrichtliniengebiet BSG-V *Beneden-Schelde: schorren en polders op rechter- en linkerscheldeoever* liegen überwiegend im Bereich der Lärmbelästigung. Die Neubewilligung wird keine direkten Verluste von Brut-, Rast- oder Nahrungshabitaten für brütende, ziehende, nahrungssuchende und rastende Vögel nach sich ziehen. Durch die Einleitung von Kühlwasser werden keine signifikanten Auswirkungen auf die vorhandenen Vogelpopulationen erwartet.

Die Ruhestörung infolge der Auswirkungen des KKW-Betriebs auf Brutvögel und Nichtbrutvögel gemäß Anhang I, für die Erhaltungsziele formuliert wurden, ist Gegenstand einer Bewertung. Der Fokus liegt hierbei auf:

- Doelpolder Noord, Doelpolder Midden und Prosperpolder
- Schor Ouden Doel und Paardenschor
- Linkes Scheldeufer in der Nähe des KKW

Für die sonstigen Gebiete, die zum BSG-V Untere Schelde gehören: Schorren und Polder am rechten und linken Scheldeufer, wie Galgeschoor, Groot Buitenschoor, Ketenesschor usw., wird keine Ruhestörung erwartet. Diese Bereiche befinden sich in erheblicher Entfernung und außerhalb des Lärmeinflussbereichs.

Für die Erörterung der Stömpfindlichkeit und Schwellenwerte relevanter Vogelarten in der KKW-Umgebung wird auf die Abschnitte 2.5.3.1.3.1 en Abschnitt 2.5.3.1.3.2 der UVP verwiesen. Auf Abbildung 2-57 sind die 45-, 50- und 55-dB(A)-Lärmkonturen für die Dauerschallquellen während der Tages-, Abend- und Nachtzeit für die Ausgangssituation 2013-2014 angegeben. Diese sind die gleichen wie in der Betriebsphase 2015-2018, da sich das Quellfeld nicht ändert.

Für die diskontinuierlichen Quellen (Abend- und Nachtwerte sind nicht relevant, da diese Quellen nur tagsüber geprüft werden) zeigt sich, dass die Belästigungskontur von 50 dB(A) vollständig auf dem KKW-Gelände liegt. Auf die Ruhestörung durch die diskontinuierlichen Quellen des KKW wird daher nicht weiter eingegangen.



Abbildung 2-57 Lärmkonturen 2013-2014 (auch gleich für die Betriebsphase 2015-2018) im Hinblick auf die Natura 2000-Gebiete

Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb im Zeitraum 2015-2018 und in der zukünftigen Situation 2019-2025 kann wie folgt bewertet werden:

- Östlich des KKW erstreckt sich die 55 dB-Lärmkontur in das Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘. Daraus lässt sich schließen, dass diese an das KKW angrenzenden Schilf- und Schlickgebiete entlang der Schelde innerhalb des Vogelschutzrichtliniengebiets stark durch den Lärm gestört werden. Die vorhandenen Artengruppen (kleine Singvögel, Haubentaucher, Lappentaucher, Austernfischer & Säbelschnäbler usw.) sind empfindlich bis sehr empfindlich gegenüber Lärmbelastigungen. Andererseits handelt es sich um eine kontinuierliche Lärmbelastigung, so dass davon auszugehen ist, dass die anwesende Vogelwelt ein gewisses Maß an Gewöhnung zeigen wird. Die Lärmkontur von 50 dB reicht nicht bis zum Galgeschoor auf der anderen Seite der Schelde.
- Nördlich, westlich und südlich des KKW ist die 50 dB-Lärmkontur weitgehend auf das KKW-Gelände selbst beschränkt und es gibt nur eine geringe Überschneidung mit dem Vogelschutzgebiet. Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb im Vogelschutzgebiet nördlich, westlich und südlich des KKW wird als begrenzt nachteilig bewertet.

Es kann daraus geschlossen werden, dass sich die 50-dB-Lärmkontur über das KKW-Gelände hinaus erstreckt, und zwar hauptsächlich im Osten des KKW. Daraus ist abzuleiten, dass diese an das KKW angrenzenden Schilf- und Schlickgebiete entlang der Schelde stark durch den KKW-Lärm gestört werden. Andererseits handelt es sich um eine kontinuierliche Lärmbelästigung, so dass davon auszugehen ist, dass die anwesende Vogelwelt ein gewisses Maß an Gewöhnung zeigen wird. Diese Uferzone ist relativ schmal im Vergleich zu den Schlick- und Schorreengebieten im Vogelschutzgebiet nördlich des KKW (Paardenschor, Schor Ouden Doel), auf die sich die 50 dB-Lärmkontur des KKW-Betriebs nicht erstreckt. Nördlich, westlich und südlich des KKW ist die 50 dB-Lärmkontur weitgehend auf das KKW-Gelände selbst beschränkt und es gibt nur eine geringe Überschneidung mit dem Vogelschutzgebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘. Aufgrund der Tatsache, dass der gestörte, an das KKW angrenzende Bereich entlang der Scheldeufer in seiner Größe eher begrenzt ist und dass keine Änderungen der Lärmbelästigung durch das KKW geplant sind, werden keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Erhaltungsziele der Vogelarten innerhalb des Vogelschutzgebietes erwartet.

2.5.4.6 Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der KKW-Betrieb keine signifikant negativen Auswirkungen auf die für die besonderen Schutzgebiete BSG-V Untere Schelde: Schorren und Polder am rechten und linken Scheldeufer sowie das BSG-H Schelde- und Durme-Ästuar von der niederländischen Grenze bis Gent festgelegten Erhaltungsziele nach sich ziehen wird. Es gibt keine zusätzlichen Auswirkungen der LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation.

Auf der Grundlage der angemessenen Verträglichkeitsprüfung sind keine Minderungsmaßnahmen erforderlich, da keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Erhaltungsziele für die BSG im Untersuchungsgebiet zu erwarten sind.

2.5.5 Erweiterte Naturverträglichkeitsprüfung

2.5.5.1 Einführung, Lage und Beschreibung des VEN-Bereichs

In Umsetzung des Naturschutzgesetzes wurde ein Vlaams Ecologisch Netwerk [flämisches ökologisches Netzwerk] (VEN) definiert, das aus großen Naturschutzeinheiten (‚GEN‘) und großen Naturschutzeinheiten in Entwicklung (‚GENO‘) besteht.

Artikel 26bis verlangt einen Nachweis, dass eine Aktivität, die im oder in der Nähe eines VEN-Gebiets durchgeführt wird, keine unvermeidbaren und irreparablen Schäden an der Natur im VEN-Gebiet nach sich zieht (erweiterte Naturverträglichkeitsprüfung).

Bei Beantragung einer Genehmigung für Aktivitäten innerhalb oder außerhalb des VEN darf die Behörde diese nicht genehmigen, wenn dadurch unvermeidbare und irreparable Schäden an der Natur des VEN verursacht werden können. Gemeinden, Provinzen usw. holen in solchen Fällen (z. B. für eine Baugenehmigung oder eine Umweltgenehmigung) stets eine Stellungnahme der Agentschap voor Natuur en Bos [Amt für Natur und Forsten] ein. Für die Genehmigung oder Bewilligung der Arbeiten können bestimmte Auflagen vorgeschrieben werden.

Unvermeidbare Schäden sind Schäden, die in jedem Fall entstehen, egal wie die Tätigkeit ausgeführt wird. Vermeidbare Schäden sind Schäden, die durch eine andere Ausführung der Arbeiten (z. B. mit

anderen Materialien, an einem anderen Ort usw.) vermieden werden können, diese sind überall in Flandern verboten.

Ein nicht behebbarer bzw. irreparabler Schaden bedeutet, dass der Schaden nicht behoben werden kann. Unter Schadensbehebung versteht man die Wiederherstellung eines Lebensraums am Schadensort, der in Quantität und Qualität dem vor dem Schaden vorhandenen Lebensraum entspricht.

Eine Genehmigung für zwar unvermeidbare, jedoch behebbare Schäden kann daher erteilt werden.

Die ‚**Slikken en schorren langs de Schelde**‘ sind als Große Natureinheiten (GEN) ausgewiesen (Gebiet Nr. 304), sie sind Teil des Flämischen Ökologischen Netzwerks (VEN) (siehe Anhang A - Karte 17). Da das KKW-Gelände an dieses VEN-Gebiet angrenzt, wird eine erweiterte Naturverträglichkeitsprüfung durchgeführt.

Die Fahrtrinne der Schelde und die angrenzenden Schlicken und Schorren sind durch den Gezeiteneffekt sehr dynamisch und haben einen sehr hohen ökologischen Wert. Die hohe natürliche Produktivität des Ökosystems spiegelt sich in der gesamten Nahrungskette wider, sowohl in Bezug auf die Arten als auch auf deren Umfang. Wichtig ist der Gradient Salz-Brack-Süß in den Gezeitenzonen. Die landschaftsprägende Struktur führt dazu, dass auch wandernde Tierarten diese Strecke als Wanderroute nutzen. Die Uferzonen der Schelde bilden wichtige Verbindungszonen zwischen den größeren Naturgebieten (Verdronken land van Saeftinghe), den verbliebenen großen Brackwassergebieten (Galgeschoor, Groot buitenschoor, Schor van Ouden Doel) und den jüngeren Kompensationsgebieten mit Schlicken und Schorren (Ketenisseschor, Paardenschor, Prosperpolder, Lillo-Potpolder usw.) entlang der Schelde. Die Uferzonen besitzen also eine wichtige Netzwerkfunktion. Diese angeführten Bereiche sind alle Teil dieses VEN-Gebiets. Zu diesem abgegrenzten VEN-Gebiet gehören auch die Schelderandgebiete in der Nähe des KKW.

2.5.5.2 Folgenabschätzung

2.5.5.2.1 Landnahme

Das Projekt wird keine direkte Landnahme im VEN-Gebiet zur Folge haben.

2.5.5.2.2 Versauerung und Eutrophierung durch atmosphärische Deposition

Die Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen von Versauerung und Eutrophierung durch die atmosphärische Deposition von NO_x und SO₂ aus dem KKW wurde in Abschnitt 2.5.3.1.2 des Bereichs Biodiversität vorgenommen. Für die Bewertung der Signifikanz der Auswirkungen wurde die im Praxisleitfaden für Versauerung und Eutrophierung über die Luft beschriebene Methodik angewandt. Es werden keine signifikant negativen Auswirkungen der Versauerung und Eutrophierung als Folge des KKW-Betriebs auf die angrenzende Schlick- und Schorrenvegetation im VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘ erwartet. Es gibt keine zusätzlichen Auswirkungen der LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation.

2.5.5.2.3 Ruhestörung:

Für die Erörterung der Störepfindlichkeit und Schwellenwerte relevanter Vogelarten in der KKW-Umgebung wird auf die Abschnitte 2.5.3.1.3.1 en Abschnitt 2.5.3.1.3.2 der UVP verwiesen. Auf Abbildung 2-58 sind die 45-, 50- und 55-dB(A)-Lärmkonturen für die Dauerschallquellen

während der Tages-, Abend- und Nachtzeit für die Ausgangssituation 2013-2014 angegeben. Diese sind die gleichen wie in der Betriebsphase 2015-2018, da sich das Quellfeld nicht ändert.

Für die diskontinuierlichen Quellen (Abend- und Nachtwerte sind nicht relevant, da diese Quellen nur tagsüber geprüft werden) zeigt sich, dass die Belästigungskontur von 50 dB(A) vollständig auf dem KKW-Gelände liegt. Auf die Ruhestörung durch die diskontinuierlichen Quellen des KKW wird daher nicht weiter eingegangen.



Abbildung 2-58 Lärmkonturen 2013-2014 (= Betriebsphase in der zukünftigen Situation) in Bezug auf VEN-Gebiete

Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb im Zeitraum 2015-2018 und in der zukünftigen Situation 2019-2025 kann wie folgt bewertet werden:

- Östlich des KKW reicht die 55 dB-Lärmkontur in das VEN-Gebiet. Daraus lässt sich schließen, dass diese an das KKW angrenzenden Schilf- und Schlickgebiete entlang der Schelde innerhalb des Vogelschutzrichtliniengebiets stark durch den Lärm gestört werden. Die vorhandenen Artengruppen (kleine Singvögel, Haubentaucher, Lappentaucher, Austernfischer & Säbelschnäbler usw.) sind empfindlich bis sehr empfindlich gegenüber Lärmbelastigungen. Andererseits handelt es sich um eine kontinuierliche Lärmbelastigung, so dass davon auszugehen ist, dass die anwesende Vogelwelt ein gewisses Maß an Gewöhnung zeigen wird. Die Lärmkontur von 50 dB reicht nicht bis zum Galgeschoor auf der anderen Seite der Schelde.
- Nördlich, westlich und südlich des KKW ist die 50 dB-Lärmkontur weitgehend auf das KKW-Gelände selbst beschränkt. Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb im VEN-Gebiet nördlich, westlich und südlich des KKW wird als begrenzt nachteilig bewertet.

Es kann daraus geschlossen werden, dass sich die 50-dB-Lärmkontur über das KKW-Gelände hinaus erstreckt, und zwar hauptsächlich im Osten des KKW. Daraus ist abzuleiten, dass diese an das KKW angrenzenden Schilf- und Schlickgebiete entlang der Schelde stark durch den KKW-Lärm gestört werden. Andererseits handelt es sich um eine kontinuierliche Lärmbelastigung, so dass davon auszugehen ist, dass die anwesende Vogelwelt ein gewisses Maß an Gewöhnung zeigen wird. Diese Uferzone ist relativ schmal im Vergleich zu den Schlick- und Schorrengeländen im VEN-Gebiet nördlich des KKW (Paardenschor, Schor Ouden Doel), auf die sich die 50 dB-Lärmkontur des KKW-Betriebs nicht erstreckt. Nördlich, westlich und südlich des KKW ist die 50 dB-Lärmkontur weitgehend auf das KKW-Gelände selbst beschränkt. Aufgrund der Tatsache, dass der an das KKW angrenzende gestörte Bereich entlang der Scheldeufer flächenmäßig eher begrenzt ist und keine Änderungen der Lärmbelastigung durch das KKW geplant sind, sind keine unvermeidbaren und irreparablen Schäden für das VEN-Gebiet durch den KKW-Betrieb zu erwarten. Es gibt keine zusätzlichen Auswirkungen der LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation.

2.5.6 Monitoring

Es werden keine Überwachungsmaßnahmen für notwendig erachtet.

2.5.7 Mitigierende Maßnahmen und Empfehlungen

Es werden keine mitigierenden Maßnahmen für notwendig erachtet.

2.5.8 Wissenslücken

Es wurden keine Literaturangaben zur Temperatur gefunden, bei der eine Fluchtreaktion bei Fischen infolge einer Temperaturänderung auftritt, daher wird in der UVP die Folgenabschätzung unter Bezugnahme auf die letale Temperatur durchgeführt.

Eine vollständige Erhebung der Phytoplankton-Gemeinschaften ist nicht verfügbar. Van Damme *et al.* (2003) und Brys *et al.* (2006) gehen davon aus, dass die Phytoplankton-Gemeinschaften in der Brackwasserzone keine Bewertung des ökologischen Zustands zulassen. Daher wird eine vollständige Untersuchung der Phytoplankton-Gemeinschaften nicht als sinnvoll erachtet, um die Auswirkungen des Temperaturanstiegs durch die Kühlwassereinleitung und den Sanitärabwasserüberlauf aus dem KKW in der UVP zu beurteilen.

2.5.9 Schlussfolgerungen

Die Auswirkungen von Eutrophierung und Versauerung, Ruhestörung, Wasserentnahme, Kühlwassereinleitung und Chemikalien werden sich in der LTO-Situation nicht signifikant von den Emissionen der Ausgangssituation unterscheiden. Es gibt keine zusätzlichen Auswirkungen der LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation.

Die Auswirkungen des KKW auf die Biodiversität werden im Vergleich zur Situation ohne den Betrieb des KKW wie folgt bewertet:

- Eutrophierung und Versauerung durch atmosphärische Deposition infolge des KKW-Betriebs:
 - Die **Stickstoffdeposition** in der Betriebsphase des KKW beträgt max. 0,071 kg N/(ha.Jahr), was geringer ist als 5 % der kritischen Depositionswerte für die N-Deposition der europäischen Lebensraumtypen in der näheren Umgebung des Betriebsgeländes. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Stickstoffdepositionen des KKW im vorliegenden Projekt keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Eutrophierung der umliegenden europäischen Lebensraumtypen im Habitatrichtlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und auf die Schlick- und Schorrenvegetation im (sich teilweise überschneidenden) VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘ haben.
 - Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die im vorliegenden Projekt bewerteten **versauernden Depositionen** des KKW keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Ökosysteme im Untersuchungsgebiet haben, da die versauernde Deposition des KKW höchstens 5,06 Zeq/ha.Jahr beträgt, was weniger als 5 % der kritischen Depositionswerte für die versauernde Deposition der Ökosysteme in der Umgebung des Betriebsgeländes ausmacht. Daher sind durch die Versauerung infolge der betrieblichen Aktivitäten des KKW keine signifikant negativen Auswirkungen auf die umliegenden europäischen Lebensraumtypen im Habitatrichtlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und auf die Schlick- und Schorrenvegetation im (sich teilweise überschneidenden) VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘ zu erwarten.
 - Ruhestörung: Östlich des KKW reicht die 55 dB-Lärmkontur in das Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘, welches auch als VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘ und als Ramsar-Gebiet ausgewiesen ist. Daraus lässt sich schließen, dass diese Schilf- und Schlickgebiete entlang der Schelde durch die Auswirkungen des KKW-Betriebs stark durch Lärm beeinträchtigt werden. Die

vorhandenen Artengruppen (kleine Singvögel, Haubentaucher, Lappentaucher, Austernfischer & Säbelschnäbler usw.) sind empfindlich bis sehr empfindlich gegenüber Lärmbelastigungen. Andererseits handelt es sich um eine kontinuierliche Lärmbelastigung, so dass davon auszugehen ist, dass die anwesende Vogelwelt ein gewisses Maß an Gewöhnung zeigen wird. Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb entlang der Schilf- und Wattflächen an den Scheldeufern in der Nähe des KKW, wird mit negativ bewertet. Die Lärmkonturen von 50 dB und 45 dB reichen nicht bis zum Galgeschoor auf der anderen Seite der Schelde.

- Nördlich des KKW reichen die Belästigungskonturen von 50 dB- und 45 dB nicht in das offizielle Naturschutzgebiet ‚Schor Ouden Doel‘ (vernachlässigbare Auswirkungen).
- Westlich und südlich des KKW ist die 50 dB-Lärmkontur weitgehend auf das KKW-Gelände selbst beschränkt und es gibt nur eine geringe Überschneidung mit dem Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘. Die 50 dB-Lärmkontur überschneidet sich nicht mit dem VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘. Teile der Scheldeufer liegen im Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘ bzw. im VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘. Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb in den Poldergebieten westlich und südlich des KKW wird als begrenzt nachteilig bewertet.
- Wasserentnahme
 - Das KKW entnimmt das Kühlwasser aus der Schelde an zwei separaten, räumlich getrennten Entnahmestellen: eine Entnahmestelle für die Kühlung der Blöcke Doel 1 und Doel 2 und eine weitere, 1991 in Betrieb genommene Entnahmestelle für Doel 3 und Doel 4. Das Wasser wird stets zuerst durch ein Sieb geleitet, um eventuell vorhandene Objekte herauszufiltern und Verstopfungen der Leitungen zu vermeiden. Dies wird jedoch für die beiden Entnahmestellen unterschiedlich gehandhabt.
 - Bei der Entnahmestelle für das Kühlwasser von Doel 1 und 2 erfolgt die mechanische Reinigung außerhalb des Deiches, auf Höhe der Wasserentnahme selbst, mittels Gitterrosten an der Entnahmestelle. So können keine Fische und Krustentiere in den Kühlwasserkreislauf gelangen. Daher wird an dieser Entnahmestelle keine Fisch- oder Krustentiersterblichkeit beobachtet.
 - Für Doel 3 und 4 ist das System anders. Es wurde eine Form der Kühlwasserentnahme gewählt, bei der das Wasser zunächst gravitativ aus der Schelde in eine Sammelgrube auf das Gelände selbst geleitet wird. Von dieser Grube aus wurde das Wasser dann über ein System von rotierenden Bandfiltern geleitet. 1997 wurde am Wassereinlauf eine Fischschutzanlage mit einem fischgerechten Filtersystem und einem Abflusskanal installiert. Dabei halten Schallwellen Fische von der Entnahmestelle fern. Diese Geräuschentwicklung schreckt die Fische ab und reduziert ihren Eintritt in die Wasserentnahme. Basierend auf dem von der KU Löwen durchgeführten Monitoring (Maes *et al.*, 1996), bei dem festgestellt wurde, dass die tägliche Fangmenge für Fische und Krebstiere ohne Fischschutzsystem 22 437 bzw. 50 248 Individuen betrug, kann festgestellt werden, dass im Rahmen der Wasserentnahme mit dem Fischschutzsystem für Doel 3 und 4 durchschnittlich 1010 Fische und fast keine Krebstiere pro Tag sterben. Verglichen mit der Tatsache, dass laut Studie der KU Löwen (Maes *et al.*, 1996) ca. 18 Mio. Fische und 7 Mio. Krebstiere pro Stunde das Kernkraftwerk passieren, sind die

Auswirkungen durch die diversen Maßnahmen auf ein vernachlässigbares Maß reduziert. Daraus kann gefolgert werden, dass keine signifikant negativen Auswirkungen hinsichtlich der Mortalität von Fischen und Krebstieren in der Nähe der Wasseraufnahme zu erwarten sind. An der Kapazität der Wasserentnahmestellen in der Schelde ändert sich infolge des Projekts nichts.

- Einleitung von Kühlwasser
 - Die empfindlichste Tiergruppe gegenüber thermischen Einleitungen sind Fische. Die letale Temperatur für Fische ist stark artenabhängig. Im Temperaturbereich von 10 bis 22°C sind bei Fischen in der Regel keine Auswirkungen festzustellen. Es gibt eine Stresszone zwischen 22 und 28 bis 30 °C, und erst ab 28 °C kommt es zu signifikantem Stress mit tödlichen Folgen. Daraus kann gefolgert werden, dass unter durchschnittlichen Bedingungen und nahezu ganzjährig keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Fischfauna zu erwarten sind. Nur die empfindlichsten Arten werden die Zone, die der Einleitstelle am nächsten liegt, meiden, indem sie sich von ihr schwimmend entfernen. Arten-spezifische Daten über das Vermeidungsverhalten und die Schreckreaktionen von Fischen auf Kühlwassereinleitungen wurden in der Literatur jedoch nicht gefunden, daher basiert die Bewertung hauptsächlich auf letalen Temperaturen. Im Innenbereich des Wellenbrechers, ab 850 m flussabwärts der Einleitstelle, sinkt die Temperatur im Winter und Frühjahr auf unter 10 °C (Monitoring-Kampagnen Arcadis 2012), so dass hier die niedrige Temperatur erreicht wird, die Fischarten wie Kaulbarsch und Stint für die Induktion der Reproduktion benötigen.
 - Die Beprobung von Wasserorganismen innerhalb der KKW-Kühlwasserfahne durch INBO im Jahr 2013 (Breine & Van Thuyne) zeigte, dass sich die Fischfauna eher im Innenbereich des Wellenbrechers aufhält, wo eine höhere Wassertemperatur herrscht. Außerdem ist dieser Bereich weniger dynamisch als außerhalb des Wellenbrechers. Die Anwesenheit von Seebarschen, einer wärmeliebenden Meerestierart, deutet darauf hin, dass diese Art den Innenbereich des Wellenbrechers als Winterrefugium nutzt. Die Seezunge findet sich innerhalb und in der Nähe des Wellenbrecherbereichs. Einige Arten nutzen den aufgewärmten Innenbereich des Wellenbrechers als Jungtierbereich. Es gibt also einige Anzeichen dafür, dass es eine erhöhte Abundanz von wärmeliebenden einheimischen Arten (Seebarsch und Seezunge) innerhalb des Wellenbrechers gibt. Schließlich kann die Einleitung von Kühlwasser für das Überleben von thermophilen exotischen Arten wichtig sein. Die Beprobung aquatischer Organismen innerhalb der Kühlwasserfahne des KKW durch INBO im Jahr 2013 (Breine & Van Thuyne), zeigte, dass das Vorkommen exotischer Arten im Innenbereich des Wellenbrechers nicht nennenswert ist und dass man nicht von einer erhöhten Abundanz exotischer Arten innerhalb des Wellenbrechers sprechen kann.
 - Basierend auf der obigen Erörterung der Auswirkungen werden die Folgen der KKW-Kühlwassereinleitung auf die aquatischen Lebensgemeinschaften in der Unteren Schelde als nicht signifikant negativ eingestuft.
- Einleitung von chemischen Substanzen: Während des KKW-Betriebs fallen folgende Abwässer an: Sanitärabwasser, Industrieabwasser und Kühlwasser. Die Einleitung von Nährstoffen in die Schelde kann zur Eutrophierung führen. Die Einleitung von Gefahrstoffen in die Schelde kann ökotoxikologische Auswirkungen haben.

- Eutrophierung:
 - Für die Nährstoffparameter Nitrat + Nitrit + Ammonium und Orthophosphat wird ein im Jahresdurchschnitt vernachlässigbarer Beitrag im Bereich Wasser ermittelt. Somit ist im Jahresmittel keine signifikant eutrophierende Wirkung durch die KKW-Einleitungen in die Schelde zu erwarten. Im Bereich Wasser wurde ein häufiges Überlaufen der Auffanggruben für Sanitärabwasser festgestellt. Obwohl die Belastung eher begrenzt ist, können diese Überläufe am KKW im Innenbereich des Wellenbrechers, in den Sanitär- und Industrieabwasser sowie das Kühlwasser aus dem KKW eingeleitet werden, Spitzenwerte der Nährstoffkonzentration verursachen.
 - Es kann davon ausgegangen werden, dass das häufige Überlaufen der KKW-Auffanggruben für Sanitärabwasser in begrenztem Umfang zur Problematik der Schelde-Eutrophierung beiträgt, zumindest lokal an der Einleitstelle des KKW im Innenbereich des Wellenbrechers. Inwieweit dies jedoch zu einer Zunahme von Algenblüten und einer reduzierten Sichtbarkeit für jagende Fische, zu Verschiebungen in der Artenzusammensetzung des Phytoplanktons und zu einer Zunahme der Biomassenproduktion der höheren trophischen Ebenen im Innenbereich des Wellenbrechers führt, ist eine Wissenslücke. Unbekannt ist auch, welchen kumulativen Einfluss die physikalischen Eigenschaften (Gezeitendynamik, Verweilzeit, Trübung, Tiefe) und der Temperaturanstieg im Innenbereich des Wellenbrechers, in den die Einleitung der Sanitär- und Industrieabwasser sowie des Kühlwassers aus dem KKW erfolgt, auf den Grad der Eutrophierung haben. Van Damme *et al.* (2003) und Brys *et al.* (2006) stellen fest, dass die Phytoplankton-Gemeinschaften in der Brackwasserzone keine Bewertung des ökologischen Zustands zulassen. Eine vollständige Untersuchung der Phytoplankton-Gemeinschaften wird daher für die Beurteilung der Auswirkungen in der UVP als nicht sinnvoll erachtet. Um die Überläufe des Sanitärabwassers des KKW zu mindern, wurde im Bereich Wasser empfohlen, die Machbarkeit der Abkopplung des Regenwassers vom Sanitärabwasser (quellenorientierte Maßnahme) und die Möglichkeit der Einrichtung eines zusätzlichen Auffangbeckens für Sanitärabwasser (End-of-Pipe-Maßnahme) auf Konzeptebene mit den besten verfügbaren Techniken zu untersuchen.
- Ökotoxikologische Auswirkungen:
 - Zur Vermeidung von „Biofouling“ wird dem Kühlwasser Natriumhypochlorit (NaOCl) zugesetzt. Unter Biofouling versteht man den Prozess, bei dem sich hauptsächlich sessile Organismen wie Austern, Muscheln usw. an den Zu- und Ablaufleitungen von Kühlwassersystemen festsetzen. Die Zugabe von Natriumhypochlorit NaOCl soll diesem Biofouling entgegenwirken.
 - Das NaClO reagiert unter Bildung von Chloriden. Im eingeleiteten Kühlwasser wird kein Aktivchlor oberhalb der Nachweisgrenze (<100 µg/L) gefunden. Aktivchlor gilt als akut toxischer Stoff. Bei Aktivchlor scheint die Konzentration, von der Fische nicht beeinträchtigt werden, unter 1 µg/l zu liegen. Aktivchlor ist nicht sehr beständig und verschwindet relativ schnell im Oberflächenwasser (die Abbaubarkeit liegt in der Größenordnung von Minuten). Die Umwandlungsrate wird jedoch von vielen Faktoren (Temperatur, Durchmischungsgrad im Oberflächenwasser, Reduktionsmittelgehalt) beeinflusst (Berbee, 1997). Der Gehalt an Aktivchlor im

abgeleiteten KKW-Kühlwasser liegt unter 100 µg/l. Es kann gefolgert werden, dass bei Einleitung von Aktivchlor für kurze Zeit akute toxikologische Wirkungen auf Wasserorganismen lokal um die Einleitungsstelle auftreten können (begrenzt negative Wirkung).

- Derzeit basiert die Dosierung von NaClO im KKW auf der Analyse des überschüssigen Aktivchlors und der Erfahrung mit den Kühlturmfüllkörpern. Eine eventuelle zusätzliche Dosierung erfolgt auf Basis der Überwachung des biologischen Wachstums an Kontrollplatten in den Kühltürmen und Gewichtsmessungen an den Füllkörpern. Im eingeleiteten Kühlwasser wird kein Aktivchlor oberhalb der Nachweisgrenze gefunden (<100 µg/L). Für die Überwachung des Aktivchlors im Kühlwasser entsprechend der Schockdosierung von NaClO wird im Bereich Wasser empfohlen, die Überwachung des Aktivchlors mit einem Online-Messensor durchzuführen, mit einer Nachweisgrenze bis ca. 10 µg/L (statt 100 µg/L im Ist-Zustand). Dies, um die Regulierung der NaClO-Dosierung verfeinern zu können, mit dem Ziel eines geringeren NaClO-Verbrauchs, eines geringeren Aktivchlorgehalts im eingeleiteten Kühlwasser und einer geringeren AOX-Bildung.

2.6 Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie

Anhang A - Karte 20: Geschütztes Naturerbe

Anhang A - Karte 21: Erstellte Inventare

Anhang A - Karte 22: Wissenschaftliche Verzeichnisse (Inventare)

2.6.1 Methodologie

2.6.1.1 Abgrenzung der Studie

Die Studie für den Bereich Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie umfasst den Standort des KKW Doel und dessen unmittelbare Umgebung. Werte des Kulturerbes, die eine visuelle Beziehung zum Standort haben, z. B. Lillo, werden hierbei besonders berücksichtigt.

2.6.1.2 Beschreibung der Ausgangssituation

Bei der Beschreibung der Ausgangssituation werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Landschaftsgenese: Diese Beschreibung basiert auf der verfügbaren Literatur und historischen Karten.
- Werte des Kulturerbes: Zu diesem Zweck werden frei zugängliche Datenbanken sowie die Daten des Geoportals Onroerend Erfgoed genutzt.
- Landschaftsbilder auf Mikroebene: Dieses wird auf der Grundlage einer Ortsbegehung beschrieben, Fotomontage ...

2.6.1.3 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen

Die Anpassungen des KKW Doel im Hinblick auf einen langfristigen Betrieb (LTO) können Auswirkungen auf die Umwelt haben. Die Eingriffe finden nur innerhalb der Grenzen des KKW-Geländes statt. Störungen können durch veränderte Ansichten infolge von Änderungen der Infrastruktur und durch Beeinträchtigungen des Bodens während der Aushubarbeiten verursacht werden. Relevante Auswirkungen im den Bereich Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie sind dann die Veränderung der visuellen Wirkung der Landschaft und die Störung von Landschaftsdenkmälern und -erbe. Auch die mit dem KKW Doel verbundenen Prozesse können der Landschaft Schaden zufügen. Das klassischste Beispiel sind die Schäden an (historischen) Bauwerken durch sauren Regen. Dies kann zu einer Beeinträchtigung von Landschaftsdenkmälern und Kulturerbe führen. Sonstige Auswirkungen aufgrund von Änderungen des Grundwasserspiegels oder des Bodens sowie die Auswirkungen infolge von Lärm und Vibrationen werden nicht berücksichtigt.

Die zu erwartenden Auswirkungen für den Bereich Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie werden wie folgt beschrieben:

- Änderung der visuellen Auswirkungen auf die Landschaft: qualitative Bewertung der Wahrnehmungsmerkmale
- Beeinträchtigung von Landschaftsdenkmälern und Kulturerbe: qualitative Bewertung der Auswirkungen auf das bestehende Erbe.

Beide Effekte können während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018 und während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (2019-2025) auftreten. Die Auswirkungen, die während der endgültigen Stilllegung (Zeitraum 2025-2029) und der Null-Variante auftreten können, werden ebenfalls beschrieben. Dies erfolgt in qualitativer Hinsicht.

Erläuterung der Folgenabschätzung:

- Änderungen des visuellen Aspekts der Landschaft:
 - signifikant negativ: Starke visuelle Beeinträchtigung der Erbelemente in großem Umfang;
 - negativ: Vorübergehende starke visuelle Beeinträchtigung von Elementen des Kulturerbes ODER permanente Beeinträchtigung in vertretbarem Umfang;
 - leicht positiv: Vorübergehende visuelle Beeinträchtigung von Elementen des Kulturerbes und Beeinträchtigung in eher begrenztem Umfang;
 - vernachlässigbar: Keine oder vernachlässigbare visuelle Beeinträchtigung von Elementen des Kulturerbes;
 - leicht positiv: Vorübergehende Verbesserung der visuellen Eigenschaften von Elementen des Kulturerbes oder Verbesserung in begrenztem Umfang;
 - positiv: Verbesserung der visuellen Merkmale von Elementen des Kulturerbes in vertretbarem Umfang (lokale Ebene);
 - signifikant positiv: Permanente Verbesserung der visuellen Eigenschaften von Elementen des Kulturerbes in großem Umfang;
- Beeinträchtigung von Landschaftsdenkmälern und Kulturerbe:
 - signifikant negativ: Zerstörung/dauerhaftes Verschwinden von geschützten landschaftlichen, architektonischen oder archäologischen Erbwerten;

- negativ: Zerstörung/dauerhaftes Verschwinden ungeschützter Werte der Landschaft oder des architektonischen Erbes, die im Landschaftsatlas oder in der Liste des architektonischen Erbes enthalten sind. Zerstörung von undokumentiertem, archäologischem Erbe;
- leicht positiv: Vorübergehende Modifizierung/begrenzte Beeinträchtigung von Elementen des Kulturerbes. Beeinträchtigung des dokumentierten archäologischen Erbes;
- vernachlässigbar: Vernachlässigbare Auswirkungen. Kein Erbe vorhanden. Keine Hinweise bzw. nur geringe Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein von archäologischem Erbe;
- positiv: Erhaltung des Kulturerbes, mit möglicher Verbesserung des Kontextes.

2.6.2 Ausgangssituation

2.6.2.1 Landschaftsgenese

Natürlich-physikalische Landschaftsgenese

Während des Tertiärs lag der Norden Belgiens noch unterhalb der Nordsee. Der Teil mit der Provinz Antwerpen und Limburg bildete das Kempener Becken. Aufgrund der Ablagerung von Sedimenten im damaligen Meer wurde das Kempener Becken Schicht um Schicht aufgefüllt. Mehrere bedeutende Sandschichten bilden heute in der Mitte der Provinz Antwerpen einen wichtigen Grundwasserleiter von mehr als 300 m Dicke, den größten in Flandern. Zu Beginn des Quartärs befand sich nur noch der nördliche Teil der Provinz Antwerpen im Griff des Meeres. Es wurde nur sehr feines Material abgelagert, wie feine Sande, teilweise aber auch eine Tonschicht. Deren Stärke überschritt nie acht Meter. Während der vorletzten Eiszeit, vor etwa 200.000 Jahren, sank der Meeresspiegel so drastisch (das Eis reichte bis in die Nähe von Amsterdam), dass er im kältesten Moment bis zu 130 m tiefer lag als die heutige Nordsee. Infolgedessen trocknete der größte Teil der Nordsee aus, was zu einer Erosion führte. Das moderne Flusssystem Flanderns, das zu dieser Zeit bereits weitgehend existierte, hat seine eigenen Täler tief eingezogen. Alle Flüsse flossen in westliche Richtung. Die Untere Schelde, ab Rupelmonde, gab es damals noch nicht. So entstand eine große langgestreckte Talebene mit einer 10 bis 20 km breiten Ost-West-Hauptachse und einer starken Ausweitung von bis zu 40 km nordwestlich von Gent. Das Gebiet wird als „Flämische Tiefebene“ bezeichnet. Am Ende dieser Eiszeit, vor 100.000 Jahren, schmolzen die Eiskappen und der Meeresspiegel stieg an. Das Meer drang dann recht weit in diese flämische Tiefebene ein, bis zu den Mündungen von Dender und Zenne und fast bis nach Mechelen. Infolgedessen wurde die Tiefebene teilweise mit Sand und einigen dünnen Tonschichten mit einer Stärke von bis zu 30 m aufgefüllt. Nachdem sich das Meer aus der Flämischen Tiefebene zurückgezogen hatte, setzte sich die Erosion zur Nivellierung des Reliefs fort. Flusstäler wurden mit Material aus den dazwischen liegenden Gebieten wieder aufgefüllt. Die stark belasteten Flüsse verstopften ihr eigenes Bett, bis vor etwa 10.000 Jahren das Wasser sich über die Untere Schelde einen neuen Weg zum Meer²⁹ bahnte.

Das ausgedehnte Poldergebiet an der Schelde ist fast vollständig flach. Die leichten Höhenunterschiede der Polderoberfläche sind in der Regel zum einen den höher gelegenen verschlammten Streifen in den jungen Poldern und zum anderen Gruben bzw. Wehlen in den tiefer gelegenen älteren Poldern geschuldet. Große Teile der Polder wurden jedoch mit Sand aufgeschüttet. Entlang des gesamten Polderrandes entspringen eine Reihe von Wasserläufen. Der Rand des Polders wird durch Schleppkanäle zum Polder hin entwässert, ein nahezu geradliniges Kanalnetz, mit mehreren Bächen, die gemeinsam in die Schelde münden.

Kulturhistorische Landschaftsgenese

Im Mittelalter wurden generell zahlreiche Abholzungen vorgenommen. Diese verursachten großflächige Ausspülungen von Bodenmaterial von den Hängen und Ablagerungen großer Mengen an Schwemmland in den Tälern (Nieuwborg, 1996).

Im 8. und 9. Jahrhundert wurden im Becken der Unteren Schelde Flussdämme angelegt, um Land zu gewinnen und Springfluten zu verhindern (Polder von Kruibeek und Rupelmond). Ab dem 12. und 13.

²⁹ <http://dov.vlaanderen.be/html/geologieSchetsWeb.pdf>

Jahrhundert wurden die ersten Winterdeiche errichtet. Infolgedessen gingen große Flächen von Schlickern und Schorren verloren, und es entstanden die Polder, die als Heuwiesen genutzt wurden. Im 19. Jahrhundert wurden die Polder mit Weiden, Erlen und Pappeln (Nieuwborg, 1996) bepflanzt.

Die große Bedeutung der Schelde und ihrer Nebenflüsse als Schifffahrtsweg hat zu einer starken Industrialisierung der Täler geführt, was in den Industrie- und Hafengebieten, den Werften und einem ausgedehnten Straßennetz zum Ausdruck kommt. Seit dem 19. Jahrhundert wurden die Scheldepolder des rechten und später auch des linken Ufers angehoben und stark industrialisiert.

Das Betriebsgelände des KKW liegt in der traditionellen Landschaft „Scheldepolders westlich der Schelde“. In landschaftlicher Hinsicht stehen die offenen Polder in starkem Kontrast zum Hafen und den Industrieanlagen (Antrop & Van der Reest, 2001). Der Wahrnehmungseinfluss der vertikalen Konstruktionen des Hafengebiets (z. B. die Kühltürme des KKW) sind ein wesentlicher Bestandteil des heutigen Landschaftsbildes. Auf den Polderresten und Aufschüttungen sind jedoch wichtige Landschaftswerte erhalten geblieben bzw. entstanden. Das offene Agrarland wird von bepflanzten Deichen begrenzt, in den Poldern der Schelde finden sich kleine Dörfer und Weiler. Die Deiche sind ein sehr typisches Merkmal dieses Landschaftsgebiets mit einem hohen Reliktwert und sind oft auch mit wichtigen Naturwerten verbunden. Die wichtigsten Landschaftselemente der Polder sind die Deiche, Gräben und Bäche.

2.6.2.2 Werte des Kulturerbes

Nachfolgend werden die Werte des Kulturerbes, die in der Ausgangssituation (2013-2014) vorhanden sind, gemäß der Unterteilung im Sinne des aktuellen Denkmalschutzerlasses beschrieben.

Geschütztes Naturerbe

Die „Schlicke und Schorren des Oude Doel“, die sich in der Nähe und stromabwärts des KKW Doel befinden, sind als kulturhistorische Landschaft geschützt. Diese Schlickflächen und Schorren gehören zu den Brackwasser-Schorren entlang der Schelde nördlich von Antwerpen. Es sind die Überbleibsel eines ausgedehnten und komplexen Systems von „Land außerhalb der Deiche“, das der Mensch immer wieder eingedeicht und in fruchtbares Ackerland umgewandelt hat.

Die Schlicke und Schorren des Oude Doel sind wegen ihres wissenschaftlichen Wertes geschützt. Sie bilden einen geomorphologischen Wert, weil sie ein Relikt eines ursprünglich sehr umfangreichen und komplexen Systems von Außenanlagen sind. Darüber hinaus ist die vorhandene Vegetation selten und bildet ein wichtiges Gebiet für Vögel (Rast- und Nahrungsgebiet für Wasservögel).

Ein „Britisches Kriegsdenkmal“ steht auf dem Scheldedijk (Zoetenberm) am nördlichen Rand des KKW-Geländes. Dieses Monument steht unter Denkmalschutz.

In der Nähe des KKW-Geländes gibt es noch das folgende geschützte Naturerbe:

- geschützte kulturhistorische Landschaft:
 - Groot Buitenschoor – Galgeschoor (Scheldelaan, Lillo);
- geschütztes Dorfbild:
 - Sint-Engelbertusstraat (Sint-Engelbertusstraat, Kieldrecht);
 - Groothof, Prosperhoeve und Gehöft mit Umgebung (Belgische Dreef, Kieldrecht);

- Lillo-Fort mit Fähre und Gezeitenhafen (Lillo);
- denkmalgeschützt:
 - Steinwindmühle (Scheldemolenstraat, Doel);
 - Hooghuis (Hooghuisstraat, Doel);
 - Pfarrhaus Sint-Engelbertusparochie mit Garten (Engelbertusstraat, Kieldrecht);
 - Gemeindekirche Sint-Engelbertus (Engelbertusstraat, Kieldrecht);
 - Friedhof der Pfarrei St. Engelbertus (Engelbertusstraat, Kieldrecht);
 - Gehöft mit Hausrat, Mühlenbetrieb und Schmiede (Belgische Dreef, Kieldrecht);
 - Lillo-Fort: Schutzwall (Lillo);
 - Lillo-Fort: Kruitmagazijn (Kazerneplein, Lillo);
 - Lillo-Fort: Fassaden und Dächer von Offiziershäusern (Kasernenplein, Lillo);
 - Festung Lillo: Kasematten (Kazerneplein, Lillo);
 - Getreidewindmühle De Eenhoorn (Scheldelaan, Lillo).

Erstellte Inventare

In der Nähe des KKW verteilt sich architektonisches Erbe. Dies betrifft vor allem die Bauernhöfe und Wohnungen. Auch die Schule, die Pfarrei, die Pfarrkirche, der Bahnhof und die Windmühle von Doel wurden in diesem Inventar des architektonischen Erbes erfasst.

In der Nähe von Prosperdorp befindet sich das architektonische Erbe (das in das spezifische Inventar aufgenommen wurde) innerhalb des abgegrenzten geschützten Dorfgebiets der Sint-Engelbertusstraat. Dazu gehören die Sint-Michiels-Schule, die Küsterwohnungen und einige Eckhäuser, Villen und Bürgerhäuser sowie die oben erwähnten geschützten Denkmäler. Die Querscheune des Gehöfts 't Weideland wurde ebenfalls in das spezifische Inventar des architektonischen Erbes aufgenommen.

In der Nähe von Lillo wurde das Fort Lillo im Inventar des architektonischen Erbes erfasst. Darüber hinaus finden sich in diesem Inventar auch das Rathaus, das Mauthaus und die Pfarrkirche von Sint-Benedictus-Haven.

Wissenschaftliche Verzeichnisse (Inventare)

Das Betriebsgelände des KKW Doel ist im Norden und Osten vom Landschaftsgebiet ‚Brackwasserschorren entlang der Schelde nördlich von Antwerpen‘ umgeben. Dieser in das wissenschaftliche Inventar aufgenommene Wert des Kulturerbes betrifft das Schorrengelbiet (Galgeschoor, Groot Buitenschoor und Schorren van Doel) an beiden Ufern der Schelde nördlich von Antwerpen zwischen der Grenze zu den Niederlanden und dem ehemaligen Polderdorf Lillo. Darüber hinaus wurden ein Teil des historischen Polderdorfes Doel sowie der Prosperpolder und Prosperdorp einbezogen. Das Gebiet ist auf der Ostseite von Industrie und Hafeninfrastruktur umschlossen; die südliche Grenze bildet der Liefkenshoek-Tunnel.

Dies sind die Überbleibsel eines ausgedehnten und komplexen Systems von ‚Land außerhalb der Deiche‘, das der Mensch im Laufe der Geschichte immer wieder eingedeicht und mit wechselndem Erfolg in fruchtbares Ackerland umgewandelt hat. Die Offenheit und Natürlichkeit des gesamten Gebiets ergeben eine ästhetisch wertvolle ‚grüne‘ Enklave innerhalb der Industrieanlagen und der Infrastruktur des Antwerpener Hafens. Das Polderdorf Doel ist ein seltenes und historisch wertvolles Relikt der alten, kleinen Wohnkerne entlang der Schelde. Die Vegetation in den Schorren und Schlickten ist auf nationaler

Ebene äußerst selten und beherbergt eine seltene Flora. Das Gebiet ist auch ein wichtiges Rast- und Nahrungsgebiet für Wasservögel.

Westlich des KKW-Geländes, in der offenen Polderlandschaft, findet sich eine Weide als Kapellenbaum im Prosperpolder. Dieser Baum ist ein Landschaftselement, das in das wissenschaftliche Inventar aufgenommen wurde. Die schmalblättrige Solitärweide steht entlang eines Feldweges, der vom Polderdijk aus am Rande eines Wiesengrundstücks im Prosperpolder beginnt. Der Baum könnte gepflanzt worden sein, um die Verwaltungsgrenze zwischen Doel und Kieldrecht zu markieren. An den Stamm ist eine kleine Baumkapelle angebaut.

Ein „Britisches Kriegsdenkmal Zweiter Weltkrieg“ auf dem Scheldedijk (Zoetenberm) am Nordrand des KKW-Geländes ist im wissenschaftlichen Inventar „architektonisches Erbe“ enthalten.

Archäologie

In der Nähe des KKW wurden in der Vergangenheit keine bekannten archäologischen Spuren gefunden (laut der Datenbank Centraal Archeologische Inventaris). Das Gelände ist auch nicht als Gebiet ohne archäologisches Erbe (Geoportal Onroerend Erfgoed) ausgewiesen.

Das ursprüngliche Land (Polder, Schlicker und Schorren) auf dem KKW-Gelände – wie auch im übrigen Hafengebiet am linken und rechten Scheldeufer – wurde in den 1960er Jahren mit Baggergut aufgeschüttet. Die aufgefüllten Böden sind anthropogenen Ursprungs und haben eine überwiegend sandige Zusammensetzung. Mögliche archäologische Spuren können sich unter diesen Anhöhen befinden.

2.6.2.3 Mikroebene Landschaftsbild

Implantation der aktuellen Anlage

Für die globale Implantation des KKW-Geländes und der einzelnen Anlagen hierauf verweisen wir auf den Allgemeinen Teil dieser UVP (Kapitel 1). Die strukturbestimmenden Elemente der Auslegung des Kraftwerks sind natürlich die Kraftwerksblöcke selbst. Diese Blöcke verlaufen ungefähr in Ost-West-Richtung. Doel 1 und 2 bilden zusammen einen Block, während Doel 3 und Doel 4 jeweils separat einen Block bilden. Jeder dieser Blöcke bildet für sich ein Kraftwerk, in dem alle mit ihm verbundenen Funktionen gebündelt sind. Entlang der Schelde befinden sich ebenfalls zwei Kühltürme, die mit einer Höhe von ca. 168 m den Blick auf das Kraftwerk weitgehend dominieren. Der erzeugte Strom wird über Freileitungen verteilt. Die Hochspannungsmasten dienen in der offenen und flachen Polderlandschaft auch als Baken.

Visuelle Situation des KKW Doel

Das KKW wurde von verschiedenen Punkten aus fotografiert, um seine Präsenz in der Landschaft zu visualisieren. In Abbildung 2-59 werden die Aufnahmepunkte angezeigt. Sie sind von 1 bis 6 nummeriert. Die Fotos stammen aus Google Street View. Die Fotos stammen aus der Ausgangssituation, d. h. Oktober 2013.

Die Aufnahmen zeigen, dass der Standort des KKW aus allen Richtungen eine wichtige Landmarke in der offenen und flachen Polderlandschaft ist, vor allem wegen der 168 Meter hohen Kühltürme, die die Aussicht auf das Kraftwerk dominieren. Je mehr man sich dem Kraftwerk nähert, desto mehr erscheinen

die typischen kuppelförmigen Reaktorgebäude als Landmarken. Die Kühltürme und das gesamte Kernkraftwerk bilden eine Bake in der Landschaft.

Vom Polder aus ist die rückwärtige Hafenlandschaft sichtbar. Es lässt sich jedoch nicht sagen, dass der KKW-Standort vollständig mit dem industriellen Hintergrund verschmilzt. Dafür sind die Entfernungen zum rechten Ufer oder bis zum Deurganckdok – den nächstgelegenen Industriegebieten – zu groß.

Der erzeugte Strom wird über Luftleitungen sowohl in südlicher als auch in nördlicher Richtung abgeleitet. Entlang der Nordseite verläuft die Freileitung über die Schelde in Richtung des BASF-Firmengeländes. Im Süden führen die oberirdischen Leitungen zum Waaslandhaven, Richtung Deurganckdok. Die westlichen und nördlichen Polder werden so weit wie möglich davon ausgenommen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Kernkraftwerk ein wesentliches Element in der Landschaft ist. Aufgrund der Anbindung des Industriegeländes an die bestehende Industrielandschaft, die durch den Hafen gebildet wird, besteht jedoch eine räumliche Tragfläche für die vorhandenen großindustriellen Elemente.



Abbildung 2-59 Standorte der Aufnahmen



Foto in der Nähe von Aufnahmepunkt 1, Oostlangeweg (Quelle: Google Street View - Oktober 2013)



Foto in der Nähe von Aufnahmepunkt 2, Scheldemolenstraat (Quelle Google Street View - Oktober 2013)



Foto in der Nähe von Aufnahmepunkt 3, Belgischereef (Quelle Google Street View - Oktober 2013)



Foto in der Nähe von Aufnahmepunkt 4, Petrusstraat (Quelle: Google Street View - Oktober 2013)



Foto in der Nähe von Aufnahmepunkt 5, Engelsesteenweg (Quelle: Google Street View - Oktober 2013)



Foto in der Nähe von Aufnahmepunkt 6, Scheldemolenstraat (Quelle Google Street View - Oktober 2013)

2.6.3 Folgenabschätzung

2.6.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Die Beschreibung der Arbeiten, die im Zusammenhang mit den Anpassungen für einen langfristigen Betrieb (LTO) durchgeführt wurden, findet sich im allgemeinen Teil der UVP (s. Kapitel 1.6). Diese Situation wird mit der Situation ohne den Betrieb des KKW, aber mit dem Vorhandensein der aktuellen Gebäude und Anlagen des KKW verglichen.

2.6.3.1.1 Beeinträchtigung von Landschaftsdenkmälern und Kulturerbe

Die Interventionen beim KKW im Hinblick auf den langfristigen Betrieb erfolgten innerhalb der Grenzen des KKW-Geländes.

Die Bereiche, an denen die Arbeiten stattfanden, wurden in der Vergangenheit angehoben und dann umgegraben. Archäologisches Potenzial ist daher nur unter den Anhebungen zu erwarten. Die Grabungsarbeiten beschränkten sich auf die Anhebung, so dass es zu keiner Störung des archäologischen Erbes kam.

Auf dem Gelände gibt es kein anderes Erbe, das durch die Arbeiten beeinflusst werden könnte.

Die Beeinträchtigung von Landschaftsrelikten und des Landschaftserbes gilt als vernachlässigbar.

2.6.3.1.2 Änderungen der visuellen Auswirkungen auf die Landschaft

Die durch die Arbeiten für einen langfristigen Betrieb verursachte visuelle Beeinträchtigung war nur vorübergehender Natur. Es betraf Beeinträchtigungen infolge der Bauarbeiten und der Lagerung von Bodenaushub und Materialien.

Die Arbeiten fanden an der Ostseite des Geländes statt. Diese Beeinträchtigung wurde durch die bestehenden Gebäude und Deiche weitgehend verdeckt. Auf dieser Seite befinden sich jedoch die geschützte kulturhistorische Landschaft „Slikken en schorren van Oude Doel“ (Schlicken und Schorren des Alten Doel) und das Landschaftsgebiet „Brackwasserschorren entlang der Schelde nördlich von Antwerpen“.

Angesichts des vorübergehenden Charakters der visuellen Beeinträchtigung, der Abschirmung durch den Zwischendeich und des aktuellen industriellen Kontextes im Baustellenbereich wird die visuelle Auswirkung auf das bestehende Landschaftserbe als vernachlässigbar bewertet.

2.6.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

2.6.3.2.1 Beeinträchtigung von Landschaftsdenkmälern und Kulturerbe

Was die Betriebsphase in der zukünftigen Situation betrifft, so werden nur die Auswirkungen über die Luft auf die Werte des Kulturerbes und die Elemente der Landschaft als potenziell relevant betrachtet. Die Auswirkungen durch die Luft können zu einem großen Teil der Luftverschmutzung zugeschrieben werden, wobei die Auswirkungen des sauren Regens die bekanntesten Auswirkungen sind. Versauerung ist ein Begriff, der sich auf die Auswirkungen der Ablagerung von Säuren in der Umwelt aufgrund der Umwandlung von SO₂ in Schwefelsäure (H₂SO₄) und von NO_x in Salpetersäure (HNO₃) über NO₂ bezieht. Die Ablagerung dieser Säuren führt zu Veränderungen der Vegetation und zur Beschädigung der Bauwerke.

Für die neuen Dieselaggregate, die im Rahmen des langfristigen Betriebs vorgesehen sind, gelten wesentlich strengere Emissionsgrenzwerte als für die bestehenden Anlagen. Darüber hinaus wird schwefelarmes Gasöl als Brennstoff verwendet. Die Emissionen der neuen Anlagen werden im Vergleich zu den Gesamtemissionen der Aggregate Doel 1 und Doel 2 vernachlässigbar gering sein.

Die Bewertung der Auswirkungen des Bereichs Luft ergab, dass die Emissionen des KKW zu gering sind, um sich auf die Umgebung auszuwirken.

Folglich ist keine Beeinträchtigung von Landschaftsdenkmälern und -erbe zu erwarten (vernachlässigbar).

2.6.3.2.2 Änderungen der visuellen Auswirkungen auf die Landschaft

Aus landschaftlicher Sicht bringt das Projekt im Vergleich zur Ausgangssituation keine relevanten Veränderungen mit sich. Die Ausgangssituation des KKW bleibt fast unverändert, mit Ausnahme einiger weniger neuer Anlagen wie des Filtered Containment Vent und des Pumpengebäudes. Diese Anlagen sind jedoch klein im Vergleich zum derzeitigen Umfang der Kühltürme und der Reaktorgebäude. Infolgedessen bleibt der visuelle Einfluss des KKW auf die Umgebung nahezu unverändert. Die neuen Anlagen sind so konzipiert (Gebäudeprofil, Farbe und Materialien), dass sie sich so gut wie möglich in das architektonische Gesamtbild der bestehenden KKW-Anlagen integrieren. Es kommt daher zu keiner weiteren Beeinträchtigung der geschützten kulturhistorischen Landschaft „Slikken en schorren van Oude Doel“ (Schlicken und Schorren des Alten Doel) und des Landschaftsgebiets ‚Brackwasserschorren entlang der Schelde nördlich von Antwerpen‘.

Von anderen Werten des Kulturerbes in der Umgebung aus sind die Veränderungen infolge der neuen Anlagen aufgrund der visuellen Abschirmung der bestehenden Gebäude und Deiche nicht sichtbar. Zur Veranschaulichung werden einige Fotos der aktuellen Situation gezeigt, die an den gleichen Orten wie im Jahr 2013 aufgenommen wurden (Abbildung 2-59).

Die visuellen Auswirkungen auf die Landschaft werden daher mit vernachlässigbar bewertet.



Foto in der Nähe von Entnahmestelle 5, Engelsesteenweg (ARCADIS – August 2020)



Foto in der Nähe von Entnahmestelle 2, Scheldemolenstraat (ARCADIS - August 2020)



Foto in der Nähe von Entnahmestelle 3, Belgischedreef (ARCADIS – August 2020)



Foto in der Nähe von Entnahmestelle 4, Petrusstraat (ARCADIS – August 2020)



Foto in der Nähe von Aufnahmepunkt 5, Engelsesteenweg (ARCADIS - August 2020)



Foto in der Nähe von Entnahmestelle 6, Scheldemolenstraat (ARCADIS - August 2020)

Schließlich wurde ein Foto vom rechten gegenüberliegenden Scheldeufer (Scheldelaan) hinzugefügt. Die im Zusammenhang mit dem langfristigen Betrieb vorgenommenen Anpassungen sind an diesem Ort nicht sichtbar.



Foto in der Nähe der Scheldelaan (Quelle: Google Street View – August 2019)

2.6.3.3 Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)

Während der endgültigen Stilllegungen wird es keine Änderungen an der Infrastruktur des KKW-Geländes geben, die mit Grabungs- oder Bauarbeiten verbunden sind. Die landschaftsbezogene visuelle Wirkung des KKW wird sich daher nicht ändern (vernachlässigbar).

Der Bereich Luft zeigt, dass während der endgültigen Stilllegung die Dieselaggregate wie in der Ausgangssituation weiterlaufen werden. Die Emissionen sind jedoch zu gering, als dass sie durch Versauerung zu einer Beeinträchtigung der Landschaftsdenkmäler und des Kulturerbes führen könnten. Die Auswirkungen auf Landschaftsrelikte und das Kulturerbe sind vernachlässigbar.

2.6.3.4 Null-Variante

Bei der Null-Variante (= kein langfristiger Betrieb) wurden im Rahmen der Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2 keine Arbeiten vorgenommen. Die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch Bauarbeiten und zusätzliche Infrastruktur wären daher nicht aufgetreten. Es ist zu beachten, dass diese Beeinträchtigung bei einem langfristigen Betrieb als vernachlässigbar bewertet wird.

Der Bereich Luft zeigt, dass bei der Null-Variante (d. h. wenn Doel 1 und 2 nicht mehr in Betrieb sind) die Emissionen im Jahr 2015 im Vergleich zur Ausgangssituation leicht zurückgingen. Die Luftemissionen des KKW Doel sind jedoch zu gering, um eine Beeinträchtigung von Landschaftsdenkmälern und Kulturerbe durch Versauerung zu bewirken. Folglich wird keine Veränderung der Auswirkungen auf Landschaftsdenkmäler und das Kulturerbe erwartet. Die Auswirkungen bleiben vernachlässigbar.

Für den Bereich Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie kann daraus geschlossen werden, dass es keinen Unterschied zwischen der definitiven Stilllegung im Jahr 2015 (= Null-Variante) und im Jahr 2025 gibt.

2.6.3.5 Kumulierte Effekte

Was den Bereich Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie betrifft, sind keine kumulativen Effekte mit anderen Projekten in der Umgebung zu erwarten.

2.6.3.6 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Im Bereich Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie treten keine grenzüberschreitenden Auswirkungen auf.

2.6.4 Monitoring

Für den Bereich Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie sind keine Maßnahmen zur Überwachung und Evaluierung erforderlich.

2.6.5 Mitigierende Maßnahmen und Empfehlungen

Für den Bereich Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie sind keine mitigierenden Maßnahmen oder Empfehlungen notwendig.

2.6.6 Wissenslücken

Es bestehen keine Wissenslücken.

2.6.7 Schlussfolgerungen

Die Auswirkungen der Arbeiten, die im Zusammenhang mit den Anpassungen für einen langfristigen Betrieb des KKW durchgeführt wurden, können für den Bereich Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie als vernachlässigbar veranschlagt werden. Es werden keine zusätzlichen Auswirkungen durch die LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation erwartet.

Die Auswirkungen der DSL und der Null-Variante sind ebenfalls vernachlässigbar.

2.7 Mensch – Gesundheit und Sicherheit

Anhang A - Karte 3: Sektorenplan

Anhang A - Karte 4: Regionaler Raumordnungsplan

Anhang A - Karte 23: Bodennutzung

Anhang A - Karte 24: Gefährdete Funktionen

Anhang A - Karte 25: Standorte der Seveso-Betriebe

Anhang A - Karte 26: Differenzkarte NO₂ LTO

Anhang A - Karte 27: Differenzkarte NO₂ No LTO

2.7.1 Methodologie

2.7.1.1 Abgrenzung des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet für die Zwecke dieses Bereichs wird durch eine Zone von 5 km um das Betriebsgelände definiert. Wenn die Analyse zeigt, dass die potenziellen Auswirkungen darüber hinaus reichen, wird eine größere Zone in Betracht gezogen.

2.7.1.2 Beschreibung der Ausgangssituation

Entsprechend der neuen Richtlinienammlung zu Mensch – Gesundheit erfolgt die Beschreibung der Referenzsituation im ersten Schritt der Phase A:

- PHASE A: Bestandsaufnahme (Vorphase)
 - Schritt 1: Beschreibung der Raumnutzung und der betroffenen Bevölkerung: Diese Phase beinhaltet die Beschreibung der Raumnutzung und der betroffenen Bevölkerung im Untersuchungsgebiet.

Darüber hinaus wird eine Beschreibung des akustischen Klimas und der Luftqualität im Untersuchungsgebiet gegeben. Hierzu sei auf die Bereiche Lärm & Vibrationen und Luft & Klima verwiesen.

2.7.1.3 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen

Gemäß der neuen Richtlinienammlung Mensch – Gesundheit erfolgt die Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen in folgenden Schritten:

- Schritt 2: Identifikation von potentiell relevanten Umweltstressoren:
 - Der Sachverständige listet alle potenziellen (relevanten) Umweltstressoren auf, die sich aus den Aktivitäten herleiten. Potenzielle chemische Stressoren von Bedeutung, die Gegenstand einer Erörterung in der UVP sind, wurden in eine sektorspezifische Liste aufgenommen. Für das KKW ist dies der Sektor „Kraftwerke“. Für diesen Sektor umfassen die Emissionen in die Luft SO_x, NO_x, Ozon, N₂O, CH₄, PAH, Metalle, PM_{2,5}, PM₁₀ und Dioxine. Da jedoch nur Dieselmotoren verbrannt werden, werden nur SO_x, NO_x, PAH, PM_{2,5}, PM₁₀ emittiert. Ozon ist ein sekundärer Schadstoff, sodass hierfür keine Dispersionsmodellierung durchgeführt werden kann.

Darüber hinaus lassen sich zusätzliche chemische Stressoren durch die abiotischen UVP-Bereiche definieren (wir denken hierbei an CO).

Tabelle 2-58 Liste der Stressoren und der damit verbundenen Gesundheitsauswirkungen im Rahmen des Projekts

Stressoren	Spezifische Beschreibung bzw. Quelle, gesundheitliche Auswirkungen	Begründung, warum der Stressor ggf. nicht berücksichtigt wird
Chemische Stressoren		
Luftverschmutzung	Emissionen von Baustellenmaschinen und -verkehr Emissionen infolge des KKW-Betriebs	Der Bereich Luft zeigt, dass die Auswirkungen auf die Luftqualität sowohl in der Bau- als auch in der Betriebsphase vernachlässigbar sind. Daher sind keine relevanten gesundheitlichen Auswirkungen zu erwarten.
Boden- und Grundwasserkontamination	Störungsbedingte Emission	Im Falle einer störungsbedingten Emission sind laut Bodenverordnung Sofortmaßnahmen zu ergreifen. Innerhalb des KKW werden die notwendigen Maßnahmen ergriffen, um eine Beeinträchtigung der Boden- und Grundwasserqualität zu vermeiden. Darüber hinaus schreibt die Bodengesetzgebung vor, dass im Falle einer störungsbedingten Kontamination Sofortmaßnahmen zu ergreifen sind. Die Exposition im Hinblick auf eine störungsbedingte Boden- oder Grundwasserkontamination wurde daher im Bereich Mensch – Gesundheit nicht weiter untersucht.
Kontamination von Oberflächengewässern	Einleitung von Abwässern:	Sanitärabwässer werden nach der Klärung in fünf Biorotoren in die Schelde eingeleitet. Das Industrieabwasser wird gesondert gesammelt und gegebenenfalls nach Aufbereitung in die Schelde eingeleitet. Da die Schelde weder zur Trinkwassergewinnung noch als Erholungsgewässer genutzt wird, ist die Belastung durch eine Kontamination über das Oberflächenwasser nicht relevant und wird in diesem Bereich nicht weiter erörtert.

Stressoren	Spezifische Beschreibung bzw. Quelle, gesundheitliche Auswirkungen	Begründung, warum der Stressor ggf. nicht berücksichtigt wird
Geruch	Die bedeutendsten emittierten Verbrennungsgase sind geruchlos (CO, NO und CO ₂) oder nur in hohen Konzentrationen wahrnehmbar (NO ₂) ³⁰ . Weitere Stoffe mit einer typischen Geruchsentwicklung am KKW sind Ammoniak und Hydrazin, wobei deren spezifische Lagerung jedoch Geruchsemissionen vermeidet. Die Geruchsbelästigung wird daher im Bereich Mensch – Gesundheit nicht weiter untersucht.	/
Chemische Stressoren		
Lärm	Lärmemissionen durch Baustellenmaschinen und -verkehr Lärmemissionen durch den Betrieb von Doel 1 und 2.	/ (Es werden mögliche gesundheitliche Auswirkungen infolge von Lärmemissionen untersucht).
Vibrationen	Das neue Filtergebäude Doel 1 und 2 wurde auf Bohrpfählen gegründet (Filtergebäude Doel 1 und 2). Dadurch entstehen keine wahrnehmbaren Vibrationen außerhalb des Betriebsgeländes.	/
Wind	Trotz des Vorhandenseins hoher Bauwerke (Kühltürme) ist aufgrund der Entfernung zu	/

³⁰ Stickstoffdioxid hat einen stechenden, reizenden Geruch. Die Geruchsschwelle liegt zwischen 100 µg/m³ und 410 µg/m³. Durch Maßnahmen wurde jedoch bei einer schrittweisen Erhöhung (15 Minuten) der Konzentration von 0 auf 51000 µg/m³ keine Geruchsbelästigung festgestellt (Quelle: WHO, Air Quality Guidelines, 2000).

Stressoren	Spezifische Beschreibung bzw. Quelle, gesundheitliche Auswirkungen	Begründung, warum der Stressor ggf. nicht berücksichtigt wird
	Wohngebieten keine relevante Windbelästigung zu erwarten.	
Licht, Schatten	Schatten der Dampffahne (Betriebsphase)	/ (Es wird untersucht, ob durch die austretende Dampffahne eine potenzielle Schattenbelästigung besteht.)
Wärme	Einleitung von Kühlwasser in die Schelde	Durch die thermischen Effekte der Einleitung von Kühlwasser in die Schelde sind keine Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zu erwarten.
Elektromagnetische Strahlung	Es sind keine Auswirkungen durch elektromagnetische Strahlung über die Standortgrenzen des KKW hinaus zu erwarten.	/
Biologische Stressoren		
Infektionsrisiko	Kühltürme sind ein potenzielles Risiko für die Entwicklung von Legionellen (Betriebsphase).	/ (Das Risiko einer Legionellenexposition wird anhand der bisherigen Entwicklung des Infektionsgeschehens und der bestehenden Präventivmaßnahmen bewertet.)
Akute Vergiftungen durch Toxine	Es gibt keine relevanten Quellen für biologische Toxine, die mit der Bau- oder Betriebsphase des KKW verbunden sind.	/
Chronische Toxizität	Es gibt keine relevanten Quellen für eine chronische Toxizität biologischen Ursprungs im Zusammenhang mit der Bau- oder Betriebsphase des KKW.	/

Stressoren	Spezifische Beschreibung bzw. Quelle, gesundheitliche Auswirkungen	Begründung, warum der Stressor ggf. nicht berücksichtigt wird
Allergene	Es gibt keine relevanten Quellen für Allergene im Zusammenhang mit der Bau- oder Betriebsphase des KKW.	/
Belästigung durch Ungeziefer	Es gibt keine Elemente, die während der Bau- oder Betriebsphase des KKW Ungeziefer anziehen.	/
Andere		
Staubbelästigung	Staubablagerung während der Bauphase	Die Wohnbereiche befinden sich in ausreichendem Abstand zum KKW. Darüber hinaus müssen die Arbeiten laut Vlärem so ausgeführt werden, dass Staubablagerungen weitestgehend begrenzt bleiben.
Nähe zu Grünflächen	Vereinnahmung von Grünflächen	Die Arbeiten im Hinblick auf den langfristigen Betrieb (LTO) des KKW erfolgen innerhalb der Grenzen des KKW-Standorts. Das Gelände ist von einem Zaun umgeben. Dies bedeutet, dass dieses Gebiet derzeit keine öffentliche Funktion hat. Die Nähe von Grünflächen ist daher im Bereich Mensch – Gesundheit nicht relevant.
Psychosomatische Aspekte	Befürchtungen der Anwohner aufgrund des KKW-Betriebs (Betriebsphase)	/ (Das Potenzial für psychosomatische Auswirkungen infolge des KKW-Betriebs wird untersucht).

- PHASE B: Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP-Phase)
 - Schritt 3: Bestandsaufnahme der Stressoren: Potenziell relevante Umweltstressoren werden inventarisiert. Die Relevanz wird anhand der Auswahlkriterien für die weitere gesundheitliche Bewertung der Exposition geprüft (diese ist je nach Stressor unterschiedlich). Die Expositionsdaten werden als Ergebnis von Modellierungen, gemessenen externen Konzentrationen (Emissionen, Immissionen), berechneten Abschätzungen oder qualitativen Bewertungen bereitgestellt.

- Schritt 4: Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen: Die Gesundheitsrisikoanalyse ist die Untersuchung von physikalischen, chemischen und biologischen Agenzien in der Umwelt, die einen (relevanten) Einfluss auf die Gesundheit haben können. Um die Auswirkungen einer Aktivität/Anlage auf die Gesundheit der betroffenen Bevölkerung im Untersuchungsgebiet der UVP zu bewerten, wurden folgende Elemente berücksichtigt:
 - die Schwere des Eingriffs in die Umwelt – falls relevant – im Vergleich zum Grad der Überschreitung von Richtwerten
 - das Ausmaß und die Art der bestehenden Umweltbelastungen sowie die Größe der betroffenen Bevölkerung
- PHASE C: Post-Evaluation
 - Schritt 5: Post-Evaluation:
 - Der Projektinitiator formuliert Vorschläge, um bestimmte projektrelevante Stressoren rechtzeitig zu berücksichtigen. Dies können Vorschläge zu Messverfahren, zur Erfassung von Gesundheitsdaten, zur Bearbeitung von Beschwerden, der Befragung der Bevölkerung, zu Fragen der (Risiko-)Kommunikation, der Nutzung wissenschaftlicher Literatur, der Zusammenarbeit mit staatlichen Stellen oder lokalen Gesundheitsexperten (z. B. aus dem Bereich des medizinischen Umweltschutzes) oder mögliche lokale Expertengruppen sein.

2.7.2 Beschreibung der Raumnutzung und der betroffenen Bevölkerung

Tabelle 2-59 gibt einen Überblick über verschiedene Aspekte der Raumnutzung im Untersuchungsgebiet.

Tabelle 2-59 Raumnutzung im Untersuchungsgebiet der Anlage

Raumnutzung & Bevölkerung	Einheit	Einflussbereich		Argumente
		Anzahl oder % des Gebiets.	Entfernung & Windrichtung zur Quelle	
Raumnutzung				Quelle Geopunt, Sektorenplan, Orthofoto
Kindertagesstätten	Anzahl	6	2 in 4,5 km – NO 4,7 km – NO 4,8 km – NO 4,9 km – NO 4,9 km – SW	
Kindergärten	Anzahl	3	4 km – NO 4,4 km – NO 4,9 km – NO	
Grundschule	Anzahl	3	4 km – NO 4,4 km – NO 4,9 km – NO	
Sekundarschulen	Anzahl	0		
Spielplätze, Ferienlager	Anzahl	0		
Sportplätze, Pfadfindergelände, Spielwald usw.	Anzahl	10	4,2 km – NO 4,3 km – NO 4,5 km – NO 4,6 km – NO	

Raumnutzung & Bevölkerung	Einheit	Einflussbereich		Argumente
		Anzahl oder % des Gebiets.	Entfernung & Windrichtung zur Quelle	
			4,7 km – NO 2 in 5 km – NO 3,7 km – O 500 m – S 3 km – S	
Krankenhäuser	Anzahl	0		
Altenheime / Pflegeheime	Anzahl	2	4,6 km – NO 4,7 km – NO	
Wohngebiet	% des Untersuchungsgebiets	2 %	900 m – S	Doel
Landwirtschaftliche Tätigkeit	% des Untersuchungsgebiets	25%	100 m – W	Poldergebiet
Wassereinzugsgebiet: Oberflächenwasser + Grundwasser	% des Untersuchungsgebiets	17 %	800 m – O	Schelde
Grünzone/Natur	% des Untersuchungsgebiets	19 %	600 m – O	Paardenschor, Schor Ouden Doel, Galgenschoor
Industriegebiet	% des Untersuchungsgebiets	36 %	1,5 km – S	
Sonstiges: Erholungsgebiet, Autobahnen, Gemeinde- und Versorgungsgebiete	% des Untersuchungsgebiets	0,4 %		

Das KKW wird von Poldergebieten begrenzt.

Im Umkreis von 5 km um das Projektgebiet ist die Bevölkerungsdichte recht gering. Dieser Perimeter umfasst einen großen Teil des Antwerpener Hafens, die Schelde und die dünn besiedelten Polder. Die Anzahl der Personen in der nahen Umgebung des Kraftwerks (im Umkreis von 2 000 m) ist sehr begrenzt. In kurzer Entfernung zum Kraftwerk leben damit maximal 150 Menschen.

Tabelle 2-60 Bevölkerung in einem Radius von 2 und 5 km um das Kernkraftwerk Doel (Quelle: Statbel)

	Bevölkerung der statistischen Sektoren in einem Radius von 2 km um das KKW	Bevölkerung der statistischen Sektoren in einem Radius von 5 km um das KKW
2014	146	10445
2015	141	10486
2016	136	10521

2017	121	10557
2018	110	10680
2019	110	10685

Etwa 20 Einwohner leben im Zentrum des Polderdorfes Doel, etwa 900 m südlich des KKW. Die Bevölkerung in Doel nimmt seit vielen Jahren unter dem Einfluss der Hafententwicklung und der unsicheren Wohnsituation ab.

Der regionale Raumordnungsplan ‚ROP Afbakening Zeehavengebiet Antwerpen‘ [Abgrenzung des Seehafengebiets Antwerpen], der im April 2013 verabschiedet wurde, sah vor, dass die Ortschaften Ouden Doel und Rapenburg für den Bau des Saefthinge-Docks und zur Schaffung von natürlichen Ausgleichsflächen enteignet werden sollten. Dieser Raumordnungsplan wurde im Dezember 2013 vom Staatsrat teilweise ausgesetzt, da die Naturausgleichsmaßnahmen der Hafententwicklung vorausgehen müssten. Dies bedeutete, dass für Doel wieder die Zweckbestimmung des Regionalplans (Wohngebiet) galt. Im Oktober 2014 wurde ein geänderter Raumordnungsplan für die Hafententwicklung am linken Ufer verabschiedet. Dieser Raumordnungsplan wurde im Dezember 2016 kassiert. Im Mai 2017 wurde der Raumordnungsplan vom April 2013, der den rechten Uferbereich der Schelde betraf, ebenfalls vom Staatsrat kassiert.

Daraufhin wurde im Juli 2016 beschlossen, eine Untersuchung auf strategischer Ebene zur Realisierung zusätzlicher Containerumschlagskapazitäten nach dem Prozedere ‚Komplexe Projekte‘ durchzuführen. Am 20. Dezember 2019 genehmigte die flämische Regierung grundsätzlich den Präferenzbeschluss für das komplexe Projekt ‚Realisierung zusätzlicher Containerumschlagskapazität im Antwerpener Hafengebiet‘ (CP ECA), das an mehreren Stellen zusätzlichen Raum für Containerumschlagskapazitäten schaffen soll, ohne dass das Dorf Doel verschwinden muss. Die flämische Regierung entwickelt eine Zukunftsperspektive für Doel im Rahmen einer ‚Arbeitsgruppe Doel‘, die die beteiligten Parteien zusammenführt.

Ansonsten gibt es keine Wohngebiete in der unmittelbaren Umgebung zum KKW. Es gibt jedoch verschiedene Wohneinheiten und Wohncluster, die über die Polder verstreut sind, darunter die Polderdörfer Ouden Doel, Rapenburg, Saftingen und Prosperpolder. Etwa 100 Menschen leben noch in der Streusiedlung des Grote Doelpolder. Lillo mit einer Wohnbevölkerung von ca. 40 Personen liegt auf der anderen Seite der Schelde in ca. 2,5 km Entfernung. Im Umkreis von 5 km leben die meisten Einwohner in Zandvliet (ca. 3500 Personen) und Berendrecht (ca. 6000 Personen).

Schließlich wird das Hafenzentrum Lillo (Scheldelaan 444 – Haven 621, Lillo) erwähnt. Das Hafenzentrum befindet sich im Hafengebiet, auf Höhe der Ortschaft Lillo-Fort (2,5 km in südöstlicher Richtung zum KKW). Hier finden Schulungen statt, so dass während der Arbeitszeiten größere Personengruppen (Schulen usw.) anwesend sein können. In Anhang A - Karte 23 ist die Flächennutzung innerhalb des weiteren Umgebung um das KKW dargestellt.

Die weitere Umgebung des KKW ist durch eine starke Industrialisierung geprägt (Hafengebiet). Das KKW liegt im Gebiet des Antwerpener Hafens. In diesem Hafengebiet befinden sich ausgedehnte Industrieflächen auf beiden Seiten der Schelde. Die Industrieunternehmen im Antwerpener Hafengebiet

beschäftigen direkt mehr als 60.000 Menschen. Hinzu kommen die vielen Subunternehmer, die täglich im Antwerpener Hafengebiet arbeiten. Diese Unternehmen bedingen einen erheblichen Anstieg der Bevölkerung innerhalb des Untersuchungsgebiets, sowohl tagsüber als auch nachts, da ein erheblicher Teil der Unternehmen rund um die Uhr produziert.

Das Antwerpener Hafengebiet zeichnet sich durch die Existenz eines (petro-)chemischen Clusters einerseits und eines Containerterminals andererseits aus. Beispiele für (petro-)chemische Anlagen in der Umgebung des Standorts sind BASF, Ineos Manufacturing Belgium, Invoyn Manufacturing Belgium, Gunvor Petroleum Antwerp und Bayer Agriculture. Am linken Ufer befinden sich Firmen wie Borealis Kollo, Ineos Phenol Belgium und Ashland Specialities Belgium. Im Großen und Ganzen handelt es sich um Anlagen, die der sogenannten SEVESO-Richtlinie zur Verhütung schwerer Unfälle bei bestimmten industriellen Aktivitäten unterliegen.

Die nächstgelegenen Seveso-Betriebe befinden sich ca. 1,5 km vom KKW entfernt. Diese Unternehmen sind entlang der Scheldelaan am rechten Ufer des Antwerpener Hafengebiets angesiedelt (u. a. Gunvor Petroleum Antwerp, Ineos Manufacturing Belgium, Invoyn Manufacturing Belgium, Vesta Terminal Antwerp, Bayer Agriculture). Die Seveso-Betriebe in der weiteren Umgebung des KKW befinden sich in Anhang A auf Karte 25.

2.7.3 Ausgangssituation

2.7.3.1 Lärmbelästigung

Der ursprüngliche Umgebungslärm in Höhe der nächstgelegenen Wohnhäuser, die sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet befinden (Immissionspunkte IP-11, IP-12, IP-13 und IP14 im Bereich Lärm), wird auf 45,6 dB(A) veranschlagt. Dies stellt bereits eine (leichte) Überschreitung der Umweltqualitätsnorm für den Abend und die Nacht (45 dB(A)) dar.

Der spezifische Lärm der kontinuierlichen Quellen des KKW beträgt 38,2 bis 41,4 dB(A) bei diesen Wohnungen. Der Einfluss des KKW auf den Umgebungslärm beträgt hier also 0,7 bis 1,4 dB(A). Darüber hinaus verfügt das KKW über eine Reihe von Notfallaggregaten, die als diskontinuierliche Quellen bezeichnet werden können. Diese Anlagen sind jedoch, außer bei einem tatsächlichen Notfall, nur tagsüber in Betrieb. Daher wurde im Bereich Lärm eine zeitlich gewichtete Auswirkung auf Grundlage der Betriebsstunden dieser Notstromanlagen ermittelt. Der Betrieb der diskontinuierlichen Quellen führt zu einem zeitgewichteten spezifischen Lärm von 20,3 bis 32,2 dB(A) auf Höhe der nächstgelegenen Wohnhäuser. Dies liegt damit deutlich unter dem spezifischen Lärm der Dauerschallquellen.

Der zeitgewichtete spezifische Gesamtlärm beträgt daher auf Höhe der Wohnungen 38,5 bis 41,8 dB(A). Die Umweltqualitätsnorm für den Tag (50 dB(A)) wird nicht überschritten.

Der Einfluss der kontinuierlichen und diskontinuierlichen Quellen führt zu einer Erhöhung um 0,8 bis 1,5 dB(A) gegenüber dem ursprünglichen Umgebungslärm. Dieser Unterschied ist nicht hörbar. Dies gilt a fortiori auch für weiter entfernt liegende Wohnhäuser (Ortschaft Ouden Doel (IP-13), Wohngebiet Lillo). Die Auswirkungen des KKW auf die nächstgelegenen Wohnungen werden (mit einem spezifischen Beitrag von mehr als 1 dB(A)) als begrenzt negativ bewertet, da die Umweltqualitätsnorm bereits überschritten wird.

Für die übrigen Häuser und weiter entfernt liegenden Wohngebiete sind die Auswirkungen vernachlässigbar.

2.7.3.2 Schatten der Wasserdampffahne

Die weiße Wasserdampffahne aus den Kühltürmen ist schon aus großer Entfernung zu sehen. Je größer die Entfernung ist, desto geringer sind jedoch die Auswirkungen, da sich die Dampffahne mit den Wolken vermischt und sich nicht mehr von ihnen unterscheiden lässt.

In einer Studie³¹ aus den Jahren 1979-1980, die am Kernkraftwerk Bugey in Frankreich durchgeführt wurde, wurden Dampffahnen beobachtet und Statistiken über ihre Art, Länge und Höhe sowie über die Wechselwirkung mit niedrigen Wolken, Dunst oder Nebel erstellt. Von den 1000 beobachteten Fahnen waren 72 % vollständig sichtbar, 13 % waren aufgrund von Dunst, Nebel oder tief hängenden Wolken kaum sichtbar und 15 % vermischten sich mit den darüber befindlichen Wolken.

Von den vollständig sichtbaren Dampffahnen waren 63 % weniger als 1 km lang und nur 9 % länger als 5 km. Die durchschnittliche Länge betrug etwa 1,6 km. Weitere Ergebnisse:

- Sichtbare Fahnen sind länger, wenn die relative Luftfeuchtigkeit höher und die Umgebungstemperatur geringer ist.
- Die längsten Fahnen bilden sich, wenn der Himmel mit natürlichen Wolken bedeckt und die Windgeschwindigkeit gering bis mittel ist.
- Die längsten und höchsten Dampffahnen bilden sich früh am Morgen. Ihre Länge und Höhe nehmen daraufhin ab, bis sie gegen spät nachmittags am kleinsten sind. Zudem lassen sich die größten Fahnen im Winter und im Frühjahr beobachten.

Am KKW Bugey wurden auch Veränderungen des Mikroklimas durch die Wasserdampffahnen untersucht, insbesondere die Schwankungen bei Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonnenstunden und Niederschlag. In der Umgebung des Kraftwerks wurden sowohl eine Referenzmessstelle außerhalb der Einflusszone der Dampffahnen als auch zwei Messstellen innerhalb der Einflusszone eingerichtet. Die Daten wurden von Januar 1978 bis Dezember 1983 erfasst. Hieraus lässt sich Folgendes ableiten:

- Die Reduzierung der Sonnenstunden bei Entfernungen von 1,5 bis 3 km vom Kraftwerk beträgt 2 bis 5 %, was einer Reduzierung der Sonnenstunden um 40 bis 100 Stunden pro Jahr³² entspricht. Dies erweist sich als weitaus weniger als die natürliche Schwankung der Anzahl der Sonnenstunden von Jahr zu Jahr.
- Die Gesamthelligkeitsreduzierung liegt zwischen 4 und 6 %.
- Es lassen sich weder tagsüber noch nachts signifikante Unterschiede bei Feuchtigkeit, Temperatur oder Niederschlag zwischen der Referenzstation und den zwei Doel-Stationen feststellen.

Wir stellen fest, dass die meisten Wohngebiete mehr als 3 km vom KKW entfernt sind, so dass der Rückgang der Sonnenstunden hier vernachlässigbar ist.

³¹ Impact de la réfrigération atmosphérique, P. Méry, Aménagement en Nature n° 94

³² Zum Vergleich: Im Jahr 2014 gab es in Uccle etwa 1600 Sonnenstunden, was ein normaler Wert ist.

Der Dorfkern von Doel befindet sich etwa 1,3 km südlich der Kühltürme. Das bedeutet, dass bei nördlicher Windrichtung (bis NNW und NNO) die Schattenentwicklung infolge der Dampffahnen am wahrscheinlichsten ist. Diese Windrichtung herrscht in Belgien nur etwa in 12 % der Zeit. Die vorherrschende Windrichtung in Belgien ist SW (32 % SSW, SW und WSW). Dies ist in Richtung der Schelde und des Hafens, wo es keine Besiedlung gibt.

Aufgrund der obigen Ausführungen wird die Verkürzung der Sonnenscheindauer durch die Dampffahnen der Kühltürme als begrenzt negativ bis vernachlässigbar bewertet.

2.7.3.3 Infektionsgefahr durch Legionellen

Die folgenden Kühltürme befinden sich auf dem KKW-Gelände:

- zwei offene Umlaufkühltürme (CW) für Doel 3 und Doel 4
- diverse Hilfskühltürme von D3 / D4 und die WAA [Wasser- und Abfallaufbereitung]
- Kühltürme von D1/2

Aufgrund der offenen Kühltürme gilt für das KKW die Legionellenverordnung (Erlass der flämischen Regierung vom 09.02.2007). Dieser Erlass bestimmt die Maßnahmen gegen Legionella pneumophila zur Verhütung der Legionärskrankheit.

Legionellen leben weit verbreitet im Wasser. Sie entstehen in Biofilmen auf der Oberfläche von Seen, Flüssen und Bächen. Geringe Vorkommen können zu hohen Konzentrationen anwachsen, wenn wachstumsfördernde Faktoren (Eisenrohre, Gummidichtungen) vorhanden sind. Voraussetzungen für das Wachstum von Legionella-Bakterien:

- Stehendes Wasser
- Wassertemperatur zwischen 20 °C und 50 °C, die optimale Temperatur liegt zwischen 35 °C und 46 °C
- Säuregrad zwischen 5 und 8,5
- Sediment, das zur Bildung eines Biofilms führt
- Vorhandensein von Mikroorganismen, wie z. B. Algen, Flavobakterien, Pseudomonas, Amöben

Die Infektion mit den Legionellen erfolgt über die Lunge, dabei wird angenommen, dass die Infektion durch Einatmen der Bakterien in sehr kleinen, in der Luft schwebenden Tröpfchen (Nebel) übertragen wird.

Gemäß oben genanntem Erlass muss das KKW einen Präventionsplan erstellen, der eine Beschreibung der Anlage, eine Risikoanalyse mitsamt der Präventivmaßnahmen enthält. Dieser Präventionsplan wird alle fünf Jahre, nach jeder Änderung der Anlage, die die Entstehung von Legionellen beeinflussen könnte, bewertet und gegebenenfalls angepasst.

Die offenen Umlaufkühltürme Doel 3 und Doel 4, die Hilfskühltürme D3 / D4 und die WAA nutzen das Schelde-Wasser. Da es sich um Brackwasser handelt, stellen diese Kühltürme aufgrund des hohen Salzgehalts kein Risiko einer Legionellenkontamination dar.

Nur die Hilfskühltürme von Doel 1/2 werden mit Stadtwater auf Niveau gehalten. In Übereinstimmung mit dem Präventionsplan werden diese Hilfskühltürme mindestens zweimal pro Jahr beprobt und auf das Vorhandensein von Legionellen überprüft. Wird der im Erlass bestimmte Grenzwert ausnahmsweise

überschritten, sind die notwendigen Maßnahmen zu ergreifen (Reinigung, Erhöhung des Biozidanteils) und erneute Kontrollen durchzuführen.

Soweit bekannt, sind durch den Betrieb der Kühltürme des KKW noch nie Legionelleninfektionen aufgetreten.

Daraus kann geschlossen werden, dass das Risiko einer Legionellenkontamination durch die Kühltürme vernachlässigbar ist, sofern der Präventionsplan berücksichtigt wird.

2.7.3.4 Psychosomatische Aspekte und Risikowahrnehmung

Psychosomatische Beschwerden hängen von der Risikowahrnehmung ab.

Soweit bekannt, gibt es keine Daten über das Auftreten von psychosomatischen Beschwerden (in der näheren Umgebung oder in Belgien bzw. Flandern insgesamt) als Folge des KKW-Betriebs in Doel.

Es liegen jedoch Daten aus Erhebungen und Umfragen zur Einstellung (inkl. Risikowahrnehmung) der breiten belgischen Bevölkerung gegenüber Kernenergie, Kerntechnik und Kernkraftwerken vor.

Risikowahrnehmung

Die Datenlage über die Risikowahrnehmung der Bevölkerung bezüglich des KKW ist begrenzt. Die PISA-Forschungsgruppe des SCK-CEN führt in regelmäßigen Abständen eine nationale Erhebung (SCK-CEN-Barometer) durch. Dabei geht es nicht nur um das KKW, sondern um eine allgemeine Umfrage zur Risikowahrnehmung des Nuklearsektors (http://science.sckcen.be/en/Institutes/EHS/SPS/STS/Risk_perception/Barometer).

Die Risikowahrnehmung des Standorts Doel selbst wurde nicht eigens untersucht.

SCK•CEN-Barometer

Seit 2002 untersucht das SCK-CEN die öffentliche Wahrnehmung von Verstrahlungsrisiken und die Einstellung zur Kernenergie. Diese Untersuchungen werden im Rahmen des Programms zur Integration sozialer Aspekte in die Kernforschung (Programme for Integration of Social Aspects into nuclear research – PISA) durchgeführt. Die Untersuchung erfolgt hauptsächlich anhand des SCK-CEN-Barometers. Es handelt sich um eine breit angelegte Befragung der Bevölkerung (mehr als 1000 Personen). Diese ist repräsentativ für erwachsene Belgier (ab 18 Jahren) und unterteilt nach Provinzen, Regionen, Urbanisierungsgrad, Geschlecht, Alter und Beschäftigungsstatus. Die große Zahl der Teilnehmer erlaubt es, allgemeine Trends nachzuvollziehen, aber auch die zugrunde liegenden Prozesse im Zusammenhang mit den sozialen Aspekten der Kerntechnik genauer zu erforschen. Die Daten werden mithilfe des „Computer Assisted Personal Interviewing“ erhoben, wobei eine persönliche Befragung in den Wohnungen der Personen durchgeführt wird und die Antworten auf einer tragbaren Festplatte aufgezeichnet werden. Die Interviews werden von professionellen Interviewern eines Marktforschungsunternehmens durchgeführt. Das SCK-CEN-Barometer beinhaltet wiederkehrende Themen wie die Wahrnehmung von Verstrahlungsrisiken, das Vertrauen in die Akteure des Nuklearbereichs und Meinungen zur Nutzung der Kernenergie, aber auch detailliertere Fragen zu spezifischen Themen. Für den Zeitraum vor 2015 stammen die jüngsten Daten aus 1002 Interviews zwischen 15. August und 13. September 2013.

Einstellung zur Kernenergie

Bei der Frage „Was ist Ihre Meinung zur Atomkraft?“ waren 38 % weder für noch gegen die Kernenergie; 32 % waren gegen oder absolut gegen Kernenergie und 27 % waren dafür. Als Hauptvorteile werden die zuverlässige Energieverfügbarkeit, die hohe Stromproduktion und die geringen CO₂-Emissionen genannt. Die Hauptargumente gegen die Kernenergie sind den Befragten zufolge der radioaktive Abfall, gefolgt von der Gefahr schwerer Unfälle und der Möglichkeit, die Kernenergie durch erneuerbare Energien zu ersetzen.

Zwölf Risikobereiche wurden abgefragt, um die Wahrnehmung möglicher Risiken für die eigene Gesundheit zu bewerten. 53 % der Befragten zeigen sich besorgt über die Risiken eines Atomunfalls und 52 % über die Risiken des radioaktiven Abfalls. Die Menschen sind etwas weniger besorgt über chemische Abfälle oder Chemieunfälle (48 % bzw. 47 %). Medizinische Röntgenstrahlen und die natürliche Strahlung, die signifikant zur jährlichen Dosis für die Allgemeinheit beitragen, den Menschen aber vertrauter sind, werden als weniger besorgniserregend (20 %) eingeschätzt. 38 % der Befragten bewerteten die Risiken des Klimawandels als hoch bis sehr hoch.

Darüber hinaus fühlen sich 42 % gut gegen die Risiken kerntechnischer Anlagen geschützt, während sich 30 % unsicher fühlen. 52 % stimmen der Aussage zu oder absolut zu, dass die Atomreaktoren in Belgien sicher sind. 14 % stimmen nicht oder absolut nicht zu.

Angesichts des relativ hohen Vertrauens in die Sicherheit der belgischen Kernreaktoren ist die hohe Risikowahrnehmung von Kernreaktorunfällen etwas überraschend. Laut der Studie lässt sich dies dadurch erklären, dass die Menschen auch über Unfälle oder die Abfallaufbereitung außerhalb ihres Landes mit Auswirkungen auf Belgien besorgt sind. Das würde bedeuten, dass nach dem Fukushima-Unfall ein größeres Bewusstsein dafür vorhanden ist, dass Atomunfälle weitreichende Folgen haben können.

Darüber hinaus waren 57 % der Befragten der Meinung, dass Belgien seine bestehenden Kernkraftwerke bis zum Ende ihrer Laufzeit weiter betreiben sollte, ohne danach neue zu bauen.

Das Niveau der wahrgenommenen Sicherheit von kerntechnischen Anlagen war 2013 höher als 2011, kurz nach dem Fukushima-Unfall. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass der Sicherheit von kerntechnischen Anlagen in den kommenden Jahren erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt wurde, was zu konkreten Maßnahmen wie Stresstests oder Integritätsprüfungen des Reaktormantels von Doel 3 führte.

Wahrnehmung zur Kompetenz und Zuverlässigkeit der Akteure des Nuklearsektors

Dieses Thema wurde in der Umfrage für das SCK-CEN-Barometer 2011 untersucht. In der Umfrage 2013 wurde gefragt, welche Akteure im Nuklearsektor bekannt sind. Zu den bekannten Akteuren wurden weitere Fragen gestellt. Dies ergab, dass die (damalige) Electrabel / GdF-SUEZ fast jedem bekannt war (96 %). Die folgenden Antworten wurden von Personen gegeben, die Electrabel / GdF-SUEZ kennen:

- Sagt Electrabel / GdF-SUEZ die Wahrheit über die Risiken und Vorteile der Kerntechnologie?
 - Einverstanden oder absolut einverstanden: 29 % im Jahr 2013
- Ist Electrabel / GdF-SUEZ kompetent auf dem Gebiet der Kerntechnologie?
 - Einverstanden oder absolut einverstanden: 62 % im Jahr 2013 (57 % in 2011)

2.7.3.5 Sicherheit und nichtnukleare Unfälle

Das KKW Doel ist eine niederschwellige Seveso-Anlage. Dies bedeutet, dass gefährliche Stoffe in solchen Mengen vorhanden sind, die zwar den niedrigen Grenzwert überschreiten, jedoch unter dem hohen Grenzwert liegen. Unter ‚vorhanden sein‘ verstehen wir: sowohl die tatsächliche oder gewollte Anwesenheit in Lagern, Prozessanlagen, Rohrleitungen usw. (als Rohstoff, Zwischenprodukt, Katalysator, Lösungsmittel, Endprodukt usw.) sowie die Anwesenheit, die sich einstellen kann, wenn ein industrieller chemischer Prozess außer Kontrolle gerät. Die Seveso-Prüfung zeigt, dass das KKW Doel aufgrund der Menge des eingelagerten Gasöls ein niedrigschwelliger Betrieb ist.

Niedrigschwellige Anlagen müssen im Rahmen des Kooperationsabkommens:

- eine Bekanntmachung einreichen
- eine Präventionspolitik entwickeln
- ein Sicherheitsmanagement einrichten, um diese Politik umzusetzen

Ein SWA-VR [Sicherheitsbericht im Rahmen des Kooperationsabkommens] oder ein OVR [Bericht zur Umweltsicherheit] bei der Beantragung einer Umweltgenehmigung sind daher nicht zwingend erforderlich.

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung für die erneuerte Genehmigung wurde im Jahr 2010 eine Bewertung der externen Risiken für Mensch und Umwelt im Hinblick auf die vorhandenen Seveso-Stoffe vorgenommen (Tractebel Engineering, 9/07/2010). Die wichtigsten Ergebnisse sind nachstehend zusammengefasst.

Die folgenden Anlagen enthalten gefährliche Stoffe (d. h. Seveso-Stoffe):

- Gasölanlagen: Lagertanks für die Sicherheits- und Notfallanlagen der Blöcke Doel 1, 2, 3 und 4, für die Beheizung des Lagers, für die Hilfskessel und für die Werkstatt
- Wasserstoffanlagen: Wasserstoffkühlkreislauf der Generatoren der Blöcke Doel 1, 2, 3 und 4
- Hydrazinhaltige (4,9 %) Anlagen: Lagertanks für die Blöcke Doel 1, 2, 3 und 4
- Anlagen mit einer wässrigen Kaliumchromatlösung³³als Konditionierungsmittel im geschlossenen Kühlkreislauf: Puffertanks für die Produktionsanlagen Doel 1/2, 3 und 4 sowie für die Wasseraufbereitungsanlage WAA;
- Lagerhallen: Lagerung von Einzelverpackungen diverser Produkte.

Externe menschliche Risiken

Die externen menschlichen Risiken eines schweren Unfalls wurden mit Hilfe einer Quantitativen Risikoanalyse (QRA) quantitativ abgeschätzt. In diese Analyse wurden nur Produkte mit solchen Eigenschaften (toxisch, brennbar, explosiv) einbezogen, die einen Einfluss auf das externe Risiko für den

³³ Im Jahr 2010 enthielten die Puffertanks noch Konzentrationen von bis zu 16,8 % Kaliumchromat. Unter REACH ist jedoch seit dem 21.9.2017 die Verwendung von Kaliumchromat verboten (es sei denn, man erhält eine Bewilligung oder Ausnahmeregelung). Aus diesem Grund werden die Anlagen nicht mehr mit diesen Konzentrationen befüllt, vielmehr bleiben sie unter 1 % (Lösungen unter 1% fallen nicht unter die Vorschriften).

Menschen haben können. So werden Lösungen mit Kaliumchromat in diesem Abschnitt nicht behandelt, da sie lediglich umweltgefährdend sind.

Die maximalen Wirkdistanzen (größter Abstand zur 1 %igen Letalität) wurden berechnet für:

- Wärmestrahlung
- Überdruckeffekte
- toxische Dämpfe

Die folgenden maximalen Wirkdistanzen wurden berechnet:

Tabelle 2-61 Maximale Wirkdistanzen pro Containment-System

Containment-System	Szenario	Ereignis	Auswirkungen	Maximale Wirkdistanzen
Gasöl-Anlagen	Entzündung	Brand im Auffangbehälter des Hilfskessels (1.200 m ³)	Wärmestrahlung	30 m von der Mitte des Tanks
Wasserstoff-Anlagen	Bruch des Ladeschlauchs + zeitversetzte Entzündung	Explosion	Überdruck	84 m
	Bruch des Ladeschlauches + sofortige Entzündung	Fackelbrand	Wärmestrahlung	27 m
Hydrazin-Anlagen	Bruch der Entladeleitung des Tankfahrzeugs	Freisetzung toxischer Dämpfe	Toxische Wirkungen	Die Verdunstung aus der Pfütze ist minimal; eine Konzentration mit 1 %iger Letalität wird nirgends erreicht.
Einzelverpackungen im Lager	Entzündung	Brand	Wärmestrahlung	ein paar Dutzend Meter

Diese Wirkdistanzen reichen nicht über die Grundstücksgrenze des KKW hinaus. Das externe menschliche Risiko (Gefährdung von Personen, die sich außerhalb des Betriebes aufhalten) ist daher vernachlässigbar.

Umweltrisiken

Im Gegensatz zum externen Risiko für den Menschen wird das Umweltrisiko nicht berechnet und nicht anhand von Risikokriterien geprüft. Die Umweltrisikoaanalyse ist im Wesentlichen eine qualitative Ursache-Wirkungs-Analyse mit einer Auflistung von Präventions-, Schutz- und mitgliedernde Maßnahmen.

Zur Identifizierung von relevanten Bereichen der Anlagen wurde geprüft, wo im Betrieb umweltgefährdende Stoffe³⁴ vorkommen, in welchen Mengen und ggf. in welchen Gebinden diese gelagert werden.

³⁴ Hierbei handelt es sich um Stoffe mit einer oder mehreren der folgenden Eigenschaften: toxisch, wassergefährdend, ätzend, Stoffe mit einem signifikanten biologischen Sauerstoffbedarf (BSB > 0,1 kg O₂/kg), Stoffe, die eine Schwimmschicht bilden können (Stoffe, die leichter als Wasser sind und eine Wasserlöslichkeit von weniger als 100 mg/l haben). Löschwasser muss ebenfalls berücksichtigt werden.

Die Analyse ergab, dass nur die Produkte Hydrazin und Gasöl in Mengen freigesetzt werden können, die den Grenzwert überschreiten.

Für die Anlagen, die diese Produkte enthalten, wurde eine qualitative Umweltrisikoaanalyse nach dem Bow Tie-Modell durchgeführt.

Folgende Bow-Tie-Modelle wurden erstellt:

- Hydrazin-Anlagen Doel 3
- Hydrazin-Anlagen Doel 4
- Hydrazin-Anlagen Doel 1/2
- Gasöl-Anlagen Doel 3
- Gasöl-Anlagen Doel 4
- Gasöl-Anlagen Doel 1/2

Diese Berichte werden bei Seveso-Inspektionen regelmäßig überprüft.

Nachstehend eine kurze Zusammenfassung der durchgeführten Analysen. Da die einzelnen Anlagen nahezu identisch sind, ist dies eine globale Zusammenfassung der Analysen.

Tabel 2-62 Bow-Tie-Analyse Gasöl – Lagerbereich

Installatie : Gasolie Sectie : opslag			
vrijzetting : vrijzetting van gasolie door breuk of lek aan de opslagtank			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Overvulling opslagtank door lossen vrachtwagen	1.1 Controle op voldoende vrije ruimte in de opslagtank door niveaumeting 1.2 Overvulbeveiliging 1.3 Noodstop op de vrachtwagen + permanent toezicht (chauffeur + afgevaardigde KCD)	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden 2. Bodemverontreiniging	1.1 Regelmatige controlerondes 1.2 Alarmering laag peil 2.1 Inkuiping 2.2 Gecontroleerde verwijdering van water (en/ of andere vloeistoffen) in de inkuiping 2.3 Periodieke controle van grondwater 2.4 Grondwater- en bodemsanering
2. Blootstelling aan corrosieve condities	2.1 Coating 2.2 Opslagtanks opgesteld in gesloten lokaal (uitz. tank van hulpstoomketels) 2.3 Periodieke inspectie van de opslagtanks		

Tabelle 2-63 Bow-Tie-Analyse Gasöl – Verladebereich

Installatie : Gasolie Sectie : verlading			
vrijzetting : vrijstelling van gasolie door breuk of lek aan verladingsflexibel			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Beweging van aangekoppelde vrachtwagen	1.1 Procedure: chauffeur niet toegelaten in vrachtwagen tijdens transfer wielblokken plaatsen	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden	permanente aanwezigheid losoperator / chauffeur 1.2 Noodstop op vrachtwagenverpompings
2. Loskoppelen van een producthoudende flexibel	2.1 Procedure: lospistool sluiten aan het einde van de lossing	2. Verspreiding van lekvloeistof naar riolering	2.1 Absorptiemateriaal
3. Gebruik en manipulatie van flexibels (slijtage, ...)	3.1 Keuringsverslag slangen van leverancier	3. Verspreiding via riolering naar Schelde	2.2 Opvangrecipiënt onder vrachtwagen – of vloeistofdichte losplaats 3.1 Opvangputten (H-putten) met biorotor

Tabelle 2-64 Bow-Tie-Analyse Hydrazin – Lagerbereich

Installatie : Hydrazine Sectie : opslag			
vrijzetting : vrijzetting van hydrazine oplossing door lek of breuk aan hydrazine tanks			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Overvulling van hydrazine tank 2. Corrosie	1.1 Niveauregelkring stopt vulling automatisch 1.2 Overloop naar een gesloten put 2.1 Tank staat intern gebouw opgesteld 2.2 Materiaal van de omhulling is corrosiebestendig; nl. Inox	1. Vorming vloeistofplas in lokaal 2. Bodemverontreiniging	1.1 Interventiemateriaal absorptieworsten 2.1 Inkuiping lokaal

Tabelle 2-65 Bow-Tie-Analyse Hydrazin – Verladebereich

Installatie : Hydrazine			
Sectie : verlading			
vrijzetting : vrijzetting van hydrazine oplossing door breuk of lek aan verladingsflexibel			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Beweging van aangekoppelde vrachtwagen	1.1 Procedure: chauffeur niet toegelaten in vrachtwagen tijdens transfer 1.2 Wielblokken plaatsen	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden 2 . Bodemverontreiniging	1.1 Permanente aanwezigheid losoperator / chauffeur 1.2 Noodstop op vrachtwagenverpomp 2.1 Vloeistofdichte vloer met afgesloten opvangbak afgeleid naar riolering 2.2 Interventiemateriaal absorptieworsten
2. Loskoppelen van een producthoudende flexibel	2.1 Procedure leegmaken flexibel op het einde van de lossing	3. Verspreiding via riolering naar Schelde	3.1 Opvangputten (H-putten) met biorotor
3. Gebruik en manipulatie van flexibels (slijtage,...)	3.1 Keuringsverslag slangen van leverancier		

Die getroffenen Maßnahmen zur Verhinderung der Freisetzung von Hydrazin und Gasöl und zur Begrenzung von Umweltfolgeschäden zeigen, dass das verbleibende Umweltrisiko vernachlässigbar ist.

2.7.4 Folgenabschätzung

2.7.4.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2019

Die Beschreibung der Arbeiten, die im Zusammenhang mit den Anpassungen für einen langfristigen Betrieb (LTO) durchgeführt wurden, findet sich im allgemeinen Teil der UVP (s. Abschnitte 1.6.2 und 1.7.1).

Von der Inbetriebnahme zusätzlicher Dieseldgeneratoren im GUM-Gebäude abgesehen (Zeitraum 2015-2017) gab es in diesem Zeitraum keine Veränderungen, die einen signifikanten Einfluss auf gesundheitsrelevante Umweltstressoren haben.

Daher wurde im Bereich Lärm wie für die Ausgangssituation eine zeitlich gewichtete Auswirkung auf Grundlage der Betriebsstunden dieser Notstromanlagen ermittelt. Der Betrieb der diskontinuierlichen Quellen führt zu einem zeitgewichteten spezifischen Lärm von 20,3 bis 32,2 dB(A) in Höhe der nächstgelegenen Wohnhäuser (immer noch deutlich unter dem spezifischen Lärm der kontinuierlichen Quellen).

Der zeitgewichtete spezifische Gesamtlärm beträgt bei den Wohnungen 38,5 bis 41,8 dB(A). Der Unterschied zur Situation 2013-2014 beträgt höchstens 0,1 dB(A), was völlig vernachlässigbar ist. Die Umweltqualitätsnorm für den Tag (50 dB(A)) wird nicht überschritten.

Es gibt keine Änderungen des Betriebs der kontinuierlichen Quellen im Vergleich zur Ausgangssituation.

Der Einfluss der kontinuierlichen und diskontinuierlichen Quellen führt zu einer Erhöhung um 0,8 bis 1,5 dB(A) gegenüber dem ursprünglichen Umgebungslärm. Dieser Unterschied ist nicht hörbar. Dies gilt a fortiori auch für weiter entfernt liegende Wohnhäuser (Ortschaft Ouden Doel (IP-13), Wohngebiet Lillo). Die Auswirkungen des KKW auf die nächstgelegenen Wohnungen werden (mit einem spezifischen Beitrag von mehr als 1 dB(A)) als begrenzt negativ bewertet, da die Umweltqualitätsnorm bereits überschritten wird.

Für die übrigen Häuser und weiter entfernt liegenden Wohngebiete sind die Auswirkungen vernachlässigbar.

Die Auswirkung des Betriebs oder Nichtbetriebs der Kraftwerke Doel 1 und 2 auf das wahrgenommene Gesamtrisiko des KKW wird als vernachlässigbar angesehen.

Die mit dem Bau der CFVS-Gebäude und des FE-Pumpengebäudes verbundenen Arbeiten (Erdbewegungen, Fundamente, Materialanlieferung usw.) führen ebenfalls zu Lärmemissionen. Zusammen mit den kontinuierlichen und zeitlich gewichteten diskontinuierlichen Quellen ergibt sich ein spezifischer Beitrag des KKW in Höhe der nächstgelegenen Wohnhäuser von 39 bis 42,3 dB(A). Die Umweltqualitätsnorm für den Tag (50 dB(A)) wird nicht überschritten. Der Lärmpegel erhöht sich um 0,9 bis 1,7 dB(A) im Vergleich zum ursprünglichen Umgebungslärm. Die Arbeiten selbst verursachen keine relevante Erhöhung des ursprünglichen Umgebungslärmpegels (maximal 0,2 dB(A)).

Es werden keine weiteren gesundheitlichen Auswirkungen festgestellt, die eine weitere Evaluation erfordern.

2.7.4.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2020-2025)

2.7.4.2.1 Lärmbelästigung

Es gibt keine Änderungen des Betriebs der kontinuierlichen Quellen im Vergleich zur Ausgangssituation. Die Situation in Bezug auf diskontinuierliche Quellen für den Zeitraum 2020-2025 entspricht der Situation 2015-2019 (siehe Abschnitt 2.7.4.1).

2.7.4.2.2 Schatten der Wasserdampffahne

Es gibt keine Änderungen beim Betrieb der offenen Kühltürme Doel 3 und 4 in der LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation (siehe Abschnitt 2.7.3.3).

2.7.4.2.3 Infektionsgefahr durch Legionellen

Es gibt keine Änderungen infolge des LTO-Projekts beim Betrieb der offenen Kühltürme Doel 3 und 4 im Vergleich zur Ausgangssituation.

Es wird daher auf Abschnitt 2.7.3.3 verwiesen.

2.7.4.2.4 Psychosomatische Aspekte und Risikowahrnehmung *SCK•CEN Barometer*

Für den Zeitraum von 2015 bis heute liegen folgenden Daten vor:

- Barometer 2015: 1028 Interviews zwischen 11.09.2015 und 13.10.2015
- Barometer 2018: 1083 Interviews zwischen 27.11.2017 und 26.02.2018

Einstellung zur Kernenergie

Die Einstellung zur Kernenergie hat sich in den letzten Jahren im Vergleich zu 2013 stärker ausgeprägt und polarisiert: 2018 waren 26 % der Befragten weder dafür noch dagegen (im Vergleich zu 35 % im Jahr 2015 und 38 % im Jahr 2013), 35 % waren 2018 dagegen oder absolut dagegen (im Vergleich zu 26 % im Jahr 2015 und 32 % im Jahr 2013), 37 % waren 2018 dafür oder absolut dafür (ebenfalls 37 % im Jahr 2015 und 27 % im Jahr 2013).

In den Jahren 2015 und 2018 wurden erneut mehrere Risikobereiche abgefragt, um die Wahrnehmung potenzieller Risiken für die eigene Gesundheit zu bewerten. Der Prozentsatz der Befragten mit einer hohen oder sehr hohen Wahrnehmung des Risikos durch nukleare oder chemische Unfälle und Abfälle im Jahr 2018 ist ähnlich wie im Jahr 2013 und etwas niedriger als 2015. Medizinische Röntgenstrahlen und natürliche Strahlung gelten immer noch als am wenigsten riskant.

Im Vergleich zu 2013 fühlen sich die Menschen etwas weniger vor den Risiken kerntechnischer Anlagen geschützt: 40 % fühlen sich 2015 und 35 % 2018 gut geschützt, verglichen mit 42 % im Jahr 2013; während sich 2015 35 % und 2018 45 % unsicher fühlen (verglichen mit 30 % im Jahr 2013).

Der Prozentsatz der Befragten, die der Meinung sind, dass Kernreaktoren in Belgien sicher sind, ist 2018 ähnlich hoch wie 2015, aber im Vergleich zu 2013 leicht gesunken (siehe Abbildung 2-60).

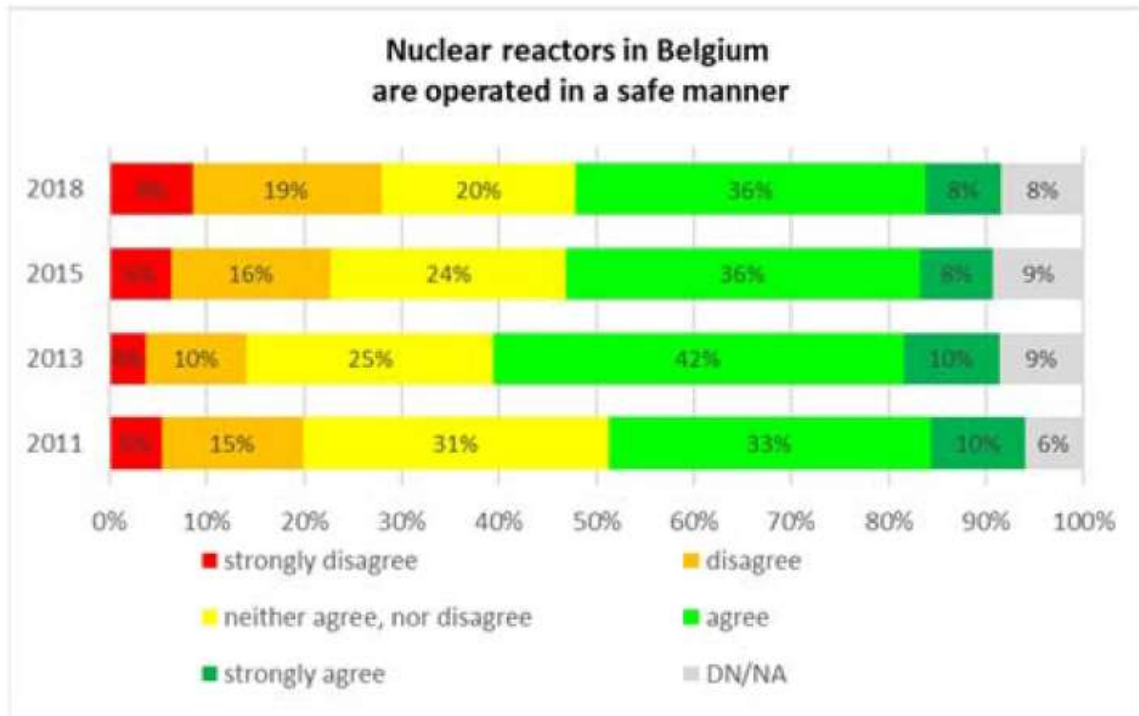


Abbildung 2-60 Wahrnehmung der Kernreaktorsicherheit in Belgien im Zeitraum 2011-2018 (N>1000, gewichtete Stichprobe in 2015 und 2018)

Die folgenden Antworten wurden von Personen gegeben, die ENGIE Electrabel³⁵ kennen:

- Sagt ENGIE Electrabel die Wahrheit über die Risiken und Vorteile der Kerntechnologie?
 - Einverstanden oder absolut einverstanden: 18 % im Jahr 2018, 21 % im Jahr 2015 (gegenüber 20 % im Jahr 2013 und 14 % im Jahr 2011).
- Ist ENGIE Electrabel kompetent auf dem Gebiet der Kerntechnologie?
 - Einverstanden oder absolut einverstanden: 49 % im Jahr 2018, 58 % im Jahr 2015 (gegenüber 62 % im Jahr 2013 und 59 % im Jahr 2011).

Es gab keine signifikanten Trends beim Vertrauen in ENGIE Electrabel.

Obwohl die Ergebnisse des Barometers sehr interessant sind, zeigen sie nicht, ob die befragten Personen sich so sehr vor einem Atomunfall fürchten, dass sie (Anwohner oder Personen, die weiter entfernt von einem Atomkraftwerk wohnen) dadurch psychosomatische Beschwerden entwickeln (z. B. Schlaflosigkeit, Kopfschmerzen, Rückenprobleme).

³⁵ Electrabel GdF SUEZ in der Umfrage 2015

Es ist jedoch zu erwarten, dass bei einem nuklearen Unfall sowohl physische als auch psychische Auswirkungen auf die Gesundheit auftreten. Der Schweregrad dieser gesundheitlichen Auswirkungen hängt natürlich von der Schwere des nuklearen Unfalls ab.

Andererseits wird die Risikowahrnehmung (unabhängig davon, ob sie zu gesundheitlichen Auswirkungen führt oder nicht) durch das Wissen über diese Risiken beeinflusst.

Die Erhebungen zum SCK-CEN-Barometer zeigen, dass das Wissen der Befragten über ionisierende Strahlung relativ gering ist. Mehr als jeder vierte Befragte hat keine Kenntnisse über die natürliche Radioaktivität des menschlichen Körpers, den radioaktiven Zerfall oder den Unterschied zwischen Bestrahlung und Kontamination. Das allgemeine Wissen über den Nuklearsektor ist etwas größer als das spezifische Wissen über radioaktive Strahlung. Zwei von drei Befragten wissen, dass radioaktiver Müll nicht nur in Kernkraftwerken anfällt und 80 % wissen, dass radioaktiver Müll getrennt von chemischem Abfall behandelt wird.

Kommunikation

ENGIE Electrabel und das KKW informieren die Öffentlichkeit über verschiedene Kanäle. ENGIE Electrabel ist im Belgischen Nuklearforum vertreten. Dieses Forum bringt die Mehrzahl der Unternehmen und Einrichtungen zusammen, die in den verschiedenen Anwendungsbereichen der Kerntechnologie tätig sind. Das Belgische Nuklearforum informiert über eine Website (www.nucleairforum.be) und verschiedene Aktionen, die von der Durchführung von Konferenzen und technischen Besuchen bis zur Veröffentlichung von allgemeinen Informationsbroschüren und Dokumenten über Kernenergie und -technologie reichen.

Das KKW selbst hat eine Richtlinie für die interne und externe Kommunikation erstellt. Dazu gehören u. a. alle Auskunftsanfragen, die Untersuchung und Bearbeitung von Beschwerden, aber auch die aktive Information interessierter Zielgruppen, darunter natürlich auch die der Anwohner. In diesem Sinne wurde das Doel Infocenter gegründet (1997), ein Besucher- und Informationszentrum. Aufgrund der immer strengeren Zugangsregeln und Gesetze sind diese Besuche nun nicht mehr möglich. Fotos und Bildmaterial können weiterhin in der Mediathek (<https://nuclear.engie-electrabel.be/nl/pers-media>) eingesehen werden. Darüber hinaus verteilt das KKW vierteljährlich eine Informationszeitschrift, „Doelbewust“, an die Anwohner in einem Umkreis von 15 km um den Standort. Darin informiert es über Kernenergie und deren Erzeugung, über energierelevante Themen (rationelle Energienutzung), aber auch über die Bemühungen des KKW auf dem Gebiet der Sicherheit und des Umweltschutzes. Im Rahmen der EMAS-Mitgliedschaft (seit 2002) veröffentlicht das KKW außerdem jährlich eine validierte Umwelterklärung über seine Umweltverträglichkeit.

Das KKW-eigene Prozedere stellt sicher, dass jede Anfrage, die über einen beliebigen Kanal eingeht, beantwortet wird. Dies geschieht mit Hilfe von sogenannten Umweltkommunikationsabläufen.

Das KKW arbeitet auch in verschiedenen Naturschutzprojekten (Wanderfalken-Projekt) und Naturerlebnisprojekten (Ökoradweg Doel) mit.

Schließlich organisiert das KKW auch verschiedene Formen der Beratung mit interessierten Gruppen. Zum einen gibt es den Expertenrat, in dem sich Vertreter der verschiedenen Gemeinden rund um das

Kraftwerk mit dem KKW-Management treffen, um das Verständnis zwischen dem Kraftwerk und seiner Umgebung zu fördern. Die Berichte dieser Expertengruppe sind öffentlich. Zum anderen gibt es die Umweltkonzertierung, bei der sich das KKW mit Vertretern verschiedener Umwelt- und Naturschutzorganisationen sowie lokalen und regionalen Regierungsstellen trifft.

Fazit

Obwohl ein erheblicher Teil der Bevölkerung über einen Atomunfall besorgt ist, gibt es keine Daten dafür, dass dieses als hoch wahrgenommene Risiko auch psychosomatische Auswirkungen hat. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass im Falle eines nuklearen Unfalls Auswirkungen auf die psychische Gesundheit zu erwarten sind.

Die Auswirkungen des Betriebs oder Nichtbetriebs der Kraftwerke Doel 1 und 2 auf die Wahrnehmung des Gesamtrisikos aufgrund des KKW (siehe Abschnitt 2.7.4.4.3) werden als vernachlässigbar angesehen.

2.7.4.2.5 Sicherheit und nichtnukleare Unfälle

Die LTO-Situation unterscheidet sich nicht wesentlich von der Ausgangssituation. Seit 2013/2014 sind einige Dieselgeneratoren hinzugekommen, aber da die gelagerten Mengen an Gasöl bei diesen Generatoren viel geringer ist als bei den Hilfskesseln (1.200 m³), ist der Wannenbrand des letzten Lagertanks immer noch ein repräsentatives Szenario.

Folglich ist das externe Risiko für den Menschen weiterhin vernachlässigbar.

Es gibt keine weiteren Änderungen mit Auswirkungen auf das externe Risiko für Menschen.

Da die Art und Weise der Lagerung und Anlieferung der umweltgefährdenden Produkte unverändert bleibt, gelten die gleichen Bow-Tie-Modelle für das Umweltrisikomanagement. Diese zeigen, dass das verbleibende Umweltrisiko vernachlässigbar ist.

Ergänzend zum Sicherheitsbericht, der das externe menschliche Risiko bei Unfällen mit Gefahrstoffen analysiert, können die Folgen solcher Unfälle auf Umwelt und Gesundheit (außer dem unmittelbaren Tod) qualitativ beschrieben werden. Wie im Sicherheitsbericht angegeben, sind Brand, Explosion und Freisetzung von Hydrazin mögliche Unfallszenarien. Im Jahr 2009 führte das RIVM [belgisches Institut für öffentliche Gesundheit und Umwelt] eine Studie³⁶ über die Ausbreitung von Stoffen bei Bränden durch.

Der RIVM-Bericht, der auf einer großen Anzahl von Messungen basiert, besagt u. a. dass generell ab einem Abstand von einem Kilometer zum Brandherd keine Gefahr für Mensch und Umwelt besteht. Ausnahmen sind sehr große Brände oder Brände, bei denen Menschen und Umwelt sehr gefährlichen Stoffen ausgesetzt sind, z. B. ein Brand in einem großen Lager mit PVC-Materialien oder erheblichen Pestizid-Beständen. Wenn es zu einer Erhöhung der Konzentration bestimmter Schadstoffe kommt, ist diese so gering, dass sie im Falle einer Exposition keine gesundheitlichen Risiken birgt. Im Umkreis von einem Kilometer um den Brandherd können jedoch erhöhte Konzentrationen in der Luft auftreten, wobei von Fall zu Fall zu prüfen ist, welche Stoffe ein Risiko darstellen können, wie hoch die Exposition gegenüber diesen Stoffen ist und welche Schädigungen der Umwelt und der Gesundheit möglich sind.

Die Ablagerung von Staubpartikeln aus einem Brand und die daraus resultierende Belastung der Umwelt und Pflanzenwelt ist in der Regel nicht sehr hoch, vor allem, wenn die Rauchfahne sehr hoch aufsteigt. In

³⁶ RIVM-Bericht 609022031/2009, 'Verspreiding van stoffen bij branden: een verkennende studie'. 2009.

Fällen, in denen ein signifikanter oder starker Anstieg zu verzeichnen ist, erstreckt sich der Bereich, in dem der Anstieg auftritt, auf maximal einige hundert Meter vom Brandherd. Ab einer Entfernung von etwa einem halben Kilometer ist die Deposition fast immer gleich Null und führt in keinem Fall zu schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt oder einer signifikanten Kontamination der Nahrungskette (Pflanzen oder Produkte von Tieren im Einwirkungsbereich). Kritische Komponenten sind Dioxine, PAH, einige Schwermetalle und gelegentlich Komponenten wie bromierte Dioxine, Nitro-PAH und Schwefel-PAH, die aus bestimmten Materialien herstammen.

Aus der Literatur geht hervor, dass die meisten Tiere empfindlicher auf die Inhalationsexposition von Hydrazin reagieren. Da jedoch die 1 %ige (menschliche) letale Konzentration bei einem möglichen Unfall nicht erreicht wird und Hydrazin in der Atmosphäre instabil ist (Lebensdauer ca. 1 Std. in reiner Atmosphäre), wird es sich nicht über große Entfernungen ausbreiten, so dass keine relevanten Auswirkungen auf die Fauna außerhalb des Betriebsgeländes zu erwarten sind.

Außerdem reagieren Tiere im Allgemeinen empfindlicher auf Überdosierungseffekte als Menschen (wobei Vögel empfindlicher als Säugetiere und kleine Säugetiere empfindlicher als große Säugetiere sind). Die maximale Wirkdistanz für die 1 %ige (menschliche) Letalität betrug nur 84 m. Diese Wirkdistanz reicht nicht über die Grundstücksgrenze des KKW hinaus. Da der Überdruck in einer offenen Umgebung exponentiell mit der Entfernung abnimmt, wird die Wirkung außerhalb der Standortgrenzen schnell abnehmen. Es sind daher keine relevanten Auswirkungen auf die Fauna zu erwarten.

Insgesamt wird das Risiko signifikanter Umwelt- und Gesundheitsschädigungen durch nichtnukleare Unfälle als sehr gering eingeschätzt.

2.7.4.3 Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)

2.7.4.3.1 Lärmbelästigung

Während des Zeitraums der endgültigen Stilllegung werden die sicherheitsrelevanten Kabelbäume, einschließlich der Dieselgruppen, wie bisher gewartet und überprüft (sofern dies in den letzten drei Monaten möglich ist). Für die Erörterung einer eventuellen Lärmbelästigung wird daher auf Abschnitt 2.7.4.2.1 verwiesen.

2.7.4.3.2 Schatten der Wasserdampffahne

Während dieses Zeitraums gibt es keine Änderungen beim Betrieb der offenen Kühltürme Doel 3 und 4 gegenüber der Ausgangssituation (siehe Abschnitt 2.7.3.3).

2.7.4.3.3 Infektionsgefahr durch Legionellen

Während dieses Zeitraums gibt es keine Änderungen beim Betrieb der offenen Kühltürme Doel 3 und 4 gegenüber der Ausgangssituation.

Es wird daher auf Abschnitt 2.7.3.3 verwiesen.

2.7.4.3.4 Psychosomatische Aspekte und Risikowahrnehmung

Während der endgültigen Stilllegung nimmt das von Doel 1/2 ausgehende nukleare Risiko ab, da die Radioaktivität in den Anlagen von Doel 1/2 geringer ist. In diesem Zeitraum wird zudem kein Strom mehr erzeugt. Es ist möglich, dass dies eine Auswirkung auf die Risikowahrnehmung des KKW insgesamt hat, aber es ist wahrscheinlich, dass dieser Effekt gering ist.

Es wird in jedem Fall kein Unterschied zwischen den Auswirkungen einer endgültigen Stilllegung in den Jahren 2015-2019 und einer Stilllegung in den Jahren 2025-2029 erwartet.

2.7.4.3.5 Sicherheit und nichtnukleare Unfälle

Zu Beginn der definitiven Stilllegung werden die Wasser-Dampf-Kreisläufe und die Misch- und Einspritztanks von Doel 1/2 geleert, so dass kein Hydrazin mehr vorhanden ist. Somit können hier keine giftigen Dämpfe mehr freigesetzt werden. Das damit verbundene (vernachlässigbare) Risiko ist somit inexistent.

Die Wasserstoffflaschen für den Kühlkreislauf von Doel 1/2 werden ebenfalls zu Beginn der definitiven Stilllegung geleert. Die damit einhergehende Explosionsgefahr ist dann nicht mehr gegeben.

Die Dieseltanks der Notstromaggregate werden erst am Ende der definitiven Stilllegung geleert, bzw. frühestens, wenn die verstrahlten Kernbrennstoffe aus den Docks entfernt sind. Die damit verbundene Brandgefahr bleibt daher während dieser Zeit gegeben.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das externe Risiko für Menschen in Form von Unfällen mit gefährlichen Stoffen während der Phase der endgültigen Stilllegung etwas geringer (und immer noch vernachlässigbar) sein wird.

Das Gleiche gilt für die Umweltrisiken. Die Umweltrisiken, die von den Gasölanlagen Doel 1/2 ausgehen, bestehen fort, während die Risiken der Hydrazin-Anlagen von Doel 1/2 entfallen werden.

2.7.4.4 Null-Variante

2.7.4.4.1 Lärmbelästigung

Der Bereich Lärm zeigt, dass es keinen nennenswerten Unterschied im Lärmbeitrag der kontinuierlichen Quellen des KKW in Höhe der nächstgelegenen Wohnhäuser bei der LTO-Situation im Vergleich zur No-LTO-Situation geben wird. Während des Zeitraums der endgültigen Stilllegung (2015-2019) werden die Sicherheitssysteme wie zuvor überprüft. Die neu hinzugekommenen Dieselgruppen wurden nicht im Hinblick auf einen langfristigen Betrieb installiert. Für die Diskussion wird daher auf Abschnitt 2.7.4.2.1

Danach (2020-2025) würden die Notfallaggregate Doel 1/2 nicht mehr getestet werden. Dadurch wird die Gesamtlärmentwicklung des KKW im Vergleich zur Situation vor 2020 nur um 0,5 dB(A) gemindert.

2.7.4.4.2 Schatten der Wasserdampffahne

Die Wasserdampffahnen werden von den offenen Kühltürmen Doel 3 und 4 emittiert. Bei der Null-Variante würde sich am Betrieb dieser Kühltürme im Vergleich zur Ausgangssituation nichts ändern. Infektionsgefahr durch Legionellen

Bei der Null-Variante werden Doel 1 und 2 keinen Kühlwasserbedarf mehr haben. Da die Hilfskühltürme Doel 1 und 2 die einzigen Kühltürme sind, von denen das Risiko einer Legionelleninfektion für die

Umgebung ausgeht, kann festgestellt werden, dass das Risiko einer Legionelleninfektion in der Umgebung³⁷ in diesem Szenario ausgeschlossen ist.

2.7.4.4.3 Psychosomatische Aspekte und Risikowahrnehmung

Bei der Null-Variante werden die Kraftwerke Doel 1 und 2 abgeschaltet. Die Kraftwerke Doel 3 und 4 werden jedoch weiter in Betrieb bleiben. Es wird erwartet, dass sich die Risikowahrnehmung des KKW insgesamt (und eventuelle psychosomatische Auswirkungen) im Vergleich zur LTO-Situation nicht ändert (vernachlässigbarer Effekt).

2.7.4.4.4 Sicherheit und nichtnukleare Unfälle

Während des endgültigen Stilllegungszeitraums (2015-2019) werden einige gefährliche Stoffe entsorgt, wie in Abschnitt 2.7.4.3.5 dargelegt (es gibt keinen Unterschied zu einer Stilllegung im Jahr 2025).

In der Zeit danach (2020-2025) werden auch die Dieseltanks geleert. Das damit verbundene (vernachlässigbare) Risiko ist dann inexistent.

Auch die Umweltrisiken, die von den Gasölanlagen Doel 1/2 und Hydrazin ausgehen, entfallen daraufhin.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Risiken für Umwelt und Menschen infolge von Unfällen mit gefährlichen Stoffen bei der Null-Variante etwas geringer als im LTO-Szenario und in beiden Fällen vernachlässigbar sind.

2.7.4.5 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Die Auswirkungen der Lärmbelästigung, der Schattenbildung durch die Wasserdampffahne und das Infektionsrisiko für Legionellen sind angesichts der Entfernung zum KKW vernachlässigbar.

Aber auch die Menschen in den Niederlanden sind möglicherweise besorgt über das Risiko eines nuklearen Unfalls im KKW. Wie für Flandern bzw. Belgien liegen keine spezifischen Daten über psychosomatische Auswirkungen infolge dieser Risikowahrnehmung vor. Es wird erwartet, dass sich die Risikowahrnehmung des KKW insgesamt (und eventuelle psychosomatische Auswirkungen) im Vergleich zur LTO-Situation nicht ändert (vernachlässigbarer Effekt).

2.7.5 Monitoring

Da die Auswirkungen als vernachlässigbar bewertet werden, wurden keine Überwachungsvorschläge formuliert.

³⁷ Kontaminationsquellen für Mitarbeiter, wie Luftbefeuchter und Warmwasserquellen, werden hier nicht berücksichtigt.

2.7.6 Mitigierende Maßnahmen und Empfehlungen

Da es keine signifikanten Auswirkungen gibt, werden keine mitigierenden Maßnahmen oder Empfehlungen vorgeschlagen.

2.7.7 Wissenslücken

Soweit bekannt, gibt es keine Daten über das Auftreten von psychosomatischen Beschwerden (in der näheren Umgebung oder in Belgien bzw. Flandern insgesamt) als Folge des KKW-Betriebs in Doel.

Es liegen jedoch Daten aus Erhebungen und Umfragen zur Einstellung (inkl. Risikowahrnehmung) der breiten belgischen Bevölkerung gegenüber Kernenergie, Kerntechnik und Kernkraftwerken vor. Obwohl psychosomatische Effekte mit der Risikowahrnehmung verknüpft sind, lässt sich daraus nicht ableiten, dass Personen, die das Risiko eines nuklearen Unfalls als hoch wahrnehmen, auch psychosomatische Beschwerden entwickeln.

2.7.8 Schlussfolgerungen

Die obige Analyse zeigt, dass die Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2, einschließlich des Baus und Betriebs der Kraftwerke sowie der Aktivitäten während der endgültigen Abschaltung, keine relevanten gesundheitlichen Auswirkungen im Vergleich zur Null-Variante nach sich ziehen.

2.8 Mensch – Mobilität

Anhang A - Karte 1: Lage des Projektgebiets auf einer topographischen Karte

Anhang A - Karte 2: Straßenkarte

2.8.1 Methodologie

2.8.1.1 Abgrenzung der Studie

Das Untersuchungsgebiet für den Bereich Mensch – Mobilität umfasst die Anbindungsinfrastruktur in unmittelbarer Nähe des Projekts und die R2.

Die Anbindung des KKW erfolgt hauptsächlich über die Lindenhofstraat bzw. den Oostlangeweg. Der wichtigste Knotenpunkt für die Anbindung an das übergeordnete Straßennetz ist die Kreuzung Oostlangeweg/N451 (siehe Abbildung 2-61).

Der Oostlangeweg stellt die Anbindung in Richtung Waaslandhaven (Kieldrechtsluis) und R2 (Richtung Antwerpen, Brügge, Niederlande) dar. Die N451 ermöglicht die Anbindung des Kraftwerks in Richtung Niederlande (Hulst).

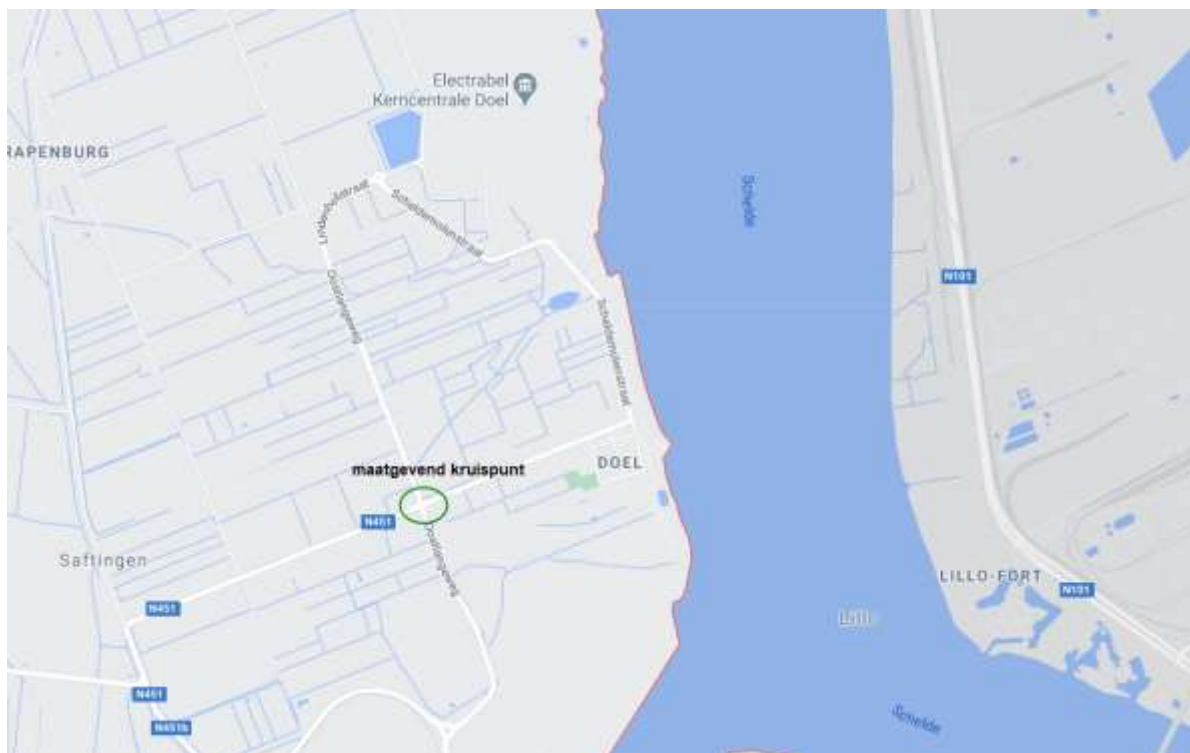


Abbildung 2-61 Situation der Zufahrten auf Mesoebene

Die Zufahrten zum Gelände befinden sich in der Nähe der Paardenschorstraat und der Scheldemolenstraat (siehe Abbildung 2-62).



Abbildung 2-62 Lage der Zufahrten

2.8.1.2 Beschreibung der Ausgangssituation

Das Anbindungsprofil in der Ausgangssituation beinhaltet eine Beschreibung der Netze für die verschiedenen Verkehrs- und Transportmodi (langsamer Verkehr, ÖPNV, Güterverkehr, Autoverkehr) in Abhängigkeit von der Erreichbarkeit des Projektgebietes.

2.8.1.3 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen

Infolge der Arbeiten am KKW zwecks Anpassungen für den LTO (= langfristiger Betrieb) kommt es zu Baustellenverkehr für den Transport von Menschen und Material. Der Verkehrsfluss zum und vom KKW wird daher vorübergehend zunehmen. Auch der Verkehrsfluss während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation wird kartiert, um seine Auswirkungen auf die Verkehrssituation aufzuzeigen. Darüber hinaus wird auch untersucht, ob sich die Verkehrssituation während der endgültigen Stilllegung und bei der Null-Variante ändert.

Für den Bereich Mensch – Mobilität werden die Auswirkungen wie folgt beschrieben:

- Änderung der Verkehrssituation: quantitative Beschreibung auf der Grundlage einer Schätzung des Verkehrsaufkommens und des daraus resultierenden -Intensitäts-/Kapazitäts-(I/C-)Verhältnisses der Straßenabschnitte bzw. Kreuzungen.

Erläuterung der Folgenabschätzung:

- Änderung der Verkehrssituation: Bewertung auf der Grundlage (der Änderung) des I/C-Verhältnisses in der künftigen Situation gemäß dem folgenden Bewertungsrahmen (Tabelle 2-66).

Tabelle 2-66 Signifikanzrahmen Bereich Mensch-Mobilität

Verzadigingsgraad toekomstige situatie (incl. plan/project)	Evolutie t.o.v. verzadigingsgraad referentiesituatie (in procentpunt*)								
	Toename verzadigingsgraad				Verschil < 5 %-punt	Afname verzadigingsgraad			
	> 50 %-punt	20 à 50 %-punt	10 à 20 %-punt	5 à 10 %-punt		5 à 10 %-punt	10 à 20 %-punt	20 à 50 %-punt	> 50 %-punt
>100%	---	---	---	--	0	0	0	+	+
90-100%	---	---	--	-	0	0	+	++	++
80-90%	--	--	-	-	0	+	++	+++	+++
<80%	-	-	0	0	0	+	+++	+++	+++

Da keine Verkehrsdaten verfügbar sind, basiert die Bewertung auf Annahmen und dem Expertenurteil.

2.8.2 Ausgangssituation

2.8.2.1 Allgemeines

Das KKW ist über das öffentliche Wegenetz und dank seiner Lage an der Schelde auch auf dem Wasserweg zu erreichen. Für letztere Anbindung verfügt das KKW über einen Roll-on-Roll-off-Kai, an dem schweres Material angeliefert werden kann. Dieser Kai wird eher sporadisch genutzt.

Der mit dem täglichen Betrieb des KKW verbundene Transport erfolgt hauptsächlich über die Straße. Das Verkehrsaufkommen wird hauptsächlich durch die Fahrzeuge des Personals und der Subunternehmer auf dem Weg zum und vom Standort verursacht. Hinzu kommen die Transporte zwecks Versorgung und Wartung der Anlagen (Chemikalien, Treibstoffe, Ersatzteile, Abfallentsorgung).

Der (Schwer-)Verkehr zum und vom Kernkraftwerk erfolgt über den Waasland-Hafen, genauer gesagt über das Deurganck-Dock, mit einer Anbindung an die R2. Diese Straßen durchqueren keine Wohngebiete. Auf dieser Hauptstrecke gibt es natürlich noch eine Reihe anderer Routen, auf denen der Verkehr durch die Polder verläuft, möglicherweise über Kieldrecht und die N451 direkt zur Anbindung an die Schnellstraße N49 Antwerpen-Knokke. Von der R2 gibt es eine Verbindung zur A12, zur E34, zur N70, zur E17 bzw. zur E19.

Das KKW verfügt über einen Parkplatz mit ca. 1.500 Stellplätzen für die Fahrzeuge der Mitarbeiter und Auftragnehmer. Im Durchschnitt sind etwa 1.700 Personen auf dem Gelände anwesend (tagsüber), und diese Präsenz entspricht in etwa 1.300 Fahrzeugen (PKW, LKW, Lieferwagen usw.). Folgende Aufteilung wird angenommen: 900 PKW, 300 Lieferwagen, 100 LKW. Dies ist ein Durchschnittswert, der bei größeren Arbeiten/Überholungen ansteigt.

Der Personentransport zur und von der Baustelle findet zu Spitzenzeiten statt, während die Lieferungen per LKW den ganzen Tag über zu erwarten sind. In Spitzenzeiten beträgt der Personenverkehr bis zu 600 pwe/h (Pkw-Einheiten pro Stunde), ergänzt durch eine LKW-Dichte von 25 pwe/h (100 Lkw entsprechen 200 pwe, verteilt auf acht Stunden). Zu den verkehrsreichsten Zeiten (zwischen 7.00 und 9.00 Uhr sowie zwischen 16.00 und 18.00 Uhr) ergibt dies 625 pwe/h (Projekt-UVP, Verlängerung der Vlarem-Genehmigung, Vincotte, 2010).

Die Präsenz des KKW auf dem Gebiet von Beveren hat natürlich einen Einfluss auf die Verkehrsströme und die Verkehrsbewältigung. Das Hafengebiet ist lokal gut erreichbar und von der R2 direkt an wichtige Verkehrsadern wie die A12, die E34, die N70, die E17 oder die E19 angebunden. Es ist jedoch logisch, dass das KKW, wie jedes andere Unternehmen auch, an der Sättigung des Straßennetzes um Antwerpen zu Spitzenzeiten beteiligt ist. Eine Sättigung des lokalen Straßennetzes von und zum KKW findet nicht statt. Allerdings ist starker Verkehr im morgendlichen und abendlichen Berufsverkehr möglich.

In der Ausgangssituation gibt es einige Abschnitte auf der R2 (linkes Ufer) und den Verbindungsabschnitten der E34 und der A12, bei denen das I/C-Verhältnis des Straßenverkehrs zu Spitzenzeiten ein Verhältnis von 80-100 % erreicht (im Allgemeinen liegt dieses Verhältnis unter 80 %). In den Hauptverkehrszeiten treten noch keine strukturellen Staus auf. In den verschiedenen untersuchten Szenarien für die künftige Anbindung Antwerpens (Plan-UVP Oosterweel-Verbindung, Antea, Januar 2014) wird auch auf der R2 keine Sättigung erreicht.

2.8.2.2 Fußgänger

Netz

Im Untersuchungsgebiet ist kein Wegenetz für Fußgänger oder Wanderer vorhanden. Es gibt jedoch einen Fußweg auf dem Scheldedeich, der das KKW mit dem Polderdorf Doel verbindet.

Infrastruktur

An den umliegenden Straßen gibt es keine Fußwege.

2.8.2.3 Fahrradverkehr

Netzwerk

Die N451 bzw. der Engelsesteenweg und der Oostlangeweg wurden als funktionale Fahrradrouten in das überörtliche, funktionale Fahrradrouthenetz aufgenommen, das eine Schleife im Dorf Doel bildet (Abbildung 2-63).



Abbildung 2-63 Überörtliches funktionales Fahrradrouthenetz (Quelle: gisoost.be)

Innerhalb des Radwanderwegenetzes wurde die Scheldemolenstraat als Radwanderweg ausgewiesen. Dieser verbindet den Fahrradknoten 17 („fietsknoop“) 13 mit Doel. Der Oostlangeweg wurde auch als Radwanderweg ausgewählt. Dieser verbindet die Fahrradknoten 14 und 17. In der Nähe findet man ebenfalls den Fahrradknoten 16 (Abbildung 2-64).

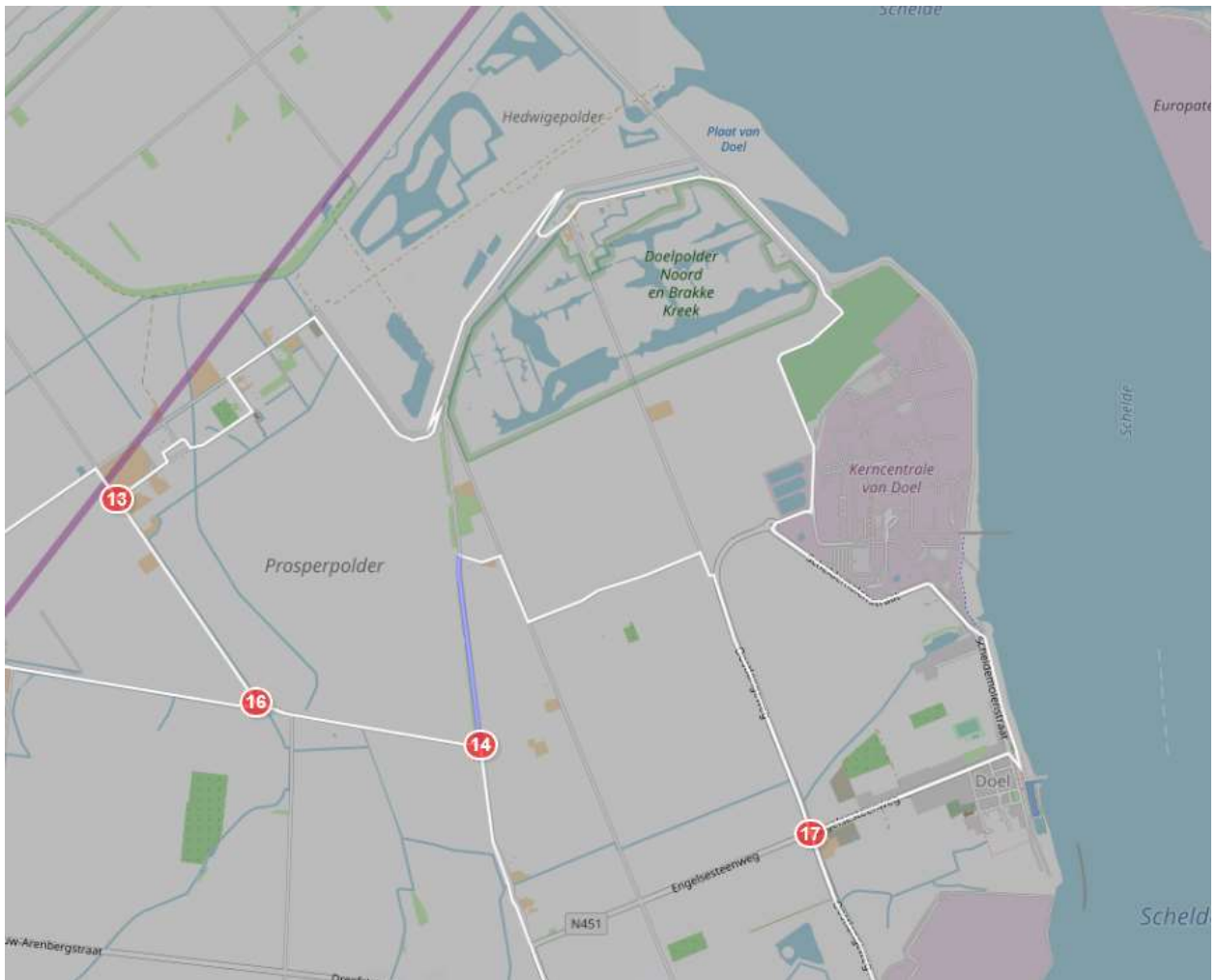


Abbildung 2-64 Fahrradknotensystem (Quelle: fietsnet.be)

Infrastruktur

Entlang der Paardenschorsstraat gibt es keine Fahrradwege



Entlang der Scheldemolenstraat gibt es in der Nähe des KKW einen zweispurigen Radweg.

Um das Kernkraftwerk anzubinden, ist eine Fahrradüberquerung mittels einer zentralen Insel vorgesehen.

Der Teil der Scheldemolenstraat, der parallel zur Schelde verläuft, hat keine Fahrradwege.



Entlang der Lindenhofstraat gibt es beidseitig Einbahn-Radwege. Über einen bestimmten Teil hinweg muss die Landstraße benutzt werden.

Am Kreisverkehr an der Paardenschorsstraat ist eine Fahrradüberquerung in Richtung des zweispurigen Radwegs in der Scheldemolenstraat geplant.



Auch am Oostlangeweg gibt es auf beiden Seiten separate Radwege.



Entlang der N451 Engelsesteenweg, östlich des Oostlangeweges, gibt es auf beiden Seiten separate Fahrradwege. Diese gehen in Richtung Doel in angrenzende Einbahn-Radwege über.



Entlang der N451 Engelsesteenweg westlich des Oostlangeweges gibt es keine Fahrradwege.



An der vorfahrtsregelten Kreuzung N451/Oostlangeweg haben Radfahrer auf dem Oostlangeweg Vorfahrt vor der N451 Engelsesteenweg. Radfahrer, die von der N451 auf den Engelssteenweg (oder umgekehrt) wechseln, müssen dem Verkehr auf dem Oostlangeweg die Vorfahrt lassen.



2.8.2.4 ÖPNV

Am Doel-Kraftwerk gibt es keine Bushaltestelle. Die nächstgelegene öffentliche Verkehrslinie ist die Linie 31: Sint-Niklaas - Kieldrecht - (Doel). Diese Linie fährt Doel Centrum zweimal täglich an.

Am Eingang an der Scheldemolenstraat 2 befinden sich die Bushaltestellen. Diese sind über einen separaten Fußweg (einschließlich Fußgängerüberweg) über die Zufahrtsstraße zu erreichen. Es gibt keine Haltestelle von De Lijn mehr.



2.8.2.5 Autoverkehr

Netzwerk

Die N451 Engelsesteenweg wurde als lokale Straße des Typs II (lokale Verbindungsstraße) ausgewählt. Es besteht eine Anbindung an das übergeordnete Straßennetz N49 über die Ein- und Ausfahrt 10 (Abbildung2-65).

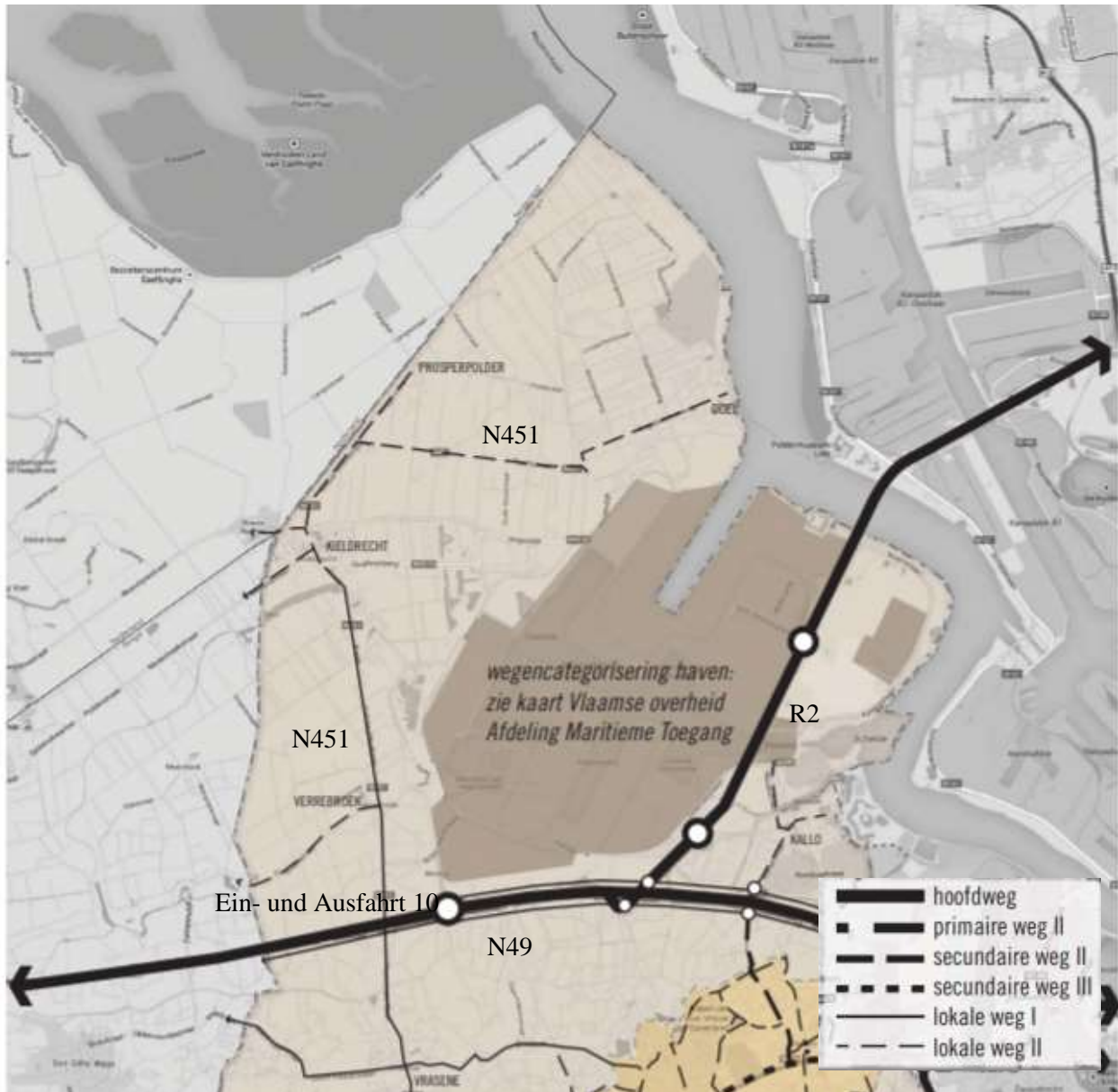


Abbildung2-65 Straßenklassen

Infrastruktur

Alle Straßen in der Umgebung des Kraftwerks sind als 2x1-Straßen ausgelegt. Die einzige Kreuzung mit Vorfahrtsregelung im Untersuchungsgebiet ist die Kreuzung N451/Oostlangeweg. Der Verkehr auf dem Oostlangeweg hat Vorfahrt gegenüber den anderen Straßen.

In der Nähe der Paardenschorstraat 2 finden sich zwei Kreuzungen in Form eines Kreisverkehrs. Eine sieht die interne Anbindung des Kernkraftwerks vor. Die andere verteilt den Verkehr auf die Paardenschorstraat, die Lindehofstraat und die Scheldemolenstraat. Die Scheldemolenstraat hat eine Abbiegespur zur Zufahrtsstraße zum Kernkraftwerk.

Für die Straßen, die zur R2 führen, wird eine Kapazität von 1200 pwe pro Stunde pro Straßenabschnitt (2x1, wenige Kreuzungen) angenommen. Diese Straße führt hauptsächlich zum KKW, weiter oben wurde angegeben, dass während der Hauptverkehrszeit etwa 625 Autos erwartet werden, hauptsächlich in eine Richtung (morgens in Richtung KKW, abends in Richtung R2). Es kann somit davon ausgegangen werden, dass der Sättigungsgrad auf diesen Straßen unter 80 % liegt. Ein Sättigungsgrad von <80 % entspricht einem reibungslosen Verkehrsfluss.

Für die R2 ergaben sich höhere Sättigungswerte (80 % bis 100 %, im Allgemeinen unter 80 %). Ein Sättigungsgrad von 80-90 % entspricht einem leichten Stau, 90-100 % einem schweren Stau und >100% einer Übersättigung.

2.8.3 Folgenabschätzung

2.8.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Die Beschreibung der Arbeiten, die im Zusammenhang mit den Anpassungen für einen langfristigen Betrieb (LTO) durchgeführt wurden, findet sich im allgemeinen Teil der UVP (s. Kapitel 1.6).

2.8.3.1.1 Änderung der Verkehrsbewältigung

Die UVP für die Neugenehmigung des KKW-Standorts im Jahr 2010 erwähnt, dass das durch KKW-Transporte verursachte Verkehrsaufkommen auf der Zufahrtsstraße zum KKW zu Spitzenzeiten signifikant und außerhalb dieser Zeiten vernachlässigbar ist. Es trifft auch zu, dass aufgrund der isolierten Lage des KKW die Straße vom Deurganck-Dock fast ausschließlich für den Transport zum und vom KKW genutzt wird. Eine Sättigung dieses Straßennetzes aufgrund der Existenz des Kernkraftwerks ist daher nicht zu erwarten.

Der Baustellenverkehr war das Ergebnis der Arbeiten für die Anpassungen im Rahmen des LTO. Dabei handelte es sich um:

- Anlieferung von Baustellenmaterial
- Abtransport von Abfall und wiederverwendbaren Materialien
- Transport von Mitarbeitern mit eigenem oder mit Firmenfahrzeug.

Folglich nimmt der Verkehr zum und vom Kernkraftwerk vorübergehend zu.

Angesichts des Ursprungs, der Häufigkeit der Anlieferungen und der Mengen des Frachtguts bzw. der Entsorgungsketten für Abfälle und Wertstoffe erfolgte der Transport ausschließlich per LKW. Der potenzielle Anteil des Baustellenverkehrs blieb jedoch begrenzt und führte nicht zu einer strukturellen Zunahme des Verkehrsaufkommens. Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, dass die Transporte zur Versorgung der Baustelle mit Material sowie die Abtransporte von Abfallstoffen und wiederverwendbaren Materialien hauptsächlich außerhalb der Spitzenzeiten stattfanden.

Für den Umfang des zusätzlichen Verkehrsaufkommens im Zeitraum 2013-2015 liegen keine Zahlen vor. Angesichts der Tatsache, dass der Sättigungsgrad (außerhalb der Spitzenzeiten) unter 80 % liegt (siehe Abschnitt 2.8.2.1 und 2.8.2.5), dass ein Teil der zusätzlichen Transporte außerhalb der Spitzenzeiten stattfanden und dass der Anstieg begrenzt war, kann davon ausgegangen werden, dass die Auswirkungen

auf die Verkehrsbewältigung während der Betriebsphase höchstens begrenzt negativ waren. Es trifft auch zu, dass aufgrund der isolierten Lage des KKW die Straße vom Deurganck-Dock fast ausschließlich für den Transport zum und vom KKW genutzt wird. Eine Sättigung dieses Straßennetzes aufgrund des Vorhandenseins des Kernkraftwerks war daher nicht zu erwarten.

Die Auswirkungen des Baustellenverkehrs im Rahmen des LTO auf der überörtlichen Ebene, d. h. an den Verkehrsknotenpunkten rund um Antwerpen, können als vernachlässigbar betrachtet werden.

2.8.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

2.8.3.2.1 Änderung der Verkehrsbewältigung

Während der Betriebsphase werden in der zukünftigen Situation zusätzliche Transporte aufgrund der zusätzlichen Brennstoffversorgung zur Erhöhung der Leistung der Diesellaggregate für die Notstromversorgung und jodabsorbierender Materialien für die gefilterte Druckentlastung erfolgen. Der zusätzliche Transport wird als einmalig betrachtet, da diese Produkte nur in Notfällen gebraucht werden).

Die Zahl der Beschäftigten bei einer Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2 wird leicht steigen. Die Zahl der Beschäftigten wird wie folgt eingeschätzt:

- Ausgangssituation (2013-2014)
 - Interne Mitarbeiter: 1.018 (987,69 Vollzeitäquivalente)
 - Externe Mitarbeiter: 758
- In der Betriebsphase der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)
 - Interne Mitarbeiter: 1.045 (1.014,44 Vollzeitäquivalente)
 - Externe Mitarbeiter: 932

Insgesamt wird daher eine Zunahme der Belegschaft um etwa 11 % erwartet.

Geht man davon aus, dass das Verkehrsaufkommen proportional zur Zahl der Beschäftigten verläuft (bei gleichem Modal-Split und vergleichbaren Arbeitsschichten), so lässt sich sagen, dass in der zukünftigen Situation (mit LTO) auch das Verkehrsaufkommen gegenüber der Ausgangssituation (2013-2014) um 11 % steigen wird. Unter Berücksichtigung eines Sättigungsgrades (außerhalb der Spitzen) von unter 80 % (siehe Abschnitt 2.8.2.1 und 2.8.2.5) kann die Auswirkung auf die Verkehrssituation anhand des Signifikanzrahmens (Tabelle 2-66) als begrenzt negativ bewertet werden.

2.8.3.3 Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)

Durch die Einstellung der Stromproduktion bei Doel 1 und 2 verlieren viele Systeme und Anlagen ihre Funktion. Infolgedessen sind weniger Systeme und Anlagen zu betreiben und zu warten. Dies wirkt sich auf die erforderliche Personalausstattung aus. Es wird daher ein schrittweiser Abbau der Belegschaft erwartet.

Andererseits kann es auch zu einer Zunahme der Transportaktivitäten zwecks Zu- oder Abfuhr von Materialien im Rahmen der endgültigen Stilllegung kommen. Diese Zunahme gilt als begrenzt.

Unter Berücksichtigung eines allmählichen Personalabbaus und einer begrenzten Zunahme der Materialtransporte wird die Gesamtauswirkung auf die Verkehrssituation während der endgültigen Stilllegung als vernachlässigbar bewertet.

2.8.3.4 Null-Variante

Bei der Null-Variante (= kein LTO) wurden im Rahmen der Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2 keine Arbeiten vorgenommen. Infolgedessen erfolgten im Rahmen der Anpassungen von Doel 1 und 2 keine Baustellentransporte. Es ist zu beachten, dass die Auswirkungen auf die Verkehrssituation in der LTO-Situation höchstens leicht negativ waren.

Erfolgte keine Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2, so wäre die Zahl der Beschäftigten ab 2015 leicht zurückgegangen. Dieser Trend wird sich in den nächsten Jahren allmählich fortsetzen. Die Zahl der Beschäftigten wird wie folgt veranschlagt:

- Ausgangssituation (2013-2014)
 - Interne Mitarbeiter: 1.018 (987,69 Vollzeitäquivalente)
 - Externe Mitarbeiter: 758
- Bei der Null-Variante (ab 2015):
 - Interne Mitarbeiter: 934 (904 Vollzeitäquivalente)
 - Externe Mitarbeiter: 764

Insgesamt wird daher eine Abnahme der Belegschaft um etwa 4 % erwartet.

Geht man davon aus, dass das Verkehrsaufkommen proportional zur Zahl der Beschäftigten verläuft (bei gleichem Modal-Shift und vergleichbaren Arbeitsschichten), so ist ebenfalls mit einem Rückgang des Verkehrsaufkommens um etwa 4 % zu rechnen. Die Auswirkung eines solchen Rückgangs auf die Verkehrssituation ist vernachlässigbar.

Für den Bereich Mobilität kann daraus geschlossen werden, dass es keinen Unterschied zwischen der definitiven Stilllegung im Jahr 2015 (= Null-Variante) oder im Jahr 2025 gibt.

2.8.3.5 Kumulierte Effekte

Um das erwartete Wachstum des Containerverkehrs bis 2030 bewältigen zu können, will die flämische Regierung zusätzliche Kapazitäten für den Containerumschlag im Hafengebiet von Antwerpen schaffen. Hierzu läuft das komplexe Projekt „Realisatie van extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen“ [Realisierung zusätzlicher Containerumschlagskapazitäten im Hafengebiet von Antwerpen]. Es ist geplant, zusätzliche Terminals in dem als Hafen entwickelten Gebiet zu schaffen und ein neues Gezeitendock im rechten Winkel zum Deurganck-Dock zu bauen. Diese Ausbauten werden mit einem zusätzlichen Verkehrsaufkommen einhergehen, aber auch die Erreichbarkeit des KKW beeinflussen.

Im Moment befindet sich das Projekt noch in der Planungsphase. Die Ausführungsphase bleibt noch zu bestimmen³⁸. Angesichts der Art und des Umfangs des Projekts kann davon ausgegangen werden, dass es

³⁸ <https://www.cpeca.be/verloop>

bis 2025 noch nicht (vollständig) realisiert sein wird. Folglich gibt es keine kumulativen Effekte mit der Betriebsphase in der zukünftigen Situation. Wenn das zweite Gezeitendock und der Logistikbereich Drie Dokken während der Stilllegung (Zeitraum 2025-2029) realisiert würden, müsste eine neue Anbindung an das Untersuchungsgebiet in Richtung R2 eingeplant werden. In dem komplexen Projekt müssten Maßnahmen ergriffen werden, um die Verkehrsbewältigung zu gewährleisten.

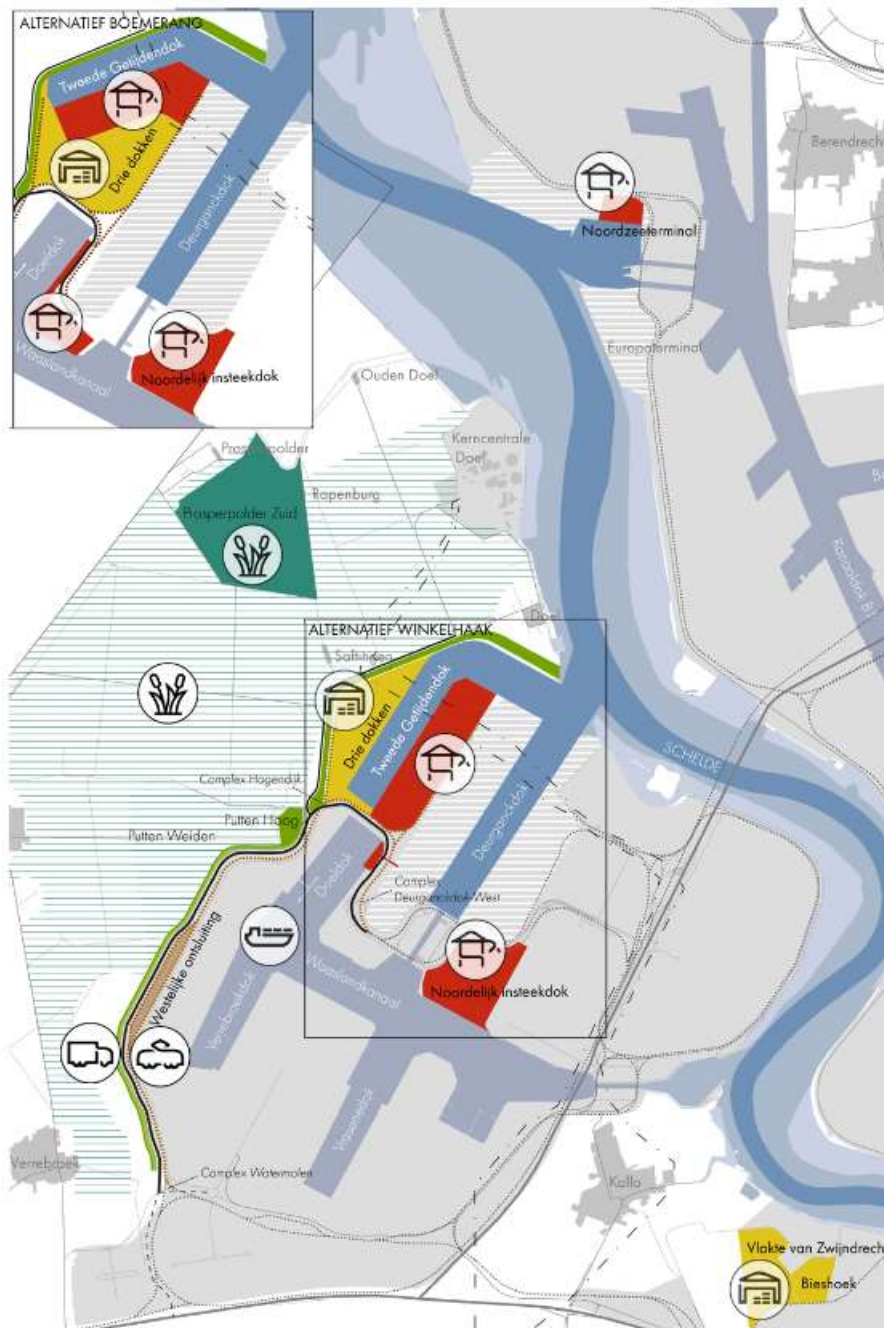


Abbildung 2-66 Darstellung „Realisierung zusätzlicher Containerumschlagkapazität im Hafengebiet von Antwerpen“

Es gibt keine anderen Projekte in der Umgebung, von denen kumulative Auswirkungen zu erwarten sind.

2.8.3.6 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Es gibt keine grenzüberschreitenden Auswirkungen im Bereich Mobilität.

2.8.4 Monitoring

Für den Bereich Mobilität sind keine Maßnahmen zur Überwachung und Evaluierung erforderlich.

2.8.5 Mitigierende Maßnahmen und Empfehlungen

Auf der Grundlage der Folgenabschätzung werden keine mitigierenden Maßnahmen als notwendig erachtet. Es sind jedoch einige Empfehlungen abzugeben:

- Weitere Konzentration auf nachhaltige Verkehrsträger wie das Fahrrad. Dies kann durch den Bau von ausreichend komfortablen (überdachten) Fahrradparkplätzen weiter gestärkt werden. Initiativen wie Firmenfahrräder, Fahrradprämien, Duschmöglichkeiten und Fahrrad-Sharing können ebenfalls dazu beitragen, den Weg zur und von der Arbeit nachhaltiger zu gestalten.
- Fahrgemeinschaften fördern. Dies hat eine positive Auswirkung auf das Verkehrsaufkommen und den Parkplatzbedarf. Durch die Förderung von Fahrgemeinschaften innerhalb des Unternehmens (z. B. reservierte Fahrgemeinschaftsparkplätze, Fahrgemeinschaftsprämie, Carpool-System) sowohl bei den Festangestellten als auch bei den Auftragnehmern kann das Kernkraftwerk das erzeugte Verkehrsaufkommen reduzieren und nachhaltiger gestalten.

2.8.6 Wissenslücken

In der Ausgangssituation wurde keine Verkehrszählung durchgeführt. Das genaue Verkehrsaufkommen an den Kreuzungen ist daher nicht bekannt.

2.8.7 Schlussfolgerungen

Die Auswirkungen der Arbeiten, die im Rahmen der LTO-Anpassungen für LTO stattgefunden haben, können für den Bereich Mobilität als höchstens begrenzt negativ bewertet werden. Durch den Baustellenverkehr ist im Vergleich zur Ausgangssituation eine leichte Zunahme zu verzeichnen. In der LTO-Situation wird aufgrund der zusätzlichen Mitarbeiterzahl ebenfalls ein leichter Anstieg der Anzahl der Transporte erwartet. Die Auswirkung wird als begrenzt negativ bewertet. Während der definitiven Stilllegung wird es einen allmählichen Personalabbau mit einer begrenzten Zunahme der Materialtransporte geben. Die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Verkehrssituation werden als vernachlässigbar gering eingeschätzt. Bei der Null-Variante wäre ab 2015 mit einem Personalabbau zu rechnen, der sich auf die Verkehrssituation nur unwesentlich auswirken würde. In der LTO-Situation erfolgt dieser Abbau erst nach 2025.

2.9 Abfall

2.9.1 Methodologie

2.9.1.1 Abgrenzung der Studie

Das Untersuchungsgebiet für den Bereich Abfall entspricht den Grenzen des KKW-Standorts.

2.9.1.2 Beschreibung der Ausgangssituation

Der Abfallstrom des KKW ist Gegenstand der Untersuchung. Dabei wird eine Auflistung der Art und Menge der Abfälle sowie der Sammelstellen erstellt.

2.9.1.3 Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen

Die Abfallmengen in den verschiedenen Phasen des Projekts werden (so weit wie möglich quantitativ) geschätzt. Dieser Auswirkung wird keine Bewertung zugewiesen. Die Null-Variante wird ebenfalls in Betracht gezogen.

2.9.2 Ausgangssituation

2.9.2.1 Allgemeine Beschreibung

In Flandern ist die Abfallwirtschaft im Erlass der flämischen Regierung vom 17. Februar 2012 zur Festlegung der flämischen Verordnung über die nachhaltige Bewirtschaftung von Stoffkreisläufen und Abfallstoffen (VLAREMA) festgelegt.

Dieser Erlass legt detaillierte Regeln fest für:

- Transport und Handel mit Abfallstoffen
- Berichtswesen über Abfallstoffe und Materialien
- Verwendung von Rohstoffen
- die selektive Abfallsammlung (Trennung und Abholung) bei Unternehmen
- erweiterte Verursacherhaftung

Neben den Verpflichtungen nach VLAREMA folgt die Abfallpolitik des KKW auch den Grundsätzen des Umweltmanagements gemäß der internationalen Norm ISO14001 und der europäischen EMAS-Verordnung (Eco Management and Audit Scheme). Beide Normen haben das gleiche Ziel: die Implementierung eines leistungsfähigen Umweltmanagements, das eine kontinuierliche Verbesserung im Hinblick auf die Umwelt anstrebt.

Nicht-radioaktiven Abfall gibt es in fester, gasförmiger und flüssiger Form. Zu den festen Abfällen zählen Filter, Bauschutt, Computerabfälle, Lampen, Papier und Hausmüll. Zu den flüssigen Abfällen gehören

Altöle, Entfettungsmittel, Chemikalien und Klärschlamm. Bei einigen Abfällen kann es sich um Restgase von Kühlmitteln handeln.

Feste und gasförmige Abfälle werden so weit wie möglich extern recycelt und flüssige Abfälle werden geklärt. Nur wenn dies nicht möglich ist, werden Verbrennung, Deponierung und Entsorgung in Betracht gezogen. Dies wird von externen zugelassenen Abfallentsorgungsbetrieben durchgeführt. Die zugelassenen Abfallsammler und in der Folge die zugelassenen Abfallentsorger haften für die Folgen ihrer Tätigkeit. Die Umweltgenehmigung für diese Abfallsammler und Abfallentsorger enthält Auflagen, um die durch die Entsorgung und Verwertung von Abfällen verursachte Umweltbelastung zu begrenzen.

Im KKW Doel werden Abfälle getrennt gesammelt. Zu diesem Zweck gibt es diverse Sammelstellen. Ein Containerpark ist für nicht-gefährliche Abfälle und ein Sonderlager („Milieuloos“) für gefährliche Stoffe (Leuchtstoffröhren, absorbierende Tücher, Batterien und Lösungsmittel) vorgesehen. Dieser Entsorgungspark ist nur zu bestimmten Zeiten und in Anwesenheit eines Experten zugänglich. Das KKW vollzieht nach, wie viel Abfall von wem entsorgt wird und wo er verarbeitet wird. Diese Buchhaltung erfüllt die gesetzlichen Anforderungen.



* MAH = Centrales Umweltlager

Abbildung 2-67 Lage der Sammelstellen



Abbildung 2-68 Schema Containerpark und zentrales Umweltlager (MAH).

2.9.2.2 Betriebsbedingungen

Die nicht-strahlenden Abfälle werden bis zum Abtransport in eine zugelassenen Verwertungsanlage selektiv gesammelt und getrennt gelagert.

Die Bestimmungen der Flämischen Verordnung über die Umweltgenehmigung (VLAREM) und der Flämischen Verordnung über die Bodensanierung (VLAREBO) müssen strikt eingehalten werden. Neben den auf das KKW anwendbaren allgemeinen und sektoralen Genehmigungsvoraussetzungen finden die folgenden besonderen Bedingungen in Bezug auf Abfall, die im Umweltgenehmigungserlass der Provinz von 2011 (Basisgenehmigung für nicht-nukleare Anlagen, Aktenzeichen M03/46003/46/2/A/5/HV/CW) festgelegt sind, Anwendung:

- Die Räumlichkeiten, in denen Abfälle vorübergehend gelagert werden, müssen so beschaffen sein, dass versehentlich aus bestimmten Behältern austretende Flüssigkeiten, Leckmaterial und Sickerwasser über im Boden eingelassene Abflussrinnen zu einer oder mehreren Sammelgruben geleitet werden können.
- Es ist verboten, Abfallmaterialien zu verbrennen oder durch Einleitung in Gewässer zu entsorgen.
- Es ist verboten, Abfallmaterialien anders zu entsorgen als durch die Verbringung zu zugelassenen oder lizenzierten Abfallverwertungsbetrieben.

2.9.2.3 Derzeitige Abfallströme

Abbildung 2-3 zeigt die Menge an nicht-radioaktivem Abfall, die im Zeitraum 2005-2014 anfiel. Es gibt keinen eindeutigen Hauptanteil am Gesamtabfall über die verschiedenen Jahre hinweg, daher wird nur zwischen klassischem Abfall und Restabfall unterschieden.

Trotz des großen Gesamtabfallvolumens beträgt die Menge des Restabfalls (nach der Trennung verbleibender Anteil) dank der entsprechenden Maßnahmen nur etwa 5 % des Gesamtgewichts. Im Jahr 2006 wurde noch ein Spitzenwert von mehr als 1000 m³ Restmüll verzeichnet. Danach ging die Menge des Restabfalls zurück. Jedes Jahr wird die Optimierung der Abfallpolitik des KKW in Form einer Reihe konkreter Maßnahmen (Vermeidung, Trennung und Recycling) in die Umweltzielsetzungen aufgenommen. Im darauffolgenden Jahr wird bewertet, inwieweit die Maßnahmen wirksam umgesetzt wurden. Für die Überwachung des anfallenden Abfalls steht ein entsprechendes Tool zur Verfügung. Dies erklärt den rückläufigen Trend bei der Menge des Restabfalls. Im Jahr 2014 betrug die Gesamtmenge des herkömmlichen Abfalls 4.830 Tonnen, davon 193 Tonnen Restabfall.

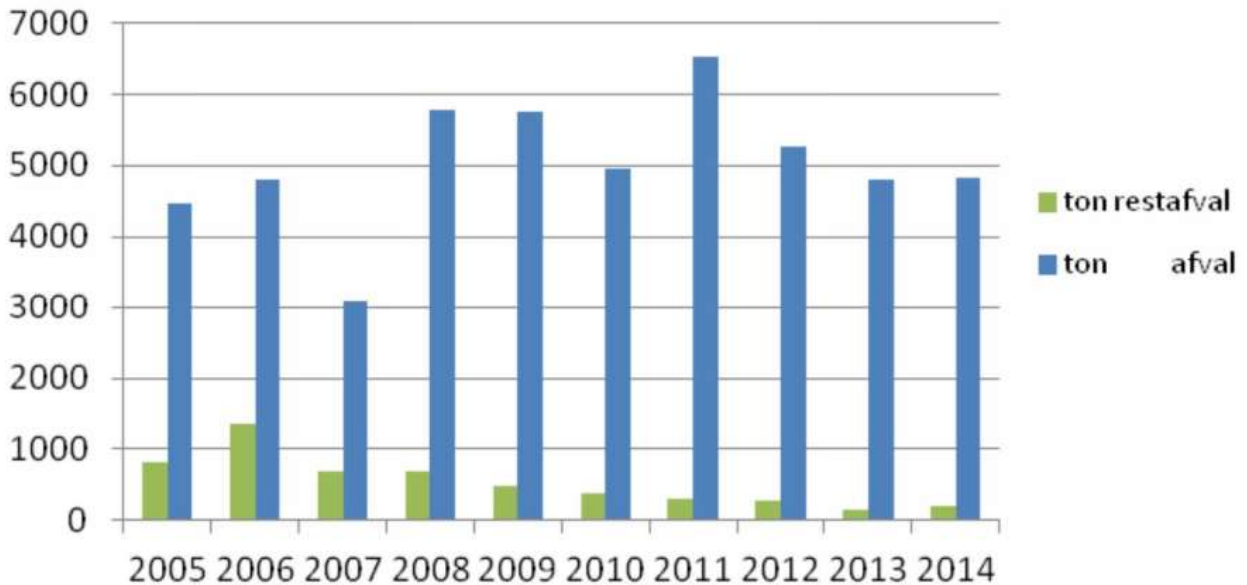


Abbildung 2-69 Menge des gesamten anfallenden nicht-radioaktiven Abfalls und Anteil des Restmülls

2.9.3 Folgenabschätzung

2.9.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

2.9.3.1.1 Abfallerzeugung

Die Beschreibung der Arbeiten, die im Zusammenhang mit den Anpassungen für einen langfristigen Betrieb (LTO) durchgeführt wurden, findet sich im allgemeinen Teil der UVP (s. Kapitel 1.6).

Im Rahmen der diversen durchgeführten Projekte als Teil des LTO-Programms fielen die folgenden Abfallmaterialien an:

- Abfälle aus der Vorbereitung geplanter Baumaßnahmen (Beseitigung unbrauchbarer Strukturen, Einrichtung der Baustelle usw.)
- Bauabfälle (Beton, Stahl, Zement, Schalungen, Isoliermaterialien, Verpackungsmaschinen, Elektroschrott usw.)
- Abfälle aus der Baustelleneinrichtung (Nivellierung, Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands usw.)
- Abfälle aus den neuen Gebäuden (Bürotätigkeiten, Wartung von Geräten usw.)

Gesamtmengen der erzeugten klassischen Abfälle:

- im Jahr 2015: 6.041 Tonnen, davon 183 Tonnen Restabfall
- im Jahr 2016: 3.391 Tonnen, davon 201 Tonnen Restabfall
- im Jahr 2017: 7.650 Tonnen, davon 210 Tonnen Restabfall
- im Jahr 2018: 7.311 Tonnen, davon 350 Tonnen Restabfall

Die erfassten Abfallmengen gelten global für den gesamten KKW-Standort. Es wurde nicht zwischen den infolge des LTO und anderer parallel laufender Projekte erzeugten Abfällen unterschieden. Die Schwankungen in der Abfallmenge lassen sich in der Regel durch größere Arbeiten auf der Baustelle erklären.

Die Gesamtsumme der im Jahr 2018 angefallenen nicht-radioaktiven Abfälle betrug 7.311 Tonnen. Dies steht im Vergleich zu der Abfallmenge, die den Standort im Jahr 2017 verlassen hatte. Die große Abfallmenge ist vor allem auf die vielen Großprojekte im Zusammenhang mit der Verlängerung der Laufzeit von Doel 1 und Doel 2 und den Reparaturarbeiten am Beton zurückzuführen. Aufgrund der Anwesenheit einer großen Anzahl von Mitarbeitern auf dem Gelände und der falschen Trennung einiger Fraktionen stieg der Restabfall im Jahr 2018 auf 350 Tonnen an.

Der Abfall wird selektiv gesammelt, getrennt und anhand seiner spezifischen Eigenschaften entsorgt, wobei das KKW sich streng an die geltenden Prozedere hält.

Von den 7.311 Tonnen klassischem Abfall, die 2018 anfielen, waren 2.242 Tonnen gefährlicher und 5.069 Tonnen nicht-gefährlicher Abfall. 48,09 % (3.517 Tonnen) des Abfalls wurden wiederverwertet. 38,26 % (2.798 Tonnen) wurden einer Behandlung zugeführt, 13,38 % (978 Tonnen) verbrannt und 0,26 % (18 Tonnen) wurden eingelagert.

Abfälle, die bei Renovierungs- und Austauschprojekten von technischen Anlagekomponenten (Motoren, Antriebe, Schaltschränke, Kabel, Sensoren usw.) anfallen, werden gemäß den VLAREMA-Vorschriften behandelt.

Erdbewegungen wurden gemäß den VLAREBO-Bestimmungen durchgeführt. Diese legen fest, wie mit dem Bodenaushub umzugehen ist, beginnend am Aushubort, über den Transport bis hin zum endgültigen Bestimmungsort des Bodens.

2.9.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

2.9.3.2.1 Abfallerzeugung

Die oben dargelegten Bedingungen (Absatz 2.9.2) gelten weiterhin. Die nicht-strahlenden Abfälle werden bis zum Abtransport in eine zugelassenen Verwertungsanlage selektiv gesammelt und getrennt gelagert.

Nicht-radioaktiver Abfall, der bei der Durchführung der LTO-Maßnahmen anfällt, wird gemäß den internen Prozedere des KKW, gemäß den Bestimmungen der VLAREMA und VLAREBO sowie den Bestimmungen des Umweltmanagementsystems entsorgt.

Nach Durchführung der LTO-Maßnahmen unterscheidet sich die Abfallmenge nicht wesentlich von der Ausgangssituation (4.830 Tonnen klassischer Abfall). Im Jahr 2019 betrug die Gesamtmenge 5.392 Tonnen (davon 301 Tonnen Restabfall). Dies sind 1.919 Tonnen weniger als im Jahr 2018, da die Arbeiten im Hinblick auf die LTO-Anpassungen und die Betonreparaturen an den Blöcken 3 und 4 abgeschlossen waren. So wurde auch die Kühlturmummantelung nicht ersetzt.

Von den 5.392 Tonnen klassischem Abfall, die 2019 anfielen, wurden 37,35 % (2.014 Tonnen) wiederverwertet. 54,24 % (2.925 Tonnen) wurden einer Behandlung zugeführt, 7,75 % (417 Tonnen) verbrannt und 0,67 % (36 Tonnen) wurden eingelagert.

2.9.3.3 Endgültige Stilllegung (Zeitraum 2025-2029)

Während der Phase der endgültigen Abschaltung wird in den Nuklearanlagen im Prinzip nichts abgebaut. Ziel ist es, wo immer möglich, die größten Radioaktivitätsquellen zu beseitigen, damit die Stilllegung in völliger Sicherheit und mit der geringstmöglichen Belastungsdosis erfolgen kann. Abfall entsteht bei der Entleerung von Kreisläufen und der Dekontamination.

Nicht-radioaktiver Abfall, der bei der endgültigen Stilllegung anfällt, wird gemäß den internen Prozedere des KKW, gemäß den Bestimmungen der VLAREMA und VLAREBO sowie den Bestimmungen des Umweltmanagementsystems entsorgt.

2.9.3.4 Null-Variante

Bei der Null-Variante (= kein LTO) wurden im Rahmen der Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2 keine Arbeiten vorgenommen. Es dürften daher keine Bau- und Aushubarbeiten stattgefunden haben. Folglich würde der in Abschnitt 2.9.3.1 beschriebene Abfall nicht anfallen. Bei der Null-Variante wird die Abfallmenge daher geringer sein.

Darüber hinaus wird es bei der Null-Variante keine Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2 geben. Die definitive Stilllegung wäre 2015 anstelle von 2025 erfolgt. Das bedeutet, dass der Abfall, der beim normalen Betrieb von Doel 1 und 2 entsteht, nicht angefallen wäre.

Was den Bereich Abfall betrifft, so ist festzustellen, dass bei einer definitiven Stilllegung des KKW im Jahr 2015 (= Null-Variante) weniger Gesamtabfall angefallen wäre als bei einer Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2 bis 2025.

2.9.3.5 Kumulierte Effekte

Es sind keine kumulativen Effekte mit anderen Projekten in der Umgebung zu erwarten.

2.9.3.6 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Es gibt keine grenzüberschreitenden Auswirkungen im Hinblick auf den Abfall.

2.9.4 Monitoring

Für den Abfallaspekt sind keine Überwachungs- und Bewertungsmaßnahmen neben den gesetzlich vorgeschriebenen Erfassung erforderlich.

2.9.5 Mitigierende Maßnahmen und Empfehlungen

Das Umweltmanagement für Abfallströme entspricht der internationalen Norm ISO14001 und der europäischen EMAS-Verordnung. Die VLAREMA- und VLAREBO-Bestimmungen werden ebenfalls eingehalten. Weitere mitigierende Maßnahmen oder Empfehlungen werden nicht als notwendig erachtet.

2.9.6 Wissenslücken

Es sind keine Abfallmengen bekannt, die allein den LTO betreffen. Es liegen nur Zahlen über die Gesamtmenge des am KKW-Standort erzeugten Abfalls vor.

2.9.7 Schlussfolgerungen

Im Rahmen der Anpassungen für den langfristigen Betrieb (LTO) fiel eine entsprechende Menge Abfall an. Auch bei einer definitiven Stilllegung werden zusätzliche Abfälle anfallen. Darüber hinaus fällt auch während des normalen Betriebs des Kernkraftwerks Abfall an. Das KKW ist jedoch nach Kräften bestrebt, die Auswirkungen nicht-radioaktiver Abfälle auf die Umwelt zu reduzieren. Bei einer definitiven Stilllegung des KKW im Jahr 2015 (= Null-Variante) fiel jedoch weniger Gesamtabfall an als bei einer Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2 bis 2025.

2.10 Unfallsituationen (nicht-radiologisch)

Die folgenden Anlagen enthalten gefährliche Stoffe (d. h. Seveso-Stoffe):

- Gasöl- (Diesel-)anlagen: Lagertanks für die Sicherheits- und Notfallanlagen der Blöcke Doel 1, 2, 3 und 4, für die Beheizung des Lagers, für die Hilfskessel und für die Werkstatt
- Wasserstoffanlagen: Wasserstoffkühlkreislauf der Generatoren der Blöcke Doel 1, 2, 3 und 4
- Hydrazinhaltige (4,9 %) Anlagen: Lagertanks für die Blöcke Doel 1, 2, 3 und 4
- Anlagen mit einer wässrigen Kaliumchromatlösung³⁹als Konditionierungsmittel im geschlossenen Kühlkreislauf: Puffertanks für die Produktionsanlagen Doel 1/2, 3 und 4 sowie für die Wasseraufbereitungsanlage WAA;
- Lagerhallen: Lagerung von Einzelverpackungen diverser Produkte.

2.10.1 Methodologie

Es wurde eine Umweltrisikoaanalyse durchgeführt, in der die Ursachen und Folgen qualitativ analysiert wurden, zusammen mit der Auflistung von Präventiv-, Schutz- und mitigierenden Maßnahmen. Die Analyse ergab, dass nur die Produkte Hydrazin und Gasöl in Mengen freigesetzt werden können, die den Grenzwert überschreiten. Wasserstoff an sich wird nicht als schädlich angesehen, wenn er in die Umwelt freigesetzt wird. Nur die Explosionsgefahr ist gefährlich.

Es wurden Bow-Tie-Modelle für Anlagen mit folgenden Produkten vorbereitet:

- Hydrazin-Anlagen Doel 3
- Hydrazin-Anlagen Doel 4
- Hydrazin-Anlagen Doel 1/2
- Gasöl-Anlagen Doel 3
- Gasöl-Anlagen Doel 4
- Gasöl-Anlagen Doel 1/2

Diese Berichte werden bei Seveso-Inspektionen regelmäßig überprüft.

Nachstehend eine kurze Zusammenfassung der durchgeführten Analysen. Da die einzelnen Anlagen nahezu identisch sind, ist dies eine globale Zusammenfassung der Analysen.

³⁹ Im Jahr 2010 enthielten die Puffertanks noch Konzentrationen von bis zu 16,8 % Kaliumchromat. Unter REACH ist jedoch seit dem 21.9.2017 die Verwendung von Kaliumchromat verboten (es sei denn, man erhält eine Bewilligung oder Ausnahmeregelung). Aus diesem Grund werden die Anlagen nicht mehr mit diesen Konzentrationen befüllt, vielmehr bleiben sie unter 1 % (Lösungen unter 1% fallen nicht unter die Vorschriften).

Tabelle 2-1 Bow-Tie-Analyse Gasöl – Lagerbereich

Installatie : Gasolie Sectie : opslag			
vrijzetting : vrijzetting van gasolie door breuk of lek aan de opslagtank			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Overvulling opslagtank door lossen vrachtwagen	1.1 Controle op voldoende vrije ruimte in de opslagtank door niveaumeting 1.2 Overvulbeveiliging 1.3 Noodstop op de vrachtwagen + permanent toezicht (chauffeur + afgevaardigde KCD)	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden 2. Bodemverontreiniging	1.1 Regelmatige controlerondes 1.2 Alarmering laag peil 2.1 Inkuiping 2.2 Gecontroleerde verwijdering van water (en/ of andere vloeistoffen) in de inkuiping 2.3 Periodieke controle van grondwater 2.4 Grondwater- en bodemsanering
2. Blootstelling aan corrosieve condities	2.1 Coating 2.2 Opslagtanks opgesteld in gesloten lokaal (uitz. tank van hulpstoomketels) 2.3 Periodieke inspectie van de opslagtanks		

Tabelle 2-2 Bow-Tie-Analyse Gasöl – Verladung

Installatie : Gasolie Sectie : verlading			
vrijzetting : vrijstelling van gasolie door breuk of lek aan verladingsflexibel			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Beweging van aangekoppelde vrachtwagen	1.1 Procedure: chauffeur niet toegelaten in vrachtwagen tijdens transfer wielblokken plaatsen	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden	permanente aanwezigheid losoperator / chauffeur 1.2 Noodstop op vrachtwagenverpompung
2. Loskoppelen van een producthoudende flexibel	2.1 Procedure: lospistool sluiten aan het einde van de lossing	2. Verspreiding van lekvloeistof naar riolering	2.1 Absorptiemateriaal
3. Gebruik en manipulatie van flexibels (slijtage, ...)	3.1 Keuringsverslag slangen van leverancier	3. Verspreiding via riolering naar Scheide	2.2 Opvangrecipiënt onder vrachtwagen – of vloeistofdichte losplaats 3.1 Opvangputten (H-putten) met biorotor

Tabelle 2-3 Bow-Tie-Analyse Hydrazin – Lagerbereich

Installatie : Hydrazine Sectie : opslag			
vrijzetting : vrijzetting van hydrazine oplossing door lek of breuk aan hydrazine tanks			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Overvulling van hydrazine tank	1.1 Niveauregelkring stopt vulling automatisch 1.2 Overloop naar een gesloten put	1. Vorming vloeistofplas in lokaal 2. Bodemverontreiniging	1.1 Interventiemateriaal absorptieworsten 2.1 Inkuiping lokaal
2. Corrosie	2.1 Tank staat intern gebouw opgesteld 2.2 Materiaal van de omhulling is corrosiebestendig; nl. Inox		

Tabelle 2-4 Bow-Tie-Analyse Hydrazin – Verladebereich

Installatie : Hydrazine Sectie : verlading			
vrijzetting : vrijzetting van hydrazine oplossing door breuk of lek aan verladingsflexibel			
oorzaken	preventieve maatregelen	gevolgen	beschermingsmaatregelen
1. Beweging van aangekoppelde vrachtwagen	1.1 Procedure: chauffeur niet toegelaten in vrachtwagen tijdens transfer 1.2 Wielblokken plaatsen	1. Vrijzetting van grote hoeveelheden 2. Bodemverontreiniging	1.1 Permanente aanwezigheid losoperator / chauffeur 1.2 Noodstop op vrachtwagenverpompung 2.1 Vloeistofdichte vloer met afgesloten opvangbak afgeleid naar riolering 2.2 Interventiemateriaal absorptieworsten
2. Loskoppelen van een producthoudende flexibel	2.1 Procedure leegmaken flexibel op het einde van de lossing	3. Verspreiding via riolering naar Schelde	3.1 Opvangputten (H-putten) met biorotor
3. Gebruik en manipulatie van flexibels (slijtage,...)	3.1 Keuringsverslag slangen van leverancier		

2.10.2 Ausgangssituation

Im Folgenden wird betrachtet, ob und wenn ja, welche durchgeführten Änderungen innerhalb des LTO-Projekts die Auswirkungen auf die Umgebung von KKW-1 und KKW-2 im Falle eines Störfalls mit Hydrazin und Gasöl (Diesel) beeinflussen können. Wasserstoff wird ebenfalls berücksichtigt, da eine Wasserstoffexplosion ebenfalls als Störfallsituation betrachtet werden kann.

Die PLANOP-Untersuchungen (Protection Layer Analysis and OPtimalisation) wurden im Anschluss an eine Seveso-Inspektion zur konventionellen Sicherheit der Anlagen von KKW-1 und KKW-2 durchgeführt. PLANOP ist eine Risikoanalyse-Methodik zur Analyse von Anlagen, die mit gefährlichen Stoffen umgehen. Im Folgenden finden Sie eine Zusammenfassung der ausgesprochenen Empfehlungen.

Die Vorbereitung der PLANOP-Analyse umfasste Folgendes:

- Erstellen der PLANOP-Dateien;
- Eingabe von Stoffen und Reaktionen und Ausfüllen der Stoff- und Reaktionsblätter;
- Definition und Einteilung der Anlagen in Abschnitte und Bereiche;
- Identifizieren der Stoffe und Reaktionen in den Komponenten;
- Identifizierung der möglichen Ursachen und Freigabeschritte;
- die Einführung von Maßnahmen (bestehende oder Vorschläge für neue).

Tabelle 2-5 PLANOP-Analyse des Dieselkreislauf von KKW-1 und KKW-2

Nr.	Ursprung	Aktion
1	Mögliche Ursache Wärme- oder Gaserzeugung durch Reaktion mit unerwünschten Stoffen im Bauteil Vorratsbehälter 80000 l	An der Entladestelle muss ein Anschluss vorhanden sein, in den eine Entladepistole eingesetzt werden kann (in Übereinstimmung mit der restlichen Anlage).
2	Maßnahme Flüssigkeitsdichter Laderaum	Das Kontrollprogramm muss regelmäßig überprüfen, dass sich kein Öl auf dem Ölabscheider an der Entladestelle befindet.
3	Maßnahme Prozedere: Fragen Sie den Fahrer, ob die Handbremse angezogen ist.	Die Verwendung von Unterlegkeilen wird beim Entladevorgang obligatorisch.
4	Maßnahme Hydraulischer Druck an Flexibles prüfen	Prüfen Sie, ob Prüfbescheinigungen für Schläuche von LKWs angefordert werden & angesehen.

Tabelle 2-6 PLANOP-Analyse der Wasserstoffanlagen KKW-1 und KKW-2

Nr.	Ursprung	Aktion	Status
1	Mögliche Ursache Interne Explosion im Bereich Druckbehälter	Der Königliche Erlass vom 26. März 2003 (Amtsblatt vom 5. Mai 2003) zum Schutz der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können (Umsetzung der europäischen Richtlinie 1999/92/EG), sieht vor, dass der Arbeitgeber ein Explosionsschutzdokument erstellen muss.	Ausgeführt
2	Maßnahme Verfahren: Versorgung mit Wasserstoff	Ein allgemeines Ladeverfahren existiert, aber eine Checkliste speziell für die Wasserstoff-Entladestelle muss noch erstellt werden.	Ausgeführt
3	Mögliche Ursache Bewegung der angehängten Fahrzeuge im Bereich Beladen des Tube Trailers	Die Verwendung von Unterlegkeilen wird beim Entladevorgang obligatorisch.	Ausgeführt

Nr.	Ursprung	Aktion	Status
4	Mögliche Ursache Einsatz von Flexibles im Abschnitt Beladung von Tube Trailern	Anforderung der periodischen Inspektion zur Checkliste hinzufügen.	Ausgeführt
5	Komponente Beladung des Tube Trailer	Untersuchen Sie die Notwendigkeit eines verriegelten Äquipotenzialverbindung mit Interlock nach Verladung	Ausgeführt

Tabelle 2.7

PLANOP-Analyse der Hydrazinanlage KKW-1 und KKW-2

Nr.	Ursprung	Aktion	Status
1	Mögliche Ursache Hochdruckbruch der Stickstoffversorgung im Bereich Tankwagenentladestelle	In die Checkliste für das Entladen aufnehmen: Prüfung des Prüzfertifikats für Flexibles.	Ausgeführt
2	Mögliche Ursache Bewegungen des Sattelschleppers im Bereich Entladestelle für Tankwagen	Empfehlung: Legen Sie beim Entladen Unterlegkeile aus.	Ausgeführt
3	Komponente Tankerentladestelle	Was passiert mit den Gasen aus dem hochgedrückten Lkw: Lkw bläst direkt in die Atmosphäre ab. (siehe Bemerkung Doel 3 - Messungen Werner)	Ausgeführt
4	Bereich Hydrazinverdünnung	Vergewissern Sie sich, dass eine periodische Lecksuchprüfung des doppelwandigen Tanks RI-0R22 durchgeführt wird.	Ausgeführt
5	Mögliche Ursache Überfüllung durch MW-Zugaben in Tagestanks im Bereich Hydrazineinspritzung	Überlegen Sie, ob locked-closed Ventile von der MW-Versorgung zu den Tagestanks notwendig sind.	Ausgeführt
6	Mögliche Ursache Überfüllung durch Fehlausrichtung des Zirkulators zu einem Tagestank im Bereich der Hydrazineinspritzung	Prozedere schreiben: Füllstandsmessung des Tagestanks 1/2 nachhalten, damit bei einer Fehlausrichtung kein Abfluss über den Überlauf erfolgt.	Ausgeführt
7	Mögliche Ursache Überfüllung des Tagestanks 1 /2 durch Abpumpen von RI0R22 im Bereich Hydrazineinspritzung	Überprüfen Sie die PLANOP-Analyse im Verlauf der Planung der Doel 1/2 RI-Anlage. Achten Sie auf eine ausreichende Zuverlässigkeit der Überfüllsicherung der Tagestanks, um ein Überfüllen zu verhindern.	Projekt wird im Rahmen des LTO neu gestartet
8	Mögliche Ursache Fehlfunktion des Aktivkohlefilters im Bereich Hydrazinverdünnung	Richten Sie ein Wartungsprogramm für den Aktivkohlefilter PKD-D0/NI0F2 ein.	Ausgeführt
9	Mögliche Ursache Überfüllung RI0R22 durch LKW-Entladung oder durch Überfüllung von Wasser im Bereich Hydrazinverdünnung	Untersuchen Sie die Zuverlässigkeit der Maßnahmen zur Vermeidung einer Überfüllung des Tanks RI0R22 genauer: Zwei Optionen: (zwei Füllstandsmessungen miteinander vergleichen) - Entweder zweite Messung am Tank hinzufügen - Oder niedrige Füllstandsmessung durch neue Füllstandsmessung ersetzen	Ausgeführt

Nr.	Ursprung	Aktion	Status
10	Mögliche Ursache Überfüllung R10R22 durch LKW-Entladung oder durch Überfüllung von Wasser im Bereich Hydrazinverdünnung	Das Ventil ORI 1063 muss locked-closed gestellt werden.	Projekt wird im Rahmen des LTO neu gestartet

2.10.3 Folgenabschätzung

Die möglichen Folgen störfallbedingter Situationen auf die Umwelt werden für beide zu behandelnden Szenarien bewertet:

- Durchführung des Projekts
Diese ist in zwei Phasen unterteilt, die jeweils in einem eigenen Teil behandelt werden:
 - Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018: LTO-Baumaßnahmen. Diese werden hauptsächlich bei Überholungsarbeiten durchgeführt. Electrabel betreibt in dieser Zeit sowohl das KKW-1 als auch das KKW-2.
 - Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025): Der reguläre Betrieb nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen
- Null-Variante, kein LTO.

2.10.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Die externen menschlichen Risiken eines schweren Unfalls wurden mithilfe einer quantitativen Risikoanalyse (QRA) abgeschätzt. In diese Analyse wurden nur Produkte mit solchen Eigenschaften (toxisch, brennbar, explosiv) einbezogen, die einen Einfluss auf das externe Risiko für den Menschen haben können.

Die maximalen Wirkdistanzen (größter Abstand zur 1 %igen Letalität) wurden berechnet für:

- Wärmestrahlung (infolge eines Brandes im Sicherheitsbehälter der Hilfsdampfkessel, eines Lagerhausbrandes und eines Fackelbrandes bei der Verladung von Wasserstoff)
- Überdruckeffekte (durch Explosion beim Laden von Wasserstoff);
- giftige Dämpfe. (durch Freisetzung von Hydrazin).

Die größte maximale Wirkdistanz ergibt sich bei einer Wasserstoffexplosion infolge des Reißens des Verladeschlauches mit verzögerter Zündung, d. h. 84 Meter. Die Wirkdistanzen reichen nicht über die Grundstücksgrenze des KKW hinaus. Das externe menschliche Risiko (Gefährdung von Personen, die sich außerhalb des Betriebes aufhalten) ist daher vernachlässigbar. Es werden keine signifikant negativen Auswirkungen auf die EHD der umliegenden BSG-Gebiete erwartet.

2.10.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Die LTO-Situation unterscheidet sich nicht wesentlich von der Ausgangssituation. Seit 2013/2014 sind einige Dieselgeneratoren hinzugekommen, aber da die gelagerten Mengen an Gasöl bei diesen Generatoren viel geringer sind als bei den Hilfskesseln (1.200 m³), ist der Wannenbrand des letzten

Lagertanks immer noch ein repräsentatives Szenario. Die Hydrazin- und Wasserstoffanlagen sind unverändert. Das externe menschliche Risiko ist somit unverändert.

Das Potenzial für eine mögliche Umweltbelastung durch die Dieselgeneratoren wird als vernachlässigbar angesehen.

Zugleich werden KKW-3, KKW-4, WAA und BCG betrieben, die nicht Teil des Projekts sind. Daher ändert sich die Wahrscheinlichkeit eines möglichen nicht-radiologischen Störfalls nicht. Also auch nicht die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Umweltbelastung. Es werden keine signifikant negativen Auswirkungen auf die EHD der umliegenden BSG-Gebiete erwartet.

2.10.3.3 Null-Variante

Bei der Null-Variante werden die LTO-Änderungen nicht umgesetzt. Es werden daher keine zusätzlichen Dieselgeneratoren installiert. Folglich ist die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Umweltauswirkung immer noch vernachlässigbar.

Wenn keine Laufzeitverlängerung erfolgt, werden sowohl KKW-1 als auch KKW-2 endgültig abgeschaltet. Die definitive Stilllegung bis zum Beginn des Rückbaus wird sowohl bei der Null-Variante (kein Projekt) als auch beim Projekt erfolgen. In beiden Situationen ist die definitive Stilllegung in Bezug auf die Dauer und die Vorbereitungen für den Rückbau gleich. Der einzige Unterschied ist der Zeitpunkt der definitiven Stilllegung.

Folglich wird es im Hinblick auf störfallbedingte Situationen keinen Unterschied zwischen der Null-Variante (kein Projekt) und dem Projekt geben. Dies gilt auch für einen nicht-radiologischen Zwischenfall und die damit verbundenen Umweltauswirkungen.

Zugleich werden KKW-3, KKW-4, WAA und BCG betrieben. Die Wahrscheinlichkeit eines möglichen nicht-radioaktiven Zwischenfalls ändert sich für diese Anlagen nicht. Also auch nicht die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Umweltbelastung. Zusammenfassend für den gesamten Standort ist die Wahrscheinlichkeit einer Umweltbelastung durch einen Störfall bei der Null-Variante (kein Projekt) geringer als in der Ausgangssituation, da KKW-1 und KKW-2 nicht mehr betrieben werden.

2.10.4 Grenzüberschreitende Auswirkungen

In Bezug auf das externe Risiko für den Menschen wurde oben festgestellt, dass die maximale Wirkungsdistanz (1% Letalität) nicht über die Grenzen von KKW hinausgeht. Das externe menschliche Risiko außerhalb der nationalen und regionalen Grenzen ist daher ebenfalls vernachlässigbar.

Der RIVM-Bericht, der auf einer großen Anzahl von Messungen basiert, besagt u. a. dass generell ab einem Abstand von einem Kilometer zum Brandherd keine Gefahr für Mensch und Umwelt besteht.

Aus der Literatur geht hervor, dass die meisten Tiere empfindlicher auf die Inhalationsexposition von Hydrazin reagieren. Da jedoch die 1 %ige (menschliche) letale Konzentration bei einem möglichen Unfall nicht erreicht wird und Hydrazin in der Atmosphäre instabil ist (Lebensdauer ca. 1 Std. in reiner Atmosphäre), wird es sich nicht über große Entfernungen ausbreiten, so dass keine relevanten Auswirkungen auf die Fauna außerhalb des Betriebsgeländes zu erwarten sind.

Außerdem reagieren Tiere im Allgemeinen empfindlicher auf Überdosierungseffekte als Menschen (wobei Vögel empfindlicher als Säugetiere und kleine Säugetiere empfindlicher als große Säugetiere sind). Die maximale Wirkdistanz für die 1 %ige (menschliche) Letalität beträgt nur 84 m. Diese Wirkdistanz reicht nicht über die Grundstücksgrenze des KKW hinaus. Da der Überdruck in einer offenen Umgebung exponentiell mit der Entfernung abnimmt, wird die Wirkung außerhalb der Standortgrenzen schnell abnehmen. Es sind daher keine relevanten Auswirkungen auf die Fauna zu erwarten.

Die obigen Ausführungen führen zu der Schlussfolgerung, dass keine signifikanten negativen Auswirkungen auf die EHD der BSG-Gebiete über die Landesgrenzen hinweg zu erwarten sind.

Es ist daher davon auszugehen, dass die Folgen von schweren Unfällen nicht grenzüberschreitend sind.

2.10.5 Monitoring

Eine Überwachung wird nicht für notwendig erachtet.

2.10.6 Mitigierende Maßnahmen

ENGIE/Electrabel kann (und muss) die in Belgien geltenden Störfallkriterien erfüllen. Hierzu verfügen KKW-1 und KKW-2 sowie KKW-3, KKW-4, WAA und das BCG über diverse Sicherheitssysteme und einen Notfallplan. Zusätzliche mitigierende Maßnahmen sind daher im Rahmen des Projekts nicht erforderlich.

2.10.7 Wissenslücken

Es gibt keine Wissenslücken, die die Abwägung von Alternativen beeinflussen und eine Entscheidungsfindung unmöglich machen.

2.10.8 Schlussfolgerungen

Die maximalen Wirkdistanzen eines nicht-radiologischen Störfalls bei KKW-1 und KKW-2 reichen nicht über die Standortgrenzen hinaus. Das Potenzial für Umweltauswirkungen ändert sich durch die LTO-Arbeiten oder durch den längeren Betrieb des KKW-1 und KKW-2 nicht wesentlich. Es werden keine signifikant negativen Auswirkungen auf die EHD der umliegenden BSG-Gebiete erwartet.

Referenzen

Aeolus & Lisee (2001). Kwetsbaarheidskaarten voor fauna en flora ten behoeve van de ondersteuning van milieueffectrapportage.

Antrop, M. & Van der Reest, P. 2001. Het Landschap van de Schelde. De Levende Natuur 102: 42-48

Arcadis. (2012). Verslag 5 uitgevoerde monitoringscampagnes (periode juni 2011- maart 2012) naar de temperatuursinvloed van het koelwater aan de kerncentrale van Doel op de Schelde.

Argonne National Laboratory, Environmental Science Division. Saline Water for Power Plant Cooling: Challenges and Opportunities, 2014.

Baetens, J., Martens, D., Jacobs, I., Vochten, T. (2016). Soortenbeschermingsprogramma Antwerpse Haven Monitoringrapport 2015. Natuurpunt in samenwerking met Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen en Maatschappij Linkerscheldeover.

Berbee R.P.M. (1997). Hoe omgaan met actief chloor in koelwater? RIZA rapport 97.077. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling.

Deskriptive Bodenuntersuchung, ABO nv, November 2007 (kann bei OVAM eingesehen werden)

Deskriptive Bodenuntersuchung, Becewa vzw, Mai 2005 (kann bei OVAM eingesehen werden)

Breine, J., Van Thuyne, G (2013A). Bemonstering van het visbestand in de koelwaterpluim van de kerncentrale in Doel. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2013 (998714). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Breine, J., Van Thuyne, G. (2013B). Opvolging van het visbestand van de Zeeschelde met ankerkuilvisserij: resultaten voor 2013. INBO.R. 2013.1020474. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2013 (INBO.R. 2012.1020474). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Breine, J., Van Thuyne, G. (2014). Opvolging van het visbestand van de Zeeschelde met ankerkuilvisserij: resultaten voor 2014. INBO.R. 2014.6193190. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2014 (INBO.R. 2014.6193190). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Breine, J., De Bruyn, A., Galle, L., Lambeens, I., Maes Y., Pauwels, I. en G. Van Thuyne (2015). Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde-estuarium: Ankerkuilcampagnes 2015. INBO.R.2015.11338975. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2015 (INBO.R.2015.11338975.). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Breine, J., Delmoité, S., De Bruyn, A., Galle, L., Lambeens, I., Maes, Y. en G. Van Thuyne (2017). Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde-estuarium. Ankerkuilcampagnes 2016. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (10). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

BWK Erläuterung zu Karte Blatt 15 INBO, 2006.10

Cuperus in Tamis, W.L.M. & Runhaar, J. 1994. Kwetsbaarheidskaarten Natuur Zuid-Holland. CML rapport 115. Centrum voor Milieukunde Leiden.

J. Breine, A. De Bruyn, L. Galle, I. Lambeens, Y. Maes en G. Van Thuyne (2018). Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde-estuarium. Ankerkuilcampagnes 2017. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (3). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.13829441

J. Breine, L. Galle, I. Lambeens, Y. Maes, T. Terrie en G. Van Thuyne (2019). Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde-estuarium. Ankerkuilcampagnes 2018. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2019 (7). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.15908465

J. Breine, L. Galle, I. Lambeens, Y. Maes, T. Terrie en G. Van Thuyne (2020). Monitoring van de visgemeenschap in het Zeeschelde-estuarium. Ankerkuilcampagnes 2019. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2020 (4). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.17680566

Brys, R., Ysebaert, T., Escaravage, V., Van Damme, S., Van Braeckel, A., Vandevoorde, B. & Van den Bergh, E. (2005). Afstemmen van referentiecondities en evaluatiesystemen in functie van de KRW: afleiden en beschrijven van typespecifieke referentieomstandigheden en/of MEP in elk Vlaams overgangswatertype vanuit de – overeenkomstig de KRW – ontwikkelde beoordelingssystemen voor biologische kwaliteitselementen. Eindrapport. VMM.AMO.KRW.REFCOND OW. Instituut voor Natuurbehoud INBO.2005.7.

De Kruik H.J. (1983). Overzicht van hydrobiologisch koelwateronderzoek in Nederland. Stand van zaken 30 juni 1983. Commissie Koelwater Normen, 's Gravenhage. 72pg.

Dobben, H.F. van, Bobbink, R., Bal, D., Hinsberg, A. van. (2012). Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000-gebieden. Wageningen: Alterra (Alterra-rapport 2397) - 68

European Environment Agency, EMEP EEA Guidebook 2009

European Environment Agency, EMEP EEA Guidebook 2013

Ficke A.D., Myrick C.A. & L.J. Hansen (2007). Potential impacts of global change on freshwater fisheries. Reviews in Fish Biology and Fisheries.

Garniel, A.; Daunicht, W.D.; Mierwald, U. & Ojowski, U. 2007. Vögel und Verkehrslärm. Schlussbericht, Langfassung. FuE Vorhaben 02.237/2003/LR des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, Bonn/Kiel, Germany. 264p

Gassman, F., Tinguely, M. & Haschke, D. UVP-Bericht Nr. 475, 1982. Calculs de panaches de tours de refroidissement pour des situations de haute pression hivernales.

Hartholt J.G. & Jager Z. (2004). Effecten van koelwater op het zoute aquatische milieu. RIKZ/2004.043.. Rijkwaterstaat.

International Atomic Energy Agency, 1974. Technical Reports Series Nr. 155. Thermal discharges at nuclear power stations. Their management and environmental impacts.

Internationaal Energieagentschap (IEA), Nuclear Power in a Clean Energy System, 2019

Kerkum, L.C.M., bij de Vaate, A., Bijstra, D., de Jong, S.P. & Jenner, H.A. (2004). Effecten van koelwater op het zoete aquatische milieu. RIZA rapport 2004.033. Rijkwaterstaat.

Kitchell J.F., Stewart D.J. & D. Weininger (1977). Applications of a bioenergetics model to yellow perch (*Perca flavescens*) and walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada 34: 1922-1935.

Krijgsveld, K.L., van der Winden, J. & Smits, R. (2008). Verstoringgevoeligheid van vogels. Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie.

Lauver, T.L., Curtis C.R., Patterson, G.W. & Douglass, L.W., Effects of saline cooling tower drift on seasonal variations of sodium and chlorine concentrations in native perennial vegetation, 1978.

Maes, J., Ollevier, F (2005) Impact van baggeractiviteiten in de Beneden-Zeeschelde op de ecologie van de rivierprik. Studierapport in opdracht van de Afdeling Maritieme Toegang. Leuven.

Maes, J., Peeters, B., Ollevier, F.P. (1999). Evaluation of the fish guidance system at the cooling water inlet of the nuclear power plant Doel 3/4. Studierapport in opdracht van Electrabel. KU Leuven.

Maes, J., Taillieu, A., Van Damme, P., Ollevier, F. (1996). Onderzoek naar de impact van watercaptatie via het waterpompstation van de kerncentrale van Doel 3/4 op de biota van de Beneden-Zeeschelde. KU Leuven. Studierapport in opdracht van Electrabel (D/1 996/7744/1). KU Leuven.

Managementplan Natura 2000 1.0, Zeeschelde (SIGMA) (19/12/2014). Documentnummer Natura2000_0000336. Agentschap voor Natuur en Bos.

Méry, P. Aménagement et Nature Nr. 94, Association pour les espaces naturels, Paris, Frankreich. Impact de la réfrigération atmosphérique, 1989.

Umwelterklärung 2018, Kernkraftwerk Doel

Nieuwborg H. 1996. Provinciaal Natuurontwikkelingsplan Antwerpen

Orientierende Bodenuntersuchung, AIB-Vinçotte International NV, Dezember 2015 (kann bei OVAM eingesehen werden)

Orientierende Bodenuntersuchung, Becewa vzw, April 1996 (kann bei OVAM eingesehen werden)

Orientierende Bodenuntersuchung, Becewa vzw, Mai 2000 (kann bei OVAM eingesehen werden)

Orientierende Bodenuntersuchung, Becewa vzw, Mai 2005 (kann bei OVAM eingesehen werden)

Orientierende Bodenundersuchung, Becewa vzw, Mai 2010 (kann bei OVAM eingesehen werden)

Orientierende Bodenundersuchung, Soresma, September 2002 (kann bei OVAM eingesehen werden)

Orientierende Bodenundersuchung, Sweco Belgium NV, Oktober 2019 (kann bei OVAM eingesehen werden)

Orientierende und deskriptive Bodenundersuchung, Becewa vzw, November 2005 (kann bei OVAM eingesehen werden)

Plan-UVP Oosterweel-Verbindung, Antea, Januar 2014

Plancke, Y.; Van De Moortel, I.; Hertogs, R.; Vereecken, H.; Vos, G.; Verdoodt, N.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2017). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2016: Deelrapport 6 – Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2016. Versie 4.0. WL Rapporten, 12_070_6. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Prins T.C., Bot P.V.M., Duin R.M.N. & Peeters J.C.H. (2002). Eutrofiëring zoute wateren: effecten, trends, en prognose. Rapport RIKZ 2002.023. Rijksinstituut voor Kust en Zee.

Projekt-UVP, KKW Verlängerung der Vlareme-Genehmigung, Vinçotte, 2010

Reijnen, R. en R.P.B. Foppen, 2006. Impact of road traffic on breeding bird populations. In: The ecology of transportation: managing mobility for the environment / Davenport, J., Davenport, J.L. - Dordrecht : Springer, 2006 (Environmental Pollution 10) - ISBN 1402045034.

RIVM rapport 609022031/2009, ‘Verspreiding van stoffen bij branden: een verkennende studie’. 2009.

Sierdsema H., Foppen R. & van Kleunen A. 2014. Inschatting versturende invloed werkparken ADT op vogels. Sovon-rapport 2014/19. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Stevens & Van den Bergh (2010). Advies betreffende de afwijking van de Vlareme-regelgeving bij lozing van koelwater te Doel. INBO.A.2010.111.

Technischer Bericht im Erdbau, Tractebel Engineering nv, September 2016 (verfügbar zur Einsichtnahme bei Grondbank)

US Environmental Protection Agency, Compilation of air pollutant emission factors, Third edition, August 1977 (AP-42 1977)

Van Damme, S., Van Hove, D., Ysebaert, T., de Deckere, E., Van den Bergh, E. & Meire, P. (2003). Ontwikkelen van een score of index voor fytoplankton, macrozoobenthos, macro-algen en angiospermen voor de Vlaamse overgangswateren volgens de Europese Kaderrichtlijn Water. Eindrapport ECOBE 03-R54.

Van den Bergh, Breine & Speybroek. 2013. Advies betreffende een monitoringsprogramma voor de effecten van de lozingspluim van het koelwater van de kerncentrales van Doel. INBO.A.2012.173.

Stevens & Van den Bergh (2010). Advies betreffende de afwijking van de Vlareem-regelgeving bij lozing van koelwater te Doel. INBO.A.2010.111.

van Dobben H.F., Bobbink R., Bal D., van Hinsberg A. 2012. Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000. Alterra rapport 2397. Alterra, WUR, Wageningen, Nederland.

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., De Regge N., Soors J., Dhaluin P., Terrie T., Van Lierop, F., Hessel K. & Van den Bergh E. (2014). MONEOS – Geïntegreerd data-rapport INBO: toestand Zeeschelde 2013. Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2014 (2646963). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., De Regge N., Soors J., Dhaluin P., Terrie T., Van Lierop, F., Hessel K., Froidmont, M. & Van den Bergh E. (2015). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: toestand Zeeschelde 2014. Monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek INBO.R.2015.8990774. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Ryckegem, G., Van Braeckel, A., Elsen, R., Speybroeck, J., Vandevoorde, B., Mertens, W., Breine, J., De Beukelaer, J., De Regge, N., Hessel, K., Soors, J., Terrie, T., Van Lierop, F. & Van den Bergh, E. (2016). MONEOS – Geïntegreerd data- rapport INBO: Toestand Zeeschelde 2015: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2016 (INBO.R.2016.12078839). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., Spanoghe G., Buerms D., De Beukelaer J., De Regge N., Hessel K., Soors J., Terrie T., Van Lierop F. & Van den Bergh E. (2017). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2016: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2017 (37). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.13479033

Van Ryckegem G., Van Braeckel A., Elsen R., Speybroeck J., Vandevoorde B., Mertens W., Breine J., Spanoghe G., Bezdenjesnji O., Buerms D., De Beukelaer J., De Regge N., Hessel K., Lefranc C., Soors J., Terrie T., Van Lierop F. & Van den Bergh E. (2018). MONEOS – Geïntegreerd datarapport INBO: Toestand Zeeschelde 2017: monitoringsoverzicht en 1ste lijnsrapportage Geomorfologie, diversiteit Habitats en diversiteit Soorten. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (74). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. DOI: doi.org/10.21436/inbor.15000892

Van den Bergh, Breine & Speybroek. 2013. Advies betreffende een monitoringsprogramma voor de effecten van de lozingspluim van het koelwater van de kerncentrales van Doel. INBO.A.2012.173.

Vlaamse Milieumaatschappij. Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest. Jaarverslag Immissiemeetnetten 2012, 2013.

Vlaamse Milieumaatschappij. Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest. Jaarverslag Immissiemeetnetten 2013, 2014.

Vlaamse Milieumaatschappij. Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest. Jaarverslag Immissiemeetnetten 2014, 2015.

Wagemans *et al.*, 2008. Galgeschoor, Groot Buitenschoor (Lillo & Zandvliet). Tweede monitoringsrapport. Natuurpunt

Liste der Tabellen

Tabel 2-1:	Overzicht van ontwikkelingen die een invloed kunnen hebben op de effectbespreking en -beoordeling.....	1
Tabel 2-2	Overzicht van de (hydro)geologische opbouw ter hoogte van het studiegebied.....	9
Tabel 2-3	Overzicht van de vergunde grondwaterwinningen in de uitgangssituatie ter hoogte van het studiegebied	11
Tabel 2-4	Overzicht van de uitgevoerde bodemonderzoeken op de KCD	12
Tabel 2-5	Waterkwaliteit en toetsing aan de milieukwaliteitsnorm (MKN) in de meetpunten stroomop- en stroomafwaarts van het lozingspunt van KCD in de Schelde – Uitgangssituatie 2013-2014	31
Tabel 2-6	Waterkwaliteit en toetsing aan de milieukwaliteitsnorm (MKN) in de meetpunten stroomop- en stroomafwaarts van het lozingspunt van KCD in de Schelde – 2015-2020	33
Tabel 2-7	Prati-index volgens zuurstof: klassen.....	41
Tabel 2-8	Prati-index volgens zuurstof.....	42
Tabel 2-9	Lozingsnormen, effluentconcentraties en vuilvrachten sanitair afvalwater	55
Tabel 2-10	Lozingsnormen, effluentconcentraties en vuilvrachten industrieel afvalwater	61
Tabel 2-11	Lozingsnormen, effluentconcentraties en vuilvrachten koelwater	67
Tabel 2-12	Bijdrageberekening	84
Tabel 2-13	Grafische voorstelling van het temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (gegevens alle monitoringscampagnes) (Arcadis, 2012).....	96

Tabel 2-14:	Klassenindeling voor de categorie overgangswater (Bron: Stroomgebiedbeheerplan Beneden-Scheldebekken) – ter hoogte KCD geldt O1b.....	101
Tabel 2-15:	Significantiekader discipline geluid.....	114
Tabel 2-16:	Koppeling van beoordeling aan milderende maatregelen.....	114
Tabel II.2-17:	Ligging van de immissiemeetpunten.....	116
Tabel II.2-18:	De verschillende windsectoren.....	117
Tabel II.2-19:	resultaten van de immissiemeting en vergelijking met MKN.....	118
Tabel 2-20:	Significantieniveaus voor geluid in toestand 2013-2014.....	126
Tabel 2-21:	Tijdsgewogen totaal specifiek geluid in toestand 2013-2014.....	129
Tabel 2-22:	Significantieniveau obv tijdsgewogen totaal specifiek geluid in toestand 2013-2014	132
Tabel II.2-23:	resultaten van de immissiemeting en vergelijking met MKN.....	133
Tabel 2-24:	Totaal geluidsvermogen van discontinue bronnen.....	135
Tabel 2-25:	Gemiddeld specifiek geluid thv referentiepunten	136
Tabel 2-26:	Tijdsgewogen totaal specifiek geluid in toestand 2015-2019.....	137
Tabel 2-27:	Significantieniveau obv tijdsgewogen totaal specifiek geluid in toestand 2015-2019	139
Tabel 2-28:	Typerende werktuigen tijdens de aanlegfase en hun geluidsvermogeniveau	141
Tabel 2-29:	Toetsing van de logaritmische som van het tijdsgewogen totaal specifiek geluid aan de richtwaarde thv referentiepunten in toestand 2015-2019	144
Tabel 2-30:	Beschouwde geluidsvermogens van de continue bronnen.....	146
Tabel 2-31:	Specifiek geluid in referentiepunten versus Vlare II richtwaarde.....	149
Tabel 2-32:	Significantieniveaus voor geluid in het nulalternatief	150
Tabel 2-33:	Significantieniveau obv tijdsgewogen totaal specifiek geluid in het nulalternatief.....	150
Tabel 2-34	Overzicht meetplaatsen VMM in de omgeving van KCD	157
Tabel 2-35	SO ₂ -concentraties (µg/m ³) in de omgeving van KCD.....	158
Tabel 2-36	NO ₂ -concentraties (µg/m ³) in de omgeving van KCD	161
Tabel 2-37	PM ₁₀ -concentraties in de omgeving van KCD	164
Tabel 2-38	PM _{2,5} -concentraties in de omgeving van KCD.....	165

Tabel 2-39	Zwarte koolstof concentraties in de omgeving van KCD.....	166
Tabel 2-40	Emissiefactoren voor de verbrandingsinstallaties op vloeibare brandstoffen, bouwjaar 1982-1984.....	169
Tabel 2-41:	Emissiefactoren voor de verbrandingsinstallaties op vloeibare brandstoffen, bouwjaar 2000-2017.....	170
Tabel 2-42	Brandstofverbruik (2014).....	170
Tabel 2-43:	Emissiefactoren per verbrandingsinstallatie	172
Tabel 2-44	Emissies stookinstallaties (2014)	174
Tabel 2-45:	Besparingen ten gevolge van energiemaatregelen bij KCD (volgens Energieplan 2014).....	179
Tabel 2-46:	Theoretisch aantal draaiuren en gasolieverbruik, realistische worst case periode 2015-2019.....	182
Tabel 2-47:	Emissies verbrandingsinstallaties realistische worst case 2015-2019 situatie LTO (ton/jaar)	183
Tabel 2-48	Selectie van de relevante pollutanten	184
Tabel 2-49:	Emissies verbrandingsinstallaties realistische worst case 2019-2029 situatie no- LTO (ton/jaar)	187
Tabel 2-50	Jaarlijkse CO ₂ -emissies in de periode 2009-2019	190
Tabel 2-51	Beoordelingskader eutrofiëring en verzuring afkomstig uit de praktische wegwijzers voor eutrofiëring en verzuring via de lucht van ANB.....	196
Tabel 2-52	Overzicht van de kritische depositiewaarden voor stikstof voor de Europese habitattypes binnen een straal van 2,5 km rondom de site van KCD	225
Tabel 2-53	Overzicht van de kritische last voor verzuring voor de Europese habitattypes binnen een straal van 2,5 km rondom de site van KCD	229
Tabel 2-54:	Verstoringsgevoeligheid vogels (Aeolus & Lisec, 2001).....	234
Tabel 2-55	Instandhoudingsdoelstellingen SBZ-gebieden BE2300006 Schelde- en Durme- estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme en Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend en Blokkersdijk - relevante Europese habitattypes voor de ligging van KCD, de aard van diens activiteiten en de projectkenmerken binnen de ecotoopcluster 'estuarium'	267

Tabel 2-56	Instandhoudingsdoelstellingen SBZ-gebieden BE2300006 Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme en Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend en Blokkersdijk - relevante Europese habitattypes voor de ligging van KCD, de aard van diens activiteiten en de projectkenmerken binnen de ecotoopcluster ‘wetlands’	271
Tabel 2-57	Instandhoudingsdoelstellingen SBZ-gebieden BE2300006 Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent, BE2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde, BE220135 Durme en Middenloop van de Schelde, BE2300222 Kuifeend en Blokkersdijk - relevante Europees beschermde soorten voor de ligging van KCD, de aard van diens activiteiten en de projectkenmerken	272
Tabel 2-58	Lijst van de stressoren en de gerelateerde gezondheidsimpact voor het project ..	310
Tabel 2-59	Ruimtegebruik in het studiegebied van de inrichting	314
Tabel 2-60	Bevolkingsaantal in een straal van 2 en 5 km rond de kerncentrale van Doel (bron: Statbel).....	315
Tabel 2-61	Maximale effectafstanden per insluitsysteem	324
Tabel 2-62	Vlinderdas gasolie – sectie opslag.....	326
Tabel 2-63	Vlinderdas gasolie – sectie verlading	327
Tabel 2-64	Vlinderdas hydrazine – sectie opslag	328
Tabel 2-65	Vlinderdas hydrazine – sectie verlading.....	329
Tabel 2-66	Significantiekader discipline mens-mobiliteit.....	342

Abbildungsverzeichnis

Figuur 2-1	Topografie ter hoogte van het studiegebied	6
Figuur 2-2	Hoogteprofiel ter hoogte van KCD	7
Figuur 2-3	Bathymetrie Schelde ter hoogte van Doel	26
Figuur 2-4	Situering VMM-meetpunten	29

Figuur 2-5	Temperatuur (°C) Scheldewater aan innamepunten van Doel 1 (D1/xxx; blauwelijn) en Doel 2 (D1/xxx; oranje lijn) en aan het innamepunt van de eenheden Doel 3 en 4 (D3/xxx; grijze lijn) – 2013	37
Figuur 2-6	Temperatuur (°C) Scheldewater aan innamepunten van Doel 1 (D1/xxx; blauwelijn) en Doel 2 (D1/xxx; oranje lijn) en aan het innamepunt van de eenheden Doel 3 en 4 (D3/xxx; grijze lijn) – 2014	37
Figuur 2-7	Temperatuur (°C) Scheldewater aan innamepunten van Doel 1 (D1/xxx; blauwelijn) en Doel 2 (D1/xxx; oranje lijn) en aan het innamepunt van de eenheden Doel 3 en 4 (D3/xxx; grijze lijn) – 2015	38
Figuur 2-8	Temperatuur (°C) Scheldewater aan innamepunten van Doel 1 (D1/xxx; blauwelijn) en Doel 2 (D1/xxx; oranje lijn) en aan het innamepunt van de eenheden Doel 3 en 4 (D3/xxx; grijze lijn) – 2016	38
Figuur 2-9	Temperatuur (°C) Scheldewater aan innamepunten van Doel 1 (D1/xxx; blauwelijn) en Doel 2 (D1/xxx; oranje lijn) en aan het innamepunt van de eenheden Doel 3 en 4 (D3/xxx; grijze lijn) – 2017	39
Figuur 2-10	Temperatuur (°C) Scheldewater aan innamepunten van Doel 1 (D1/xxx; blauwelijn) en Doel 2 (D1/xxx; oranje lijn) en aan het innamepunt van de eenheden Doel 3 en 4 (D3/xxx; grijze lijn) – 2018	39
Figuur 2-11	Temperatuur (°C) Scheldewater aan innamepunten van Doel 1 (D1/xxx; blauwelijn) en Doel 2 (D1/xxx; oranje lijn) en aan het innamepunt van de eenheden Doel 3 en 4 (D3/xxx; grijze lijn) – 2019	40
Figuur 2-12	Waterbalans 2013 (m ³)	45
Figuur 2-13	Waterbalans 2014 (m ³)	46
Figuur 2-14	Schematische voorstelling interne riolering industrieel afvalwater en koelwater ..	49
Figuur 2-15	Zuurstofgehalte (mg O ₂ /L) van het Scheldewater aan de innamepunten van Doel 1, Doel 3 en 4 en van het koelwater aan het gemeenschappelijke lozingspunt K3 – 2013	69
Figuur 2-16	Zuurstofgehalte (mg O ₂ /L) van het Scheldewater aan de innamepunten van Doel 1, Doel 3 en 4 en van het koelwater aan het gemeenschappelijke lozingspunt K3 – 2014	69
Figuur 2-17	Zuurstofgehalte (mg O ₂ /L) van het Scheldewater aan de innamepunten van Doel 1, Doel 3 en 4 en van het koelwater aan het gemeenschappelijke lozingspunt K3 – 2015	70

Figuur 2-18	Zuurstofgehalte (mg O ₂ /L) van het Scheldewater aan de innamepunten van Doel 1, Doel 3 en 4 en van het koelwater aan het gemeenschappelijke lozingspunt K3 - 2016	70
Figuur 2-19	Zuurstofgehalte (mg O ₂ /L) van het Scheldewater aan de innamepunten van Doel 1, Doel 3 en 4 en van het koelwater aan het gemeenschappelijke lozingspunt K3 – 2017	71
Figuur 2-20	Zuurstofgehalte (mg O ₂ /L) van het Scheldewater aan de innamepunten van Doel 1, Doel 3 en 4 en van het koelwater aan het gemeenschappelijke lozingspunt K3 – 2018	71
Figuur 2-21	Zuurstofgehalte (mg O ₂ /L) van het Scheldewater aan de innamepunten van Doel 1, Doel 3 en 4 en van het koelwater aan het gemeenschappelijke lozingspunt K3 – 2019	72
Figuur 2-22	Temperatuur (°C) koelwater aan gemeenschappelijk lozingspunt K3 – 2013	75
Figuur 2-23	Temperatuur (°C) koelwater aan gemeenschappelijk lozingspunt K3 – 2014	75
Figuur 2-24	Temperatuur (°C) koelwater aan gemeenschappelijk lozingspunt K3 – 2015	76
Figuur 2-25	Temperatuur (°C) koelwater aan gemeenschappelijk lozingspunt K3 – 2016	76
Figuur 2-26	Temperatuur (°C) koelwater aan gemeenschappelijk lozingspunt K3 – 2017	77
Figuur 2-27	Temperatuur (°C) koelwater aan gemeenschappelijk lozingspunt K3 – 2018	77
Figuur 2-28	Temperatuur (°C) koelwater aan gemeenschappelijk lozingspunt K3 – 2019	78
Figuur 2-29	Pluviale overstromingskaart – overstroombaar gebied onder het huidig klimaat. Grote kans: neerslagbui met terugkeerperiode 10 jaar (T10); middelgrote kans: terugkeerperiode 100 jaar (T100); kleine kans: terugkeerperiode 1000 jaar (T1000) (Bron : www.waterinfo.be/overstromingsrichtlijn)	82
Figuur 2-30	Pluviale overstromingskaart – overstroombaar gebied onder het hoog-impact klimaatscenario (hoge zomer) 2050. Grote kans: neerslagbuit met terugkeerperiode 10 jaar (T10); middelgrote kans: terugkeerperiode 100 jaar (T100); kleine kans: terugkeerperiode 1000 jaar (T1000) (Bron : www.waterinfo.be/overstromingsrichtlijn)	82
Figuur 2-31	Zone met waarneembare temperatuursverhoging (>1°C) bij afgaand water, strekdam onder water	92
Figuur 2-32	Zone met waarneembare temperatuursverhoging (>1°C) bij afgaand water, strekdam boven.....	93
Figuur 2-33	Maximale zone met waarneembare temperatuursverhoging (>1°C) bij opkomend water	95

Figuur 2.34	Geïnterpoleerd NO ₂ -jaargemiddelde in 2012 in de omgeving van KCD (zwarte cirkel)	162
Figuur 2.35	Geïnterpoleerd NO ₂ -jaargemiddelde in 2013 in de omgeving van KCD (zwarte cirkel)	163
Figuur 2.36	Geïnterpoleerd NO ₂ -jaargemiddelde in 2014 in de omgeving van KCD (zwarte cirkel)	163
Figuur 2.37	Gemodelleerde PM ₁₀ -concentraties in de omgeving van KCD (zwarte cirkel) ..	165
Figuur 2.38	Gemodelleerde PM _{2,5} -concentraties in de omgeving van KCD (zwarte cirkel) .	166
Figuur 2.39	Gemodelleerde zwarte koolstof concentraties in 2014 in de omgeving van KCD (zwarte cirkel).....	167
Figuur 2.40:	Jaargemiddelde NO ₂ immissiebijdrage in de bedrijfsfase, scenario 'LTO'	186
Figuur 2.41:	Jaargemiddelde NO ₂ immissiebijdrage in de bedrijfsfase (scenario no LTO).....	188
Figuur 2-42	Andere gebieden belangrijk voor natuur in de omgeving van de KCD	201
Figuur 2-43	Belangrijke broedgebieden en pleistergebieden in de omgeving van de KCD ...	204
Figuur 2-44	Ectooopenkaart Schelde (INBO, 2015).....	208
Figuur 2-45	Netwerk van ecologische infrastructuur in het Antwerps havengebied (Baetens <i>et al.</i> , 2015).....	220
Figuur 2-46	Contour stikstofdepositie (in kg N/(ha.jaar)) veroorzaakt door de activiteiten van KCD in de bedrijfsfase in de toekomstige situatie	227
Figuur 2-47	Contour verzurende depositie (in Z _{eq} /(ha.jaar)) veroorzaakt door de activiteiten van KCD in de bedrijfsfase in de toekomstige situatie	231
Figuur 2-48:	Verstoringsgevoeligheid van de verschillende soortgroepen, (gemiddelden van relevante Nederlandse soorten, Krijgsveld et al. 2008).....	233
Figuur 2-49	Geluidscontouren 2013-2014 (= in de bedrijfsfase in de toekomstige situatie) ten opzichte van Natura 2000-gebieden	237
Figuur 2-50	Geluidscontouren 2013-2014 (= in de bedrijfsfase in de toekomstige situatie) ten opzichte van VEN-gebieden.....	238
Figuur 2-51	Geluidscontouren 2013-2014 (= in de bedrijfsfase in de toekomstige situatie) ten opzichte van erkende en Vlaamse natuureservaten.....	239
Figuur 2-52	Mate van verstoring als functie van de toename van de watertemperatuur (Hartholt & Jager, 2004)	242

Figuur 2-53	Temperatuureisen van enkele vissoorten (rood: viseter; blauw: macrofauna-eter; paars: vis-/macrofauna-eter; groen: vegetatie-/macrofauna-eter. Een pijl achter de soort geeft aan dat deze temperaturen >28°C kan verdragen) (Kerkum <i>et al.</i> , 2004).....	245
Figuur 2-54	Contour stikstofdepositie (in kg N/(ha.jaar)) veroorzaakt door de activiteiten van KCD in het nul-alternatief	255
Figuur 2-55	Contour verzurende depositie (in Zeq/(ha.jaar)) veroorzaakt door de activiteiten van KCD in het nul-alternatief	257
Figuur 2-56	Geluidscontouren in het nul-alternatief ten opzichte van Natura 2000-gebieden	259
Figuur 2-57	Geluidscontouren in het nul-alternatief ten opzichte van VEN-gebieden	260
Figuur 2-58	Geluidscontouren in het nul-alternatief ten opzichte van erkende en Vlaamse natuureservaten	261
Figuur 2-59	Geluidscontouren 2013-2014 (huidige situatie en de bedrijfsfase in de toekomstige situatie) ten opzichte van Natura 2000-gebieden.....	283
Figuur 2-60	Geluidscontouren 2013-2014 (= in de bedrijfsfase in de toekomstige situatie) ten opzichte van VEN-gebieden.....	286
Figuur 2-61	Situering opnamepunten.....	299
Figuur 2-62	Perceptie van de veiligheid van kernreactoren in België in de periode 2011-2018 (N>1000, gewogen steekproef in 2015 en 2018)	332
Figuur 2-63	Situering van de ontsluitingswegen op mesoniveau.....	340
Figuur 2-64	Situering van de toegangen	341
Figuur 2-65	Bovenlokaal Functioneel Fietsroutenetwerk (bron: gisoost.be).....	344
Figuur 2-66	Fietsknooppuntennetwerk (bron: fietsnet.be).....	345
Figuur 2-67	Wegcategorisering.....	349
Figuur 2-68	Voorstelling “Realisatie van extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen”	353
Figuur 2-69	Situering van inzamelpunten	356
Figuur 2-70	Schema containers Containerpark en Centraal Milieumagazijn (MAH).....	356
Figuur 2-71	Hoeveelheid totaal geproduceerd niet-radioactief afval en fractie restafval	358

3 Radiologische Aspekte

Dieses Kapitel beschreibt die in dieser UVP berücksichtigten radiologischen Umweltaspekte. Um die Ergebnisse dieser Betrachtungen besser interpretieren zu können, geben wir zunächst eine kurze Einführung in den Begriff der Strahlung und ihre radiologische Wirkung. Zunächst geben wir einen Überblick über die in dieser UVP betrachteten Situationen. Dies ist teilweise eine Wiederholung von Kapitel 1.

3.1 Betrachtete Szenarien

Die Ermittlung der Auswirkungen des Projekts wurde in eine Reihe von Szenarien aufgeteilt, siehe zu Punkt 2 und 3 auch Abschnitt 1.7:

1. Ausgangssituation: Hiermit wird die derzeitige Situation beschrieben. Zugrunde liegt hierbei die Situation vor dem Projekt, d. h. 2014. Und um eine bessere Vorstellung von der durchschnittlichen Situation zu bekommen, werden auch die Jahre 2012 und 2013 einbezogen.
2. Projekt (LTO-Szenario)
 - a. Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018: Dies ist die Phase des Projekts, in der die aus dem Projekt resultierenden Anpassungen und Änderungen umgesetzt werden. Diese Phase dauert von 2015 bis 2018. Diese Anpassungen werden hauptsächlich bei Überholungsarbeiten durchgeführt. Electrabel betreibt in dieser Zeit auch das KKW-1 und KKW-2.
 - b. Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025): Dies bezieht sich auf die Phase des Projekts, nachdem alle Änderungen und Anpassungen des Projekts implementiert wurden. Das Kernkraftwerk wird dann regulär betrieben. Diese Phase dauert von 2019 bis 2025.
3. Null-Variante: Dies bezieht sich auf die Situation, in der das Projekt nicht realisiert wird und in der der Betrieb des KKW-1 und KKW-2 somit im Jahr 2015 eingestellt wird.

Wie auch in Abschnitt 1.1.3 angegeben, folgt auf die Beendigung der Stromerzeugung die definitive Stilllegung, wonach der Rückbau einsetzt. Der Rückbau unterliegt einem gesonderten Genehmigungsverfahren, das eine Umweltverträglichkeitsprüfung beinhaltet. Da es sich hierbei um ein gesondertes Verfahren handelt, ist der Rückbau von KKW-1 und KKW-2 nicht Teil dieser UVP.

In den Abschnitt 3.1.1 bis Abschnitt 3.1.3 werden diese Situationen näher beschrieben und die für die jeweilige Situation spezifische Methodik erläutert. Diese Methodik wurde sowohl auf die Ausgangssituation, die Projektsituation (LTO-Szenario) und die Null-Variante angewendet.

3.1.1 Ausgangssituation

Die Ausgangssituation ist definiert als der Zeitraum 2012-2014. Die Arbeiten an dem Projekt begannen im Jahr 2015. 2014 ist somit das letzte Jahr ohne die Auswirkungen des Projekts. Innerhalb des normalen Betriebs kommt es jedoch zu Schwankungen bei der Stromerzeugung. Infolgedessen gibt es auch Schwankungen bei den Ableitungen und den Auswirkungen des Kernkraftwerks auf die Umwelt. Um ein besseres Bild der durchschnittlichen Situation zu erhalten, wurde nicht nur das Jahr 2014 betrachtet, sondern auch die beiden Vorjahre, d. h. 2012 und 2013.

Die Auswirkungen des KKW in der Ausgangssituation wurden ermittelt, indem die gemessenen Auswirkungen für den Zeitraum 2012-2014 betrachtet wurden. Soweit es möglich war, wurden die Daten nach dem Beitrag von KKW-1 und KKW-2 sowie dem kombinierten Beitrag aller Blöcke aufgeschlüsselt. Dies gibt Aufschluss über den Beitrag des KKW-1 und KKW-2 zur Ausgangssituation. Wo es möglich war, wurde für die Ausgangssituation eine durchschnittliche Auswirkung sowohl für KKW-1 und KKW-2 zusammen als auch für KKW-3 und KKW-4 ermittelt. Diese Durchschnittswerte wurden dann verwendet, um die Auswirkungen während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018, der Betriebsphase unter zukünftigen Bedingungen (Zeitraum 2019-2025) sowie für die Nullvariante zu bestimmen.

3.1.2 Projekt (LTO-Szenario)

Für das Szenario mit dem LTO-Projekt können zwei Phasen unterschieden werden: die Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 und die Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025).

3.1.2.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

In dieser Phase werden die LTO-Maßnahmen umgesetzt. Je nach Art der Arbeiten können die LTO-Maßnahmen während des regulären Betriebs oder nur während einer jährlichen Überholung (bei der auch die Brennelemente ausgetauscht werden) durchgeführt werden. Insbesondere die technischen LTO-Maßnahmen können nur während einer Überholung durchgeführt werden, um die Sicherheit der Anlage und der Mitarbeiter zu gewährleisten. Auch während des regulären Betriebs werden zahlreiche Arbeiten durchgeführt.

Für jeden Umweltaspekt (siehe Abschnitt 3.3) wurden für die Ausgangssituation die Auswirkungen ermittelt. Basierend auf der Beschreibung der Maßnahmen (siehe auch Abschnitt 1.6.1) und der Auswirkungen bei der Ausgangssituation wird abgeschätzt, wie die einzelnen Umweltaspekte von den Maßnahmen beeinflusst werden. Beispiel: Nimmt die Direktstrahlung während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 im Vergleich zur Ausgangssituation zu, nimmt sie ab oder bleibt sie gleich?

Da zum Zeitpunkt der Erstellung dieser UVP die tatsächlichen Auswirkungen aus dem Zeitraum 2015-2018 bekannt sind, wird die Schätzung anschließend mit den berichteten Auswirkungen abgeglichen.

3.1.2.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Nach Realisierung der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018, d. h. sowohl nach Umsetzung der Projektmaßnahmen als auch des regulären Betriebs, werden das KKW-1 und KKW-2 in den Jahren 2019-2025 weiterhin regulär betrieben. Analog zur Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 wird die Beschreibung der Maßnahmen und Emissionen während der Ausgangssituation herangezogen, um die Auswirkungen der Maßnahmen auf das Emissionsverhalten während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019 - 2025) abzuschätzen.

Diese Schätzung wird dann verwendet, um den kumulierten Effekt des 10 Jahre längeren Betriebs zu bestimmen.

3.1.3 Null-Variante

Bei der Ermittlung der Auswirkungen während der Ausgangssituation wurde, soweit möglich, zwischen den Auswirkungen des KKW-1 und KKW-2 zusammen und des KKW-3 und KKW-4 zusammen unterschieden.

Bei der Null-Variante wird der Betrieb des KKW-1 und KKW-2 im Jahr 2015 eingestellt. Die Kernreaktoren und das Brennstoffbecken müssen jedoch weiterhin gekühlt werden, so dass es immer noch Auswirkungen des KKW-1 und KKW-2 geben wird, obwohl diese geringer sind als in der Ausgangssituation. In dieser Phase, die als definitive Stilllegung bezeichnet wird, werden KKW-1 und KKW-2 auf den Rückbau vorbereitet.

3.2 Strahlung und radiologische Auswirkungen

Dieser Abschnitt gibt eine kurze Einführung in den Begriff der Strahlung und die möglichen radiologischen Auswirkungen. Es werden eine Reihe von Begriffen und Definitionen verwendet, die im Vorfeld geklärt werden [vgl. ARBIS]. Dann wird in Abschnitt 3.2.2 das Konzept der Kernspaltung erklärt, sowie deren Anwendung in der Kernenergie und die Strahlungsaspekte.

3.2.1 Begriffe und Definitionen

Störfallbedingte Ableitungen	Dies sind radioaktive Ableitungen, die aus einem Unfall in der Anlage resultieren
Aktivität	Die Aktivität A einer Radionuklidmenge in einem bestimmten Energiezustand und zu einem bestimmten Zeitpunkt ist der Quotient aus dn und dt ; dabei ist dn der Erwartungswert der spontanen Kernübergänge aus diesem Energiezustand während des Zeitintervalls dt : $A = dn/dt$
ALARA	Die Einheit der Aktivität ist das Becquerel <i>As Low as reasonably Achievable</i> . Begriff im Strahlenschutz, der beinhaltet, dass die Strahlung so gering wie möglich gehalten werden muss

Becquerel	Einheit der Aktivität. Ein Becquerel entspricht einem Zerfall pro Sekunde: $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$
Exposition	Die Tatsache, ionisierender Strahlung ausgesetzt zu sein. Es wird unterschieden zwischen: <ul style="list-style-type: none"> • externer Exposition: Exposition gegenüber Strahlungsquellen, die sich außerhalb des Organismus befinden • interner Exposition: Exposition gegenüber Strahlungsquellen, die sich innerhalb des Organismus befinden • Gesamtexposition: die Summe der externen und internen Exposition.
Kollektivdosis	Die gesamte Dosis (S) einer Population oder Gruppe, die einer Strahlenquelle, einer Handlung oder einer beruflichen Tätigkeit im Sinne dieser Vorschrift und in deren Folge exponiert ist, wird wie folgt ausgedrückt: $S = \sum_i H_i P_i$ dabei ist H_i der Mittelwert der angefallenen Dosen und Folgedosen für den gesamten Organismus, für ein Organ oder ein Gewebe der P_i -Mitglieder der Untergruppe i der betreffenden Population oder Gruppe.
Dosisbegrenzung	Auferlegte Beschränkung der wahrscheinlichen individuellen Dosen, die durch eine Quelle, eine Handlung oder eine bestimmte Tätigkeit verursacht werden können; diese wird zur Optimierung bei der Strahlenschutzplanung herangezogen.
Dosiskonversionsfaktor	Faktoren zur Berechnung der Strahlenbelastung einzelner Organe und des gesamten Körpers durch radioaktive Stoffe im Körper. Die Dosisfaktoren sind abhängig von Radionukliden, von der Art der Aufnahme (Inhalation/Ingestion), von der chemischen Verbindung des Radionuklids (löslich/unlöslich) und vom Alter der Person
Dosisgrenzwert	Die in dieser Verordnung festgelegten Höchstwerte für Dosen aufgrund der berufsbedingten Strahlenexposition von Personen, Schülern und Studenten sowie sonstigen Einzelpersonen der Bevölkerung gegenüber ionisierender Strahlung; sie gelten für die Summe der relevanten Dosen aus externer Exposition in einem bestimmten Zeitraum und für die Folgedosen für 50 Jahre (für Kinder bis zum Alter von 70 Jahren) aus Inkorporationen im gleichen Zeitraum.
Dosisleistung	Der Begriff Dosisleistung wird verwendet, um die Menge der (effektiven) Dosis pro Zeiteinheit anzugeben, üblicherweise in $\mu\text{Sv}/\text{Stunde}$. Die Dosisleistung kann nur für Direktstrahlung verwendet werden, da Folgedosen unberücksichtigt bleiben. Die Dosisleistung stellt üblicherweise die effektive Folgedosis unter der Annahme von Beta- und Gammastrahlung ($W_R=1$) und einer homogenen Ganzkörperexposition ($W_T=1$) dar.

Effektive Dosis (E)

Die Summe der gewichteten Äquivalentdosen in allen in Anhang II ARBIS aufgeführten Geweben und Organen aufgrund interner und externer Strahlenexposition. Sie ist definiert durch:

$$E = \sum W_T H_T \sum W_T \sum W_R D_{T,R}$$

Dabei ist:

- $D_{T,R}$ ist die durchschnittliche Dosis, die von dem Organ oder Gewebe T aufgrund der Strahlung R absorbiert wird;
- w_R ist der Strahlenwichtungsfaktor und
- w_T ist der Gewebewichtungsfaktor für das Gewebe oder Organ T.

Die entsprechenden w_T - und w_R -Werte sind in Anhang II ARBIS angegeben. Die Einheit der effektiven Folgedosis ist das Sievert (Sv).

Effektive Folgedosis
[E(τ)]:

Die Summe der Organ- oder Gewebe-Äquivalent-Folgedosen [$H_T(\tau)$] aus einer Inkorporation, multipliziert mit dem entsprechenden Gewebe-Gewichtungsfaktor w_T . Sie ist definiert durch:

$$E(\tau) = \sum_T W_T H_T(\tau)$$

wobei τ die Anzahl der Aufnahmejahre ist.

Die Einheit der effektiven Folgedosis ist das Sievert.

Äquivalentdosis (H_T)

Energiedosis im Gewebe oder Organ T, gewichtet nach Art und Qualität der Strahlung R. Sie wird ausgedrückt durch:

$$H_{T,R} = W_R D_{T,R}$$

Dabei ist:

- $D_{T,R}$ die über ein Gewebe oder ein Organ T gemittelte absorbierte Dosis aus der Strahlung R und
- W_R der zugehörige Strahlenwichtungsfaktor.

Besteht das Strahlungsfeld aus Arten und Energien mit unterschiedlichen W_R -Werten, so gilt für die gesamte Äquivalentdosis H_T :

$$H_T = \sum W_R D_{T,R}$$

Die entsprechenden Werte für W_R sind in Anhang II ARBIS angegeben. Die Einheit der Äquivalentdosis ist das Sievert.

Folgeäquivalentdosis
[$H_T(\tau)$]

Zeitintegral der Äquivalentdosisleistung im Gewebe oder Organ T, die eine Einzelperson aufgrund einer Inkorporation radioaktiver Stoffe zum Zeitpunkt t_0 aufnimmt. Es ergibt sich aus:

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} H_T(t) dt$$

Dabei ist: $H_T(\tau)$ die entsprechende Äquivalentdosisleistung im Organ oder Gewebe T zum Zeitpunkt t und t ist das Zeitintervall, ausgedrückt in Jahren, während derer die Aufnahme erfolgt.

Wenn τ nicht angegeben ist, wird für Erwachsene eine Zeitspanne von 50 Jahren und für Kinder die Anzahl der bis zum Alter von 70 Jahren verbleibenden Jahre angenommen. Die Einheit der Folgeäquivalentdosis ist das Sievert.

FHA	(<i>Fuel Handling Accident</i>): Brennelement-Handhabungsstörfall, bei diesem Störfall wird angenommen, dass sich ein Brennelement bei der Handhabung löst und durch den Sturz alle Brennstäbe beschädigt.
Energiedosis (D)	Die pro Masseneinheit absorbierte Energie $D = dE/dm$ Dabei ist: <ul style="list-style-type: none"> • dE die durch ionisierende Strahlung auf die Materie in einem Volumenelement durchschnittlich übertragene Energie und • dm ist die Masse dieses Volumenelements
Kontrollierter Bereich	Ein Bereich, der aus Gründen des Schutzes vor ionisierender Strahlung einer bestimmten Regelung unterliegt und dessen Zugang ebenfalls reglementiert ist. Hier ist die Exposition des dort tätigen Personals wegen des möglichen Auftretens erhöhter Strahlungs- oder Kontaminationswerte zu überwachen.
Gesundheitliche Beeinträchtigung	Das geschätzte Risiko einer verringerten Lebenserwartung und -qualität einer Bevölkerungsgruppe aufgrund einer Exposition durch ionisierende Strahlungen. Diese Definition umfasst die Auswirkungen und die Wahrscheinlichkeit von Auswirkungen auf die Lebenserwartung und die Lebensqualität aufgrund von somatischen Auswirkungen und Krebs (mit oder ohne tödlichen Ausgang) und genetische Auswirkungen) in der Nachkommenschaft sowie alle anderen Auswirkungen, die auf ionisierende Strahlung zurückzuführen sind.
Gray (Gy)	Die Einheit der Energiedosis ist Gray; ein Grau entspricht einem Joule pro Kilogramm: $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$
Grenzwert	Richtlinienbasierte Norm, die ein Mindestmaß an Schutz von Systemen gewährleisten soll
Halbwertszeit	Die Zeitspanne, in der die Hälfte der Kerne eines Radionuklids zerfällt
LOCA	(<i>Loss Of Cooling Accident</i>): Unfall mit Kühlmittelverlust, dies ist ein Unfall, bei dem die normale Kühlung des Kerns durch den Primärkreislauf ausgefallen ist. Für diesen Fall ist ein spezielles Sicherheitseinspritzsystem vorgesehen.
Inkorporation	Die Aktivität von Radionukliden, die der Organismus aus der Umgebung aufnimmt.
Primärkreislauf	In einem PWR-Reaktor ist der Primärkreislauf der Kreislauf, der die direkte Kühlung des Kerns gewährleistet. Seine Funktion besteht darin, die im Kern entwickelte Wärme an den Dampferzeuger zu übertragen, wo die Wärme an den Sekundärkreislauf abgegeben wird. In einem PWR-Reaktor wird Wasser unter Druck eingesetzt, so dass es trotz einer Temperatur von ca. 300° flüssig bleibt.
Radioaktive Kontamination	Kontamination eines Materials, einer Oberfläche, einer Umgebung oder einer Person durch radioaktive Stoffe. Im speziellen Fall des menschlichen Körpers umfasst diese radioaktive Kontamination sowohl die äußere Kontamination der Haut als auch die innere Kontamination, unabhängig vom Weg der Inkorporation bzw. Aufnahme.

Radioaktives Material	Jeder Stoff, der ein oder mehrere Radionuklide enthält, deren Aktivität oder Konzentration aus Gründen des Strahlenschutzes nicht vernachlässigt werden darf.
Risiko	Das Produkt aus der Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer störungsbedingten Situation und der unerwünschten Auswirkungen dieser störungsbedingten Situation
Routine-Einleitungen	Dies sind die radioaktiven Einleitungen, die während des normalen Betriebs der Anlage erfolgen.
Sekundärkreislauf	Der Sekundärkreislauf hat die Aufgabe, die Wärme aus dem Primärkreislauf an die Turbine und den Tertiärkreislauf (wo sie in die Schelde abgeleitet wird) zu übertragen. Das Wasser aus dem Primärkreislauf wird zum Dampferzeuger transportiert, wo es über dünne Rohre mit dem Wasser des Sekundärkreislaufs in Kontakt kommt und seine Wärme an dieses Wasser abgibt. Anschließend wird das Wasser über den Sekundärkreislauf zur Turbine geleitet, wo die thermische Energie durch Expansion in mechanische Energie umgewandelt und die Restwärme abgeführt wird.
Sievert (Sv)	Die Einheit für die Äquivalent- und effektive Dosis Für Photonen und Elektronen beliebiger Energie entspricht ein Sievert einem Joule pro Kilogramm: $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$.

3.2.2 Strahlung und radiologische Auswirkungen

3.2.2.1 Atom

Ein Atom ist der kleinste Baustein eines chemischen Elements, der noch als solcher erkennbar ist. In Abbildung 3-1 ist ein Sauerstoffatom abgebildet.

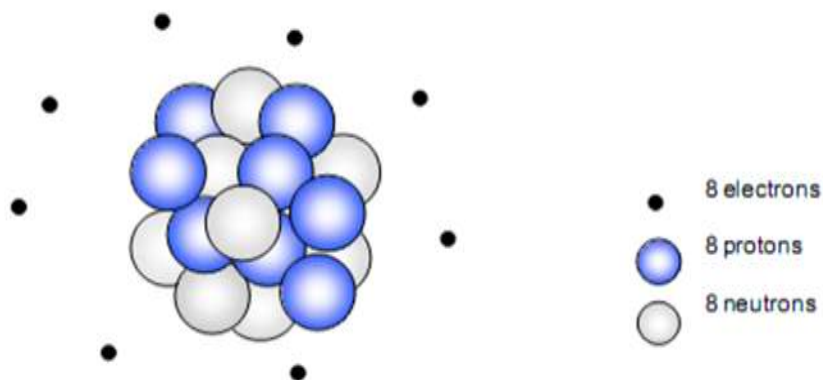


Abbildung 3-1 Schematische Darstellung eines Sauerstoff-16-Atoms

Hier sehen wir, dass das Atom selbst weiter in drei Bausteine unterteilt werden kann: die Elektronen, die Protonen und die Neutronen. Der Atomkern besteht aus Protonen und Neutronen. Die Elektronen sind elektrisch negativ geladen, die Protonen sind positiv geladen und die Neutronen sind elektrisch neutral.

Das Atom als Ganzes ist elektrisch neutral, da immer gleich viele Protonen und Elektronen in einem Atom vorhanden sind.

Das chemische Verhalten eines Atoms wird vollständig von den Elektronen bestimmt, die sich um den Atomkern bewegen. Eine Konsequenz daraus ist, dass zwei Atome mit gleicher Protonen- und Elektronenzahl, aber unterschiedlicher Neutronenzahl, das gleiche chemische Verhalten aufweisen. Diese werden als Isotope eines chemischen Elements bezeichnet. Die physikalischen Eigenschaften (z. B. Schmelzpunkt) dieser beiden Isotope können sich jedoch unterscheiden.

Zur Erfassung der verschiedenen Isotope werden die Massenzahl und die Ordnungszahl verwendet. Die Ordnungszahl ist die Anzahl der Protonen in einem Kern; die Massenzahl ist die Summe aus der Anzahl der Neutronen und Protonen in einem Kern. Ein Isotop eines chemischen Elements hat die gleiche Ordnungszahl, aber eine andere Massenzahl. Als allgemeine Schreibweise haben wir ${}_{\text{atomgetal}}^{\text{massagetal}}\text{X}$, wobei X für das betreffende chemische Element steht (z. B. H, He, Li, ..., U usw.). Da die Schreibweise X eindeutig mit der Ordnungszahl verknüpft ist, wird sie oft weggelassen (z. B. hat Sauerstoff (O) immer 8 Protonen). Damit kommen wir auf die Schreibweise ${}^{\text{Massenzahl}}\text{X}$, zum Beispiel ${}^{16}\text{O}$, ${}^{235}\text{U}$ oder ${}^{238}\text{U}$. Alternativ werden Isotope oft nach der X-Massenzahl geschrieben, z. B. O-16, U-235, U-238, usw.

3.2.2.2 Bindungsenergie pro Nukleon

Um das Phänomen der Kernspaltung zu verstehen, sind nicht das chemische Verhalten und die Elektronen wichtig, sondern das Verhalten des Kerns selbst. Der Atomkern besteht aus einer Anzahl von Protonen und einer Anzahl von Neutronen. Die Tatsache, dass der Kern nicht auseinanderfällt, obwohl er aus sich abstoßenden (elektrisch positiv geladenen) Protonen besteht hat ihren Ursprung im Wirken der Kernkräfte. Diese Kernkräfte versuchen, den Kern zusammenzuhalten, und sie behandeln Neutronen und Protonen auf die gleiche Weise.

Wenn man die durchschnittliche Bindungsenergie pro Nukleon (das ist die gemeinsame Bezeichnung von Protonen und Neutronen) als Funktion der Anzahl der Nukleonen ausweist, erhält man die in Abbildung 3-2 dargestellten Ergebnisse.

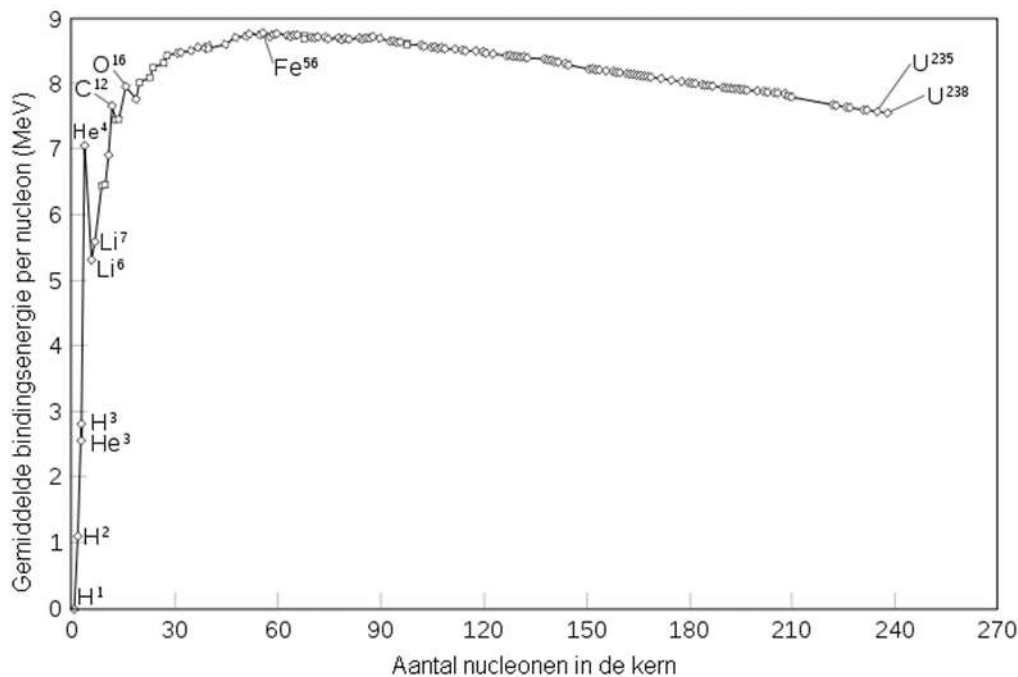


Abbildung 3-2 Mittlere Bindungsenergie eines Nukleons in Abhängigkeit von der Gesamtzahl der Nucleonen

Die Bindungsenergie pro Nukleon ist die Energie, die wir dem Kern zuführen müssen, um aus ihm ein Nukleon freizusetzen. Wir bemerken zwei Dinge in der obigen Abbildung. Zum einen fällt auf, dass die Bindungsenergie für kleine Massenzahlen kleiner ist als für große, dieser Trend setzt sich bis Fe-56 fort. Jenseits von Fe-56 nimmt die Energie pro Nukleon ab. Dieses Phänomen wird sowohl bei der Kernfusion als auch bei der Kernspaltung genutzt. Bei der Kernspaltung werden schwere Elemente in mehrere leichtere Kerne gespalten. Die Energiedifferenz wird dann freigesetzt und zur Stromerzeugung genutzt. Bei der Kernfusion versucht man, zwei leichte Elemente zu einem schwereren Element zu verbinden.

Alle derzeit kommerziell betriebenen Kernreaktoren nutzen das Prinzip der Kernspaltung.

3.2.2.3 Kernspaltung in der Praxis

In den belgischen Kraftwerken wird U-235 als Brennstoff für die Kernspaltung verwendet. Wie in Abbildung 3-3 schematisch dargestellt, sehen wir, dass beim Beschuss von U-235 mit einem Neutron U-236 gebildet wird. Dieses U-236 ist instabil und zerfällt in zwei verschiedene Kerne und eine Anzahl (2 bis 3) loser Neutronen, wobei Energie freigesetzt wird. Dieses Verfahren wird in einem Kernkraftwerk eingesetzt.

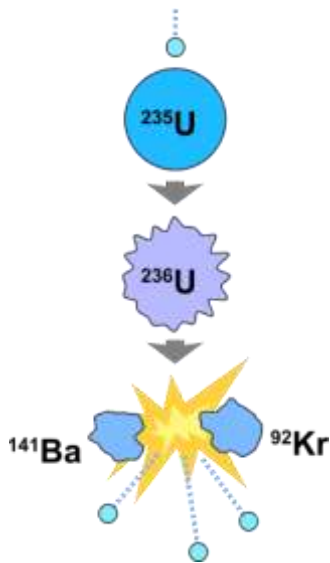


Abbildung 3-3 Spaltung von U-235

Die freigesetzten Neutronen werden nach der ‚Moderation‘ zur Spaltung von neuem U-235 verwendet, so dass eine Kettenreaktion entsteht. Allerdings werden bei der Spaltung mehr Neutronen erzeugt als verbraucht. Um die Kettenreaktion unter Kontrolle zu halten, werden die überschüssigen Neutronen mit Materialien wie Cadmium (typischerweise in den Steuerstäben) und Bor (typischerweise im Wasser gelöst) eingefangen.

3.2.2.4 Radioaktivität

In den vorherigen Abschnitten wurde erklärt, was ein Atom und ein Nukleon ist. Ein weiterer wichtiger Aspekt, um zu verstehen, was in einem Kernkraftwerk passiert, ist das Verständnis der Radioaktivität. Es gibt drei Hauptarten von Radioaktivität. Alpha-Strahlung (α), Beta-Strahlung (β) und Gamma-Strahlung (γ). Radioaktivität entsteht dadurch, dass das Verhältnis zwischen der Anzahl der Neutronen und Protonen nicht ausgeglichen ist, so dass die starke Kernkraft, die versucht, den Kern zusammenzuhalten, nicht in der Lage ist, die elektromagnetische Kraft, die den Kernzerfall bewirken will, zu bändigen. Infolgedessen wird der Kern versuchen, dieses Gleichgewicht zu verbessern. Die drei häufigsten Mechanismen hierfür sind im Folgenden beschrieben (Abbildung 3-4):

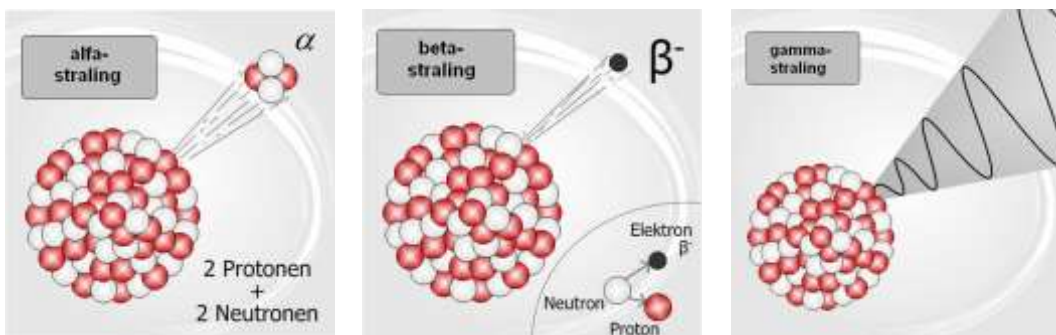


Abbildung 3-4 Grafische Darstellung von Alpha-, Beta- und Gammastrahlung

Bei der Alphastrahlung wird ein Heliumkern (2 Protonen und 2 Neutronen) ausgestoßen, um in einen stabileren Kern zu zerfallen. Bei der Betastrahlung wird ein Elektron ausgestoßen, um ein Neutron in ein

Proton umzuwandeln. Im Falle der Gammastrahlung sind es die Neutronen und Protonen selbst, die durch die Aussendung eines energiereichen Photons in einen stabileren Zustand übergehen, wobei der Kern seine Gestalt nicht ändert.

Radioaktivität ist ein natürliches Phänomen. Die meisten Atome sind stabil (ohne äußere Einwirkung werden sie ewig weiter existieren). Andere Atome haben eine Struktur oder überschüssige Energie, die sie instabil macht. Es handelt sich um Radionuklide, die natürlichen oder künstlichen Ursprungs sein können. Ihre Kerne wandeln sich spontan um, bis sie eine ausgewogene Struktur gefunden haben. Bei jeder Umwandlung wird Strahlung (Photonen oder Teilchen) freigesetzt: Sie sind radioaktiv. Dieses unsichtbare Phänomen ist irreversibel: Nach einer oder mehreren Umwandlungen stabilisiert sich das Radionuklid ein für alle Mal in einem stabilen Nuklid.

Die Maßeinheit der Radioaktivität ist das Becquerel (Bq).

3.2.2.5 Radioaktiver Zerfall

Radioaktiver Zerfall unter Freisetzung ionisierender Strahlung ist ein natürliches Phänomen. So enthält das Erdreich Radionuklide wie Kalium-40 und Uran-238 (auch geschrieben als ^{40}K und ^{238}U), die alle sogenannte primordiale Radionuklide sind. Primordiale Radionuklide entstanden bei der Entstehung der Erde vor etwa 4,5 Milliarden Jahren und existieren noch heute. In den oberen Schichten der Atmosphäre kommt es durch die Einwirkung hochenergetischer kosmischer Strahlung (z. B. von der Sonne) zu Kernreaktionen, bei denen ständig relativ kurzlebige (im Vergleich zur Lebensdauer der Erde, <10 000 Jahre) Radionuklide wie Tritium (^3H) und Kohlenstoff-14 (^{14}C) gebildet werden.

Alle diese Radionuklide sind instabil und zerfallen schließlich in ein stabileres Produkt, der sogenannte radioaktive Zerfall. Die Zerfallswahrscheinlichkeit hängt von der Halbwertszeit ab, die für ein Radionuklid charakteristisch ist; zum Beispiel beträgt die Halbwertszeit von ^{40}K 1,25 Milliarden Jahre, während die Halbwertszeit von ^3H 12,3 Jahre beträgt. Das bedeutet, dass 50 % von ^{40}K in 1,25 Milliarden Jahren zerfallen, nach 2,50 Milliarden Jahren sind nur noch 25 % des ursprünglichen ^{40}K vorhanden. Aufgrund seiner langen Halbwertszeit ist ^{40}K seit der Entstehung der Erde (vor ca. 4,5 Milliarden Jahren) noch natürlich vorhanden.

3.2.2.6 Strahlung

Beim Zerfall von Radionukliden wird (in der Regel) sehr viel Energie freigesetzt. Dadurch ist die Strahlung in der Lage, die Atome der Materie, die sie durchdringt, zu verändern, indem sie Energie absorbiert und dadurch eine elektrische Ladungseinheit verliert, so dass sie sich in Ionen verwandelt. Mit anderen Worten, die Strahlung ist ionisierend.

Wie bereits erwähnt, gibt es verschiedene Arten von ionisierender Strahlung: partikuläre und elektromagnetische (Gamma-)Strahlung. Teilchenstrahlung emittiert in der Regel ein Elektron (beta oder β) oder einen Helium-4-Kern (alpha oder α). Da die emittierten Teilchen eine hohe Ladung aufweisen, gehen sie eine starke Wechselwirkung mit der Materie ein, daher ist die Strecke, die die Teilchen zurücklegen können, also ihre Reichweite, relativ begrenzt. Alphastrahlung hat im Vergleich zu Betastrahlung eine weitaus kürzere Reichweite, aber aufgrund der starken Wechselwirkung verursachen Alphateilchen eine erhebliche Ionisierung sowie potenzielle Schäden. Elektromagnetische Strahlung (Photonen) haben weder Ladung noch Masse und können daher viel größere Entfernungen zurücklegen (Abbildung 3-5), die Ionisationsdichte ist daher im Vergleich zur Beta- und vor allem Alpha-Strahlung

erheblich geringer. Hochenergetische elektromagnetische Strahlung, die durch radioaktiven Zerfall entsteht, wird normalerweise als Gammastrahlung (γ -Strahlung) bezeichnet.

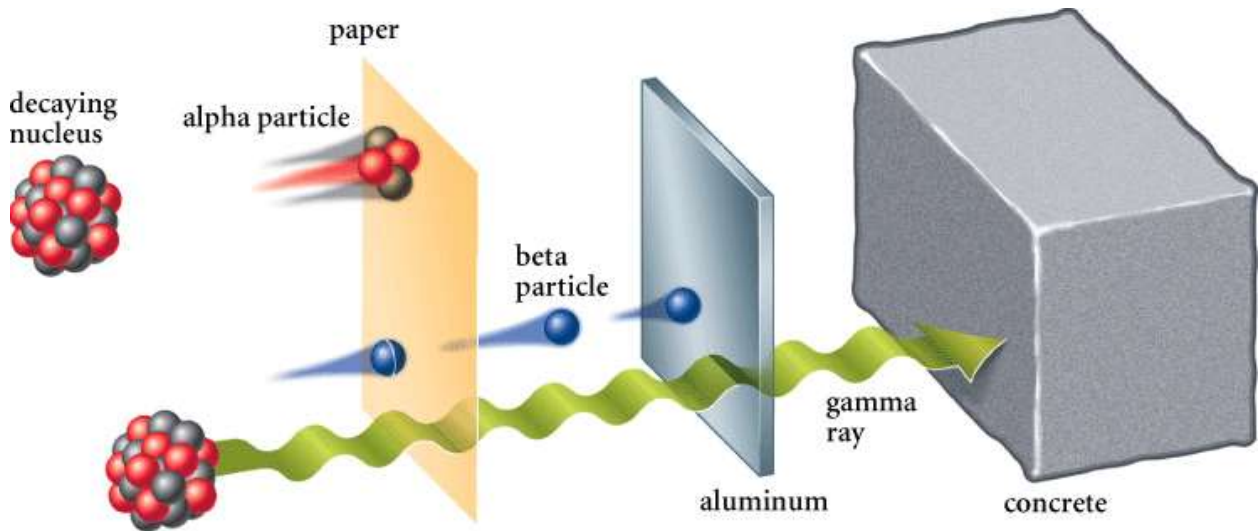


Abbildung 3-5 Reichweite von Alpha-, Beta- und Gammastrahlung

Die Ionisierung von Atomen durch die Wechselwirkung mit ionisierender Strahlung bewirkt, dass ein Atom ein Elektron verliert und dadurch positiv geladen und chemisch reaktionsfähig wird. Die induzierten Ionisationen werden üblicherweise in der Einheit Energie pro Masse (Joule pro Kilogramm, J/kg) angegeben. Im Strahlenschutz wird häufig die Einheit Gray (Gy) verwendet, wobei 1 Gy gleich 1 J/kg ist.

3.2.2.7 Auswirkungen der Strahlenbelastung

Ionisierte Atome können Verletzungen und negative biologische Effekte in menschlichen Zellen verursachen. Die biologische Wirkung ionisierender Strahlung variiert in Abhängigkeit von der Art und Energie der Strahlung, der Dauer der Exposition und dem exponierten Teil des Körpers. Die Energie der Strahlung und die Dauer der Einwirkung beschreiben zusammen die Dosis der Strahlung. Die gleiche Strahlungsmenge kann durch kurze Einwirkung von hochenergetischer Strahlung oder durch lange Einwirkung von niederenergetischer Strahlung aufgenommen werden. Die biologische Wirkung der Strahlung hängt neben der Menge der energiereichen Strahlung auch von der Art des Gewebes ab. Gewebe, das aus sich schnell teilenden Zellen besteht, reagiert empfindlicher auf Strahlung als Gewebe, das aus sich weniger schnell teilenden Zellen besteht.

Um Gewebeschäden auszudrücken, wird diese Dosis oft in eine effektive Dosis umgerechnet, indem die absorbierte Energie (in Gy oder J/kg) mit einem Strahlungsgewichtungsfaktor (20 für Alphastrahlung und 1 für Beta-/Gammastrahlung) und einem Gewebe-Gewichtungsfaktor multipliziert wird. Der Strahlenwichtungsfaktor gibt an, wie stark die Strahlung mit dem menschlichen Gewebe interagiert. Wie bereits angedeutet, besitzt Alphastrahlung eine hohe Ladung und hat damit eine große Wechselwirkung. Infolgedessen kommt es zu einer starken Ionisierung im betroffenen Gewebe, die zu Schädigungen führen kann. Beta- und Gammastrahlung haben dagegen eine geringere Wechselwirkung. Daher hat die Alphastrahlung einen höheren Strahlenwichtungsfaktor als Beta- und Gammastrahlung. Der Gewebe-Gewichtungsfaktor ist ein Hinweis auf die Empfindlichkeit des Gewebes gegenüber einer Ionisation.

Die effektive Dosis wird in der Einheit Sievert (Sv) angegeben. Da die Dosis oft sehr gering ist, wird meist der Begriff Millisievert (1 mSv = 0,001 Sv) oder Mikrosievert (1 µSv = 0,001 mSv = 0,000 001 Sv) verwendet.

Die Exposition gegenüber ionisierender Strahlung kann zu Schädigungen der DNA führen, diese Schädigungen finden kontinuierlich statt. In fast allen Fällen ist der menschliche Körper jedoch in der Lage, den Schaden ohne Folgen zu reparieren. In manchen Fällen reicht die Reparaturfunktion jedoch nicht aus, was meist zum Absterben der Zelle führt. Das Absterben einer einzelnen Zelle verursacht keine Probleme und ist ein natürliches Phänomen. Wird der Körper jedoch einer sehr hohen Strahlendosis (mehrere hundert Millisievert) ausgesetzt, kann der Zelltod zu schwerwiegenden Schäden wie (vorübergehender) Sterilisation, Katarakten und Verbrennungen führen. Solche Auswirkungen werden als deterministisch beschrieben und sind extrem selten.

Obwohl die meisten Schädigungen vom Körper erfolgreich repariert werden oder schließlich absterben, können Schäden zu unkontrolliertem Wachstum der geschädigten Zelle führen, wodurch ein krebsartiger Tumor entsteht, was als stochastischer Schaden bezeichnet wird. Eine andere Art stochastischer Schäden sind genetische Defekte für die Nachkommen. Die Wahrscheinlichkeit von strahlungsbedingten stochastischen Schäden steigt mit zunehmender Strahlendosis. Basierend auf statistischen Daten hat die *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) Untersuchungen durchgeführt, die das Risiko von Krebs sowie von genetischen Defekten als Folge der Exposition gegenüber ionisierender Strahlung bestimmen. Tabelle 3-1 zeigt eine Abschätzung der stochastischen Effekte durch die Exposition gegenüber ionisierender Strahlung in Prozent pro Sv. Diese Risikozahlen gelten jedoch nur für höhere Dosen, die deutlich über der Hintergrunddosis liegen. Die Werte für Arbeiter und die Allgemeinheit unterscheiden sich geringfügig, da Kinder ein erhöhtes Schädigungsrisiko haben und deshalb nicht mit ionisierender Strahlung arbeiten dürfen.

Tabelle 3-1 Wahrscheinlichkeit stochastischer Schäden bei niedrigen Dosen und Dosisleistungen [ICRP, 2007]

	Krebs	Erbliche Defekte	Gesamtschaden
Mitarbeiter	4,1 %/Sv	0,1 %/Sv	4,2 %/Sv
Bevölkerung	5,5 %/Sv	0,2 %/Sv	5,7 %/Sv

3.2.2.8 Belastungsformen

Der Mensch ist im Laufe seines Lebens verschiedenen Arten von Radioaktivität ausgesetzt:

- Natürliche Radioaktivität kommt aus dem Kosmos (kosmische Strahlung) und ist auch in der Erdkruste (tellurische Strahlung), im Grundwasser, in den Ozeanen und sogar in unserem Körper vorhanden.
- Künstliche Radioaktivität, mit oder ohne radioaktive Ableitungen in die Umwelt, die im Normalbetrieb sehr gering sind, wird durch menschliche Aktivitäten erzeugt, z. B. durch den Betrieb von Kernreaktoren zur Stromerzeugung, die Nuklearmedizin, die medizinische Bildgebung und die Sterilisation von chirurgischem Material oder bestimmter Lebensmittel.

Die durchschnittliche Dosis für die Einwohner Belgiens beträgt etwa 3,98 mSv pro Jahr. Davon entfallen über 61 % auf natürliche Strahlung (Abbildung 3-6); künstliche Strahlung wird fast ausschließlich durch medizinische Anwendungen verursacht. Die natürliche Dosis ist jedoch stark ortsabhängig; so ist

beispielsweise die natürliche Hintergrundstrahlung in Wallonien aufgrund der unterschiedlichen Bodenstruktur höher als in Flandern.

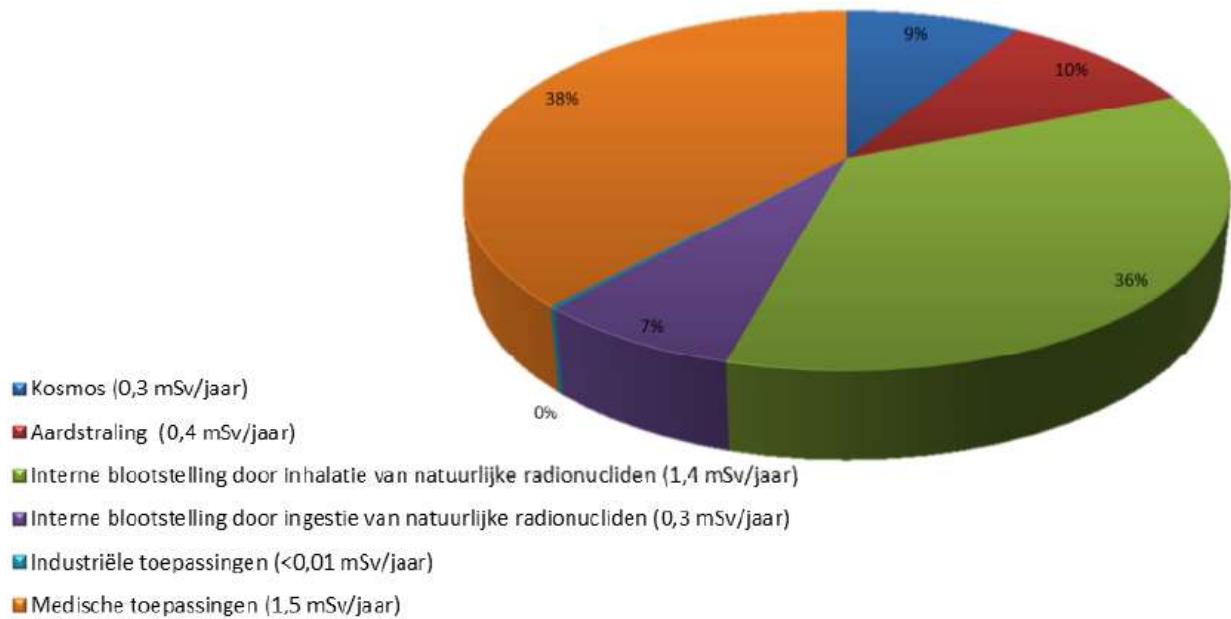


Abbildung 3-6 Durchschnittliche jährliche Dosis für ein Mitglied der belgischen Bevölkerung [FANK, 2018]

Die Exposition kann externer oder interner Art sein, siehe auch die folgenden Abbildungen (Abbildung 3-7) [FANK, 2014].

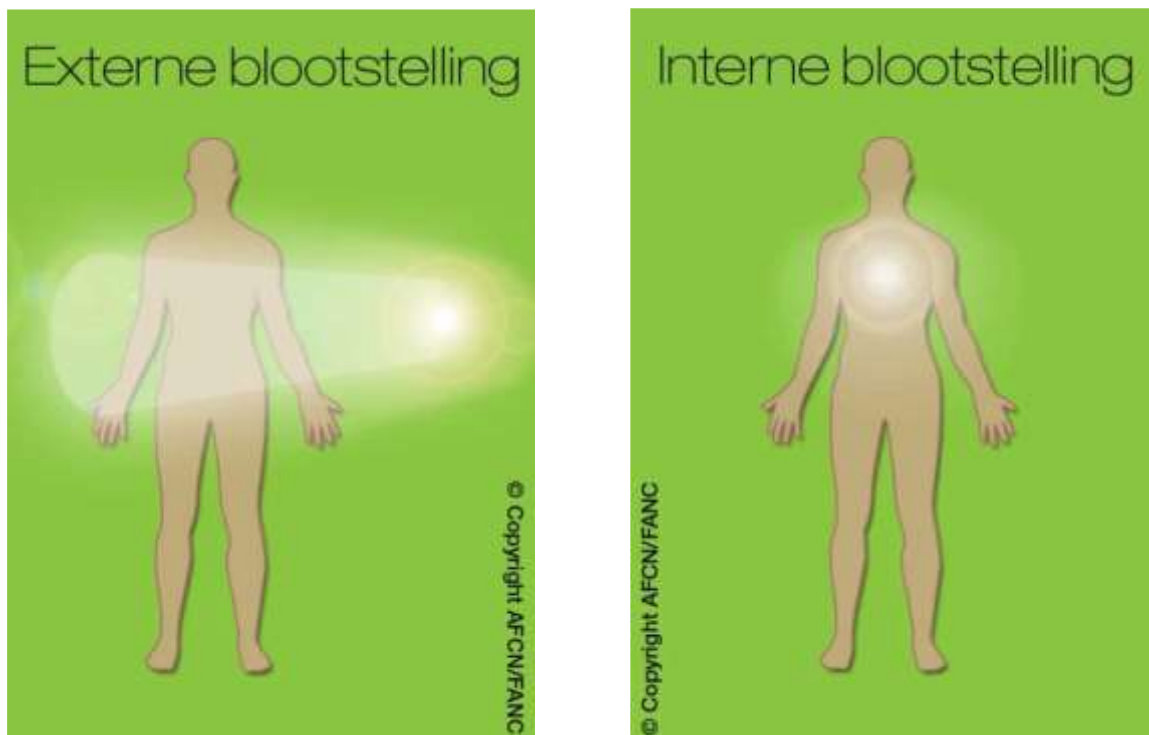


Abbildung 3-7 Externe (links) und interne (rechts) Exposition gegenüber ionisierender Strahlung [FANK, 2014]

Externe Exposition: Exposition gegenüber organismusfremden Strahlungsquellen Zum Beispiel eine medizinische Diagnose mithilfe von Röntgenstrahlen. Bei der internen Exposition befindet sich die Quelle der ionisierenden Strahlung innerhalb des Organismus. Zum Beispiel eine medizinische Diagnose, bei der radioaktive Isotope in den Körper des Patienten injiziert werden [FANK, 2014].

3.2.2.9 Strahlungsbelastung durch ein Kernkraftwerk

Kerntechnische Anlagen der Klasse 1, z. B. das Kernkraftwerk Doel, verfügen über eine Genehmigung für radioaktive Ableitungen. Die Genehmigung enthält Ableitungsgrenzwerte, die die Anlage einhalten muss. Diese Ableitungsgrenzwerte sind auf das niedrigste vertretbar erreichbare Niveau (*ALARA – As Low As Reasonably Achievable*) festgelegt. Was „vertretbar“ ist, wird von Fall zu Fall beurteilt, wobei technische (beste verfügbare Techniken, beste internationale Praktiken usw.), wirtschaftliche und soziale Faktoren berücksichtigt werden. In jedem Fall sind die genehmigten Ableitungsgrenzwerte mit den gesetzlichen Grenzwerten vereinbar, die im Königlichen Erlass vom 20. Juli 2001 über die allgemeine Regelung zum Schutz der Bevölkerung, der Arbeitnehmer und der Umwelt gegen die Gefahr ionisierender Strahlung [ARBIS] festgelegt sind. Die zulässigen Ableitungsgrenzwerte sind so niedrig, dass sie für die am stärksten exponierte lokale Bevölkerung nur einen Bruchteil des gesetzlichen Grenzwertes ausmachen. Die Genehmigung definiert die Art der radioaktiven Stoffe, die abgeleitet werden dürfen (radiologische Zusammensetzung der Ableitungen und die Ableitungsmodalitäten, maximale und durchschnittliche radioaktive Konzentration der Ableitungen, maximale Menge der während einer bestimmten Dauer abgegebenen Radioaktivität usw.) [FANK, 2014].

Die Betreiber sind verpflichtet, die Ableitungsgrenzwerte für radioaktive Ableitungen einzuhalten. Während der Ableitungen erfolgt eine kontinuierliche Überwachung in Echtzeit, um festzustellen, ob die Ableitungsbedingungen (maximale und durchschnittliche Konzentration der Ableitungen, maximale Menge der abgegebenen Radioaktivität usw.) eingehalten werden. Zu diesem Zweck sind an jeder Rohrleitung für flüssige Ableitungen und an jedem Schornstein für gasförmige Ableitungen radiologische Messsysteme angebracht, siehe Abbildung 3-8 [FANK, 2014].

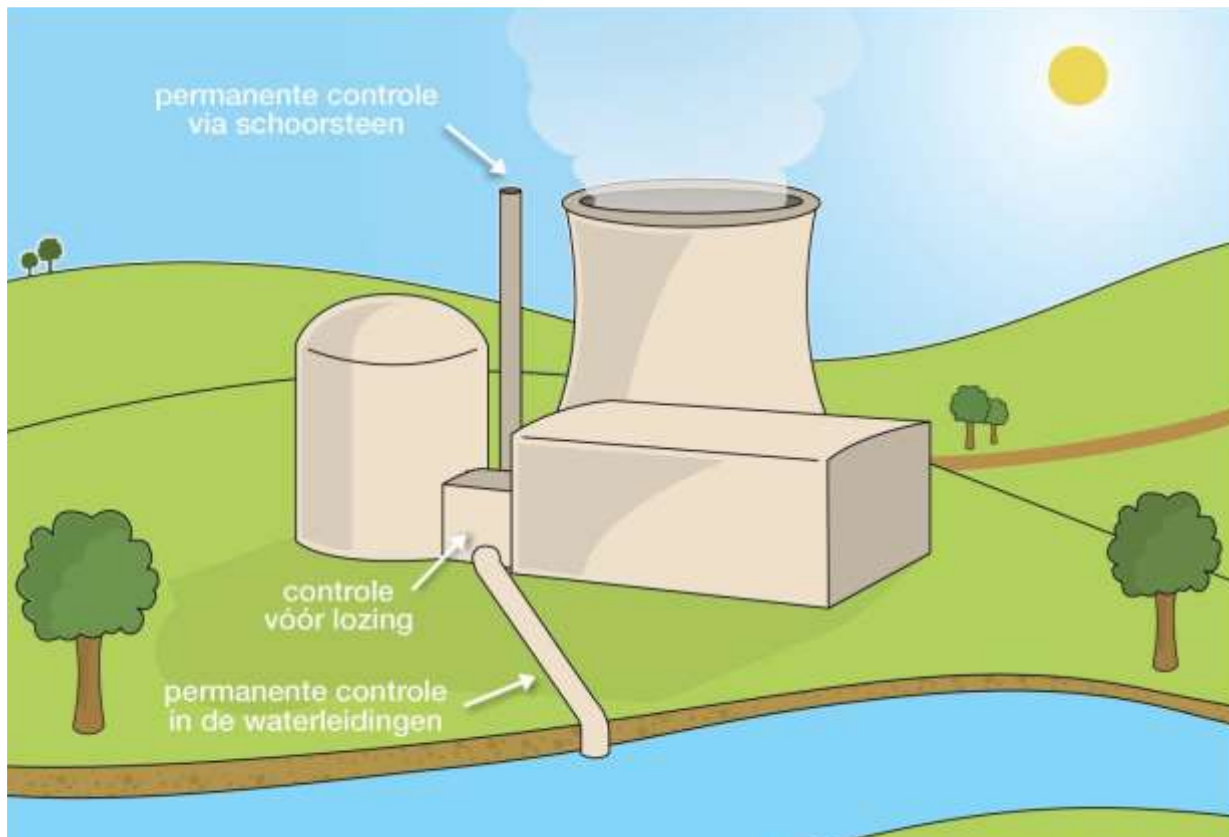


Abbildung 3-8 Schema der Ableitungskontrollen durch Betreiber

Diese Apparatur misst kontinuierlich die Aktivität der Ableitungen, wobei die Ergebnisse direkt an die Leitstelle gesendet werden, wo die Mitarbeiter die Ableitungen überwachen. Wird eine Abweichung an einem der kontrollierten Parameter erkannt, wird die Ableitung automatisch unterbrochen.

Der Betreiber muss die tatsächlich abgeleiteten Mengen an radioaktivem Material aufzeichnen. Diese Aufzeichnungen werden monatlich an die FANK übermittelt.

Die Bevölkerung, die in der Nähe einer kerntechnischen Anlage lebt oder sich dort aufhält, kann radioaktiven Stoffen exponiert sein, die von Ableitungen aus den Anlagen herkommen. Die Exposition der Bevölkerung im Einflussbereich eines Kernkraftwerks gegenüber ionisierender Strahlung hängt von folgenden Faktoren ab [FANK, 2014]:

- der geografischen Lage des Aufenthaltsorts, insbesondere seine Entfernung zum Kraftwerk und seine Lage in Bezug auf die häufigsten Windrichtungen
- dem Ernährungsverhalten, insbesondere der Verzehr von lokalen landwirtschaftlichen Produkten, Produkten aus eigenem Garten oder Ernte sowie von Produkten aus Fischfang und Jagd
- der Nutzung von Wasser, insbesondere für häusliche Zwecke und Bewässerung

Die Arten der Exposition der Bevölkerung gegenüber Radioaktivität durch flüssige und gasförmige Ableitungen sind in der folgenden Abbildung dargestellt (Abbildung 3-9) [FANK,2014].

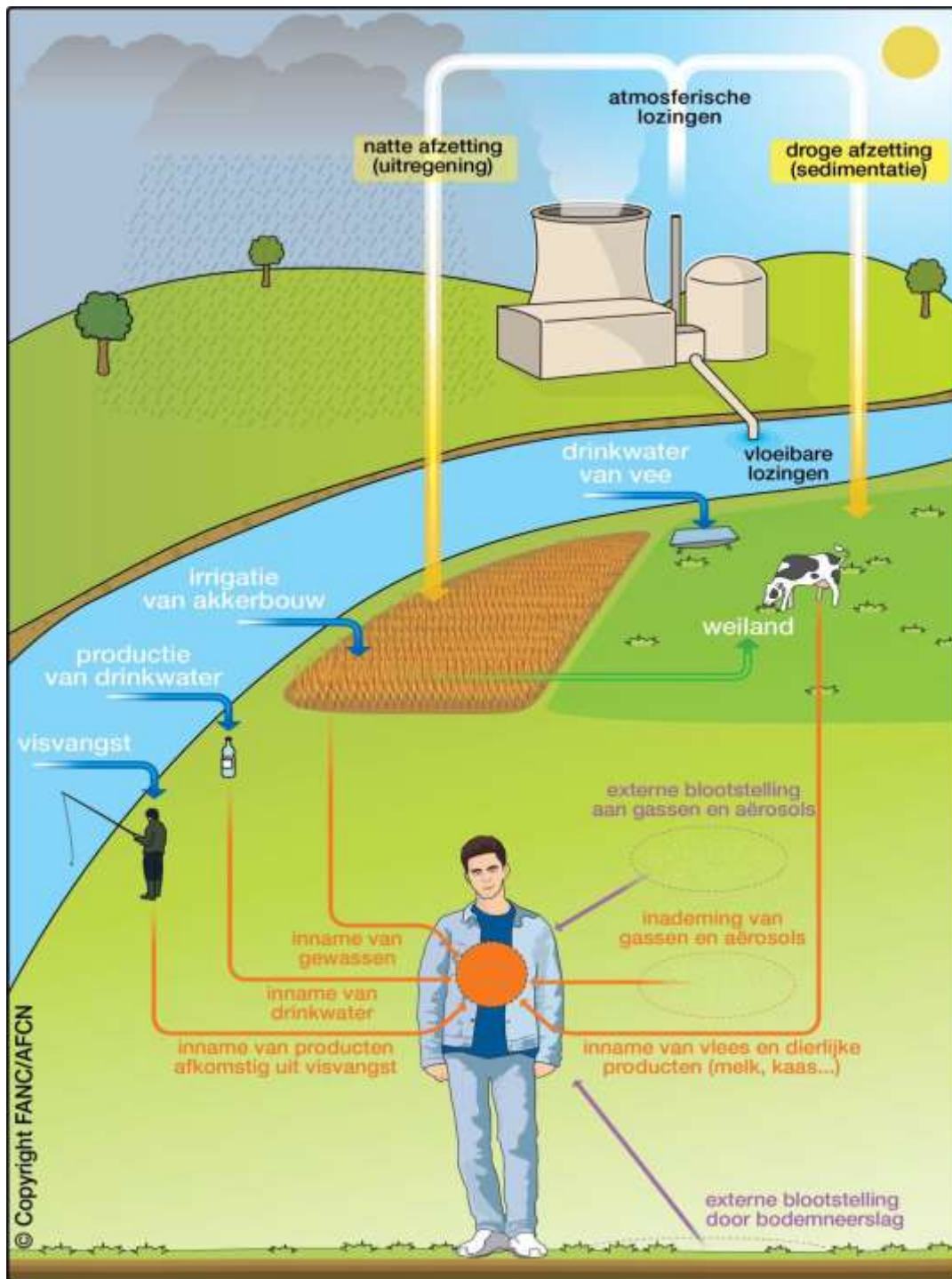


Abbildung 3-9 Expositionsformen der Bevölkerung gegenüber der Radioaktivität aus flüssigen und gasförmigen Ableitungen

Die wichtigsten Expositionsformen der Bevölkerung in der Umgebung eines Kernkraftwerks sind:

- Direkte Strahlung
- Flüssige Ableitungen
 - Interne Exposition:
 - Verwendung des Wassers, in das die Ableitungen gelangen:
 - Erzeugung von Trinkwasser
 - Verzehr von Wasserpflanzen und -tieren
 - Bewässerung von pflanzlichen Produkten für:
 - Menschlicher Verzehr (Obst, Gemüse, Getreide usw.)
 - Tierischer Verzehr (Futtermittel)
 - Externe Exposition
 - Schwimmen
 - Nautische Sportarten
 - Professionelle Schifffahrt
 - Verbleib an Ufern und Baggerschlamm
- Gasförmige Ableitungen:
 - Interne Exposition:
 - Inhalation von Gas und Aerosolen
 - Verzehr von infolge von abgelagerten Radionukliden kontaminiertem Obst, Gemüse und Getreide
 - Verzehr lokaler Lebensmittel (Milch, Fleisch, Eier) von Tieren, die kontaminiertes Futter bekommen haben
 - Externe Exposition
 - Exposition gegenüber Gas und Aerosolen
 - Exposition gegenüber Ablagerungen an der Bodenoberfläche

Darüber hinaus sind Exposition und Empfindlichkeit von Personen gegenüber ionisierender Strahlung abhängig vom Alter der Person. In ARBIS sind sechs verschiedene Alterskategorien definiert:

- Säuglinge: Alter <1 Jahr
- Kinder im Alter von 1-2 Jahren
- Kinder im Alter von 2-7 Jahren
- Kinder im Alter von 7-12 Jahren
- Kinder im Alter von 12-17 Jahren
- Erwachsene > 17 Jahre

3.2.2.10 Radiologische Auswirkungen

Für die Bestimmung der radiologischen Auswirkungen radioaktiver Ableitungen in die Umwelt wurden Modelle für theoretische Referenzgruppen erstellt.

Die effektive Folgedosis durch radioaktive Ableitungen wird auf der Grundlage der von der FANK gebilligten Richtlinien [NRC, 1977] der *United States Nuclear Regulatory Commission* (US-NRC) und der von der FANK festgelegten Methodik berechnet [FANK, 2013a]. Hierbei wird zunächst die Verteilung der radioaktiven Elemente anhand von Wettermodellen bestimmt und dann die Aufnahme von

Radionukliden anhand verschiedener Pfade modelliert, wie in Abbildung 3-8 dargestellt. Die Dosisberechnungen werden auf der Grundlage der von der *International Commission on Radiological Protection* [ICRP, 2007] veröffentlichten Daten durchgeführt.

Die Referenzgruppen (bestehend aus fiktiven Personen) befinden sich in charakteristischen Abständen zum Kraftwerk und beziehen sich auf die verschiedenen Altersklassen. Der Standort der Referenzgruppe sowie das Alter bestimmen die Form der Exposition (Windrichtung, Ernährung, Lebensgewohnheiten) und die Empfindlichkeit der Personen [FANK, 2014].

Diese Modelle berücksichtigen ungünstige Annahmen zur Berechnung der Auswirkungen auf die Referenzgruppe. Berücksichtigt wird die gesamte Aktivität, die im Laufe eines Jahres abgegeben wird (sowohl flüssige als auch gasförmige Ableitungen), und die Übertragung auf exponierte Personen. Die Berechnungen gehen von einem „kritischen Individuum“ aus, dies ist eine Person, die:

- sich ständig am selben Standort mit der höchsten Konzentration an Radioaktivität aufhält
- sich weitgehend von Produkten aus eigenem Garten mit der höchsten Deposition ernährt und
- sich von Produkten aus der lokalen Landwirtschaft, der Jagd und dem Fischfang ernährt.

Die so ermittelte Dosis ist die konservativste (maximale) Dosis, der ein Mitglied der Bevölkerung durch den Betrieb eines Kernkraftwerks ausgesetzt sein kann. Hierdurch wird eine Überschätzung der tatsächlichen Belastung berechnet.

3.2.2.11 Grenzwerte

Während des regulären Betriebs eines Kernkraftwerks können verschiedene Pfade zur Exposition gegenüber ionisierender Strahlung führen. Die maximale Exposition ist gemäß ARBIS [ARBIS] auf der Grundlage internationaler Normen mit spezifischen Dosisgrenzwerten für den ganzen Körper (D) und speziell für die Augen (D_{Auge}), die Haut (D_{Haut}) und die Extremitäten ($D_{\text{Extremität}}$) wie Hände, Unterarme und Füße begrenzt. Die Grenzwerte sind sowohl für beruflich exponierte Arbeitnehmer (≥ 18 Jahre), exponierte Schüler (16-18 Jahre), die in kerntechnischen Anlagen arbeiten, als auch für Angehörige der Bevölkerung definiert und sind so ausgelegt, dass die maximale Exposition kein inakzeptables Risiko darstellt.

Tabelle 3-2 Dosisgrenzwerte gemäß ARBIS [ARBIS]

	D [mSv/Jr]	D_{Auge} [mSv/Jr]	D_{Haut} [mSv/Jr]	$D_{\text{Extremität}}$ [mSv/Jr]
Bevölkerung	1	15	50	-
Exponierte Schüler (16-18 Jahre)	6	150	150	150
Beruflich exponierte Arbeiter	20	150	200	500

Zusätzlich zu den ARBIS-Dosisgrenzwerten wurden spezifische Grenzwerte für den Betrieb der verschiedenen Blöcke des Kernkraftwerks Doel festgelegt. Diese Grenzwerte ergeben sich aus den technischen Spezifikationen, die Teil des Sicherheitsberichts sind. Die spezifischen Grenzwerte sind in den entsprechenden Abschnitten angegeben. Soweit möglich, werden die Auswirkungen der Laufzeitverlängerung sowohl anhand von ARBIS als auch anhand der geltenden Technischen Spezifikationen bewertet.

3.2.2.12 Radiologische Aufsicht

Zur Überprüfung der Dosisberechnungen werden jährlich Proben aus der Umgebung des KKW sowohl im Auftrag der Aufsichtsbehörde FANC als auch von Electrabel genommen. Die Proben werden in Speziallabors analysiert, um die Auswirkungen der Radioaktivität auf Flora und Fauna in der Umgebung des KKW zu beurteilen.

3.2.2.12.1 Radiologische Aufsicht auf belgischem Gebiet

Die radiologische Überwachung auf belgischem Gebiet erfolgt auf zwei Arten [FANC, 2013a]:

- Mittels periodischer Messungen, bei denen Proben entnommen und analysiert werden
- Mittels kontinuierlicher Messungen des automatischen TELERAD-Netzwerks zur Messung der lokalen Umweltradioaktivität

Die FANC führt periodisch Messungen der Radioaktivität in der Umwelt durch. Damit können die natürlichen und künstlichen Radioaktivitätswerte in der Umwelt sowie in der Nahrungskette bewertet werden [FANC,2013a]. Dabei werden verschiedene Arten von Proben genommen: Wasser, Sediment, Luft, Gras, Gemüse, Milch, Fisch, Fleisch usw. [FANC, 2014]. Das Programm besteht aus fast 4500 jährlichen Probenahmen und 28 000 Analysen der Alpha-, Beta- und Gamma-Radioaktivität [FANC, 2013a].

Zusätzlich zu diesen periodischen Probenahmen erfolgt die permanente Überwachung des Gebietes über das TELERAD-Netzwerk. Dies ist ein automatisches Mess- und Warnnetzwerk mit:

- 192 Messstationen für die Gammastrahlung in der Umwelt (128 auf dem Staatsgebiet und 64 an den Außengrenzen der Kernkraftwerke)
- 8 Messstationen für die Gammastrahlung in Fließgewässern
- 7 Messstationen für Aerosole in der Umgebungsluft

Diese Messstationen sind über das gesamte belgische Staatsgebiet verteilt, mit einer größeren Dichte um die Kernkraftwerke, siehe auch Abbildung 3-10 [FANC, 2014]. Die Abbildung zeigt nicht nur die Standorte der TELERAD-Messstationen, sondern auch das durchschnittliche Hintergrundniveau auf belgischem Gebiet. In Abhängigkeit von der Bodenstruktur, den Überresten der Tschernobyl-Katastrophe und den oberirdischen Kernwaffenexplosionen variiert das Hintergrundlevel innerhalb Belgiens erheblich; die Strahlungsdosis durch direkte Strahlung aus natürlicher Aktivität rund um das KKW beträgt etwa 0,70 bis 0,75 mSv pro Jahr, dies entspricht der durchschnittlichen Dosis für die Bewohner Belgiens, wie in Abbildung 3-10 (kosmische und terrestrische Strahlung) dargestellt [FANC, 2018].

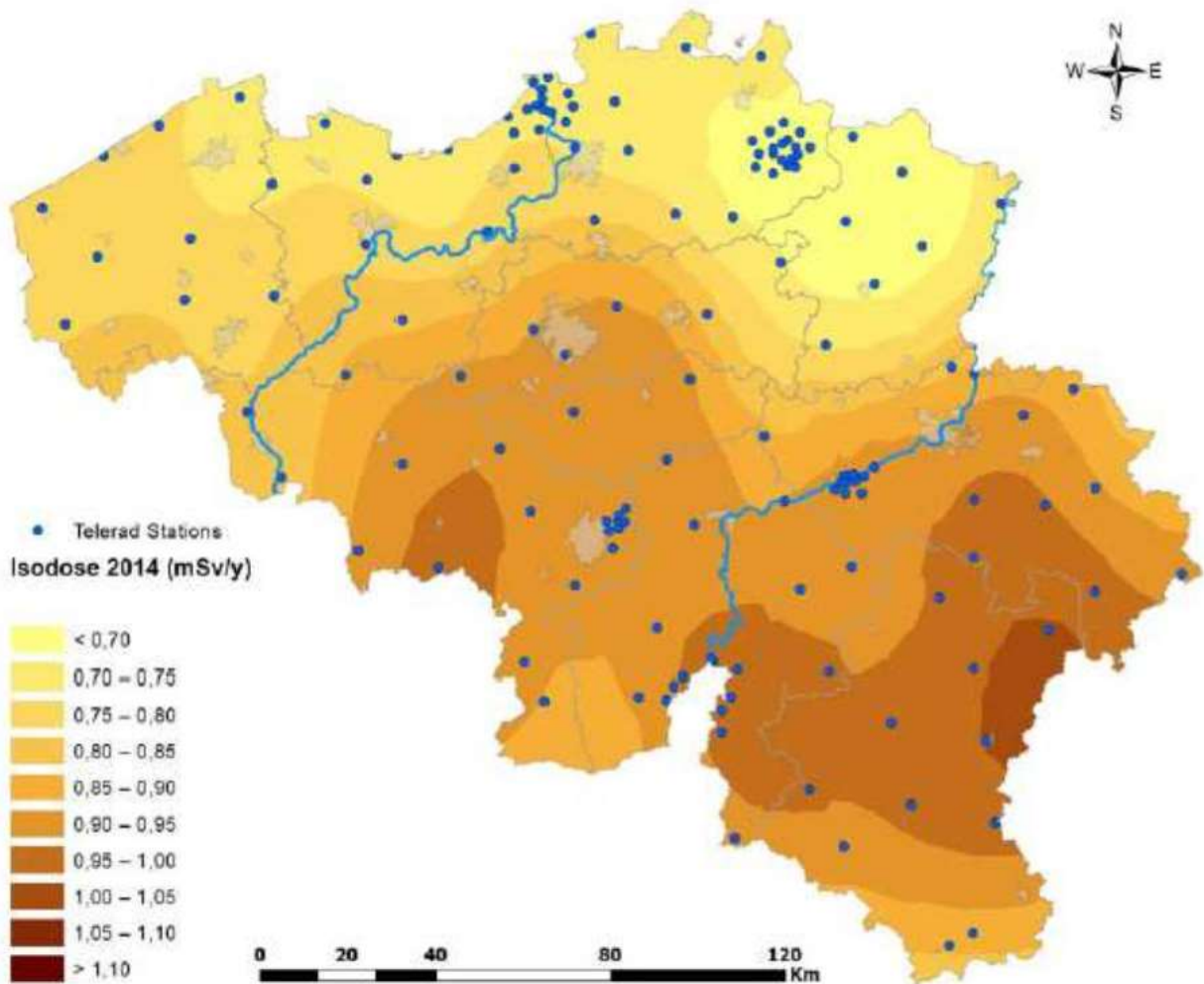


Abbildung 3-10 Dosis-Karte basierend auf TELERAD-Messungen von 2014

Die Messstationen messen kontinuierlich die Gesamtradioaktivität in der Luft, in atmosphärischen Partikeln und in den Flüssen Maas, Sambre und Molve Nete. Die Messstationen sind an ein zentrales System angeschlossen, das automatisch Alarm auslöst, sobald ein abnormaler Anstieg der Radioaktivität festgestellt wird.

3.2.2.12.2 Gezielte radiologische Aufsicht

Die gasförmigen und flüssigen Ableitungen verbreiten radioaktive Stoffe in der Umwelt. Stoffe, die in das Oberflächenwasser eingeleitet werden, fließen mit der Strömung und setzen sich teilweise im Sediment am Boden des Oberflächengewässers ab. Im Wasser können Algen und Wasserorganismen Radioaktivität aufnehmen. Ein Teil der radioaktiven Substanzen kann, z. B. durch Bewässerung, auf den Boden gelangen und von Pflanzen und Tieren aufgenommen werden. So gelangen sie in die Nahrungskette [FANC, 2014]. Abbildung 3-11 zeigt die Probenahmestellen in der Nähe eines Kernkraftwerks [FANK, 2014].

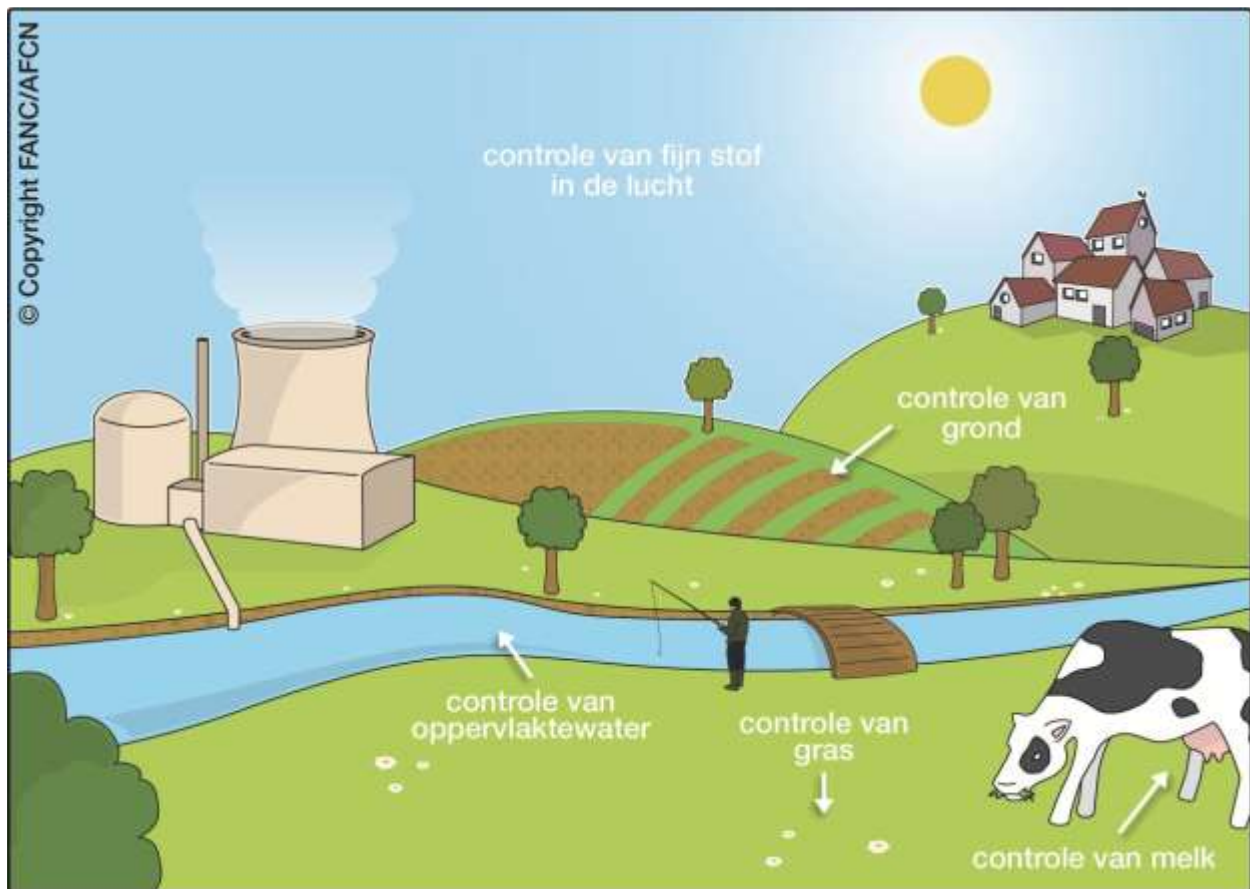


Abbildung 3-11 Beprobung der Umwelt

3.2.2.13 Nuklearsicherheit

Aufgrund der möglichen Auswirkungen wurden strenge Vorschriften für die Arbeit mit radioaktiven Materialien und ionisierender Strahlung erlassen. Für das belgische Hoheitsgebiet wurde zu diesem Zweck der Königliche Erlass vom 20. Juli 2001 über allgemeine Vorschriften zum Schutz der Bevölkerung, der Arbeitnehmer und der Umwelt gegen die Gefahr ionisierender Strahlungen [ARBIS] ausgearbeitet. Gemäß dieser Verordnung gibt es drei Grundprinzipien, die vor der Arbeit mit ionisierender Strahlung erfüllt sein müssen:

- Das Rechtfertigungsprinzip
- Das Optimierungsprinzip
- Die Einhaltung der Dosisgrenzwerte

Alle Tätigkeiten, die zu einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung führen, müssen durch den sich ergebenden Nutzen gerechtfertigt sein. Wenn eine Aktivität (z. B. Energieerzeugung) gerechtfertigt werden kann, muss die Aktivität nach dem Prinzip „so gering wie vertretbarerweise möglich“ (ALARA, *as low as reasonably achievable*) durchgeführt werden. Neben diesen Optimierungsprinzipien gibt es auch strenge Dosisgrenzwerte, basierend auf internationalen und europäischen Normen, die jederzeit eingehalten werden müssen, sowohl für beruflich exponierte Arbeitskräfte als auch für die allgemeine Bevölkerung, siehe Abschnitt 3.2.2.11.

Wegen der potenziellen Risiken von Kernkraftwerken wird deren sicherer Betrieb von Anfang an überwacht. Dabei müssen drei wesentliche Sicherheitsanforderungen jederzeit erfüllt sein:

- Kontrolle der Reaktivität
- Kühlung von spaltbarem Material
- Einschluss von radioaktiven Stoffen und spaltbaren Materialien

Die nukleare Sicherheit eines Kernkraftwerks basiert auf dem Konzept der gestaffelten Sicherheit (*defense in depth*). Dieses Konzept ist ein Zusammenspiel verschiedener Ebenen, bestehend aus architektonischen, technischen und organisatorischen Maßnahmen. Für jede Ebene wurden Schutzmaßnahmen mit unterschiedlichen Strategien ausgearbeitet, um die Sicherheit des Reaktors sowohl während des regulären Betriebs als auch unter abnormalen bzw. unter Störfallbedingungen zu gewährleisten. Dabei handelt es sich um Maßnahmen, die ein Versagen sowohl durch menschliches Handeln als auch durch technische Ursachen verhindern (Prävention) und die Folgen eines Versagens begrenzen (Folgenminderung) sollen.

Ein Beispiel der gestaffelten Sicherheitsstrategie ist der Einschluss der Radioaktivität. Bei der Kernspaltung von Uran fallen radioaktive Spaltprodukte an. Diese Spaltprodukte sind in der Uranmatrix des Brennstabs gefangen, wie schematisch als Barriere 1 in Abbildung 3-12 dargestellt. Um die Freisetzung der Spaltprodukte aus den Brennstäben zu verhindern, werden die Uranpellets von einem Brennelement (Barriere 2) umschlossen. Die Brennelemente sind dann im Reaktorbehälter mit einem geschlossenen Kühlsystem eingeschlossen (Barriere 3), der sich seinerseits in einem Stahl- und Betonmantel, dem sogenannten *Containment* (Barriere 4&5) befindet.

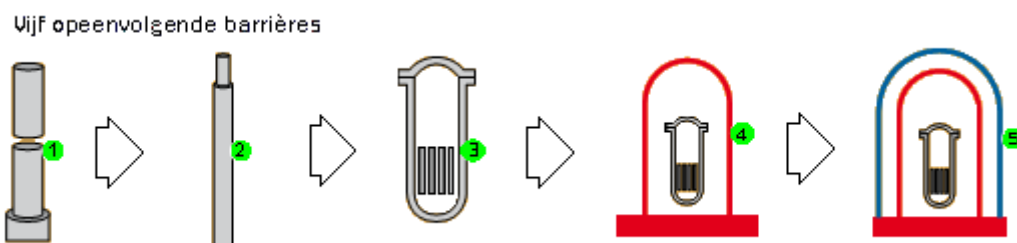


Abbildung 3-12 Der Einschluss der Radioaktivität im Kernkraftwerk, basierend auf fünf Barrieren zur Erfüllung der kerntechnischen Sicherheitsfunktion im Rahmen des gestaffelten Sicherheitskonzepts.

3.3 Zu erwartende radiologische Umweltaspekte

Die Aspekte des Projekts und der Null-Variante, die signifikante Auswirkungen auf die Umwelt haben können, sind nachfolgend angegeben:

- Direkte Strahlung an der Standortgrenze
- Strahlenbelastung von beruflich und nicht beruflich exponiertem Personal
- Radioaktive gasförmige Ableitungen
- Ableitung von radioaktiven Flüssigkeiten

- Radioaktiver Abfall
- Verbrauchte Brennelemente
- Störfälle

Alle Aspekte außer den störfallbedingten Situationen werden im Normalbetrieb berücksichtigt. Störfälle können zu signifikanten Auswirkungen in Form direkter Strahlung und/oder Ableitungen führen. Diese Aspekte werden als Ergebnis der störfallbedingten Situationen aufgenommen und zusammen unter dem Thema *störfallbedingte Situationen* behandelt.

Im Abschnitt Abschnitt 3.4.1 - Abschnitt 3.4.8 werden diese Auswirkungen genauer betrachtet.

3.4 Umweltbewertung

3.4.1 Direkte Strahlung an der Standortgrenze

Fast die gesamte Radioaktivität am Standort Doel (KKW) befindet sich im Reaktorkern, den verbrauchten Brennelemente, den radioaktiven Abfällen und den Anlagen, in denen radioaktives Material verarbeitet und zwischengelagert wird, z. B. im Wasser- und Abfallaufbereitungsgebäude (WAA-Gebäude). Sowohl die Reaktorgebäude (RGB), das Brennstoffcontainer-Gebäude (BCG) als auch die WAA enthalten eine Reihe von Abschirmschichten, die nahezu die gesamte emittierte ionisierende Strahlung absorbieren.

Nichtsdestotrotz können die verschiedenen Anlagen und Aktivitäten auf dem KKW-Gelände potenziell zu einer erhöhten Dosis an der Grundstücksgrenze führen, also an der Stelle, an dem sich eine beliebige Person der Bevölkerung, und der dem KKW am nächsten liegt, aufhalten kann. Direkte Strahlung kann verursacht werden durch:

- Reststrahlung aus den Gebäuden
- Transporte von radioaktiven Materialien zwischen Gebäuden, z. B. Abfälle vom Kraftwerk zur Wasser- und Abfallaufbereitungsanlage (WAA-Gebäude)
- Transporte von verbrauchten Brennelementen aus einem Block zum (Brennstoffcontainer-Gebäude (BCG)

Die direkte Strahlung, die von allen Quellen auf dem Gelände ausgeht, trägt zur Dosis sowohl für die breite Bevölkerung als auch für die Mitarbeiter bei. Die Auswirkungen der angefallenen Dosis auf die Mitarbeiter am Standort werden in Abschnitt 3.4.2 gesondert beschrieben. Die effektive Folgedosis für die breite Bevölkerung setzt sich aus drei Komponenten zusammen:

- Direkte Strahlung an der Standortgrenze
- Folgedosis aufgrund flüssiger Ableitungen
- Folgedosis aufgrund atmosphärischer Ableitungen

Die effektive Folgedosis aufgrund flüssiger(Abschnitt 3.4.4) und atmosphärischer Ableitungen (Abschnitt 3.4.3) werden gesondert beschrieben. Dennoch sollte die effektive Folgedosis für Personen der

Bevölkerung jederzeit unter 1 mSv pro Jahr liegen, unabhängig vom Ursprung der Dosis [ARBIS]¹. In den Schlussfolgerungen wird die Gesamtdosis aufgrund des KKW-Betriebs beschrieben und erläutert (Abschnitt 3.4.8). Dieser Absatz beschreibt nur die Auswirkungen der direkten Strahlung durch den Betrieb der Blöcke. Dazu gehört auch der Transport von Kernmaterial am Standort.

Wie bereits beschrieben, können verschiedene Quellen zur effektiven Dosis für Personen der Bevölkerung beitragen. Fast die gesamte Dosis der direkten Strahlung aus dem KKW besteht aus γ -Photonen. Die aus einer direkten Strahlenexposition herstammende Dosis wird daher einen einmaligen Beitrag haben. Mit anderen Worten: Sobald eine Person das Strahlungsfeld verlässt, erhält sie keine weitere Dosis. Die Folgedosis, d. h. die Gesamtdosis, die eine Person über einen Zeitraum von 50 Jahren infolge einer einmaligen Exposition/Kontamination aufnimmt, ist daher gleich der sofort aufgenommenen Dosis. Daher wird die Dosis, die durch Direktstrahlung entsteht, als ‚Dosis‘ bezeichnet, während die Dosis, die durch Ableitungen entsteht, als ‚Folgedosis‘ bezeichnet wird. In allen Fällen handelt es sich um die effektive Dosis, wobei die Art der ionisierenden Strahlung, die die Dosis verursacht (z. B. Gammastrahlung), und die Organe im Körper, die exponiert sind, berücksichtigt werden. Bei direkter Strahlung wird eine Ganzkörperbestrahlung angenommen.

Für eine Punktquelle kann angenommen werden, dass die Dosisleistung im Quadrat zum Abstand (Abbildung 3-13) abnimmt, d. h. eine Verdoppelung des Abstands zur Quelle führt zu einer vierfachen (2^2) Abnahme der Dosisleistung. In Anbetracht der Entfernung der Blöcke (KKW-1, KKW-2, KKW-3 und KKW-4) von der Stelle, an dem eine Person der Bevölkerung exponiert sein kann (der Standortgrenze), können die oben aufgeführten Quellen der Einfachheit halber als Punktquellen betrachtet werden. Obwohl die WAA und das BCG näher an der Standortgrenze liegen, nimmt die von diesen Gebäuden ausgehende Dosisleistung ebenfalls fast im Quadrat zur Entfernung ab.

Daraus ist zu schließen, dass die höchste Dosis außerhalb des KKW-Geländes durch Direktstrahlung per Definition an der Standortgrenze zu finden ist. Aus Gründen der Vorsicht wird daher die Standortgrenzen-Dosis als Ausgangswert verwendet, d. h. die in diesem Abschnitt beschriebene Dosis bezieht sich auf eine Person, die sich das ganze Jahr über irgendwo an der Standortgrenze aufhält. Die Straße über die Böschung entlang des Geländes ist für die Öffentlichkeit nicht zugänglich, so dass sich eine Person effektiv nicht an der Standortgrenze auf Höhe des KKW-1 und KKW-2 aufhalten kann, was den konservativen Charakter dieser Bewertung noch erhöht.

¹ Es ist zu beachten, dass dieser Grenzwert die gerechtfertigte medizinische Behandlung sowie die Exposition gegenüber natürlicher Strahlung unberücksichtigt lässt.

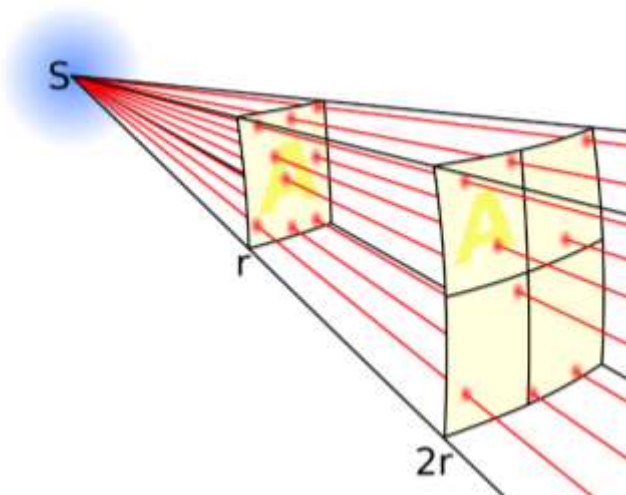


Abbildung 3-13 Abnahme des Strahlungsfeldes im Quadrat zur Entfernung r bis zur Quelle (S) [Bos, 2000].

3.4.1.1 Methodologie

Die Dosis an der Standortgrenze wird mit 24 Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) gemessen, die an der Standortgrenze aufgestellt sind (Abbildung 3-14). Die TLD bestehen aus kleinen Kristallen, in denen die Elektronen durch Wechselwirkung mit ionisierender Strahlung in einen angeregten Zustand versetzt werden. Nach dem Erhitzen der Kristalle (auf mehrere hundert Grad Celsius) fallen die angeregten Atome wieder in den Grundzustand zurück und emittieren sichtbares Licht. Die Menge der emittierten Lichtphotonen ist proportional zur absorbierten Dosis im Kristall und kann daher zur sehr genauen Bestimmung der Dosis verwendet werden. Aufgrund dieser Eigenschaften werden TLD in vielen Ländern als offizielle, amtliche Dosimeter für beruflich strahlenexponierte Arbeitnehmer verwendet, so auch in Belgien².

² <https://fanc.fgov.be/nl/professionelen/bescherming-van-de-werknemers/diensten-voor-externe-dosimetrie/types-dosimeter>
(Besuch: 8. Januar 2020)

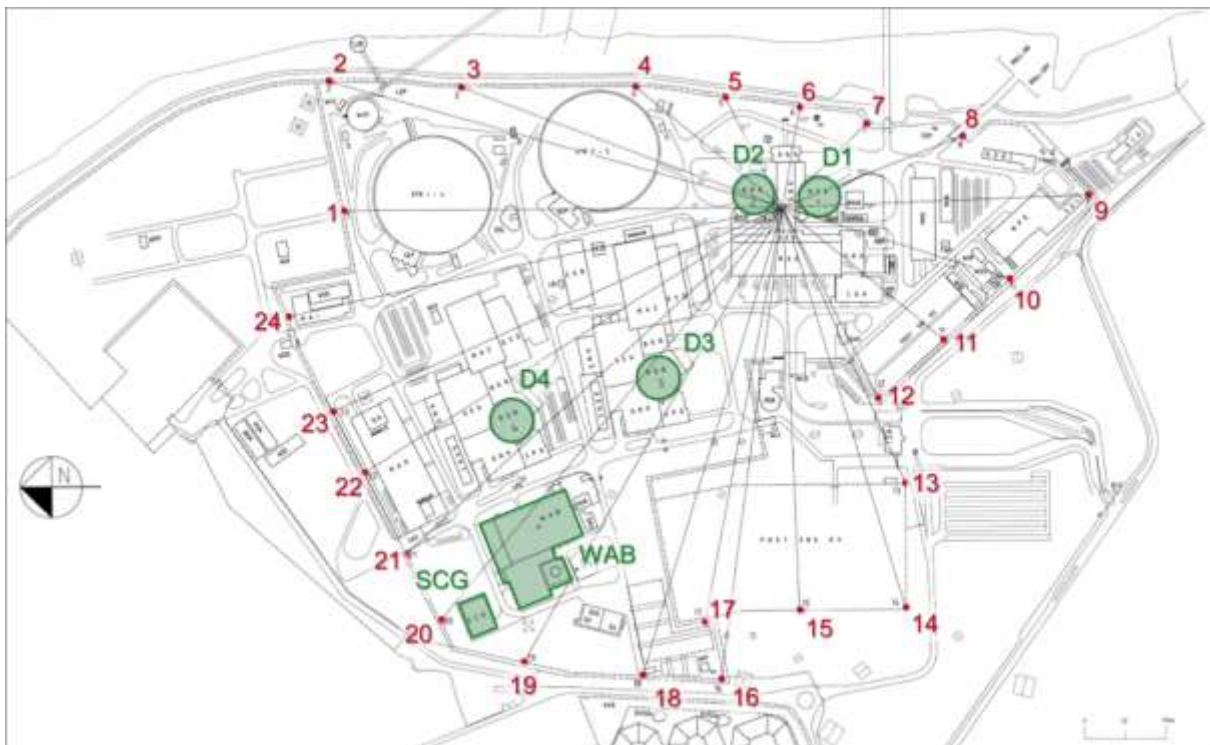


Abbildung 3-14 Lage der TLD-Messstationen an der Standortgrenze des KKW, aus [Electrabel, 2015]

Die TLD werden vierteljährlich ausgetauscht und von einer zugelassenen Stelle ausgelesen. Anhand dieser Ergebnisse kann die mittlere Dosisleistung an der Standortgrenze bestimmt werden. Auf Basis der jährlich ermittelten TLD-Ergebnisse wird die erwartete Umweltbelastung durch Direktstrahlung für den Zeitraum 2015-2025 im Vergleich zur Ausgangssituation (2012-2014) bestimmt [Electrabel, 2013][Electrabel, 2014][Electrabel, 2015a][Electrabel, 2016][Electrabel, 2017][Electrabel, 2018].

TLD können jedoch (wie alle anderen Arten von Dosimetern) nicht zwischen natürlicher Hintergrundstrahlung (z. B. kosmische Strahlung, Strahlung von Baumaterialien in Gebäuden) und der effektiv von der Anlage emittierten Strahlung unterscheiden.

Die natürliche Hintergrundstrahlung variiert je nach Standort; so nimmt z. B. die Dosis durch kosmische Strahlung mit zunehmender Höhe zu, während natürliche Radionuklide im Boden zu einer erhöhten Dosis aus dem Erdreich führen können. Insbesondere der letztgenannte Effekt macht sich in den Messergebnissen des TELERAD-Netztes (siehe Abschnitt 3.2.2.12.1), einem von der FANK betriebenen Netz von 250 Messstationen, die in Belgien sowohl im Umfeld der kerntechnischen Anlagen als auch auf dem gesamten belgischen Staatsgebiet eingerichtet sind³, deutlich bemerkbar.

Die Messdaten des TELERAD-Netztes zeigen einen deutlichen Unterschied der natürlichen Hintergrundstrahlung in den Ardennen im Vergleich zu Flandern.

³ <https://fanc.fgov.be/nl/het-telerad-netwerk> (Besuch: 8. Januar 2020)

Basierend auf dem TELERAD-Netzwerk gelangte die FANK zu dem Schluss, dass die durchschnittliche Hintergrundstrahlung in Belgien 1 mSv pro Jahr beträgt, während die durchschnittliche Hintergrundstrahlung in Flandern 0,8 bis 0,9 mSv pro Jahr und die durchschnittliche Hintergrundstrahlung im Norden Belgiens 0,7 mSv pro Jahr beträgt [FANK, 2018]. Für die aktuelle Bewertung wird eine Hintergrunddosis von 0,7 mSv pro Jahr angenommen, was dem niedrigsten festgestellten Mittelwert entspricht und somit der konservativste Ansatz ist.

Zur Veranschaulichung: Die durchschnittliche Dosis für Personen der breiten belgischen Bevölkerung beträgt 4,0 mSv pro Jahr (Abbildung 3-6), von denen industrielle Aktivitäten (einschließlich der Erzeugung von Kernenergie) weniger als 0,01 mSv (0,25 % der durchschnittlichen Dosis) pro Jahr ausmachen [FANK, 2018].

3.4.1.2 Ausgangssituation

Die durchschnittliche Dosis, die mit den TLD im Jahr 2014 an der Standortgrenze gemessen wurde, ist in Abbildung 3-15 [Electrabel, 2015a] dargestellt. Die meisten Messpunkte liegen unter dem durchschnittlichen Hintergrundniveau des Nordens von Belgien (0,7 mSv pro Jahr), was darauf hindeutet, dass das Hintergrundniveau um das KKW gering ist. Die durchschnittliche Dosis an der Standortgrenze (0,71 mSv pro Jahr) entspricht ebenfalls der durchschnittlichen Hintergrunddosis im Norden Belgiens und liegt deutlich unter dem Durchschnitt für Belgien. Das bedeutet, dass die durchschnittliche Dosis an der Standortgrenze des KKW in etwa der Hintergrunddosis entspricht.

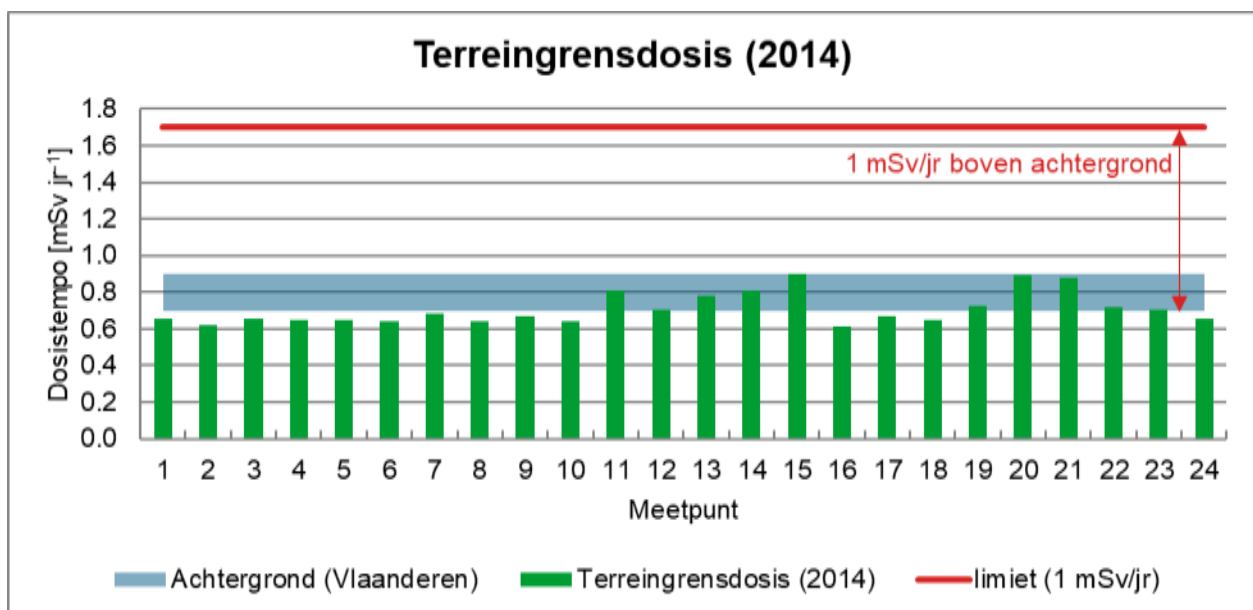


Abbildung 3-15 Gemessene Dosis an der Standortgrenze des KKW im Jahr 2014 im Vergleich zur durchschnittlichen Hintergrunddosis um das KKW, wie sie für den Norden Belgiens (0,7 mSv/Jahr) und Flandern (0,9 mSv/Jahr) ausgewiesen wurde [FANK, 2018]. Der Grenzwert ist hier definiert als 1 mSv pro Jahr plus die durchschnittliche Dosis im Norden Belgiens (0,7 mSv/yr).

Dennoch zeigen einige wenige Messstellen im Jahr 2014 einen Anstieg im Vergleich zu den meisten Messstellen. Zum Beispiel zeigen die Messstellen 20 und 21 eine erhöhte Dosis von bis zu 0,89 mSv pro Jahr. Diese Punkte befinden sich im Bereich des Brennstoffcontainer-Gebäudes (BCG) und des Wasser- und Abfallaufbereitungsgebäudes (WAA-Gebäude), was darauf hinweist, dass diese Einrichtungen zur

Dosis an der Standortgrenze beitragen. Unter der Annahme einer Hintergrunddosisleistung von 0,7 mSv pro Jahr (Nordbelgien) beträgt die effektive Dosis, unter der Annahme, dass sich eine Person das ganze Jahr über irgendwo an der Standortgrenze aufhält, infolge direkter Strahlung aus dem BCG und/oder der WAA allerdings 0,19 mSv pro Jahr und bleibt damit deutlich unter dem Grenzwert von 1 mSv pro Jahr.

Die Messpunkte 4 bis 8 liegen am nächsten an KKW-1 und KKW-2. Für diese Messpunkte wurde keine Erhöhung der Dosis an der Standortgrenze festgestellt, was zeigt, dass die Abschirmung der Kraftwerke ausreichend ist, um die emittierte ionisierende Strahlung zu absorbieren.

Die Messpunkte 11 bis 15 weisen gegenüber dem Hintergrund eine erhöhte Dosis auf. Diese Messstellen sind jedoch relativ weit von den Blöcken und sonstigen kerntechnischen Bereichen entfernt, so dass der Ursprung dieser Zunahme bis auf Weiteres unbekannt ist. Da zusätzliche radiographische Untersuchungen der Schweißnähte an den Hochspannungsmasten und des Transports von radioaktivem Material über das Gelände nicht schlüssig waren, ist es möglich, dass sich diese Messstellen auf Erdreich mit erhöhter natürlicher Aktivität stehen. Dennoch wird vorsichtshalber angenommen, dass die dort gemessene Dosis auf den Betrieb des KKW zurückzuführen ist.

Die an den Standortgrenzen im Zeitraum von 2012 bis 2014 gemessene Dosis ist in Tabelle 3-3 für den gesamten Standort (KKW) dargestellt [Electrabel, 2013][Electrabel, 2014][Electrabel, 2015a]. Diese Daten zeigen, dass die Beobachtungen aus dem Jahr 2014 auch für die Vorjahre gültig sind. Die Daten zeigen, dass die Dosis trotz leichter Streuung relativ konstant bleibt und in etwa dem durchschnittlichen Hintergrundwert für Flandern entspricht.

Tabelle 3-3 Die zwischen 2012 und 2014 gemessene Dosis an den Standortgrenzen des gesamten Standortes (KKW). Die Werte werden ohne Hintergrundkorrektur angegeben.

Messpunkt	2012 [mSv/Jr]	2013 [mSv/Jr]	2014 [mSv/Jr]
1	0,67	0,67	0,66
2	0,62	0,62	0,62
3	0,69	0,70	0,66
4	0,68	0,67	0,65
5	0,64	0,67	0,65
6	0,67	0,67	0,64
7	0,70	0,72	0,68
8	0,63	0,67	0,64
9	0,69	0,70	0,67
10	0,66	0,67	0,64
11	0,83	0,81	0,81
12	0,74	0,73	0,70
13	0,81	0,82	0,78
14	0,87	0,88	0,81
15	0,92	0,88	0,90
16	0,64	0,65	0,61
17	0,72	0,70	0,67
18	0,68	0,69	0,65

Messpunkt	2012 [mSv/Jr]	2013 [mSv/Jr]	2014 [mSv/Jr]
19	0,79	0,78	0,73
20	0,89	0,92	0,89
21	0,86	0,85	0,88
22	0,71	0,71	0,72
23	0,69	0,70	0,70
24	0,66	0,67	0,66

Die höchste Dosis an der Standortgrenze wurde an Punkt 15 und Punkt 20 gemessen, so dass die Dosis von diesen Punkten als repräsentativ für den Betrieb des gesamten Standorts angesehen wird. Die Messpunkte in unmittelbarer Nähe von KKW-1 und KKW-2 (4-8) zeigen gegenüber dem Hintergrund keinen Anstieg, woraus geschlossen werden kann, dass dank der Abschirmung der Gebäude von KKW-1 und KKW-2 kein direkter Beitrag zur Dosis für die Bevölkerung durch Direktstrahlung an der Standortgrenze feststellbar ist.

Die dem Betrieb des KKW zuzuschreibende Dosis wird als die gemessene Dosis am höchsten Messpunkt der Standortgrenze (Punkte 15 und 20) bei der Ausgangssituation ermittelt, woraus sich ein Mittelwert von 0,90 mSv pro Jahr ergibt. Nach Korrektur um die Hintergrundbelastung (0,7 mSv pro Jahr) beträgt die Dosis durch direkte Strahlung aus dem Betrieb des KKW 0,2 mSv pro Jahr. Die Messstellen in unmittelbarer Nähe von KKW-1 und KKW-2 zeigen keinen Anstieg gegenüber dem Hintergrund. Da sich die aus dem BCG stammende Dosis aus dem Betrieb der verschiedenen Blöcke ergibt, ist es nicht möglich, dem Betrieb der verschiedenen Blöcke eine bestimmte Dosis zuzuordnen.

3.4.1.3 Folgenabschätzung

Die möglichen Folgen der direkten Strahlung auf die Umwelt werden für beide zu behandelnden Szenarien bewertet:

- Durchführung des Projekts
Dieses Szenario ist in zwei Phasen unterteilt, die jeweils in einem eigenen Abschnitt behandelt werden:
 - Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018: LTO-Baumaßnahmen. Diese werden hauptsächlich bei Überholungsarbeiten durchgeführt. Electrabel betreibt in dieser Zeit sowohl das KKW-1 als auch das KKW-2.
 - Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025): Der Betrieb nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen.
- Null-Variante: Das Projekt wird nicht realisiert und der Betrieb von KKW-1 und KKW-2 wird im Jahr 2015 eingestellt.

Die Auswirkungen der Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 basieren auf den im Zeitraum (2012-2014; Ausgangssituation) erfassten Daten und werden für den Zeitraum 2015-2025 ermittelt. Wo es möglich war, wurden verfügbare Daten verwendet, um die erwarteten Auswirkungen anhand der realen Daten von 2015-2018 zu überprüfen. Bei der Bewertung des Projekts und der Null-Variante wird davon

ausgegangen, dass die Umweltauswirkungen von KKW-3, KKW-4 und der WAA bis 2025 die gleichen bleiben wie bei der Ausgangssituation. Dies ist eine konservative Annahme⁴.

3.4.1.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Der LTO-Synthesebericht enthält den integrierten Aktionsplan [Electrabel, 2015c]. Im Zeitraum 2015-2018 werden diese Maßnahmen umgesetzt. Dieser Zeitraum wird in diesem Projekt als „Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018“ bezeichnet. KKW-1 und KKW-2 werden in dieser Zeit ebenfalls von Electrabel betrieben.

Je nach Art der Arbeiten können die LTO-Maßnahmen während des regulären Betriebs oder nur während einer Überholung durchgeführt werden. Insbesondere die technischen LTO-Maßnahmen können nur während einer Überholung durchgeführt werden.

Trotz der Tatsache, dass neben dem regulären Betrieb viele Arbeiten in den radiologischen Bereichen durchgeführt werden, wird erwartet, dass die direkte Strahlung von KKW-1 und KKW-2 an der Standortgrenze während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 genauso hoch sein wird wie in der Ausgangssituation. Dies liegt daran, dass, wie bereits in diesem Abschnitt beschrieben, die Abschirmung der Gebäude ausreicht, um die emittierte ionisierende Strahlung zu absorbieren.

Aufgrund des Zeitpunkts dieser Studie ist die Dosis an der Standortgrenze während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 bereits bekannt. Die Dosis aller Messpunkte rund um die Standortgrenze des KKW während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 ist in Tabelle 3-4 dargestellt [Electrabel, 2016] [Electrabel, 2017] [Electrabel, 2018] [Electrabel, 2019].

Tabelle 3-4 Die zwischen 2015 und 2018 gemessene Dosis an der Standortgrenze des gesamten Standortes (KKW). Die Werte werden ohne Hintergrundkorrektur angegeben.

Messpunkt	2015 [mSv/Jr]	2016 [mSv/Jr]	2017 [mSv/Jr]	2018 [mSv/Jr]
1	0,65	0,67	0,68	0,70
2	0,62	0,62	0,63	0,64
3	0,67	0,69	0,71	0,67
4	0,65	0,67	0,66	0,65
5	0,67	0,68	0,68	0,67
6	0,65	0,67	0,70	0,72
7	0,70	0,70	0,70	0,81
8	0,64	0,65	0,66	0,64
9	0,67	0,69	0,71	0,68
10	0,67	0,69	0,67	0,68
11	0,85	0,81	0,79	0,80
12	0,78	0,70	0,70	0,69
13	0,80	0,77	0,71	0,71
14	0,80	0,81	0,78	0,77

⁴Weitere Erläuterungen zu dieser Annahme finden sich in Abschnitt 1.1.3

Messpunkt	2015 [mSv/Jr]	2016 [mSv/Jr]	2017 [mSv/Jr]	2018 [mSv/Jr]
15	1,01	0,90	0,86	0,82
16	0,62	0,60	0,63	0,62
17	0,67	0,68	0,69	0,68
18	0,66	0,67	0,67	0,67
19	0,78	0,74	0,76	0,78
20	0,95	0,99	0,96	0,97
21	0,83	0,88	0,88	0,88
22	0,71	0,72	0,72	0,68
23	0,70	0,71	0,73	0,71
24	0,64	0,67	0,71	0,68

Aus Tabelle 3-4 geht hervor, dass während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 die Dosis an der Standortgrenze nahezu dieselbe ist wie für die Ausgangssituation (2012-2014). Nur die Messstelle 20, der an das BCG und die WAA angrenzt, zeigt einen konsistenten signifikanten Dosisanstieg während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 im Vergleich zur Ausgangssituation.

Obwohl es keine eindeutige Quelle dafür gibt, ist der Anstieg angesichts der Lage dieser Messstelle nahe am BCG und der WAA, wohin jeweils die verbrauchten Brennelemente und alle Abfälle des Standorts verbracht werden, wahrscheinlich auf Arbeiten zurückzuführen, die an allen Blöcken durchgeführt werden. Weiterführende Untersuchungen haben jedoch ergeben, dass im Zeitraum 2015-2018 keine zusätzlichen Transporte im Vergleich zur Ausgangssituation (2012-2014) stattgefunden haben, so dass die erhöhte Dosis wahrscheinlich direkt vom BCG ausgeht, in dem die verbrauchten Brennelemente gelagert werden. Im Ergebnis kann (äußerst konservativ) festgestellt werden, dass die Erhöhung der aus dem BCG stammenden Dosis auf den Betrieb von KKW-1 und KKW-2 zurückzuführen und damit eine Folge dieses Projekts ist.

Um den (maximalen) Dosisbeitrag dieses Projekts zu bestimmen, wurde die während der Ausgangssituation durchschnittliche gemessene Dosis von Messpunkt 20 (0,90 mSv pro Jahr) von der durchschnittlichen gemessenen Dosis von Messpunkt 20 während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 (0,97 mSv pro Jahr) subtrahiert. Die verbleibende Dosis von 0,07 mSv pro Jahr wird, wie zuvor beschrieben, konservativ als die diesem Projekt zuzuschreibende maximale Dosis an der Standortgrenze betrachtet. Es ist anzumerken, dass diese Dosis wahrscheinlich eine starke Überschätzung der tatsächlichen Dosis darstellt.

Mit diesen konservativen Annahmen beträgt die jährliche Gesamtdosis an der Standortgrenze infolge des Betriebs (0,2 mSv pro Jahr; siehe Abschnitt 3.4.1.2) und dieses Projekts (0,07 mSv pro Jahr) maximal 0,27 mSv pro Jahr. Die Dosis bleibt deutlich unter dem Dosisgrenzwert von 1 mSv pro Jahr und ist vergleichbar mit der Jahresdosis an der Standortgrenze während der Ausgangssituation (0,2 mSv pro Jahr).

Somit hat die Implementierung der LTO nur sehr begrenzte Auswirkungen auf die direkte Strahlung an der Standortgrenze.

3.4.1.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Während des Zeitraums 2019-2025 werden KKW-1 und KKW-2 weiterbetrieben. Dieser Zeitraum wird in diesem Projekt als „Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)“ bezeichnet. Die maximal zu erwartende Dosis an der Standortgrenze dürfte voraussichtlich vergleichbar mit der Betriebsphase zwischen 2015 und 2018 sein. Die erwartete Dosis an der Standortgrenze des KKW während der Betriebsphase ist in Abbildung 3-16 dargestellt.

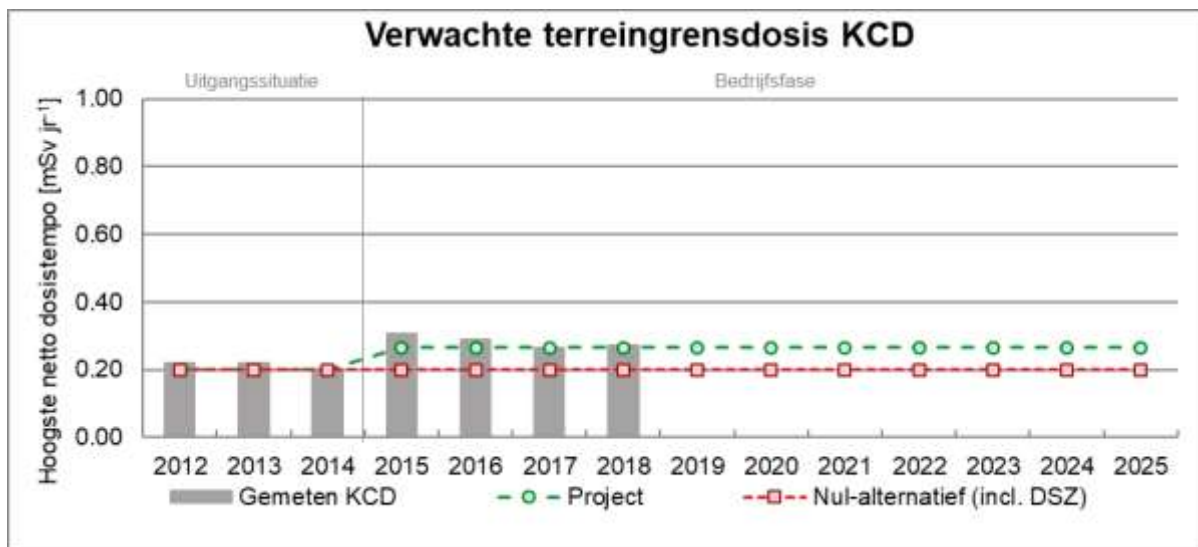


Abbildung 3-16 Erwartete Dosis an der Standortgrenze des KKW, Werte nach Hintergrundkorrektur (0,7 mSv pro Jahr)
Die vertikalen Balken zeigen die tatsächlichen Messwerte des konservativ gewählten Messpunktes.

Abbildung 3-16 zeigt, dass nach der Ausgangssituation (2012-2014) aufgrund des konservativen Ansatzes die Dosis durch Direktstrahlung während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 sowie in der zukünftigen Betriebssituation zwischen 2019 und 2025 leicht zunimmt. Dies ist in Abschnitt 3.4.1.3.1 bzw. Abschnitt 3.4.1.3.2 beschrieben.

Die angegebene Dosis ist eine starke Überschätzung einer realistischen Dosis, der eine Person außerhalb des Standortes ausgesetzt sein kann. So wurde die Dosis für eine Person berechnet, die sich während des gesamten Projekts direkt an der Grundstücksgrenze aufhält. Zur Veranschaulichung wendet der niederländische Gesetzgeber Korrekturfaktoren an, um die Dosis für das Zielgebiet zu korrigieren und so zu einer realistischen Dosis zu gelangen, z. B. würde eine Durchgangsstraße innerhalb eines Industriegebiets mit einem Faktor von 0,01 multipliziert, da sich die Menschen hier nur für eine (sehr) kurze Zeit aufhalten dürften⁵.

Die Gesamtdosis, der eine Person der Bevölkerung außerhalb des KKW ausgesetzt sein kann, setzt sich jedoch aus drei Faktoren zusammen: Direktstrahlung und die effektive Folgedosis aus atmosphärischen (Abschnitt 3.4.3) und flüssigen Ableitungen (Abschnitt 3.4.4). Die Folgenabschätzung dieser Faktoren wird weiter unten beschrieben, die Gesamtdosis durch den Betrieb des KKW ist in Abschnitt 3.4.8 ausgewiesen.

⁵ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040581/> (Besucht 24. Februar 2020)

Die jährliche Dosis durch direkte Strahlung liegt selbst für eine Person, die sich das ganze Jahr über irgendwo an der Standortgrenze aufhält, deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert. Aufgrund dieser Daten kann geschlossen werden, dass der weitere Betrieb von KKW-1 und KKW-2 nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen keine signifikanten Auswirkungen auf die Umwelt haben wird.

Kumulierte Auswirkungen des Projekts

Die kumulierte Dosis, der eine Person durch direkte Strahlung aufgrund des Betriebs von KKW ausgesetzt wäre, wenn sie sich ständig an der Standortgrenze aufhalten würde, beträgt 2,9 mSv (11 Jahre bei 0,27 mSv pro Jahr). Damit liegt diese kumulierte Dosis während dieses Projekts deutlich unter der durchschnittlichen Hintergrunddosis Belgiens (43,8 mSv), wovon 26,9 mSv auf natürliche Strahlung und 16,8 mSv auf medizinische Anwendungen entfallen [FANK, 2018].

3.4.1.3.3 Null-Variante

Die Blöcke KKW-1 und KKW-2 werden 2015 abgeschaltet, falls keine Laufzeitverlängerung erfolgt. Unmittelbar danach beginnt die definitive Stilllegung (DSL). In diesem Fall kann nur davon ausgegangen werden, dass der beobachtete Anstieg der Dosis in der Nähe des BCG (0,07 mSv pro Jahr) nicht eintreten wird. Es wird erwartet, dass dieser jährliche Anstieg auf die zusätzlich produzierten und gelagerten verbrauchten Brennelemente zurückzuführen ist.

Die Tatsache, dass KKW-1 und KKW-2 die Betriebsdauer bei der Null-Variante gegenüber dem Projekt um zehn Jahre kürzer ist, bedeutet weniger eingelagerte Brennelemente im BCG. Infolgedessen bleibt die Dosisleistung bei der Null-Variante 0,20 mSv/Jahr.

Da in Belgien noch keine Entscheidung über die Wiederaufarbeitung oder Endlagerung verbrauchter Brennelemente getroffen wurde und eine solche Entscheidung nicht vor 2025 zu erwarten ist, wird die Laufzeitverlängerung nicht zu einer früheren Entsorgung der Brennelemente aus dem BCG und der damit verbundenen Dosisreduzierung führen.

Endgültige Stilllegung von KKW-1 und KKW-2

Wenn keine Laufzeitverlängerung erfolgt, werden KKW-1 und KKW-2 abgeschaltet und die definitive Stilllegung (DSL) eingeleitet. Wenn die definitive Stilllegung von KKW-1 und KKW-2 einsetzt, wird dies keine direkten Auswirkungen auf den Strahlungspegel an der Standortgrenze haben. Wie bereits beschrieben, wird der Dosisbeitrag an der Standortgrenze hauptsächlich durch die Direktstrahlung aus dem BCG bestimmt, wo die verbrauchten Brennelemente gelagert werden.

Während der definitiven Stilllegung (DSL) von KKW-1 und KKW-2 wird die Direktstrahlung zur effektiven Dosis an der Standortgrenze beitragen. Es wird jedoch keinen Unterschied in der Dauer der DSL-Phase nach einer Laufzeitverlängerung (Projekt) und nach direkter Abschaltung (Null-Variante) geben. Im Falle des Projekts beginnt die DSL-Phase erst zehn Jahre später. Der einzige Unterschied besteht also darin, dass die direkte Strahlung durch KKW-1 und KKW-2 bei der Null-Variante zehn Jahre früher auf Null fällt als bei der Durchführung des Projekts. In Abbildung 3-16 die Direktstrahlung während der DSL-Phase bei der Null-Variante Null eingefügt.

3.4.1.4 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Wie bereits beschrieben, besteht fast die gesamte Dosis der Direktstrahlung des KKW aus γ -Photonen, deren Dosisleistung mit zunehmendem Abstand abnimmt. Dies führt dazu, dass die Dosisleistung

außerhalb des Standorts per Definition mit zunehmender Entfernung von der Standortgrenze abnimmt. Die nächstgelegene Grenze zu den Niederlanden ist ca. 2,5 km entfernt. Messpunkt 20, der repräsentative Messpunkt für das gesamte Gelände (siehe Abschnitt 3.4.1.2) liegt an der Standortgrenze in Richtung der niederländischen Grenze. Es ist wahrscheinlich, dass die Strahlung hauptsächlich vom BCG her stammt, das sich in etwa 50 Metern Entfernung von Messpunkt 20 befindet. Die durchschnittliche Dosisleistung der Messstelle 20 über die Jahre 2012-2014 betrug etwa 0,2 mSv pro Jahr (mit Hintergrundkorrektur). Um die Dosisleistung in einem bestimmten Abstand zu berechnen, wird das Abstandsquadratgesetz verwendet:

$$\dot{D}(r_2) = \dot{D}(r_1) \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Dabei ist $\dot{D}(r_1)$ die Dosisleistung in einem Abstand r_1 von der Quelle und $\dot{D}(r_2)$ ist die Dosisleistung bei einem Abstand r_2 . Obwohl das Abstandsquadratgesetz nur für eine Punktquelle gilt, kann die Quelle innerhalb des KKW aufgrund der großen Entfernung (2,5 km) im Vergleich zur tatsächlichen Größe der Quelle (mehrere Dutzend Meter) als Punktquelle betrachtet werden.

Der Abstand von der Quelle (BCG) bis zur niederländischen Grenze (2 500 + 50 m) ist etwa um den Faktor 51 (r_2/r_1) größer als die Entfernung von der Quelle zur Grundstücksgrenze (50 m). Basierend auf diesen Daten wird die Dosisleistung an der niederländischen Grenze auf 0,000078 mSv pro Jahr veranschlagt (Tabelle 3-5).

Tabelle 3-5 Quadratische Abnahme der Dosisleistung in Richtung der niederländischen Grenze.

	BCG
r_1 : Abstand zur Standortgrenze [m]	50
r_2 : Abstand zur niederländischen Grenze [m]	2 550
$\dot{D}(r_1)$: Dosisleistung an der Standortgrenze [mSv-yr ⁻¹]	0,20
$\dot{D}(r_2)$: Dosisleistung an der niederländischen Grenze [mSv-yr ⁻¹]	0,000078

Die Absorption der Strahlen bis zur Grenze ist nicht berücksichtigt, so dass die tatsächliche Strahlendosis durch die Direktstrahlung noch geringer ausfällt.

Der niederländische Erlass vom 23. Oktober 2017 zum Schutz von Personen vor den Gefahren ionisierender Strahlung (*Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming; Bbs*) legt in Artikel 9.2.1 fest, dass die maximale Dosis für ein Mitglied der niederländischen Bevölkerung, die aus dem Betrieb einer kerntechnischen Anlage her stammt, den Wert von 0,1 mSv pro Jahr nicht überschreiten darf. Dies ist der niederländische Dosisgrenzwert für direkte Strahlung, flüssige und gasförmige Ableitungen. Wie aus den obigen Ausführungen ersichtlich ist, liegt die Dosis als Direktstrahlung an der niederländischen Grenze im Rahmen des Projekts deutlich darunter. Die Auswirkungen des gesamten Projekts, einschließlich flüssiger und gasförmiger Ableitungen werden in Abschnitt 3.4.8 beschrieben.

Da die Dosisleistung mit zunehmender Entfernung vom KKW im Quadrat abnimmt, hat der Betrieb des KKW auch keine Auswirkungen auf weiter entfernte Länder (z. B. Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien).

3.4.1.5 Monitoring

Die FANK betreibt das TELERAD-Netzwerk mit mehr als 250 Messstationen auf dem belgischen Staatsgebiet, die kontinuierlich die Radioaktivität in der Luft und im Wasser messen⁶. Rund um das KKW wurde eine relativ große Anzahl von Messstationen eingerichtet (Abbildung 3-17), die kontinuierlich die Dosis messen. Anomalien bei der Dosis lösen sofort einen Alarm aus, sobald ein Grenzwert überschritten wird. Ein ähnliches Netz von Überwachungsstationen befindet sich auch auf niederländischem Gebiet (Nationaal Meetnet Radioactiviteit⁷).

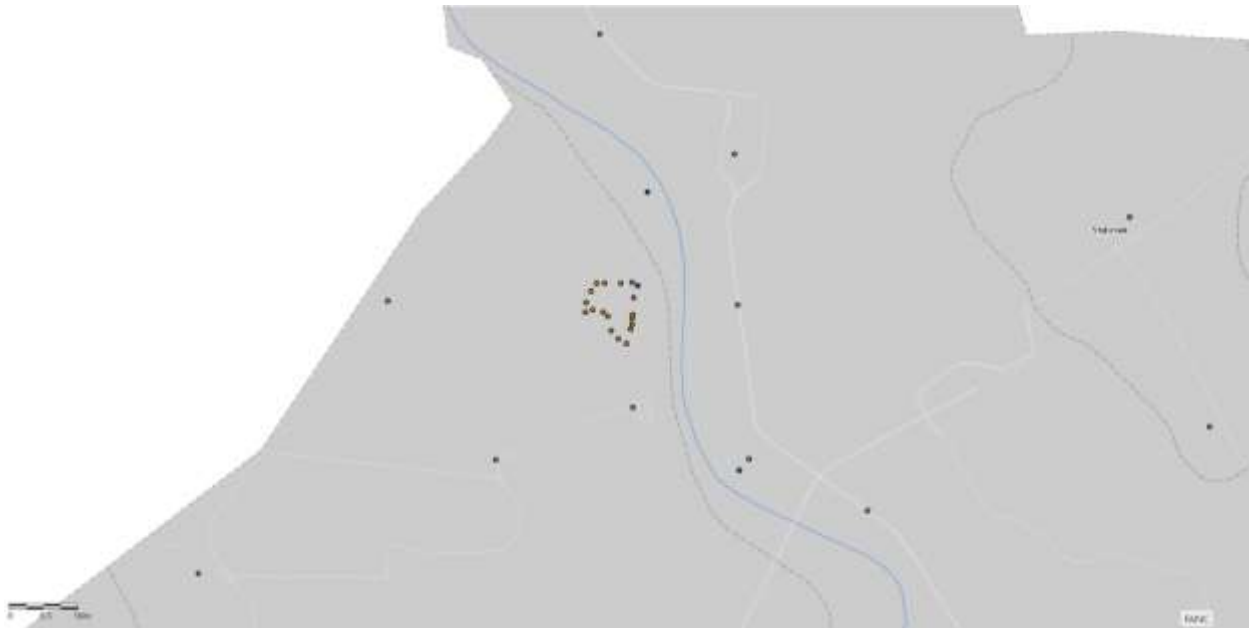


Abbildung 3-17 Messstationen des TELERAD-Netzes um das KKW.

3.4.1.6 Reduzierungsmaßnahmen

Basierend auf den verfügbaren Daten hat die direkte Strahlung, die vom KKW an der Standortgrenze ausgeht, keine signifikanten Auswirkungen auf die Umwelt. Daher sind keine Reduzierungsmaßnahmen erforderlich.

3.4.1.7 Wissenslücken

Die vorliegenden Kenntnisse reichen aus, um die Auswirkungen der direkten vom KKW ausgehenden Strahlung an der Standortgrenze zu bestimmen. Es ist jedoch zu beachten, dass die an der Standortgrenze gemessenen Dosiswerte in der Größenordnung der Hintergrundstrahlung liegen. Es gibt auch keine eindeutige Erklärung für die etwas höheren Werte der Messpunkte 11-15 im Vergleich zu den anderen Messpunkten rund um den Standort. Diese Wissenslücken behindern die Entscheidungsfindung nicht, da aus Gründen der gebotenen Vorsicht die höchsten Messwerte an der Standortgrenze des KKW-1 bzw. KKW-2 angenommen wurden.

⁶ <https://fanc.fgov.be/nl/het-telerad-netwerk> (Besuch: 19. Februar 2020)

⁷ <https://www.rivm.nl/nationaal-meetnet-radioactiviteit> (Besuch: 19. Februar 2020)

3.4.1.8 Schlussfolgerungen

Als Ergebnis dieses Projekts werden sich die Auswirkungen der direkten Strahlung der Blöcke KKW-1 und KKW-2 an der Standortgrenze um 10 Jahre verlängern. Obwohl die verschiedenen Baumaßnahmen im Rahmen des LTO (2015-2018) möglicherweise zu einer leicht erhöhten Dosis geführt haben, ist sie aufgrund der Abschirmung von KKW-1 und KKW-2 in der Messung an der Standortgrenze nicht feststellbar. Aufgrund der erhöhten Anzahl der verbrauchten Brennelemente im BCG und der getroffenen konservativen Annahmen wird die maximal zu erwartende Dosis an der Standortgrenze während der Projektlaufzeit jedoch um 0,07 mSv pro Jahr höher sein als bei der Null-Variante. Daraus lässt sich schließen, dass dieses Projekt in Bezug auf die direkte Strahlung keine signifikanten Auswirkungen auf die Umwelt haben wird.

Der Betrieb des KKW und das LTO-Projekt haben keine messbaren signifikanten Auswirkungen auf das niederländische Gebiet, so dass weitere grenzüberschreitende Auswirkungen durch direkte Strahlung ebenfalls ausgeschlossen werden können.

3.4.2 Strahlenbelastung der Mitarbeiter

Fast 2 000 Menschen arbeiten täglich im Kernkraftwerk Doel. Dies sind sowohl interne als auch externe Mitarbeiter. Ein großer Teil davon kommt nicht mit Radioaktivität in Berührung [Electrabel 2019a].

Andererseits kann ein Teil der Mitarbeiter bei der Arbeit ionisierender Strahlung ausgesetzt sein. Wenn die Wahrscheinlichkeit besteht, dass die effektive Dosis des Mitarbeiters 1 mSv pro Jahr übersteigt, werden diese Personen als beruflich exponierte Arbeitskräfte [ARBIS]⁸ bezeichnet. Es wird ganzjährig gearbeitet, besonders bei den Überholungen wird viel in den radiologischen Bereichen gearbeitet.

Während einer Überholung arbeitet eine größere Anzahl von Mitarbeitern in und um die Anlagen zu Wartungs- und Inspektionszwecken. Dazu gehören sowohl die Mitarbeiter des KKW als auch externe Mitarbeiter von Fachbetrieben.

Da die Strahlenbelastung ein Gesundheitsrisiko darstellen kann, wurden gesetzliche Grenzwerte und Anforderungen festgelegt und im Königlichen Erlass, ARBIS [ARBIS], festgeschrieben. Für Mitarbeiter, die nicht mit der Strahlung in Berührung kommen, gelten die gleichen Anforderungen an die Strahlung wie für Personen der Bevölkerung (z. B. Anwohner). Der effektive Dosisgrenzwert für Angehörige der Bevölkerung ist auf 1 Millisievert pro Jahr festgelegt [ARBIS, Abschnitt 20.1.4].

Für beruflich strahlenexponierte Arbeitskräfte ist es wichtig, dass sie über ausreichende Kenntnisse im Strahlenschutz verfügen, und dass die pro Person aufgenommene Strahlendosis stets dokumentiert wird. Darüber hinaus muss jeder Mitarbeiter, der aus beruflichen Gründen exponiert ist, von einem anerkannten Strahlenfacharzt medizinisch überwacht werden. Die gesetzlich zulässige Höchstnorm für beruflich exponierte Arbeiter beträgt 20 mSv pro gleitendem Zeitabschnitt von 12 aufeinanderfolgenden Monaten [ARBIS, Artikel 20.1.3]. Bei Electrabel selbst gilt ein Höchstwert, der der Hälfte dieses gesetzlichen

⁸ <https://fanc.fgov.be/nl/beroepshalve-blootgestelde-personen> (Besuch: April 2020)

Grenzwerts entspricht. Jeder beruflich exponierte Arbeitnehmer darf maximal 10 mSv pro Jahr aufnehmen.

Die Vereinten Nationen haben ein Komitee namens UNSCEAR (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*) ins Leben gerufen. Dieses Gremium stellt wissenschaftliche Erkenntnisse für den Strahlenschutz bereit und bewertet die Auswirkungen ionisierender Strahlung auf globaler Ebene. In diesem Zusammenhang veröffentlichte das Gremium eine Studie, die die Exposition durch berufliche Tätigkeiten einbezieht [UNSCEAR, 2000]. Tabelle 3-6 zeigt die Anzahl der beruflich exponierten Arbeiter und die entsprechende durchschnittliche effektive Jahresdosis pro Arbeitsbereich [UNSCEAR, 2000]. Daraus geht hervor, dass Arbeiter, die natürlichen Quellen ionisierender Strahlung ausgesetzt sind, z. B. Arbeiter in der Luft- und Raumfahrt oder im Bergbau, eine um den Faktor 3 höhere durchschnittliche effektive Jahresdosis aufnehmen als Arbeiter, die künstlichen Quellen ausgesetzt sind. Kernkraftwerke sind Teil der Kernbrennstoffkette, daher sind die Mitarbeiter von Kernkraftwerken in der folgenden Tabelle dieser Kategorie zugeordnet.

Tabelle 3-6 Mittlere effektive Dosis pro Arbeitsbereich

Quelle / Arbeitsbereich	Anzahl der exponierten Mitarbeiter [-]	Gittlere effektive Dosis [mSv/Jahr]
<i>Künstliche Quelle</i>		
Brennstoffkette (inkl. Urangewinnung)	800 000	1,8
Industrieller Einsatz von Strahlung	700 000	0,5
Aktivitäten im militärischen Bereich	420 000	0,2
Medizinische Strahlung	2 320 000	0,3
Ausbildung/Veterinärmedizin	360 000	0,1
<i>Gesamt</i>	<i>4 600 000</i>	<i>0,6</i>
<i>Natürliche Quellen</i>		
Flugreisen (Besatzung)	250 000	3,0
Bergbau (ohne Steinkohle)	760 000	2,7
Steinkohlebergbau	3 910 000	0,7
Verarbeitung von Mineralien	300 000	1,0
Übertage-Arbeitsplätze (Radon)	1 250 000	4,8
<i>Gesamt</i>	<i>6 500 000</i>	<i>1,8</i>

3.4.2.1 Methodologie

Die Strahlenbelastung von beruflich exponierten Mitarbeitern (sowohl Electrabel-Mitarbeiter als auch externe Arbeitskräfte) wird ständig überwacht, insbesondere durch den Einsatz von Personendosimetern. Bei allen Arbeiten wird das Prinzip des niedrigsten vertretbaren Grenzwerts (ALARA) angewendet. Die aufgenommene Dosis wird für jeden Mitarbeiter anhand des KKW-internen Grenzwerts bewertet. Es gilt ein Grenzwert von der Hälfte der gesetzlichen Dosis, d. h. 10 mSv pro Jahr. Selbst wenn eine sehr außergewöhnliche Situation (z. B. ein Verwaltungsfehler) eintritt, bleibt die Jahresdosis des Mitarbeiters unter dem gesetzlichen Grenzwert.

Die Dosiswerte werden jährlich in den Umwelterklärungen veröffentlicht [Electrabel, 2012][Electrabel, 2013a][Electrabel, 2014a][Electrabel, 2015b][Electrabel, 2016a][Electrabel, 2017a][Electrabel, 2018a]. Dieser Bericht vergleicht diese jährlich veröffentlichten Dosiswerte mit dem internen KKW-Grenzwert und gibt auf Basis mehrerer Jahre eine Prognose für den Zeitraum 2015-2025 ab.

Zur Bestimmung der Strahlenbelastung der nicht beruflich exponierten Mitarbeiter am Standort werden die verfügbaren Daten von ‚Zeugenmonitoren‘ (*geteugemonitoren*) (TLD) verwendet, die an repräsentativen Stellen innerhalb des KKW-Geländes, aber außerhalb der radiologischen Bereiche, installiert sind und regelmäßig ausgelesen werden. Für nicht beruflich exponierte Arbeitskräfte gilt ein gesetzlicher Grenzwert von 1 mSv pro Jahr [ARBIS, Artikel 20.1.4], der dem Dosisgrenzwert für die allgemeine Bevölkerung entspricht.

3.4.2.2 Ausgangssituation

Sowohl 2012, 2013 als auch 2014 lag die maximale Dosis für alle Mitarbeiter unter dem KKW-internen Grenzwert von 10 mSv pro Jahr und damit auch deutlich unter dem behördlichen Grenzwert von 20 mSv pro gleitendem Zeitabschnitt von 12 aufeinanderfolgenden Monaten.

Die durchschnittliche Dosis für interne und externe Mitarbeiter ist in Tabelle 3-7 dargestellt [Electrabel, 2012][Electrabel, 2013a][Electrabel, 2014a]. Die Kollektivdosis hängt sehr stark von den Arbeiten ab, die während der Überholungsarbeiten durchgeführt werden. So wurden anlässlich der Überholung von KKW-1 und KKW-3 im Jahr 2012 viele nicht eingeplante Arbeiten ausgeführt, so dass die Kollektivdosis für das KKW und für KKW-1 im Vergleich zu anderen Jahren höher ausfiel. Da mehr Arbeiten durchgeführt wurden, gab es 2012 natürlich auch mehr beruflich exponierte Mitarbeiter.

Tabelle 3-7 Effektive Dosis der KKW-Mitarbeiter während der Ausgangssituation

Jahr	KKW			KKW-1 und KKW-2
	Gesamtzahl der exponierten Personen	mittlere effektive Dosis [mSv/Jahr]	kollektiv [Mensch.mSv/Jahr]	kollektiv [Mensch.mSv/Jahr]
2012	3 402	0,47	1 612	521
2013	3 134	0,14	449	203
2014	3 145	0,31	981	336

Die mittlere effektive Dosis der Mitarbeiter des KKW ist etwa um den Faktor 6 kleiner als die von UNSCEAR veröffentlichte mittlere effektive Dosis für Mitarbeiter im nuklearen Bereich (1,8 mSv/Jahr) [UNSCEAR, 2000] (Tabelle 3-6).

Für nicht beruflich exponierte interne und externe Arbeitskräfte werden keine individuellen Dosisaufzeichnungen geführt. Um sicherzustellen, dass die Mitarbeiter unter dem gesetzlichen Grenzwert von 1 mSv pro Jahr bleiben, können die Zeugenmonitore eingesetzt werden. Bei den Zeugenmonitoren handelt es sich um TLD-Dosimeter, die an repräsentativen Stellen innerhalb des KKW-Geländes, aber außerhalb der radiologischen Zonen angebracht sind. Die Ergebnisse der Zeugenmonitore werden verwendet, um den Hintergrundpegel für die TLD-Personendosimeter zu bestimmen.

Die Messungen der Zeugenmonitore zeigen eine durchschnittliche Dosis von 0,63 mSv/Jahr über den Zeitraum 2012-2014. Diese Dosisleistung liegt unter dem durchschnittlichen Hintergrundniveau am KKW (0,7 mSv pro Jahr, siehe auch Abschnitt 3.4.1.1), was auf die Abschirmung der Gebäude gegen natürliche Strahlung (einschließlich Erd- und kosmische Strahlung) zurückzuführen ist. So ergab eine Studie, bei der die Dosis von > 50 000 Zeugenmonitoren in Belgien ausgewertet wurde, eine durchschnittliche Dosisleistung von 0,67 mSv pro Jahr [Electrabel, 2020a]. Die durchschnittliche

Exposition der nicht beruflich exponierten Mitarbeiter des KKW ist daher vernachlässigbar [Electrabel, 2020a].

Die höchste von den Zeugenmonitoren gemessene Dosis betrug 0,87 mSv pro Jahr oder 0,17 mSv pro Jahr nach Hintergrundkorrektur. Die Jahresdosis, die ein Mitarbeiter, der 2000 Stunden pro Jahr an dieser Stelle verbringt, aufnehmen würde (0,04 mSv), liegt somit deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert (1 mSv pro Jahr). Diese Ergebnisse bestätigen, dass die Blöcke, die WAA und das BCG am Standort über eine ausreichende radiologische Abschirmung verfügen, um nicht beruflich exponierte Mitarbeiter zu schützen.

3.4.2.3 Folgenabschätzung

Die möglichen Folgen der direkten Strahlung auf die Mitarbeiter werden für beide zu behandelnden Szenarien bewertet:

- Durchführung des Projekts
Dieses Szenario ist in zwei Phasen unterteilt, die jeweils in einem eigenen Abschnitt behandelt werden:
 - Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018: LTO-Baumaßnahmen. Diese werden hauptsächlich bei Überholungsarbeiten durchgeführt. Electrabel betreibt in dieser Zeit sowohl das KKW-1 als auch das KKW-2.
 - Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025): Der reguläre Betrieb nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen
- Null-Variante: Das Projekt wird nicht realisiert und der Betrieb von KKW-1 und KKW-2 wird 2015 eingestellt.

Die Auswirkungen der Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 basieren auf den in der Ausgangssituation (2012-2014) erfassten Daten und werden für den Zeitraum 2015-2025 ermittelt. Wo es möglich war, wurden verfügbare Daten verwendet, um die erwarteten Auswirkungen anhand der realen Daten von 2015-2018 zu testen. Bei der Bewertung des Projekts und der Null-Variante wird davon ausgegangen, dass die Umweltauswirkungen von KKW-3, KKW-4 und der WAA bis 2025 die gleichen bleiben wie bei der Ausgangssituation. Dies ist eine konservative Annahme⁹.

3.4.2.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Der LTO-Synthesebericht enthält den integrierten Aktionsplan, um KKW-1 und KKW-2 zehn Jahre länger als im Kernausstiegsgesetz von 2003 vorgesehen zu betreiben. Im Zeitraum 2015-2018 werden diese Maßnahmen umgesetzt. Dieser Zeitraum wird in diesem Projekt als „Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018“ bezeichnet. Während dieser Zeit werden KKW-1 und KKW-2 von Electrabel betrieben.

Je nach Art der Arbeiten können die LTO-Maßnahmen während des regulären Betriebs oder einer Überholung durchgeführt werden. Insbesondere die technischen LTO-Maßnahmen können nur während einer Überholung durchgeführt werden, um die Sicherheit der Anlage und der Mitarbeiter zu

⁹ Weitere Erläuterungen zu dieser Annahme finden sich in Abschnitt 1.1.3

gewährleisten. Da viele Arbeiten zusätzlich zum regulären Betrieb durchgeführt werden, ist zu erwarten, dass die Exposition gegenüber ionisierender Strahlung für beruflich exponierte interne und externe Mitarbeiter während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 höher sein wird als in der Ausgangssituation. Im Gegensatz dazu wird erwartet, dass sich in diesem Zeitraum die Dosis, der nicht beruflich exponierte Arbeitskräfte ausgesetzt sind, im Vergleich zur Ausgangssituation nicht signifikant ändert.

Aufgrund des Zeitpunkts dieser Studie ist das Ausmaß der Mitarbeiterexposition während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 bereits bekannt. Die effektive Dosis für Mitarbeiter sowohl des KKW-1 und KKW-2 als auch des gesamten Standorts (KKW) während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 ist in Tabelle 3-8 dargestellt [Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a] [Electrabel, 2019a]. Wie bei der Ausgangssituation lag die maximale Dosis aller beruflich exponierten Arbeitskräfte auch in den Jahren 2015-2017 deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert von 20 mSv pro gleitendem Zeitabschnitt von 12 aufeinanderfolgenden Monaten. Im Jahr 2018 wurden Arbeiten durchgeführt, bei denen ein Mitarbeiter eine höhere Dosis als den internen Grenzwert von 10 mSv/Jahr aufgenommen hat. Dabei handelte es sich um geplante, mit den beteiligten Parteien abgestimmte Arbeiten, um sicherzustellen, dass die Jahresdosis deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert bleibt.

Tabelle 3-8 Effektive Dosis der Mitarbeiter des KKW während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018

Jahr	KKW			KKW-1 und KKW-2
	Gesamtzahl der exponierten Personen	mittlere effektive Dosis [mSv/Jahr]	kollektiv [Mensch.mSv/Jahr]	Kollektiv [Mensch.mSv/Jahr]
Ausgangssituation (2012-2014)	3 227	0,31	1 014	353
2015	3 544	0,34	1 219	602
2016	3 582	0,26	916	473
2017	3 594	0,42	1 493	784
2018	3 961	0,45	1 789	1 347

Da bei den LTO-Maßnahmen verstärkt Arbeiten im Reaktorgebäude stattfinden, werden über 400 weitere beruflich exponierte Arbeiter für diese Arbeiten benötigt. Infolgedessen ist die Kollektivdosis aller beruflich exponierten Arbeiter erwartungsgemäß höher als in der Ausgangssituation.

Die mittlere effektive Dosis der Mitarbeiter des KKW ist dennoch etwa um den Faktor 6 kleiner als die von UNSCEAR veröffentlichte mittlere effektive Dosis für Mitarbeiter im nuklearen Bereich (1,8 mSv/Jahr) [UNSCEAR, 2000] (Tabelle 3-6).

Für die nicht beruflich exponierten internen und externen Mitarbeiter können wie im vorigen Absatz die sogenannten Zeugenmonitore eingesetzt werden, die sich an repräsentativen Stellen innerhalb des KKW-Geländes, jedoch außerhalb der radiologischen Zonen befinden. Dies ergibt einen Durchschnittswert von 0,61 mSv/Jahr über den Zeitraum 2015-2018 [ENGIE, 2020], der mit der Ausgangssituation vergleichbar ist. Die höchste gemessene Dosis von 0,61 mSv pro Jahr ist im Vergleich zur Ausgangssituation leicht

zurückgegangen. Daraus kann gefolgert werden, dass die Bautätigkeiten keinen Einfluss auf die Dosis der nicht beruflich exponierten Arbeiter haben.

Aus diesen Werten ergibt sich, dass die LTO-Baumaßnahmen zu einer leichten Erhöhung der Kollektivdosis für beruflich exponierte Arbeiter führen. Da die Einzeldosen deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert liegen, lässt sich sagen, dass diese Phase keine signifikanten negativen Auswirkungen hat. Für nicht beruflich exponierte Mitarbeiter hat diese Phase ebenfalls keine signifikanten negativen Auswirkungen.

3.4.2.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Nach der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 werden die Blöcke (KKW-1 und KKW-2) weiter betrieben. Auch während dieses regulären Betriebs (2019-2025) werden Arbeiten während der Überholungen stattfinden, wobei die Mitarbeiter ionisierender Strahlung ausgesetzt sind. Trotz der Tatsache, dass das Ausmaß dieser Exposition stark von der Art der Arbeiten in den Reaktorgebäuden abhängt, wird erwartet, dass die jährliche Kollektivdosis der jährlichen Kollektivdosis während der Ausgangssituation - Situation (2012-2014) ähnelt. Es wird angenommen, dass die jährliche Kollektivdosis während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019 - 2025) gegenüber der der Ausgangssituation unverändert bleibt (siehe grüne Linie in Abbildung 3-18).

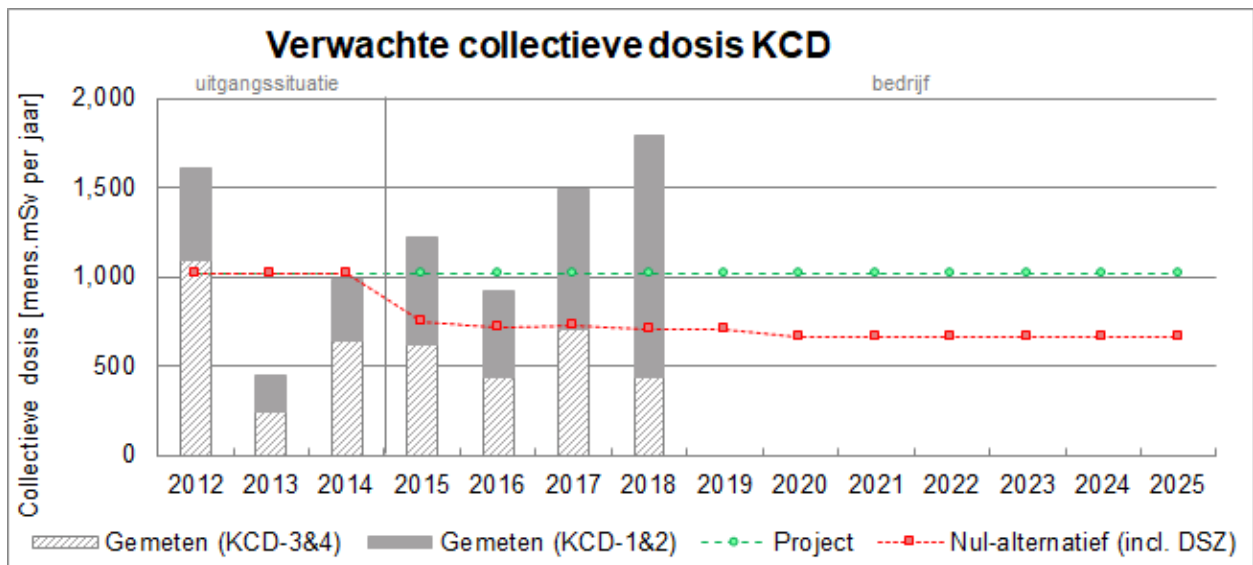


Abbildung 3-18 Erwartete Kollektivdosis für beruflich exponierte KKW-Mitarbeiter, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante. Die vertikalen Balken zeigen die tatsächlich gemessene Kollektivdosis, sofern verfügbar.

In der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019 - 2025) werden keine Auswirkungen für die nicht beruflich exponierten Mitarbeiter erwartet, wie bereits während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 bestätigt.

Basierend auf diesen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass dieses Projekt keine signifikante Auswirkung auf die Exposition des Personals hat, was sowohl für die beruflich exponierten als auch für die beruflich nicht exponierten Mitarbeiter gilt.

3.4.2.3.3 Null-Variante

Wenn keine Laufzeitverlängerung erfolgt, werden sowohl KKW-1 als auch KKW-2 im Jahr 2015 endgültig abgeschaltet. In diesem Fall sind die Mitarbeiter keiner ionisierenden Strahlung infolge der Energieerzeugung von KKW-1 und KKW-2 ausgesetzt. Die Jahreskollektivdosis für beruflich strahlenexponierte Mitarbeiter ergibt sich in diesem Fall nur aus dem Betrieb von KKW-3 und KKW-4 und den DSL-Arbeiten an KKW-1 und KKW-2. Dank der radiologischen Abschirmung von KKW-1 und KKW-2 wird die Stilllegung dieser Blöcke nur geringe Auswirkungen auf die Jahresdosis der nicht beruflich exponierten Mitarbeiter haben. In Abbildung 3-18 die Direktstrahlung während der DSL-Phase bei der Null-Variante hinzugefügt.

Endgültige Stilllegung des KKW-1 und KKW-2

Nach der Abschaltung von KKW-1 und KKW-2 müssen die Reaktorkerne und das Brennstoffbecken noch gekühlt werden, um die Nachzerfallswärme abzuführen. Es müssen weiterhin noch Wartungs- und Inspektionsarbeiten durchgeführt werden. Die Dauer der definitiven Stilllegung (DSL) ist beim Projekt und der Null-Variante dieselbe. Im Fall des Projekts beginnt die DSL 10 Jahre später. Daher bleibt die jährliche Kollektivdosis während der DSL-Phase bei beiden Szenarien konstant.

Electrabel hat eine Schätzung der Strahlenbelastung für beruflich exponierte Mitarbeiter während der vier DSL-Phasen vorgenommen. Diese Schätzung lagen die Werte der DSL-Arbeiten in deutschen Kernkraftwerken während der letzten zehn Jahre zugrunde. Electrabel geht davon aus, dass die Strahlenbelastung der beruflich exponierten Mitarbeiter vergleichbar mit der in diesen deutschen Kernkraftwerken ist. Basierend auf dieser Schätzung wurde die erwartete Kollektivdosis während der DSL für KKW-1 und KKW-2 berechnet und ist in Abbildung 3-19 dargestellt. Es wurde der folgende Zeitplan verwendet (siehe Abschnitt 1.1.3 für die in den verschiedenen Phasen durchgeführten Arbeiten):

- DSL-Phase 1 findet im ersten Jahr der DSL statt.
- DSL-Phase 2 findet daraufhin im ersten Jahr des DSL-Zeitraums statt.
- DSL Phase 3 läuft über das zweite, dritte und vierte Jahr der DSL.
- DSL-Phase 4 findet im fünften Jahr der DSL statt.

Es ist zu beachten, dass die Dosisbelastung für beruflich strahlenexponierte Arbeitnehmer von der zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgeführten Arbeit abhängt. Die Planung für KKW-1 und KKW-2 kann daher etwas von der Planung der betrachteten deutschen KKW's abweichen, da nicht alle ähnlichen Arbeiten zur gleichen Zeit durchgeführt werden. Dadurch kann insbesondere in der DSL-Phase 3 der Trend der abnehmenden Strahlenbelastung etwas schwanken.

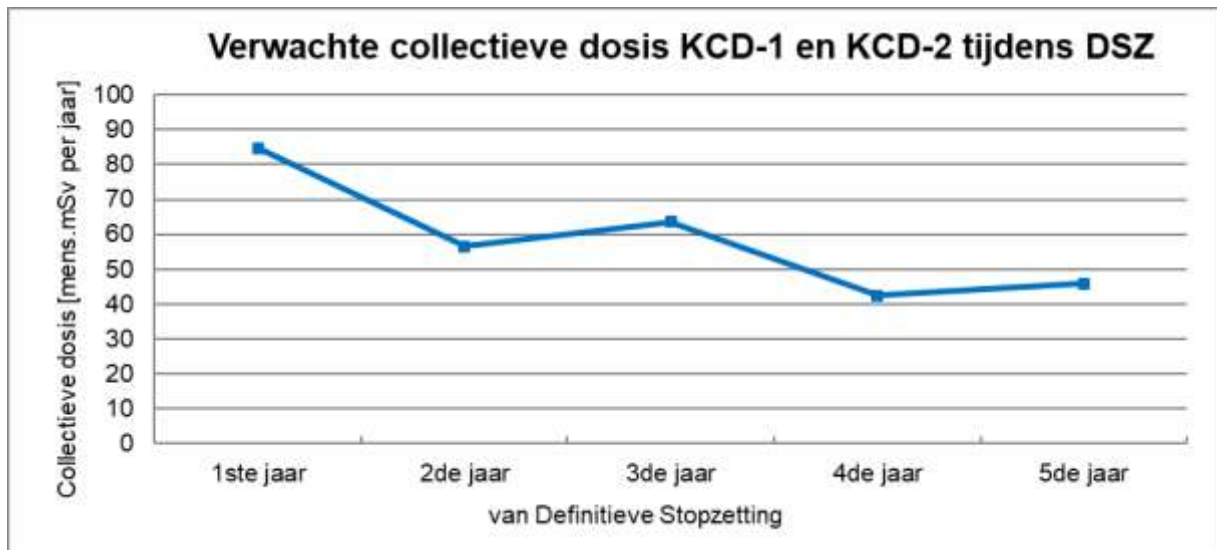


Abbildung 3-19 Erwartete Kollektivdosis für beruflich strahlenexponierte Arbeiter aufgrund der Arbeiten an KKW-1 und KKW-2 während der DSL.

Aufgrund der radiologischen Abschirmung von KKW-1 und KKW-2 wird die Stilllegung dieser Blöcke nur geringe Auswirkungen auf die Jahresdosis der nicht beruflich exponierten Mitarbeiter haben.

3.4.2.4 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Die belgische Gesetzgebung gilt für alle Arbeitnehmer, unabhängig von ihrem Wohnort. Damit entfallen grenzüberschreitende Auswirkungen.

3.4.2.5 Monitoring

In der ARBIS ist gesetzlich geregelt, welches Mindestmonitoring der Arbeitgeber zu gewährleisten hat. Dies wird von der FANK überwacht. Die Personendosimetrie wird von einem unabhängigen, von der FANK anerkannten Institut durchgeführt. Zeugenmonitore überwachen auch die Exposition von nicht-exponiertem Personal.

3.4.2.6 Reduzierungsmaßnahmen

Die Bestimmungen bezüglich der Strahlenbelastung sind für KKW-1 und KKW-2 so ausgelegt, dass die geltenden Kriterien bei Weitem erfüllt werden. Daher sind keine zusätzlichen Reduzierungsmaßnahmen erforderlich.

3.4.2.7 Wissenslücken

Die vorliegenden Kenntnisse reichen aus, um die Auswirkungen der durch das Projekt verursachten Strahlenbelastung zu bestimmen. Es gibt keine Wissenslücken, die eine sachgemäße Folgenabschätzung verhindern.

3.4.2.8 Schlussfolgerungen

Infolge des Projekts (Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2) wird die Exposition der Mitarbeiter für weitere 10 Jahre bestehen bleiben. Electrabel hat seinen internen Grenzwert im Vergleich zum gesetzlichen Grenzwert halbiert, so dass im Prinzip kein beruflich exponierter Mitarbeiter den gesetzlichen Jahresgrenzwert überschreitet. Aufgrund der radiologischen Abschirmung aller Blöcke, der WAA und des BCG wird es keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Projekt und der Null-

Variante in Bezug auf die Jahresdosis (1 mSv pro Jahr [ARBIS, Abschnitt 20.1.4]) von nicht beruflich exponierten Mitarbeitern geben. Es kann gefolgert werden, dass dieses Projekt keine signifikanten Auswirkungen auf das Personal in Bezug auf die aufgenommene Dosis hat.

Die belgische Gesetzgebung gilt für alle Arbeitnehmer, unabhängig von ihrem Wohnort. Damit entfallen grenzüberschreitende Auswirkungen.

3.4.3 Radioaktive gasförmige Ableitungen

Während des Betriebs des KKW gelangen verschiedene Radionuklide in die Gasphase. Praktisch alle in der Gasphase auftretenden Radionuklide stammen aus dem primären Kühlkreislauf; dies sind hauptsächlich gasförmige Spaltprodukte (u. a. ^{85}Kr , ^{133}Xe und ^{131}I), Tritium (^3H), Kohlenstoff-14 (^{14}C) und in begrenztem Umfang Aerosole, die sowohl Aktivierungs- als auch Spaltprodukte enthalten (einschließlich ^{60}Co und ^{137}Cs).

Die in der Gasphase vorhandenen Radionuklide werden im speziellen Kreislauf *Gaseous Waste* (GW) erfasst. Die Gase werden durch einen Aktivkohlefilter und einen Absolutfilter in einen Tank geleitet, bis ein voreingestelltes Volumen erreicht wird, woraufhin der Tank verschlossen und in den Abklingmodus versetzt wird. Während dieses Zeitraums können alle kurzlebigen Radionuklide zerfallen, so dass die Aktivität der potenziellen Ableitung stark reduziert wird. Nach dem Zerfall wird die Restaktivität in den Gasen gemessen. Anschließend werden die Gase je nach Restaktivität über Jod- und Aerosolfilter kontrolliert und unter Einhaltung der Ableitungsgrenzwerte an die Umgebung abgegeben. Bei diesem Verfahren werden die Gase durch verschiedene Filter (u. a. HEPA- und Aktivkohlefilter) geleitet, um die abgegebene Aktivität zu minimieren [Tractebel, 2010]. Vor allem aber werden Aerosole und Jod von den Filtern aufgefangen. Die Filterwirkung von Edelgasen, Tritium (^3H) und Kohlenstoff-14 (^{14}C) ist aufgrund der Eigenschaften dieser Elemente sehr gering.

Gasförmige Radionuklide können auch innerhalb der radiologischen Bereiche durch Leckagen oder Entlüftung von Prozesssystemen, die Primärkühlwasser enthalten, freigesetzt werden. Um unerwünschte Ableitungen dieser freigesetzten Radionuklide in die Umwelt zu verhindern, herrscht in allen radiologischen Bereichen gegenüber der Außenluft Unterdruck, so dass die Strömung stets in Richtung der potentiell kontaminierten Zone verläuft. Dadurch gelangen die unerwartet freigesetzten Radionuklide auch in die Lüftungsanlagen der Gebäude, aus denen sie herausgefiltert und schließlich über den Lüftungsschacht abgeleitet werden.

Nahezu unmittelbar nach ihrer Ableitung durch den Lüftungsschacht werden die Radionuklide je nach Windrichtung und -stärke dispergiert, wodurch die Aktivitätskonzentration stark verdünnt wird. Je nach ihren chemischen Eigenschaften können sich die abgeleiteten Radionuklide unterschiedlich verhalten und in die Umwelt gelangen; so werden z. B. Aerosole hauptsächlich ausfallen, eventuell verstärkt durch Regen, während Edelgase weiter dispergieren. Zu diesem Zweck wird der Lüftungsdurchsatz des Schachts genau überwacht, um eine effektive Dispersion zu gewährleisten.

Das bedeutet, dass atmosphärische Ableitungen zur effektiven Folgedosis für den Menschen sowie für Flora und Fauna beitragen können. Um die Auswirkungen der atmosphärischen Ableitungen auf die Umwelt zu bestimmen, müssen sowohl die gesamte abgeleitete Aktivität als auch die rechnerische

effektive Folgedosis untersucht werden, wobei die unterschiedlichen radiologischen Auswirkungen der abgeleiteten Radionuklide zu berücksichtigen sind (z. B. Unterscheidung zwischen Gamma- und Alpha-emittierenden Radionukliden).

3.4.3.1 Methodologie

Nach der Abklinglagerung werden die Gase über den Lüftungsschacht abgeleitet. Die Aktivitätskonzentration wird vor der Ableitung überwacht. Bei Überschreiten einer vorgegebenen Aktivitätsgrenze wird die Ableitung automatisch unterbrochen. Die gemessenen Aktivitätswerte werden ebenfalls aufgezeichnet, um nachzuweisen, dass die Blöcke die vorgegebenen in Tabelle 3-9 dargestellten Grenzwerte einhalten [Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a] [Electrabel, 2015b][Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a]. Da der Großteil der gasförmigen Aktivität direkt aus den Blöcken abgeleitet wird, gibt es sowohl für den gesamten Standort (KKW-1, KKW-2, KKW-3, KKW-4 und die WAA) als auch für die verschiedenen Blöcke (KKW-1 und KKW-2 werden global betrachtet) einen Grenzwert. Tritium (³H; gasförmig) wird hauptsächlich aus dem Gebäude für Wasser- und Abfallaufbereitung (WAB-Gebäude) abgeleitet, daher ist ³H nur für den gesamten Standort genehmigt.

Tabelle 3-9 Zulässige Aktivitäten für Ableitungen von Gasen aus dem KKW

Nuklide	Ableitungsgrenzwert KKW-1 und KKW-2 pro 12 Monate	Ableitungsgenehmigung KKW pro 12 Monate
Edelgase	1 480 TBq ¹³³ Xe _{eq}	2960 TBq ¹³³ Xe _{eq}
Jod-131 (¹³¹ I)	7,4 GBq	14,8 GBq
Aerosole	74 GBq ¹⁰	148 GBq
Tritium (³ H)	-	88,8 TBq

Um die abgeleitete Aktivität anhand des Grenzwerts zu prüfen, muss die Aktivität der abgeleiteten Edelgase auf ¹³³Xe normiert werden:

$$^{133}\text{Xe}_{\text{eq}} = R(^{133}\text{Xe}) + \sum \left(\frac{\gamma_{\text{edelgas}}}{\gamma_{^{133}\text{Xe}}} \right) \cdot R(\text{edelgas})$$

Dabei ist R die Aktivitätskonzentration und γ der Dosiskonversionsfaktor der verschiedenen Radionuklide. Die Daten für gasförmige Ableitungen stammen aus den Jahresberichten von Electrabel.

Für die atmosphärische Ausbreitungsrechnung wird ein bi-gaußsches Dispersionsmodell verwendet. Dabei wird die Ausbreitung und Verdünnung von Radionukliden von einem Emissionspunkt aus anhand verschiedener Dispersionskoeffizienten berechnet. Die für die Berechnung verwendeten Koeffizienten wurden aus experimentellen Untersuchungen der atmosphärischen Bedingungen in den Jahren 1968, 1969 und 1971 ermittelt [Tractebel, 2010].

Neben der Dispersion mit anschließender Inhalation von Radionukliden und direkter Strahlung können sich die Radionuklide auch am Boden ablagern und zur direkten Strahlung sowie zur Aufnahme über kontaminierte Lebensmittel beitragen. Die Deposition auf dem Boden wurde bei trockenem Wetter und

¹⁰ TBq bedeutet TeraBequel; GBq bedeutet GigaBequel.

1 Tbq = 1000 GBq = 10⁹ Bq

bei Niederschlag untersucht. Für die trockene Deposition wurde für jeden Block eine Depositionsquote experimentell ermittelt. Für die Deposition durch Niederschlag wird eine Abschwemmungsrate für den gesamten Standort ermittelt und eine Korrektur für die Windgeschwindigkeit angewendet [Tractebel, 2010].

Zur Bestimmung der Auswirkungen der abgeleiteten Radionuklide wird die effektive Folgedosis (gesamte aufgenommene Dosis über einen Zeitraum von 50 Jahren aus einer einzigen Ingestion) jährlich aus den gemessenen Ableitungen unter Verwendung von atmosphärischen Ausbreitungs- und Aufnahmemodellen auf der Grundlage der Berechnungsmethode der *United States Nuclear Regulatory Commission* [NRC, 1977] berechnet. Hierbei wird der Dosisbeitrag zu folgenden Szenarien ermittelt:

- Direkte Exposition gegenüber einer Wolke von Edelgasen und
- Kontamination durch Ableitungen von Jod, Aerosolen, gasförmigem Tritium und ^{14}C durch:
 - Einatmen von Luft
 - Exposition des Körpers gegenüber Ablagerungen am Boden und
 - Exposition durch Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln (Milch, Fleisch und pflanzliche Lebensmittel).

Die Dosis wird für sechs verschiedene Alterskategorien (<1 Jahr, 1-2 Jahre, 2-7 Jahre, 7-12 Jahre, 12-17 Jahre und >17 Jahre) berechnet, wie von der *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) [ICRP, 1995] veröffentlicht, basierend auf typischen Verbrauchswerten, die aus dem *NRC Regulatory Guide 1.109* [NRC, 1977] abgeleitet sind. Diese Methodik wurde von der FANK dem belgischen Kontext angepasst und in *Méthodes et hypothèses relatives au calcul de doses à la population dues aux rejets de routine pour les établissements nucléaires de classe I en Belgique* [FANK, 2013a] dokumentiert.

Die rechnerische Dosis wird jährlich anhand der Grenzwerte für die verschiedenen Alterskategorien (Tabelle 3-10) geprüft, die durch eine ähnliche Berechnung mit den genehmigten Ableitungsgrenzwerten des KKW ermittelt wurden [Tractebel, 2014a].

Tabelle 3-10 Effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen des KKW bezogen auf Ableitungsgrenzwerte.

	Effektive Folgedosis aus genehmigten Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
Gasförmige Ableitungen	0,13	0,17	0,14	0,12	0,13	0,12

Zusätzlich zum direkten Vergleich der gasförmigen Ableitungen wird die effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen mit der effektiven Folgedosis durch flüssige Ableitungen (Abschnitt 3.4.4) und der effektiven Dosis durch Direktstrahlung (Abschnitt 3.4.1) kombiniert. Diese Gesamtdosis für eine Person der Bevölkerung durch den Betrieb des KKW wird dann anhand des Dosisgrenzwerts von 1 mSv pro Jahr gemäß ARBIS [ARBIS] geprüft. Der letztgenannte Vergleich wird für die Gesamtdosis beschrieben (Abschnitt 3.4.8).

Um eine anormale radioaktive Kontamination der Nahrungskette festzustellen, werden im Auftrag von Electrabel jährlich Moos-, Gras- und Bodenproben genommen und in einem Labor für Strahlenanalyse

auf das Vorhandensein von Radionukliden untersucht, wobei sowohl die γ -Spektrometrie als auch spezielle Methoden zum Nachweis von ^3H und ^{14}C eingesetzt werden. Zu jedem Material (Moos, Gras und Boden) werden an zwei Stellen um das KKW Proben genommen, für die die höchste Deposition zu erwarten ist. Zusätzlich wird eine Vergleichsprobe in einer Entfernung von 20 km zum KKW in der am wenigsten auftretenden Windrichtung genommen (Abbildung 3-20).



Abbildung 3-20 Lokalisierung der Proben von Gras, Moos und Boden. In Belgien kommt der Wind hauptsächlich aus Südwest¹¹.

3.4.3.2 Ausgangssituation

Die jährlich gemessene Aktivität, die in die Atmosphäre abgeleitet wurde, ist in Tabelle 3-11 dargestellt [Electrabel, 2013][Electrabel, 2014][Electrabel, 2015a]. Die abgeleiteten Aktivitäten werden sowohl für den gesamten Standort (KKW-1, KKW-2, KKW-3, KKW-4 und WAB) als auch lediglich für KKW-1 und KKW-2 dargestellt. Der größte Teil der gasförmigen Aktivität wird direkt aus den verschiedenen Blöcken abgeleitet, nur ein Bruchteil der abgeleiteten Aktivität stammt aus dem WAA-Gebäude, von dem angenommen werden kann, dass 50 % dem Betrieb von KKW-1 und KKW-2 zuzuschreiben sind [Tractebel, 2019c]. Die gesamte abgeleitete Aktivität ($A_{\text{KKW1\&2}}$) wird berechnet, indem die direkt aus den beiden Blöcken abgeleitete Aktivität (A_{KKW1} und A_{KKW2}) mit 50 % der gesamten aus der WAA abgeleiteten Aktivität (A_{WAA}) addiert wird:

$$A_{\text{KCD1\&2}} = A_{\text{KCD1}} + A_{\text{KCD2}} + \frac{2}{4} \cdot A_{\text{WAB}}$$

¹¹ <https://www.meteo.be/nl/unpublish/algemeen-klimaat-belgie/parameters> (Besuch: 16. Januar 2020)

Die gesamte abgeleitete Aktivität sowohl vom gesamten Standort (KKW-1, KKW-2, KKW-3, KKW-4 und WAA) als auch die rechnerische abgeleitete Aktivität von KKW-1 und KKW-2 sind in Tabelle 3-11 dargestellt.

Tabelle 3-11 In die Atmosphäre abgeleitete Aktivität von Aerosolen, Jod-131, Edelgasen und Tritium über die Jahre 2012-2014

Jahr	Aerosole [GBq]		Jod-131[GBq]		Edelgase [TBq]		Tritium [TBq]	
	KKW-1&2	KKW	KKW-1&2	KKW	KKW-1&2	KKW	KKW-1&2	KKW
2012	0,0585	0,0844	0,0174	0,0362	24,8	35,8	2,62	3,25
2013	0,0604	0,0841	0,0110	0,0320	18,7	29,2	1,58	2,39
2014	0,0598	0,0887	0,0190	0,0317	19,9	30,1	1,79	2,65
Ableitungsgrenzwert	74	148	7,4	14,8	1 480	2 960	-	88,8

Der größte Teil der abgeleiteten Aktivität stammt von Edelgasen (einschließlich verschiedener Xenon- und Krypton-Isotope), gefolgt von Tritium (^3H). Dennoch liegen alle abgeleiteten Aktivitäten, einschließlich Jod-131 und Aerosole, deutlich unter den zulässigen Ableitungsgrenzwerten. Die Daten zeigen jedoch eine leichte Abweichung zwischen den verschiedenen Jahren, die durch diverse Faktoren wie Produktionszeit und Arbeiten verursacht wird.

Basierend auf den Ableitungswerten wurde die effektive Folgedosis für sechs verschiedene Altersgruppen berechnet. Die Ergebnisse für die Jahresdosis sind in Tabelle 3-12 zusammengefasst [Tractebel, 2014][Tractebel, 2014a][Tractebel, 2015a]. Die Berechnungen zeigen, dass die effektive Folgedosis auch deutlich unter der effektiven Folgedosis auf Basis der zulässigen Ableitungsgrenzwerte liegt. Da die effektive Folgedosis aus der abgeleiteten Aktivität berechnet wird, zeigt sie eine ähnliche Verteilung.

Tabelle 3-12 Zusammenfassung der jährlichen effektiven Folgedosis nach Altersklassen über die Jahre 2012-2014 aufgrund atmosphärischer Ableitungen des KKW gegenüber der effektiven Folgedosis basierend auf den genehmigten Ableitungsgrenzwerten

Alterskategorie	Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2012	0,0060	0,020	0,013	0,011	0,0099	0,0098
2013	0,0056	0,019	0,012	0,010	0,0097	0,0094
2014	0,0058	0,019	0,013	0,010	0,0099	0,0094
Basierend auf genehmigten Grenzwerten	0,13	0,17	0,14	0,12	0,13	0,12

Bei allen Altersgruppen leistet Kohlenstoff-14 (^{14}C) den weitaus größten Beitrag zur effektiven Folgedosis, wie in Abbildung 3-21 grafisch dargestellt. Die abgeleitete Kohlenstoff-14-Aktivität wird jedoch aufgrund fehlender Messdaten beim KKW anhand von Fachliteratur zu ähnlichen Anlagen geschätzt [Schwibach, 1978]. Dies wurde mit der FANK [Electrabel, 1981] vereinbart. Sowohl Aerosole als auch Jod-131 leisten einen sehr geringen ($\leq 1\%$) Beitrag zur effektiven Folgedosis.

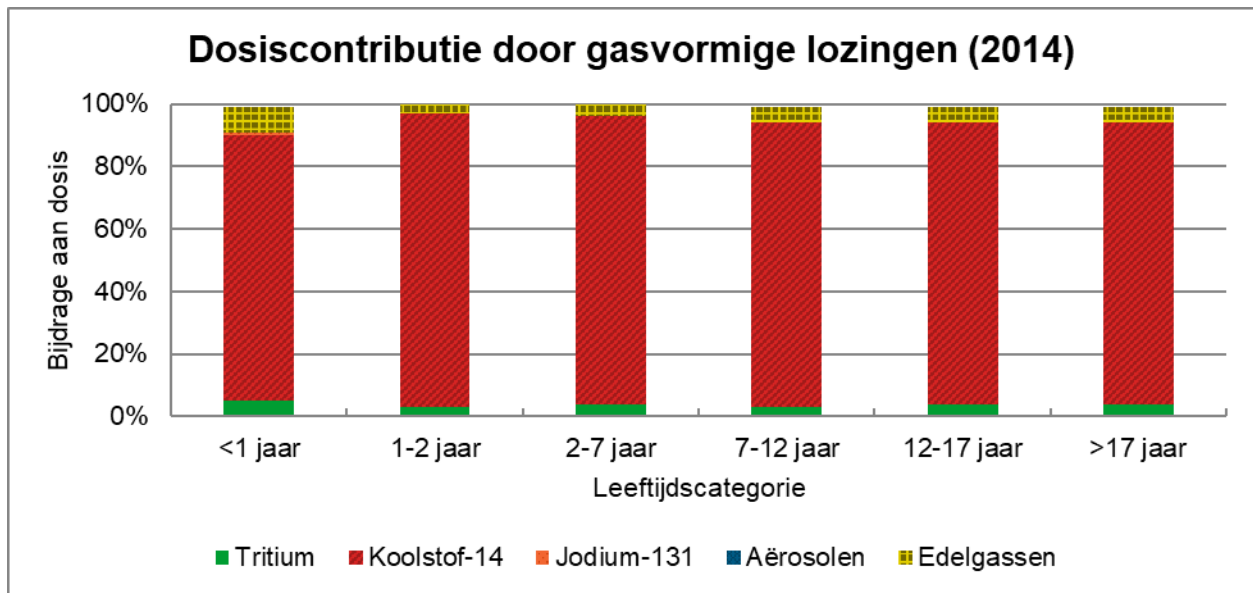


Abbildung 3-21 Beitrag verschiedener Radionuklidarten zur effektiven Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen im Jahr 2014.

Basierend auf dem internen Monitoring von Electrabel mithilfe von SCK•CEN wurden abgesehen von ^{14}C und ^{137}Cs keine Radionuklide in signifikant messbaren Konzentrationen gefunden. Die gemessenen Aktivitätskonzentrationen von ^{137}Cs in den verschiedenen in der Umgebung von KKW entnommenen Proben sind in Tabelle 3-13 dargestellt. Die verschiedenen Proben zeigen alle eine signifikant messbare ^{137}Cs -Aktivität, sowohl um das KKW als auch in der Referenzprobe. Die Referenzprobe wird etwa 20 km vom KKW entfernt in der seltensten Windrichtung genommen. Obwohl ^{137}Cs infolge oberirdischer Kernwaffenexplosionen und des Tschernobyl-Unfalls fast überall anzutreffen ist [FANK, 2018], wurde in einer der Proben um das KKW sowohl im Moos als auch im Boden eine deutlich erhöhte Aktivität im Vergleich zur Referenzprobe gefunden. Dennoch, basierend auf dem internem Überwachungsprogramm von Electrabel, sind die gemessenen Radionuklidkonzentrationen der Proben sehr niedrig und bestätigen, dass die radiologischen Flüssigkeiten und atmosphärischen Ableitungen des KKW keine signifikanten messbaren Auswirkungen auf die menschliche Bevölkerung haben (siehe auch Abschnitt 3.4.3.5).

Jüngste Studien, die von der IAEA im Rahmen des MODARIA II-Programms durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass, wenn regelmäßige Ableitungen eine vernachlässigbare radiologische Auswirkung auf den Menschen haben, dies impliziert, dass es ebenfalls keine schädlichen Auswirkungen auf Flora und Fauna gibt [Tractebel, 2020c]. Eine weitergehende Betrachtung der Auswirkungen auf Flora und Fauna erbringt daher im Rahmen des Projekts und der Null-Variante keinen zusätzlichen Nutzen. Die Ergebnisse des radiologischen Überwachungsprogramms, bei dem mehrere Flora- und Faunaproben analysiert wurden, bestätigen, dass das Kernkraftwerk Doel keine messbaren radiologischen Auswirkungen auf die Atmosphäre hat (siehe Abschnitt 3.4.4.5).

Die Aktivitätskonzentration von ^{14}C in Moos und Gras um das KKW entspricht der Konzentration in der Referenzprobe sowie der durchschnittlichen natürlichen Aktivitätskonzentration von ^{14}C in lebenden Organismen (0,227 Bq/g) [Chopin, 2013]. In den Bodenproben wurde keine signifikant messbare ^{14}C -Aktivität gefunden.

Tabelle 3-13 Aktivitätskonzentration von ^{137}Cs in Proben aus der Umgebung des KKW (2014)

	Moss [Bq/kg]	Gras [Bq/kg]	Erdreich [Bq/kg]
Probe-1	3,41 ± 0,54	< 1,2	7,4 ± 1,0
Probe-2	1,31 ± 0,38	< 1,8	1,73 ± 0,36
Referenzprobe	0,29 ± 0,23	< 1,0	0,97 ± 0,33

3.4.3.3 Folgenabschätzung

Die potenziellen Auswirkungen der gasförmigen Ableitungen auf die Umwelt werden für beide zu behandelnden Szenarien bewertet:

- Durchführung des Projekts
Diese ist in zwei Phasen unterteilt, die jeweils in einem eigenen Abschnitt behandelt werden:
 - Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018: LTO-Baumaßnahmen. Diese werden hauptsächlich bei Überholungsarbeiten durchgeführt. Electrabel betreibt in dieser Zeit sowohl das KKW-1 als auch das KKW-2.
 - Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025): Der reguläre Betrieb nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen
- Null-Variante: Das Projekt wird nicht realisiert und der Betrieb von KKW-1 und KKW-2 wird 2015 eingestellt.

Die Auswirkungen der Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 basieren auf den in der Ausgangssituation (2012-2014) erfassten Daten und werden für den Zeitraum 2015-2025 ermittelt. Wo immer möglich, wurden verfügbare Daten verwendet, um die erwarteten Auswirkungen anhand der realen Daten von 2015-2018 zu überprüfen. Bei der Bewertung des Projekts und der Null-Variante wird davon ausgegangen, dass die Umweltauswirkungen von KKW-3, KKW-4 und der WAA bis 2025 die gleichen bleiben wie bei der Ausgangssituation. Dies ist eine konservative Annahme¹².

3.4.3.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Im Zeitraum 2015-2018 werden die LTO-Maßnahmen umgesetzt. Dieser Zeitraum wird in diesem Projekt als „Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018“ bezeichnet. In dieser Phase werden nicht nur die LTO-Maßnahmen umgesetzt, sondern die Blöcke werden auch ähnlich wie in der Ausgangssituation betrieben.

Je nach Art der Arbeiten können die LTO-Maßnahmen während des regulären Betriebs oder einer Überholung durchgeführt werden. Insbesondere die technischen LTO-Maßnahmen können nur während einer Überholung durchgeführt werden, um die Sicherheit der Anlage und der Mitarbeiter zu gewährleisten.

¹² Weitere Erläuterungen zu dieser Annahme finden sich in Abschnitt 1.1.3

Obwohl viele Arbeiten zusätzlich zum regulären Betrieb durchgeführt werden, wird erwartet, dass die Ableitungen radioaktiver Gase während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 ähnlich der in der Ausgangssituation sein werden.

Aufgrund des Zeitpunkts dieser Studie sind die radioaktiven gasförmigen Ableitungen während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 bereits bekannt. Während dieser Zeit werden Gase auf Basis der Restaktivität über Jod- und Aerosolfilter entsprechend der aktuellen Genehmigung kontrolliert in die Umwelt abgegeben. Die in die Atmosphäre abgegebene Aktivität in den Jahren 2015-2018 ist in Tabelle 3-14 aufgeführt.

Tabelle 3-14 In die Atmosphäre abgeleitete Aktivität von Aerosolen, Jod-131, Edelgasen und Tritium über die Jahre 2015-2018

Jahr	Aerosole [GBq] ¹⁰		Jod-131[GBq]		Edelgase [TBq]		Tritium [TBq]	
	KKW-1&2	KKW	KKW-1&2	KKW	KKW-1&2	KKW	KKW-1&2	KKW
Ausgangssituation (2012-2014)	0,0596	0,0857	0,0158	0,0333	21,2	31,7	2,00	2,76
2015	0,0668	0,0928	0,0324	0,0568	46,3	56,3	2,46	3,31
2016	0,0620	0,0841	0,0141	0,0265	37,9	48,2	3,57	4,45
2017	0,0447	0,0592	0,0037	0,0063	17,6	27,4	1,32	2,17
2018	0,0299	0,0412	0,0202	0,0231	45,5	55,1	2,69	3,64
Ableitungsgrenzwert	74	148	7,4	14,8	1480	2960	-	88,8

Besonders im Jahr 2015 wurde ein Anstieg der insgesamt abgeleiteten Aktivität von Edelgasen aus KKW-1 und KKW-2 beobachtet. Dieser Anstieg der gemeldeten Edelgasaktivität im Jahr 2015 ist auf zusätzliche Aktivitäten während der längeren Abschaltung von KKW-1 zurückzuführen. Der Anstieg der Jod-Ableitungen im Jahr 2015 kann auf eine größere Anzahl von durchgeführten Filtertests zurückgeführt werden [Electrabel, 2016]. Der Anstieg der abgeleiteten Tritiumaktivität im Jahr 2016 ist auf eine fehlerhafte Probenahme zurückzuführen, die dazu führte, dass ein konservativer (stark überschätzter) Wert gemeldet wurde [Electrabel, 2017]. Trotz der Zunahmen liegt die abgeleitete Aktivität jedes Jahr deutlich unter dem Genehmigungsgrenzwert. Die anderen abgeleiteten Aktivitäten liegen auf dem gleichen Niveau wie die Ausgangssituation, während die abgeleitete Aktivität im Jahr 2018 deutlich unter der Ausgangssituation liegt.

Basierend auf den Ableitungswerten wurde die effektive Folgedosis für sechs verschiedene Altersgruppen berechnet. Die Ergebnisse für atmosphärische Ableitungen sind in Tabelle 3-15 zusammengefasst [Tractebel, 2019a] [Tractebel, 2017] [Tractebel, 2018] [Tractebel, 2019]. Die Berechnungen zeigen, dass die effektive Folgedosis auch deutlich unter dem zulässigen Grenzwert liegt. Da die effektive Folgedosis anhand der abgeleiteten Aktivität berechnet wird, zeigt sie eine ähnliche Streuung. Da der größte Beitrag zur effektiven Folgedosis die Ableitung von ¹⁴C ist und Edelgase etwa 10 % hierzu beitragen (Abbildung 3-21), ist die Auswirkung der erhöhten Ableitung von Edelgasen im Jahr 2015 auf die effektive Folgedosis vernachlässigbar.

Tabelle 3-15 Zusammenfassung der jährlichen effektiven Folgedosis nach Altersklassen über die Jahre 2015-2018 aufgrund gasförmiger Ableitungen des KKW gegenüber der effektiven Folgedosis basierend auf den zulässigen Ableitungsgrenzwerten

Alterskategorie	Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2015	0,0064	0,020	0,013	0,011	0,010	0,0099
2016	0,0063	0,020	0,013	0,011	0,010	0,010
2017	0,0057	0,019	0,013	0,010	0,0097	0,0092
2018	0,0063	0,020	0,013	0,011	0,010	0,010
Basierend auf genehmigten Grenzwerten	0,13	0,17	0,14	0,12	0,13	0,12

Sowohl die abgeleitete Aktivität als auch die effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen sowohl von KKW-1 und KKW-2 als auch vom gesamten Standort während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 weichen erwartungsgemäß nicht von der Ausgangssituation (2012-2014) ab. Daher hat die Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 dieses Projekts eine vernachlässigbare Umweltauswirkung.

3.4.3.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Während des Zeitraums 2019-2025 werden das KKW-1 und KKW-2 weiter betrieben. Dieser Zeitraum wird in diesem Projekt als „Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)“ bezeichnet. Abbildung 3-22 zeigt eine grafische Darstellung der erwarteten abgeleiteten gasförmigen Emissionen des KKW, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante. Es wird erwartet, dass sich die gesamte abgeleitete gasförmige Aktivität in dieser Phase im Vergleich zur Ausgangssituation nicht ändert. Diese Erwartung basiert auf dem gemessenen Gesamtwert der abgeleiteten Edelgase, Aerosole Jod und Tritium während der Ausgangssituation (2012-2014) und den Messdaten aus dem Zeitraum 2015-2018. Die jährliche Ableitungsaktivität liegt deutlich unter dem Ableitungsgrenzwert für den gesamten Standort.

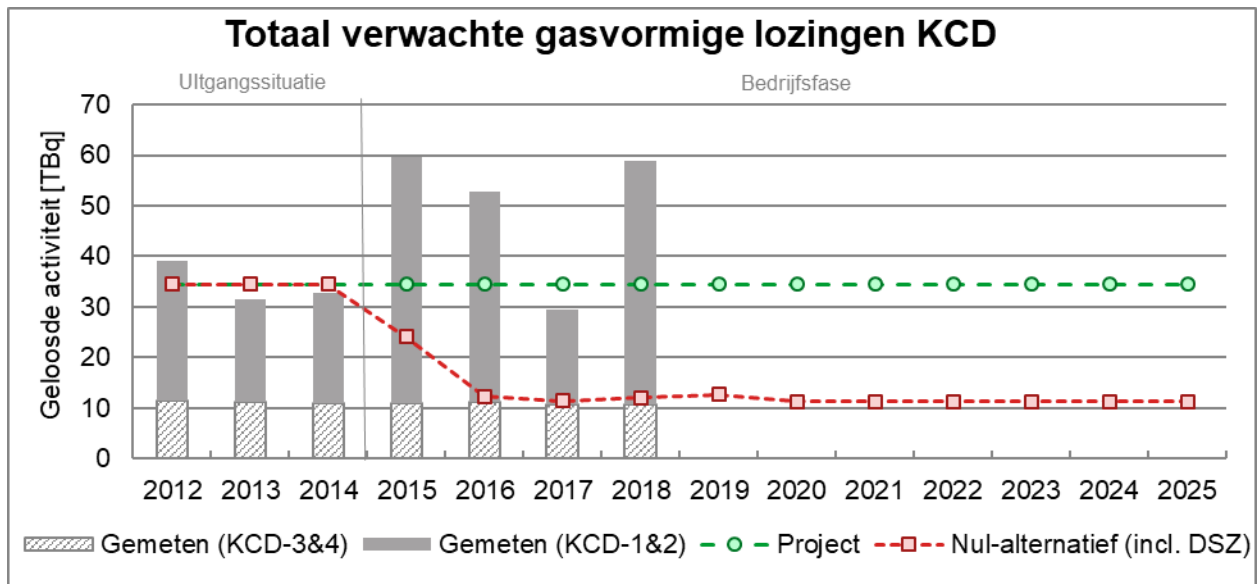


Abbildung 3-22 Erwartete gasförmige Ableitungsaktivität, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante im Verhältnis zu den verfügbaren Messergebnissen

Da die erwartete gesamte abgeleitete Jahresaktivität nach Beginn des LTO-Projekts nicht von der Ausgangssituation abweichen wird, wird auch die effektive Folgedosis durch den Betrieb des KKW nicht von der Ausgangssituation abweichen, wie in Tabelle 3-16 zusammengefasst. Diese Tabelle gibt für das Projekt (LTO) die erwartete jährliche effektive Folgedosis nach Altersgruppen als Durchschnitt über die Jahre 2012-2014 an, wie in Tabelle 3-12 aufgeführt.

Tabelle 3-16 Erwartete jährliche effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitung während des Betriebs des KKW im Rahmen des Projekts

Alterskategorie	Effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
Projekt (LTO)	0,0058	0,019	0,013	0,011	0,0098	0,0095
Basierend auf genehmigten Grenzwerten	0,13	0,17	0,14	0,12	0,13	0,12

Die effektive Folgedosis durch gasförmige Ableitungen liegt deutlich unter dem Dosisgrenzwert von 1 mSv pro Jahr, einem Wert, der international als die Dosis gilt, bei der keine signifikanten Auswirkungen eintreten [IAEA, 2014]. Die gasförmigen Ableitungen tragen zum Teil zur maximalen Gesamtdosis einer Person der Bevölkerung bei, die sich aus dem Betrieb des KKW ergibt. Die Gesamtdosis ist in Abschnitt 3.4.8 beschrieben.

Da die Menge der abgeleiteten Aktivität während des regulären Betriebs nach der Umsetzung der LTO-Maßnahmen erwartungsgemäß auf dem gleichen Niveau wie in der Ausgangssituation liegt, so dass sich auch die effektive Folgedosis für eine Person der Bevölkerung aufgrund atmosphärischer Ableitungen nicht erhöht, haben atmosphärische Ableitungen während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019 - 2025) keinen signifikanten Einfluss auf die Umwelt.

Kumulierte Auswirkungen des Projekts

Die erwartete kumulierte Dosis infolge dieses Projekts kann als Differenz zwischen der effektiven Folgedosis, die auftreten würde, wenn das Projekt nicht durchgeführt wird (und nur KKW-3 und KKW-4 betrieben werden), und der Folgedosis, die auftreten würde, wenn das Projekt durchgeführt wird (und somit KKW-1 bis KKW-4 betrieben werden), betrachtet werden.

Die erwartete kumulierte Dosis infolge dieses Projekts wird daher berechnet, indem die effektive Folgedosis für den gesamten Standort in der Null-Variante (0,0064 mSv/yr, Tabelle 3-18) von der gesamten jährlichen Dosis infolge dieses Projekts (0,0095 mSv/yr, Tabelle 3-16) subtrahiert wird. Die verbleibende Jahresdosis (0,0032 mSv/Jahr) ist die Dosis infolge des Betriebs von KKW-1 und KKW-2. Durch Multiplikation dieser Dosis mit der vorgesehenen Betriebsdauer ergibt sich die gesamte kumulierte Dosis infolge dieses Projekts (Tabelle 3-17).

Die erwartete kumulierte Dosis für einen Erwachsenen (>17 Jahre) durch den LTO von KKW-1 und KKW-2 beträgt 0,035 mSv. Obwohl die höchste effektive Folgedosis durch gasförmige Ableitungen bei Kindern im Alter von 1-2 Jahren auftritt, erstreckt sich die Laufzeitverlängerung über einen längeren Zeitraum, so dass Kinder für die Dauer des LTO-Projekts mindestens zwei oder mehr Altersklassen zuzuordnen sind. Die höchstmögliche kumulierte Dosis für Kinder beträgt 0,044 mSv (Tabelle 3-17).

Tabelle 3-17 Erwartete effektive Folgedosis aufgrund der Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 durch gasförmige Ableitungen

	Erwachsener [mSv]	Kind [mSv]
Kumulierte effektive Folgedosis infolge des Projekts	0,035	0,044

Zur Veranschaulichung: Die durchschnittliche Dosis für einen Transatlantikflug beträgt etwa 0,040 bis 0,050 mSv, dies ist vergleichbar mit dem maximalen Beitrag dieses Projekts durch gasförmige Ableitungen. Die Dosis ist auch weitaus geringer als die durchschnittliche Hintergrunddosis in Belgien (39,81 mSv pro 10 Jahre) [FANK, 2018], was den Schluss zulässt, dass die kumulierte Dosis, die aus diesem Projekt resultiert, für die am stärksten exponierte Person sehr gering ist.

Da die abgeleitete Aktivität und die effektive Folgedosis durch gasförmige Ableitungen während des regulären Betriebs nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen voraussichtlich nicht von der Ausgangssituation abweichen, dürften diese atmosphärischen Ableitungen keine signifikanten Auswirkungen auf die Umwelt haben.

3.4.3.3.3 Null-Variante

Wenn keine Laufzeitverlängerung erfolgt, werden sowohl KKW-1 als auch KKW-2 abgeschaltet. Daher wird es bei der Null-Variante keine atmosphärischen Ableitungen infolge des von KKW-1 und KKW-2 geben.

Die effektive Folgedosis durch den Betrieb des KKW, ohne KKW-1 und KKW-2, kann mit der Ausgangssituation des gesamten Standorts verglichen werden, von der der Dosisbeitrag durch KKW-1 und KKW-2 abgezogen wird. Die jährliche effektive Folgedosis aufgrund gasförmiger Ableitungen während des Betriebs nur von KKW-3 und KKW-4 ist in Tabelle 3-18 angegeben. Die Abbildung 3-22 enthält die erwarteten gasförmigen Ableitungen während der DSL als Teil der Null-Variante.

Tabelle 3-18 Erwartete jährliche effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen während des Betriebs des KKW infolge der Null-Variante (ohne DSL KKW-1 und KKW-2)

Alterskategorie	Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
Null-Variante	0,0038	0,013	0,0085	0,0070	0,0066	0,0064

Definitive Stilllegung von KKW-1 und KKW-2

Nach der Abschaltung müssen die Reaktorkerne und das Brennstoffbecken noch gekühlt werden, wobei gasförmige Ableitungen entstehen, die durch mehrere Filter abgeleitet werden. Die meisten gasförmigen Emissionen werden während der DSL-Phase 1 erwartet, u. a. aufgrund der Öffnung des Primärkreislaufs. Darüber hinaus wird eine begrenzte Anzahl von gasförmigen Entladungen während der übrigen DSL-Phasen erwartet. Alle gasförmigen Radionuklide werden im Kreislauf *Gaseous Waste* (GW) aufgefangen. Die gasförmigen Radionuklide werden in mehreren Filterstufen aufgefangen, die gefilterte Luft wird über den Lüftungsschacht abgeleitet.

In Vorbereitung auf die DSL hat Electrabel veranschlagt, wie viel gasförmige Aktivität während der DSL freigesetzt wird. Diese Schätzung wurde auf der Grundlage von DSL-Arbeiten in deutschen Kernkraftwerken in den letzten zehn Jahren vorgenommen. Electrabel geht davon aus, dass die gasförmigen Ableitungen einem ähnlichen Trend folgen wie die gasförmigen Ableitungen aus diesen deutschen Kernkraftwerken. Basierend auf dieser Schätzung wurden die gesamten erwarteten gasförmigen Ableitungen während der DSL für KKW-1 und KKW-2 berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3-23 dargestellt. Es wurde der folgende Zeitplan verwendet (siehe Abschnitt 1.1.3 für die in den verschiedenen Phasen durchgeführten Arbeiten):

- DSL-Phase 1 findet im ersten Jahr der DSL statt.
- DSL-Phase 2 findet daraufhin im ersten Jahr des DSL-Zeitraums statt.
- DSL Phase 3 läuft über das zweite, dritte und vierte Jahr der DSL.
- DSL-Phase 4 findet im fünften Jahr der DSL statt.

Es ist zu beachten, dass die Art und Menge der gasförmigen Ableitungen von den zu bestimmten Augenblicken durchgeführten Arbeiten abhängen. Die Planung für KKW-1 und KKW-2 kann sich daher etwas von der Planung der deutschen KKW unterscheiden, so dass nicht alle ähnlichen Arbeiten zur gleichen Zeit durchgeführt werden. Daher kann der Trend der abnehmenden gasförmigen Ableitungen etwas schwanken.

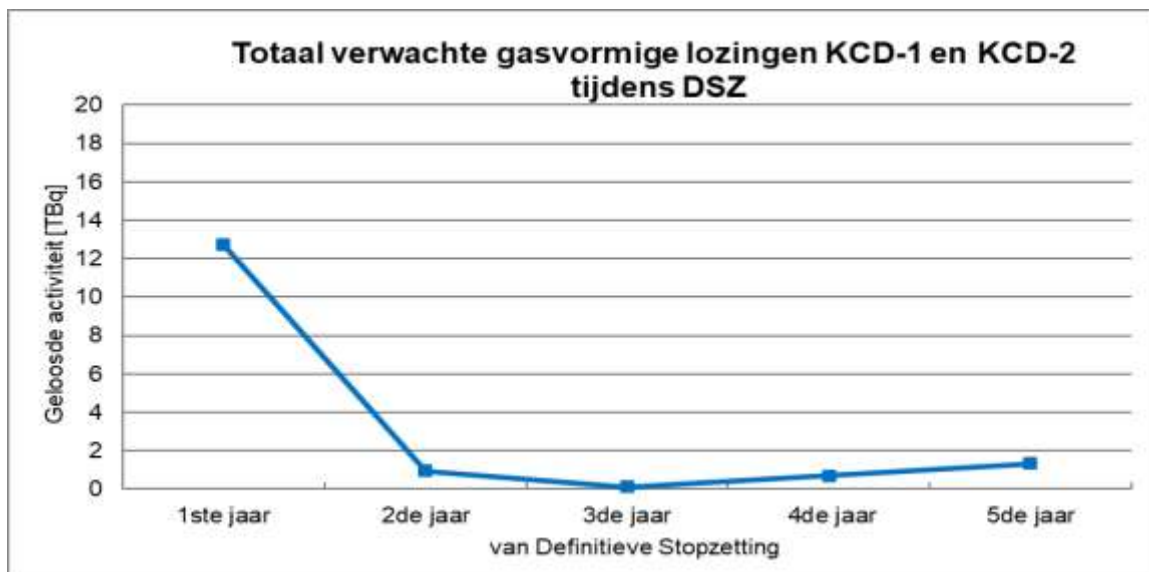


Abbildung 3-23 Summe der erwarteten gasförmigen Ableitungen durch den Betrieb von KKW-1 und KKW-2 während der DSL.

Die Dauer der definitiven Stilllegung (DSL) und der damit verbundenen Arbeiten, sei es beim Projekt oder der Null-Variante, ist dieselbe. Daher werden sich die abgeleitete Aktivität und die effektive Folgedosis während der DSL bei beiden Szenarien nicht unterscheiden. Im Falle des Projekts beginnt die DSL-Phase lediglich zehn Jahre später.

3.4.3.4 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Die gasförmigen Ableitungen werden in die Atmosphäre abgegeben, vom Wind weggetragen und verdünnt. Je nach Wind erreichen die abgeleiteten Radionuklide die Grenze zu einem oder mehreren der umliegenden Länder.

Dosiseffekte an der niederländischen Grenze

Von allen Landesgrenzen ist die niederländische Grenze am kürzesten vom KKW entfernt; etwa 3 km, siehe Abbildung 3-24.



Abbildung 3-24 Lage des KKW in Bezug auf die belgisch-niederländische Grenze und die Messstellen

Basierend auf den atmosphärischen Ableitungen des gesamten KKW sowie der Ableitungen des KKW-1 und KKW-2 im Jahr 2014 wurde die effektive Folgedosis in der nahegelegenen niederländischen Grenzzone in etwa 3 km Entfernung von KKW-1 und KKW-2 in nordwestlicher Richtung für sechs verschiedene Alterskategorien nach einer von der FANK akzeptierten Methode berechnet. Die Ergebnisse für die jährliche Folgedosis sind in Tabelle 3-19 bzw. Tabelle 3-20 zusammengefasst [Tractebel, 2020b]. Die Berechnungen für das Jahr 2014 zeigen, dass die effektive Folgedosis deutlich unter der auf den genehmigten Ableitungsgrenzwerten basierten effektiven Folgedosis liegt und damit deutlich unter dem Grenzwert von 1 mSv pro Jahr bleibt. Die gasförmigen Ableitungen bleiben über die Jahre in der Ausgangssituation konstant, so dass zu erwarten ist, dass die effektive Folgedosis an der niederländischen Grenze signifikant schwankt.

Tabelle 3-19 Effektive Folgedosis an der niederländischen Grenze durch flüssige atmosphärische des gesamten KKW im Jahr 2014

	Effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2014	0,00075	0,0024	0,0016	0,0013	0,0012	0,0012
Basierend auf genehmigten Grenzwerten	0,016	0,018	0,016	0,015	0,0150	0,015

Tabelle 3-20 Effektive Folgedosis an der niederländischen Grenze durch atmosphärische Ableitungen von KKW-1 und KKW-2 im Jahr 2014

	Effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2014	0,00026	0,00076	0,00052	0,00042	0,00042	0,00040
Basierend auf genehmigten Grenzwerten	0,0075	0,0086	0,0076	0,0068	0,0071	0,0067

Der niederländische Erlass vom 23. Oktober 2017 zum Schutz von Personen vor den Gefahren ionisierender Strahlung (*Bbs*) legt in Artikel 9.2.1 fest, dass die maximale Dosis für ein Mitglied der niederländischen Bevölkerung, die aus dem Betrieb einer kerntechnischen Anlage her stammt, den Wert von 0,1 mSv pro Jahr nicht überschreiten darf. Obwohl dies der niederländische Dosisgrenzwert für gasförmige und flüssige Ableitungen sowie für Direktstrahlung ist, liegt die Dosis, die sich aus gasförmigen Ableitungen aufgrund der in diesem Abschnitt beschriebenen Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 ergibt, deutlich darunter. Die Auswirkungen des gesamten Projekts, einschließlich flüssiger Ableitungen und direkter Strahlung, werden in Abschnitt 3.4.8 beschrieben.

Dosiseffekte an der Grenze zu anderen umliegenden Ländern

Für die anderen umliegenden Länder, Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien, wurde die effektive Folgedosis ebenfalls anhand der Entfernungen von den jeweiligen Landesgrenzen zum KKW berechnet. Diese nationalen Grenzen liegen in deutlich größerer Entfernung zum KKW als die niederländische Grenze, nämlich ca. 97 km, 117 km, 177 km bzw. 195 km. Die Berechnungen nach den üblichen Ausbreitungsmodellen zeigen, dass die effektive Folgedosis an den Grenzen zu Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien deutlich geringer ist und damit auch deutlich unter dem Grenzwert von 1 mSv pro Jahr bleibt [Tractebel, 2020b]. Das Ergebnis dieser Berechnungen ist in Tabelle 3-21 für KKW-1 und KKW-2 und in Tabelle 3-22 für das KKW ausgewiesen

Tabelle 3-21 Effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen von KKW-1 und KKW-2 basierend auf den Ableitungsgrenzwerten für die Landesgrenzen zu Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien.

	Effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen KKW-1 en KKW-2 [mSv/Jr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
Frankreich	0,00078	0,00089	0,00079	0,00071	0,00074	0,00070
Deutschland	0,00069	0,00079	0,00070	0,00063	0,00066	0,00062
Luxemburg	0,00053	0,00061	0,00054	0,00048	0,00051	0,00049
Großbritannien	0,00050	0,00057	0,00051	0,00046	0,00048	0,00045

Tabelle 3-22 Effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen aus dem basierend auf den Ableitungsgrenzwerten für die Landesgrenzen zu Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien.

	Effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
Frankreich	0,0011	0,0013	0,0011	0,0097	0,0010	0,00096
Deutschland	0,00097	0,0011	0,00098	0,00086	0,00091	0,00085
Luxemburg	0,00075	0,00087	0,00075	0,00066	0,00070	0,00065
Großbritannien	0,00070	0,00082	0,00071	0,00062	0,00066	0,00061

3.4.3.5 Monitoring

Die radiologische Überwachung auf dem belgischen Staatsgebiet wird periodisch von der FANK durchgeführt. Insbesondere in den Bereichen in der Nähe der Nuklearstandorte werden die Messungen vorgenommen. So kann beurteilt werden, ob die Qualität der Umwelt in Bezug auf die Radioaktivität weiterhin zufriedenstellend ist. Zur Überwachung von radioaktiven Stoffen, die aus gasförmigen Ableitungen in die Atmosphäre abgegeben werden, werden in regelmäßigen Abständen nachstehende Proben genommen und analysiert:

- Umgebungsluft (Aerosole in der Atmosphäre, Gase)
- Regenwasser (Niederschlag von Aerosolen und Gasen in der Atmosphäre)
- Erdreich (atmosphärische Deposition)
- Gras (atmosphärische Deposition, Übertragung von Radioaktivität aus dem Erdreich über Wurzeln)
- Milch (Übertragung von Radioaktivität aus dem Viehfutter)

Dies geschieht in unterschiedlichen Entfernungen von einem Nuklearstandort. Derzeit werden auf belgischem Gebiet jährlich mehr als 4660 Proben zur radiologischen Überwachung genommen, dabei werden 28000 Analysen zur Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung durchgeführt.

Der Standort Doel liegt an der Schelde, die Teil des Schelde- und Nete-Beckens ist. Im gesamten Becken werden jährlich mehr als 1230 Proben genommen, an denen mehr als 3730 Radioaktivitätsmessungen durchgeführt werden. Das radiologische Überwachungsprogramm des Scheldebeckens in der Umgebung des Standorts Doel ist in Tabelle 3-23 dargestellt.

Tabelle 3-23 Radiologisches Überwachungsprogramm des Schelde- und Nettebeckens [FANK, 2019a]

Gegenstand	Art der Messung	Häufigkeit der Probenahme
Atmosphäre		
Staubpartikel	γ-Spektrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb	Alle 4 Wochen
	Gesamt-β-Spektrometrie (auf Papierfiltern, nach 5 Tagen Abklingzeit)	Täglich
Oberflächendeposition (Behälter)	γ-Spektrometrie (unbehandeltes Wasser): ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I	Alle 4 Wochen
	Gesamt-β-Spektrometrie, α gesamt, ^3H , ^{90}Sr (gefiltertes Wasser)	Alle 4 Wochen
	Gesamt-β-Spektrometrie, α gesamt (Filterausfällung)	Alle 4 Wochen
Boden		
Dauerweide (Kolluvium-0,125 m ² in ~ 15 cm Tiefe + Graskurzschnitt)	γ-Spektrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{40}K , $^{226-228}\text{Ra}$, ^{228}Th	Jährlich

In den Syntheseberichten der FANK [FANK,2013] [FANK,2014] [FANK,2015] [FANK,2016] [FANK,2017] [FANK,2018a] [FANK,2019a] kommt diese zu dem Schluss, dass das Kernkraftwerk Doel keine messbaren radiologischen Auswirkungen auf die Atmosphäre hat.

3.4.3.6 Reduzierungsmaßnahmen

Basierend auf den verfügbaren Daten haben die gasförmigen Ableitungen von KKW-1 und KKW-2 keine signifikanten Auswirkungen auf die Umwelt, daher sind keine Reduzierungsmaßnahmen erforderlich.

3.4.3.7 Wissenslücken

Die bestehenden Kenntnisse reichen aus, um die Auswirkungen der radioaktiven gasförmigen Ableitungen dieses Projekts zu bestimmen. Trotz der Tatsache, dass nicht immer genaue Daten vorliegen, von welchem der vier Blöcke die Ableitungen aus der WAA herkommen. Für die aktuelle Bewertung wurde angenommen, dass 50 % der abgeleiteten atmosphärischen Aktivität, die aus der WAA stammt, aus dem Betrieb von KKW-1 und KKW-2 resultieren, sodass dieser Anteil Letzteren zugewiesen wurde [Tractebel, 2019c].

3.4.3.8 Schlussfolgerungen

Infolge des Projekts (Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2) wird es für gut weitere zehn Jahre zu gasförmigen Ableitungen kommen. Die Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 wird im Vergleich zur Ausgangssituation keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt haben, da die prognostizierte jährliche abgeleitete Aktivität ähnlich der jährlichen abgeleiteten Aktivität vor dem LTO-Projekt sein wird. Die effektive Folgedosis, der Personen der Bevölkerung durch gasförmige Ableitungen ausgesetzt sein können, liegt deutlich unter dem Dosisgrenzwert und wird keine signifikanten Auswirkungen auf die Bevölkerung haben.

Bei der Null-Variante wird die endgültige Abschaltung von KKW-1 und KKW-2 zu weniger gasförmigen radioaktiven Ableitungen führen, jedoch ist der Unterschied zwischen der Ausgangssituation und dem Projekt vernachlässigbar.

Der Betrieb des KKW hat keine signifikant messbaren Auswirkungen auf das niederländische Staatsgebiet und die Hoheitsgebiete der anderen an Belgien angrenzenden Länder, so dass weitere grenzüberschreitende Auswirkungen infolge atmosphärischer Ableitungen ausgeschlossen werden können.

3.4.4 Radioaktive Ableitungen

Während des Betriebs des KKW können radioaktive Stoffe in die Schelde gelangen.

Der Hauptteil der Aktivität liegt im so genannten Primärkühlsystem, einem geschlossenen Kreislauf, in dem Kühlwasser durch den Kern geleitet wird, um ihn abzukühlen, woraufhin die entstehende Wärme an Dampferzeuger abgegeben wird. In den Dampferzeugern wird die Wärme an das sekundäre Kühlwasser abgegeben, ohne dass ein direkter Kontakt zwischen dem primären und sekundären Kühlwasser besteht. Infolgedessen verbleibt die gesamte Aktivität im primären Kühlwasser und das sekundäre Kühlwasser enthält keine erhöhte Aktivität. Das abgekühlte Primärkühlwasser kann dann zur Kühlung des Kerns wiederverwendet werden.

Das Sekundärkühlwasser wird im Dampferzeuger in Dampf umgewandelt, der seinerseits eine Turbine zur Stromerzeugung antreibt. Da das sekundäre Kühlwasser keinen direkten Kontakt mit dem primären Kühlwasser hat, enthält das sekundäre Kühlwasser keine radioaktiven Elemente. Dennoch wird die Restwärme des sekundären Kühlwassers auf das tertiäre Kühlwasser übertragen, das schließlich in die Schelde eingeleitet wird. Diese doppelte Barriere (primär-sekundär und sekundär-tertiär) verhindert, dass Radioaktivität über das Kühlwasser in die Schelde abgeleitet wird.

Allerdings leitet das Kernkraftwerk Doel Radioaktivität in die Schelde ein. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Prozesswasser, das innerhalb der Anlage gesammelt wird, z. B. Primärwasser bei Arbeiten an Anlagen mit Primärkühlwasser, Wasser, das über Bodenabläufe innerhalb der radiologischen Zone gesammelt wird oder aber Dusch- oder Wäschereiwasser. Um die Menge der abgeleiteten Radioaktivität zu minimieren, wird das gesamte potenziell kontaminierte Wasser innerhalb der Anlage gesammelt und über unterirdische Leitungen zum Wasser- und Abfallaufbereitungsgebäude (WAA-Gebäude) geleitet.

In der WAA wird das Wasser nach Eigenschaft und Herkunft gesammelt und wo immer möglich wiederverwendet [Tractebel, 2010a]. Die vorhandene Aktivität wird unter anderem durch Verdampfung so weit wie möglich aus dem Wasser entfernt, danach werden die radioaktiven Konzentrate als fester radioaktiver Abfall entsorgt. Die verbleibenden, nahezu inaktiven Kondensate werden in einem Kontrollbehälter gesammelt, von wo aus sie schließlich in die Schelde abgeleitet werden.

Bevor die Kondensate jedoch abgeleitet werden, werden Proben entnommen und in speziellen Labors analysiert, um die verbleibende Radioaktivität der Kondensate zu bestimmen, hauptsächlich durch Gammaskopimetrie und Tritium (^3H) Analysen. Sobald feststeht, dass die mögliche Ableitung die

zulässigen Grenzwerte, die eigens für das KKW auf der Grundlage der gesetzlichen Grenzwerte und weiterer technischer Auflagen erstellt wurden, einhält, werden die Kondensate über eine einzige Einleitstelle in die Schelde abgeleitet. Auch während der Ableitungen werden Kontrollmessungen durchgeführt. Die gesamte abgeleitete Aktivität wird aufgezeichnet und kontinuierlich anhand der geltenden Ableitungsgrenzwerte geprüft [Electrabel, 2013a].

Die abgeleitete Aktivität wird von der Strömung der Schelde fortgetragen und schließlich in die Nordsee geleitet, wenngleich sich ein Teil der abgeleiteten Aktivität lokal absetzen wird. Durch die Verdünnung nimmt die Aktivitätskonzentration im Wasser mit zunehmender Entfernung von der Einleitungsstelle rasch ab. Dennoch kann die Einleitung zu einer effektiven Folgedosis (die Gesamtdosis, die eine Person über einen Zeitraum von mindestens 50 Jahren durch eine einmalige Exposition aufnimmt) für den Menschen sowie für Flora und Fauna führen. Um die Auswirkungen von Flüssigkeitsableitungen auf die Umwelt zu bestimmen, müssen sowohl die gesamte abgeleitete Aktivität als auch die effektive Folgedosis für die Bevölkerung untersucht werden.

3.4.4.1 Methodologie

Vor der Einleitung in die Schelde werden die Kondensate beprobt und analysiert. Hierbei werden sowohl die Gesamtaktivität als auch Tritium (^3H) gemessen. Bleibt die gemessene Aktivität unterhalb der internen Grenzwerte, werden die Kondensate über die Einleitstelle in die Schelde eingeleitet. Diese Grenzwerte sind in Tabelle 3-24 dargestellt. Da alle potentiell radioaktiv kontaminierten Flüssigkeiten im Wasser- und Abfallaufbereitungsgebäude (WAB-Gebäude) gesammelt werden, gilt dieser Grenzwert für den gesamten Standort und bezieht sich somit auf den Betrieb von KKW-1, KKW-2, KKW-3, KKW-4 sowie die WAA.

Der Grenzwert für ^3H ist höher als der Grenzwert für die Gesamtaktivität ohne Tritium. Dieser Unterschied ist darauf zurückzuführen, dass ^3H hauptsächlich als tritiiertes Wasser (HTO oder $[\text{}^3\text{H}]\text{HO}$) vorkommt und daher nicht von unbelastetem Wasser getrennt werden kann. Da ^3H bei reiner Emission von β -Teilchen mit einer relativ geringen Energie ($\leq 18,6 \text{ keV}$) zerfällt, hat ^3H einen relativ geringen Dosis-Konversionskoeffizienten ($1,8 \cdot 10^{-11} \text{ Sv Bq}^{-1}$ für die Ingestion von Wasser), mit anderen Worten, ^3H hat im Vergleich zu den meisten anderen Radionukliden eine begrenzte Auswirkung auf die Umwelt.

Die Daten zu der in die Schelde abgeleiteten flüssigen Radioaktivität in der Ausgangssituation (2014) sowie für die Vorjahre (2012-2013) entstammen den Electrabel-Jahresberichten [Electrabel,2013a] [Electrabel, 2014a] [Electrabel, 2015b]. Tabelle 3-24 zeigt die genehmigten Ableitungsgrenzwerte [Electrabel, 2013a].

Tabelle 3-24 Zulässige Aktivitäten für Ableitungen von Wasser aus dem KKW

Nuklide	Ableitungsgenehmigung KKW [TBq/12 Monate]
alle (ohne ^3H)	1,48
^3H	103,6

Entlang der Schelde und des vorangehenden Nete-Beckens gibt es mehrere Anlagen, die flüssige Abwässer mit möglichen Radionukliden in das Flusswasser einleiten. Diese Nuklide können aus Nuklearanlagen wie SCK-CEN, Belgoprocess, Belgonucleaire und FBFC International in Mol und Dessel

stammen. Mehrere nicht-nukleare Standorte können ebenfalls Radionuklide in die Schelde einleiten, wie Krankenhäuser großer Ballungsräume (z. B. Antwerpen) und die ehemalige Lebensmittelphosphat-Fabrik bei Tessenderlo (Abbildung 3-25). Alle Radionuklide werden stark verdünnt und schließlich von der Strömung der Schelde entlang des KKW in die Nordsee fortgetragen. Als Ergebnis dieser Anlagen werden in der Schelde um das KKW mehrere Radionuklide erwartet, z. B. ^3H , ^7Be , ^{40}K , ^{54}Mn , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{99}Tc , ^{103}Ru , ^{106}Ru , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{141}Ce , ^{144}Ce , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu und ^{241}Am [FANK, 2015]. Es ist zu beachten, dass insbesondere die natürlich im Boden vorhandenen Elemente (^{40}K und in begrenztem Umfang ^{226}Ra und ^{228}Th) für die in der Schelde vorhandene Radioaktivität verantwortlich sind [FANK, 2015].

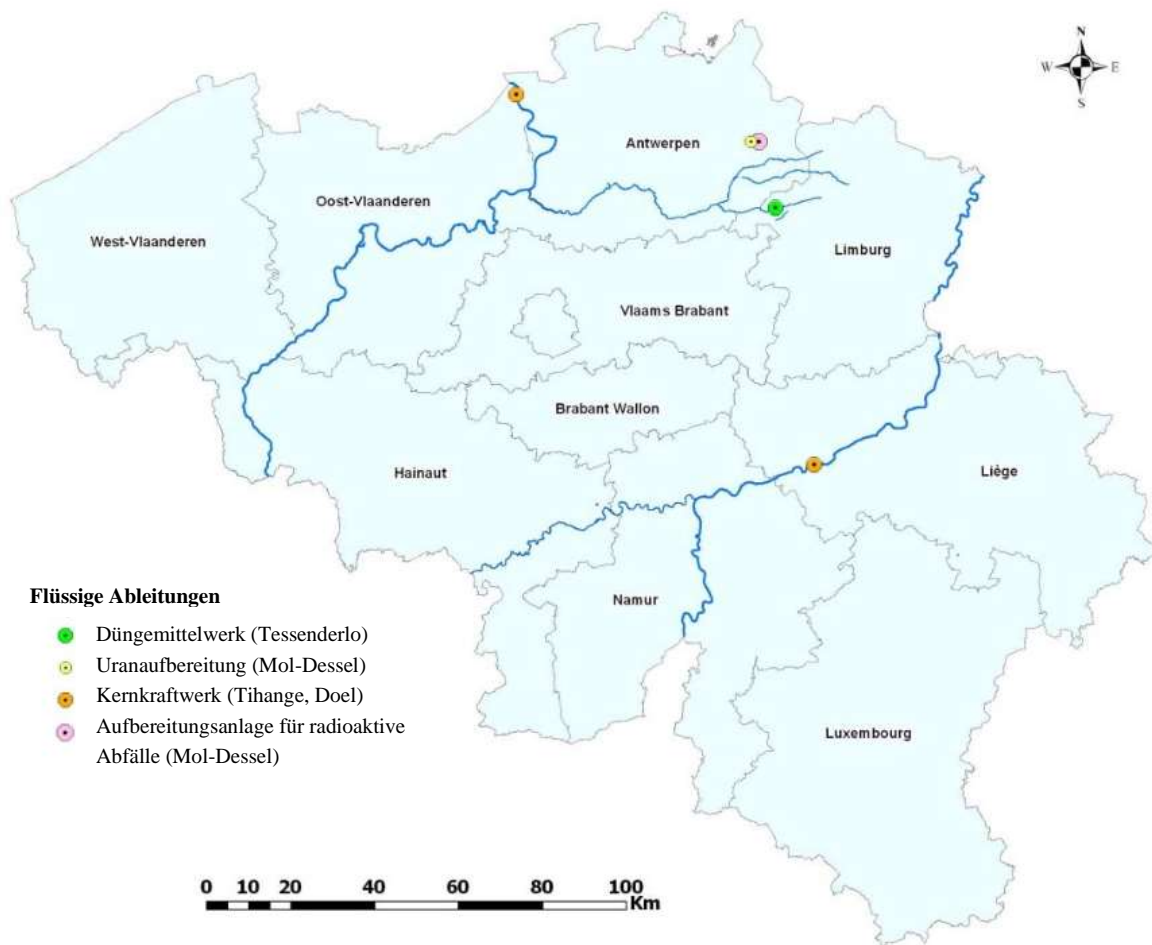


Abbildung 3-25 Standorte der kerntechnischen Anlagen, die möglicherweise radioaktive Flüssigkeiten ableiten [FANK, 2015].

Obwohl die abgeleitete Aktivität durch das große Wasservolumen und die Strömung der Schelde stark verdünnt wird, kann die abgeleitete Aktivität in der Schelde zu einer effektiven, doch äußerst begrenzten Folgedosis für Personen der Bevölkerung führen. Es können verschiedene Expositionswege in Betracht kommen:

- Aufnahme (Interne Exposition):
 - Trinkwasser

- Fisch
- Milch und Fleisch von Vieh, das Trinkwasser kontaminiert wurde und
- Durch Bewässerungswasser kontaminierte Lebensmittel
- Externe Exposition
 - Professionelle Schifffahrt
 - Präsenz an Ufern und
 - Präsenz in Material aus Baggerarbeiten

Da das Vieh kein Scheldewasser trinkt, bleibt die Aufnahme von Milch und Fleisch unberücksichtigt. Da das Scheldewasser wegen seines hohen Salzgehaltes auch nicht zur Bewässerung genutzt wird, bleibt die Aufnahme von durch Bewässerungswasser verunreinigten Lebensmitteln unberücksichtigt [Tractebel, 2015a].

Zur Bestimmung der effektiven Folgedosis für diese Expositionspfade wird eine vom *Regulatory guide* 1.109) erstellte Richtlinie (*United States Nuclear Regulatory Commission (US-NRC)*) zugrunde gelegt [NRC, 1977]. Dies gilt für sechs verschiedene Alterskategorien (<1 Jahr, 1-2 Jahre, 2-7 Jahre, 7-12 Jahre, 12-17 Jahre und >17 Jahre) gemäß der Veröffentlichung der *International Commission on Radiological Protection (ICRP)* [ICRP, 1995]. Diese Methodik wurde von der FANK dem belgischen Kontext angepasst und in *Méthodes et hypothèses relatives au calcul de doses à la population dues aux rejets de routine pour les établissements nucléaires de classe I en Belgique* [FANK, 2013a] dokumentiert.

Anhand der gemessenen Daten zur abgegebenen Aktivitätsmenge lässt sich die Inkorporation verschiedener Radionuklide über die diversen Expositionspfade für die Alterskategorien berechnen. Für diese Berechnung wird angenommen, dass sich eine Person das ganze Jahr über an den Ufern mit der höchsten Aktivitätsdeposition aufhält und Lebensmittel mit dem höchsten Kontaminationsgrad verzehrt. Die rechnerische Dosis wird daher eine starke Überschätzung einer realistischen Dosis sein.

Die maximale Dosis, der eine Person der Bevölkerung durch den Betrieb einer kerntechnischen Anlage ausgesetzt sein darf, beträgt 1 mSv pro Jahr [ARBIS]. Die effektive Folgedosis für eine Person der Bevölkerung durch den Betrieb des KKW besteht jedoch aus drei Komponenten: Flüssigkeitsableitungen, atmosphärische Ableitungen und Direktstrahlung. Gemäß der zuvor erwähnten und von der FANK genehmigten Methode wird die maximale effektive Folgedosis anhand der Grenzwerte für Flüssigkeitsableitungen berechnet, die in Tabelle 3-25 aufgeführt sind [Electrabel, 2015a].

Tabelle 3-25 Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen des KKW bezogen auf die Ableitungsgrenzwerte.

Alterskategorie	Effektive Folgedosis durch genehmigte Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
Flüssige Ableitungen	0,008	0,005	0,20	0,18	0,23	0,23

Zusätzlich zur Erfassung der in die Schelde abgeleiteten Radioaktivität wird im Auftrag von Electrabel eine jährliche Proben- und Analysekampagne der Umwelt rund um den Standort Doel durchgeführt. Es werden Proben von Sediment und Fucus (Tang) an zwei Stellen der Schelde entnommen, an denen die höchste Aktivitätskonzentration zu erwarten ist, etwa 1 km und 6,5 km von der Einleitstelle. Zur Überprüfung wird auch eine Probe etwa 50 km flussaufwärts entnommen (Abbildung 3-26). Die gesammelten Proben werden in einem Labor für Strahlenanalyse aufbereitet und auf das Vorhandensein

von Radionukliden untersucht. Die Ergebnisse dieser Maßnahmen vermitteln einen Einblick in die tatsächliche Inkorporation von Radionukliden in der Umwelt.

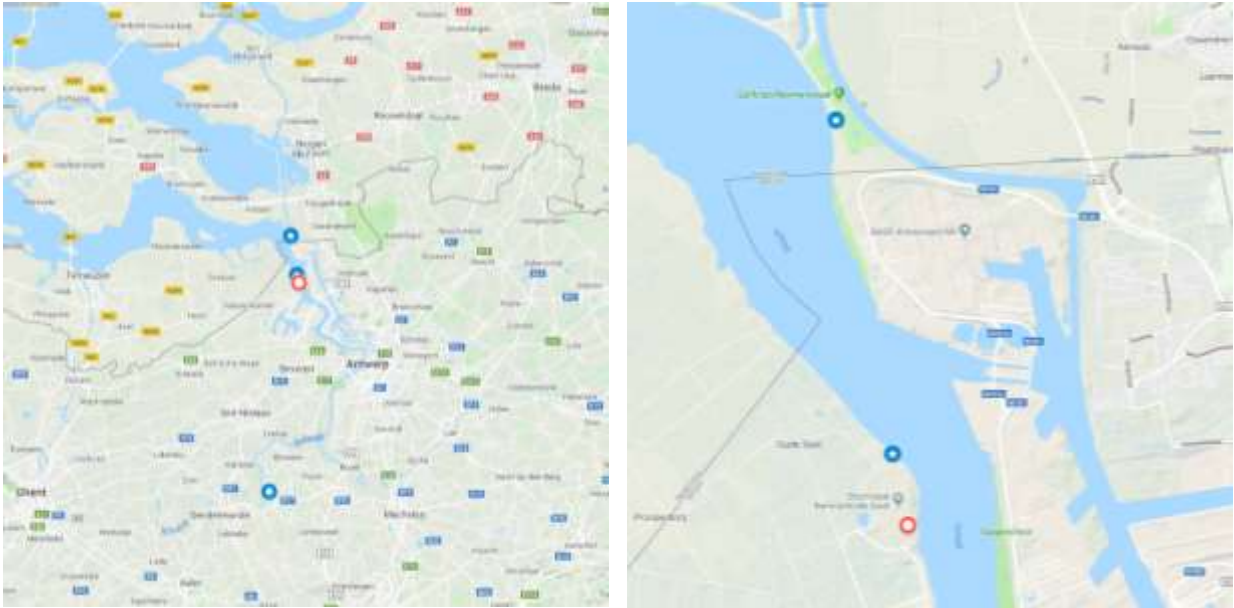


Abbildung 3-26 Lokalisierung der Sediment- und Fucusproben in der Schelde

3.4.4.2 Ausgangssituation

Die jährlich gemeldete Aktivität, die nach der Behandlung im Wasser- und Abfallaufbereitungsgebäude (WAB-Gebäude) in die Schelde eingeleitet wird, ist in Tabelle 3-26 dargestellt [Electrabel, 2013a][Electrabel, 2014a][Electrabel, 2015b]. In Tabelle 3-26 ist die gesamte abgeleitete Aktivität des gesamten Standorts (KKW-1, KKW-2, KKW-3, KKW-4 und WAA) sowie die rechnerische Aktivität, die durch den Betrieb von KKW-1 und KKW-2 abgeleitet wird, dargestellt. Es wurde angenommen, dass die gesamte abgeleitete Aktivität durch den Betrieb von KKW-1 und KKW-2 ($A_{KKW1\&2}$) aus der Summe der möglichen Aktivitäten besteht, die direkt aus den Blöcken über das Sekundärkühlwasser abgeleitet werden (A_{KKW1} und A_{KKW2}) sowie ein Drittel [Tractebel, 2019d] der gesamten vom Standort aus der WAA (A_{WAA}) abgeleiteten Aktivität, die KKW-1 und KKW-2 zugeordnet ist:

$$A_{KCD1\&2} = A_{KCD1} + A_{KCD2} + \frac{1}{3} \cdot A_{WAB}$$

Die jährlich abgeleitete Aktivität variiert in Abhängigkeit diverser Faktoren, so z. B. der durchgeführten Arbeiten und dem Produktionszeitraum. Daher ist es nicht möglich, eine genaue Vorhersage der abgeleiteten Aktivität zu treffen. Trotzdem liegen die eingeleiteten Aktivitäten während der Ausgangssituation (2012-2014) sehr deutlich unter den zulässigen Ableitungsgrenzwerten.

Tabelle 3-26 Abgeleitete Aktivität von Tritium (^3H) und aller anderen Nuklide ohne Tritium aus flüssigen Ableitungen im Zeitraum 2012-2014

Jahr	Gesamt (ohne ^3H) [GBq]		Tritium [TBq] ¹³	
	KKW-1&2	KKW	KKW-1&2	KKW
2012	2,02	5,77	15,86	47,57
2013	1,24	3,49	12,20	36,61
2014	0,89	2,44	12,23	36,70
Ableitungsgrenzwert	-	1 480	-	103,60

Fast die gesamte abgeleitete Aktivität besteht aus Tritium, einem Radionuklid, das praktisch nicht zu eliminieren ist und daher gesondert betrachtet wird. Obwohl Tritium in Bezug auf die Aktivität den größten Teil der gesamten abgeleiteten Aktivität ausmacht, hat Tritium im Vergleich zu vielen anderen Radionukliden einen relativ niedrigen Dosis-Konversionskoeffizienten. Unter anderem deshalb ist es wichtig, neben Tritium auch andere Radionuklide zu überwachen, um die tatsächliche Umweltbelastung (Dosis) besser einschätzen zu können.

Abbildung 3-27 zeigt eine grafische Darstellung der abgeleiteten Aktivität verschiedener Radionuklide im Jahr 2014. Diese Daten zeigen, dass neben ^3H hauptsächlich Aktivierungsprodukte ($^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{58}Co , ^{60}Co , ^{51}Cr und ^{55}Fe) abgeleitet werden, wenngleich auch einige Spaltprodukte (einschließlich ^{106}Ru) abgeleitet werden. Für Abbildung 3-27 wurden die sieben Radionuklide mit der höchsten Aktivität ausgewählt. Es ist zu beachten, dass sich die Aktivität (in Bq) aus der Multiplikation der Teilchenzahl (N) mit der Zerfallskonstante (λ) ergibt: $A=N\cdot\lambda$. Radionuklide mit einer kurzen Halbwertszeit und damit einer hohen Zerfallskonstante ($\lambda=\ln(2)/T_{1/2}$) ergeben daher bei gleicher Teilchenzahl zunächst eine höhere Aktivität. Daher zeigt Abbildung 3-27 hauptsächlich kurzlebige und langlebige Radionuklide (z.B. ^{137}Cs) werden nur in sehr geringen Aktivitäten abgeleitet. Wie bereits für Tritium beschrieben, entspricht die Aktivität nicht der zu erwartenden Umweltbelastung/Dosis. Die radiologische Zusammensetzung der Ableitungen in anderen Jahren (2012 und 2013) zeigt eine ähnliche Zusammensetzung.

¹³ TBq bedeutet TeraBequel; GBq bedeutet GigaBequel.

1 Tbq = 1000 GBq = 10^9 Bq

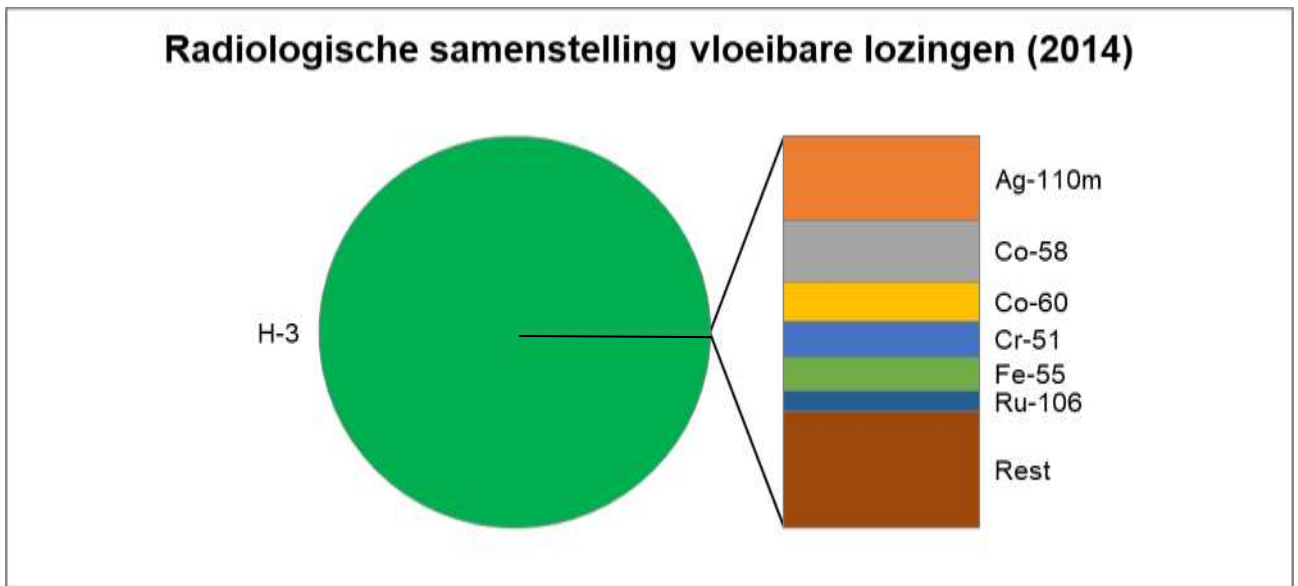


Abbildung 3-27 Radiologische Zusammensetzung der flüssigen Ableitungen im Jahr 2014, basierend auf der abgeleiteten Aktivität.

Basierend auf den Ableitungsdaten wird jährlich die effektive Folgedosis des gesamten Standorts für sechs verschiedene Altersklassen berechnet, die in Tabelle 3-27 zusammengefasst sind [Tractebel, 2014][Tractebel, 2014a][Tractebel, 2015a]. Die Berechnungen wurden in Übereinstimmung mit der zuvor von der FANK genehmigten Methode durchgeführt. Zu Vergleichszwecken wurden in Tabelle 3-27 auch die anhand der zulässigen Grenzwerte für flüssige Ableitungen rechnerischen zulässigen Grenzwerte eingefügt. Wie die abgeleitete Aktivität zeigt auch die effektive Folgedosis eine Streuung, die von vielen Faktoren abhängt, z. B. von der Art der Arbeiten bei Überholungen.

Tabelle 3-27 Zusammenfassung der jährlichen effektiven Folgedosis nach Altersklassen aufgrund flüssiger Ableitungen des KKW gegenüber der effektiven Folgedosis basierend auf den zulässigen Ableitungsgrenzwerten für den Zeitraum 2012-2014

Alterskategorie	Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2012	0,00061	0,00063	0,0011	0,00093	0,00093	0,0011
2013	0,00046	0,00047	0,00077	0,00067	0,00066	0,00077
2014	0,00046	0,00052	0,00064	0,00052	0,00049	0,00060
Basierend auf genehmigten Grenzwerten	0,008	0,005	0,20	0,18	0,23	0,23

Insbesondere bei Kleinkindern (< 2 Jahre) leistet ³H den höchsten Beitrag (> 90 %) zur Kollektivdosis, während bei älteren Kindern (> 7 Jahre) und Erwachsenen β - und γ -Strahlen einen signifikanten Beitrag leisten (Abbildung 3-28). Abgeleitete α -emittierende Radionuklide führen zu keiner signifikanten Folgedosis für die verschiedenen Alterskategorien (maximal 1 %).

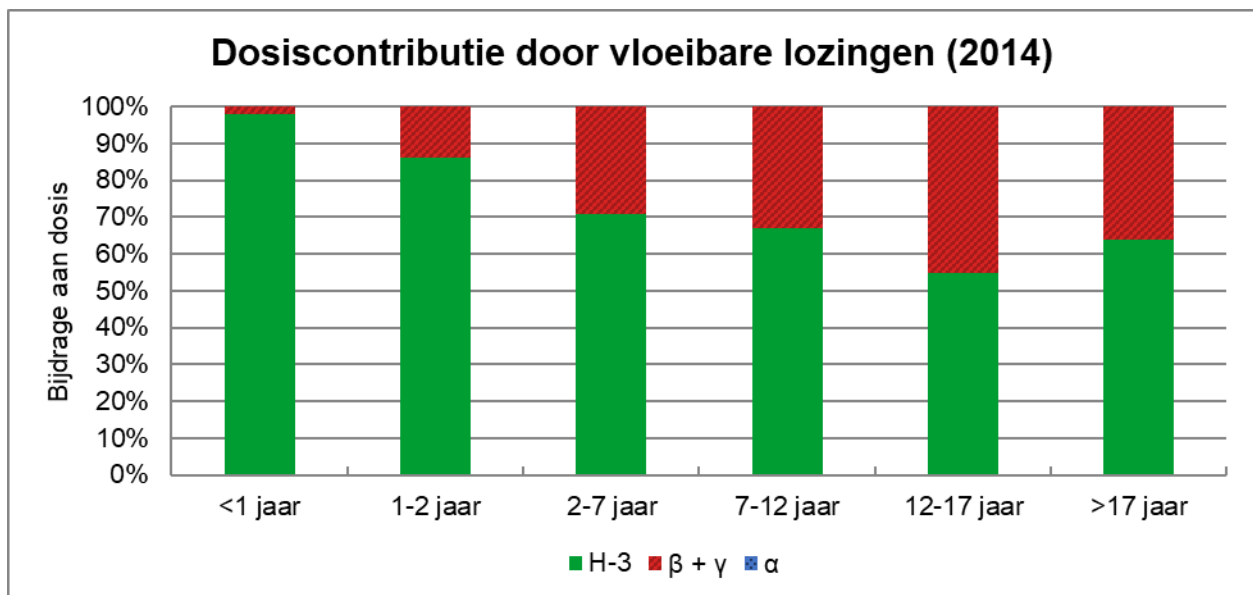


Abbildung 3-28 Beitrag der verschiedenen Radionuklidarten zur effektiven Folgedosis durch flüssige Ableitungen im Jahr 2014.

Auf Grundlage des internen Überwachungsprogramms von Electrabel mit SCK-CEN werden jährlich Sediment- und Fucus- (Tang-) Proben zur Überprüfung in der Nähe des KKW genommen (Abbildung 3-26). Diese werden auf ^{60}Co , ^{95}Nb , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{131}I , ^{134}Cs und ^{137}Cs untersucht, der Fucus wurde auch auf ^3H und ^{14}C untersucht. In den Ergebnissen des internen Monitoringprogramms 2014 von Electrabel wurden mit Ausnahme von ^{14}C (Fucus), ^{60}Co (Sediment) und ^{137}Cs (Sediment und Fucus) keine der analysierten Radionuklide in den untersuchten Proben nachgewiesen.

In zwei der Sedimentproben wurde ein Anstieg der ^{137}Cs -Aktivität gegenüber der Nachweisgrenze festgestellt. Dazu gehören sowohl eine Probe aus der Umgebung des KKW (Sediment-2) als auch die Referenzprobe. Aufgrund des geringen Anstiegs der ^{137}Cs -Aktivität kann die genaue Herkunft nicht bestimmt werden, da ^{137}Cs seit den oberirdischen Kernwaffenexplosionen und dem Tschernobyl-Unfall noch in der Umwelt vorhanden ist [FANK, 2018]. Dennoch kommt das interne Überwachungsprogramm von Electrabel zu dem Schluss, dass die gemessene Aktivitätskonzentration sehr gering ist und dem belgischen Überwachungsprogramm für radioaktive Ableitungen des KKW entspricht, und dass diese Ableitungen keine signifikant messbaren Auswirkungen auf die menschliche Bevölkerung haben (siehe auch Abschnitt 3.4.4.5).

Jüngste Studien, die von der IAEA im Rahmen des MODARIA II-Programms durchgeführt wurden, zeigten, dass, wenn regelmäßige Ableitungen eine vernachlässigbare radiologische Auswirkung auf den Menschen haben, dies impliziert, dass es ebenfalls keine schädlichen Auswirkungen auf Flora und Fauna gibt [Tractebel, 2020c]. Eine weitergehende Betrachtung der Auswirkungen auf Flora und Fauna erbringt daher im Rahmen des Projekts und der Null-Variante keinen zusätzlichen Nutzen. Die Ergebnisse des radiologischen Überwachungsprogramms, bei dem mehrere Flora- und Faunaproben analysiert wurden, bestätigen, dass das Kernkraftwerk Doel keine messbaren radiologischen Auswirkungen auf die Schelde hat (siehe Abschnitt 3.4.4.5).

Neben ^{60}Co und ^{137}Cs wurde auch ^{14}C im Fucus nachgewiesen, dessen Aktivitätskonzentration der natürlichen ^{14}C -Aktivität in lebenden Organismen entspricht [Chopin, 2013]. Das Sediment wurde nicht auf ^{14}C analysiert. Die Analyseergebnisse der Umgebungsproben sind in Tabelle 3-28 dargestellt.

Tabelle 3-28 Analyseergebnisse für Sediment und Fucus aus der Umgebung des KKW (2014).

	^{14}C [Bq/g]	^{60}Co [Bq/kg]	^{137}Cs [Bq/kg]
Sediment-1	-	< 1,1	< 1,7
Sediment-2	-	2,5 ± 0,4	7,3 ± 1,2
Sediment-Ref.	-	< 0,9	3,3 ± 0,6
Fucus-1	0,29 ± 0,05	< 0,35	0,35 ± 0,16
Fucus-2	0,22 ± 0,04	< 0,37	< 0,32
Fucus-Ref.	0,22 ± 0,03	< 0,43	< 0,53

3.4.4.3 Folgenabschätzung

Die potenziellen Auswirkungen der flüssigen Ableitungen auf die Umwelt werden für beide zu behandelnden Szenarien bewertet:

- Durchführung des Projekts
 - Diese ist in zwei Phasen unterteilt, die jeweils in einem eigenen Abschnitt behandelt werden:
 - Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018: LTO-Baumaßnahmen. Diese werden hauptsächlich bei Überholungsarbeiten durchgeführt. Electrabel betreibt in dieser Zeit sowohl das KKW-1 als auch das KKW-2.
 - Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025): Der weitere Betrieb nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen.
- Null-Variante: Das Projekt wird nicht realisiert und der Betrieb von KKW-1 und KKW-2 wird 2015 eingestellt.

Die Auswirkungen der Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 basieren auf den im Zeitraum (2012-2014; Ausgangssituation) erfassten Daten und werden für den Zeitraum 2015-2025 ermittelt. Wo es möglich war, wurden verfügbare Daten verwendet, um die erwarteten Auswirkungen anhand der realen Daten von 2015-2018 zu überprüfen. Bei der Bewertung des Projekts und der Null-Variante wird davon ausgegangen, dass die Umweltauswirkungen von KKW-3, KKW-4 und der WAA bis 2025 die gleichen bleiben wie bei der Ausgangssituation. Dies ist eine konservative Annahme¹⁴.

3.4.4.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Der LTO-Synthesebericht enthält den integrierten Aktionsplan KKW-1 und KKW-2 für zehn Jahre über das im Kernausstiegsgesetz von 2003 vorgesehene Datum hinaus. Dieser Aktionsplan wurde der FANK zur Überprüfung vorgelegt [Electrabel, 2015c]. Die FANK hat zusammen mit Bel V diesen Plan analysiert und die Analyse zeigt, dass das Projekt durchführbar ist, wobei die Sicherheit von KKW-1 und KKW-2 während des Zeitraums des Langzeitbetriebs als erwiesen gilt [FANK, 2015a]. Im Zeitraum 2015-2018 werden die Maßnahmen des Aktionsplans umgesetzt. Dieser Zeitraum wird in diesem Projekt

¹⁴ Weitere Erläuterungen zu dieser Annahme finden sich in Abschnitt 1.1.3

als „Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018“ bezeichnet. Während dieser Zeit werden KKW-1 und KKW-2 von Electrabel betrieben.

Je nach Art der Arbeiten können die LTO-Maßnahmen während des regulären Betriebs oder nur im Rahmen einer Überholung durchgeführt werden. Insbesondere die technischen LTO-Maßnahmen können nur während einer Überholung durchgeführt werden, um die Sicherheit der Anlage und der Mitarbeiter zu gewährleisten. Da auch während des regulären Betriebs viele Arbeiten durchgeführt werden, wird erwartet, dass die Ableitungen von Radionukliden in die Schelde während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 nicht wesentlich von der Ableitungsaktivität während der Ausgangssituation abweichen.

Angesichts des Zeitpunkts dieser Studie ist die Menge der abgeleiteten Aktivität in die Schelde während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 bereits bekannt. Die abgeleitete Aktivität sowohl des KKW-1 und KKW-2 als auch des gesamten Standorts (KKW) während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 ist in Tabelle 3-29 dargestellt [Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a] [Electrabel, 2019a]. Sowohl für Tritium als auch für alle Radionuklide außer Tritium weicht die tatsächlich abgeleitete Aktivität nicht wesentlich von der durchschnittlich abgeleiteten Aktivität während der Ausgangssituation ab. Die Daten zeigen eine leichte Streuung zwischen den verschiedenen Jahren. Die Schwankungen können durch verschiedene Faktoren verursacht werden, z. B. durch die Art der Arbeiten und der Gesamtproduktionszeit. Die abgeleiteten Aktivitäten liegen während des gesamten Zeitraums deutlich unter dem zulässigen Grenzwert (Tabelle 3-24).

Tabelle 3-29 Abgeleitete Aktivität von Tritium (^3H) und aller anderen Nuklide ohne Tritium aus flüssigen Ableitungen während der Betriebsphase des Projekts im Zeitraum 2015-2018

	Gesamt (ohne ^3H) [GBq]		Tritium [TBq]	
	KKW-1&2	KKW	KKW-1&2	KKW
Ausgangssituation (2012-2014)	1,39	3,90	13,43	40,29
2015	0,97	2,63	6,80	20,41
2016	1,28	3,76	13,94	41,81
2017	1,52	4,25	12,65	37,93
2018	1,08	3,40	11,71	35,14
Ableitungsgrenzwert	-	1 480	-	103,60

In Tabelle 3-30 sind die jährlichen effektiven Folgedosen für sechs verschiedene Altersklassen dargestellt. Diese wurde auf Basis der abgeleiteten Flüssigkeitsaktivitäten berechnet [Tractebel, 2017] [Tractebel, 2018] [Tractebel, 2019] [Tractebel, 2019a]. Wie die abgeleitete Aktivität zeigt auch die effektive Folgedosis eine Streuung, die von vielen Faktoren abhängt, z. B. von der Art der Arbeiten bei Überholungen sämtlicher Blöcke.

Tabelle 3-30 Zusammenfassung der jährlichen effektiven Folgedosis nach Altersklassen aufgrund flüssiger Ableitungen des KKW gegenüber der effektiven Folgedosis basierend auf den zulässigen Ableitungsgrenzwerten für den Zeitraum 2015-2018

Alterskategorie	Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2015	0,00026	0,00033	0,00046	0,00040	0,00040	0,00046
2016	0,00053	0,00061	0,00086	0,00072	0,00071	0,00084
2017	0,00048	0,00059	0,00084	0,00069	0,00070	0,00082
2018	0,00044	0,00053	0,00074	0,00062	0,00061	0,00072
Basierend auf zulässigen Grenzwerten	0,008	0,005	0,20	0,18	0,23	0,23

Sowohl die abgeleitete Aktivität als auch die effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen sowohl von KKW-1 und KKW-2 als auch vom gesamten Standort während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 weichen erwartungsgemäß nicht von der Ausgangssituation (2012-2014) ab. Daher hatten die Arbeiten im Rahmen der LTO-Maßnahmen keine signifikanten Auswirkungen auf die Umwelt.

3.4.4.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Nach der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 werden die Blöcke (KKW-1 und KKW-2) weiter betrieben. Auch während dieses Betriebszeitraums (2019-2025) werden Überholungsarbeiten stattfinden und Aktivität in die Schelde abgeleitet werden.

Die LTO-Maßnahmen beziehen sich auf die Verringerung der Wahrscheinlichkeit und der Auswirkungen einer störungsbedingten Situation. Die Maßnahmen haben keinen Einfluss auf die Menge der im Normalbetrieb abgegebenen Aktivität. Daher wird es im Prinzip keinen Unterschied zwischen dem Betrieb während der Ausgangssituation und der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025) geben. Es wird erwartet, dass die abgeleitete Aktivität ähnlich der abgeleiteten Aktivität während der Ausgangssituation (2012-2014) ist.

Die erwartete jährliche abgeleitete Aktivität, sowohl für Tritium (³H) als auch für alle anderen Nuklide während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025) ist in Abbildung 3-29 für Tritium und Abbildung 3-30 für alle anderen Radionuklide grafisch dargestellt.

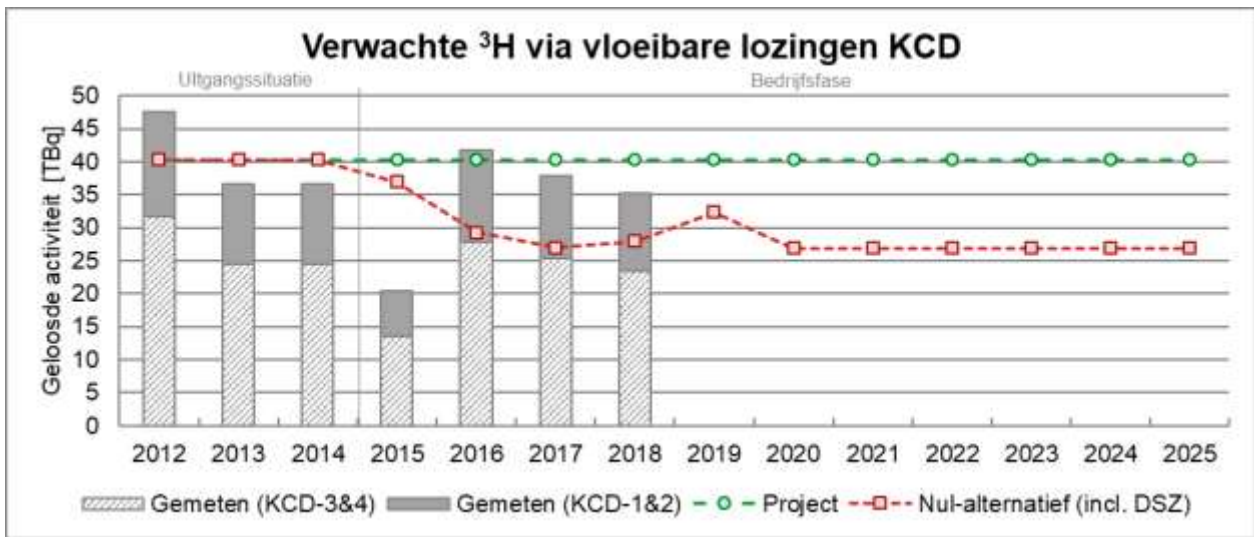


Abbildung 3-29 Erwartete abgeleitete ³H-Aktivität in der Schelde als Folge des Betriebs des KKW, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante. Die vertikalen Balken zeigen die tatsächlich gemessene Aktivität, sofern verfügbar.

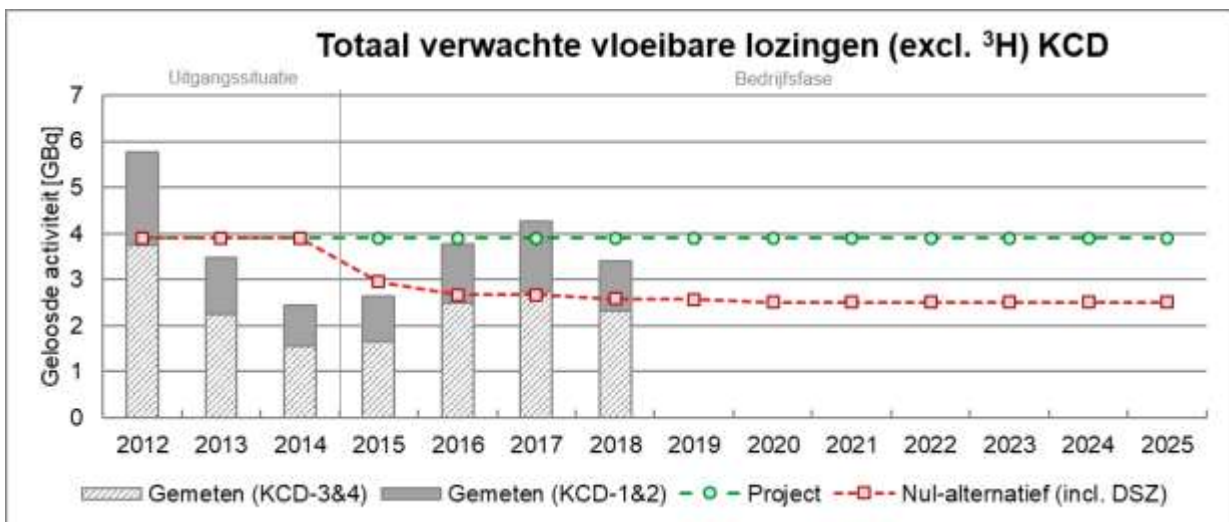


Abbildung 3-30 Erwartete abgeleitete Aktivität (ohne ³H) in der Schelde als Folge des Betriebs des KKW, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante. Die vertikalen Balken zeigen die tatsächlich gemessene Aktivität, sofern verfügbar.

Da die gesamte in die Schelde abgeleitete Jahresaktivität nach Ausführung des Projekts nicht von der Ausgangssituation abweichen wird, wird auch die effektive Folgedosis durch den Betrieb des KKW nicht von der Ausgangssituation abweichen, wie in Tabelle 3-31 zusammengefasst (Durchschnittswerte der Ausgangssituation). Die effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen liegt deutlich unter dem Dosisgrenzwert von 1 mSv pro Jahr, einem Wert, der international als die Dosis gilt, bei der keine signifikanten Auswirkungen eintreten [IAEA, 2014]. Die Flüssigkeitsableitungen tragen zum Teil zur Gesamtdosis bei, der eine Person der Bevölkerung durch den Betrieb des KKW ausgesetzt sein kann. Die Gesamtdosis ist in Abschnitt 3.4.8 beschrieben.

Tabelle 3-31 Erwartete jährliche effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen während des KKW-Betriebs im Rahmen des Projekts

Alterskategorie	Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
Projekt (LTO)	0,00051	0,00054	0,00082	0,00070	0,00068	0,00080
Basierend auf zulässigen Grenzwerten	0,008	0,005	0,20	0,18	0,23	0,23

Kumulierte Auswirkungen des Projekts

Die erwartete kumulierte Dosis infolge dieses Projekts kann als Differenz zwischen der effektiven Folgedosis, die auftreten würde, wenn das Projekt nicht durchgeführt wird (und nur KKW-3 und KKW-4 betrieben werden), und der Folgedosis, die auftreten würde, wenn das Projekt durchgeführt wird (und somit KKW-1 bis KKW-4 betrieben werden), betrachtet werden.

Die erwartete kumulierte Dosis infolge dieses Projekts wird daher berechnet, indem die effektive Folgedosis für den gesamten Standort in der Null-Variante (0,0053 mSv/yr, Tabelle 3-33) von der gesamten jährlichen Dosis infolge dieses Projekts (0,0080 mSv/yr, Tabelle 3-31) subtrahiert wird. Die verbleibende Jahresdosis (0,00027 mSv/Jahr) ist die Dosis infolge des Betriebs von KKW-1 und KKW-2. Durch Multiplikation dieser Dosis mit der vorgesehenen Betriebsdauer ergibt sich die gesamte kumulierte Dosis infolge dieses Projekts (Tabelle 3-32).

Die erwartete kumulierte Dosis durch KKW-1 und KKW-2 für einen Erwachsenen (>17 Jahre) beträgt aufgrund des Projekts 0,0031 mSv. Obwohl die höchste effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen bei Kindern im Alter von 2-7 Jahren auftritt, erstreckt sich die Laufzeitverlängerung über einen längeren Zeitraum, so dass Kinder in dieser Zeit mindestens zwei oder mehr Altersklassen zuzuordnen sind. Die höchstmögliche kumulierte Dosis für Kinder durch KKW-1 und KKW-2 beträgt 0,0030 mSv. Es wurde festgestellt, dass es kaum einen Unterschied zwischen der erwarteten kumulierten Dosis für einen Erwachsenen und der höchsten erwarteten Dosis für ein Kind gibt (Tabelle 3-32).

Tabelle 3-32 Erwartete kumulative effektive Folgedosis bei längerem Betrieb von KKW-1 und KKW-2 aufgrund von flüssigen Ableitungen

	Erwachsener [mSv]	Kind [mSv]
Kumulierte effektive Folgedosis infolge des Projekts	0,0031	0,0030

Diese kumulierte Dosis aus flüssigen Ableitungen ist sehr gering und wird nicht zu signifikant messbaren Auswirkungen führen. Zur Veranschaulichung: Die durchschnittliche Dosis für einen Transatlantikflug beträgt etwa 0,040 a 0,050 mSv¹⁵, eine einfache Röntgenaufnahme des Kiefers 9 µSv und eine typische CT-Scan-Untersuchung 0,978 mSv [FANK, 2018]. Die Dosis ist auch weitaus niedriger als die durchschnittliche Hintergrunddosis in Belgien (43,79 mSv während des Projekts) [FANK, 2018]. Es ist anzumerken, dass die häufig verwendete Risikokennzahl von 5,5 % Krebswahrscheinlichkeit pro Sv

¹⁵ <https://www.rivm.nl/stralingsbelasting-in-nederland/invloed-van-menselijk-handelen/vliegverkeer> (Besuch: 20. Februar 2020)

(1000 mSv bzw. 1000000 µSv) [ICRP, 2007] nur für höhere Dosen gilt und nicht zur Ermittlung von Risiken aus (sehr) niedrigen Dosen herangezogen werden kann.

Da die abgeleitete Aktivität und die effektive Folgedosis, durch flüssige Ableitungen während des Betriebs nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen voraussichtlich nicht von der Ausgangssituation abweichen, dürften diese flüssigen Ableitungen keine signifikanten Auswirkungen auf die Umwelt haben.

3.4.4.3.3 Null-Variante

Wenn kein Projekt durchgeführt wird, werden sowohl KKW-1 als auch KKW-2 im Jahr 2015 definitiv stillgelegt. Die effektive Folgedosis durch den Betrieb des KKW, ohne KKW-1 und KKW-2, kann mit der Ausgangssituation des gesamten Standortes verglichen werden, von der der Dosisbeitrag durch KKW-1 und KKW-2 abgezogen wird, so dass lediglich die Routineableitungen aus KKW-3 und KKW-4 verbleiben. Die jährliche Einleitungsaktivität in die Schelde, falls das Projekt nicht umgesetzt wird, ist in Abbildung 3-29 (³H) und Abbildung 3-30 (gesamt ohne ³H) graphisch dargestellt. Die jährliche effektive Folgedosis aufgrund flüssiger Ableitungen während des Betriebs nur von KKW-3 und KKW-4, d. h. ohne KKW-1 und KKW-2, ist in Tabelle 3-33 angegeben.

Tabelle 3-33 Erwartete jährliche effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen während des Betriebs des KKW infolge der Null-Variante (ohne DSL KKW-1 und KKW-2)

Alterskategorie	Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
Null-Variante	0,00034	0,00036	0,00054	0,00046	0,00044	0,00053

Definitive Stilllegung von KKW-1 und KKW-2

Nach der Abschaltung von KKW-1 und KKW-2 wird die definitive Stilllegung eingeleitet. Die Vorbereitungen für den Rückbau von KKW-1 und KKW-2 finden in diesem Zeitraum statt. Es wird erwartet, dass während der DSL-Phasen 2, 3 und 4 flüssige radioaktive Abfälle anfallen. Diese sind:

- Prozesswasser, das bei der chemischen Dekontamination verwendet wird
- Prozesswasser aus dem Primärkreislauf und anderen Kreisläufen in der radiologischen Zone
- Prozesswasser aus dem Brennstoffbecken und den zugehörigen Kreisläufen

Alle diese Abwasserströme gelangen in die WAA erfasst und werden dort aufbereitet. Dort wird die vorhandene Aktivität unter anderem durch Verdampfung so weit wie möglich aus dem Wasser entfernt, danach werden die radioaktiven Konzentrate als fester radioaktiver Abfall entsorgt.

In Vorbereitung der DSL hat Electrabel veranschlagt, wie viel flüssige Aktivität während der DSL freigesetzt wird. Diese Schätzung wurde auf der Grundlage von DSL-Arbeiten in deutschen Kernkraftwerken in den letzten zehn Jahren vorgenommen. Electrabel geht davon aus, dass die flüssigen Ableitungen einem ähnlichen Trend folgen werden wie die flüssigen Ableitungen aus diesen deutschen Kernkraftwerken. Basierend auf dieser Schätzung wurde die erwartete Kollektivdosis während der DSL für KKW-1 und KKW-2 berechnet und ist in Abbildung 3-31 und Abbildung 3-32 dargestellt. Es wurde der folgende Zeitplan verwendet (siehe Abschnitt 1.1.3 für die in den verschiedenen Phasen durchgeführten Arbeiten):

- DSL-Phase 1 findet im ersten Jahr der DSL statt.
- DSL-Phase 2 findet daraufhin im ersten Jahr des DSL-Zeitraums statt.
- DSL Phase 3 läuft über das zweite, dritte und vierte Jahr der DSL.
- DSL-Phase 4 findet im fünften Jahr der DSL statt.

Es ist anzumerken, dass die flüssigen Ableitungen mit den zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgeführten Arbeiten zusammenhängen. Die Planung für KKW-1 und KKW-2 kann sich daher leicht von der Planung der betrachteten deutschen KKW unterscheiden, so dass nicht alle ähnlichen Arbeiten zur gleichen Zeit durchgeführt werden. Daher kann der Trend der abnehmenden Gesamtmenge an flüssigen Ableitungen leicht schwanken.

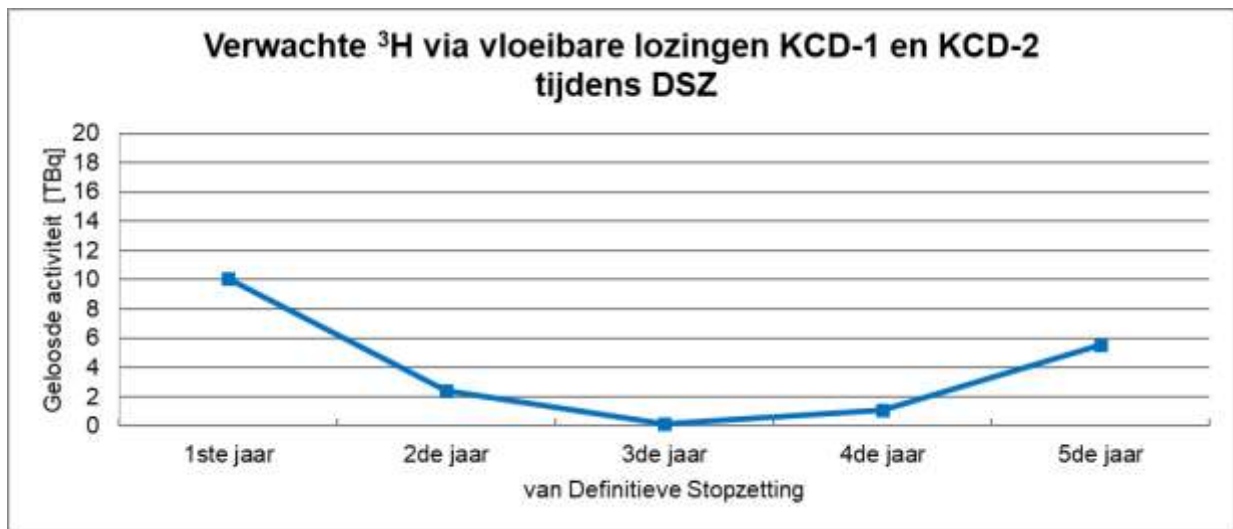


Abbildung 3-31 Erwartete ³H über flüssige Ableitungen durch die Arbeiten an KKW-1 und KKW-2 während der DSL.

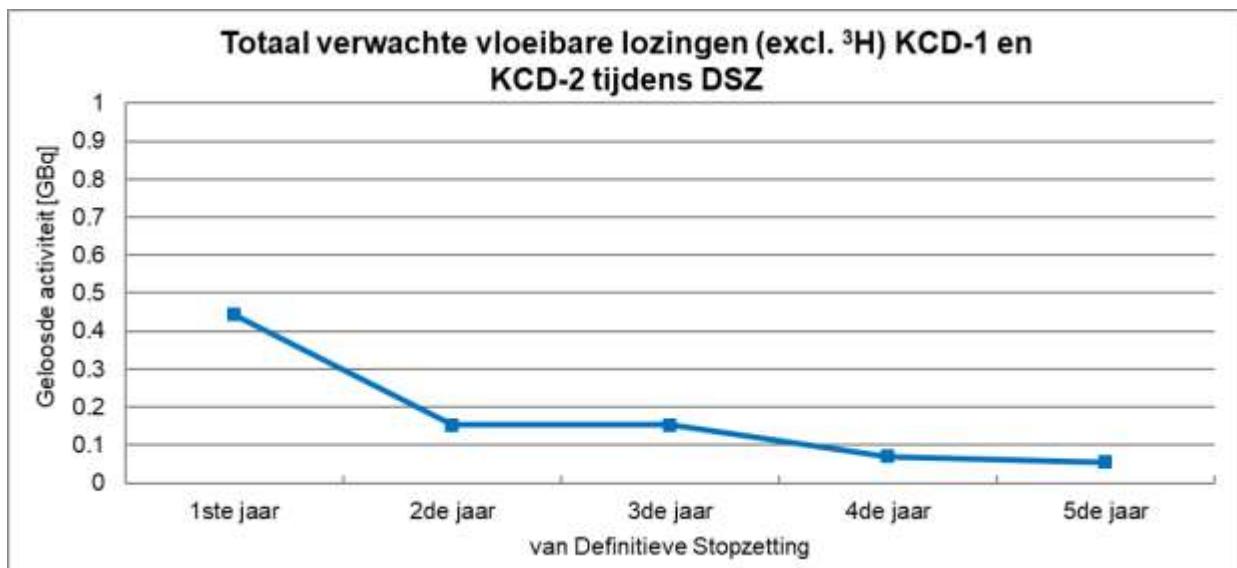


Abbildung 3-32 Summe der erwarteten flüssigen Ableitungen (ohne ³H) durch den Betrieb von KKW-1 und KKW-2 während der DSL.

Die Dauer der DSL und der damit verbundenen Arbeiten, sei es beim Projekt oder der Null-Variante, ist dieselbe. Daher werden sich die abgeleitete Aktivität und die effektive Folgedosis während der beiden Szenarien nicht unterscheiden. Im Falle des Projekts beginnt die DSL-Phase erst zehn Jahre später.

3.4.4.4 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Die flüssigen Ableitungen werden in die Schelde eingeleitet, die über niederländisches Gebiet in die Nordsee fließt.

Dosiseffekte an der niederländischen Grenze

Die belgisch-niederländische Grenze befindet sich ca. 6 km flussabwärts von der Einleitstelle des KKW, wodurch die abgeleiteten Radionuklide relativ schnell nach ihrer Ableitung niederländisches Gebiet erreichen. Es wird konservativ angenommen, dass die Exposition gegenüber Radioelementen aus flüssigen Ableitungen an der niederländischen Grenze dieselbe ist wie für die am stärksten exponierte Person an der Standortgrenze des KKW. Dies ist eine konservative Annahme, da die niederländische Grenze in größerer Entfernung liegt und daher die freigesetzten Radionuklide verdünnt sind, wenn sie die Grenze erreichen, und somit eine geringere Exposition besteht.

Basierend auf den flüssigen Ableitungen des gesamten KKW sowie der Ableitungen des KKW-1 und KKW-2 im Jahr 2014 wurde mithilfe einer von der FANK akzeptierten Methode die effektive Folgedosis an der niederländischen Grenze für sechs verschiedene Alterskategorien berechnet. Die Ergebnisse für die jährliche Folgedosis sind in Tabelle 3-34 bzw. Tabelle 3-35 zusammengefasst [Tractebel, 2020b]. Die Berechnungen für das Jahr 2014 zeigen, dass die effektive Folgedosis deutlich unter der auf den genehmigten Ableitungsgrenzwerten basierten effektiven Folgedosis liegt und damit deutlich unter dem Grenzwert von 1 mSv pro Jahr bleibt. Die flüssigen Ableitungen bleiben über die Jahre in der Ausgangssituation konstant, so dass jedoch zu erwarten ist, dass die effektive Folgedosis an der niederländischen Grenze signifikant schwankt.

Tabelle 3-34 Effektive Folgedosis an der niederländischen Grenze durch flüssige Ableitungen des gesamten KKW im Jahr 2014

	Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2014	0,00046	0,00052	0,00064	0,00052	0,00049	0,00060
Basierend auf zulässigen Grenzwerten	0,0080	0,0050	0,20	0,18	0,23	0,23

Tabelle 3-35 Effektive Folgedosis an der niederländischen Grenze durch flüssige Ableitungen des KKW-1 und KKW-2 im Jahr 2014

	Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen KKW-1 und KKW-2 [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2014	0,00014	0,00016	0,0002	0,00016	0,00016	0,00020
Basierend auf zulässigen Grenzwerten	0,0027	0,0017	0,066	0,060	0,076	0,076

Der niederländische Erlass vom 23. Oktober 2017 zum Schutz von Personen vor den Gefahren ionisierender Strahlung (*Bbs*) legt in Artikel 9.2.1 fest, dass die maximale Dosis für ein Mitglied der niederländischen Bevölkerung, die aus dem Betrieb einer kerntechnischen Anlage herkommt, den Wert von 0,1 mSv pro Jahr nicht überschreiten darf. Obwohl dies der niederländische Dosisgrenzwert für gasförmige und flüssige Ableitungen sowie für Direktstrahlung ist, liegt die Dosis, die sich aus flüssigen Ableitungen aufgrund der in diesem Abschnitt beschriebenen Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 ergibt, deutlich darunter. Die Auswirkungen des gesamten Projekts, einschließlich flüssiger Ableitungen und direkter Strahlung, werden in Abschnitt 3.4.8 beschrieben.

Dosiseffekte an der Grenze zu anderen umliegenden Ländern

Für die anderen Nachbarländer Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien sind die Dosen aufgrund von radioaktiven Flüssigkeitsableitungen in die Schelde schwieriger abzuschätzen als für atmosphärische Ableitungen, weil der Transportweg zu diesen Ländergrenzen komplex ist und weil die Ausbreitung radioaktiver Ableitungen im Wasser stärker lokalisiert ist und von lokalen Bedingungen abhängt als dies bei atmosphärischen Ableitungen der Fall ist. Angesichts der Entfernung von KKW von der Grenze der anderen Länder können die Dosen aufgrund von Flüssigkeitseinleitungen als vernachlässigbar angesehen werden [Tractebel, 2020b].

3.4.4.5 Monitoring

Die radiologische Überwachung auf dem belgischen Staatsgebiet wird periodisch von der FANK durchgeführt. Insbesondere in den Bereichen in der Nähe der Nuklearstandorte werden die Messungen vorgenommen. So kann beurteilt werden, ob die Qualität der Umwelt in Bezug auf die Radioaktivität weiterhin zufriedenstellend ist. Zur Überwachung von radioaktiven Stoffen, die aus flüssigen Ableitungen herkommen, werden in regelmäßigen Abständen nachstehende Proben genommen und analysiert:

- das Wasser selbst (Konzentration der Radioaktivität im Wasserlauf)
- das Sediment (Ablagerung von Radioaktivität im Wasserlauf)
- Algen, Wasserpflanzen (Übertragung von Radioaktivität aus dem Wasser auf die Wasserflora)
- Fische, Krebstiere (Übertragung von Radioaktivität aus dem Wasser auf die aquatische Fauna)

Dies geschieht stromaufwärts und stromabwärts der Einleitstelle in unterschiedlichen Entfernungen zu einem Nuklearstandort. Vorgelagerte Probenahmen können als Referenz dienen, um den radiologischen Fußabdruck der betreffenden Anlage in Bezug auf die natürliche Hintergrundstrahlung der Umgebung zu bewerten.

Derzeit werden auf belgischem Gebiet jährlich mehr als 4660 Proben zur radiologischen Überwachung genommen, dabei werden 28 000 Analysen zur Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung durchgeführt.

Der Standort Doel liegt an der Schelde, die Teil des Schelde- und Nete-Beckens ist. Im gesamten Becken werden jährlich mehr als 1230 Proben genommen, an denen mehr als 3730 Radioaktivitätsmessungen durchgeführt werden. Das radiologische Überwachungsprogramm des Scheldebeckens in der Umgebung des Standorts Doel ist in Tabelle 3-36 dargestellt.

Tabelle 3-36 Radiologisches Überwachungsprogramm des Schelde- und Nettebeckens [FANK, 2019a]

Gegenstand	Art der Messung	Häufigkeit der Probenahme
Boden		
Dauerweide (Kolluvium-0,125 m ² in ~ 15 cm Tiefe + Graskurzschnitt)	γ-Spektrometrie: ⁷ Be, ¹³⁴⁻¹³⁷ Cs, ⁽⁵⁷⁾⁻⁵⁸⁻⁶⁰ Co, ⁵⁴ Mn, ⁶⁵ Zn, ^{110m} Ag, ⁴⁰ K, ²²⁶⁻²²⁸ Ra, ²²⁸ Th	Jährlich
Fluss		
Wasser	γ-Spektrometrie: ⁷ Be, ¹³⁴⁻¹³⁷ Cs, ¹⁴¹⁻¹⁴⁴ Ce, ¹⁰³⁻¹⁰⁶ Ru, ⁹⁵ Zr, ⁹⁵ Nb, ²²⁶ Ra	Alle 2 Wochen
	Gesamt β-Spektrometrie, α gesamt, ³ H, ⁴⁰ K	Alle 2 Wochen
Sedimente	γ-Spektrometrie: ⁷ Be, ¹³⁴⁻¹³⁷ Cs, ⁽⁵⁷⁾⁻⁵⁸⁻⁶⁰ Co, ⁵⁴ Mn, ⁶⁵ Zn, ^{110m} Ag, ⁴⁰ K, ²²⁶⁻²²⁸ Ra, ²²⁸ Th	Alle 4 Wochen
Krabben (Flussmündung stromabwärts von Doel (Kieldrecht))	γ-Spektrometrie: ⁷ Be, ¹³⁴⁻¹³⁷ Cs, ⁽⁵⁷⁾⁻⁵⁸⁻⁶⁰ Co, ⁵⁴ Mn, ⁶⁵ Zn, ^{110m} Ag, ⁴⁰ K, ²²⁶⁻²²⁸ Ra, ²²⁸ Th	Vierteljährlich
Mollusken, Algen (Nordsee - Hoofdplaat & Kloosterzande)	⁹⁰ Sr, ²³⁸⁻⁽²³⁹⁺²⁴⁰⁾ Pu, ²⁴¹ Am, organisch ³ H, (⁹⁹ Tc für die Algen)	Vierteljährlich

In den Syntheseberichten der FANK [FANK,2013] [FANK,2014] [FANK,2015] [FANK,2016] [FANK,2017] [FANK,2018a] [FANK,2019a] gelangt diese zu dem Schluss, dass das Kernkraftwerk Doel keine messbaren radiologischen Auswirkungen auf die Schelde hat.

3.4.4.6 Reduzierungsmaßnahmen

Die getroffenen Maßnahmen bezüglich der flüssigen Ableitungen sind für KKW-1 und KKW-2 so ausgelegt, dass die geltenden Kriterien vollends erfüllt werden. Daher sind keine zusätzlichen Reduzierungsmaßnahmen erforderlich.

3.4.4.7 Wissenslücken

Die bestehenden Kenntnisse reichen aus, um die Auswirkungen der radioaktiven flüssigen Ableitungen dieses Projekts zu bestimmen. Trotz der Tatsache, dass nicht immer genaue Daten vorliegen, von welchem der vier Blöcke die Ableitungen aus der WAA herkommen. Für die aktuelle Bewertung wurde angenommen, dass ein Drittel der abgeleiteten flüssigen Aktivität, die aus der WAA stammt, aus dem Betrieb von KKW-1 und KKW-2 resultiert, sodass dieser Anteil ihnen zugewiesen wurde [Tractebel, 2019c].

3.4.4.8 Schlussfolgerungen

Infolge des Projekts werden radioaktiv kontaminierte Ableitungen gut zehn Jahre lang erfolgen. Die Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 wird keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt

haben, da die prognostizierte jährliche abgeleitete flüssige Aktivität ähnlich der jährlichen abgeleiteten Aktivität des LTO-Projekts sein wird. Die effektive Folgedosis, der Personen der Bevölkerung durch flüssigen Ableitungen ausgesetzt sein können, liegt deutlich unter dem Dosisgrenzwert und wird keine signifikanten Auswirkungen auf die Bevölkerung haben.

Bei der Null-Variante wird die endgültige Abschaltung von KKW-1 und KKW-2 zu weniger flüssigen radioaktiven Ableitungen führen, jedoch ist der Unterschied zur Ausgangssituation und dem Projekt vernachlässigbar.

Das Projekt hat keine signifikant messbaren Auswirkungen auf das niederländische Staatsgebiet und die Hoheitsgebiete der anderen an Belgien angrenzenden Länder, so dass grenzüberschreitende Auswirkungen infolge flüssiger Ableitungen ebenso ausgeschlossen werden können.

3.4.5 Radioaktiver Abfall

Beim Betrieb eines Kernkraftwerks fallen viele verschiedene Abfallströme an, von denen die meisten nicht-radioaktiv sind und als nicht-radioaktiver (konventioneller) Abfall entsorgt werden. Nur ein Teil der Abfallströme enthält signifikante Mengen an Radionukliden und muss als radioaktiver Abfall entsorgt werden. In diesem Abschnitt wird nur der Teil der radioaktiven Abfälle betrachtet. Die Umweltauswirkungen von nicht-radioaktivem Abfall werden in Abschnitt 2.9 betrachtet.

Die sichere Entsorgung radioaktiver Abfälle zur Endlagerung in Belgien liegt in der Verantwortung der Nationalen Agentur für radioaktive Abfälle und angereicherte spaltbare Materialien (ONDRAF/NIRAS) und ihrer Tochtergesellschaft Belgoprocess. Die Entsorgung des radioaktiven Abfalls erfolgt durch seine Isolierung von der Umwelt, bis seine Aktivität infolge des Zerfalls unter die in Belgien geltenden Freigabewerte gesunken ist. Diese Werte beruhen auf internationalen Richtlinien wie ICRP und IAEA sowie der belgischen Gesetzgebung.

Die mit der Entsorgung und Lagerung der Abfälle verbundenen Kosten werden nach dem ‚Verursacherprinzip‘ getragen. Die Erzeuger der Abfälle finanzieren anteilig zu den anfallenden Mengen die Entsorgung und Lagerung.

Die Behandlung radioaktiver Abfälle hängt sehr stark von ihrer Aktivität und ihrer Lebensdauer ab, so dass die Abfälle in Belgien in drei Kategorien^{16,17} eingeteilt werden können, wie auch schematisch in Tabelle 3-37 dargestellt:

- **Kategorie A: kurzlebiger schwach- und mittelradioaktiver Abfall**
Abfälle der Kategorie A sind Abfälle, die Nuklide in niedrigen Aktivitätskonzentrationen mit kurzen Halbwertszeiten (30 Jahre oder weniger) enthalten. Die Lebensdauer radioaktiver Abfälle hängt von der Halbwertszeit der verschiedenen im Abfall vorhandenen Isotope ab). Beispiele

¹⁶ <https://fanc.fgov.be/nl/classificatie-van-afval-belgie> (Besuch: November 2019).

¹⁷ <https://www.niras.be/soorten-radioactief-afval> (Besuch: November 2019).

hierfür sind kontaminierte persönliche Schutzausrüstungen (z. B. Handschuhe), Reinigungsmaterialien, Filter und ausgetauschte Teile (z. B. Rohrabschnitte).

- **Kategorie B:** langlebige schwach- und mittelradioaktive Abfälle
Abfälle der Kategorie B sind Abfälle, die mit Alphastrahlern mit langer Halbwertszeit in höheren Konzentrationen kontaminiert sind als Abfälle der Kategorie A. Sie können auch unterschiedliche Mengen an Beta- und Gamma-emittierenden Nukliden enthalten.
Im Falle eines Kernkraftwerks gehören dazu Harze und, wenn ein Kernkraftwerk stillgelegt wird, bestimmte Teile des Reaktors.
- **Kategorie C:** langlebige hochradioaktive Abfälle.
Abfälle der Kategorie C sind hochradioaktive Abfälle, die große Mengen an Alpha-, Beta- und Gamma-emittierenden Nukliden enthalten. Aufgrund ihrer starken Aktivität geben sie meist mehr als 20 W/m³ Wärme ab.

Tabelle 3-37 Übersicht Kategorien radioaktiver Abfall.

	Schwachaktiver Abfall	Mittelaktiver Abfall	Hochaktiver Abfall
Kurzlebiger Abfall ($t_{1/2} < 30$ Jahre)	Kategorie A	Kategorie A	Kategorie C
Langlebiger Abfall ($t_{1/2} \geq 30$ Jahre)	Kategorie B	Kategorie B	Kategorie C

Etwa 95 % aller in Belgien erzeugten Abfälle fallen in die Kategorien A und B¹⁸. Hochradioaktive Abfälle (Kategorie C) fallen nur in begrenzten Mengen an, z. B. in Forschungsreaktoren und bei der Herstellung von medizinischen Isotopen. Während des Betriebs des KKW fällt kein Abfall der Kategorie C an.

Verbrauchte Brennelemente aus den KKW-Blöcken sind ebenfalls hochradioaktiv. Da in Belgien noch keine Entscheidung über eine eventuelle zukünftige Wiederaufbereitung von verbrauchten Brennelementen getroffen wurde (was die Gesamtmenge an hochradioaktivem Abfall reduzieren würde), werden diese verbrauchten Brennelemente vorerst nicht als Abfall betrachtet. Die Auswirkungen der Laufzeitverlängerung im Hinblick auf die verbrauchten Brennelemente (potenzieller Abfall der Kategorie C) ist daher in Abschnitt 3.4.6 beschrieben.

Der radioaktive Abfall wird aus Sicht des KKW weiter in zwei Kategorien unterteilt. Die erste Kategorie ist nicht konditionierter Abfall und die zweite Kategorie ist konditionierter Abfall. Der Unterschied zwischen diesen beiden Kategorien besteht darin, dass ersterer Belgoprocess in unkonditionierter Form bereitgestellt wird, während letzterer vom KKW vor Ort konditioniert und erst dann Belgoprocess bereitgestellt wird. Der unkonditionierte Abfall wird bei Belgoprocess weiter behandelt und konditioniert, so dass er den Anforderungen für die Entsorgung entspricht.

Eines der Grundprinzipien im Umgang mit radioaktiven Abfällen ist seine Vermeidung (Selektion an der Quelle) bzw. die größtmögliche Reduzierung der Menge an radioaktiven Abfällen. Wenn radioaktive

¹⁸ <https://fanc.be/nl/classificatie-van-afval-belgie> (Besuch: Dezember 2019)

Abfälle nicht vermieden werden können, ist die Aufbereitung darauf ausgerichtet, die endgültig zu entsorgende Gesamtmenge zu reduzieren. Die Reduzierung der Menge an schwach- und mittelradioaktivem Abfall liegt in der Verantwortung eines jeden innerhalb der KKW-Organisation.

Alle Abfälle aus dem nuklearen Teil der Anlagen werden zunächst als radioaktiver Abfall betrachtet. Ein Teil dieses Abfalls ist jedoch potenziell nicht radioaktiv und kann nach möglicher vorheriger Dekontamination und Freigabe als Haus- und/oder Industrier Müll entsorgt werden. Man ist nach Kräften bemüht, den Anteil des radioaktiven Abfalls zu minimieren. Daher hat die Dekontaminierung und Freigabe der Abfälle gemäß den gesetzlichen Vorgaben Vorrang, [ARBIS].

Die regulatorischen Freigabekriterien [ARBIS] basieren auf internationalen Richtlinien [IAEA, 2014][EU, 2013], die auf der Grundlage von internationalen Studien [IAEA, 2005] erstellt wurden. Hierbei wurden Radionuklidkonzentrationen ermittelt, die unter ungünstigen Bedingungen zu einer maximalen effektiven Folgedosis von 10 $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$ führen können, eine Dosis, die als trivial angesehen wird. Das Freigabekonzept wurde erstellt, um zu verhindern, dass das Regulierungssystem für radioaktive Stoffe durch (sehr) große Mengen von Abfällen mit praktisch keiner Radioaktivität, z. B. durch Dekontamination oder Zerfall, überlastet wird, so dass hierdurch keine nennenswerte Gefahr für die Bevölkerung entsteht.

Für den verbleibenden Teil, also die nicht freizugebenden radioaktiven Abfälle, werden die Mengen so weit wie möglich reduziert. Je nach den physikalischen und radiologischen Eigenschaften des Abfalls können unterschiedliche Aufbereitungstechniken genutzt werden. Der radioaktive Abfall wird hauptsächlich in den Anlagen des WAA-Gebäudes (Wasser- und Abfallaufbereitungsgebäude) behandelt. Die Anlagen in der WAA sind darauf ausgerichtet, Abfälle aus allen nuklearen KKW-Blöcken zu bearbeiten und zu entsorgen. Die Anlagen umfassen Einrichtungen zur Dekontamination, zur Freimessung des Abfalls, zur Eindampfung von flüssigen Abfällen und Konditionierungsanlagen.

Die verschiedenen Abfallgruppen, bei denen das Volumen maximal reduziert wird, sind:

- **Brennbarer Abfall**
Nach der Volumenreduzierung in der WAA wird der brennbare Abfall als nicht konditionierter Abfall zwecks Verbrennung zu Belgoprocess verbracht. Bei Belgoprocess wird der Abfall durch Verbrennung weiter reduziert. Die Restfraktion (Asche) mit den aufgefängenen radioaktiven Stoffen wird konditioniert.
- **Nicht brennbarer Abfall**
Nicht brennbare Abfälle oder verdichtbare Abfälle werden in mehrere Abfallströme unterteilt. Unter anderem werden die verschiedenen Metalle von den diversen kompaktierbaren Abfällen getrennt, um jeden einzelnen Abfallstrom so weit wie möglich zu reduzieren. In den Doel-Anlagen wird der kompaktierbare Abfall zunächst verdichtet (mit einer 16-Tonnen- oder 100-Tonnen-Pressen) und anschließend als unkonditionierter Abfall zu Belgoprocess verbracht. Dort wird er mit einer 1000-Tonnen-Pressen ein zweites Mal gepresst. Der verdichtete Abfall wird anschließend konditioniert.

- Filter

Um möglichst viele radioaktive Partikel aus der Luft zu entfernen, wird die Luft aus dem Kontrollbereich kontinuierlich durch Vorfilter, Aktivkohlefilter (für Jod) und Absolutfilter gefiltert (siehe Abschnitt 3.4.3). Die BelüftungsfILTER dieser Anlagen werden, je nach ihren physikalischen Eigenschaften, ebenfalls als brennbarer oder kompaktierbarer Abfall aufbereitet und als nicht konditionierter Abfall zu Belgoprocess verbracht.

Die Flüssigkeitsfilter aus den Kreisläufen des nuklearen Teils der Anlagen werden, wenn möglich, ebenfalls gepresst und in einer Betonmischung konditioniert.

- Flüssige Abfälle

Das Volumen des radioaktiven Flüssigabfalls wird hauptsächlich durch Verdampfung reduziert. Die in der Flüssigkeit vorhandenen radioaktiven Stoffe werden im ‚Konzentrat‘ gesammelt, und der nicht-radioaktive Teil der Flüssigkeiten, die Kondensate, können nach vorheriger Kontrolle abgeleitet werden (siehe Abschnitt 3.4.4). Das ‚Konzentrat‘ wird in der Konditionierungsanlage von Doel zu konditioniertem Abfall weiterverarbeitet. Nach Zulassung durch ONDRAF/NIRAS wird der konditionierte Abfall zwecks Entsorgung zu Belgoprocess verbracht. Die Zulassung umfasst die Gesamtheit der von ONDRAF/NIRAS durchgeführten Überprüfungen, um sicherzustellen, dass der Abfall die geltenden Zulassungskriterien erfüllt.

- Harze

Radioaktive Harze aus Ionentauschern, die für die Reinigung von Kreisläufen eingesetzt werden, werden nicht verdichtet, sondern wie das Konzentrat zu konditioniertem Abfall verarbeitet. Die Harze werden mit einer Betonmischung vermischt.

- Schutzkleidung

Die Verwendung von Einweg-Schutzkleidung (radioaktiver Abfall) wird in den nuklearen Anlagenteilen durch den Einsatz waschbarer Schutzkleidung so weit wie möglich eingeschränkt. Diese wiederverwendbare persönliche Schutzausrüstung (PSA) wird in der Spezialwäscherei des WAB-Gebäudes gereinigt. Das Wäschereiwasser wird nach Filterung und Vorkontrolle abgeleitet.

Die Behandlung der radioaktiven Abfälle erfolgt stets unter Berücksichtigung der Anforderungen von ONDRAF/NIRAS. Die von ONDRAF/NIRAS gestellten Voraussetzungen, die der Abfall erfüllen muss, wurden in die verschiedenen ACRIA (Acceptance CRITERIA) aufgenommen und entsprechen der geltenden Gesetzgebung. Die Zulassungskriterien sind abhängig von der Art des Abfalls und der jeweiligen Abfallkategorie des Abfalls. Sowohl die Anlagen als auch die Behandlung zur Charakterisierung und Erzeugung radioaktiver Abfälle erfüllen die von ONDRAF/NIRAS gestellten Anforderungen. So werden alle radioaktiven Abfälle gemäß den geltenden Vorschriften identifiziert und dokumentiert, bevor sie an Belgoprocess übergeben werden.

Die Verwaltung der radioaktiven Abfälle bei der ONDRAF/NIRAS kann in folgende Schritte unterteilt werden¹⁹:

- **Zulassung und Transport**
Nach der Zulassung durch die ONDRAF/NIRAS wird der Abfall zu Belgoprocess in Dessel zur eventuellen Weiterverarbeitung verbracht.
- **Verarbeitung und Zwischenlagerung**
Bei Belgoprocess wird unkonditionierter radioaktiver Abfall zu Gebinden verarbeitet und konditioniert. Alle Gebinde müssen die Anforderungen an die Konzentration, die Umschließung und die Dauerhaftigkeit erfüllen und somit eine sichere Langzeitunterbringung ermöglichen. Bis zur oberirdischen Lagerung werden die Abfälle in Gebinden in speziellen Gebäuden zwischengelagert. Die eingelagerten Gebinde müssen im Laufe der Zeit überwacht werden, um sicherzustellen, dass sie weiterhin die geltenden Zulassungskriterien erfüllen. Durch die Wahl der Materialien und Wandstärken bieten die Gebäude abhängig von den radiologischen Eigenschaften der Abfälle einen ausreichenden Schutz gegen ionisierende Strahlung.
- **Oberflächenlagerung**
Für radioaktive Abfälle der Kategorie A bereitet ONDRAF/NIRAS die langfristige oberirdische Lagerung vor. Die Fässer werden in einen Betonbehälter eingekapselt, der seinerseits wiederum unterirdisch mit einer Betonschicht ummantelt wird. ONDRAF/NIRAS muss eine ausreichende Lagerkapazität für alle radioaktiven Abfälle in Belgien sicherstellen.
- **Geologische Entsorgung**
Derzeit erachtet ONDRAF/NIRAS die Lagerung in einem geologischen Endlager als beste Lösung für die Endlagerung der hochradioaktiven bzw. langlebigen Abfälle (Kategorien B und C). Der Abfall wird dann in einer stabilen Schicht tief unter der Erde isoliert, hinter einer ganzen Reihe von Barrieren. Diese Barrieren gewährleisten den Einschluss und verzögern oder zerstreuen im Falle eines Ausfalls die Freisetzung der Stoffe. In welcher Form und in welchem Umfang radioaktive Abfälle dort gelagert werden sollen, ist noch nicht endgültig geklärt. Insbesondere für Brennelemente (Kategorie C) gibt es die Optionen der Wiederaufarbeitung oder Nicht-Wiederaufarbeitung. Eine Entscheidung der belgischen Regierung hierzu steht jedoch noch aus.

3.4.5.1 Methodologie

Alle festen radioaktiven Abfälle werden im WAA-Gebäude gesammelt, wo sie behandelt, verpackt und schließlich entsorgt werden. Die Menge des radioaktiven Abfalls wird üblicherweise in Volumen ausgedrückt. Die entsorgten Mengen werden in den jährlichen Umwelterklärungen des KKW ausgewiesen [Electrabel, 2012][Electrabel, 2013a][Electrabel, 2014a][Electrabel, 2015b][Electrabel, 2016a][Electrabel, 2017a][Electrabel, 2018a]. Die Berichte weisen die Gesamtmenge an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen auf Jahresbasis für den gesamten Standort Doel aus. Innerhalb dieser UVP

¹⁹ <https://www.niras.be/het-afvalbeheer-nu-en-op-lange-termijn> (Besuch: Januar 2020)

wurde angenommen, dass ein Drittel der jährlichen Abfallmenge auf das KKW-1 und KKW-2 zurückgeführt werden kann.

Der wichtigste radiologische Umweltaspekt von Abfällen ist die ionisierende Strahlung. Solange sich der Abfall auf dem Gelände des KKW befindet, trägt er zur Dosis an der Standortgrenze bei. Diese ist jedoch Teil der Direktstrahlung an der Standortgrenze und wird dabei mitberücksichtigt (siehe Abschnitt 3.4.1).

Der Transport des Abfalls zu Belgoprocess zwecks weiterer Verarbeitung führt zu einer sehr geringen Dosis für die Umwelt entlang des Transportweges. Nach der Zulassung durch ONDRAF/NIRAS erfolgen die Transporte gemäß den ADR-Richtlinien für radioaktive Transporte. Die Dosisfolge für die Umwelt hierbei ist Null. Dieser Umweltaspekt wird in dieser UVP nicht weiter betrachtet.

Es wurde ein Vergleich zwischen den Mengen an radioaktivem Abfall aus dem Betrieb vor und nach der Umsetzung des Projekts ausgewertet.

3.4.5.2 Ausgangssituation

Die Gesamtmenge der schwach- und mittelaktiven Abfälle, die über die WAA zu Belgoprocess in der Ausgangssituation verbracht werden, ist in Tabelle 3-38 dargestellt [Electrabel, 2012][Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a].

Tabelle 3-38 Volumen der von KKW-1 und KKW-2 und KKW entsorgten schwach- und mittelradioaktiven Abfälle während der Ausgangssituation

Jahr	Volumen KKW-1&2 [m ³]	Volumen KKW [m ³]
2012	41,6	124,7
2013	42,0	125,9
2014	15,6	46,8
Mittelwert (2012-2014)	33,0	99,1

Der größte Teil des radioaktiven Abfalls fällt während des Betriebs und der jährlichen turnusmäßigen Überholungen an, wenn größere Wartungsarbeiten an Anlagen und Brennelementen durchgeführt werden. Die Schwankungen der Abfallmengen hängen von geplanten Wartungsarbeiten und Projekten ab. Derartige Arbeiten verursachen auch Schwankungen bei den Mengen der innerhalb der WAA verarbeiteten und entsorgten radioaktiven Abfälle. Dies erklärt eventuelle Unterschiede bei den Jahresmengen.

Für die vorliegende Umweltverträglichkeitsprüfung wird vorsichtshalber angenommen, dass die freigegebenen Abfälle des KKW zu einer maximalen effektiven Folgedosis von 10 µSv pro Jahr führen.

3.4.5.3 Folgenabschätzung

Die möglichen Folgen des radioaktiven Abfalls auf die Umwelt werden für beide zu behandelnden Szenarien bewertet:

- Durchführung des Projekts
Diese ist in zwei Phasen unterteilt, die jeweils in einem eigenen Abschnitt behandelt werden:

- Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018: LTO-Baumaßnahmen. Diese werden hauptsächlich bei Überholungsarbeiten durchgeführt. Electrabel betreibt in dieser Zeit sowohl das KKW-1 als auch das KKW-2.
- Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025): Der Betrieb nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen.
- Null-Variante: Das Projekt wird nicht realisiert und der Betrieb von KKW-1 und KKW-2 wird 2015 eingestellt.

Die Auswirkungen der Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 basieren auf den im Zeitraum (2012-2014; Ausgangssituation) erfassten Daten und werden für den Zeitraum 2015-2025 ermittelt. Wo es möglich war, wurden verfügbare Daten verwendet, um die erwarteten Auswirkungen anhand der realen Daten von 2015-2018 zu überprüfen. Bei der Bewertung des Projekts und der Null-Variante wird davon ausgegangen, dass die Umweltauswirkungen von KKW-3, KKW-4 und der WAA bis 2025 die gleichen bleiben wie bei der Ausgangssituation. Dies ist eine konservative Annahme²⁰.

3.4.5.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Da Projekte einen Einfluss auf die Gesamtmenge an schwach- und mittelradioaktiven Abfällen haben, wird die Umsetzung der verschiedenen Projekte in der Bauphase den Anteil der insgesamt entsorgten schwach- und mittelradioaktiven Abfälle aus den Anlagen KKW-1 und KKW-2 erhöhen (Tabelle 3-39). Angesichts des Zeitpunkts dieser Studie sind die Mengen an schwach- und mittelradioaktivem Abfall, die während der Bauphase erzeugt und entsorgt werden, bereits bekannt. Allerdings wurden in diesem Zeitraum nicht alle Abfälle aus der Bauphase in der WAA verarbeitet; es ist geplant, dass dies in den Jahren 2019 und 2020 erfolgen wird. Andererseits entspricht die durchschnittliche Menge der jährlich entsorgten schwach- und mittelradioaktiven KKW-Abfälle im Zeitraum 2015-2018 dem Jahresdurchschnitt der Ausgangssituation (2012-2014). Die jährlich entsorgten Mengen sind in Tabelle 3-39 aufgeführt. [Electrabel, 2016a] [Electrabel, 2017a] [Electrabel, 2018a] [Electrabel, 2019a].

Tabelle 3-39 Volumen der von KKW-1 und KKW-2 und KKW entsorgten schwach- und mittelradioaktiven Abfälle während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018

Jahr	Volumen KKW-1&2 [m ³]	Volumen KKW [m ³]
Ausgangssituation (2012-2014)	33,0	99,1
2015	36,1	108,2
2016	33,5	100,5
2017	31,7	95,1
2018	30,4	91,1
Mittelwert (2015-2018)	32,9	98,7

3.4.5.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Obwohl die Menge des jährlich anfallenden und entsorgten radioaktiven Abfalls aufgrund vieler Faktoren stark schwankt, kann auf Grundlage der Ausgangssituation festgestellt werden, dass durch den Betrieb

²⁰Weitere Erläuterungen zu dieser Annahme finden sich in Abschnitt 1.1.3

von KKW-1 und KKW-2 jährlich ca. 33 m³ an schwach- und mittelradioaktivem Abfall an ONDRAF/NIRAS abgeführt werden (Abbildung 3-33). Mit anderen Worten: Die jährliche Gesamtmenge des entsorgten Abfalls wird im Zeitraum 2019-2025 nicht von der Ausgangssituation abweichen. Wenn die Arbeiten des Projekts abgeschlossen sind, wird nicht erwartet, dass die Menge des von KKW-1 und KKW-2 erzeugten radioaktiven Abfalls von der Ausgangssituation abweicht.

Kumulierte Auswirkungen des Projekts

Der vorherige Abschnitt und Abschnitt 3.4.5.2 geben die jährlichen radioaktiven Abfallmengen für den Zeitraum 2015-2025 an. Wenn man diese addiert, ergibt sich die kumulierte Menge an radioaktivem Abfall aus dem LTO-Projekt für den Zeitraum 2015-2025; dies sind 363 m³.

3.4.5.3.3 Null-Variante

Im Falle der Null-Variante, kein LTO, werden die Reaktoren abgeschaltet und es wird 2015 die definitive Stilllegung (DSL) eingeleitet. Während der DSL und der anschließenden Stilllegung werden sowohl radioaktive als auch konventionelle Abfälle anfallen. Es wird erwartet, dass die jährlich anfallende Abfallmenge höher ist als beim regulären Betrieb. Dies ergibt sich aus der Verpflichtung zum Rückbau in den ursprünglichen Zustand (*greenfield*) und zur Beseitigung aller (radioaktiven und konventionellen) Materialien.

Es wird erwartet, dass die Menge des jährlich produzierten radioaktiven Abfalls abnimmt. Wie bereits in dieser UVP angedeutet, fallen schwach- und mittelradioaktive Abfälle hauptsächlich bei Überholungen und beim Austausch der Brennelemente an. Da es keinen Austausch von Brennelementen mehr geben wird, wird die Menge des jährlich anfallenden radioaktiven Abfalls abnehmen.

Allerdings wird während der verschiedenen DSL-Phasen weiterhin radioaktiver Abfall anfallen, da die Systeme zu unterschiedlichen Zeitpunkten stillgelegt werden. Zum Beispiel bleiben die Kühlsysteme in Betrieb, um die Abklingwärme abzuführen. Solche Systeme müssen auch nach der endgültigen Abschaltung bis zur Entfernung aller Brennelemente verfügbar bleiben und gewartet werden. Erst wenn alle Brennelemente entsorgt sind, können sie endgültig ausgemustert werden. Es ist für jede DSL-Phase unterschiedlich, welche Systeme noch vorhanden sein müssen und welche somit endgültig ausgemustert werden können.

Wie bereits erwähnt, beginnen die DSL-Arbeiten und der Rückbau bei der Null-Variante 10 Jahre früher als beim Projekt. Da die durchzuführenden Arbeiten in beiden Fällen gleich sind, dürften die Umweltauswirkungen in beiden Situationen gleich sein. Daher werden ab 2015 keine radioaktiven Abfälle durch den Betrieb von KKW-1 und KKW-2 mehr anfallen.

Im Rahmen der DSL-Arbeiten wird dies allerdings der Fall sein. In dieser UVP wurde konservativ angenommen, dass die Abfallmengen, die während der DSL-Phasen 1, 2 und 3 entsorgt werden, den Mengen entsprechen, die im Rahmen des Betriebs anfallen (siehe Abbildung 3-33). Es wird davon ausgegangen, dass nach Abschluss der DSL keine radioaktiven Abfälle mehr anfallen.

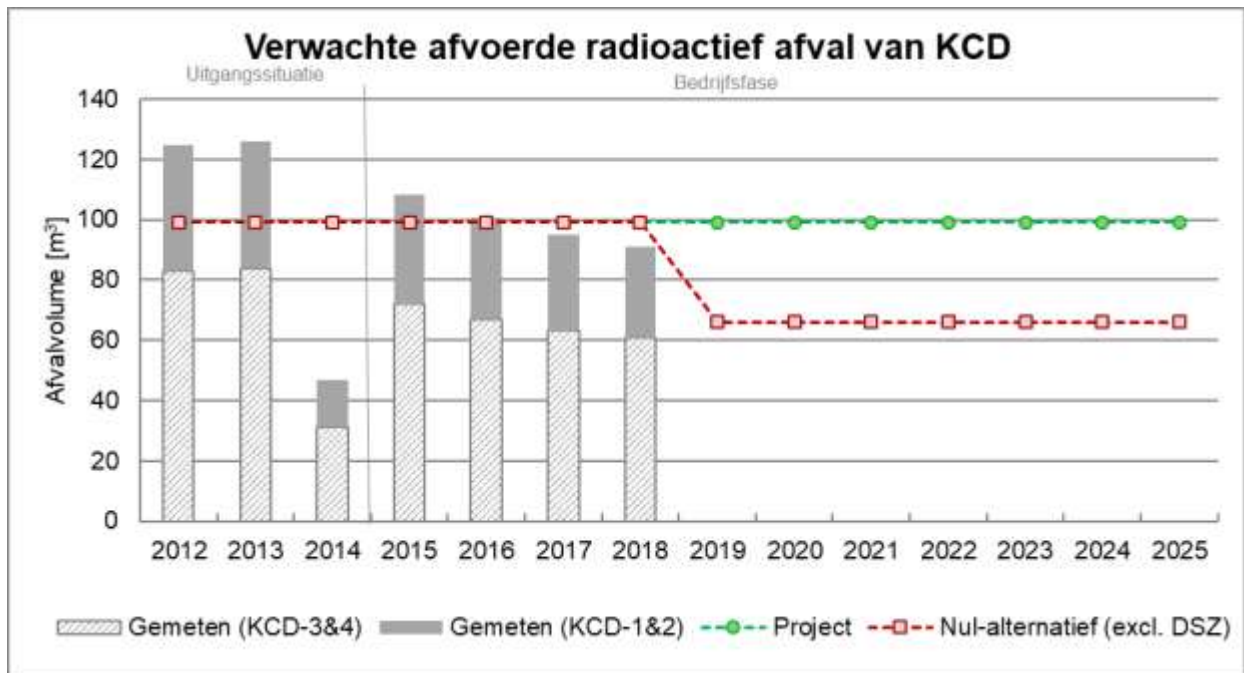


Abbildung 3-33 Gesamtvolumen (KKW-1 bis KKW-4) der entsorgten schwach- und mittelradioaktiven Abfälle und erwartete Mengen, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante. Die vertikalen Balken zeigen die tatsächlich gemessenen Werte, sofern verfügbar.

Definitive Stilllegung von KKW-1 und KKW-2

Während der definitiven Stilllegung fällt der größte Teil der radioaktiven Abfälle im Rahmen der betrieblichen Aktivitäten an. Dies fällt daher unter die bestehenden und validierten Kategorien radiologischer Abfälle und die damit verbundenen Verfahren zur Behandlung dieser Abfälle.

Es wird erwartet, dass die jährliche Menge an radioaktivem Abfall während der verschiedenen DSL-Phasen geringer sein wird als die jährliche Menge während der Betriebsphase. Außerdem werden die Mengen an radioaktivem Abfall aufgrund des geringeren Bedarfs an Wartung und Eingriffen in den Kreisläufe und Anlagen, die nach und nach stillgelegt werden, ebenfalls abnehmen. Eine Ausnahme bilden radioaktive Abfälle, die durch spezifische Arbeiten im Rahmen der DSL anfallen. Die wichtigsten Abfallströme sind nachfolgend dargestellt:

- Spülflüssigkeiten, die bei der chemischen Dekontamination verwendet werden
- Harze aus den Ionentauschern, die bei der chemischen Dekontamination verwendet werden
- Filter für die chemische Dekontamination
- Nicht spaltbare hochradioaktive Komponenten aus dem Reaktorbehälter
- Abwasser aus der Entleerung der Kreisläufe und des Abklingbeckens

Diese Abfälle werden, soweit möglich, auf die gleiche Weise behandelt wie die während des Betriebs anfallenden radioaktiven Abfälle. Die Abfälle aus den DSL-Arbeiten werden daher, wo immer möglich, auch in der WAA verarbeitet.

3.4.5.4 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Der gesamte anfallende Abfall wird auf belgischem Gebiet aufbereitet und gelagert, bis eine endgültige Lösung gefunden ist. NIRAS verwaltet den radioaktiven, von der Umwelt isolierten Abfall bis seine Aktivität infolge des Zerfalls unter die in Belgien geltenden Freigabewerte gesunken ist. Folglich sind keine grenzüberschreitenden Auswirkungen zu erwarten.

3.4.5.5 Monitoring

Die Abfallströme innerhalb des KKW werden von Electrabel überwacht und aufgezeichnet. Die Mengen an schwach- und mittelaktiven Abfällen, die aus dem KKW entfernt werden, werden von ONDRAF/NIRAS und Belgoprocess unter Aufsicht der Föderalen Agentur für Nuklearkontrolle (FANK) überwacht.

3.4.5.6 Reduzierungsmaßnahmen

Um das Gesamtvolumen an schwach- und mittelaktivem Abfall zu minimieren, wird fester Abfall im hierzu bestimmten Gebäude für die Wasser- und Abfallaufbereitung (WAA) verarbeitet (gepresst und geschreddert) und verbrannt (Belgoprocess). Der Einsatz dieser Techniken führt zu einer starken Volumenreduzierung des Abfalls.

3.4.5.7 Wissenslücken

Die bestehenden Kenntnisse reichen aus, um die Auswirkungen des radioaktiven Abfalls dieses Projekts zu bestimmen. Trotz der Tatsache, dass die genaue Herkunft der Abfälle, die aus der Wasser- und Abfallbehandlungsanlage abgeleitet werden, nicht immer eindeutig einer bestimmten Einheit zugeordnet werden kann. Das gesamte Abfallaufkommen hängt ebenfalls von zahlreichen Faktoren ab und ist daher sehr schwer vorherzusagen. Bei dieser UVP wurde angenommen, dass ein Drittel der jährlichen Abfallmenge auf das KKW-1 und KKW-2 zurückgeführt werden kann.

3.4.5.8 Schlussfolgerungen

Infolge der Laufzeitverlängerungen von KKW-1 und KKW-2 werden für weitere zehn Jahre (2015-2025) schwach- und mittelaktive Abfälle anfallen. Die Art der durchgeführten Aktivitäten in der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 unterscheidet sich von der Art der regulären Aktivitäten in der Ausgangssituation. Es ist daher plausibel und durch praktische Zahlen für die Jahre 2015-2018 belegt, dass es bei den anfallenden Abfallmengen zu Unterschieden kommt. Der Anteil der Strahlung an der Standortgrenze, der von radioaktiven Abfällen stammt, kann nicht separat bestimmt werden, da die Thermolumineszenz-Dosimeter die Strahlung aller am Standort vorhandenen Quellen global erfassen. Doch es kann insgesamt geschlossen werden, dass dieses Projekt keine signifikanten Auswirkungen auf die Umwelt in Bezug auf direkte Strahlung haben wird (siehe Abschnitt 3.4.1).

Im Gegensatz dazu fallen bei der Null-Variante über den gesamten Zeitraum 2015-2025 weniger schwach- und mittelaktive Abfälle durch den Betrieb im Vergleich zu diesem Projekt an. Während des DSL-Zeitraums fallen neben den radioaktiven Abfällen aus den betrieblichen Aktivitäten, deren Menge mit dem Fortschreiten der DSL abnimmt, auch einmalige radioaktive Abfallströme durch spezifische DSL-Maßnahmen an. Es wird erwartet, dass die Mengen an radioaktivem Abfall über den gesamten DSL-Zeitraum auf Jahresbasis geringer sein werden als die Mengen während des Betriebszeitraums.

Alle anfallenden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle (Kategorie A und B) werden auf belgischem Gebiet verarbeitet und oberirdisch gelagert. Folglich sind keine grenzüberschreitenden Auswirkungen zu erwarten. Letzteres wird durch die Stellungnahme der Europäischen Kommission²¹ bestätigt.

3.4.6 Verbrauchte Brennelemente

Die Reaktoren KKW-1 und KKW-2 enthalten Kernbrennstoffelemente. In diesen Elementen wird das vorhandene gering angereicherte Uran (zwischen 3 und 5 %) gespalten, wobei Wärme freigesetzt wird. Diese Wärme wird über die Systeme des Kernkraftwerks zur Stromerzeugung genutzt. Durch die Spaltreaktion erschöpfen sich die Brennelemente und müssen ersetzt werden. Nach vier 12-monatigen Zyklen werden sie aus dem Kern entfernt. Obwohl die verbrauchten Brennelemente noch weitgehend aus Uran bestehen, wird ein Teil des Urans in zum Teil noch radioaktive Spaltprodukte aufgespalten.

Aufgrund der hohen Aktivität und der daraus resultierenden Nachwärmeentwicklung müssen verbrauchte Brennelemente im gemeinsamen Brennstoffbecken des Gebäudes für nukleare Notdienste (GND) gelagert werden. Die Elemente werden im GND für einen Zeitraum von mehreren Jahren zwischengelagert. Nach dieser Abklingzeit werden die Elemente in einem *Dual Purpose Cask* (DPC)²² eingebracht und versiegelt. Der DPC dient der Abschirmung gegen ionisierende Strahlung. Der DPC wird dann zum Brennstoffcontainer-Gebäude (BCG) verbracht, wo der DPC unter kontrollierten Bedingungen zwischengelagert wird, bis eine Entscheidung über ein geeignetes Endlager (geologische Endlagerung und/oder Wiederaufbereitung) getroffen wird.

1993 verhängte die belgische Regierung ein Moratorium für die Wiederaufbereitung von verbrauchten Brennelementen. Das bedeutet, dass die belgische Regierung noch nicht entschieden hat, ob diese Brennelemente wiederaufgearbeitet werden oder nicht:

- Wiederaufarbeitung

Das Uran wird vom Plutonium und den Spaltprodukten getrennt. Das Plutonium und das Uran werden für die Herstellung neuer Brennelemente wiederverwendet. Die Spaltprodukte werden verglast. Dieser verglaste hochaktive Abfall wird dann bis zur Endlagerung zwischengelagert. Durch die Wiederaufarbeitung kann das Volumen der gelagerten hochradioaktiven Abfälle stark reduziert werden. Dadurch wird die erforderliche Kapazität eines Endlagers mit den damit verbundenen Kosten- und Sicherheitsvorteilen reduziert. Dies wird jedoch zu einem Anstieg der schwach- und mittelaktiven Abfälle führen, was eine Erhöhung der Kapazität des entsprechenden Endlagers erfordert.

²¹ <https://op.europa.eu/nl/publication-detail/-/publication/682dfad5-257f-11eb-9d7e-01aa75ed71a1/language-nl> (Besuch: Dezember 2020)

²² Ein Dual Purpose Cask kann sowohl für die Zwischenlagerung als auch für den Transport innerhalb und außerhalb der Anlage verwendet werden.

- Keine Wiederaufarbeitung
Die abgebrannten Brennelemente gelten in ihrer Gesamtheit als Abfall und werden bis zur Endlagerung gelagert.

Bis zur Entscheidung der belgischen Regierung müssen alle verbrauchten Brennelemente am Standort zwischengelagert werden [EU, 2013] und gelten bis auf Weiteres nicht als radioaktiver Abfall. Dies hat zur Folge, dass sich die Anzahl der am Standort gelagerten verbrauchten Brennelemente mit jedem Betriebsjahr erhöht.

Der wichtigste Umweltaspekt bei verbrauchten Brennelementen ist die radiologische Strahlung. Da alle verbrauchten Brennelemente bis zur Entscheidung über die Wiederaufarbeitung am KKW-Standort verbleiben, kann nur die radiologische Strahlung betrachtet werden. Diese ist jedoch Teil der Direktstrahlung an der Standortgrenze und wird dabei mitberücksichtigt (siehe Abschnitt 3.4.1). Der Strahlungsanteil von verbrauchten Brennelementen an der Standortgrenze kann nicht bestimmt werden, da die an der Standortgrenze befindlichen Thermolumineszenz-Dosimeter die Strahlung aller auf dem Gelände vorhandenen Quellen global erfassen und nicht zwischen den jeweiligen Strahlungsquellen unterscheiden können.

3.4.6.1 Methodologie

Ein Zyklus des KKW-1 und KKW-2 dauert bis zu zwölf Monate, danach werden die Brennelemente im Kern neu eingeteilt, um die Abnahme des Brennstoffs in einem Element auszugleichen. Pro durchschnittlichem Zyklus wird etwa ein Viertel der Brennelemente durch neue Elemente ersetzt. Die genaue Anzahl der neuen Elemente hängt von verschiedenen Faktoren wie der Abbrandrate, der Leistungsverteilung über den Reaktorkern und der erzeugten Strommenge ab. Aufgrund von Arbeiten, Störungen und anderen Faktoren kann die Dauer der Zyklen und Überholungsarbeiten stark variieren, was auch bedeutet, dass die Anzahl der pro Zyklus verbrauchten Brennelemente stark schwanken kann [Tractebel, 2015]. Die verbrauchten Brennelemente werden für mindestens drei Jahre im Brennstoffbecken gelagert, bevor sie in das BCG entsorgt werden. Für die Zwecke dieser UVP wird davon ausgegangen, dass über mehrere Jahre betrachtet die jährliche durchschnittliche Anzahl der verbrauchten Brennelemente gleich der jährlichen durchschnittlichen Anzahl der entsorgten Brennelemente ist.

Die Anzahl der entsorgten Brennelemente ist den veröffentlichten Umwelterklärungen von Electrabel entnommen [Electrabel, 2013a][Electrabel, 2014a][Electrabel, 2015b][Electrabel, 2016a][Electrabel, 2017a][Electrabel, 2018a]. Dort wird die Anzahl der Brennelemente pro Jahr veröffentlicht; daher wird in der Methodik die Jahresbasis betrachtet.

3.4.6.2 Ausgangssituation

Die Anzahl der verbrauchten Brennelemente variiert stark von Jahr zu Jahr, unter anderem ist sie von der Energieproduktion und der Dauer der Zyklen abhängig. Da die Brennelemente im Durchschnitt jedes Jahr ausgetauscht werden, kann es vorkommen, dass in einem bestimmten Jahr keine Elemente entsorgt werden, oder dass die entfernten Elemente aus mehreren Zyklen in einem einzigen Jahr entsorgt werden. Die Anzahl der entsorgten Brennelemente pro Anlage ist in Tabelle 3-40 dargestellt [Electrabel, 2013a] [Electrabel, 2014a] [Electrabel, 2015b].

Um diese starken jährlichen Schwankungen zu mitteln, wird anstelle des Durchschnittswerts der Ausgangssituation [Electrabel, 2012] der Mehrjahresdurchschnitt verwendet, der in Tabelle 3-40 dargestellt ist. Die Anzahl der entsorgten Brennelemente in der Ausgangssituation entspricht den in Tabelle 3-40 dargestellten Mehrjahresdurchschnitten.

Tabelle 3-40 Jährlich entsorgte Brennelemente aus KKW-1, KKW-2 und KKW während der Ausgangssituation, die aus dem zugehörigen Brennelementbecken zum BCG verbracht wurden.

	KKW-1	KKW-2	KKW
Mehrjahresdurchschnitt	32	32	168
2012	36	22	162
2013	0	32	32
2014	36	28	120

3.4.6.3 Folgenabschätzung

Die möglichen Folgen des Verbrauchs von Kernbrennstoffelementen für die Umwelt werden für beide Szenarien bewertet:

- Durchführung des Projekts
 - Diese ist in zwei Phasen unterteilt, die jeweils in einem eigenen Abschnitt behandelt werden:
 - Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018: LTO-Baumaßnahmen. Diese werden hauptsächlich bei Überholungsarbeiten durchgeführt. Electrabel betreibt in dieser Zeit sowohl das KKW-1 als auch das KKW-2.
 - Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025): Der Betrieb nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen.
- Null-Variante: Das Projekt wird nicht realisiert und der Betrieb von KKW-1 und KKW-2 wird 2015 eingestellt.

Die Auswirkungen der Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 basieren auf langjährigen Durchschnittswerten (Ausgangssituation) und werden für den Zeitraum 2015-2025 ermittelt. Wo möglich, wurden verfügbare Daten verwendet, um die erwarteten Auswirkungen anhand der realen Daten von 2015-2018 zu überprüfen. Bei der Bewertung des Projekts und der Null-Variante wird davon ausgegangen, dass die Umweltauswirkungen von KKW-3, KKW-4 und der WAA bis 2025 die gleichen bleiben wie bei der Ausgangssituation. Dies ist eine konservative Annahme²³.

3.4.6.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

KKW-1 und KKW-2 werden während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 wie in der Ausgangssituation (2012-2014) in Betrieb sein. Unter Annahme des mehrjährigen durchschnittlichen Brennelementeverbrauchs, vgl. Tabelle 3-40, werden das KKW-1 (32 pro Jahr) und KKW-2 (32 pro Jahr) zusammen 256 verbrauchte Brennelemente während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 (vier Jahre) produzieren. Diese Produktion ist nicht auf die Umsetzung verschiedener LTO-

²³Weitere Erläuterungen zu dieser Annahme finden sich in Abschnitt 1.1.3

Maßnahmen während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 zurückzuführen, sondern ausschließlich auf den Weiterbetrieb von KKW-1 und KKW-2 während dieser Phase.

Aufgrund des Zeitpunkts dieser Studie ist die Menge an verbrauchten Brennelementen während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 bereits bekannt. Dies ist für alle Blöcke des KKW in Tabelle 3-41 dargestellt [Electrabel, 2016a][Electrabel, 2017a][Electrabel, 2018a][Electrabel, 2019a]. Die Daten zeigen Abweichungen zwischen den einzelnen Jahren, die von der Produktionszeit sowie den geplanten und ungeplanten Überholungen abhängen.

Tabelle 3-41 Jährlich verbrauchte Brennelemente von KKW-1, KKW-2 und KKW während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018, die zum BCG verbracht werden.

	KKW-1	KKW-2	KKW
Mehrjahresdurchschnitt	32	32	168
2015	60	0	156
2016	28	40	108
2017	28	32	120
2018	0	28	124

Da der langfristige durchschnittliche Verbrauch an Brennelementen in der Bauphase (2015-2018) derselbe ist wie in der Ausgangssituation (2012-2014), wird die Auswirkung der Brennelemente auf die Umwelt (infolge der Strahlung) durch die Anzahl der zusätzlich gelagerten verbrauchten Brennelemente und die Transportbewegungen zu deren Verbringung ins BCG bestimmt. Dies wird in Abschnitt 3.4.1 und Abschnitt 3.4.2 behandelt, wobei die Messungen im Rahmen des Strahlungs-Monitorings auch die von diesen Transporten ausgehende Strahlung erfassen.

3.4.6.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Nach Abschluss der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 werden KKW-1 und KKW-2 während der normalen Betriebsphase (2019-2025) wie in der Ausgangssituation (2012-2014) weiter betrieben.

Die erwarteten Zahlen der verbrauchten Brennelemente während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019 - 2025) sind in Abbildung 3-34 dargestellt.

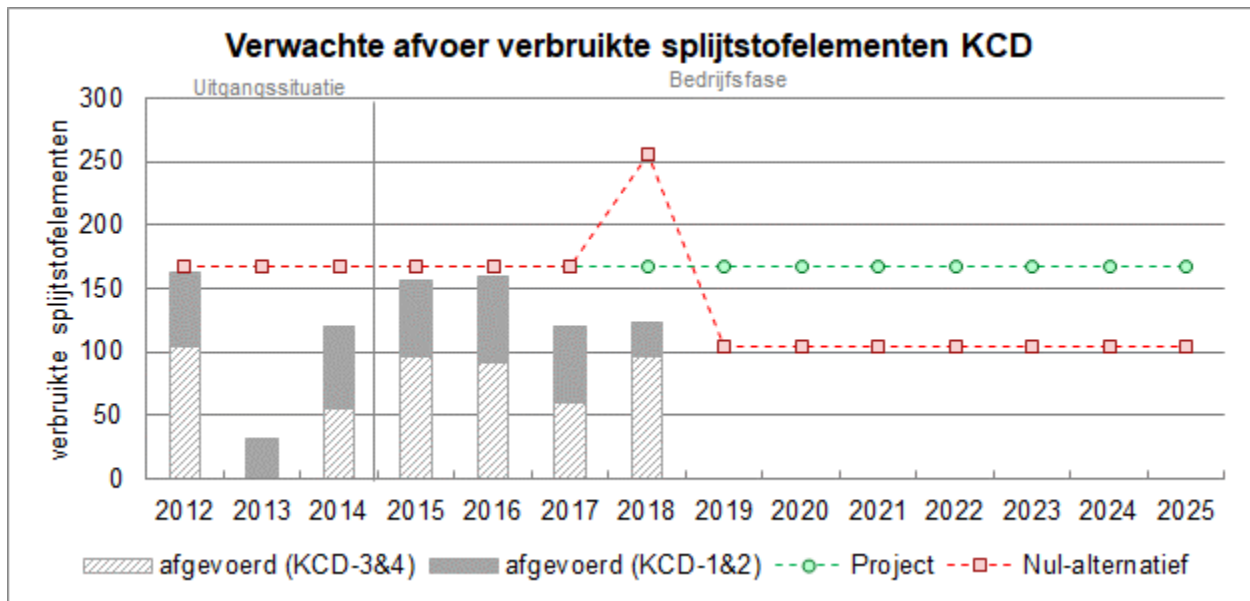


Abbildung 3-34 Erwartete zum BCG transportierte verbrauchte Brennelemente als Ergebnis des KKW-Betriebs, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante. Die vertikalen Balken zeigen die effektiv verbrauchten Brennelemente, falls vorhanden.

Da die Menge der verbrauchten Brennelemente in der normalen Betriebsphase (2019-2025) die gleiche bleibt wie in der Ausgangssituation (2012-2014), werden die Umweltauswirkungen während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025) auch durch die Anzahl der zusätzlich gelagerten verbrauchten Brennelemente und die Transportbewegungen zum BCG bestimmt. Folglich ist der jährliche Anstieg während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019 - 2025) gleich dem in der Ausgangssituation.

Kumulierte Auswirkungen des Projekts

Unter Annahme des mehrjährigen durchschnittlichen Brennelementeverbrauchs, wie in Tabelle 3-40, werden für KKW-1 und KKW-2 zusammen ca. 448 verbrauchte Brennelemente während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025) anfallen. Zusammen mit den von KKW-1 und KKW-2 im Zeitraum 2015-2018 verbrauchten Brennelementen (216) (siehe Tabelle 3-40) ergibt sich durch das Projekt ein Verbrauch von ca. 664 zusätzlichen Brennelementen.

Durch den Betrieb aller Blöcke wird die verfügbare Kapazität des BCG vor dem Ende der Anlagenlebensdauer erreicht, vorausgesetzt, das Projekt LTO G2 wird realisiert. Um die Lagerkapazität zu erhöhen, wird zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts an einem neuen Lagergebäude *Spent Fuel Storage Facility* (SF²) gearbeitet. Die Umweltverträglichkeitsprüfung des neuen Lagers wird in einem separaten Bericht zur Umweltverträglichkeitsprüfung beschrieben. Die vorhandene Kapazität des BCG ist jedoch ausreichend für die Brennelemente, die durch den Betrieb von KKW-1 und KKW-2 im Rahmen des Projekts anfallen. Daher ist das Projekt SF² nur für den Betrieb von KKW-3 und KKW-4 relevant und unabhängig vom Projekt (LTO von KKW-1 und KKW-2).

3.4.6.3.3 Null-Variante

Bei der Null-Variante wird der Betrieb von KKW-1 und KKW-2 im Jahr 2015 eingestellt. Dadurch wird die Produktion von verbrauchten Brennelementen gestoppt. Nur die zum Zeitpunkt der Abschaltung im

Reaktorbehälter oder im Brennelementbecken befindlichen Elemente müssen nach ausreichender Abnahme der Zerfallswärme entsorgt werden. Daher werden die Auswirkungen von verbrauchten Brennelementen auf die Umwelt bei der Null-Variante geringer sein als in der Ausgangssituation. Die jährliche Zunahme durch die Null-Variante wird Null sein.

Definitive Stilllegung von KKW-1 und KKW-2

Während des Betriebs von KKW-1 und KKW-2 wird jedes Jahr ein Viertel aller Brennelemente im Reaktor gewechselt. Die verbrauchten Brennelemente werden aus dem Reaktor in das Brennstoffbecken überführt. Dies entspricht (ungefähr) der Anzahl der Brennelemente, die jährlich in das BCG überführt werden, nachdem sie mindestens drei Jahre lang abgeklungen sind. Dadurch bleibt die Anzahl der im Brennstoffbecken vorhandenen Brennelemente über die Betriebsjahre mehr oder weniger konstant.

In der DSL-Phase 1 werden alle im Reaktor vorhandenen Brennelemente in das Brennstoffbecken überführt. Im Brennstoffbecken ist ausreichend Kapazität vorhanden, um alle Elemente aus dem Reaktor zusätzlich zu den bereits vorhandenen Brennelementen sicher zwischenzulagern. Jedes Jahr werden ausreichend gekühlte Brennelemente in *Dual Purpose Casks* (DPC) eingelagert und in das BCG überführt.

Zu einem bestimmten Zeitpunkt der DSL-Phase 3 werden nur noch die Brennelemente im Brennstoffbecken vorhanden sein, die sich am Ende des Betriebs im Reaktorkern befanden. Alle anderen Brennelemente sind zu diesem Zeitpunkt bereits ausreichend gekühlt und in das BCG verbracht worden. Diese noch im Brennstoffbecken befindlichen Brennelemente werden bei Abschluss der DSL-Phase 3 ebenfalls in das BCG überführt. Dies ist der Grund, warum im Jahr 2018 mehr Elemente zum BCG verbracht werden als in anderen Jahren. Danach sind in KKW-1 und KKW-2 keine Brennelemente mehr vorhanden. Dies ist in Abbildung 3-35 dargestellt, wobei der folgende Zeitrahmen verwendet wird (siehe Abschnitt 1.1.3 für die in den verschiedenen Phasen durchgeführten Arbeiten):

- DSL-Phase 1 findet im ersten Jahr des DSL-Zeitraums statt.
- DSL-Phase 2 findet daraufhin im ersten Jahr des DSL-Zeitraums statt.
- DSL Phase 3 läuft über das zweite, dritte und vierte Jahr der DSL.
- DSL-Phase 4 findet im fünften Jahr des DSL-Zeitraums statt.

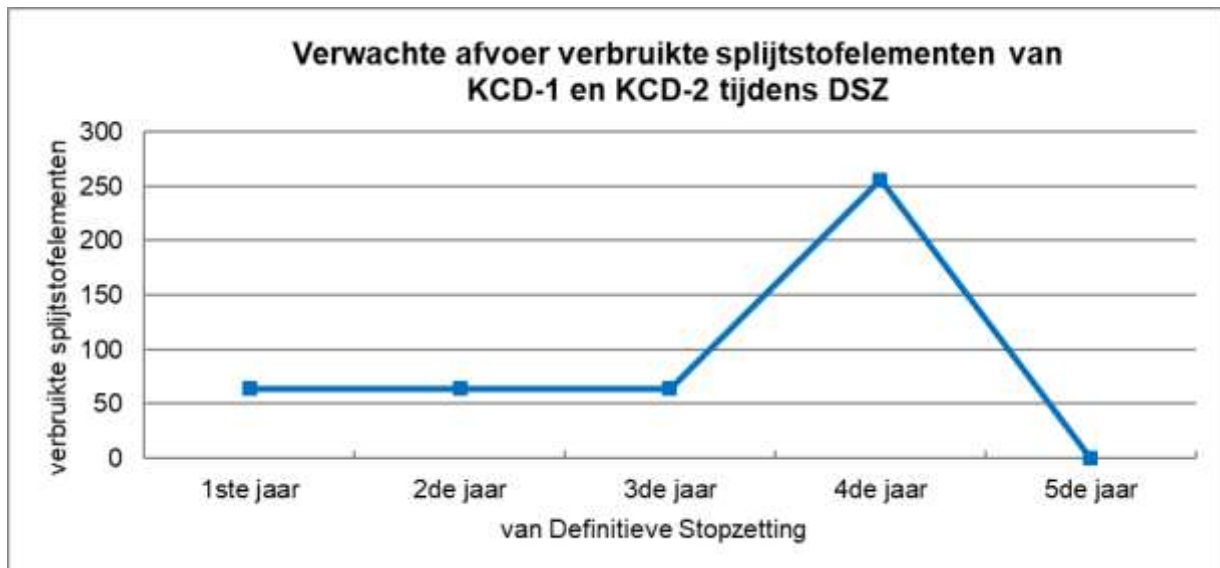


Abbildung 3-35 Voraussichtliche Entsorgung der verbrauchten Brennelemente aus KKW-1 und KKW-2 während der DSL.

Es wird erwartet, dass die beruflich exponierten Arbeiter, die von den Brennelementen betroffen sind (insbesondere während der DSL-Phase 3), eine höhere Dosis im Vergleich zu den anderen DSL-Aktivitäten aufnehmen. Die Auswirkungen auf alle beruflich exponierten Mitarbeiter bei KKW-1 und KKW-2 sind in Abschnitt 3.4.2 beschrieben. Abbildung 3-34 zeigt die Anzahl der entsorgten verbrauchten Brennelemente während der DSL-Phase bei der Null-Variante.

3.4.6.4 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Da die belgische Regierung noch keine Entscheidung über die weitere Verarbeitung der verbrauchten Brennelemente getroffen hat (z. B. Wiederaufarbeitung oder direkte Endlagerung), werden sie vorerst nicht als radioaktiver Abfall betrachtet. Eine eventuelle Verbringung in andere Länder zwecks Wiederaufarbeitung mit den möglichen Umweltfolgen ist daher nicht Gegenstand dieser UVP.

3.4.6.5 Monitoring

Die Anzahl der verbrauchten Brennelemente wird jährlich gemeldet. Ein zusätzliches Monitoring der aktuellen Situation ist daher nicht erforderlich.

3.4.6.6 Mitigierende Maßnahmen

Die getroffenen Maßnahmen bezüglich der verbrauchten Brennelemente für KKW-1, KKW-2 und BCG sind so ausgelegt, dass die geltenden Kriterien vollends erfüllt oder gar übertroffen werden. Daher sind keine zusätzlichen Reduzierungsmaßnahmen erforderlich.

3.4.6.7 Wissenslücken

Derzeit hat die belgische Regierung noch keine Entscheidung über den endgültigen Verbleib der verbrauchten Brennelemente (z. B. Wiederaufarbeitung oder direkte geologische Endlagerung) getroffen. Daher können die langfristigen Auswirkungen über die Standortgrenze des KKW hinaus zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Umweltverträglichkeitsprüfung nicht bestimmt werden.

3.4.6.8 Schlussfolgerungen

Da die Menge der verbrauchten Brennelemente sowohl in der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 als auch in der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019 - 2025) die gleiche ist wie in der Ausgangssituation (2012-2014), wird die Zunahme pro Betriebsjahr in allen Fällen identisch sein. Bei der Null-Variante wird der Verbrauch von Brennelementen gestoppt, was die Auswirkungen auf die Umwelt reduziert. Der Anteil der Strahlung an der Standortgrenze, der von verbrauchten Brennelemente stammt, kann nicht separat bestimmt werden, da die Thermolumineszenz-Dosimeter die Strahlung aller am Standort vorhandenen Quellen global erfassen. Doch es kann insgesamt geschlossen werden, dass dieses Projekt keine signifikanten Auswirkungen auf die Umwelt in Bezug auf direkte die Strahlung haben wird (siehe Abschnitt 3.4.1).

Die derzeit verfügbare Kapazität des Brennstoffcontainer-Gebäudes ist ausreichend für die durch das Projekt zusätzlich verbrauchten Brennelemente (Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2).

3.4.7 Störfälle

Neben dem Management der Überalterung ist die Erhöhung der nuklearen Sicherheit der KKW-1 und KKW-2 das Hauptthema der Laufzeitverlängerung. Dank der im Rahmen der Laufzeitverlängerung durchgeführten Modifikationen wird eine positive Auswirkung in Bezug auf störfallbedingte Situationen während des Betriebs erwartet.

Kernkraftwerke müssen sicher betrieben werden, um Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen ionisierender Strahlung zu schützen. Um dieses Ziel zu erreichen, muss ein Kernkraftwerk im Wesentlichen die folgenden drei grundlegenden Sicherheitsfunktionen erfüllen [Dekret, 2011]:

- 1 Kontrolle der Reaktivität
- 2 Wärmeabfuhr aus dem Kern
- 3 Einschluss der radioaktiven Stoffe

Diese drei grundlegenden Sicherheitsfunktionen gelten für alle Phasen des Lebenszyklus eines Kernkraftwerks. Um diese grundlegenden Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten, muss jedes Kernkraftwerk entsprechende Maßnahmen ergreifen:

- Kontrolle der Belastung von Menschen durch ionisierende Strahlung und der Freisetzung radioaktiver Stoffe oder (bestrahlter) Kernbrennstoffe in die Umwelt
- Verringerung der Wahrscheinlichkeit von Ereignissen, die zu einem Kontrollverlust über den Reaktorkern, die nukleare Kettenreaktion, radioaktive Quellen oder andere Quellen ionisierender Strahlung führen können
- Folgenminderung der Auswirkungen derartiger Ereignisse, für den Fall, dass sie eintreten

Für kerntechnische Anlagen ist es gängige Praxis, hierzu das Konzept des gestaffelten Schutzes (*Defence-in-Depth*, DiD) zu nutzen. Dieses Konzept ist ein Zusammenspiel aus architektonischen, technischen und organisatorischen Maßnahmen. Es wird sowohl bei der Planung und Inbetriebnahme als auch beim Betrieb, der Außerbetriebnahme und dem endgültigen Rückbau der Anlage angewendet.

Das Konzept des gestaffelten Schutzes umfasst sechs Ebenen [Erlass, 2011]:

- a) Minimierung der Auswirkungen externer Risiken natürlichen Ursprungs, einschließlich extremer Risiken, sowie unbeabsichtigter, vom Menschen verursachter Gefahren
- b) Verhinderung vorhersehbarer Betriebsstörungen oder Ausfälle
- c) Kontrolle vorhersehbarer Betriebsstörungen und Feststellung von Defekten
- d) Bewältigung von Auslegungsstörfällen
- e) Kontrollierte Auslegungserweiterung und gleichzeitige Verhinderung der Möglichkeit, dass sich Störfälle zu schweren Störfällen auswachsen und Eingrenzung der Folgen schwerer Störfälle
- f) Bewältigung von Notfallsituationen gemäß Artikel 16 *interner Notfallplan* des königlichen Erlasses *Sicherheitsvorschriften für kerntechnische Anlagen* und, für Leistungsreaktoren, Artikel 31 *interner Notfallplan* des Königlichen Erlasses *Sicherheitsvorschriften für kerntechnische Anlagen*.

Übergeordnetes Ziel des *Defence in Depth-Konzepts* ist es, sicherzustellen, dass ein einzelner (materieller oder menschlicher) Fehler auf einer der Ebenen oder eine Kombination von Fehlern auf mehreren Ebenen die Funktion der nächsten Ebene nicht beeinträchtigt. Um dieses Ziel zu erreichen, ist die Unabhängigkeit der verschiedenen Ebenen voneinander unverzichtbar. Dieses kerntechnische Sicherheitskonzept wurde bereits bei der Auslegung von KKW-1 und KKW-2 berücksichtigt. Hierzu wurden die Sicherheitsstandards der ‚*United States Nuclear Regulatory Commission*‘ (US-NRC) zugrunde gelegt. Die oben genannte Sicherheitsphilosophie ist der Ausgangspunkt für diese Sicherheitsstandards.

Um die Sicherheit zu gewährleisten, wurden Analysen für eine Vielzahl von Auslegungsstörfällen (*Design-Based accidents*, DBA) durchgeführt und die Auslegung der Blöcke, wo nötig modifiziert. Auslegungsstörfälle sind hypothetische Ereignisse, die in der betreffenden Anlage auftreten können und die aufgrund der in die Auslegung integrierten Sicherheitssysteme nicht zu unzulässigen Freisetzungen von Radioaktivität in die Umwelt führen dürfen.

Periodische Sicherheitsüberprüfung

Durch internationale Richtlinien wird die kontinuierliche Verbesserung der nuklearen Sicherheit stark gefördert. Eine Form davon ist die periodische Sicherheitsüberprüfung (*Periodic Safety Review*; PSR). Daraus ergeben sich Verbesserungsvorschläge mit dem Ziel, die nukleare Sicherheit und ggf. die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der kerntechnischen Anlage zu erhöhen. In Belgien sehen der Königliche Erlass vom 25. Januar 1974 und der Königliche Erlass vom 30. November 2011 (Artikel 14 *periodische Überholungen*) über die Sicherheitsanforderungen für kerntechnische Anlagen vor, dass der Betreiber eine periodische Sicherheitsbewertung in Abständen von höchstens zehn Jahren durchführen muss [Erlass, 2011]. Zum Zeitpunkt der Entscheidung über die Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 wurden drei Sicherheitsbewertungen durchgeführt, die auch als zehnjährige Sicherheitsüberprüfungen bezeichnet werden. Die vierte Sicherheitsbewertung wurde im Rahmen des Projekts durchgeführt.

Die erste PSR (1984) [Electrabel, 2012a] führte zu drastischen Änderungen. Analog zu den seinerzeit neuen Blöcken KKW-3 und KKW-4 wurde das gebunkerte Gebäude Notfallsysteme (GNS) für KKW-1 und KKW-2 in Betrieb genommen. Die Auslegung des GNS basiert auf umfangreichen Untersuchungen

externer Unfälle wie Erdbeben, Gasexplosionen und Flugzeugabsturz. Die Notfallsysteme des GNS sind so ausgelegt, dass sie folgende Funktionen gewährleisten:

- Wasserinventar im Reaktorkreislauf
- die Unterkritikalität des Reaktors
- die Ableitung der Nachzerfallswärme
- die Notfalleitstelle

Es wurden einige weitere wichtige Verbesserungen vorgenommen:

- Verbesserung der Erdbebensicherheit von kerntechnisch wichtigen Anlagen
- Erhöhung der Feuerbeständigkeit des Kontrollraums und Verringerung des Risikos einer Kontamination desselben durch toxische und radioaktive Gase
- Ersatz der Sicherheitsventile des Reaktorkreislaufs durch hydraulisch gesteuerte Sicherheitsventile zur Gewährleistung einer Überdrucksicherung
- Installation von passiven katalytischen Wasserstoff-Rekombinatoren in den Reaktorgebäuden zur Vermeidung oder Minderung des Risikos einer Wasserstoffexplosion
- Ersatz der vier Absperrventile der Frischdampfleitung zur Verbesserung der Zuverlässigkeit der Schnellabschaltung der Frischdampfleitungen

Die zweite PSR wurde 1995 abgeschlossen [Electrabel, 2012a]. Von da an begann der strukturelle Ansatz im Hinblick auf Alterung und Verschleiß. Außerdem wurden die folgenden Verbesserungen vorgenommen:

- Nachrüstung der Niederdruck-Sicherheitseinspritzpumpen zur Erhöhung ihrer Zuverlässigkeit
- Weitere Verbesserung der Erdbebensicherheit der Blöcke
- Durchführung der *probabilistischen Sicherheitsbewertung* (PSA) zur Identifizierung möglicher Schwachstellen Die günstigen Auswirkungen der geänderten Störfallabläufe und des Einbaus von katalytischen Wasserstoffrekombinatoren in den Reaktorgebäuden wurden nachgewiesen.

Die dritte PSÜ [Electrabel, 2012a] konzentrierte sich auf die Bestätigung des anfänglichen Sicherheitsniveaus, die Bewertung der Alterung der Anlagen und die internen und externen Betriebserfahrungen. Einige Beispiele für signifikante Verbesserungen:

- Ersatz der Kühlschlangen der Lüftungsanlagen im Reaktorgebäude und Elektrogebäude
- Aufbringung einer neuen Beschichtung auf die äußere Betonhülle der Reaktorgebäude

Zusätzlich zu den Verbesserungen aufgrund der PSR wurden zahlreiche technische, prozessuale und organisatorische Verbesserungen aufgrund folgender Aspekte vorgenommen [Electrabel, 2012a]:

- interne Inspektionen, Wartung, internes Erfahrungsmanagement
- externe Quellen wie externes Erfahrungsmanagement, Studien und Forschung, internationale Mitgliedschaften
- nukleare Zwischenfälle und große Störfälle wie Three Miles Island, Tschernobyl und Fukushima (Projekt *Belgian Stress Tests* - BEST initiiert durch den nuklearen Störfall von Fukushima).

3.4.7.1 Methodologie

Die maximal hinnehmbaren Risiken sind im Sicherheitsbericht beschrieben; infolge von Änderungen an der Anlage muss durch Störfallanalysen sichergestellt werden, dass die Auswirkungen der Änderung auf die nukleare Sicherheit mindestens auf dem gleichen Sicherheitsniveau wie vor der Umsetzung gehalten werden [FOBZ, 2011]. Die Risikoanalysen müssen sowohl Unfälle infolge potentieller interner als auch externer Ereignisse berücksichtigen. Beispiele für Störfälle:

- Ausfall von Systemen
- Störfälle mit Kältemittelverlust (LOCA)
- Unterbrechung der internen Stromzufuhr
- menschliches Versagen
- Störfälle wie Brände, Explosionen und Überschwemmungen mit interner Ursache
- extreme meteorologische Bedingungen
- Überschwemmungen
- Erdbeben
- Unterbrechung der externen Stromzufuhr
- Flugzeugabsturz
- Ausfall von nahegelegenen industriellen Aktivitäten und Verkehr (Dominoeffekt)

Das Risiko eines Störfalls hängt von zwei Faktoren ab: von der Wahrscheinlichkeit seines Eintretens und von den Folgen des Eintretens.

Basierend auf der Eintrittswahrscheinlichkeit werden mögliche Ereignisse wie folgt klassifiziert:

- I** normale Betriebsbedingungen und Betriebstransienz²⁴ (zu erwarten bei Normalbetrieb)²⁵
- II** Vorfälle, die gelegentlich (bis zu einmal pro Jahr) eintreten
- III** seltene Störfälle (einmalige Störfälle während der gesamten Betriebszeit)
- IV** einschränkende Störfälle (grundsätzlich nie) [Tractebel, 2015].

Ereignisse der Klassen I und II dürfen nicht zum Verlust der Integrität der Barrieren, die die radioaktiven Produkte zurückhalten, führen; Ereignisse der Klasse II dürfen höchstens zur automatischen Abschaltung des Reaktors führen. Ein Ereignis der Klasse III, das während der Betriebszeit höchstens einmal auftreten darf, kann zu kleineren Schäden führen, die ein sofortiges Wiederanfahren des Reaktors verhindern. Ein Störfall der Klasse IV könnte zur Freisetzung radioaktiver Produkte führen, obwohl die Wahrscheinlichkeit dafür sehr gering ist. Sollte eine Häufung von Ereignissen dennoch zu einem solchen Störfall führen, muss die daraus resultierende Ableitung die geltenden Grenzwerte einhalten.

Um die Wahrscheinlichkeit der verschiedenen Störfälle zu ermitteln, muss eine sogenannte probabilistische Sicherheitsstudie (*Probabilistic Safety Analysis*; PSA) durchgeführt werden. Auf der

²⁴ Betriebstransienz: eine Abweichung, durch die einer der Betriebsparameter eines Kernkraftwerks (z. B. Leistung, Druck, Temperatur, Kühlmitteldurchsatz) von seinem Sollwert und von den automatischen eingestellten Werten des Kernkraftwerks abweicht.

²⁵ Streng genommen können diese Vorfälle also nicht als ‚Störfall‘ betrachtet werden.

Grundlage statistischer Daten wird die Wahrscheinlichkeit solcher Störfallszenarien berechnet, die zu einem radiologischen Störfall führen können. Die Kernschmelzfrequenz (*Core Damage Frequency*; CDF) ist ein weit verbreiteter Indikator zum Nachweis der Einhaltung der kerntechnischen Sicherheitsziele [IAEA,2010]. Die Kernschmelzfrequenz bemisst das Risiko, dass angesichts der Art und Weise, wie ein Reaktor ausgelegt und betrieben wird, der Brennstoff im Reaktor durch einen Unfall²⁶beschädigt werden könnte. Nach der Wahrscheinlichkeitsberechnung müssen auch die radiologischen Folgen des Störfallszenarios bestimmt werden, hauptsächlich durch die Berechnung der Ausbreitung freigesetzter radioaktiver Stoffe.

Die Ausbreitung der Radioaktivität und die daraus resultierende effektive Folgedosis werden auf der Grundlage einer von der FANK genehmigten Methodik berechnet, die von der *United States Nuclear Regulatory Commission* [NRC, 1977] erstellt wurde. Die Ergebnisse müssen dem Königlichen Erlass zur Baugenehmigung eines Kernkraftwerks in Doel und den damit verbundenen allgemeinen Angaben im Rahmen von Artikel 37 des Euratom-Vertrags [Electrabel, 1981] entsprechen.

Die geforderten Sicherheitsstudien sind im Sicherheitsbericht [VR-KKW] dokumentiert und werden aufgrund neuerer Erkenntnisse und Normen periodisch aktualisiert. In KKW-1 und KKW-2 sind die Störfälle Bruch einer Primärleitung (*Loss Of Coolant Accident*, LOCA) und ein Brennelement-Handhabungsstörfall (*Fuel Handling Accident*, FHA) die sogenannten Referenzstörfälle; d. h. die Störfälle, die die größten denkbaren radiologischen Folgen nach sich ziehen können [Electrabel, 1981] [VR-KKW]. Die Folgenabschätzung in den folgenden Abschnitten konzentriert sich daher auf diese Störfälle.

In Übereinstimmung mit dem internationalen Regelwerk müssen die radiologischen Folgen des Normalbetriebs, Störfälle, die bei der Auslegung von Kraftwerken berücksichtigt wurden und sogenannte auslegungsüberschreitende Störfälle (*Beyond Design Base Accident* BDBA) evaluiert werden. Dieser internationale Regelungsrahmen sieht auch vor, dass bei der Berechnung der radiologischen Folgen von auslegungsüberschreitenden Störfällen realistischere Annahmen berücksichtigt werden können als bei Auslegungsstörfällen. Ein auslegungsüberschreitender Störfall ist ein Störfall, der über einen Auslegungsstörfall hinausgeht. Die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von auslegungsüberschreitenden Störfällen ist immer noch weitaus geringer als die Wahrscheinlichkeit eines Auslegungsstörfalls. Aus diesem Grund wird bei der Auslegung für auslegungsüberschreitende Störfälle nur berücksichtigt, wie das verbleibende Risiko mit vertretbaren Mitteln (technisch, organisatorisch) reduziert werden kann.

Für KKW-1 und KKW-2 wurde ein auslegungsüberschreitender Störfall analysiert, der repräsentativ für alle anderen auslegungsüberschreitenden Störfälle internen und externen Ursprungs ist, einschließlich des von Electrabel betrachteten Szenarios *Absturz eines Flugzeugs auf das Kernkraftwerk*. Es handelt sich um die Annahme eines sehr schweren Unfalls (d. h. eines Unfalls mit Kernschmelze), dessen erstes Ereignis der Totalausfall der elektrischen Energieversorgung (sowohl intern als auch extern) ist, ohne Berücksichtigung von Reparaturmaßnahmen oder Eingriffen seitens des Bedienpersonals oder des Notfallplans. Dieses Szenario wird als *Complete Station Black* (CSBO) bezeichnet. In diesem Fall wird

²⁶ <https://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/glossary/core-damage-frequency.html> (Besuch: Febr. 2021)

angenommen, dass sich der Störfall mit dem Schmelzen der Brennstäbe im Reaktorkern, dem Bruch des Behälters, dem Druckaufbau im Primärcontainment bis zum Auslegungsdruck der gefilterten Ventilationsöffnung und letztlich bis zur Freisetzung des gesamten vorhandenen radioaktiven gasförmigen Materials durch die Filter des *Filtered Containment Vent* (FCV) in die Umgebung verschärft. Für diesen repräsentativen, auslegungsüberschreitenden Störfall (CSBO) mit einer sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeit wurden die radiologischen Folgen bewertet [Tractebel, 2020e].

Störfallanalysen im Rahmen des LTO-Projekts

Für die Folgenabschätzung werden die wichtigsten Projekte sowie die möglichen Auswirkungen auf die kerntechnische Sicherheit von KKW-1 und KKW-2 kurz beschrieben. Für die Referenzstörfälle (LOCA und FHA) wurde außerdem geprüft, ob und wenn ja, welche vorgeschlagenen Änderungen innerhalb des LTO-Projekts die radiologischen Folgen des jeweiligen Störfalls beeinflussen könnten. Anschließend wurden die radiologischen Konsequenzen für die Situation bei Umsetzung der Änderungen ermittelt [Tractebel, 2020d].

3.4.7.2 Ausgangssituation

Um eine Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 zu ermöglichen, wurde das Projekt LTO (*Long Term Operation*) aufgelegt. Eine der Komponenten dieses Projekts ist die Durchführung der vierten PSR, um die kerntechnische Sicherheit der Anlage neu zu bewerten und weiter zu verbessern.

Gleichzeitig beschloss die *European Nuclear Safety Regulators Group* (ENSREG), dass nach dem Störfall im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi eine vollständige und transparente Risiko- und Sicherheitsbewertung für alle Kernkraftwerke in Europa durchgeführt werden muss. In Belgien führte diese Evaluierung zu dem Projekt *Belgian Stress Tests* (BEST). Das BEST-Projekt wurde dem LTO-Projekt hinzugefügt.

Das LTO-Projekt (einschließlich PSR 4 und BEST) hat zu mehreren Verbesserungen in der Auslegung geführt [Electrabel, 2012a], wie z. B.:

- Im Gebäude für Notfallsysteme (GNS): Installation von zwei Not-Sperrwasser-Primärpumpen (RJ) pro Block anstelle von einer
- Erdbebensicherung der *Refuelling Water Storage Tanks* (RWST) von KKW-1 und KDC-2 zur Erhöhung der Robustheit dieser Blöcke.
- Verbesserung der automatischen Feuerlöschanlage im Maschinenraum.
- Motorisierung der größeren Absperrventile zwischen den (SC)-Systemen des stationären Kühlkreislaufs (SC).
- Verbesserung der physischen Trennung der 6-kV-Stromkabel GNS im Gebäude der elektrischen Notdienste (GEN).
- Installation eines *Filtered Containment Vent* (FCV)
- Verschärfung der Verfahren für die Scram-Tests (formelles *Prejob briefing*) und jährliche Tests der Steuerung der teilweisen *Scram breakers*

Alle Auslegungsverbesserungen wurden laut Technischem Bericht zum Langzeitbetrieb Doel 1&2 [Electrabel, 2012a] für den Zeitraum 2012-2018²⁷ eingeplant und ausgeführt. Auslegungsverbesserungen werden ab sofort schrittweise umgesetzt, parallel zu den Maßnahmen im Hinblick auf die Veralterung. Die Dauer der Studien, die Qualifizierung, die Herstellung, die Lieferung, der Bau und die Installation der Anlagen und Gebäude müssen berücksichtigt werden. Die ersten Jahre werden für Vorbereitungen genutzt, so dass die effektive Bauzeit von 2015 bis 2018 dauert.

Die relevanteste Änderung in Bezug auf die Störfallanalysen betrifft den Einbau eines Filtered Containment Vent (FCV), um den Sicherheitsbehälter (*containment*) im Falle einer Kernschmelze vor Überdruck zu schützen und damit inakzeptable radiologische Folgen für die Umgebung zu vermeiden [Tractebel, 2020d]. Die Ausgangssituation ist definiert als der Zeitraum 2012-2014. Im Zeitraum 2015 bis 2018 werden die LTO-Maßnahmen umgesetzt. Das FCV ist daher in der Exit-Situation noch nicht verfügbar.

KKW-3, KKW-4 und WAB haben ihren eigenen periodischen Sicherheitsbewertungszyklus. Im täglichen Betrieb dieser Anlagen gibt es ein ständiges Streben nach kontinuierlicher Verbesserung und Gewährleistung der Sicherheit [Electrabel, 2013a].

3.4.7.3 Folgenabschätzung

Die möglichen Auswirkungen von Störfällen (Auslegungsstörfälle und auslegungsüberschreitende Störfälle) auf die Umwelt werden für beide zu behandelnden Szenarien bewertet:

- Durchführung des Projekts
Diese ist in zwei Phasen unterteilt, die jeweils in einem eigenen Abschnitt behandelt werden:
 - Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018: LTO-Baumaßnahmen. Diese werden hauptsächlich bei Überholungsarbeiten durchgeführt. Electrabel betreibt in dieser Zeit sowohl das KKW-1 als auch das KKW-2.
 - Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025): Der reguläre Betrieb nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen
- Null-Variante: Das Projekt wird nicht realisiert und der Betrieb von KKW-1 und KKW-2 wird 2015 eingestellt.

Die Auswirkungen der Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 basieren auf den in der Ausgangssituation (2012-2014) erfassten Daten und werden für den Zeitraum 2015-2025 ermittelt. Wo immer möglich, wurden verfügbare Daten verwendet, um die erwarteten Auswirkungen anhand der realen Daten von 2015-2018 zu überprüfen. Bei der Bewertung des Projekts und der Null-Variante wird davon

²⁷ Während des Wartungsstopps 2019 (der bis Anfang 2020 andauerte) werden die letzten Arbeiten in Bezug auf den LTO abgeschlossen. Insbesondere, weil noch nicht alle radioaktiven Abfälle aus der Bauphase verarbeitet wurden und dies die Gesamtwerte der Jahre nach 2018 beeinflusst, wird in dieser UVP angenommen, dass ab 2019 keine LTO-Arbeiten mehr durchgeführt werden.

ausgegangen, dass die Umweltauswirkungen von KKW-3, KKW-4 und der WAA bis 2025 die gleichen bleiben wie bei der Ausgangssituation. Dies ist eine konservative Annahme²⁸.

3.4.7.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Der LTO-Synthesebericht enthält den integrierten Aktionsplan, der der FANK zur Überprüfung vorgelegt wurde [Electrabel, 2015c]. Die FANK hat zusammen mit Bel V diesen Plan analysiert und ist zu dem Ergebnis gelangt, dass das Projekt durchführbar ist, wobei die Sicherheit von KKW-1 und KKW-2 während des Zeitraums des Langzeitbetriebs als erwiesen gilt [FANK, 2015a]. Je nach Art der Arbeiten können die LTO-Maßnahmen während des normalen Betriebs oder nur während einer Überholung durchgeführt werden. Diese Überholungen werden bei Bedarf verlängert. Insbesondere die technischen LTO-Maßnahmen können nur während einer Überholung durchgeführt werden. Im Zeitraum 2015-2018 werden diese Maßnahmen umgesetzt. Dieser Zeitraum wird in diesem Projekt als „Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018“ bezeichnet. In Abschnitt 1.5 wird eine Reihe von Entwicklungsverbesserungen dargestellt, die sich aus dem LTO-Projekt (inkl. PSR 4) und BEST [Electrabel, 2012a] als Teil des Aktionsplans ergeben haben. Nachstehend werden die Sicherheitsverbesserungen dargestellt:

- Im Gebäude für Notfallsysteme (GNS) Installation von zwei Not-Sperrwasser-Primärpumpen (RJ) pro Block anstelle von einer
Diese zusätzlichen RJ-Pumpen erfüllen die Aufgabe der Sicherung der bereits vorhandenen Notsperrwasser-Primärpumpen. Die probabilistische Sicherheitsstudie zeigt, dass dies die Wahrscheinlichkeit einer Kernschmelze deutlich reduziert; mit anderen Worten, die Wahrscheinlichkeit einer störfallbedingten Situation, in der es zu einer Kernschmelze kommen kann, wird deutlich verringert.
- Erdbebensicherung der *Refuelling Water Storage Tanks* (RWST) von KKW-1 und KDC-2 zur Erhöhung der Robustheit dieser Blöcke.
Indem die RWST erdbebensicher gemacht werden, wird die Robustheit der gesamten Anlage weiter erhöht. Die Konzipierung dieser Tanks ist so ausgelegt, dass im Störfall Borwasser zur Verfügung steht. Dieses Wasser kann zur Kühlung des Reaktorkerns verwendet werden und verhindert, dass die nukleare Kettenreaktion einsetzt.
- Verbesserung der automatischen Feuerlöschanlage im Maschinenraum.
Neben der Verbesserung der automatischen Feuerlöschanlage werden zusätzliche Brandmauern im Untergeschoss des Maschinenraums eingebracht. Hierdurch wird die mögliche horizontale Ausbreitung von Öl verhindert. Zusammen mit der gesteigerten Effizienz der Löschanlagen wird dadurch das Risiko eines Ölbrandes in der Maschinenhalle deutlich reduziert.

²⁸ Weitere Erläuterungen zu dieser Annahme finden sich in Abschnitt 1.1.3

- Motorisierung der größeren Absperrventile zwischen den (SC)-Systemen des stationären Kühlkreislaufs (SC).
Dank dieser Motorisierung (und Automatisierung) können die großen Absperrventile schneller geschlossen werden, so dass, falls gewünscht, eine SC-Anlage schneller isoliert werden kann.
- Verbesserung der physischen Trennung der 6-kV-Stromkabel GNS im Gebäude der elektrischen Notdienste (GEN).
Durch diese räumliche Trennung wird die Wahrscheinlichkeit, dass mehrere Stromkabel gleichzeitig durch einen Brand ausfallen, erheblich reduziert. Dies erhöht die Zuverlässigkeit der Sicherheitssysteme des GNS.
- Installation eines Filtered Containment Vent (FCV).
Es ist nicht auszuschließen, dass es bei einem extremen Störfall (mit einer sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeit) zu einem Überdruck im Reaktorgebäude kommen kann. Um Überdruck zu verhindern, muss das Reaktorgebäude abgeblasen werden können. Um dabei möglichst wenig Radioaktivität freizusetzen, wird in einem solchen Fall die Luft durch einen Filter abgeleitet.
- Verschärfung der Verfahren für die Scram-Tests (formelle Einweisung vor der Arbeit) und jährliche Tests der Steuerung der teilweisen Schnellabschaltung.
Durch die Verschärfung der Abläufe bei Scram-Tests wird die Wahrscheinlichkeit von Fehlern bei solchen Tests reduziert. Dies erhöht die Zuverlässigkeit des Scram-Systems²⁹.

Die übrigen LTO-Maßnahmen des Aktionsplans tragen zur Verbesserung der Sicherheit von KKW-1 und KKW-2 bei. Alle diese Maßnahmen zusammen reduzieren die Wahrscheinlichkeit eines Störfalls.

Neben diversen Sicherheitsverbesserungen wurde im Rahmen des integrierten Aktionsplans die Verwaltung der Obsoleszenz und die Qualifizierung von Gerätekomponenten mit dem Ziel verbessert, die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von KKW-1 und KKW-2 zu gewährleisten.

Es wird davon ausgegangen, dass die Fertigstellung der Maßnahmen erst am Ende des Zeitraums 2015-2018 erfolgt, so dass in diesem Zeitraum keine Anrechnung dieser Maßnahmen erfolgen kann.

3.4.7.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Nach Umsetzung aller LTO-Maßnahmen hat sich die nukleare Sicherheit von KKW-1 und KKW-2 verbessert. Die Wahrscheinlichkeit einer störfallbedingten Situation mit einer radioaktiven Freisetzung wird dadurch reduziert, was auch die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Umweltbelastung verringert.

Im Rahmen des Projekts wurden die probabilistische Sicherheitsstudie (PSA) sowie der Risikoindikator für potentielle Nuklearschäden (CDF) aktualisiert. Im Vergleich zur Ausgangssituation hat sich der CDF mehr als halbiert. Je kleiner der CDF ist, desto geringer ist das Risiko eines Störfalls mit nuklearen Schäden, desto sicherer ist also das Kernkraftwerk. Es ist zu beachten, dass der CDF bereits in der

²⁹ Das Scram-System bewirkt, dass die nukleare Kettenreaktion gestoppt wird.

Ausgangssituation unter dem IAEA-Richtwert lag. Aufgrund der LTO-Maßnahmen nähern sich KKW-1 und KKW-2 den Richtwerten für neue Reaktoren gemäß IAEA SSG-3 [IAEA, 2010].

Die für KKW-1 und KKW-2 gültigen Referenz-Auslegungsstörfälle LOCA (Bruch einer Primärleitung) und FHA (Brennstoffhandhabungsstörfall am Brennstoffbecken) wurden im Rahmen des Projekts neu analysiert [Tractebel, 2020d]. Dies erfolgte auch für den auslegungsüberschreitenden Referenzstörfall *Complete Station Black-Out (CSBO)* [Tractebel,2020e]. Die konservativ ermittelte³⁰ effektive Dosis aus diesen Störfällen ist in Tabelle 3-42 dargestellt.

Tabelle 3-42 Effektive Dosis und Schilddrüsendosis an der Standortgrenze des KKW aufgrund des Eintretens von LOCA und FHA, verglichen mit den Dosisgrenzwerten, wie sie in den allgemeinen Angaben nach Artikel 37 des Euratom-Vertrags beschrieben sind, die Bestandteil der Genehmigung sind, in mSv. Beide ermittelt für das pessimistische (konservative) Modell. Und auslegungsüberschreitender Referenzstörfall CSBO.

Referenz-Störfall		Dosis an der Standortgrenze [mSv]	Zulässiger Grenzwert [mSv]
LOCA	Effektive Dosis	1,96	20,4
	Schilddrüsen-Dosis	38,5	38,5
FHA Brennstoffbecken	Effektive Dosis	1,44	5,7
	Schilddrüsen-Dosis	16,9	24,7
CSBO	Effektive Dosis	13,2	kein
	Schilddrüsen-Dosis	5,5	kein

Die obige Tabelle zeigt, dass die effektiven Folgedosen, die sich aus beiden Referenz-Auslegungsstörfällen ergeben, innerhalb der festgelegten Grenzwerte liegen. Es sei auch darauf hingewiesen, dass die Dosen für den auslegungsüberschreitenden Störfall CSBO niedriger sind als die an der Standortgrenze geltenden Grenzwerte, wie in den allgemeinen Angaben gemäß Artikel 37 des Euratom-Vertrags als Teil der Genehmigung beschrieben [Electrabel, 1981].

Zugleich werden KKW-3, KKW-4, WAA und BCG betrieben, die nicht Teil des Projekts sind. Daher ändert sich die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Störfallsituation mit einer radioaktiven Freisetzung nicht. Also auch nicht die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Umweltbelastung. Summa summarum verringert sich für den gesamten Standort die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Umweltbelastung.

3.4.7.3.3 Null-Variante

Wenn keine Laufzeitverlängerung erfolgt, werden sowohl KKW-1 als auch KKW-2 endgültig abgeschaltet. Um die entstehende Wärme abzuführen, müssen die Brennelemente noch gekühlt werden, zunächst durch den Reaktorkühlkreislauf. Die Reaktoren werden definitiv entladen. Die Brennelemente werden in das Brennstoffbecken überführt und mit den Kühlkreisläufen dieses Beckens gekühlt. Diese Übergangsphase bis zum Beginn des Rückbaus wird sowohl bei der Null-Variante (kein Projekt) als auch beim Projekt auftreten.

³⁰ Gemäß den geltenden Richtlinien, u. a. der *Safety Guidance on the application of conservative and less conservative approaches for the analysis of radiological consequences*, Bel V, Juni 2017.

In beiden Situationen ist die Übergangsphase in Bezug auf die Dauer und die Vorbereitungen für den Rückbau ähnlich. Der einzige Unterschied ist der Zeitpunkt der definitiven Stilllegung. Auch in Bezug auf die nukleare Sicherheit wird es keinen Unterschied zwischen der Null-Variante (kein Projekt) und dem Projekt geben. Dies gilt auch für einen Störfall mit einer möglichen radioaktiven Freisetzung und den damit verbundenen Umweltauswirkungen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass bei der Null-Variante das Risiko eines anzunehmenden Störfalls nicht mehr vorhanden ist.

Zugleich werden KKW-3, KKW-4, WAA und BCG betrieben. Die Wahrscheinlichkeit einer möglichen störfallbedingten radioaktiven Ableitung ändert sich für diese Anlagen nicht. Also auch nicht die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Umweltbelastung. Zusammenfassend für den gesamten Standort ist die Wahrscheinlichkeit einer Umweltbelastung durch einen Störfall bei der Null-Variante (kein Projekt) geringer als in der Ausgangssituation, da KKW-1 und KKW-2 nicht mehr betrieben werden.

Definitive Stilllegung von KKW-1 und KKW-2

Während der DSL-Phase 1 werden alle Brennelemente aus beiden Reaktoren in das Brennstoffbecken überführt. Phase 1 endet, wenn alle Brennelemente überführt wurden. Ab diesem Zeitpunkt wird nur noch die vom Reaktor erzeugte Wärme über die Kühlkreisläufe der Brennstoffbecken abgeführt. Wenn beide Reaktoren geleert sind, sind die im Sicherheitsbericht beschriebenen Reaktorstörfälle nicht mehr relevant [VR-KKW]. Der einzige noch relevante Störfall ist der Brennstoffhandhabungsstörfall (FHA) am Brennstoffbecken.

Da in den Phasen 2 und 3 der definitiven Stilllegung noch Brennelemente vorhanden sind, bleibt der einzige relevante Störfall während dieser beiden Phasen der FHA. Wie in Tabelle 3-42 angegeben, bleiben die effektive Dosis an der Standortgrenze und die Schilddrüsen-Dosis, die aus diesem Störfall resultieren, unter den für sie geltenden Grenzwerten.

In der DSL-Phase 4 ist in beiden Reaktoren kein Brennstoffmaterial mehr vorhanden, so dass der FHA-Störfall entfällt.

3.4.7.4 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Obwohl die Wahrscheinlichkeit sehr gering ist, werden die Folgen schwerer Störfälle grenzüberschreitender Natur sein. Aufgrund der Nähe dieser Landesgrenze sowie aufgrund der häufigsten Windrichtung (Süd-West) sind die Auswirkungen in Richtung Niederlande hier besonders relevant, da die freigesetzten Radionuklide in Richtung des niederländischen Staatsgebiets getrieben werden. Da die Projektmaßnahmen die Wahrscheinlichkeit und die möglichen Folgen von Störfällen reduzieren, gilt diese Reduzierung auch für das niederländische Hoheitsgebiet.

Bei den Störfallanalysen im Rahmen des Projekts wurde für die Referenzstörfälle (LOCA und FHA) geprüft, was die möglichen radiologischen Folgen eines Störfalls an der niederländischen Grenze sind [Tractebel, 2020d]. In Tabelle 3-43 sind die konservativen Ergebnisse, ermittelt nach den geltenden Richtlinien, dargestellt und zeigen, dass bei beiden Referenzstörfällen die entsprechenden Grenzwerte an der niederländischen Grenze eingehalten werden [Tractebel, 2020d]. Dies erfolgte auch für den auslegungsüberschreitenden Referenzstörfall *Complete Station Black-Out (CSBO)* [Tractebel, 2020e].

Tabelle 3-43 Effektive Dosis und die Schilddrüsendosis an der niederländischen Grenze aufgrund des Eintretens von LOCA und FHA, verglichen mit den Dosisgrenzwerten, gemäß allgemeinen Angaben nach Artikel 37 des

Euratom-Vertrags, die Bestandteil der Genehmigung sind, in mSv. Beide ermittelt für das pessimistische (konservative) Modell. Und auslegungüberschreitender Referenzstörfall CSBO.

Referenz-Störfall		Dosis an der niederländischen Grenze	Zulässiger Grenzwert [mSv]
LOCA	Effektive Dosis	0,28	2,7
	Schilddrüsen-Dosis	5,4	5,4
FHA Brennstoffbecken	Effektive Dosis	0,46	1,5
	Schilddrüsen-Dosis	5,4	8,0
CSBO	Effektive Dosis	0,45	kein
	Schilddrüsen-Dosis	0,19	kein

Die obige Tabelle zeigt, dass die effektiven Folgedosen, die sich aus beiden Referenzauslegungsstörfällen ergeben, innerhalb der festgelegten Grenzwerte liegen. Für den auslegungüberschreitenden Referenzstörfall CSBO sind die Dosen an der niederländischen Grenze niedriger als die für die niederländische Grenze geltenden Grenzwerte, die in den allgemeinen Angaben nach Artikel 37 des Euratom-Vertrags beschrieben und Teil der Genehmigung sind [Electrabel, 1981]. Es ist ebenfalls anzumerken, dass die Dosen niedriger sind als diejenigen, die für die Evakuierung, den Schutz und die Aufnahme von stabilem Jod im Königlichen Erlass zur Notfallplanung [Erlass, 2018] aufgeführt sind (siehe Tabelle 3-44).

Tabelle 3-44 Dosisrichtwert für nukleare und radiologische Notfallpläne

Schutzmaßnahme	Dosis-Kriterien und Integrationszeitraum	Zielgruppe	Richtwert [mSv]
Geschlossenen Räume	Effektive Dosis in 24 Stunden		5
Einnahme von stabilem Jod	Äquivalentdosis für die Schilddrüse	Kinder, schwangere und stillende Frauen	10
		Erwachsene	50
Evakuierung	Effektive Dosis in 7 Tagen		50

Abhängig von der Schwere des Störfalls und den Wetterbedingungen können die Radionuklide auch in andere europäische Länder gelangen. Am 13. August 2020 hat der Föderale Öffentliche Dienst Wirtschaft gemäß dem neuen Gesetz über den Aufschub der Stilllegung von KKW-1 und KKW-2 die Behörden der Länder, die sich in einem Radius von 1000 km um das KKW-1 und KKW-2 befinden, hierüber informiert. Für die (an Belgien angrenzenden) Länder Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien wurden Dosisberechnungen auf der Grundlage der Berechnungen für die niederländische Grenze durchgeführt, basierend auf den Auslegungsstörfällen FHA und LOCA. Diese Berechnungen zeigen, dass die Dosen im Vergleich zu den Ergebnissen an der niederländischen Grenze um einen Faktor von etwa 65 für Frankreich, 80 für Deutschland, 120 für Luxemburg und 130 für Großbritannien reduziert würden. Für andere Staatsgrenzen, die weiter in einem 1000 km-Radius um KKW-1 und KKW-2 entfernt liegen (Schweden, Österreich, Polen, Tschechien, Dänemark und Irland ...), sind die Auswirkungen gegenüber den an der luxemburgischen Grenze bewerteten Auswirkungen begrenzt, d. h. sie sind mindestens 120-mal niedriger als an der niederländischen Grenze, was eine nicht signifikante radiologische Auswirkung aufgrund der Auslegungsstörfälle impliziert [Tractebel, 2020d].

Die radiologischen Folgen des auslegungüberschreitenden Referenzstörfalls CSBO wurden ebenfalls einbezogen. Diese Auswertung zeigt, dass die Dosen im Vergleich zu den Ergebnissen an der niederländischen Grenze um einen Faktor von etwa 55 für Frankreich, 67 für Deutschland, 103 für Luxemburg und 114 für Großbritannien reduziert würden, was zu deutlich niedrigeren Ergebnissen führt. Für andere Grenzen, die weiter in einem 1000 km-Radius um KKW-1 und KKW-2 entfernt liegen (Schweden, Österreich, Polen, Tschechien, Dänemark und Irland ...), sind die Auswirkungen gegenüber den an der luxemburgischen Grenze bewerteten Auswirkungen begrenzt, d. h. mindestens 103-mal niedriger als an der niederländischen Grenze, was eine nicht signifikante radiologische Auswirkung aufgrund der Auslegungsstürfälle impliziert [Tractebel, 2020d].

3.4.7.5 Monitoring

Jede Änderung an der Anlage wird mit der FANK abgestimmt, wobei stets berechnet wird, inwieweit sich die Änderungen auf die nukleare Sicherheit auswirken. Die entsprechende Änderung darf erst nach Genehmigung durch die FANK durchgeführt werden.

3.4.7.6 Reduzierungsmaßnahmen

Electrabel kann (und muss) die in Belgien geltenden Störfallkriterien erfüllen. Hierzu verfügen KKW-1 und KKW-2 sowie KKW-3, KKW-4, WAA und das BCG über diverse Sicherheitssysteme und einen Notfallplan, der mit dem nationalen nuklearen radiologischen Notfallplan in Einklang stehen muss. Zusätzliche Reduzierungsmaßnahmen sind daher im Rahmen des Projekts nicht erforderlich.

3.4.7.7 Wissenslücken

Es gibt keine Wissenslücken, die die Abwägung von Alternativen beeinflussen und eine Entscheidungsfindung unmöglich machen.

3.4.7.8 Schlussfolgerungen

Nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen (das Projekts) verbessert sich die nukleare Sicherheit. Die Aktualisierung der probabilistischen Sicherheitsstudie (PSA) zeigt, dass sich die Kernschmelzfrequenz (CDF) mehr als halbiert hat. Dadurch ist die Wahrscheinlichkeit einer Störfallsituation mit radioaktiven Ableitungen während der Betriebszeit geringer als in der Ausgangssituation. Insbesondere das *Filtered Containment Vent* reduziert die Wahrscheinlichkeit einer radioaktiven Ableitung infolge eines möglichen Störfalls.

Die Referenzstürfälle Kühlmittelverlust (LOCA), Brennstoffhandhabungsstörfall (FHA) am Brennstoffbecken und Full Station Blackout (CSBO) wurden für das Projekt nochmals analysiert. Bei allen drei Referenzstürfällen ist die Dosis niedriger als die geltenden Grenzwerte, wie in den allgemeinen Angaben gemäß Artikel 37 des Euratom-Vertrags als Teil der Genehmigung beschrieben [Electrabel, 1981]. Es ist ebenfalls anzumerken, dass für den auslegungüberschreitenden Referenzstörfall die Dosen niedriger sind als diejenigen, die für die Evakuierung, den Schutz und die Aufnahme von stabilem Jod im Königlichen Erlass zur Notfallplanung [Erlass, 2018] aufgeführt sind (siehe Tabelle 3-44).

Für Länder, die einen größeren Abstand zum KKW aufweisen als die Niederlande, sind die Dosisfaktoren kleiner als die Dosis an der niederländischen Grenze, was bedeutet, dass es eine nicht signifikante radiologische Auswirkung durch die Referenzstürfälle gibt.

Bei der Null-Variante ist die Wahrscheinlichkeit einer Umweltbeeinträchtigung durch einen Störfall am KKW-Standort noch geringer als beim Projekt, da KKW-1 und KKW-2 nicht weiter in Betrieb sind.

Die Störfallorganisation des KKW und der Nationale nukleare und radiologische Notfallplan regeln die möglichen Folgen eines möglichen Störfalls.

3.4.8 Gesamte effektive Folgedosis

3.4.8.1 Methodologie

In diesem Abschnitt wird die gesamte effektive Folgedosis bestimmt, der eine Einzelperson der Bevölkerung durch den Betrieb des KKW maximal ausgesetzt sein kann. Diese gesamte effektive Folgedosis stammt aus vier Quellen, die in früheren Abschnitten gesondert beschrieben wurden:

- Direkte Strahlung (Abschnitt 3.4.1)
- Effektive Folgedosis durch gasförmige Ableitungen (Abschnitt 3.4.3)
- Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen (Abschnitt 3.4.4)

Die maximale Dosis, die eine Person der Bevölkerung aufnehmen kann, wird für ein sogenanntes „kritisches Individuum“ berechnet. Das ist eine Person, die unter sehr konservativen Annahmen der maximalen Dosis ausgesetzt sein kann. Dabei wird z. B. davon ausgegangen, dass sich die Person das ganze Jahr über an der Standortgrenze aufhält, an der die höchste Dosisleistung gemessen wird, während sie sich zugleich auch an dem Ort mit der höchsten luftgetragenen Aktivität und auch an dem Ort mit der höchsten Aktivitätsdeposition aufhält.

Die gesamte effektive Folgedosis aus flüssigen und atmosphärischen Ableitungen basieren auf Dosisberechnungen nach der von der *United States Nuclear Regulatory Commission* (US-NRC) veröffentlichten Methode [NRC, 1977], die von der FANK dem belgischen Kontext angepasst und in *Méthodes et hypothèses relatives au calcul de doses à la population dues aux rejets de routine pour les établissements nucléaires de classe I en Belgique* [FANK, 2013a] dargelegt wurden.

Die Direktosis basiert auf Messungen an der Standortgrenze. Die gesamte effektive Folgedosis für die Bevölkerung aus dem Betrieb wird anhand des gesetzlichen Grenzwerts (ARBIS) von 1 mSv pro Jahr [ARBIS] geprüft. Wie bereits beschrieben, gilt dieser Grenzwert von 1 mSv für die Dosis, die aus dem Betrieb einer kerntechnischen Anlage stammt, und ist der natürlichen Hintergrundstrahlung hinzuzurechnen (etwa 4,0 mSv pro Jahr [FANK, 2018]).

3.4.8.2 Ausgangssituation

Die gesamte effektive Folgedosis durch den Betrieb des gesamten Standorts (KKW) für eine erwachsene kritische Person ist in Tabelle 3-45 zusammengefasst. Die effektive Folgedosis durch flüssige und atmosphärische Ableitungen basiert auf Dosisberechnungen nach der von der *United States Nuclear Regulatory Commission* (US-NRC) veröffentlichten Methode [NRC, 1977]. Die Direktosis basiert auf dem höchsten Messwert an der Standortgrenze (Tabelle 3-3). Diese gemessene Dosis wird um die natürliche Hintergrundstrahlung korrigiert, die von der FANK für den Norden Belgiens bestimmt wurde (0,7 mSv pro Jahr) [FANK, 2018]. Die so ermittelte Dosis ist die konservativste (maximale) Dosis, der

ein Mitglied der Bevölkerung durch den Betrieb eines Kernkraftwerks ausgesetzt sein kann. Hierdurch wird eine Überschätzung der tatsächlichen Exposition berechnet.

Tabelle 3-45 Effektive Folgedosis für einen Erwachsenen, die sich aus dem Betrieb von KKW während der Ausgangssituation (2012-2014) ergibt.

Jahr	Direkt [mSv/Jr]	Gasförmig [mSv/Jr]	Flüssig [mSv/Jr]	Gesamt [mSv/Jr]
2012	0,22	0,0098	0,0011	0,23
2013	0,22	0,0094	0,00077	0,23
2014	0,20	0,0094	0,00060	0,21

Die gesamte effektive Folgedosis für einen Erwachsenen wird durch die Direktstrahlung an der Standortgrenze bestimmt. Die Ableitungen sowohl in die Schelde als auch in die Atmosphäre tragen nur geringfügig zur gesamten effektiven Folgedosis bei.

Die gesamte effektive Folgedosis für die verschiedenen Alterskategorien infolge des Betriebs von KKW-1 und KKW-2 ist in Tabelle 3-46 zusammengefasst; dies ist die Summe der effektiven Folgedosis für Direktstrahlung, flüssige und gasförmige Ableitungen (Abschnitt 3.4.1, Abschnitt 3.4.3, Abschnitt 3.4.4). Da die Direktstrahlung an der Standortgrenze den höchsten Beitrag zur Gesamtdosis leistet und unabhängig vom Lebensalter ist, unterscheiden sich die Dosen zwischen den Altersklassen nur geringfügig.

Tabelle 3-46 Gesamte effektive Folgedosis für eine kritische Person infolge des Betriebs von KKW-1 und KKW-2 während der Ausgangssituation

Jahr	Gesamte effektive Folgedosis KKW-1 und KKW-2 [mSv/Jr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2012	0,22	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22
2013	0,22	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22
2014	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21

Die gesamte effektive Folgedosis für die verschiedenen Altersgruppen durch den KKW-Betrieb (KKW-1, KKW-2, KKW-3, KKW-4, WAA und BCG) ist in Tabelle 3-47 zusammengefasst. Auch zur Gesamtdosis des Standorts leistet die direkte Dosis an der Standortgrenze den höchsten Beitrag, so dass sich nur geringe Unterschiede in der Gesamtdosis zwischen den Altersklassen ergeben. Die effektive Folgedosis bleibt in allen Jahren deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert von 1 mSv pro Jahr.

Tabelle 3-47 Gesamte effektive Folgedosis für die verschiedenen Altersgruppen infolge des KKW-Betriebs während der Ausgangssituation.

Jahr	Gesamte effektive Folgedosis KKW-1 und KKW-2 [mSv/Jr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2012	0,23	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23
2013	0,22	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23
2014	0,21	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21
Basierend auf zulässigen Grenzwerten	1	1	1	1	1	1

3.4.8.3 Folgenabschätzung

Die potenziellen Auswirkungen der gasförmigen Ableitungen auf die Umwelt werden für beide zu behandelnden Szenarien bewertet:

- Durchführung des Projekts
Diese ist in zwei Phasen unterteilt, die jeweils in einem eigenen Abschnitt behandelt werden:
 - Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018: LTO-Baumaßnahmen. Diese werden hauptsächlich bei Überholungsarbeiten durchgeführt. Electrabel betreibt in dieser Zeit sowohl das KKW-1 als auch das KKW-2.
 - Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025): Der reguläre Betrieb nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen
- Null-Variante: Das Projekt wird nicht realisiert und der Betrieb von KKW-1 und KKW-2 wird 2015 eingestellt.

Die Auswirkungen der Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 basieren auf den in der Ausgangssituation (2012-2014) erfassten Daten und werden für den Zeitraum 2015-2025 ermittelt. Wo immer möglich, wurden verfügbare Daten verwendet, um die erwarteten Auswirkungen anhand der realen Daten von 2015-2018 zu überprüfen. Bei der Bewertung des Projekts und der Null-Variante wird davon ausgegangen, dass die Umweltauswirkungen von KKW-3, KKW-4 und der WAA bis 2025 die gleichen bleiben wie bei der Ausgangssituation. Dies ist eine konservative Annahme³¹.

3.4.8.3.1 Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018

Als Voraussetzung für die Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 wurde ein Maßnahmenpaket zur Verbesserung der Sicherheit der Kraftwerksblöcke erstellt. Diese LTO-Maßnahmen werden im Zeitraum von 2015 bis 2018 umgesetzt, dem Zeitraum, der in diesem Projekt als Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 definiert ist.

Während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 werden die beiden Blöcke in Betrieb sein, die Arbeiten werden hauptsächlich während der Überholungen durchgeführt. Da die Arbeiten in erster Linie während der Überholungen erfolgen, ist keine signifikante Erhöhung der atmosphärischen und flüssigen Ableitungen zu erwarten. Obwohl die Abschirmung der Reaktorgebäude ausreichend sein

³¹Weitere Erläuterungen zu dieser Annahme finden sich in Abschnitt 1.1.3

wird, um eine signifikante Dosis an der Standortgrenze zu verhindern, werden lokale Transporte, z. B. zum Wasser- und Abfallaufbereitungsgebäude, möglicherweise zu einer leicht erhöhten Dosis an der Standortgrenze führen.

Aufgrund der Art dieses Projekts ist die Dosis während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 bereits bekannt. Dies ist in Tabelle 3-48 zusammengefasst und zeigt mit Ausnahme der Direktstrahlung keine signifikante Änderung gegenüber der Ausgangssituation.

Wie bereits beschrieben, ist die Dosis durch Direktstrahlung im Vergleich zur Ausgangssituation leicht erhöht, was wahrscheinlich durch zusätzliche interne Transporte von radioaktiv kontaminiertem Material verursacht wird.

Tabelle 3-48 Effektive Folgedosis für einen Erwachsenen infolge des KKW-Betriebs während der Projektbetriebsphase zwischen 2015 und 2018.

Jahr	Direkt [mSv/Jr]	Gasförmig [mSv/Jr]	Flüssig [mSv/Jr]	Gesamt [mSv/Jr]
2015	0,31	0,0099	0,00046	0,32
2016	0,29	0,010	0,00084	0,29
2017	0,26	0,0093	0,00082	0,27
2018	0,27	0,010	0,00072	0,27

Die gesamte effektive Folgedosis für die verschiedenen Altersgruppen durch den Betrieb von KKW-1 und KKW-2 ist ebenfalls in Tabelle 3-49 zusammengefasst. Dies ist in Tabelle 3-50 als Folge des Betriebs von KKW (KKW-1, KKW-2, KKW-3, KKW-4, WAA und BCG) dargestellt.

Tabelle 3-49 Gesamte effektive Folgedosis für eine kritische Person infolge des Betriebs von KKW-1 und KKW-2 während der Ausgangssituation

Jahr	Gesamte effektive Folgedosis KKW-1 und KKW-2 [mSv/Jr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2015	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
2016	0,29	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29
2017	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
2018	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28

Tabelle 3-50 Gesamte effektive Folgedosis für die verschiedenen Altersgruppen infolge des KKW-Betriebs während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018.

Jahr	Gesamte effektive Folgedosis KKW-1 und KKW-2 [mSv/Jr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
2015	0,31	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32
2016	0,30	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30
2017	0,27	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
2018	0,28	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28
Basierend auf zulässigen Grenzwerten	1	1	1	1	1	1

Wie bei der Ausgangssituation verantwortet die direkte Strahlung für den KKW-Standort als auch global für KKW-1 und KKW-2 an der Standortgrenze den höchsten Beitrag zur gesamten effektiven Folgedosis, was zu nur geringen Unterschieden bei der Gesamtdosis für die jeweiligen Altersklassen führt. Die effektive Folgedosis bleibt in allen Jahren deutlich unter dem gesetzlichen Grenzwert von 1 mSv pro Jahr.

3.4.8.3.2 Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025)

Nach der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 werden die Blöcke in einer weiteren Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019 - 2025) betrieben. Es ist wahrscheinlich, dass sich die Dosis während der Betriebsphase in der zukünftigen Situation nicht wesentlich von der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 unterscheiden wird. Die gesamte effektive Folgedosis des KKW ist in Abbildung 3-36 grafisch dargestellt.

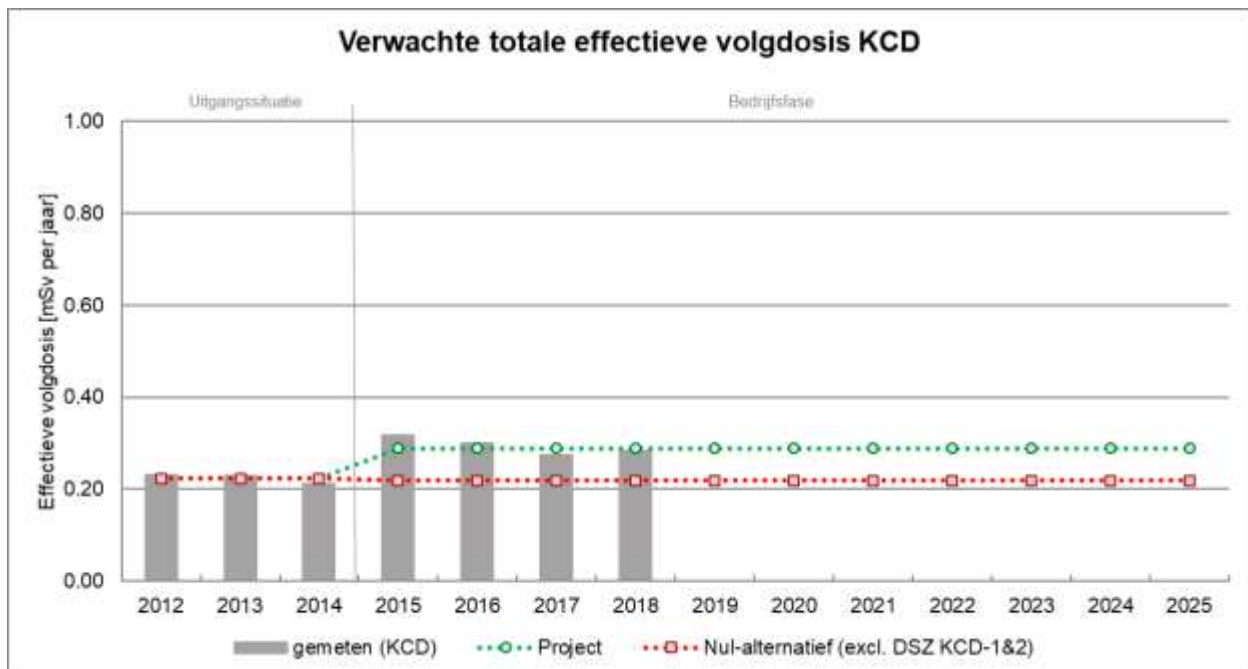


Abbildung 3-36 Erwartete gesamte effektive Folgedosis KKW infolge von Direktstrahlung, flüssigen und gasförmigen Ableitungen für das Projekt und die Null-Variante.

Kumulierte Auswirkungen des Projekts

Basierend auf den vorstehenden Beschreibungen wird die maximale kumulierte Dosis aufgrund dieses Projekts voraussichtlich 3,3 mSv betragen (11 Jahre bei 0,30 mSv/Jahr (Durchschnitt für 2015-2018)). Da auch für die verschiedenen Dosisberechnungen eine extrem konservative Methode herangezogen wurde, ist die rechnerische kumulierte Dosis für dieses Projekt eine starke Überschätzung einer realen Dosis.

Dennoch liegt die rechnerische kumulierte Dosis von 3,3 mSv deutlich unter dem induzierten kumulierten Dosisgrenzwert³² (11 Jahre \times 1 mSv=11 mSv), so dass keine signifikanten Auswirkungen erwartet werden. Zur Veranschaulichung: Die durchschnittliche belgische Hintergrunddosis für den Zeitraum dieses Projekts beträgt über 43 mSv [FANK, 2018].

3.4.8.3.3 Null-Variante

Bei der Null-Variante werden KKW-1 und KKW-2 abgeschaltet und die definitive Stilllegung beginnt. Der Unterschied zwischen dem Projekt und der Null-Variante wird durch die Erhöhung der direkten Strahlendosis an der Standortgrenze bestimmt, die wahrscheinlich durch die größere Anzahl der im BCG gelagerten verbrauchten Brennelemente verursacht wird. Andererseits werden mit der Stilllegung von KKW-1 und KKW-2 die aus dem Betrieb dieser Blöcke resultierenden gasförmigen und flüssigen Ableitungen gestoppt.

Wie in Abschnitt 3.4.1 bis Abschnitt 3.4.6 beschrieben, hat die DSL keine oder nur vorübergehend begrenzte Auswirkungen auf die betrachteten Umweltaspekte. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die jährliche radiologische Belastung während der DSL geringer ist als diejenige, die sich aus dem Betrieb des betreffenden Blocks ergibt.

Dies wird in beiden Szenarien der Fall sein, nur wird es beim Projekt-Szenario 10 Jahre später sein als bei der Null-Variante. Es ist wahrscheinlich, dass die definitive Stilllegung von KKW-1 und KKW-2 in beiden Szenarien ähnlich erfolgt, so dass sich die Umweltauswirkungen zwischen den beiden Szenarien voraussichtlich nicht unterscheiden werden.

3.4.8.4 Grenzüberschreitende Auswirkungen

Dosiswirkungen an der niederländischen Grenze

Der niederländische Erlass vom 23. Oktober 2017 zum Schutz von Personen vor den Gefahren ionisierender Strahlung (Bbs) legt in Artikel 9.2.1 fest, dass die maximale Dosis für ein Mitglied der niederländischen Bevölkerung, die aus dem Betrieb einer kerntechnischen Anlage herkommt, den Wert von 0,1 mSv pro Jahr nicht überschreiten darf. Dies ist der niederländische Dosisgrenzwert für direkte Strahlung, flüssige und gasförmige Ableitungen. In Tabelle 3-51 ist auf der Grundlage dessen, was für grenzüberschreitende Wirkungen unter direkter Strahlung (Abschnitt 3.4.1), gasförmigen (Abschnitt 3.4.3) und flüssigen Ableitungen (Abschnitt 3.4.4) beschrieben wurde, die gesamte effektive Folgedosis für die niederländische Bevölkerung infolge des Betriebs des KKW dargestellt.

³² Dies ist kein gesetzlicher Grenzwert. Der gesetzliche Grenzwert liegt bei 1 mSv pro Jahr [ARBIS].

Tabelle 3-51 Effektive Folgedosis durch den KKW-Betrieb für die niederländische Bevölkerung.

Direkt [mSv/Jr]	Gasförmig [mSv/Jr]	Flüssig [mSv/yr]	Gesamt [mSv/Jr]
0,000078	< 0,027	0,00042	< 0,027

Aus obiger Tabelle lässt sich schließen, dass durch den Betrieb des KKW der in den Niederlanden geltende Expositionsgrenzwert für die Bevölkerung eingehalten wird.

Dosiswirkungen an der Grenze zu anderen umliegenden Ländern

Für die anderen umliegenden Länder Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien wurde die effektive Folgedosis ebenfalls anhand der Entfernungen von den jeweiligen Landesgrenzen zum KKW berechnet. Diese nationalen Grenzen liegen in deutlich größerer Entfernung zum KKW als die niederländische Grenze, d. h. ca. 97 km, 117 km, 177 km bzw. 195 km. Bei diesen Entfernungen reduziert sich der Beitrag der Direktstrahlung zur Gesamtdosis auf Null. Die Berechnungen nach den üblichen Ausbreitungsmodellen zeigen, dass die effektive Folgedosis an den Grenzen zu Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien deutlich geringer ist und damit auch deutlich unter dem Grenzwert von 1 mSv pro Jahr bleibt. Das Ergebnis dieser Berechnungen, sowohl für atmosphärische als auch für flüssige Ableitungen, ist für die verschiedenen Altersgruppen in Tabelle 3-52 für KKW dargestellt.

Tabelle 3-52 Gesamte effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen aus dem KKW, basierend auf den Ableitungsgrenzwerten für die Landesgrenzen zu Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien.

	Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen KKW [mSv/yr]					
	<1 Jahr	1-2 Jahre	2-7 Jahre	7-12 Jahre	12-17 Jahre	>17 Jahre
Frankreich	0,0011	0,0013	0,0011	0,0097	0,0010	0,00096
Deutschland	0,00097	0,0011	0,00098	0,00086	0,00091	0,00085
Luxemburg	0,00075	0,00087	0,00075	0,00066	0,00070	0,00065
Großbritannien	0,00070	0,00082	0,00071	0,00062	0,00066	0,00061

3.4.8.5 Wissenslücken

Die bestehenden Wissenslücken bezüglich der Gesamtdosis werden unter Direktstrahlung (Abschnitt 3.4.1), effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen (Abschnitt 3.4.3) und effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen (Abschnitt 3.4.4) beschrieben.

Die vorhandenen Kenntnisse reichen jedoch aus, um die Auswirkungen der Gesamtdosis dieses Projekts zu bestimmen. Die Wissenslücken haben daher keinen Einfluss auf die Bewertung und stellen kein Hemmnis für die Entscheidungsfindung dar.

3.4.8.6 Schlussfolgerungen

Basierend auf der geschätzten Dosis des Projekts und der Null-Variante kann geschlossen werden, dass der gesetzliche Grenzwert für die Bevölkerung [ARBIS] eingehalten wird, was bedeutet, dass es keine signifikanten Auswirkungen auf Mensch und Umwelt gibt.

Referenzen

ARBIS [Allgemeine Verordnung über den Schutz der Bevölkerung, der Arbeitnehmer und der Umwelt gegen die Gefahren ionisierender Strahlungen]	Königlicher Erlass vom 20. Juli 2001 über allgemeine Vorschriften zum Schutz der Bevölkerung, der Arbeitnehmer und der Umwelt gegen die Gefahr ionisierender Strahlungen, Belgischer Staat, 2001, Brüssel
Erlass, 2003	Königlicher Erlass vom 17. Oktober 2003 zur Erstellung des nuklearen und radiologischen Notfallplans für das belgische Staatsgebiet (B.S. 20.11.2003)
Erlass, 2011	Königlicher Erlass vom 30. November 2011 über Sicherheitsanforderungen an kerntechnische Anlagen, 2011, Brüssel.
Erlass, 2018	Königlicher Erlass vom 1. März 2018 zur Erstellung des nuklearen und radiologischen Notfallplans für das belgische Staatsgebiet, Belgischer Staat, 2018, Brüssel
Wald, 2000	Inleiding tot de stralingshygiëne, A.J.J. Bos, F.S. Draaisma, e.a., Maarsen, 2000
Chopin, 2013	Radiochemistry and Nuclear Chemistry (Chapter 13), G. Chopin, J.O. Liljenzin, J. Rydberg & C. Ekberg, 2013.
CSD, 2019	Centrale nucléaire de Tihange - Construction de trois bâtiments destinés à la manutention et à l'entreposage temporaire d'emballages contenant du combustible nucléaire usé (projet SF ²), NA02320.100, CSD Ingénieurs, april 2019, Namen, Belgïe
Electrabel, 1981	Nuklearstandort Doel: Allgemeine Informationen gemäß Artikel 37 des Euratom-Vertrags, November 1981
Electrabel, 2011	Bericht über die Stresstests im Kernkraftwerk Doel – Zusätzliche Sicherheitsbestimmungen für die Anlagen, Electrabel, Oktober 2011, Brüssel, Belgien
Electrabel, 2012	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2012, Electrabel, 2012, Doel, Belgien
Electrabel, 2012a	Long Term Operation Technischer Bericht Doel 1&2, Version 2.0, Electrabel, Juni 2012, Brüssel, Belgien
Electrabel, 2013	Radioaktive Ableitungen KKW – Jahresbericht 2012, 10010404371/000/00, Electrabel, April 2013, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)

Electrabel, 2013a	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2013, Electrabel, 2013, Doel, Belgien
Electrabel, 2014	Radioaktive Ableitungen KKW – Jahresbericht 2013, 10010467439/000/00, Electrabel, April 2014, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
Electrabel, 2014a	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2014, Electrabel, 2014, Doel, Belgien
Electrabel, 2015	On-Site-Monitoringprogramm KKW, 10010344280/000/02, Electrabel, September 2015, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
Electrabel, 2015a	Radioaktive Ableitungen KKW – Jahresbericht 2014, 10010535110/000/00, Electrabel, April 2015, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
Electrabel, 2015b	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2015, Electrabel, 2015, Doel, Belgien
Electrabel, 2015c	Umweltbewusster weiterer Betrieb 2015-2025, Long Term Operation, Synthesebericht – Doel 1 und Doel 2, April 2015 – Version 0, Brüssel, Belgien
Electrabel, 2016	Radioaktive Ableitungen KKW – Jahresbericht 2015, 10010608742/000/00, Electrabel, April 2016, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
Electrabel, 2016a	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2016, Electrabel, 2016, Doel, Belgien
Electrabel, 2017	Radioaktive Ableitungen KKW – Jahresbericht 2016, 10010679961/000/00, Electrabel, April 2017, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
Electrabel, 2017a	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2017, Electrabel, 2017, Doel, Belgien
Electrabel, 2018	Radioaktive Ableitungen KKW – Jahresbericht 2017, 10010747780/000/00, Electrabel, April 2018, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
Electrabel, 2018a	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2018, Electrabel, 2018, Doel, Belgien
Electrabel, 2019	Radioaktive Ableitungen KKW – Jahresbericht 2018, 10010831621/000/00, Electrabel, April 2019, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
Electrabel, 2019a	Kernkraftwerk Doel Umwelterklärung 2019, Electrabel, 2019, Doel, Belgien
Electrabel, 2020	E-Mail-Korrespondenz mit einem Experten für radioaktive Abfälle, April 2020.
Electrabel, 2020a	E-Mail-Korrespondenz mit Strahlenschutzexperten (Februar-Mai 2020)
ENGIE, 2020	E-Mail-Korrespondenz mit Experten O&NV, 4. Mai 2020
ENSREG, 2011	Declaration of ENSREG, European Nuclear Safety Regulatory Group, 13 mei 2011
EU, 2013	Richtlinie zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz gegen die Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung,

- 2013/59/EURATOM, Rat der Europäischen Union, 5. Dezember 2013, Brüssel, Belgien.
- FANK, 2009 Strategiepapier „Long term operation von belgischen Kernkraftwerken: Doel 1/2 und Tihange 1“, Memorandum Nr. 008-194, herz.2, FANK, September 2009
- FANK, 2011 Tests de résistance belges - Rapport national pour les centrales nucléaires, AFCN, décembre 2011 / Belgische weerstandstesten – Nationaal rapport voor de kerncentrales, FANK, Dezember 2011
- FANK, 2013 Radiologische Aufsicht in Belgien Synthesebericht 2012, FANK, September 2013, Brüssel, Belgien
- FANK, 2013a Méthodes et hypothèses relatives au calcul de doses à la population dues aux rejets de routines pour les établissements nucléaires de classe I en Belgique, 2012-11-19-KO-5-4-1-FR, AFCN, 2013
- FANK, 2014 Radiologische Aufsicht in Belgien Synthesebericht 2013, FANK, September 2014, Brüssel, Belgien
- FANK, 2014a Radioaktive Ableitungen von Kernkraftanlagen der Klasse 1 in 2013, FANK, Juni 2014, Brüssel, Belgien.
- FANK, 2015 Radiologische Aufsicht in Belgien Synthesebericht 2014, FANK, September 2015, Brüssel, Belgien
- FANK, 2015a Long Term Operation Doel 1 & 2 – Finale Evaluierung Aktionsplan, 2015-08-18-MVDH-5-4-8-NL, FANK, August 2015, Brüssel, Belgien
- FANK, 2015b Guideline – Safety demonstration of new class I nuclear installations - Approach to Defence-in-Depth, radiological safety objectives and application of a graded approach to external hazards, 2013-05-15-NH-5-4-3-EN, AFCN, February 2015
- FANK, 2016 Radiologische Aufsicht in Belgien Synthesebericht 2015, FANK, September 2016, Brüssel, Belgien
- FANK, 2017 Radiologische Aufsicht in Belgien Synthesebericht 2016, FANK, September 2017, Brüssel, Belgien
- FANK, 2018 Berechnung der durchschnittlichen jährlichen Exposition gegenüber ionisierender Strahlung in Belgien: Methodik und Entwicklung, FANK, 2018, Brüssel, Belgien
- FANK, 2018a Radiologische Aufsicht in Belgien Synthesebericht 2017, FANK, September 2018, Brüssel, Belgien
- FANK, 2019 Zulassung von Sachverständigen, die zur Durchführung einer UVP befähigt sind - EIA-0053526, 2019-10-28-FVW-5-1-2-NL, FANK, 3-10-2019

FANK, 2019a	Radiologische Aufsicht in Belgien Synthesebericht 2018, FANK, September 2019, Brüssel, Belgien
FOBZ, 2011	Königlicher Erlass vom 30. November 2011 zur Festlegung von Sicherheitsvorschriften für kerntechnische Anlagen, Föderaler Öffentlicher Dienst Inneres
FÖD, 2003	Gesetz vom 31. Januar 2003 über den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie für die industrielle Stromerzeugung, Föderaler Öffentlicher Dienst Wirtschaft, KMB, Mittelstand und Energie
FÖD, 2015	Gesetz vom 28. Juni 2015 zur Änderung des Gesetzes vom 31. Januar 2003 über den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie für die industrielle Stromerzeugung zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit im Bereich der Energie, Föderaler Öffentlicher Dienst Wirtschaft, KMB, Mittelstand und Energie
IAEA, 2005	Safety Reports Series SRS No. 44, Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, IAEA, 2005, Wien, Österreich
IAEA, 2010	IAEA Specific Safety Guide SSG-3 Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, 2010, IAEA, Wien, Österreich.
IAEA, 2014	General Safety Requirements GSR Part 3, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, 2014, IAEA, Wien, Österreich
IAEA, 2019	Report on safety aspects of the long term operation (salto) mission and salto follow-up mission to Doel nuclear power plant unit 1 and 2, IAEA, 2019, Doel, Belgien
ICRP, 1995	Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients, ICRP Publication 72, International Commission on Radiological protection, 1995, Ottawa, Kanada
ICRP, 2007	The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103, International Commission on Radiological protection, 2007, Ottawa, Kanada
NRC, 1977	Calculation of annual doses to man from routine releases of reactor effluents for the purpose of evaluating compliance with 10 CFR part 50, Appendix I, Regulatory Guide 1.109 rev 1., Nuclear Regulatory Commission, Oktober 1977, Washington D.C., Vereinigte Staaten von Amerika

- Schwibach, 1978 Investigations into the emission of Carbon-14 compounds from nuclear facilities, V-3062/78-EN, J. Schwibach, H. Riedel & J. Bretschneider, November 1978, Luxemburg, Luxemburg
- Tractebel, 2010 MER KKW, KKW-MER/4NT/154702/000/01, Suez-Tractebel, Juli 2010, Brüssel, Belgien
- Tractebel, 2010a Mise à jour des doses à la population dues aux rejets de routine au site de Doel pour les valeurs limites annuelles de rejets définies par les Spécifications Techniques, Tractebel, April 2010, Brüssel, Belgien.
- Tractebel, 2014 Bewertung der Dosis für die Bevölkerung durch routinemäßige Ableitungen aus dem Kernkraftwerk Doel im Jahr 2012 und den zehn vorangegangenen Jahren, SPBDOEL/4NT/0280306/000/01, Tractebel Engineering, Februar 2014, Brüssel, Belgien (*vertrauliches Dokument*)
- Tractebel, 2014a Bewertung der Dosis für die Bevölkerung durch routinemäßige Ableitungen aus dem Kernkraftwerk Doel im Jahr 2013 und den zehn vorangegangenen Jahren, DOS/4NT/0311712/000/01, Tractebel Engineering, Juli 2014, Brüssel, Belgien (*vertrauliches Dokument*)
- Tractebel, 2015 Long term operation Doel 1&2 – Screening der Umweltaspekte für Doel 1 und Doel 2, DOS12/4NT/0381296/000/00, Tractebel Engineering, August 2015, Brüssel, Belgien (*vertrauliches Dokument*)
- Tractebel, 2015a Bewertung der Dosis für die Bevölkerung durch routinemäßige Ableitungen aus dem Kernkraftwerk Doel im Jahr 2014 und den zehn vorangegangenen Jahren, DOS/4NT/0355292/000/00, Tractebel Engineering, März 2015, Brüssel, Belgien (*vertrauliches Dokument*)
- Tractebel, 2017 Bewertung der Dosis für die Bevölkerung durch routinemäßige Ableitungen aus dem Kernkraftwerk Doel im Jahr 2016 und den zehn vorangegangenen Jahren, DOS/4NT/0601770/000/00, Tractebel Engineering, April 2017, Brüssel, Belgien (*vertrauliches Dokument*)
- Tractebel, 2018 Bewertung der Dosis für die Bevölkerung durch routinemäßige Ableitungen aus dem Kernkraftwerk Doel im Jahr 2017 und den zehn vorangegangenen Jahren, DOS/4NT/0543797/000/00, Tractebel Engineering, April 2018, Brüssel, Belgien (*vertrauliches Dokument*)
- Tractebel, 2019 Bewertung der Dosis für die Bevölkerung durch routinemäßige Ableitungen aus dem Kernkraftwerk Doel im Jahr 2018 und den zehn vorangegangenen Jahren, DOS/4NT/0658486/000/00, Tractebel Engineering, April 2019, Brüssel, Belgien (*vertrauliches Dokument*)
- Tractebel, 2019a Bewertung der Dosis für die Bevölkerung durch routinemäßige Ableitungen aus dem Kernkraftwerk Doel im Jahr 2015 und den zehn vorangegangenen Jahren,

	DOS/4NT/0460603/000/00, Tractebel Engineering, April 2019, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
Tractebel, 2019b	E-Mail-Korrespondenz mit einem Experten für radioaktive Abfälle (26. November 2019).
Tractebel, 2019c	E-Mail-Korrespondenz mit Tractebel-Projektleiter (19. September 2019)
Tractebel, 2019d	E-Mail-Korrespondenz mit Tractebel-Projektleiter (29. Oktober 2019)
Tractebel, 2020a	E-Mail-Korrespondenz mit Tractebel-Projektleiter (11. Februar 2019)
Tractebel, 2020b	KKW12: radiological consequences from routine releases calculated at borders with neighboring countries rev 01, CNT-KKW/4NT/0029233/000/01, Tractebel Engineering, September 2020, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
Tractebel, 2020c	Effects of radiations on non-human biota, CNT-KKW/4NT/0029190/000/00, Tractebel Engineering, September 2020, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
Tractebel, 2020d	LTO G1 - KKW12 - Radiological consequences for Design Basis Accident (DBA) rev 01, CNT-KKW/4NT/0029088/000/01, Tractebel Engineering, Oktober 2020, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
Tractebel, 2020e	LTO G1 - KKW12 - Radiological consequences for beyond design basis accident rev 02, CNT-KKW/4NT/0029070/000/02, Tractebel Engineering, Oktober 2020, Brüssel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)
UNSCEAR, 2000	Sources and effects of ionizing radiation volume I: sources, United Nations, 2000, New York.
US EPA, 2004	AERMOD Deposition Algorithms - Science Document (Revised Draft), US EPA, März 2004
VR-KKW	Doel 1-2 Sicherheitsbericht, Electrabel, Doel, Belgien (<i>vertrauliches Dokument</i>)

Liste der Tabellen

Tabelle 3-1	Wahrscheinlichkeit stochastischer Schäden bei niedrigen Dosen und Dosisleistungen [ICRP, 2007]	13
Tabelle 3-2	Dosisgrenzwerte gemäß ARBIS [ARBIS]	19

Tabelle 3-3	Die zwischen 2012 und 2014 gemessene Dosis an den Standortgrenzen des gesamten Standortes (KKW). Die Werte werden ohne Hintergrundkorrektur angegeben.....	29
Tabelle 3-4	Die zwischen 2015 und 2018 gemessene Dosis an der Standortgrenze des gesamten Standortes (KKW). Die Werte werden ohne Hintergrundkorrektur angegeben.....	31
Tabelle 3-5	Quadratische Abnahme der Dosisleistung in Richtung der niederländischen Grenze.	35
Tabelle 3-6	Mittlere effektive Dosis pro Arbeitsbereich.....	38
Tabelle 3-7	Effektive Dosis der KKW-Mitarbeiter während der Ausgangssituation.....	39
Tabelle 3-8	Effektive Dosis der Mitarbeiter des KKW während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018.....	41
Tabelle 3-9	Zulässige Aktivitäten für Ableitungen von Gasen aus dem KKW.....	46
Tabelle 3-10	Effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen des KKW bezogen auf Ableitungsgrenzwerte.....	47
Tabelle 3-11	In die Atmosphäre abgeleitete Aktivität von Aerosolen, Jod-131, Edelgasen und Tritium über die Jahre 2012-2014.....	49
Tabelle 3-12	Zusammenfassung der jährlichen effektiven Folgedosis nach Altersklassen über die Jahre 2012-2014 aufgrund atmosphärischer Ableitungen des KKW gegenüber der effektiven Folgedosis basierend auf den genehmigten Ableitungsgrenzwerten.....	49
Tabelle 3-13	Aktivitätskonzentration von ¹³⁷ Cs in Proben aus der Umgebung des KKW (2014).....	51
Tabelle 3-14	In die Atmosphäre abgeleitete Aktivität von Aerosolen, Jod-131, Edelgasen und Tritium über die Jahre 2015-2018.....	52
Tabelle 3-15	Zusammenfassung der jährlichen effektiven Folgedosis nach Altersklassen über die Jahre 2015-2018 aufgrund gasförmiger Ableitungen des KKW gegenüber der effektiven Folgedosis basierend auf den zulässigen Ableitungsgrenzwerten ..	53
Tabelle 3-16	Erwartete jährliche effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitung während des Betriebs des KKW im Rahmen des Projekts.....	54
Tabelle 3-17	Erwartete effektive Folgedosis aufgrund der Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 durch gasförmige Ableitungen.....	55

Tabelle 3-18	Erwartete jährliche effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen während des Betriebs des KKW infolge der Null-Variante (ohne DSL KKW-1 und KKW-2).....	56
Tabelle 3-19	Effektive Folgedosis an der niederländischen Grenze durch flüssige atmosphärische des gesamten KKW im Jahr 2014	58
Tabelle 3-20	Effektive Folgedosis an der niederländischen Grenze durch atmosphärische Ableitungen von KKW-1 und KKW-2 im Jahr 2014.....	59
Tabelle 3-21	Effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen von KKW-1 und KKW-2 basierend auf den Ableitungsgrenzwerten für die Landesgrenzen zu Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien.....	59
Tabelle 3-22	Effektive Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen aus dem basierend auf den Ableitungsgrenzwerten für die Landesgrenzen zu Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien.....	60
Tabelle 3-23	Radiologisches Überwachungsprogramm des Schelde- und Nettebeckens [FANK, 2019a].....	61
Tabelle 3-24	Zulässige Aktivitäten für Ableitungen von Wasser aus dem KKW	63
Tabelle 3-25	Effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen des KKW bezogen auf die Ableitungsgrenzwerte.....	65
Tabelle 3-26	Abgeleitete Aktivität von Tritium (³ H) und aller anderen Nuklide ohne Tritium aus flüssigen Ableitungen im Zeitraum 2012-2014	67
Tabelle 3-27	Zusammenfassung der jährlichen effektiven Folgedosis nach Altersklassen aufgrund flüssiger Ableitungen des KKW gegenüber der effektiven Folgedosis basierend auf den zulässigen Ableitungsgrenzwerten für den Zeitraum 2012-2014.....	68
Tabelle 3-28	Analyseergebnisse für Sediment und Fucus aus der Umgebung des KKW (2014).	70
Tabelle 3-29	Abgeleitete Aktivität von Tritium (³ H) und aller anderen Nuklide ohne Tritium aus flüssigen Ableitungen während der Betriebsphase des Projekts im Zeitraum 2015-2018.....	71
Tabelle 3-30	Zusammenfassung der jährlichen effektiven Folgedosis nach Altersklassen aufgrund flüssiger Ableitungen des KKW gegenüber der effektiven Folgedosis basierend auf den zulässigen Ableitungsgrenzwerten für den Zeitraum 2015-2018.....	72
Tabelle 3-31	Erwartete jährliche effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen während des KKW-Betriebs im Rahmen des Projekts.....	74

Tabelle 3-32	Erwartete kumulative effektive Folgedosis bei längerem Betrieb von KKW-1 und KKW-2 aufgrund von flüssigen Ableitungen.....	74
Tabelle 3-33	Erwartete jährliche effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen während des Betriebs des KKW infolge der Null-Variante (ohne DSL KKW-1 und KKW-2).....	75
Tabelle 3-34	Effektive Folgedosis an der niederländischen Grenze durch flüssige Ableitungen des gesamten KKW im Jahr 2014	77
Tabelle 3-35	Effektive Folgedosis an der niederländischen Grenze durch flüssige Ableitungen des KKW-1 und KKW-2 im Jahr 2014	78
Tabelle 3-36	Radiologisches Überwachungsprogramm des Schelde- und Nettebeckens [FANK, 2019a].....	79
Tabelle 3-37	Übersicht Kategorien radioaktiver Abfall.	81
Tabelle 3-38	Volumen der von KKW-1 und KKW-2 und KKW entsorgten schwach- und mittelradioaktiven Abfälle während der Ausgangssituation	85
Tabelle 3-39	Volumen der von KKW-1 und KKW-2 und KKW entsorgten schwach- und mittelradioaktiven Abfälle während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018.....	86
Tabelle 3-40	Jährlich entsorgte Brennelemente aus KKW-1, KKW-2 und KKW während der Ausgangssituation , die aus dem zugehörigen Brennelementbecken zum BCG verbracht wurden.....	92
Tabelle 3-41	Jährlich verbrauchte Brennelemente von KKW-1, KKW-2 und KKW während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018, die zum BCG verbracht werden.	93
Tabelle 3-42	Effektive Dosis und Schilddrüsendosis an der Standortgrenze des KKW aufgrund des Eintretens von LOCA und FHA, verglichen mit den Dosisgrenzwerten, wie sie in den allgemeinen Angaben nach Artikel 37 des Euratom-Vertrags beschrieben sind, die Bestandteil der Genehmigung sind, in mSv. Beide ermittelt für das pessimistische (konservative) Modell. Und auslegungüberschreitender Referenzstörfall CSBO.....	106
Tabelle 3-43	Effektive Dosis und die Schilddrüsendosis an der niederländischen Grenze aufgrund des Eintretens von LOCA und FHA, verglichen mit den Dosisgrenzwerten, gemäß allgemeinen Angaben nach Artikel 37 des Euratom-Vertrags, die Bestandteil der Genehmigung sind, in mSv. Beide ermittelt für das pessimistische (konservative) Modell. Und auslegungüberschreitender Referenzstörfall CSBO.....	107
Tabelle 3-44	Dosisrichtwert für nukleare und radiologische Notfallpläne.....	108

Tabelle 3-45	Effektive Folgedosis für einen Erwachsenen, die sich aus dem Betrieb von KKW während der Ausgangssituation (2012-2014) ergibt.	111
Tabelle 3-46	Gesamte effektive Folgedosis für eine kritische Person infolge des Betriebs von KKW-1 und KKW-2 während der Ausgangssituation.....	111
Tabelle 3-47	Gesamte effektive Folgedosis für die verschiedenen Altersgruppen infolge des KKW-Betriebs während der Ausgangssituation.	112
Tabelle 3-48	Effektive Folgedosis für einen Erwachsenen infolge des KKW-Betriebs während der Projektbetriebsphase zwischen 2015 und 2018.	113
Tabelle 3-49	Gesamte effektive Folgedosis für eine kritische Person infolge des Betriebs von KKW-1 und KKW-2 während der Ausgangssituation.....	113
Tabelle 3-50	Gesamte effektive Folgedosis für die verschiedenen Altersgruppen infolge des KKW-Betriebs während der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018.....	114
Tabelle 3-51	Effektive Folgedosis durch den KKW-Betrieb für die niederländische Bevölkerung.	116
Tabelle 3-52	Gesamte effektive Folgedosis durch flüssige Ableitungen aus dem KKW, basierend auf den Ableitungsgrenzwerten für die Landesgrenzen zu Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Großbritannien.	116

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1	Schematische Darstellung eines Sauerstoff-16-Atoms.....	7
Abbildung 3-2	Mittlere Bindungsenergie eines Nukleons in Abhängigkeit von der Gesamtzahl der Nukleonen	9
Abbildung 3-3	Spaltung von U-235.....	10
Abbildung 3-4	Grafische Darstellung von Alpha-, Beta- und Gammastrahlung.....	10
Abbildung 3-5	Reichweite von Alpha-, Beta- und Gammastrahlung.....	12
Abbildung 3-6	Durchschnittliche jährliche Dosis für ein Mitglied der belgischen Bevölkerung [FANK, 2018]	14
Abbildung 3-7	Externe (links) und interne (rechts) Exposition gegenüber ionisierender Strahlung [FANK, 2014].....	14

Abbildung 3-8	Schema der Ableitungskontrollen durch Betreiber	16
Abbildung 3-9	Expositionsformen der Bevölkerung gegenüber der Radioaktivität aus flüssigen und gasförmigen Ableitungen	17
Abbildung 3-10	Dosis-Karte basierend auf TELERAD-Messungen von 2014.....	21
Abbildung 3-11	Beprobung der Umwelt	22
Abbildung 3-12	Der Einschluss der Radioaktivität im Kernkraftwerk, basierend auf fünf Barrieren zur Erfüllung der kerntechnischen Sicherheitsfunktion im Rahmen des gestaffelten Sicherheitskonzepts.	23
Abbildung 3-13	Abnahme des Strahlungsfeldes im Quadrat zur Entfernung r bis zur Quelle (S) [Bos, 2000].	26
Abbildung 3-14	Lage der TLD-Messstationen an der Standortgrenze des KKW, aus [Electrabel, 2015].....	27
Abbildung 3-15	Gemessene Dosis an der Standortgrenze des KKW im Jahr 2014 im Vergleich zur durchschnittlichen Hintergrunddosis um das KKW, wie sie für den Norden Belgiens (0,7 mSv/Jahr) und Flandern (0,9 mSv/Jahr) ausgewiesen wurde [FANK, 2018]. Der Grenzwert ist hier definiert als 1 mSv pro Jahr plus die durchschnittliche Dosis im Norden Belgiens (0,7 mSv/yr).	28
Abbildung 3-16	Erwartete Dosis an der Standortgrenze des KKW, Werte nach Hintergrundkorrektur (0,7 mSv pro Jahr) Die vertikalen Balken zeigen die tatsächlichen Messwerte des konservativ gewählten Messpunktes.	33
Abbildung 3-17	Messstationen des TELERAD-Netzes um das KKW.....	36
Abbildung 3-18	Erwartete Kollektivdosis für beruflich exponierte KKW-Mitarbeiter, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante. Die vertikalen Balken zeigen die tatsächlich gemessene Kollektivdosis, sofern verfügbar.	42
Abbildung 3-19	Erwartete Kollektivdosis für beruflich strahlenexponierte Arbeiter aufgrund der Arbeiten an KKW-1 und KKW-2 während der DSL.	44
Abbildung 3-20	Lokalisierung der Proben von Gras, Moos und Boden. In Belgien kommt der Wind hauptsächlich aus Südwest.	48
Abbildung 3-21	Beitrag verschiedener Radionuklidarten zur effektiven Folgedosis durch atmosphärische Ableitungen im Jahr 2014.....	50
Abbildung 3-22	Erwartete gasförmige Ableitungsaktivität, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante im Verhältnis zu den verfügbaren Messergebnissen	54
Abbildung 3-23	Summe der erwarteten gasförmigen Ableitungen durch den Betrieb von KKW-1 und KKW-2 während der DSL.....	57

Abbildung 3-24	Lage des KKW in Bezug auf die belgisch-niederländische Grenze und die Messstellen	58
Abbildung 3-25	Standorte der kerntechnischen Anlagen, die möglicherweise radioaktive Flüssigkeiten ableiten [FANK, 2015].....	64
Abbildung 3-26	Lokalisierung der Sediment- und Fucusproben in der Schelde	66
Abbildung 3-27	Radiologische Zusammensetzung der flüssigen Ableitungen im Jahr 2014, basierend auf der abgeleiteten Aktivität.	68
Abbildung 3-28	Beitrag der verschiedenen Radionuklidarten zur effektiven Folgedosis durch flüssige Ableitungen im Jahr 2014.	69
Abbildung 3-29	Erwartete abgeleitete ³ H-Aktivität in der Schelde als Folge des Betriebs des KKW, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante. Die vertikalen Balken zeigen die tatsächlich gemessene Aktivität, sofern verfügbar.	73
Abbildung 3-30	Erwartete abgeleitete Aktivität (ohne ³ H) in der Schelde als Folge des Betriebs des KKW, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante. Die vertikalen Balken zeigen die tatsächlich gemessene Aktivität, sofern verfügbar.	73
Abbildung 3-31	Erwartete ³ H über flüssige Ableitungen Ableitungen durch die Arbeiten an KKW-1 und KKW-2 während der DSL.....	76
Abbildung 3-32	Summe der erwarteten flüssigen Ableitungen (ohne ³ H) Ableitungen durch den Betrieb von KKW-1 und KKW-2 während der DSL.	76
Abbildung 3-33	Gesamtvolumen (KKW-1 bis KKW-4) der entsorgten schwach- und mittelradioaktiven Abfälle und erwartete Mengen, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante. Die vertikalen Balken zeigen die tatsächlich gemessenen Werte, sofern verfügbar.	88
Abbildung 3-34	Erwartete zum BCG transportierte verbrauchte Brennelemente als Ergebnis des KKW-Betriebs, sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante. Die vertikalen Balken zeigen die effektiv verbrauchten Brennelemente, falls vorhanden.	94
Abbildung 3-35	Voraussichtliche Entsorgung der verbrauchten Brennelemente aus KKW-1 und KKW-2 während der DSL.....	96
Abbildung 3-36	Erwartete gesamte effektive Folgedosis KKW infolge von Direktstrahlung, flüssigen und gasförmigen Ableitungen für das Projekt und die Null-Variante. .	114

4 Schlussfolgerung

4.1 Nicht-radiologische Aspekte

In diesem Abschnitt wird auf der Grundlage des vorangegangenen Kapitels 2 das Gesamtfazit in Bezug auf nicht-radiologische Umweltauswirkungen gezogen.

Die folgende Tabelle zeigt für das Projekt und die Null-Variante, ob signifikante Auswirkungen festgestellt wurden. Für das Projekt werden zunächst die Auswirkungen aus der Betriebsphase 2015-2018 bewertet, zusammen mit den Arbeiten im Rahmen des LTO im Hinblick auf die Situation ohne KKW-Betrieb. Die Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025) stellt die Auswirkungen des LTO von KKW-1 und KKW-2 im Vergleich mit der Ausgangssituation dar. Die Folgenabschätzung der Null-Variante unterscheidet sich nicht wesentlich von der des Projekts. Bei der Null-Variante nehmen die Auswirkungen jedoch bereits ab 2015 statt erst ab 2025 ab.

Ein Plus- (+) oder Minuszeichen (-) gibt an, ob die erwarteten Auswirkungen einen positiven oder negativen Einfluss auf die Umwelt haben. Wenn ein Effekt eine vernachlässigbare Auswirkung hat, wird dies durch ein ‚v‘ angezeigt. Wenn eine Auswirkung potenziell grenzüberschreitender Natur ist, wird dies durch ein ‚G‘ gekennzeichnet.

Tabelle 4-1 Identifizierung der möglichen nicht-radiologischen Auswirkungen von KKW-1 und KKW-2

	Projekt		Null-Variante im Vergleich zur Situation ohne KKW-Betrieb
	Betriebsphase 2015-2018 im Vergleich zur Situation ohne KKW-Betrieb	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025) in Bezug auf die Ausgangssituation	
Boden	- 1 / v	- 1 / v	- 1 / v
Wasser	- 3 bis -1 / v	Keine zusätzlichen Effekte im Vergleich zur Betriebsphase 2015-2018	Keine Quantifizierung der Auswirkungen
Lärm ¹	- 3 bis -1 / v	- 3 bis -1 / v	- 3 bis -1 / v
Luft	v	v	v
Biodiversität	- 2 bis -1/v	Keine zusätzlichen Effekte im Vergleich zur Betriebsphase 2015-2018	- 2 bis -1/v
Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie	v	v	v
Mensch – Gesundheit	v	v	v
Mensch – Mobilität	- 1/ v	-1	v
Abfall	Keine Bewertung	Keine Bewertung	Die Abfallmenge wird geringer sein

Legende:

- 3: signifikant negativ:
- 2: negativ
- 1: begrenzt negativ
- v: vernachlässigbar:

Die Auswirkungen werden im Folgenden näher erläutert.

4.1.1 Normalbetrieb

4.1.1.1 Boden

Die Auswirkungen der Arbeiten, die im Rahmen der LTO-Anpassungen für LTO stattgefunden haben, können für den Bereich Boden als begrenzt negativ bis vernachlässigbar bewertet werden. Es werden keine zusätzlichen Auswirkungen durch die LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation erwartet.

Die Auswirkungen der DSL werden ebenfalls als begrenzt negativ bis vernachlässigbar bewertet. Der Unterschied zwischen einer definitiven Stilllegung im Jahr 2015 (= Null-Variante) oder im Jahr 2025 ist, was den Boden betrifft, begrenzt.

¹ Die Bewertung wurde gemäß dem Bewertungsrahmen durchgeführt. Es handelt sich um eine Interpretation entsprechend der erzielten Punktzahl. Bei der Auswertung wird zwischen den Zeiträumen Tag und Nacht unterschieden. Für die Nacht liegen die Endwerte bei -3 bis V und für den Tag bei -2 bis V. Erfolgt die Betrachtung der Betriebsphasen im Vergleich zur Ausgangssituation 2013-2014, so sind die Lärmauswirkungen für alle Phasen vernachlässigbar.

Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass in Zukunft Vorfälle mit Auswirkungen auf die Bodenhygiene eintreten können. Allerdings sind KKW-1 und KKW-2 derzeit sowohl mit technischen als auch mit organisatorischen Maßnahmen ausgestattet, um mögliche Kontaminationen so weit wie möglich zu verhindern oder ihnen entgegenzuwirken. Der weitere Betrieb des Kernkraftwerks wird stets nach den neuesten „Best Practices“ erfolgen, wodurch das Risiko einer Bodenkontamination deutlich gemindert wird. Was die störfallbedingten Emissionen betrifft, so wird das Meldeprozedere (u. a. für Zwischenfälle) jederzeit genauestens eingehalten, um kritische Punkte zu identifizieren, zu analysieren und zu beheben.

Der Betrieb der Blöcke Doel 1 und 2 hat keine Auswirkungen auf die Salzablagerungen in der Umgebung und somit auch nicht auf Bodennutzung und Bodeneignung.

Weitere Reduzierungsmaßnahmen oder Empfehlungen werden nicht als notwendig erachtet.

4.1.1.2 Wasser

Die Wasserversorgung, die Versickerungs- und Abflussmerkmale sowie die Emissionen in das Wassersystem werden sich in der LTO-Situation nicht wesentlich von den Emissionen der Ausgangssituation unterscheiden. Es gibt keine zusätzlichen Auswirkungen der LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation.

Das Projekt beinhaltet eine Neuzulassung der bestehenden Anlagen für KKW-1 und KKW-2, wobei die Wasserbilanz für die Ausgangsjahre 2013-2014 als repräsentativ für die Produktion in den Folgejahren des Neubewilligungszeitraums angesehen wird. Es sind also keine relevanten Änderungen des Wasserverbrauchs und der Wasserbilanz gegenüber der Ausgangssituation zu erwarten.

Die bedeutsamsten Auswirkungen des KKW auf das Wassersystem im Vergleich zur Situation ohne KKW-Betrieb ist die Einleitung von Abwässern und von Kühlwässern in die Schelde. Die Auswirkungen der Abwassereinleitung wird zum einen als vernachlässigbar bewertet, da die durchschnittliche Konzentrationserhöhung in der Schelde infolge des KKW-Betriebs im Vergleich zur Umweltqualitätsnorm kleiner als 0,1 % ist. Andererseits werden negative Auswirkungen infolge des häufigen Überlaufens der KKW-Sammelgruben für Sanitärabwasser in die Schelde erwartet. Die Ableitung von Kühlwasser wirkt sich aufgrund des Temperaturanstiegs negativ bis signifikant negativ aus.

Seitens des Bereichs Wasser werden keine mildernden Maßnahmen gefordert. Es werden allerdings folgende Empfehlungen gegeben:

- Für die Überwachung des Aktivchlors im Kühlwasser in Funktion der Schockdosierung von NaOCl wird empfohlen, die Überwachung des Aktivchlors mit einem Online-Messsensor durchzuführen, mit einer Nachweisgrenze von ca. 10 µg/L (statt 100 µg/L in der bestehenden Situation). Dies, um die Regulierung der NaClO-Dosierung verfeinern zu können, mit dem Ziel eines geringeren NaClO-Verbrauchs, eines geringeren Aktivchlorgehalts im eingeleiteten Kühlwasser und einer geringeren AOX-Bildung.
- In Anbetracht der beträchtlichen Anzahl versiegelter Flächen im KKW, der Häufigkeit und des Volumens des Überläufe der Sammelbecken für Sanitärabwasser des Standorts in die Schelde in der Ausgangssituation und in der Betriebsphase 2015-2018, der Tatsache, dass die

Umweltqualitätsstandards für N, P und CSV für die Schelde in der Ausgangssituation und in der Betriebsphase 2015-2018 nicht eingehalten werden, und der zu erwartenden Perioden mit Starkregen im Winter und schweren Gewittern und Wasserknappheit im Sommer aufgrund des Klimawandels, empfiehlt sich für den Bereich Wasser die Prüfung der Durchführbarkeit der folgenden Maßnahmen auf Konzeptebene mit den besten verfügbaren Techniken (BVT):

- Quellenorientierte Maßnahme: Bei neuen Projekten Untersuchung der Abkopplung des Regenwassers vom Sanitärabwasser und der Möglichkeiten zur Wiederverwendung von Regenwasser, Versickerung oder Pufferung gemäß den BVT. Hierbei müssen die durch den Klimawandel bedingten stärkeren Bemessungsniederschläge berücksichtigt werden. Das High-Impact-Szenario bietet einen guten Bezugsrahmen, um das KKW klimabeständiger zu machen.
- End-of-pipe-Maßnahme: Studie zur Installation eines zusätzlichen Auffangbeckens für Sanitärabwasser nach den BVT mit dem Ziel, den Überlaufeffekt zu reduzieren.

4.1.1.3 Lärm

Generell lässt sich sagen, dass für die verschiedenen Betriebsphasen im Vergleich zur Ausgangssituation 2013-2014 keine ausgeprägten Lärmeffekte zu erwarten sind. Die Abweichungen an den Auswertungspunkten sind für alle Betriebsphasen auf weniger als 0,5 dB(A) gegenüber der Situation 2013-2014 beschränkt. Dies bedeutet, dass die bereits für die Situation 2013-2014 zu ermittelnden Lärmeffekte und die Bewertung für die kommenden Jahre beibehalten werden.

Der spezifische Lärm von den kontinuierlichen Quellen des KKW an den westlichen, südlichen und nördlichen Beurteilungspunkten (= Richtung, in der noch einige Wohnungen vorhanden sind) wird als ‚geringfügig negativ‘ betrachtet. Darüber hinaus werden an diesen Beurteilungspunkten (200 m von der Geländegrenze entfernt) für den spezifischen Lärm die tagsüber, abends und nachts jeweils geltenden Richtwerte eingehalten.

Obwohl die nahegelegenen Wohnungen nicht zu den Auswertungspunkten gehören (aufgrund eines Abstands von mehr als 200 m zur Geländegrenze), wird dort eine begrenzte Lärmsteigerung bis zu 1,5 dB(A) gegenüber dem ursprünglichen Umgebungslärm erreicht, so dass der maximale Lärmeffekt als ‚gering signifikant‘ eingestuft werden kann.

Im Osten ergibt sich ein ‚negativer‘ Effekt für den Auswertungspunkt, der im Naturschutzgebiet entlang der Schelde liegt und hauptsächlich durch den Lärmbeitrag der Kühltürme bestimmt wird.

2010 wurde bereits im Hinblick auf die Lärmbelastung durch die Kühltürme eine Sanierungsstudie erstellt. In einer von Technum durchgeführten Studie (Studie geluidsanering koeltorens; 090-390-0225 14/06/2012) wurde fallendes Wasser als Ursache für die Lärmemission identifiziert. Darüber hinaus wurde eine Reihe möglicher Maßnahmen vorgeschlagen, um die Lärmbelastung der Umwelt zu reduzieren:

- Quellengerichtete Maßnahmen
 - Reduzierung der Fallhöhe
 - Schwimmende schallabsorbierende Matten
- Übertragungshemmende Maßnahmen
 - Schalldämpfer rund um die Kühltürme

- Lärmschutzwände entlang der Kühltürme

Die Durchführbarkeit der Sanierungsmaßnahmen wurde vom Konstrukteur Hamon Thermal Europe und dem Planungsbüro Tractebel untersucht. Die Anpassung der Kühltürme ist aus wirtschaftlicher und sicherheitstechnischer Sicht nicht gerechtfertigt. All dies wurde dem Ausschuss für Nachfolgefragen vorgelegt, der die Studien und Entscheidungen akzeptierte.

Es wird erwartet, dass die grenzüberschreitende Wirkung auf niederländische Haushalte auf maximal 30 dB(A) für den spezifischen Lärm der kontinuierlichen Lärmquellen des KKW begrenzt wird. Es kann dann davon ausgegangen werden, dass das KKW keine Zunahme des Umgebungslärms für die betrachteten Wohngebiete in den Niederlanden verursachen wird.

Zusätzliche mitgliedernde Maßnahmen werden daher für die kommenden Betriebsphase nicht formuliert.

4.1.1.4 Luft

Auswirkungen des KKW auf die Luftqualität:

- bei der Basis-Alternative sowohl während der Betriebsphase als auch bei der endgültigen Stilllegung als vernachlässigbar zu bewerten
- bei der Null-Variante sowohl während der Betriebsphase als auch bei der endgültigen Stilllegung als vernachlässigbar zu bewerten.

Eine Laufzeitverlängerung der Kraftwerke Doel 1 und Doel 2 über einen Zeitraum von 10 Jahren ist ebenfalls als vernachlässigbar einzuschätzen.

Für direkte CO₂-Emissionen wird kein signifikanter Unterschied zwischen der Null-Variante- und der Basis-Alternative erwartet.

Für die Null-Variante steht allerdings zu erwarten, dass mehr Strom importiert wird als in der LTO-Situation. Folglich werden die indirekten CO₂-Emissionen bei der Null-Variante höher sein als in der LTO-Situation (Basis-Alternative). In dieser Hinsicht ist die LTO-Situation positiver für das Klima als die Null-Variante (unter der Annahme, dass alle anderen Parameter gleich bleiben). Diese Annahmen gehen jedoch mit einer großen Unsicherheit einher.

Da es keine signifikanten Auswirkungen gibt, werden keine Reduzierungsmaßnahmen oder Empfehlungen vorgeschlagen bzw. abgegeben.

4.1.1.5 Biodiversität

Die Auswirkungen von Eutrophierung und Versauerung, Ruhestörung, Wasserentnahme, Kühlwassereinleitung und Chemikalien werden sich in der LTO-Situation nicht signifikant von der Ausgangssituation unterscheiden. Es gibt keine zusätzlichen Auswirkungen durch die LTO-Situation im Vergleich zur Betriebsphase in der Ausgangssituation.

Die Stickstoffdepositionen des KKW im vorliegenden Projekt gegenüber der Situation ohne KKW-Betrieb haben keine signifikant negativen Auswirkungen auf die Eutrophierung der umliegenden europäischen Lebensraumtypen im Habitatrichtlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und auf die Schlick- und Schorrenvegetation im (sich teilweise überschneidenden) VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘. Die im vorliegenden Projekt

bewerteten versauernden Ablagerungen des KKW haben im Vergleich zur Situation ohne den KKW-Betrieb keine signifikant nachteiligen Auswirkungen auf die Ökosysteme im Untersuchungsgebiet. Daher sind durch die Versauerung infolge der betrieblichen Aktivitäten des KKW keine signifikant negativen Auswirkungen auf die umliegenden europäischen Lebensraumtypen im Habitatrichtlinien-Gebiet ‚Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent‘ und auf die Schlick- und Schorrenvegetation im (sich teilweise überschneidenden) VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langsheen de Schelde‘ zu erwarten.

Östlich des KKW reicht die 55 dB-Lärmkontur in das Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘, welches auch als VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘ und als Ramsar-Gebiet ausgewiesen ist. Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb entlang der Schilf- und Wattflächen an den Scheldeufern in der Nähe des KKW, wird im Vergleich zur Situation ohne den KKW-Betrieb mit negativ bewertet. Nördlich des KKW reichen die Belästigungskonturen von 50 dB- und 45 dB nicht in das offizielle Naturschutzgebiet ‚Schor Ouden Doel‘ (vernachlässigbare Auswirkungen). Westlich und südlich des KKW ist die 50 dB-Lärmkontur weitgehend auf das KKW-Gelände selbst beschränkt und es gibt nur eine geringe Überschneidung mit dem Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘. Die Ruhestörung durch den KKW-Betrieb in den Poldergebieten westlich und südlich des KKW wird im Vergleich zur Situation ohne den KKW-Betrieb als begrenzt nachteilig bewertet.

Bei der Entnahmestelle für das Kühlwasser von Doel 1 und 2 erfolgt die mechanische Reinigung außerhalb des Deiches, auf Höhe der Wasserentnahme selbst, mittels Gitterrosten an der Entnahmestelle. So können keine Fische und Krustentiere in den Kühlwasserkreislauf gelangen. Daher wird an dieser Entnahmestelle keine Fisch- oder Krustentiersterblichkeit beobachtet. Für die Kühlwasserentnahme von Doel 3 und 4 wurde am Wassereinlauf ein Fischschutzsystem mit einem fischfreundlichen Filtersystem und einer Ableitungsrinne installiert. Durch Schallwellen werden Fische von der Entnahmestelle ferngehalten. Infolge dieser Maßnahmen sind keine signifikant negativen Auswirkungen hinsichtlich der Sterblichkeit von Fischen und Krustentieren in der Nähe der Wasserentnahme zu erwarten.

Die Auswirkungen der KKW-Kühlwassereinleitung auf die aquatischen Lebensgemeinschaften in der Unterschelde werden im Vergleich zur Situation ohne den KKW-Betrieb als nicht signifikant negativ angesehen.

Während des KKW-Betriebs fallen folgende Abwässer an: Sanitärabwasser, Industrieabwasser und Kühlwasser. Die Einleitung von Nährstoffen in die Schelde kann zur Eutrophierung führen. Die Einleitung von Gefahrstoffen in die Schelde kann ökotoxikologische Auswirkungen haben.

Für die Nährstoffparameter Nitrat + Nitrit + Ammonium und Orthophosphat wird ein im Jahresdurchschnitt vernachlässigbarer Beitrag im Bereich Wasser ermittelt. Somit ist im Jahresmittel verglichen mit der Situation ohne den Betrieb des KKW keine signifikante eutrophierende Wirkung durch die KKW-Einleitungen in die Schelde zu erwarten. Im Bereich Wasser wurde ein häufiges Überlaufen der Auffanggruben für Sanitärabwasser festgestellt. Obwohl die Belastung eher begrenzt ist, können diese Überläufe in der Schelde nahe am KKW im inneren Bereich des Wellenbrechers, in den die Sanitär- und Industrieabwässer sowie das Kühlwasser aus dem KKW abgeleitet werden, Spitzenwerte bei der Nährstoffkonzentration verursachen.

Zur Vermeidung von Biofouling wird dem Kühlwasser Natriumhypochlorit (NaOCl) zugegeben. Das NaClO reagiert unter Bildung von Chloriden. Die Gehaltswerte an aktivem Chlor im abgeleiteten KKW-Kühlwasser liegen unter 100 µg/l. Es kann gefolgert werden, dass zu den Zeitpunkten der Ableitung von Aktivchlor kurzfristige, akute toxikologische Wirkungen auf Wasserorganismen lokal um die Einleitstelle auftreten können (begrenzt negative Wirkung).

4.1.1.6 Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie

Die Auswirkungen der Arbeiten, die im Zusammenhang mit den Anpassungen für einen langfristigen Betrieb des KKW durchgeführt wurden, können für den Bereich Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie als vernachlässigbar veranschlagt werden. Es werden keine zusätzlichen Auswirkungen durch die LTO-Situation im Vergleich zur Ausgangssituation erwartet.

Die Auswirkungen der DSL und für die Null-Variante sind ebenfalls vernachlässigbar.

Für den Bereich Landschaft, architektonisches Erbe & Archäologie sind keine Maßnahmen zur Überwachung und Evaluierung erforderlich.

4.1.1.7 Mensch – Gesundheit

Die Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2, einschließlich der Errichtung und des Betriebs der Anlagen sowie der Aktivitäten während der endgültigen Stilllegung, wird im Vergleich zur Null-Variante keine relevanten gesundheitlichen Auswirkungen haben.

Da es keine signifikanten Auswirkungen gibt, werden keine Reduzierungsmaßnahmen oder Empfehlungen vorgeschlagen bzw. abgegeben.

4.1.1.8 Mensch – Mobilität

Das durch KKW-Transporte verursachte Verkehrsaufkommen auf der Zufahrtsstraße zum KKW ist zu Spitzenzeiten signifikant und außerhalb dieser Zeiten vernachlässigbar.

Die Auswirkungen der Arbeiten, die im Rahmen der LTO-Anpassungen für LTO stattgefunden haben, können für den Bereich Mobilität als höchstens begrenzt negativ bewertet werden. Durch den Baustellenverkehr ist im Vergleich zur Ausgangssituation eine leichte Zunahme zu verzeichnen. In der LTO-Situation wird aufgrund der zusätzlichen Mitarbeiterzahl ebenfalls ein leichter Anstieg der Anzahl der Transporte erwartet. Die Auswirkung wird als begrenzt negativ bewertet. Während der definitiven Stilllegung wird es einen allmählichen Personalabbau mit einer begrenzten Zunahme der Materialtransporte geben. Die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Verkehrssituation werden als vernachlässigbar gering eingeschätzt. Bei der Null-Variante wäre ab 2015 mit einem Personalabbau zu rechnen, der sich auf die Verkehrssituation nur unwesentlich auswirken würde. In der LTO-Situation erfolgt dieser Abbau erst nach 2025.

Auf der Grundlage der Folgenabschätzung werden keine mildernden Maßnahmen als notwendig erachtet. Es sind jedoch einige Empfehlungen abzugeben:

- Weitere Konzentration auf nachhaltige Verkehrsträger wie das Fahrrad. Dies kann durch den Bau von ausreichend komfortablen (überdachten) Fahrradparkplätzen weiter gestärkt werden. Initiativen wie Firmenfahrräder, Fahrradprämien, Duschmöglichkeiten und Fahrrad-Sharing können ebenfalls dazu beitragen, den Weg zur und von der Arbeit nachhaltiger zu gestalten.

- Fahrgemeinschaften fördern. Dies hat eine positive Auswirkung auf das Verkehrsaufkommen und den Parkplatzbedarf. Durch die Förderung von Fahrgemeinschaften innerhalb des Unternehmens (z. B. reservierte Fahrgemeinschaftsparkplätze, Fahrgemeinschaftsprämie, Carpool-System) sowohl bei den Festangestellten als auch bei den Auftragnehmern kann das Kernkraftwerk das erzeugte Verkehrsaufkommen reduzieren und nachhaltiger gestalten.

4.1.1.9 Abfall

Im Rahmen der Anpassungen für den langfristigen Betrieb (LTO) fiel eine entsprechende Menge Abfall an. Auch bei einer definitiven Stilllegung werden zusätzliche Abfälle anfallen. Darüber hinaus fällt auch während des normalen Betriebs des Kernkraftwerks Abfall an. Das KKW ist jedoch nach Kräften bestrebt, die Auswirkungen nicht-radioaktiver Abfälle auf die Umwelt zu reduzieren. Bei einer definitiven Stilllegung des KKW im Jahr 2015 (= Null-Variante) fiel jedoch weniger Gesamtabfall an als bei einer Laufzeitverlängerung von Doel 1 und 2 bis 2025.

Das Umweltmanagement für Abfallströme entspricht der internationalen Norm ISO14001 und der europäischen EMAS-Verordnung. Die VLAREMA- und VLAREBO-Bestimmungen werden ebenfalls eingehalten. Weitere Reduzierungsmaßnahmen oder Empfehlungen werden nicht als notwendig erachtet.

4.1.2 Störfälle

Die maximalen Wirkdistanzen eines nicht-radiologischen Störfalls bei KKW-1 und KKW-2 reichen nicht über die Standortgrenzen hinaus. Das Potenzial für Umweltauswirkungen ändert sich durch die LTO-Arbeiten oder durch den längeren Betrieb des KKW-1 und KKW-2 nicht wesentlich. Es werden keine signifikant negativen Auswirkungen auf die EHD der umliegenden BSG-Gebiete erwartet.

4.1.3 Allgemeine Schlussfolgerung

Die Auswirkungen der Effekte werden sich in der LTO-Situation nicht signifikant von den Effekten in der Ausgangssituation unterscheiden. Es werden durch den LTO keine zusätzlichen Auswirkungen im Vergleich zur Ausgangssituation erwartet.

Die Auswirkungen des KKW-Betriebs auf die Umwelt wurden für den Zeitraum 2015-2018 im Vergleich zur Situation ohne den Betrieb des KKW untersucht. Es kann geschlossen werden, dass die Auswirkungen für die meisten Umweltaspekte vernachlässigbar bis begrenzt sind, verglichen mit der Situation ohne den Betrieb des KKW. Dies gilt nicht für die Ableitung von Kühlwasser. Die Ableitung von Kühlwasser wirkt sich aufgrund des Temperaturanstiegs negativ bis signifikant negativ aus. Für die aquatischen Lebensgemeinschaften in der Unterschelde werden die Auswirkungen des Temperaturanstiegs nicht als signifikant negativ angesehen. Das häufige Überlaufen der Standort-Sammelgruben für Sanitärabwasser in die Schelde hat negative Auswirkungen. Östlich des KKW reicht die 55 dB-Lärmkontur in das Vogelschutzrichtlinien-Gebiet ‚Schorren en polders van de Beneden-Schelde‘, welches auch als VEN-Gebiet ‚Slikken en schorren langs de Schelde‘ und als Ramsar-Gebiet ausgewiesen ist. Die Ruhestörung durch den Betrieb des KKW entlang der Röhricht- und Schlickflächen an den Ufern der Schelde in der Nähe des KKW wird als negativ bewertet.

4.2 Radiologische Aspekte

In diesem Abschnitt wird das Gesamtfazit bezüglich der radiologischen Umweltauswirkungen auf der Grundlage des vorherigen Kapitels 3 gezogen.

Die folgende Tabelle zeigt für das Projekt und die Null-Variante, ob signifikante Auswirkungen festgestellt wurden. Die Auswirkungen werden in Bezug auf die Ausgangssituation (die durchschnittliche Situation in den Jahren 2012-2014) aufgezeigt, wobei sowohl KKW-1 als auch KKW-2 für das Projekt in Betrieb und sowohl KKW-1 als auch KKW-2 bei der Null-Variante außer Betrieb sind. Ein Plus- (+) oder Minuszeichen (-) gibt an, ob die erwarteten Auswirkungen einen positiven oder negativen Einfluss auf die Umwelt haben. Wenn ein Effekt eine vernachlässigbare Auswirkung hat, wird dies durch ein ‚v‘ angezeigt. Wenn eine Auswirkung potenziell grenzüberschreitender Natur ist, wird dies durch ein ‚G‘ gekennzeichnet.

Tabelle 4-2 Identifizierung eventueller radiologischer Auswirkungen des KKW im Vergleich zur Ausgangssituation

	Projekt		Null-Variante
	Betriebsphase des Projekts zwischen 2015-2018	Betriebsphase in der zukünftigen Situation (2019-2025)	
Direkte Strahlung an der Standortgrenze	- (G: v)	- (G: v)	v (G: v)
Strahlenbelastung von (nicht) beruflich exponiertem Personal	v	v	v
Radioaktive gasförmige Ableitungen	v (G: v)	v (G: v)	v (G: v)
Radioaktive Ableitungen	v (G: v)	v (G: v)	v (G: v)
Radioaktiver Abfall	v	v	+
Verbrauchte Brennelemente	v	v	+
Störfälle	v (G: v)	+ (G: +)	+ (G: +)

Die Auswirkungen werden im Folgenden näher erläutert. Für alle Umweltaspekte gilt, dass als Folge des Projekts die von KKW-1 und KKW-2 ausgehenden potenziellen Auswirkungen für weitere 10 Jahre auftreten.

4.2.1 Normalbetrieb

4.2.1.1 Direkte Strahlung

(siehe Abschnitt 3.4.1)

Die verschiedenen LTO-Baumaßnahmen (2015-2018) führen zu einer leicht erhöhten Dosis im Vergleich zur Ausgangssituation vor dem Projekt (2012-2014), was jedoch keine Auswirkungen auf die Umwelt hat. Danach erhöht sich während des fortgesetzten Betriebs (2019-2025) die maximal zu erwartende Dosis an der Standortgrenze im Vergleich zur Ausgangssituation geringfügig. Dennoch lässt sich schließen, dass dieses Projekt keine signifikanten Auswirkungen auf die Umwelt in Bezug auf die direkte Strahlung haben wird.

Bei der Null-Variante sinkt die direkte Strahlung durch KKW-1 und KKW-2 im Vergleich zur Umsetzung des Projekts zehn Jahre früher auf Null. Der Dosisunterschied an der Standortgrenze zwischen dem Projekt und der Null-Variante ist jedoch gering.

Der Betrieb des KKW und das LTO-Projekt haben keine messbaren signifikanten Auswirkungen auf das niederländische Gebiet, so dass weitere grenzüberschreitende Auswirkungen durch direkte Strahlung ebenfalls ausgeschlossen werden können.

4.2.1.2 Strahlenbelastung des Personals

(siehe Abschnitt 3.4.2)

Grundsätzlich wird kein beruflich exponierter Mitarbeiter den gesetzlichen Jahresgrenzwert überschreiten. Electrabel hat seinen internen Grenzwert gegenüber dem gesetzlichen Grenzwert halbiert. Aufgrund der radiologischen Abschirmung aller Blöcke, der WAA und des BCG gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Projekt und der Null-Variante in Bezug auf die Jahresdosis von nicht beruflich exponierten Mitarbeitern (1 mSv pro Jahr [ARBIS, Artikel 20.1.4]). Daraus kann gefolgert werden, dass dieses Projekt und die Null-Variante keine signifikanten Auswirkungen auf das Personal hinsichtlich der aufgenommenen Dosis haben.

4.2.1.3 Radioaktive gasförmige Ableitungen

(siehe Abschnitt 3.4.3)

Das Projekt wird keine messbare Auswirkung auf die Umwelt haben, da die jährliche Ableitungsaktivität die gleiche bleibt wie beim LTO-Projekt. Die effektive Folgedosis, der Personen der Bevölkerung durch gasförmige Ableitungen ausgesetzt sein können, liegt deutlich unter dem Dosisgrenzwert und hat keine signifikanten Auswirkungen auf die Bevölkerung.

Bei der Null-Variante wird die endgültige Abschaltung von KKW-1 und KKW-2 zu weniger gasförmigen radioaktiven Ableitungen führen, jedoch ist der Unterschied zwischen der Ausgangssituation und dem Projekt vernachlässigbar.

Das Projekt hat keine signifikant messbaren Auswirkungen auf das niederländische Staatsgebiet, so dass grenzüberschreitende Auswirkungen infolge atmosphärischer Ableitungen ebenso ausgeschlossen werden können.

4.2.1.4 Radioaktive flüssige Ableitungen

(siehe Abschnitt 3.4.4)

Die Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2 (das Projekt) wird keine negativen Auswirkungen auf die Umwelt haben, da die jährlich abgeleitete Aktivität dieselbe sein wird wie die jährlich im Rahmen der Umsetzung des Projekts abgeleitete Aktivität. Die effektive Folgedosis, der Personen der Bevölkerung durch flüssige Ableitungen ausgesetzt sein können, liegt deutlich unter dem Dosisgrenzwert und hat keine signifikanten Auswirkungen auf die Bevölkerung.

Bei der Null-Variante wird die endgültige Abschaltung von KKW-1 und KKW-2 zu weniger flüssigen radioaktiven Ableitungen führen, jedoch ist der Unterschied zur Ausgangssituation und dem Projekt vernachlässigbar.

Das Projekt hat keine signifikant messbaren Auswirkungen auf das niederländische Staatsgebiet, so dass grenzüberschreitende Auswirkungen infolge flüssiger Ableitungen ebenfalls ausgeschlossen werden können.

4.2.1.5 Radioaktiver Abfall

(siehe Abschnitt 3.4.5)

Infolge der Laufzeitverlängerungen von KKW-1 und KKW-2 werden für weitere zehn Jahre (2015-2025) schwach- und mittelaktive Abfälle anfallen. Die Art der durchgeführten Aktivitäten in der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 unterscheidet sich von der Art der regulären Aktivitäten in der Ausgangssituation. Es ist daher plausibel und durch praktische Zahlen für die Jahre 2015-2018 belegt, dass es bei den anfallenden Abfallmengen zu Unterschieden kommt.

Im Gegensatz dazu fallen bei der Null-Variante über den gesamten Zeitraum 2015-2025 hinweg keine schwach- und mittelaktiven Abfälle an, die direkt mit dem Betrieb von KKW-1 und KKW-2 zusammenhängen.

Alle anfallenden Abfälle werden auf belgischem Gebiet verarbeitet und oberirdisch gelagert. Folglich sind keine grenzüberschreitenden Auswirkungen zu erwarten.

4.2.1.6 Verbrauchte Brennelemente

(siehe Abschnitt 3.4.6)

Da die Menge der verbrauchten Brennelemente sowohl in der Betriebsphase des Projekts zwischen 2015 und 2018 als auch in der Betriebsphase in der zukünftigen Situation (Zeitraum 2019-2025) die gleiche ist wie in der Ausgangssituation (2012-2014), wird der Anstieg pro Betriebsjahr in allen Fällen identisch sein. Bei der Null-Variante tendiert der Anfall an verbrauchten Brennelementen gegen Null, was die Auswirkungen auf die Umwelt entsprechend reduziert. Der Anteil der Strahlung an der Standortgrenze, der von verbrauchten Brennelemente her stammt, kann nicht separat bestimmt werden, da die Thermolumineszenz-Dosimeter die Strahlung aller am Standort vorhandenen Quellen insgesamt erfassen. Doch es kann insgesamt geschlossen werden, dass dieses Projekt keine signifikanten Auswirkungen auf die Umwelt in Bezug auf direkte Strahlung haben wird (siehe Abschnitt 3.4.1).

Die derzeit verfügbare Kapazität des Brennstoffcontainer-Gebäudes ist ausreichend für die durch das Projekt zusätzlich verbrauchten Brennelemente (Laufzeitverlängerung von KKW-1 und KKW-2). Das SF²-Projekt zielt auf eine weitere Erhöhung der Kapazität für KKW-3 und KKW-4 ab.

Im Gegensatz dazu fallen bei der Null-Variante über den gesamten Zeitraum 2015-2025 hinweg keine neuen verbrauchten Brennelemente an.

4.2.2 Störfälle

(siehe Abschnitt 3.4.7)

Es lässt sich schließen, dass sich die nukleare Sicherheit nach Umsetzung der LTO-Maßnahmen (das Projekt) bessert. Dadurch ist die Wahrscheinlichkeit einer Störfallsituation mit radioaktiven Ableitungen

während der Betriebszeit geringer als in der Ausgangssituation. Insbesondere das *Filtered Containment Vent* mindert die Wahrscheinlichkeit radioaktiver Ableitungen infolge eines möglichen Störfalls in erheblichem Maße.

Bei der Null-Variante ist die Wahrscheinlichkeit einer Umweltbeeinträchtigung durch einen Störfall geringer als in der Ausgangssituation, da KKW-1 und KKW-2 nicht weiter in Betrieb sind.

Die Störfallorganisation des KKW und der Nationale nukleare und radiologische Notfallplan regeln die möglichen Folgen eines möglichen Störfalls.

4.2.3 Allgemeine Schlussfolgerung

(siehe Abschnitt 3.4.8)

Die gesamte effektive Folgedosis sowohl für die Null-Variante als auch für das Projekt entspricht bei weitem dem gesetzlichen Grenzwert der effektiven Folgedosis für die Bevölkerung.

Es kann geschlussfolgert werden, dass sowohl für das Projekt als auch für die Null-Variante die Auswirkungen auf die Umwelt im Vergleich zur Ausgangssituation bei den meisten Umweltaspekten vernachlässigbar gering sind. Es gibt eine geringe Auswirkung aufgrund der Umweltaspekte der radioaktiven Abfälle und verbrauchten Brennelemente, die in der direkten Strahlung an der Standortgrenze berücksichtigt wird. Sowohl beim Projekt als auch bei der Null-Variante ist die Wahrscheinlichkeit eines Störfalls mit radioaktiven Ableitungen geringer als in der Ausgangssituation.

Infolge des Betriebs von KKW-1 und KKW-2 werden Brennelemente verbraucht und radioaktive Abfälle erzeugt. Bei der Null-Variante wird der Betrieb von KKW-1 und KKW-2 eingestellt und radioaktiver Abfall fällt nur als Ergebnis des Betriebs im Zusammenhang mit der definitiven Stilllegung an.

Die radiologischen Auswirkungen der definitiven Stilllegung werden geringer sein als beim Betrieb des betreffenden Blocks.

Liste der Tabellen

Tabelle 4-1	Identifizierung der möglichen nicht-radiologischen Auswirkungen von KKW-1 und KKW-2	2
Tabelle 4-2	Identifizierung eventueller radiologischer Auswirkungen des KKW im Vergleich zur Ausgangssituation.....	9

Bijlage A Kartenbündel

A.1 Liste der Karten

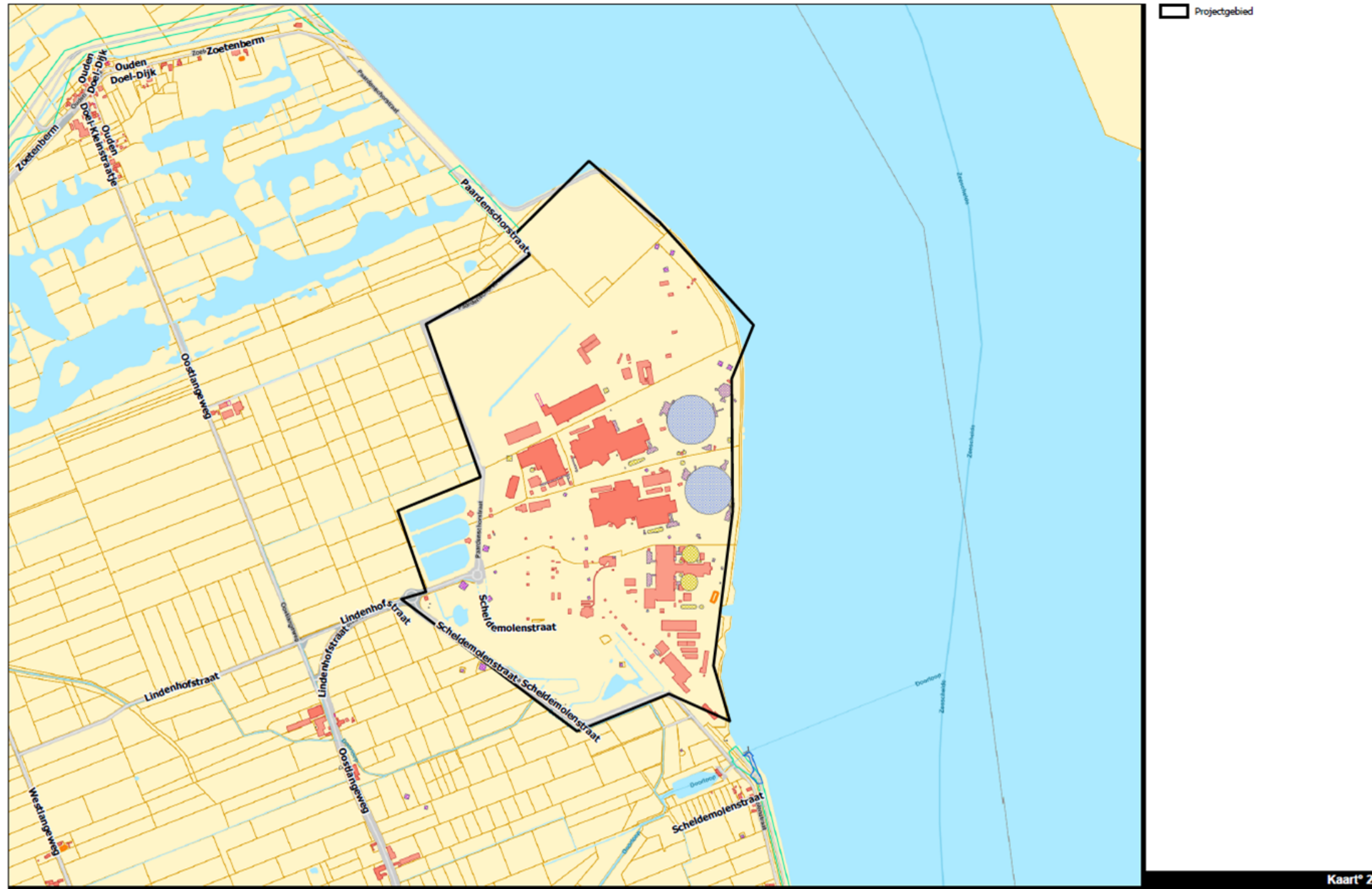
Karte 1	Lage des Projektgebiets auf topographischer Karte	3
Karte 2	Straßenplan	4
Karte 3	Sektorenplan	5
Karte 4	Regionaler Raumordnungsplan	6
Karte 5	Bodenkarte	7
Karte 6	Digitales Höhenmodell	8
Karte 7	Bodenuntersuchungen und -sanierungen	9
Karte 8	Genehmigte Grundwasserentnahmen	10
Karte 9	Flämischer Hydrographischer Atlas	11
Karte 10	Wasserprüfung - überschwemmungsgefährdete Gebiete	12
Karte 11	Wasserprüfung - erosionsgefährdete Gebiete	13
Karte 12	Wasserprüfung - Grundwasserströmungs-empfindliche Gebiete	14
Karte 13	Biologische Bewertungskarte	15
Karte 14	Besondere Schutzgebiete	16
Karte 15	Europäische Habitate	17
Karte 16	Ramsar-Gebiete	18
Karte 17	Vlaams Ecologisch Netwerk [Flämisches Ökologisches Netzwerk]	19
Karte 18	Naturschutzgebiete	20
Karte 19	Risikoatlas - Synthesekarte Vögel	21
Karte 20	Geschütztes Naturerbe	22
Karte 21	Erstellte Inventare	23
Karte 22	Wissenschaftliche Verzeichnisse (Inventare)	24

Karte 23	Bodennutzung	25
Karte 24	Gefährdete Funktionen	26
Karte 25	Standorte der Seveso-Betriebe	27
Karte 26	Differenzkarte NO2 LTO	28
Karte 27	Differenzkarte NO2 no LTO	29

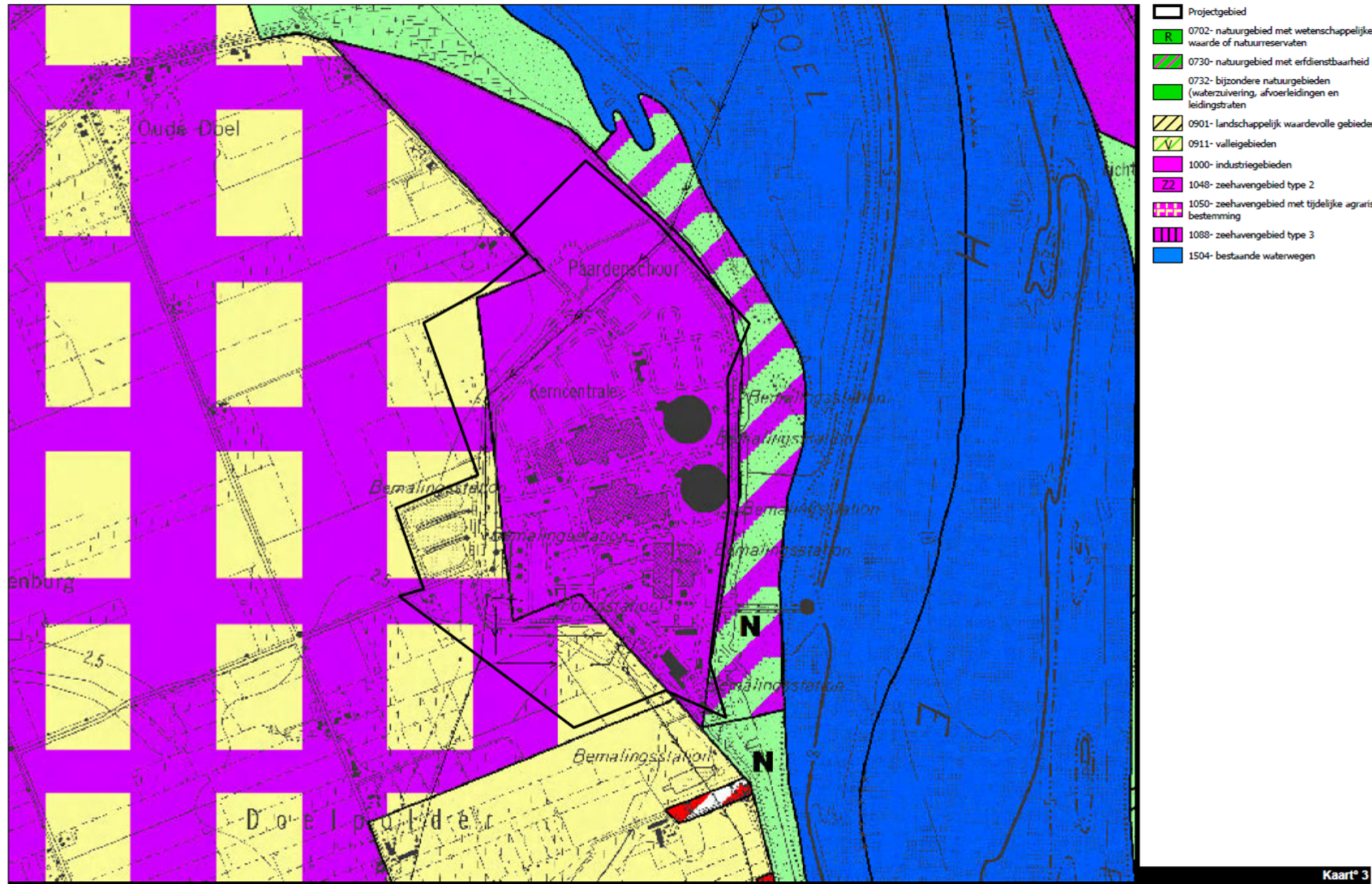
A.2 Die Karten



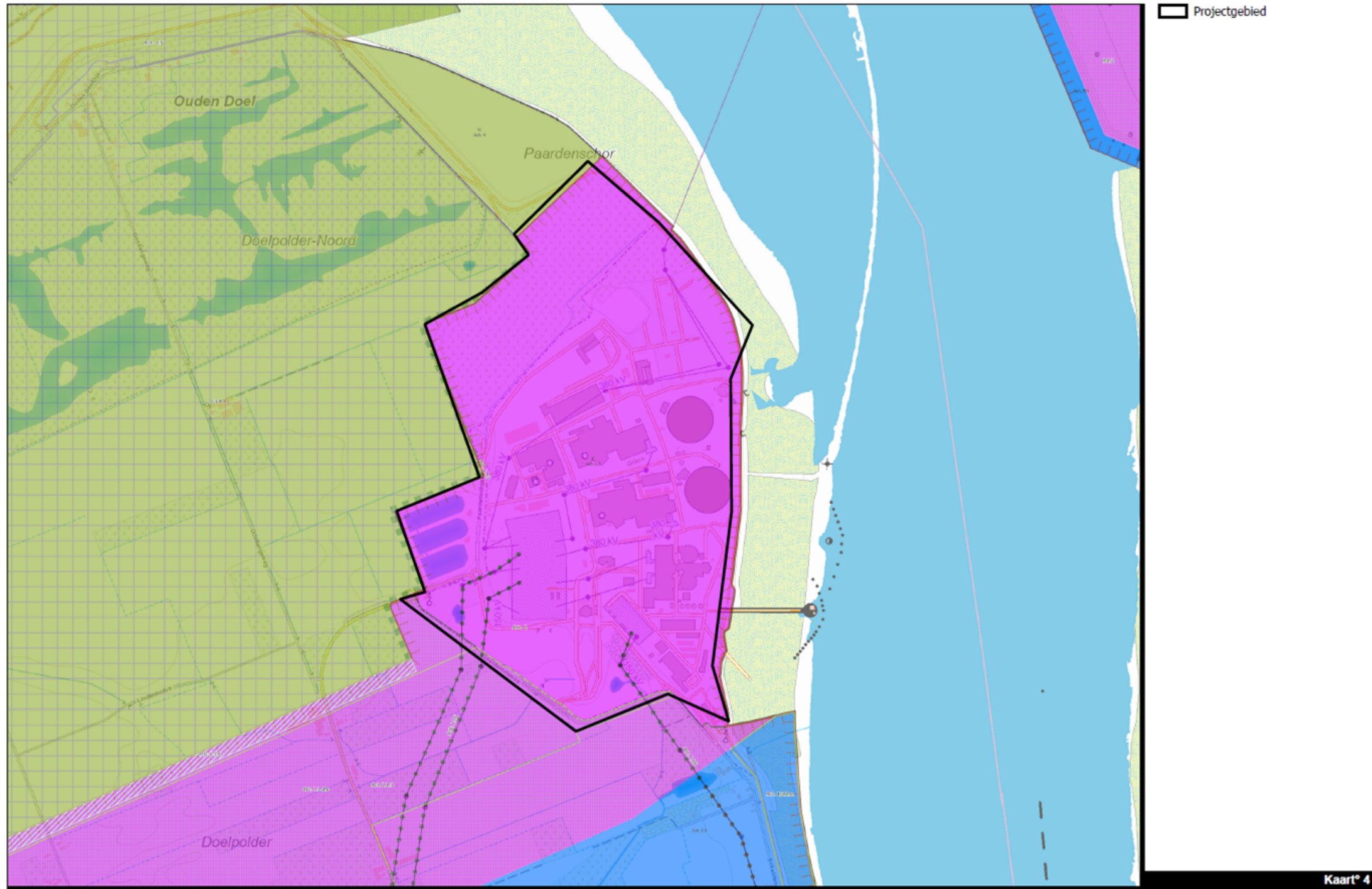
Karte 1 Lage des Projektgebiets auf topographischer Karte



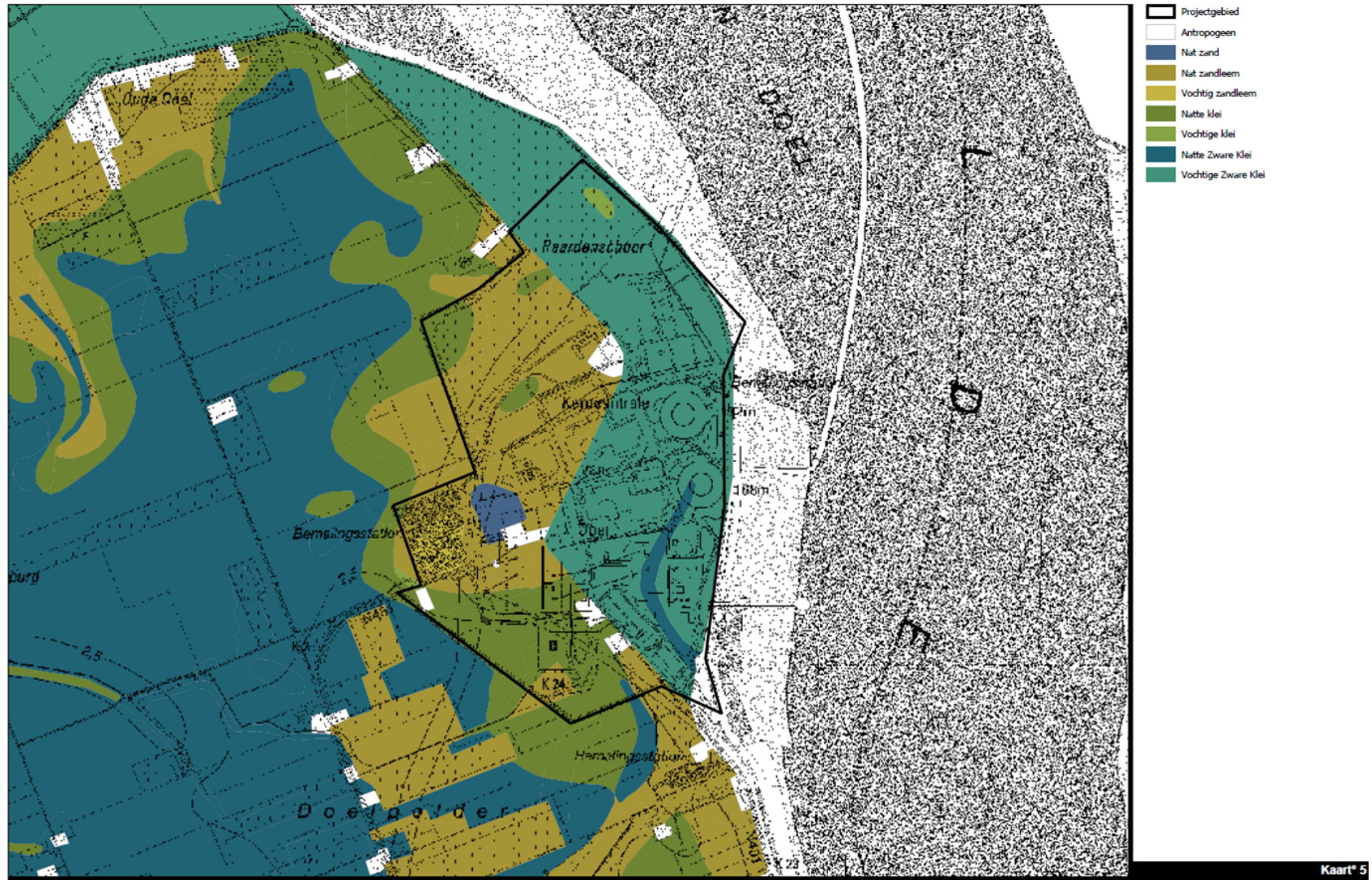
Karte 2 Straßenplan



Karte 3 Sektorenplan



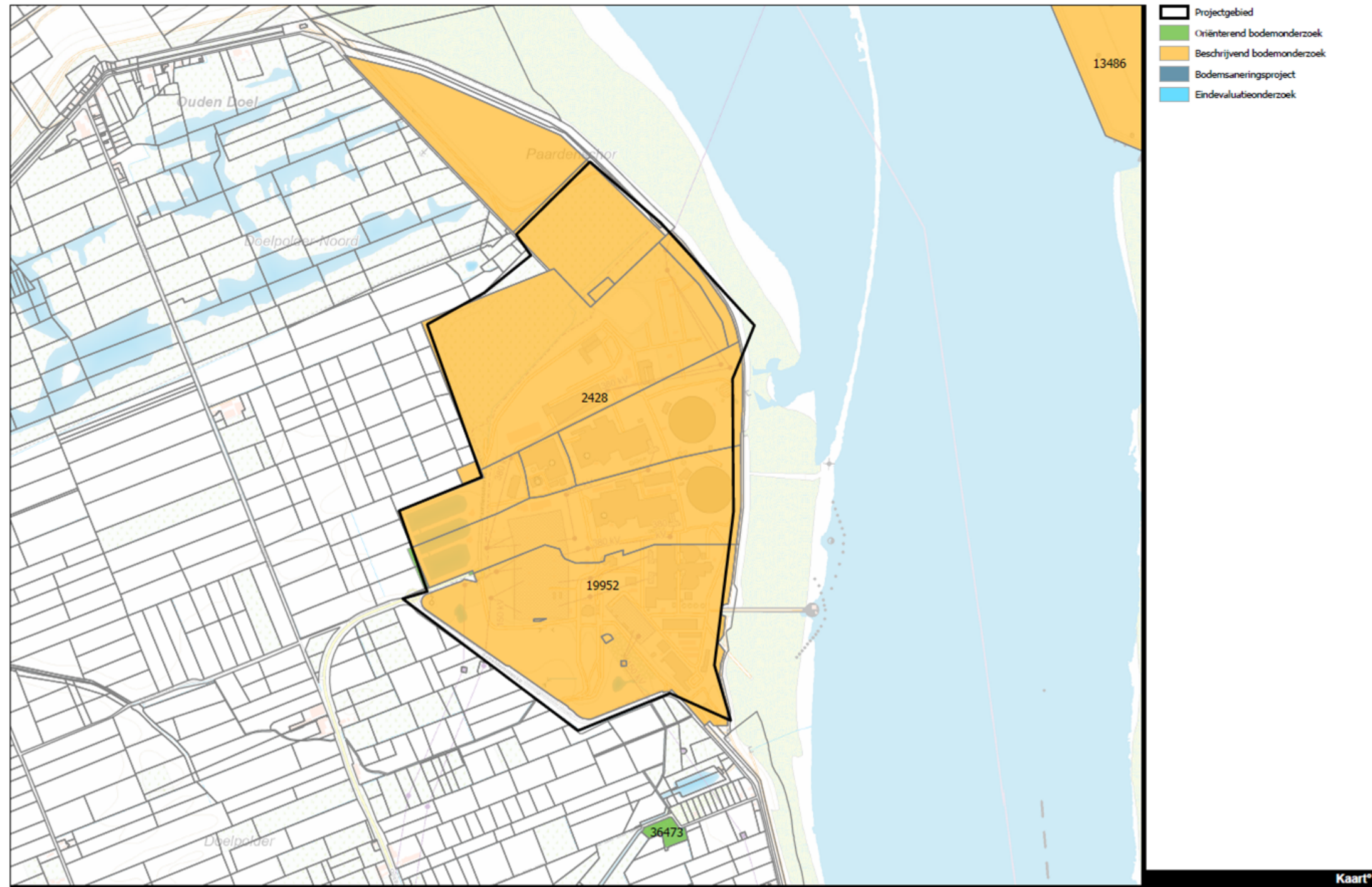
Karte 4 Regionaler Raumordnungsplan



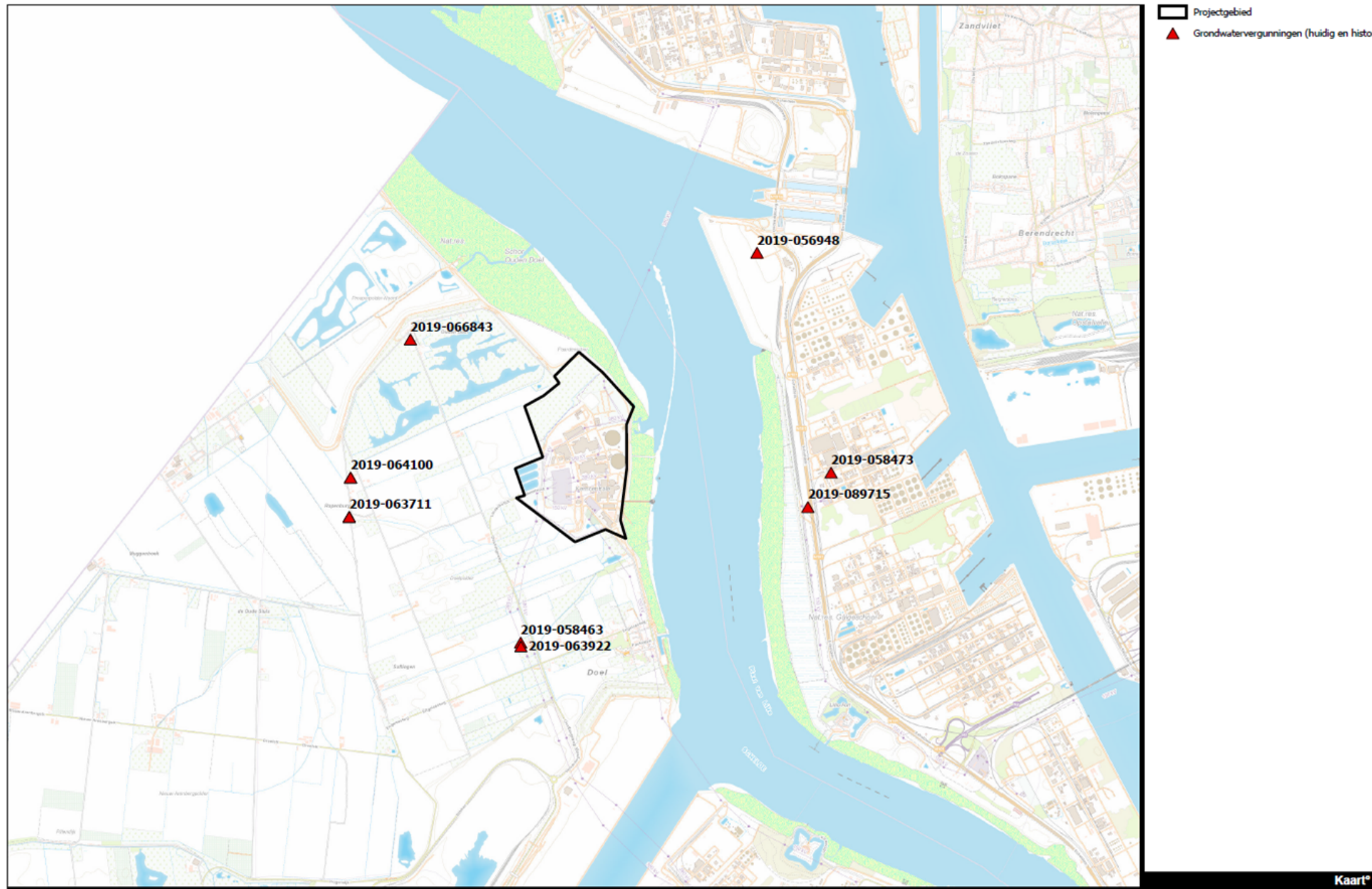
Karte 5 Bodenkarte



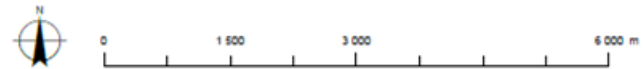
Karte 6 Digitales Höhenmodell



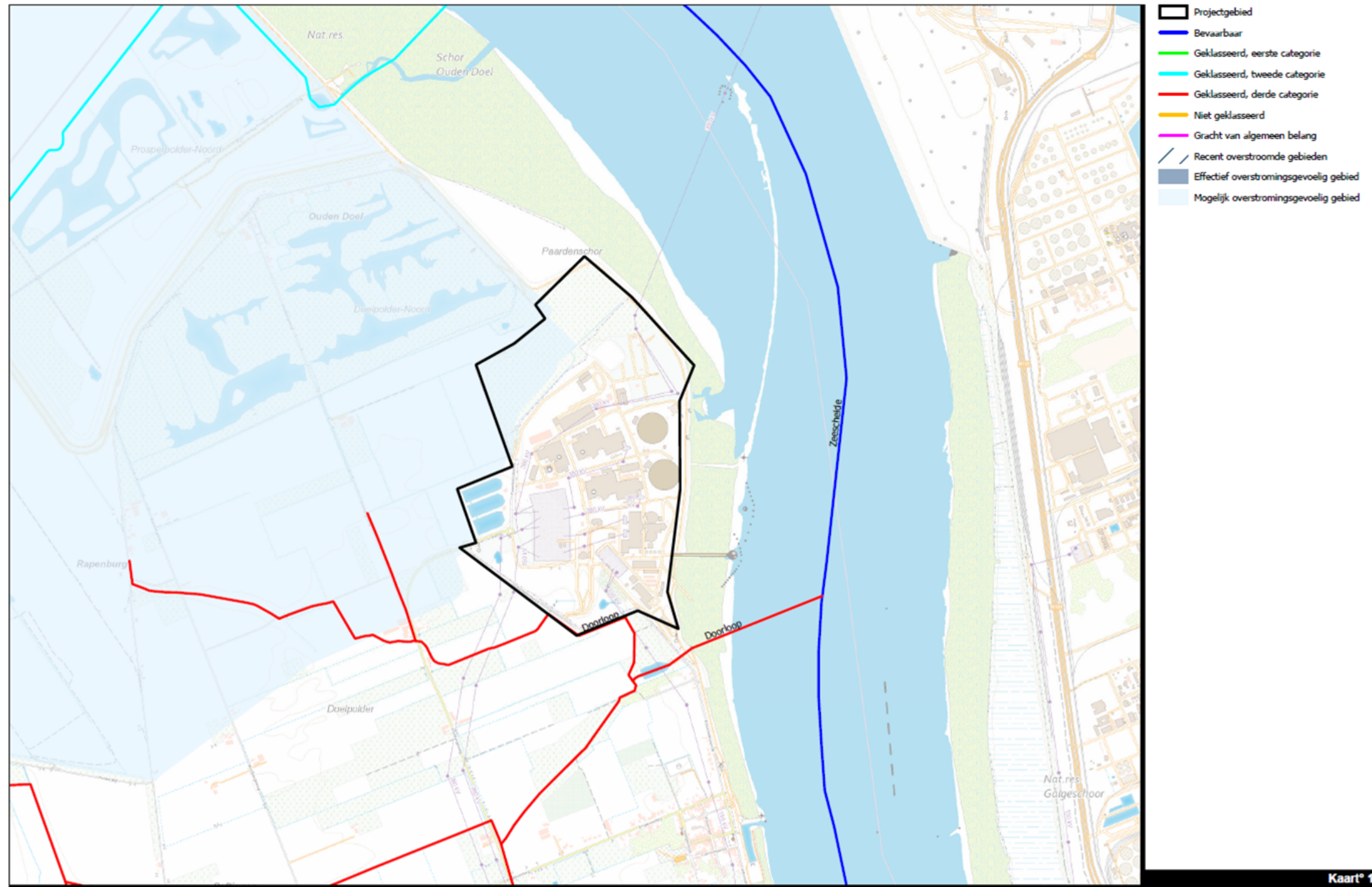
Karte 7 Bodenuntersuchungen und -sanierungen



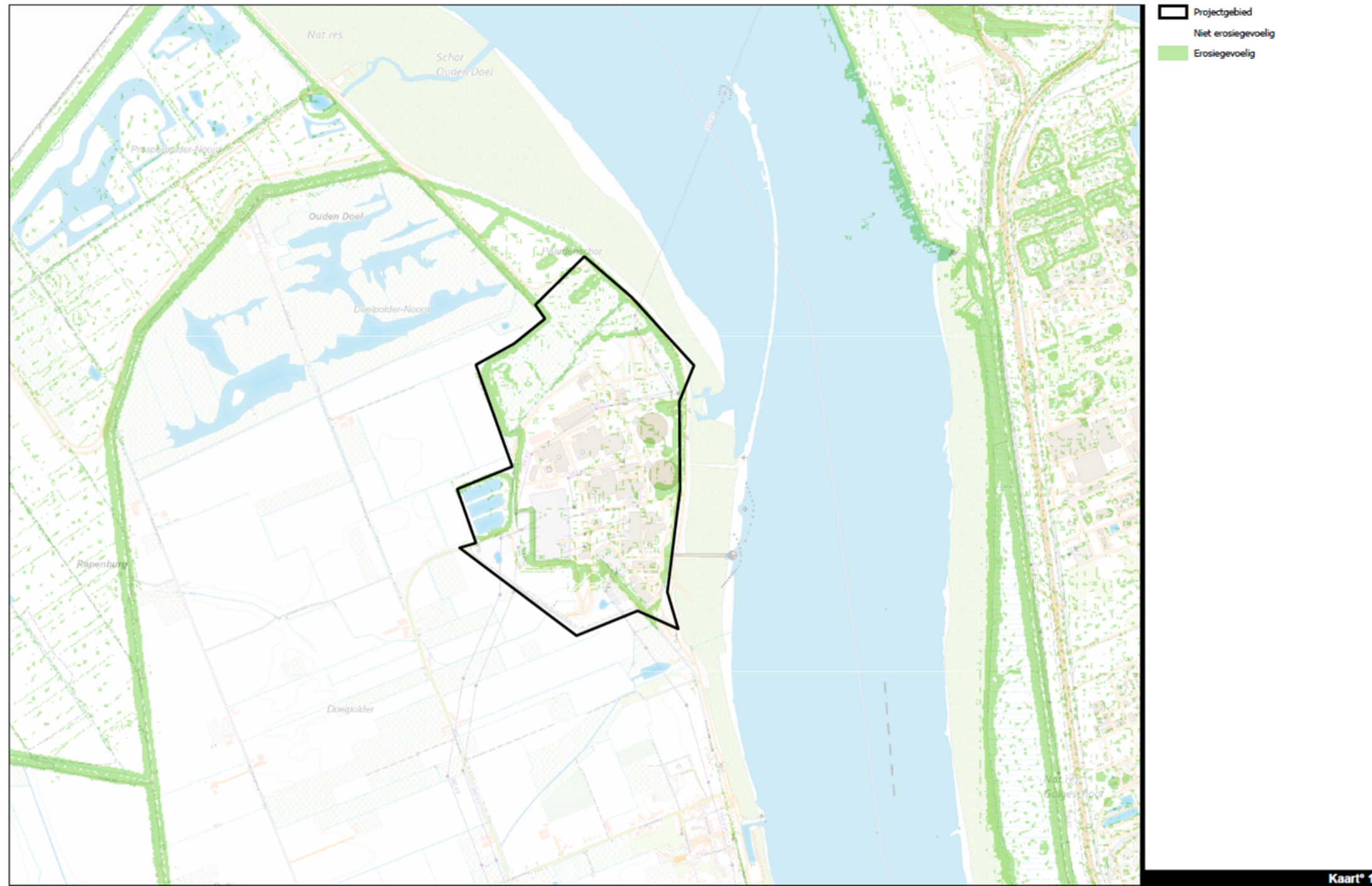
Karte 8 Genehmigte Grundwasserentnahmen



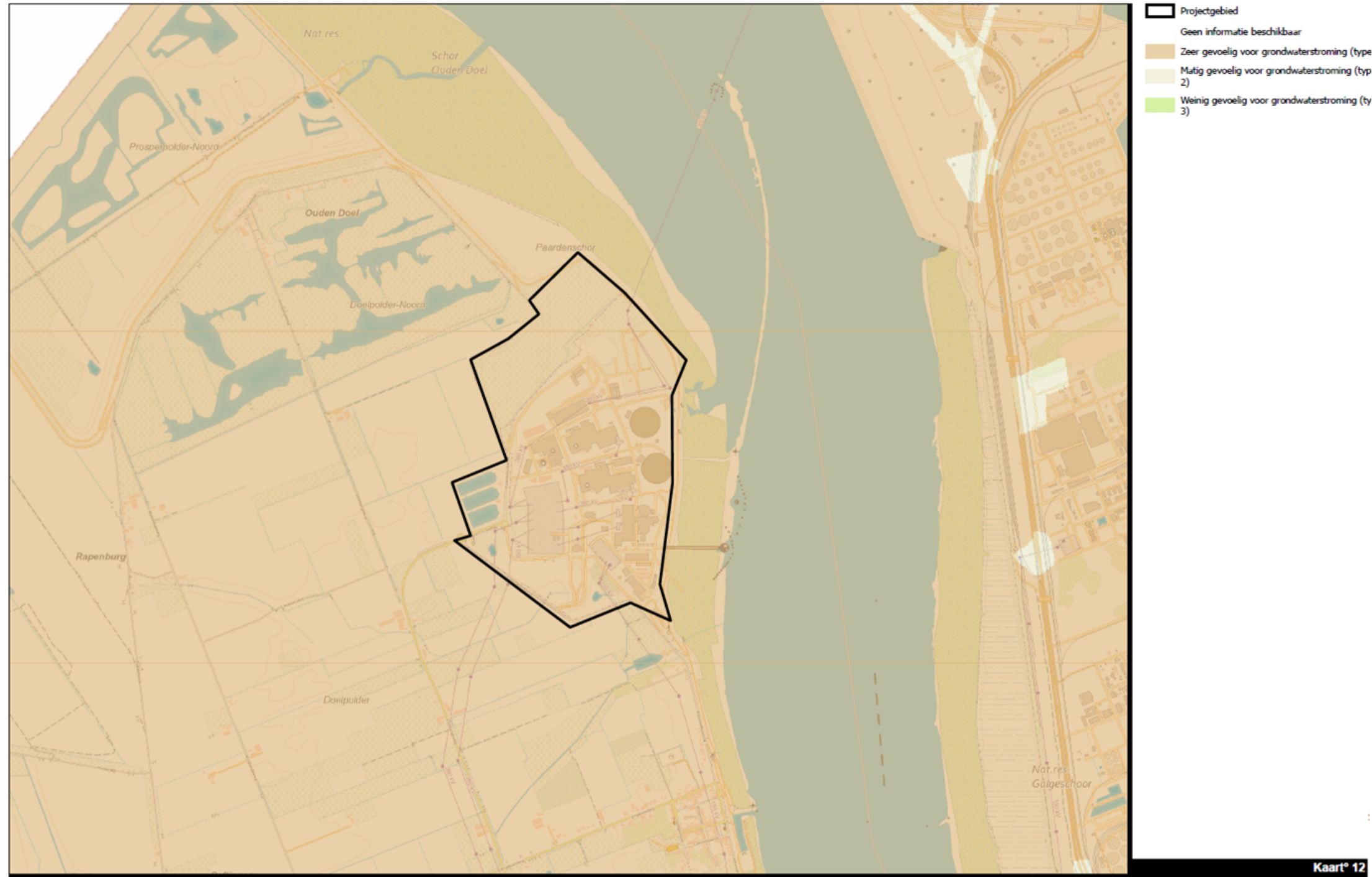
Karte 9 Flämischer Hydrographischer Atlas



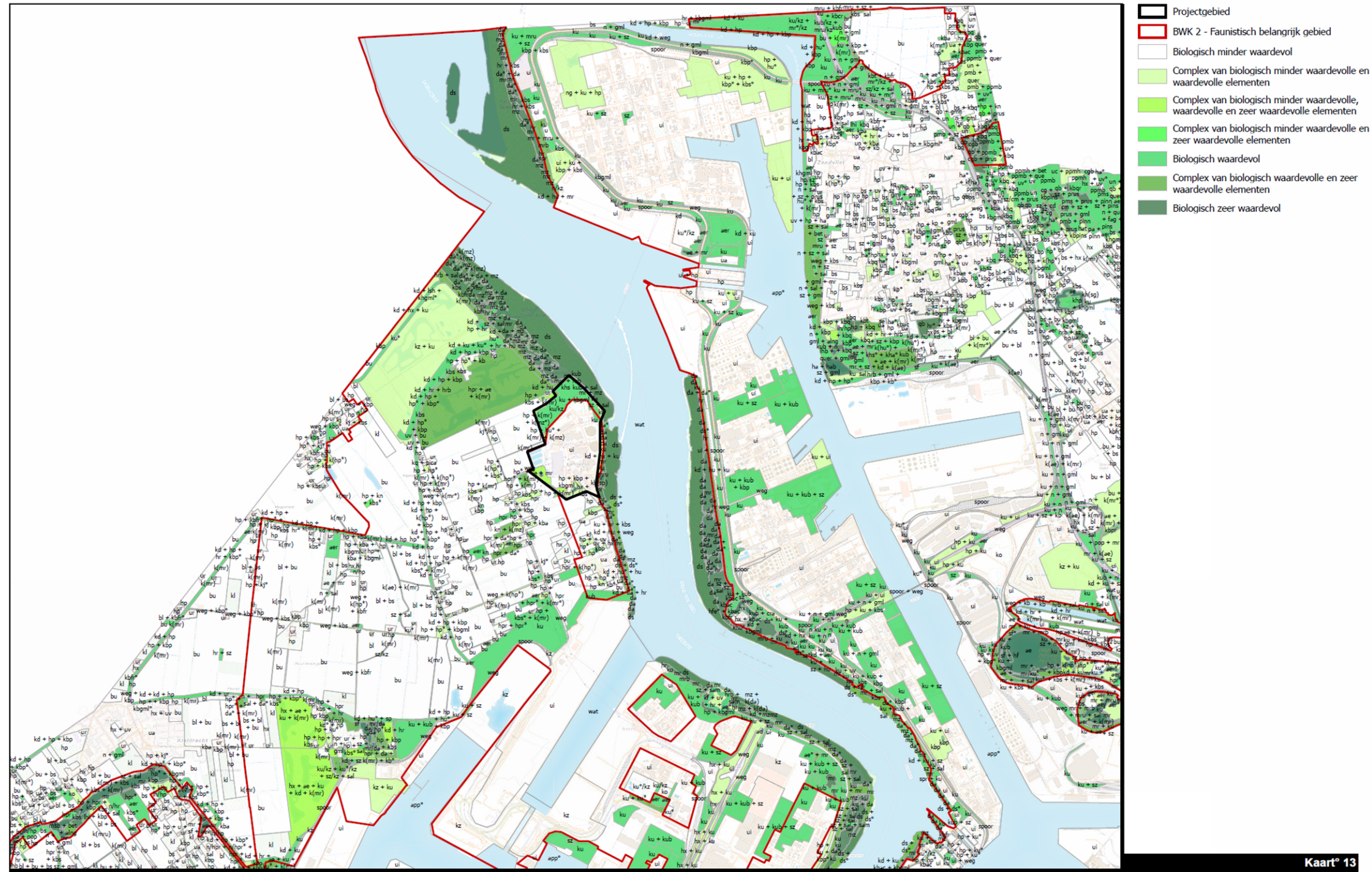
Karte 10 Wasserprüfung - überschwemmungsgefährdete Gebiete



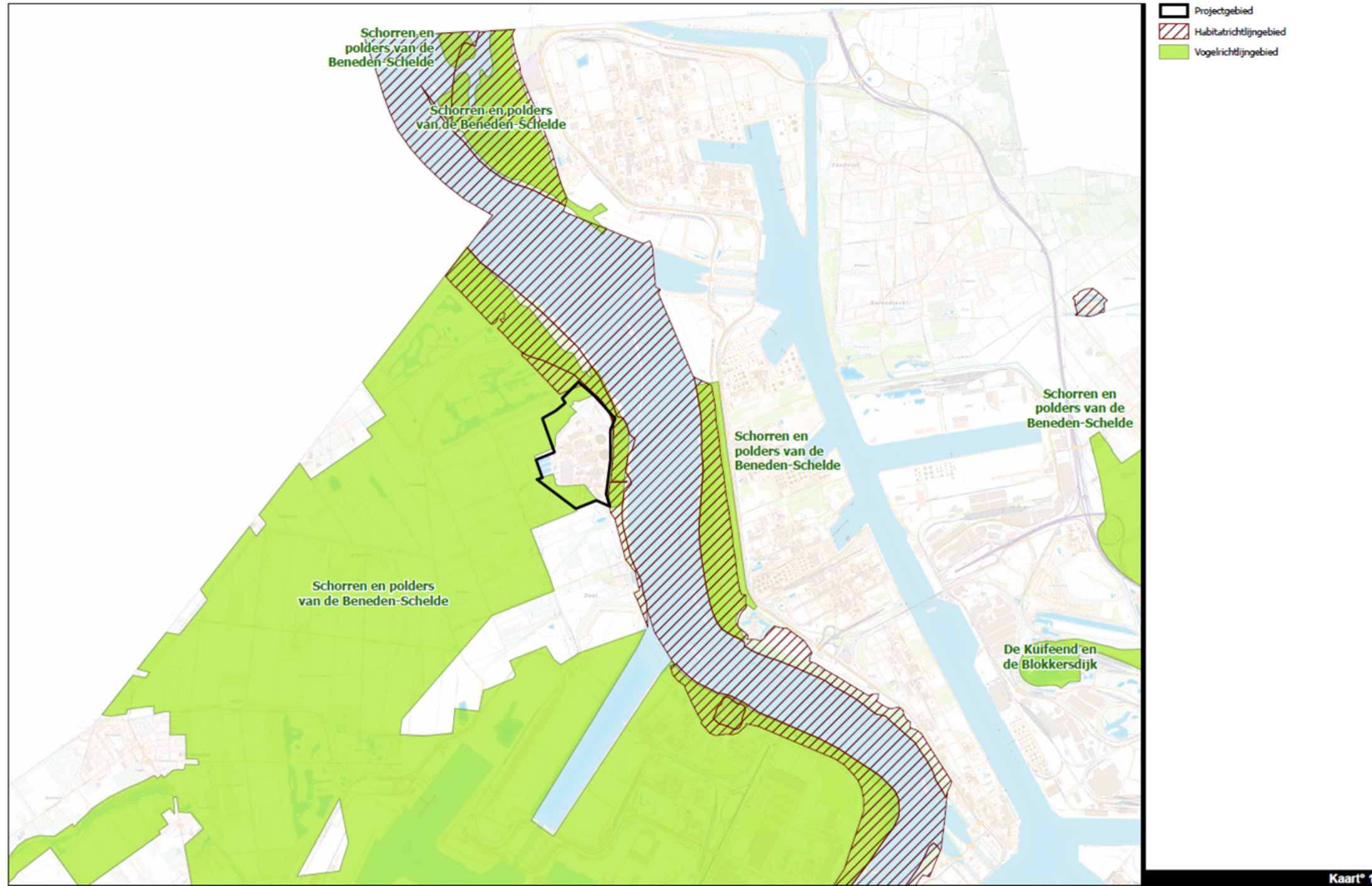
Karte 11 Wasserprüfung - erosionsgefährdete Gebiete



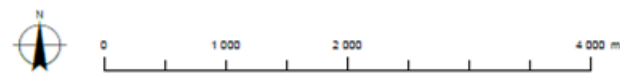
Karte 12 Wasserprüfung - Grundwasserströmungs-empfindliche Gebiete



Karte 13 Biologische Bewertungskarte

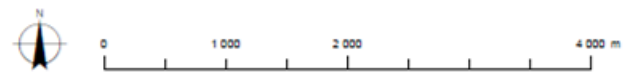


- Projectgebied
- Habitrichtlijngebied
- Vogelrichtlijngebied



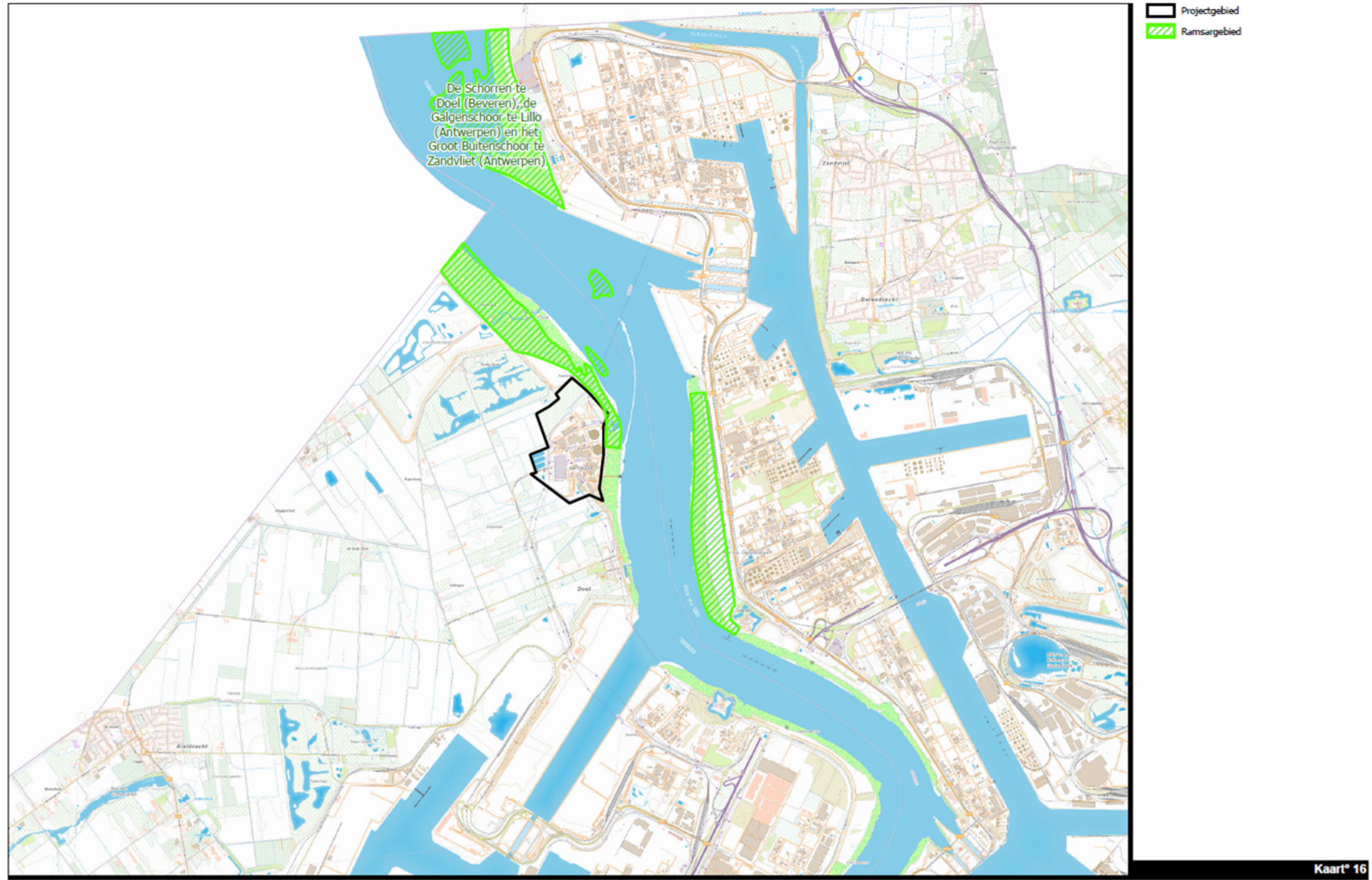
Karte 14 Besondere Schutzgebiete

Kaart 14

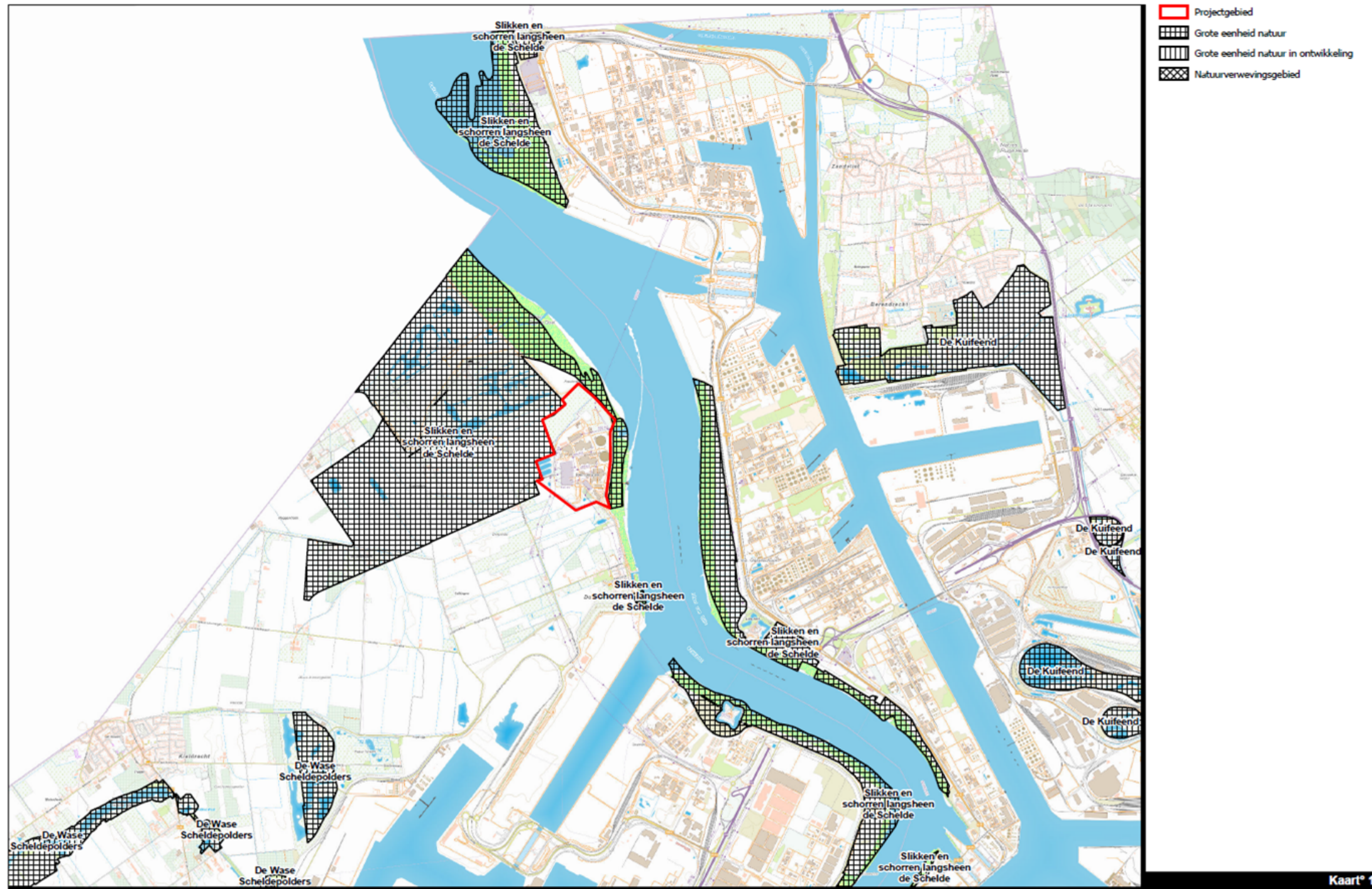


Karte 15 Europäische Habitate

Kaart* 15



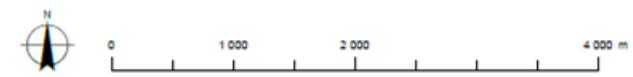
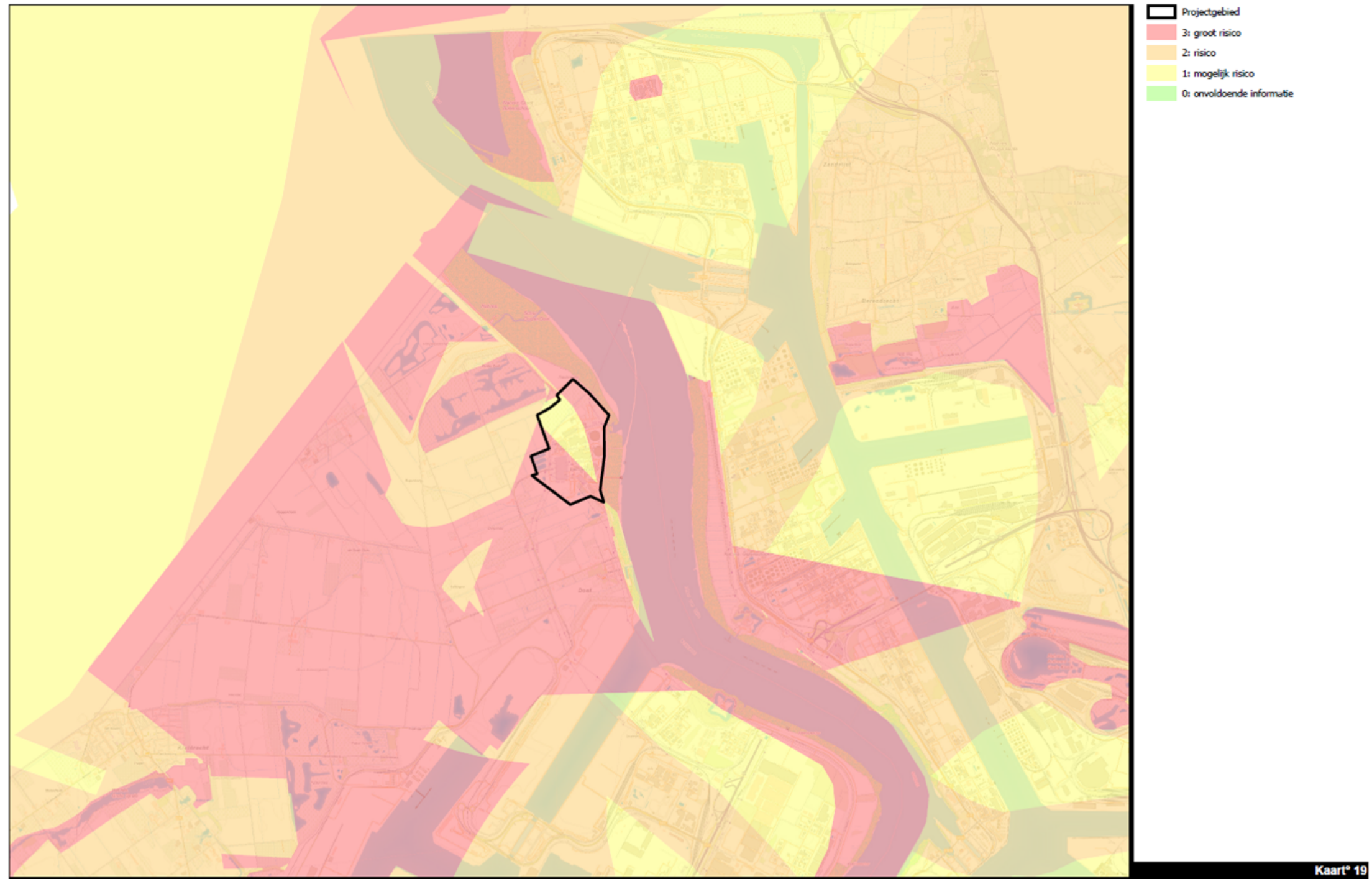
Karte 16 Ramsar-Gebiete



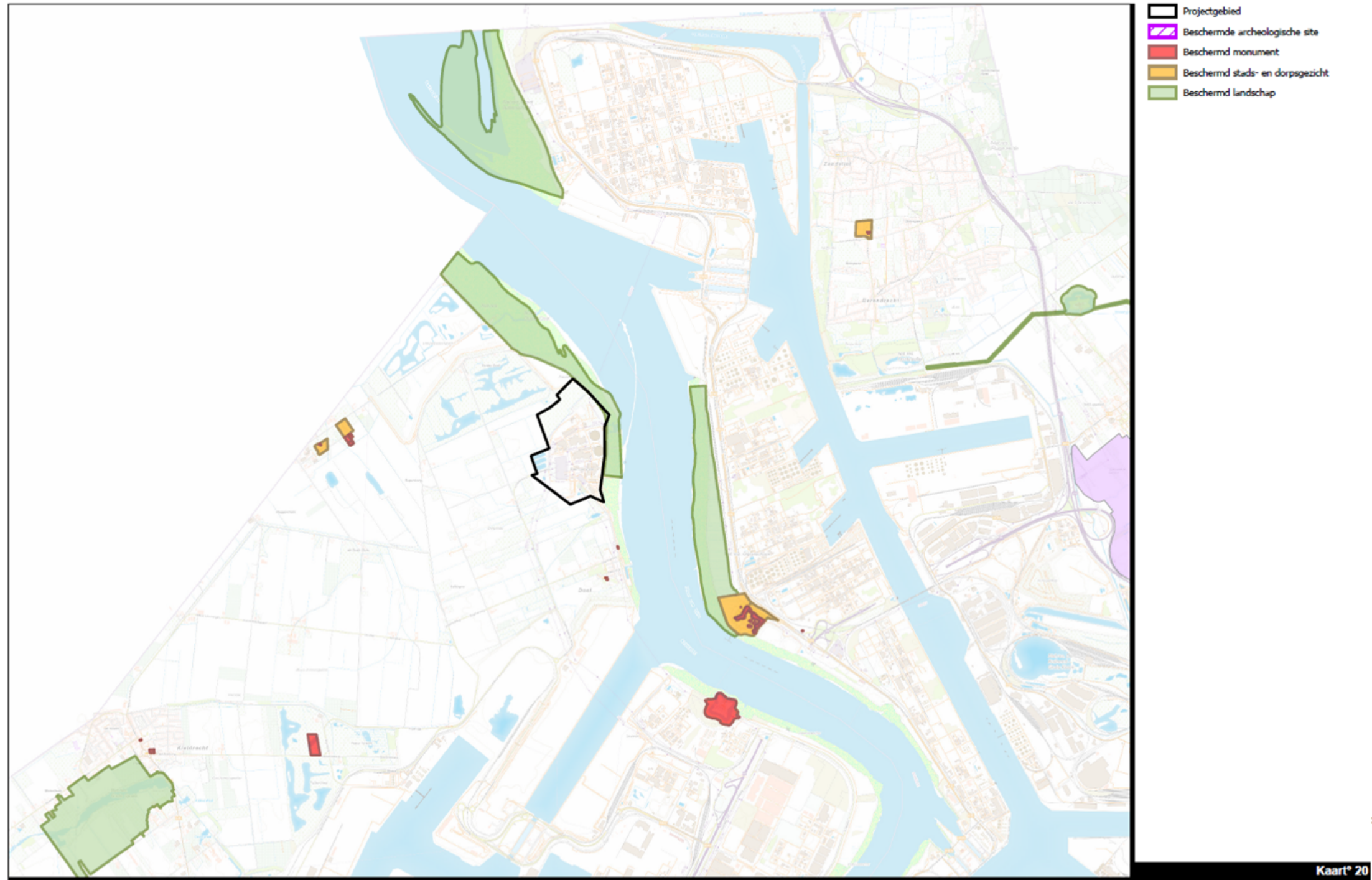
Karte 17 Vlaams Ecologisch Netwerk [Flämisches Ökologisches Netzwerk]



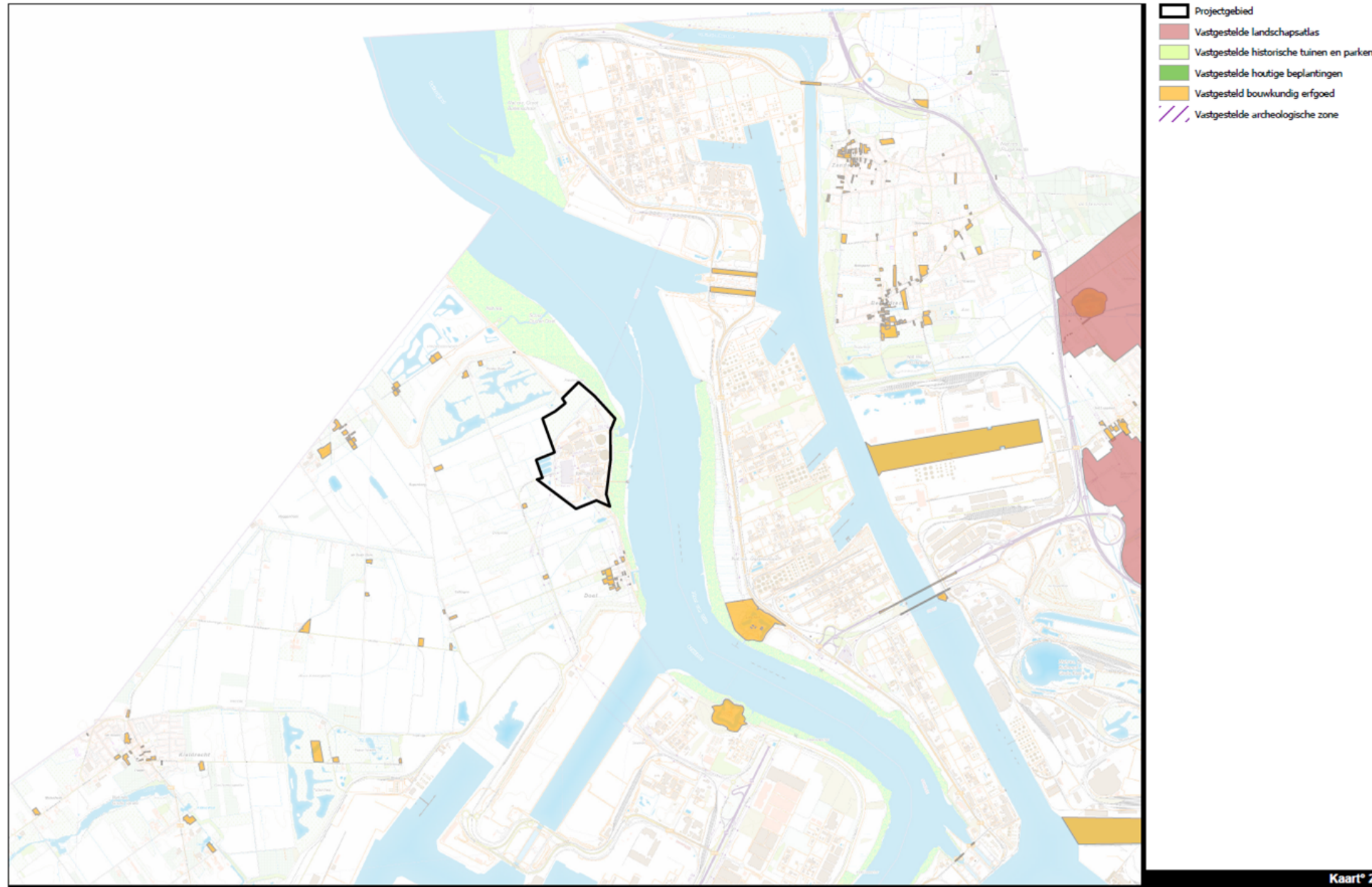
Karte 18 Naturschutzgebiete



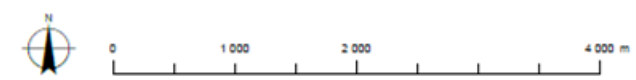
Karte 19 Risikoatlas - Synthesekarte Vögel



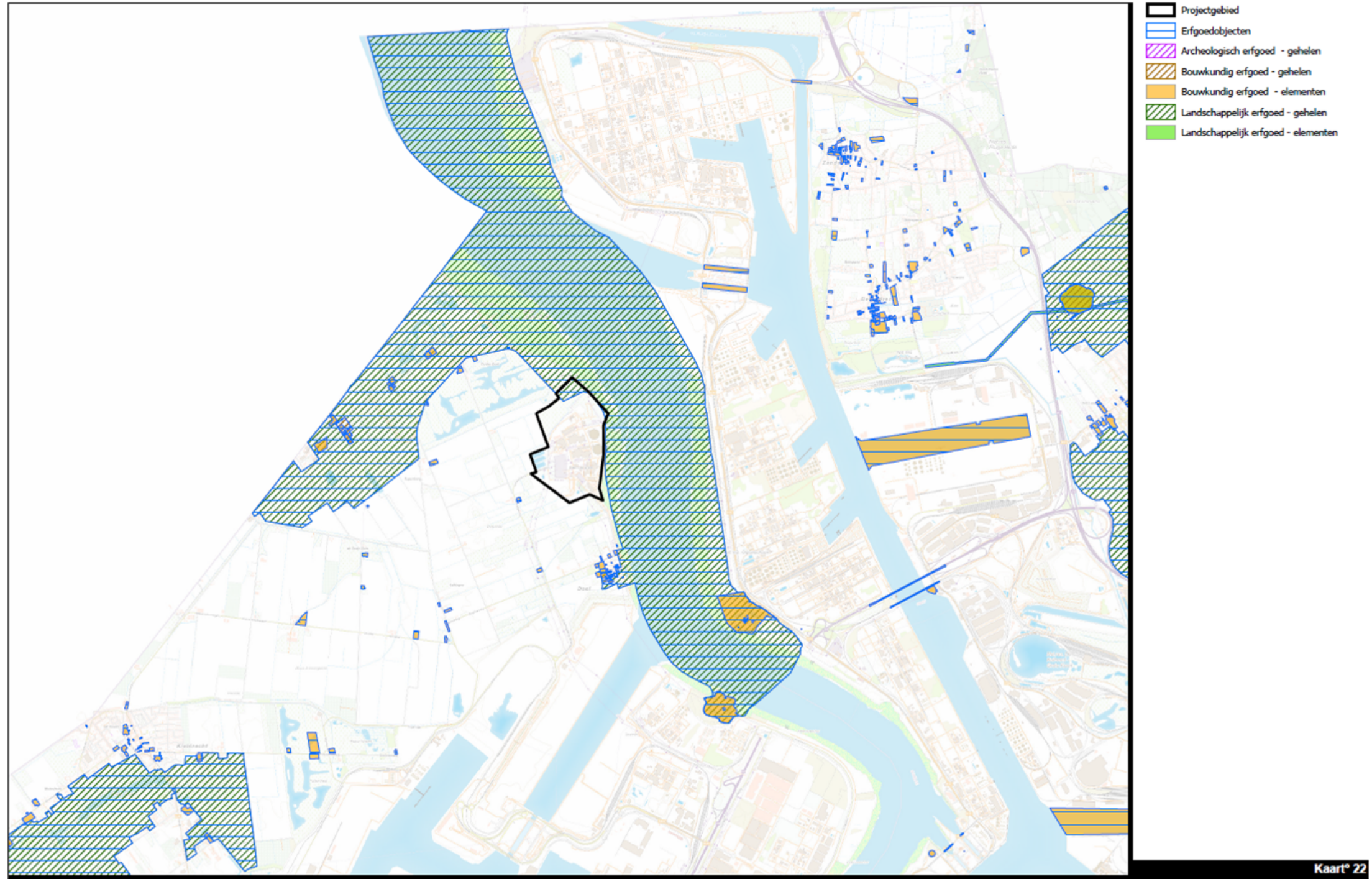
Karte 20 Geschütztes Naturerbe



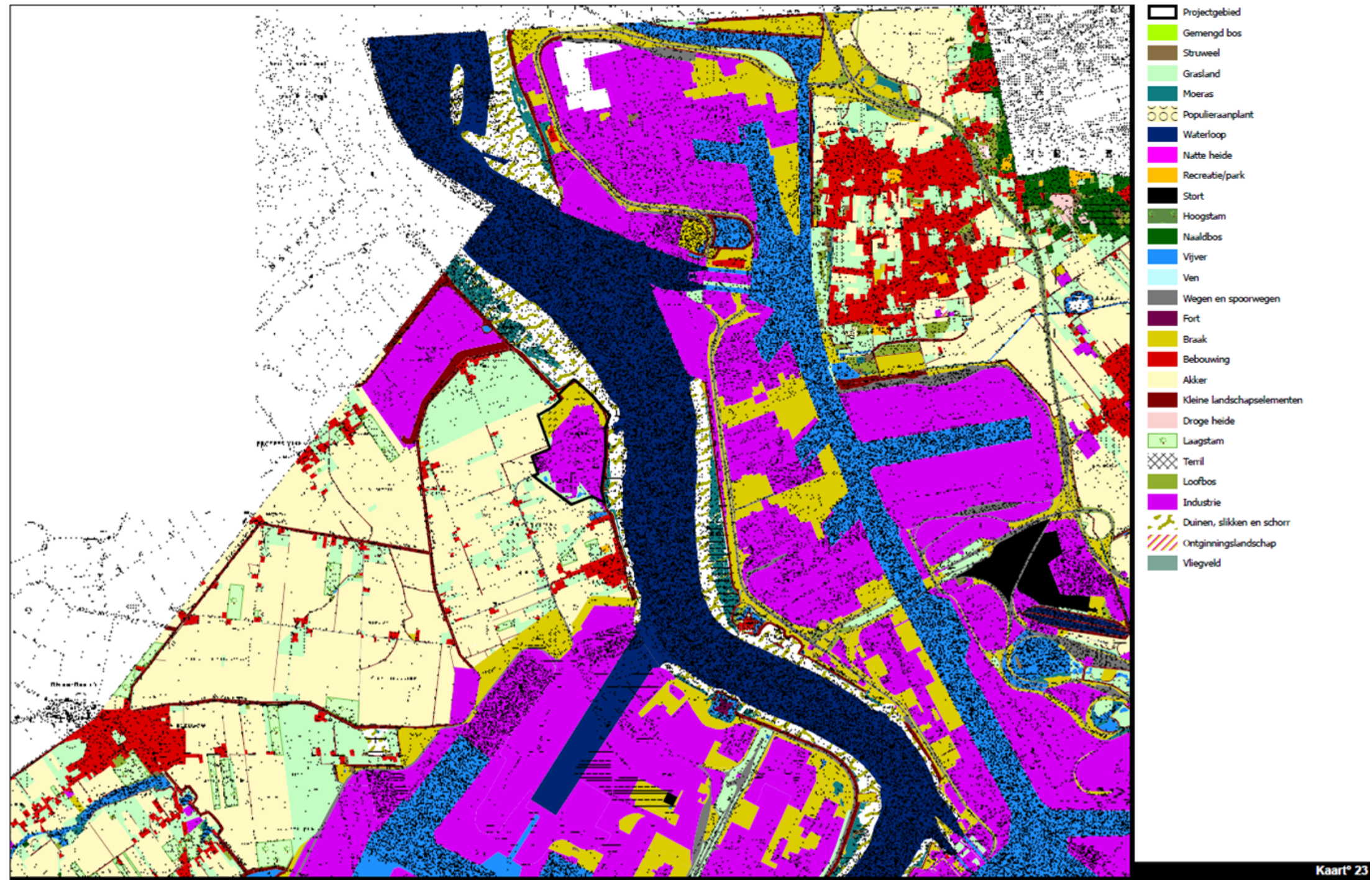
Kaart 21



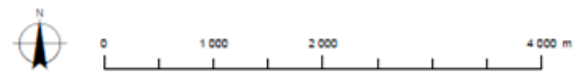
Karte 21 Erstellte Inventare



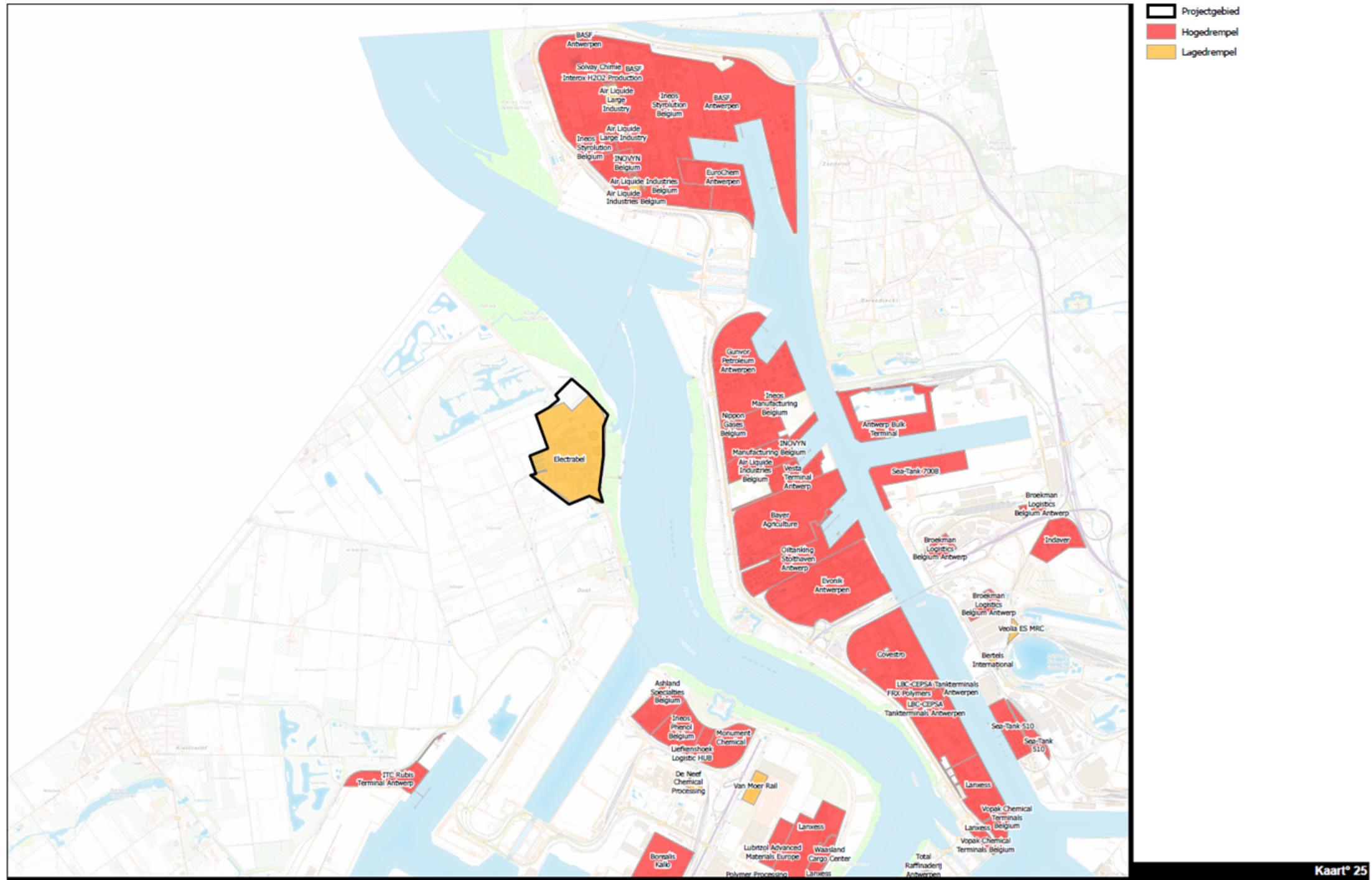
Karte 22 Wissenschaftliche Verzeichnisse (Inventare)



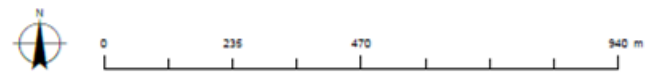
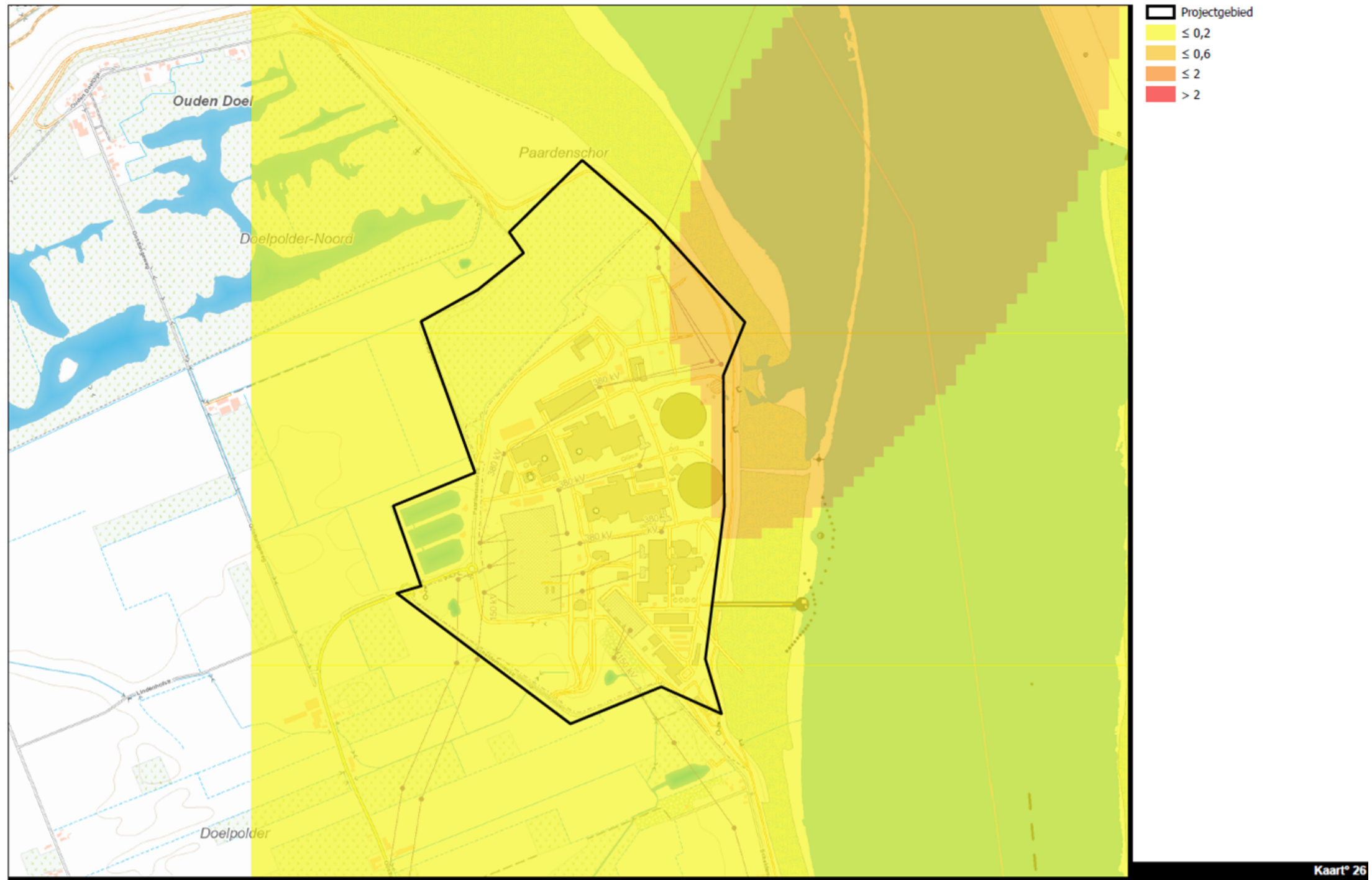
Karte 23 Bodennutzung



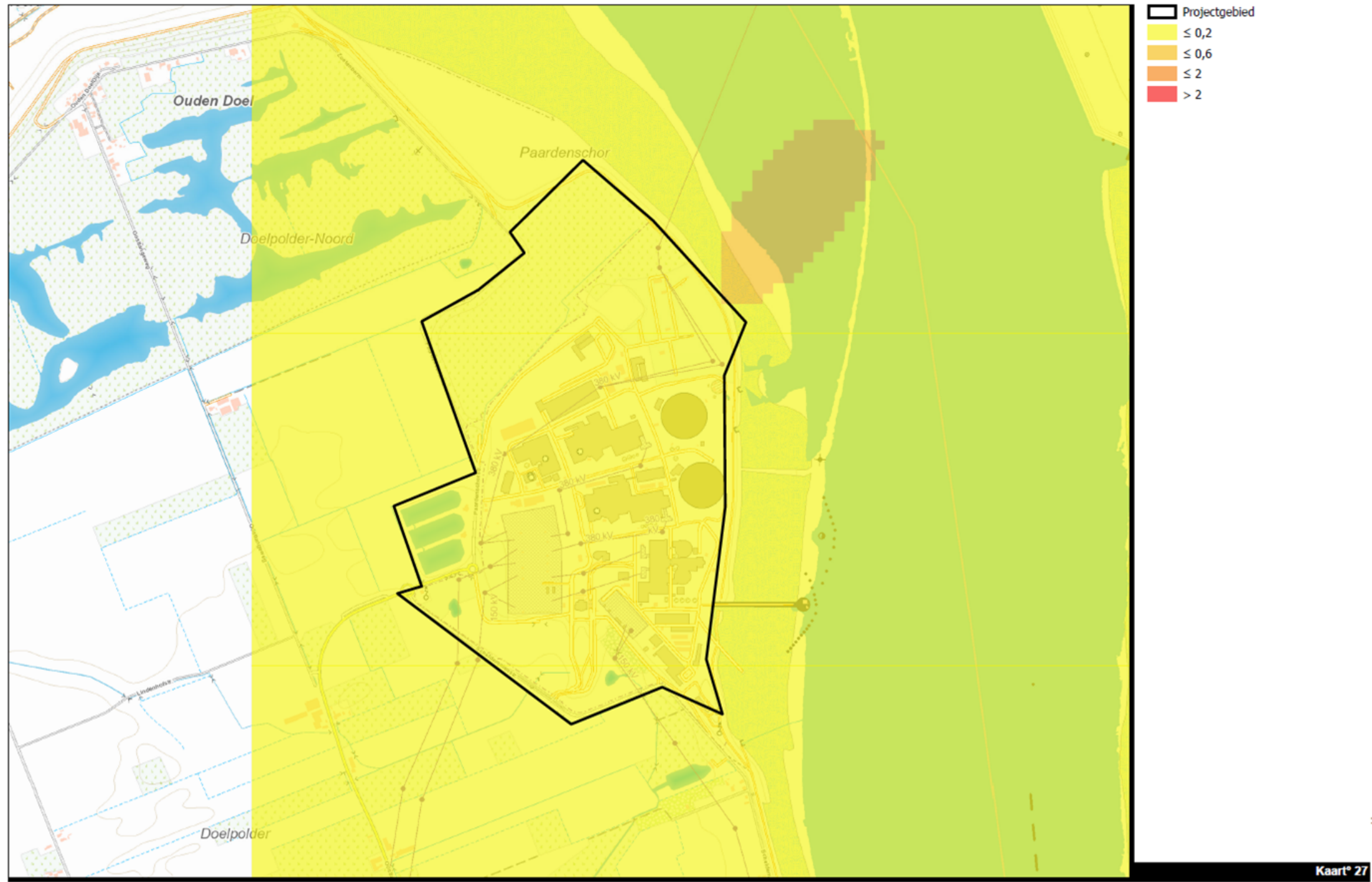
Karte 24 Gefährdete Funktionen



Karte 25 Standorte der Seveso-Betriebe



Karte 26 Differenzkarte NO2 LTO



Karte 27 Differenzkarte NO2 no LTO

Verslag 5 uitgevoerde monitoringscampagnes (periode juni 2011 – maart 2012) naar de temperatuursinvloed van het koelwater van de kerncentrale van Doel op de Schelde

Electrabel NV

Projectnummer BE0111001590 | finaal | 12-06-2012



**Opdrachtgever**

Electrabel nv
Haven 1800
Scheldemolenstraat
9130 Doel

De heer Michel Aerts
Milieucoördinator
03/202 22 66
Michel.aerts@electrabel.com

Projectomschrijving

Verslag 5 uitgevoerde monitoringscampagnes (periode juni 2011 – maart 2012) naar de temperatuursinvloed van het koelwater van de kerncentrale van Doel op de Schelde

**Opdrachtnemer**

ARCADIS Belgium nv
Maatschappelijke zetel
Koningsstraat 80
B-1000 Brussel

Postadres
ARCADIS Belgium nv
Kortrijksesteenweg 302
B-9000 Gent

Contactpersoon

Riet Durinck
Telefoon +32 9 24 24 424
Telefax +32 9 24 24 445
E-mail r.durinck@arcadisbelgium.be
Website www.arcadisbelgium.be

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	5
2	BESCHRIJVING MEETMETHODE.....	7
2.1	Monitoringsdata en -omstandigheden	7
2.2	Meetmateriaal en monitoringsdiepte.....	7
2.3	Monitoringslocaties	8
3	RESULTATEN VAN DE MONITORINGSCAMPAGNES.....	11
4	MODELLERING	13
5	BESPREKING VAN DE RESULTATEN	15
5.1	Vaststellingen.....	15
5.1.1	Afgaand water	15
5.1.2	Kentering bij laagwater	17
5.1.3	Opkomend water.....	17
5.1.4	Afgaand water, vlak na hoogwater kentering	18
5.1.5	Globaal temperatuurverloop per invloedzone over 12 uur	18
5.2	Toetsing gemeten waarden aan de gemodelleerde waarden	19
5.2.1	Gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging – 1 uur kentering bij laagwater.	19
5.2.2	Gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging – daggemiddelde	27
5.3	Overlevingskans van exoten.....	29
6	Conclusies.....	31
6.1	Watertemperatuurverhoging bij kentering bij laagwater	31
6.2	Daggemiddelde watertemperatuurverhoging	31
6.3	Overlevingskans van exoten.....	32
BIJLAGEN	33

1

INLEIDING

Electrabel baat in Doel een kerncentrale uit, waarbij het gebruik van koelwater vereist is. Het koelwater wordt uit de Schelde opgepompt en daarna teruggestort, en voert op die manier grote hoeveelheden warmte af naar de Schelde. Die temperatuursverhoging is van belang voor het leven in en rond het Schelde-estuarium.

Voor de lozing van koelwater van elektrische centrales zijn in de VLAREM sectorale voorwaarden opgelegd. Voor de temperatuur van het geloosde koelwater gelden volgende emissiegrenswaarden:

- Maximum 33°C als ogenblikkelijke waarde
- Maximum 32°C als daggemiddelde
- Maximum 30°C als voortschrijdend 30-dagengemiddelde

In het kader van de hervergunning van de milieuvergunning van de kerncentrale werd in 2010 een milieueffectenrapport (MER) opgemaakt, waarin ondermeer de impact van de koelwaterlozing op de temperatuur van de Schelde werd beschreven en beoordeeld. De impact werd geëvalueerd door toepassing van het model CORMIX¹. Dit is een softwaresysteem voor de analyse en voorspelling van lozingen in diverse waterlichamen.

De grootste invloed van de lozing van het koelwater bleek zich te situeren ter hoogte van de Plaat van Doel stroomafwaarts van het lozingspunt. Gezien het temperatuurverloop er lokaal niet gekend is en de modelresultaten verder gevalideerd en gepreciseerd dienen te worden, is in het MER voorgesteld ter hoogte van de Plaat van Doel een monitoring van de temperatuur van de Schelde uit te voeren. Deze monitoring dient toe te laten de evolutie van de temperatuur te verifiëren op de Plaat van Doel gedurende de getijdencyclus en dit in het bijzonder bij de kentering bij laagwater en het model te valideren. De kennis van deze evolutie is vooral wenselijk bij de hoogste Scheldetemperaturen in warme periodes. Daartoe is in het MER voorgesteld op verschillende dagen temperatuurmetingen van het Scheldewater uit te voeren.

In het vergunningsbesluit voor de verdere vergunning van de kerncentrale van Doel is deze aanbeveling gevolgd en is opgenomen dat er een monitoringsprogramma dient uitgevoerd te worden om de invloed van het koelwater van de kerncentrale op de Schelde na te gaan en de modelresultaten verder te valideren en te preciseren.

¹ CORMIX: Cornell Mixing Zone Expert System

Voorliggend verslag geeft de resultaten weer van de 5 uitgevoerde monitoringscampagnes ter invulling van deze eis. De monitoringscampagnes werden uitgevoerd conform het monitoringsprogramma opgemaakt op 24 mei 2011, conform het 'voorstel voor verdere monitoring' opgenomen in het verslag van monitoringscampagnes 1 en 2 (d.d. 05/09/2011) en conform de opmerkingen en voorstellen van de bevoegde overheden aangegeven vóór aanvang van de 1^{ste} monitoringscampagne en op het overleg van 12 september 2011.

2 BESCHRIJVING MEETMETHODE

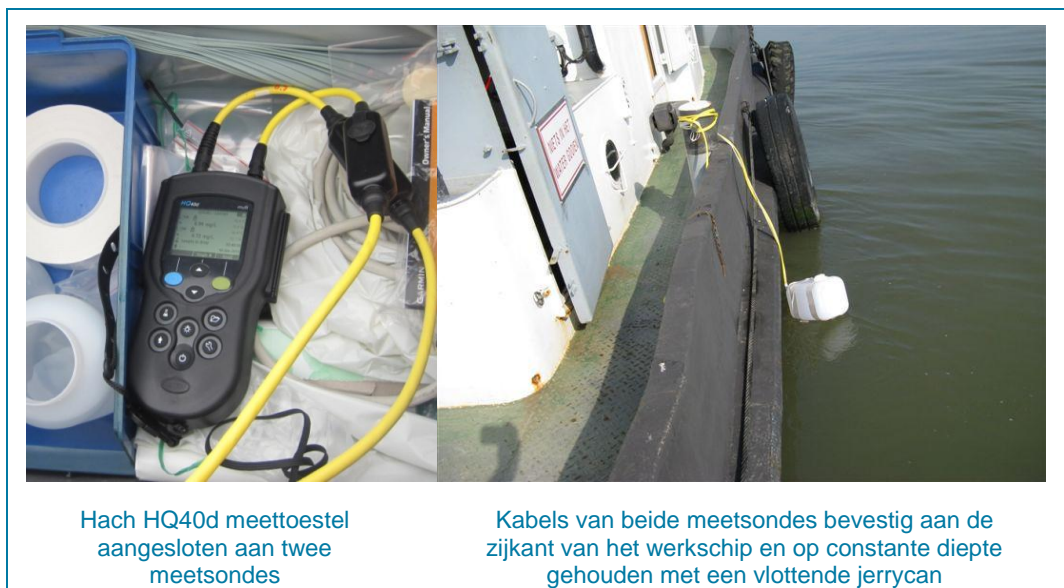
2.1 Monitoringsdata en -omstandigheden

De monitoringscampagnes van de periode juni 2011 tot maart 2012 werden uitgevoerd op volgende data:

Monitoringscampagne	1	2	3	4	5
Monitoringsdata	16/06/2011	02/08/2011	29/09/2011	07/02/2012	07/03/2012
Type periode	Gematigde temperaturen	Warme temperaturen	Warme temperaturen	Koude temperaturen	Koude temperaturen
Buitenluchttemperatuur	13,4 tot 19,3°C	17,1 tot 28,0°C	16,3 tot 27,6°C	-11,3 tot -6,4°C	2,2 tot 5,3°C
Weersomstandigheden	Bewolkt, felle regenbuien	Zonnig met sporadisch lichte sluierbewolking	Zonnig, licht bewolkt	Droog, veel wind, zeer koud	Buien

2.2 Meetmateriaal en monitoringsdiepte

De monitoringscampagnes werden uitgevoerd aan de hand van een klein werkschip, dat voor de duur van 1 dag gehuurd wordt. Ter hoogte van alle meetpunten werd de temperatuur en het zuurstofgehalte opgemeten aan de hand van een Hach HQ40d meettoestel met twee sondes met telkens een zuurstof- en temperatuurelektrode, met één sonde op een constante diepte van 0 m tot 0,5 m onder de waterspiegel en de andere sonde op een constante diepte van 2 m tot 2,5 m onder de waterspiegel. De diepte van beide sondes werd constant gehouden door de kabels van de sondes op afgemeten lengte vast te hechten aan een vlottende jerrycan of aan een metalen staaf met gewicht, bevestigd aan de zijkant van het werkschip. Alle metingen werden uitgevoerd bij (relatieve) stilstand van het werkschip.



2.3

Monitoringslocaties

De meetpunten van de diverse campagnes worden weergegeven op de plannen in bijlage 1. Afhankelijk van het doel van de diverse monitoringslocaties werden metingen op diverse plaatsen uitgevoerd:

- **Monitoringscampagne 1** werd uitgevoerd bij gemiddelde temperaturen, met het doel om in de periode rond de kentering bij laagwater gegevens te verzamelen ter hoogte van de Plaat van Doel, in een zone tot ca. 1300 m stroomafwaarts van het lozingspunt (i.e. de zone die binnen de strekdam gelegen is).
 - ➔ Bovendien werden er metingen uitgevoerd bij afgaand water nog verder stroomafwaarts van het lozingspunt (tot op ca. 3,7 km);
 - ➔ Bij opkomend tij aan de overzijde van de strekdam (wanneer het koelwater over de strekdam begint te stromen); langsheen de strekdam en tussen het lozingspunt en de captatiepunten;
 - ➔ Twee dwarsprofielmetingen bij opkomend tij, van de ene oever naar de overzijde van de Schelde.
- **Monitoringscampagne 2** werd uitgevoerd bij warme (buitenlucht)temperaturen, met het doel om in de periode rond de kentering bij laagwater gegevens te verzamelen in de zone binnen de strekdam.
 - ➔ Er werden ook metingen uitgevoerd bij afgaand water verder stroomafwaarts (tot op ca. 5 km van het lozingspunt);
 - ➔ Bij opkomend tij aan de overzijde van de strekdam; tussen het lozingspunt en de captatiepunten.
- **Monitoringscampagne 3** werd uitgevoerd bij warme (buitenlucht)temperaturen, met het doel om gedurende 12 h gegevens te verzamelen *enkel* in de zone binnen de strekdam, voor representatieve toetsing aan de daggemiddelde (en 1h kentering) modelresultaten.
 - ➔ Bij hoogwater werd bovendien de temperatuurstoename in de zone op 150-300 m stroomafwaarts van het lozingspunt (mengzone) opgevolgd, met als doel de overlevingskans van exoten in deze zone in te schatten.
- **Monitoringscampagnes 4 en 5** werden uitgevoerd bij koude temperaturen en waren gericht op het beantwoorden van de vraag of de temperatuurverhoging van die aard is dat exoten kunnen overleven en verder ontwikkelen. Daarom werd nagegaan of op bepaalde plaatsen de temperatuur in belangrijke mate verhoogd blijft gedurende de getijdencyclus:
 - binnen de strekdam, in de zone dicht bij het lozingspunt en bij opkomend water;
 - buiten de strekdam, stroomopwaarts, in de zone tussen het lozingspunt en de captatiepunten bij hoogwater en afgaand water.

- Bovendien werden er in de zone binnen de strekdam, tot ca. 1300 m stroomafwaarts van het lozingspunt ook metingen uitgevoerd in de periode rond de kentering bij laagwater (zoals bij de eerdere campagnes).

Naast de temperatuur werd eveneens telkens het zuurstofgehalte gemeten (zie bijlage 2). De metingen tonen geen zuurstofverarming van het Scheldewater ten gevolge van de lozing van warm koelwater, eerder een lichte aanrijking (bij doorstroming van het koelwater doorheen het koelproces wordt het water sterk belucht). De resultaten van de zuurstofmetingen worden in voorliggend verslag niet verder in detail besproken.

Bijkomend is gebruik gemaakt van data die reeds continu door Electrabel verzameld worden in het kader van de goede werking van het koelwatersysteem van de kerncentrale:

- datareeksen van temperatuur en zuurstofgehalte ter hoogte van de intake (captatiepunt) en het lozingspunt;
- datareeksen van buitenluchttemperaturen ter hoogte van de centrale.

3 RESULTATEN VAN DE MONITORINGSCAMPAGNES

In onderstaande tabel worden de specificaties van de uitgevoerde monitoringscampagnes weergegeven.

Parameter		1 16/06/11	2 02/08/11	3 29/09/11	4 07/02/12	5 07/03/12
Gemiddelde temperatuur Schelde	Achtergrondwaarde zoals gemeten tijdens monitoringscampagnes ⁽¹⁾	19,3°C	19,5°C	18,6°C	3,4°C	6,8°C
Gemiddelde temperatuur Schelde bij intake koelwater	Achtergrondwaarde zoals gemeten door Electrabel bij intake ⁽²⁾	19,4°C	19,8°C	18,9°C	3,7°C	7,0°C
Gemiddelde lozingstemperatuur		30,5°C	31,1°C	30,4°C	17,1°C	23,1°C
Temperatuursverschil (ΔT) Scheldewater en koelwater bij lozing		11,2°C	11,6°C	11,8°C	13,7°C	16,3°C
Lozingsdebiet	Maximaal vergund debiet (alle eenheden in dienst)	195.760 m ³ /h ⁽³⁾ (54,4 m ³ /s)				
Begin en einde monitoring		7h00 tot 19h00	7h00 tot 19h00	7h00 tot 19h00	7h00 tot 17h00	7h00 tot 16h00
Laagwater		10h57	12h39	11h53	9h39	9h11
Hoogwater		16h46	18h14	17h25	15h21	14h52

⁽¹⁾ Gemeten bij afgaand water en stroomopwaarts van de lozing; aan de overzijde van de Schelde; of bij opkomend water stroomafwaarts van de lozing.

⁽²⁾ Bij deze waarde is de bijdrage van de lozing van het koelwater reeds geïncorporeerd.

⁽³⁾ Gedurende de wintercampagnes was het lozingsdebiet 40.000 m³/h lager dan bij de overige campagnes omwille van de uitschakeling van één pomp.

In bijlage 2 worden de meetresultaten alle uitgevoerde monitoringscampagnes weergegeven. De meetlocaties worden visueel voorgesteld in bijlage 1.

Om de meetresultaten van de punten gelegen binnen de strekdam (het gebied waarop de focus van de monitoring ligt) grafisch voor te kunnen stellen, worden de meetresultaten van dit gebied opgedeeld in drie of vier zones, volgens afstand tot het lozingspunt. De ligging van deze invloedszones wordt geschetst op de plannen in bijlage 1.

Voor elk van deze invloedszones werd de temperatuur uitgezet in functie van de tijd, voor de gehele monitoringsduur (max. 12 h). De beide monitoringsdiepten (0 tot 0,5 m; 2 tot 2,5 m) worden telkens samen op één grafiek voorgesteld. Deze grafieken werden opgemaakt voor alle monitoringscampagnes afzonderlijk (bijlage 3), en voor de gegevens per invloedszone van alle campagnes samen (bijlage 4).

4 MODELLERING

Met het oog op de validering en verdere precisering van de modelresultaten bekomen bij uitvoering van het MER worden de gemeten temperatuursgegevens getoetst ten opzichte van de modelresultaten bekomen bij een lozingstemperatuur en achtergrondtemperatuur van de Schelde zoals gemeten tijdens de monitoringcampagnes.

Voor de modellering wordt de CORMIX software toegepast (zie MER). Dit softwaresysteem, dat gebruik maakt van inputgegevens (zoals de geometrie van het systeem, de lozingskarakteristieken...) laat de voorspelling van de lozingspluim (temperatuurspluim) toe (omvang en reikwijdte).

Volgende scenario's worden gemodelleerd:

- ➔ Ogenblikkelijke waarde bij de kentering met een bathymetrie overeenkomstig beperkte verspreiding Plaat van Doel: voor alle 5 uitgevoerde monitoringscampagnes telkens bij de desbetreffende lozingstemperatuur en de gemeten achtergrondwaarde van het Scheldewater, 1 uur bij kentering bij laagwater (geringe menging).
- ➔ Daggemiddelde waarde over 24 h (een volledige cyclus): enkel voor monitoringscampagne 3, bij de desbetreffende lozingstemperatuur en de gemeten achtergrondwaarde van het Scheldewater. Enkel bij monitoringscampagne 3 werden immers voldoende meetgegevens verzameld voor representatieve toetsing aan de gemodelleerde daggemiddelde waarden.

Voor de simulatie van de bijdrage van de koelwaterlozing op de temperatuur van de Schelde worden de gegevens toegepast die in onderstaande tabel zijn samengevat. Als debiet wordt het maximum vergund lozingsdebiet gehanteerd.

Parameter		Waarde	Bron
Gemiddelde temperatuur Schelde	16/06/2011	19,3°C	Monitoring 1
	02/08/2011	19,5°C	Monitoring 2
	29/09/2011	18,6°C	Monitoring 3
	07/02/2012	3,4°C	Monitoring 4
	07/03/2012	6,8°C	Monitoring 5
Snelheden	Opkomend water Aanname model	1,25 à 2 m/s 1,63 m/s	Wat. Lab
	Afgaand water	1,5 m/s	Wat. Lab
	Kentering	0,05 m/s	Wat. Lab
Waterpeil	Gemiddeld hoogwater	5,18 m TAW	Wat. Lab
	Gemiddeld laagwater	0,04 m TAW	Wat. Lab
	Gemiddelde halftijhoogte	2,61 m TAW	Wat. Lab
Lozingsdebiet		195.760 m ³ /h (54,4 m ³ /s)	Electrabel

Bathymetrie (*)	Breedte	1.100 m	MER
	Diepte	8 m	MER
Bathymetrie Plaat van Doel (*)	Breedte	300 m	MER
	Diepte	3 m	MER
Kenmerken lozingspunt	Breedte	20 m	Electrabel
	Hoogte	1 m	Electrabel
	Oppervlakkige lozing Loodrecht op de Schelde		CORMIX user's manual
Lozingstemperatuur	16/06/2011	30,5°C	Electrabel
	02/08/2011	31,1°C	Electrabel
	29/09/2011	30,4°C	Electrabel
	07/02/2012	17,1°C	Electrabel
	07/03/2012	23,1°C	Electrabel
Heat loss Coefficient		33 W/m ² /C	CORMIX user's manual

(*) Nota: De gemiddelde diepte van de Schelde is 7,8 m en de breedte is ongeveer 1.100 m. Deze gegevens werden aangenomen voor de simulatie ingeval van opkomend water, voor de berekening van het daggemiddelde. Gezien de specifieke ligging van het lozingspunt aan de kop van de Plaat van Doel wordt voor de situatie bij afgaand water aangenomen dat het grootste volume water afkomstig van de koelwaterlozing via deze plaat wegstroomt. Om dit in rekening te brengen werd voor de simulatie aldaar een breedte van 300 m en een diepte van 3 m in aanmerking genomen. Deze aanname werd in rekening gebracht bij de kentering. Bij de berekening van het daggemiddelde werd deze aanname bij eb telkens ook vergeleken met de gemiddelde diepte en breedte van de Schelde gezien gedurende de eerste uren van eb en stroomafwaarts van de Plaat van Doel een ruimere verspreiding kan verwacht worden.

5 BESPREKING VAN DE RESULTATEN

5.1 Vaststellingen

Bij de monitoringscampagnes werden diverse zaken waargenomen. Deze worden per periode in de getijdencyclus besproken in onderstaande paragrafen.

5.1.1 Afgaand water

- ➔ Bij afgaand water vormt zich een pluim in de zone binnen de strekdam, waarbij de temperatuur afneemt in functie van de afstand van het lozingspunt.
- ➔ In de zone tot 200 à 300 m van het lozingspunt blijft de temperatuur nagenoeg gelijk aan de lozingstemperatuur; dit is de mengzone.
- ➔ Aan het einde van de strekdam, op een afstand van ongeveer 1300 m stroomafwaarts van het lozingspunt bedraagt de temperatuurstoename (ΔT) ca. 1°C.
- ➔ De strekdam blijft in de periode na hoogwater nog lange tijd onder water, waardoor het koelwater zich theoretisch over de gehele breedte en diepte van de Schelde kan verspreiden, en het koelwater voortdurend vermengd wordt met vers en koel Scheldewater vanaf stroomopwaartse richting. De zone met waarneembare temperatuursverhoging blijft op die manier beperkt tot een kegel binnen de strekdam (gearceerde zone in Figuur 1).

Figuur 1: Zone met waarneembare temperatuursverhoging bij afgaand water, strekdam onder water



- Vanaf het moment dat de strekdam boven het wateroppervlak komt te liggen (ca. 1,5 uur voor kentering) is er geen toestroom meer mogelijk van vers, koel Scheldewater vanaf stroomopwaartse richting tot in de zone binnen de strekdam, en is er stroomafwaarts geen verdere verspreiding meer mogelijk over de gehele breedte en diepte van de Schelde. De zone met waarneembare temperatuursverhoging wordt dan gedefinieerd als het volledige gebied binnen de strekdam (gearceerde zone in Figuur 2).

Figuur 2: Zone met waarneembare temperatuursverhoging bij afgaand water, strekdam boven water



- Er is een duidelijke thermische stratificatie waarneembaar, waarbij het warmere, minder dense koelwater aan de oppervlakte drijft. Het temperatuurverschil tussen het water aan de oppervlakte en het water op grotere diepte neemt af met toenemende afstand tot het lozingspunt.
- Op een diepte van 2 tot 2,5 m is enkel dicht bij het lozingspunt (< 300 m) een sterke temperatuurstoename waarneembaar. In deze zone komt immers een goede verticale menging voor door de turbulentie veroorzaakt door het instromend koelwater, de geringe waterdiepte en de grillige morfologie. Vermoedelijk komt er ter hoogte van het lozingspunt een diepere zone voor, iets verder stroomafwaarts gevolgd door een duin.

5.1.2

Kentering bij laagwater

- Bij kentering (doodtij) bij laagwater hoopt het koelwater zich op binnen de strekdam waardoor de temperatuur oploopt in dit gebied. De temperatuur neemt af naargelang men zich verder van het lozingspunt verwijderd.
- Op een afstand van 400 tot 500 m stroomafwaarts van het lozingspunt bedraagt de temperatuurstoename (ΔT) van het Scheldewater tijdens de kentering aan de oppervlakte gemiddeld 10 à 12°C (bij een ΔT bij lozing van 11 tot 16°C); op een diepte van 2 tot 2,5 m bedraagt deze gemiddeld 6 à 7°C. De temperatuurstoename aan de oppervlakte blijft hoger dan 5°C tot op een afstand van ca. 850 m. Op een diepte van 2 tot 2,5 m is ΔT beperkt tot ca. 3°C op een afstand van 800 m. Op 1250 m afstand stroomafwaarts van het lozingspunt bedraagt ΔT 0,5 à 1°C.

5.1.3

Opkomend water

- Bij opkomend water wordt de lozingspluim gelegen binnen de strekdam geleidelijk teruggedrongen naar het lozingspunt toe.
- Naarmate het waterpeil opnieuw stijgt, komt de strekdam vervolgens opnieuw onder water te liggen. Het net geloosde koelwater en opgehoopte water binnen de strekdam wordt uitgespoeld en stroomt over de breedte van de dam, stroomopwaarts.
- Binnen de strekdam is er na verloop van tijd amper nog een temperatuurstoename meetbaar:
 - Bij monitoringscampagnes 1, 3, 4 en 5 werd in de periode voor hoogwater op ca. 200 m van het lozingspunt (de kortst mogelijke afstand tot het lozingspunt bij hoogwater) geen temperatuursverhoging meer opgemeten. Bij de campagnes 1 en 3 werd deze nagenoeg volledige uitspoeling op minder dan een half uur voor hoogwater vastgesteld; bij campagnes 4 en 5 (winter) al ruim 2,5 uur voor hoogwater.
 - Bij monitoringscampagne 2 werd een dergelijke nagenoeg complete uitspoeling binnen de strekdam niet waargenomen. Wel treedt er een sterke daling van ΔT op in het gebied voorbij de mengzone (i.e. voorbij ca. 200 m van het lozingspunt); er werd nog slechts een ΔT van 1 tot 3°C, voornamelijk oppervlakkig, vastgesteld.
- Stroomopwaarts, buiten de strekdam, is de impactzone beperkt van omvang; er blijkt zich ten zuiden van het lozingspunt een wolk te vormen → het koelwater wordt min of meer kortgesloten tussen het lozingspunt en de captatiepunten (gearceerde zone in Figuur 3).
- De impactzone bij opkomend water is meetbaar tot op maximaal 500 m van het lozingspunt in oostelijke richting en reikt maximaal tot 800 m stroomopwaarts van het

lozingspunt (zuidelijke richting). Binnen deze zone bedraagt de temperatuurstoename 1 tot 3°C; uitzonderlijk werd een hogere ΔT gemeten (maximaal 6°C).

Figuur 3: Maximale zone met waarneembare temperatuursverhoging bij opkomend water



5.1.4 Afgaand water, vlak na hoogwater kentering

Na kentering bij hoogwater stroomt het koelwater opnieuw stroomafwaarts.

- ➔ Bij campagnes 4 en 5 (winter) werd het terugdringen van de impactzone buiten de strekdam door het afgaand water gemonitord:
 - Bij campagne 4 werd 1 uur na hoogwater op 300 m stroomopwaarts van het lozingspunt (i.e. het dichtst mogelijke punt voor meting buiten de strekdam) geen temperatuursverhoging meer waargenomen.
 - Bij campagne 5 werd al een kwartier na hoogwater geen temperatuursverhoging buiten de strekdam meer gemeten.
- ➔ De thermische pluim stroomopwaarts buiten de strekdam verdwijnt dus helemaal.
- ➔ Korte tijd na hoogtij stijgt de watertemperatuur in de zone binnen de strekdam opnieuw. De cyclus herhaalt zich, zoals beschreven vanaf § 5.1.1.

5.1.5 Globaal temperatuurverloop per invloedszone over 12 uur

Uit de grafieken waarin de meetgegevens van alle campagnes uitgezet zijn in functie van de tijd (bijlage 4), kan afgeleid worden dat er in de zone van 300-600 m stroomafwaarts van het lozingspunt een sterke temperatuurstoename plaatsvindt vanaf 1,5 uur voor

laagwater tot 3 uur na laagwater. In de zones verder stroomafwaarts van het lozingspunt neemt ΔT steeds verder af en neemt de periode waarin een duidelijke temperatuurstoename waarneembaar is eveneens steeds verder af:

- Op 600-850 m stroomafwaarts is er een duidelijke temperatuurstoename vanaf 1 uur voor laagwater tot 2,5 uur na laagwater.
- Op 850-1000 m stroomafwaarts is er een duidelijke temperatuurstoename vanaf 1 uur voor laagwater tot 2 uur na laagwater.
- Op 1000-1250 m stroomafwaarts is er een duidelijke temperatuurstoename vanaf minder dan 1 uur voor laagwater tot minder dan 2 uur na laagwater.

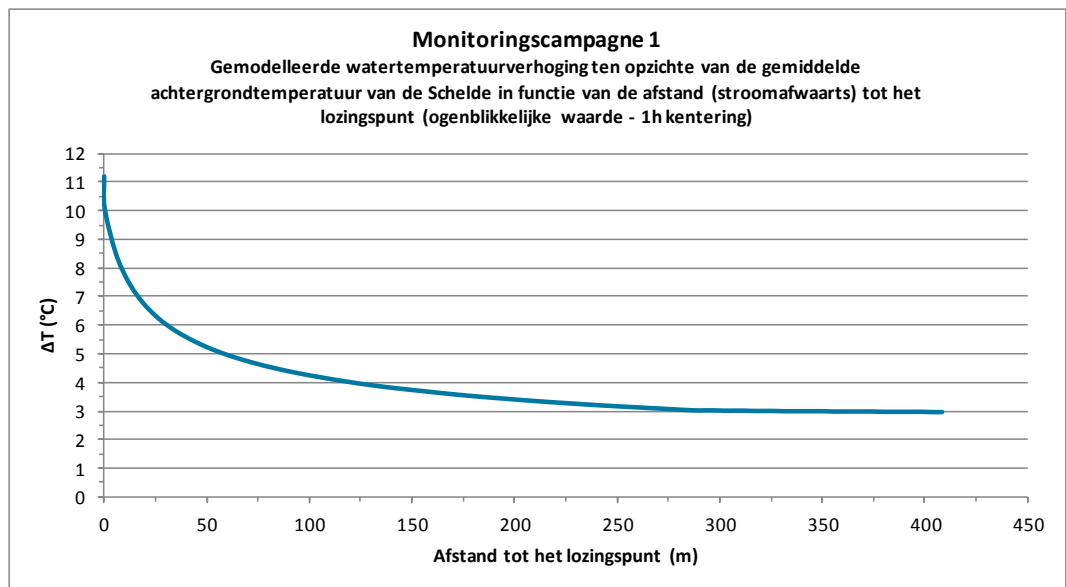
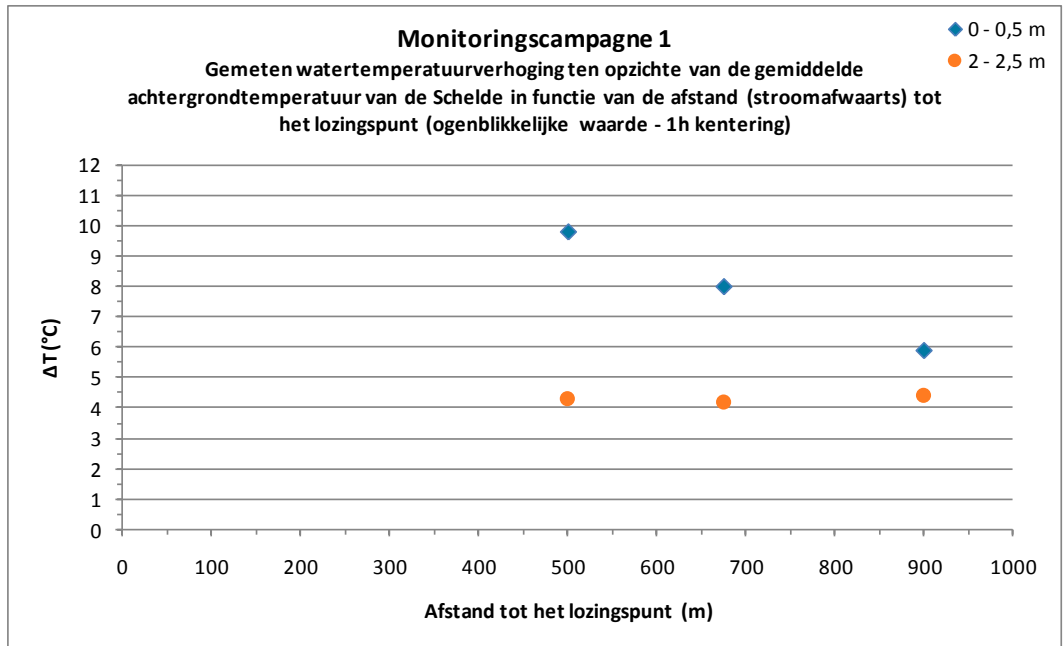
5.2 Toetsing gemeten waarden aan de gemodelleerde waarden

Allereerst dient opgemerkt te worden dat het CORMIX model geen rekening houdt met de thermische stratificatie die duidelijk waargenomen werd bij de monitoring; het model houdt slechts rekening met een waterkolom van 3 meter diep waarin de thermische pluim gemengd wordt. De modelresultaten worden vergeleken met de gemeten waarden op 2 diepten: 0-0,5 m en 2-2,5 m (afzonderlijk uitgezet op de grafieken).

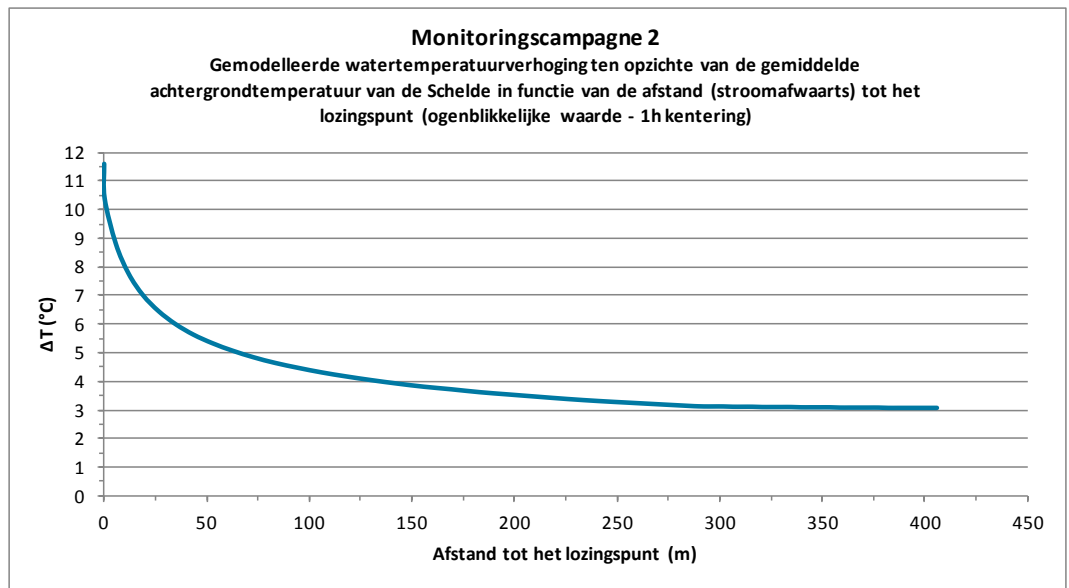
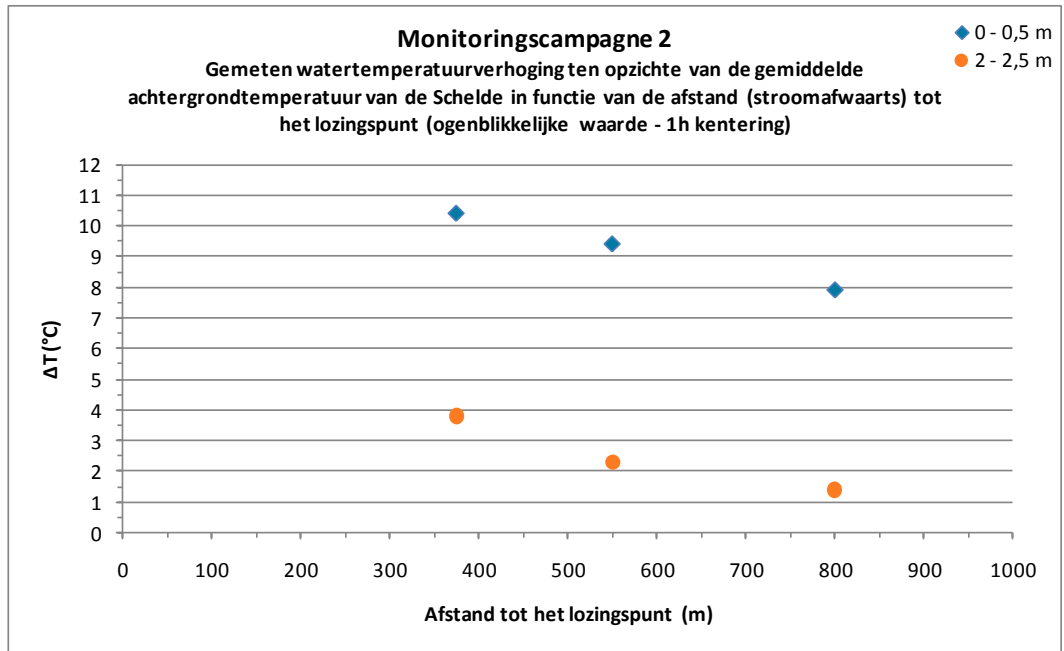
5.2.1 Gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging – 1 uur kentering bij laagwater

Onderstaande figuren tonen per monitoringscampagne de gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging ten opzichte van de achtergrondtemperatuur van de Schelde in functie van de afstand stroomafwaarts tot het lozingspunt, 1 uur bij kentering bij laagwater.

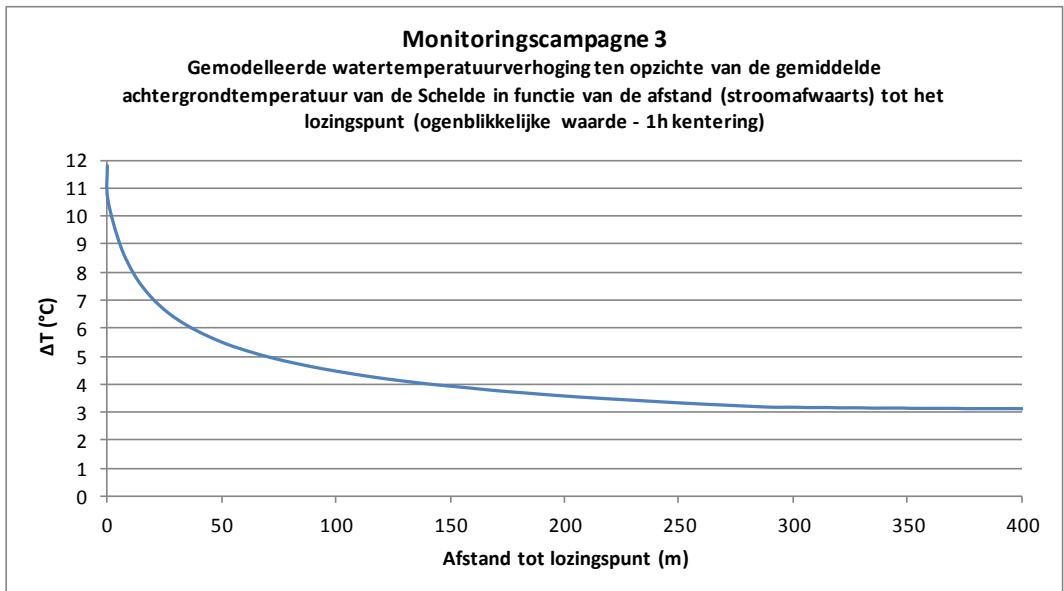
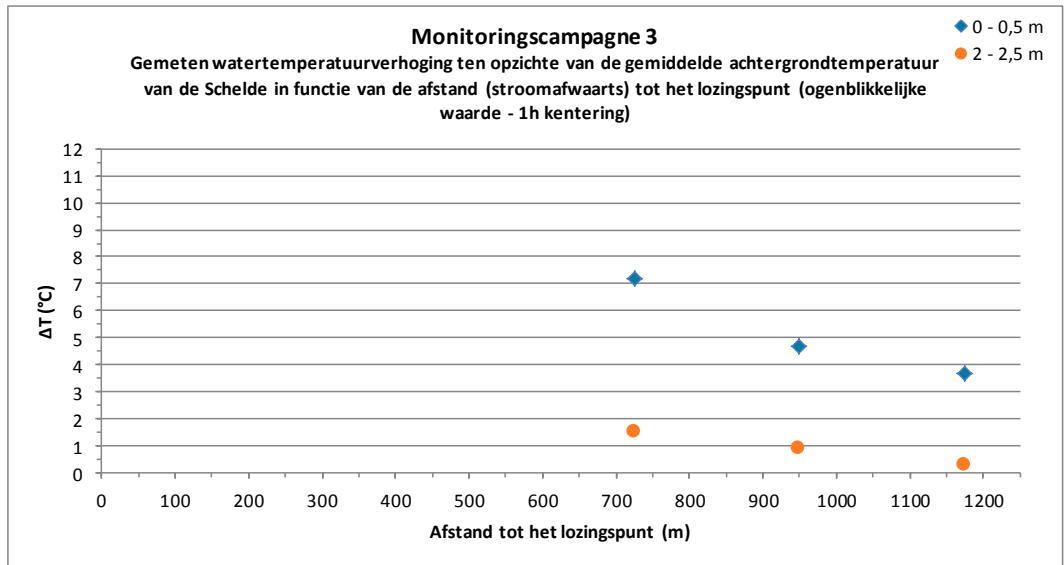
Monitoringscampagne 1



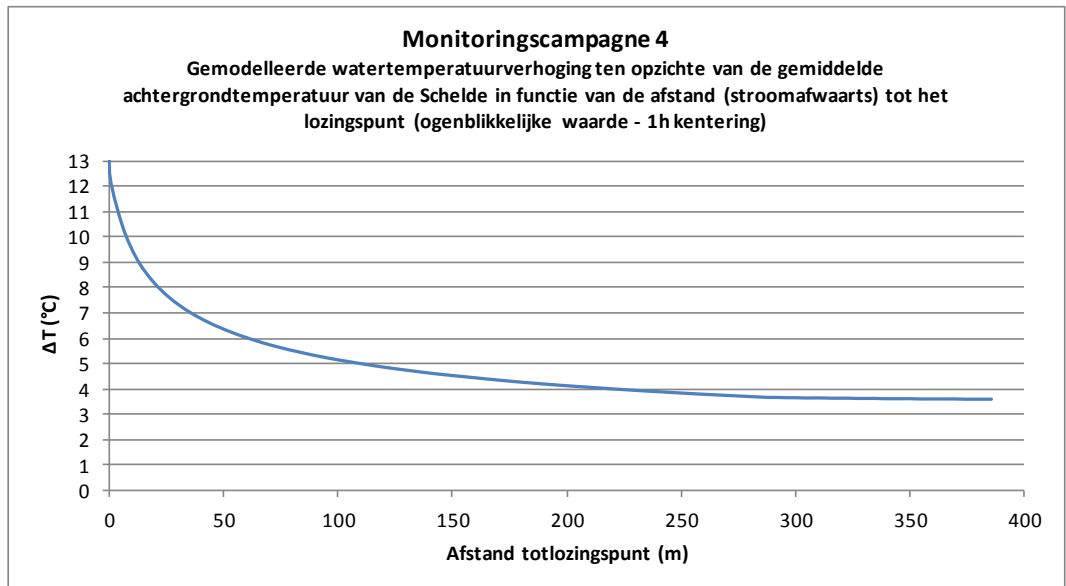
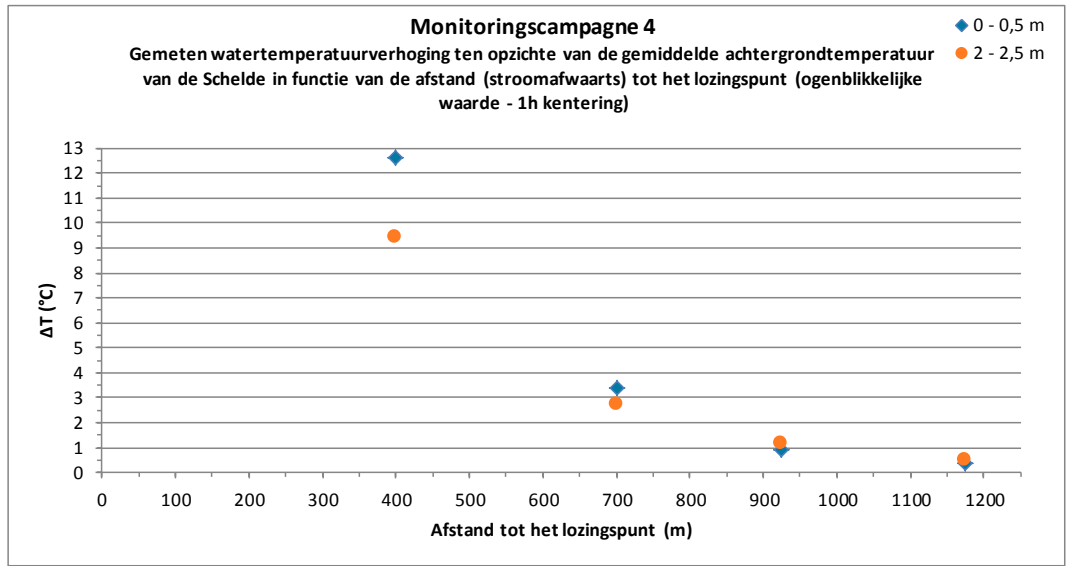
Monitoringscampagne 2



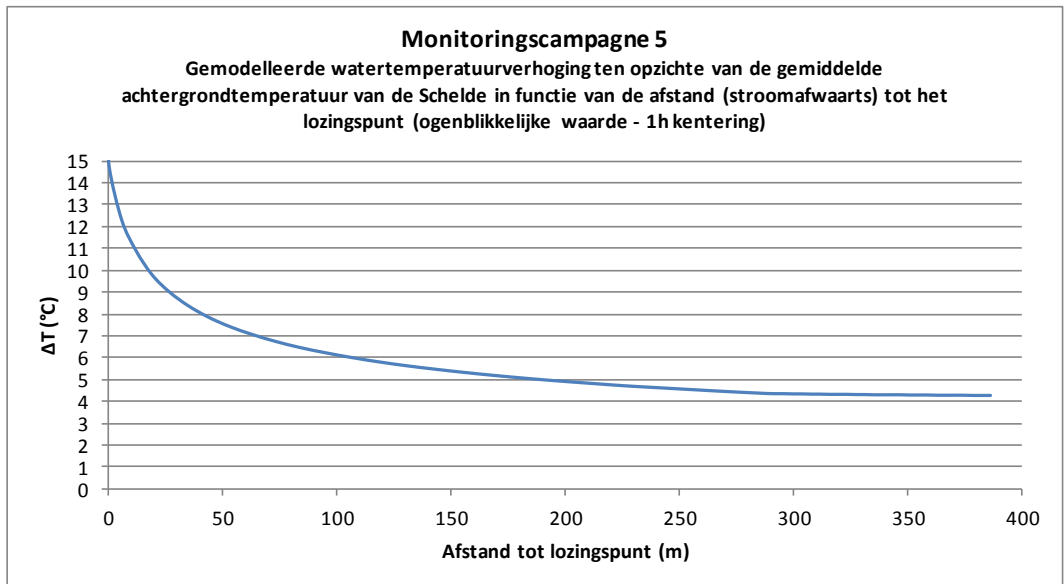
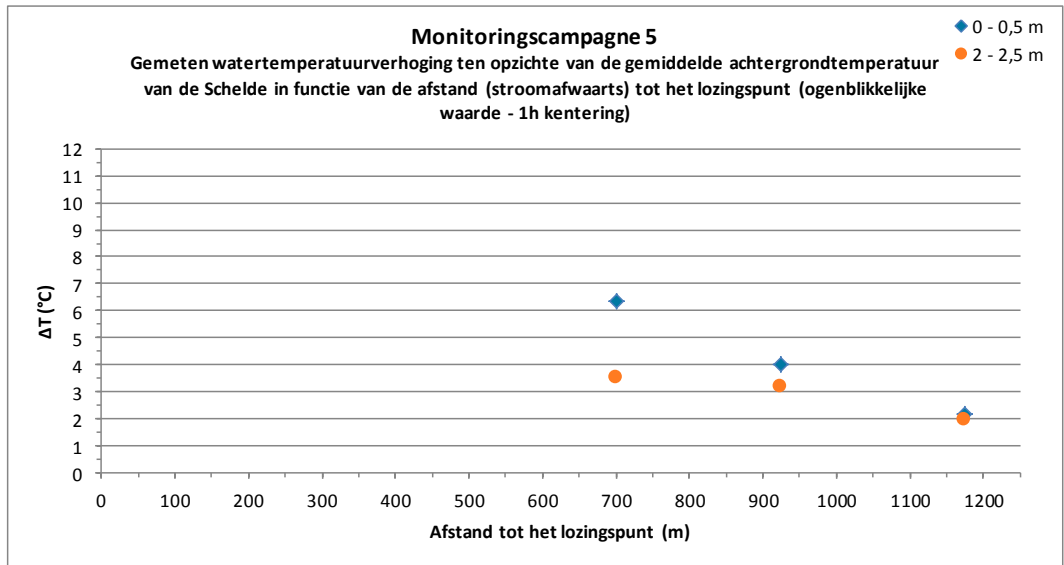
Monitoringscampagne 3



Monitoringscampagne 4



Monitoringscampagne 5



Bespreking

Uit de vergelijking van de gemeten waarden met de gemodelleerde waarden blijkt dat de temperatuurstoename op 400 à 500 m bij kentering bij laagwater zoals gemeten bij de monitoringscampagnes groter is dan zou blijken uit de modellering. Vooral aan de oppervlakte is wegens de stratificatie het verschil groot. Het model laat niet toe tijdens de kentering de temperatuursverhoging na te gaan op grotere afstanden. Voor de voorspelling van de ogenblikkelijke watertemperatuursverhoging bij kentering blijkt het CORMIX model dus niet geschikt te zijn, vooral omwille van de specificiteit van de morfologie en de waterbewegingen stroomafwaarts het lozingspunt. Evenmin geeft het CORMIX model de mogelijkheid de stratificatie-invloed in te schatten. Voor dergelijke specifieke plaatsgebonden modellering is er geen ander bestaand model beschikbaar.

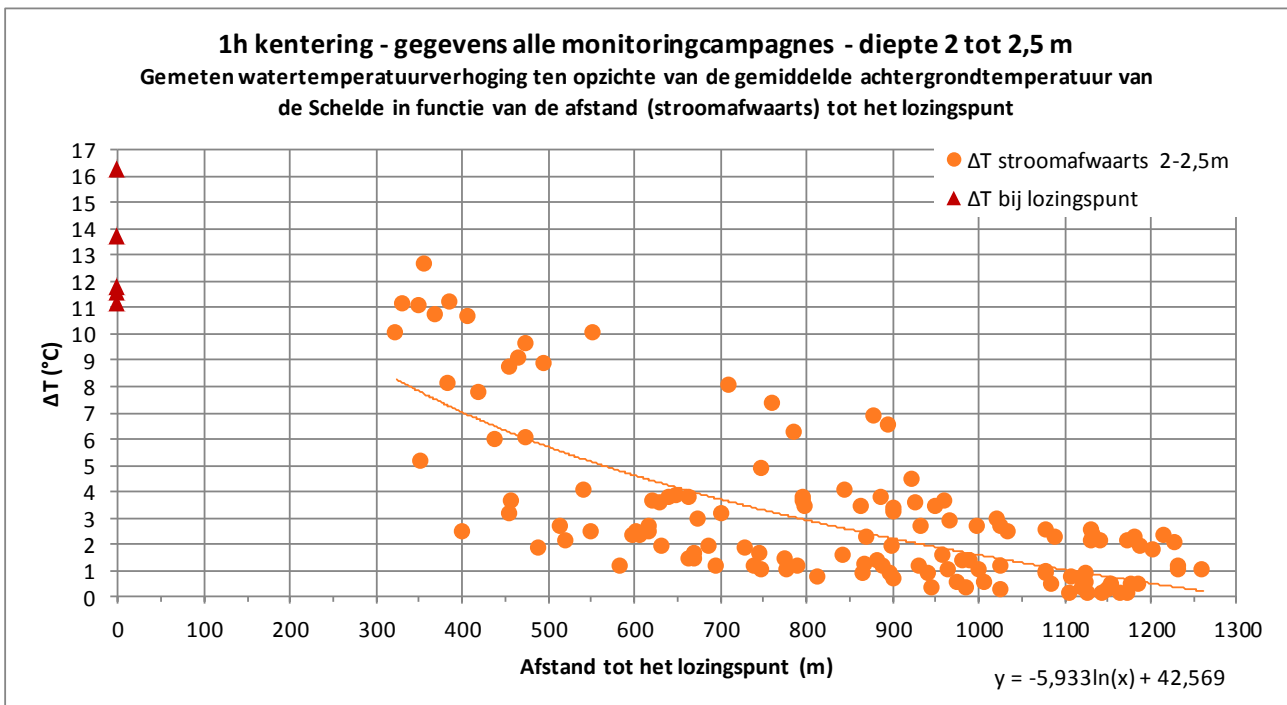
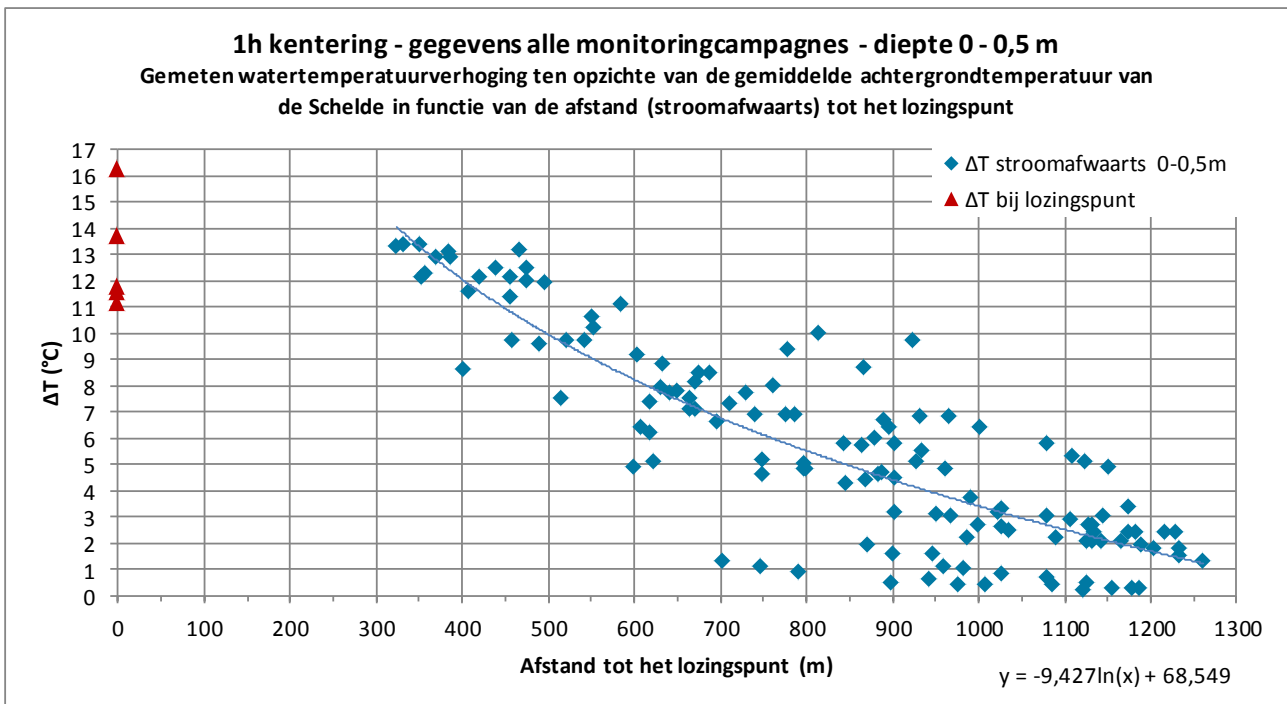
De daling van ΔT met de afstand tot het lozingspunt wordt beter voorspeld op basis van de gemeten waarden van de 5 uitgevoerde monitoringscampagnes. Alle opgemeten temperaturen (1 uur bij kentering bij laagwater, in de zone binnen de strekdam en voorbij de mengzone) werden daarom uitgezet ten opzichte van de afstand tot het lozingspunt, voor beide monitoringsdieptes afzonderlijk (zie onderstaande grafieken). Uit deze grafieken kan het verband tussen ΔT en de afstand tot het lozingspunt (bij kentering) afgeleid worden.

De logaritmische functies die het verband tussen ΔT (y) en de afstand tot het lozingspunt (x) voor elk van de monitoringsdieptes afzonderlijk en 1 uur bij kentering bij laagwater het best beschrijven, zien er als volgt uit:

Diepte	Logaritmische functie
Diepte 0 – 0,5 m	$y = -9,427 \cdot \ln x + 68,549$
Diepte 2 – 2,5 m	$y = -5,933 \cdot \ln x + 52,569$

Hieruit blijkt dat de lozing tijdens kentering van het getij tot de volgende stijging van de watertemperatuur leidt (in het gebied stroomafwaarts van het lozingspunt, binnen de strekdam, buiten de mengzone):

Afstand tot lozingspunt	ΔT op diepte 0-0,5 m	ΔT op diepte 2-2,5 m
500 m	10,0 °C	5,7 °C
750 m	6,1 °C	3,3 °C
1000 m	3,4 °C	1,6 °C
1250 m	1,3 °C	0,3 °C



De waargenomen variaties in ΔT worden verondersteld voornamelijk het gevolg te zijn van volgende factoren:

- Temperatuursverschil tussen het Scheldewater en het koelwater bij lozing: Bij de wintercampagnes (campagnes 4 en 5) lag ΔT bij lozing 2 tot 5°C hoger dan bij de overige monitoringscampagnes, gezien het lagere lozingsdebiet (zie hoofdstuk 3, opmerking 3 bij de tabel). Bijgevolg wordt net voorbij de mengzone (300-400 m stroomafwaarts) een hogere ΔT opgemeten.

- Buitenluchttemperatuur en windsnelheid: Bij lage buitenluchttemperaturen en/of hoge windsnelheid koelt het geloosde water sneller af naar de lucht dan op warme en windstille dagen. De lozingspluim is bijgevolg kleiner in omvang (minder ver uitgestrekt van het lozingspunt vandaan).
- Omwille van de grillige morfologie en waterbewegingen stroomafwaarts van het lozingspunt treden er tot op ca. 600 m stroomafwaarts sterke temperatuursvariaties op → temperatuursmetingen uitgevoerd op enkele meters van elkaar kunnen daardoor meer dan 5°C verschil aangeven.

5.2.2

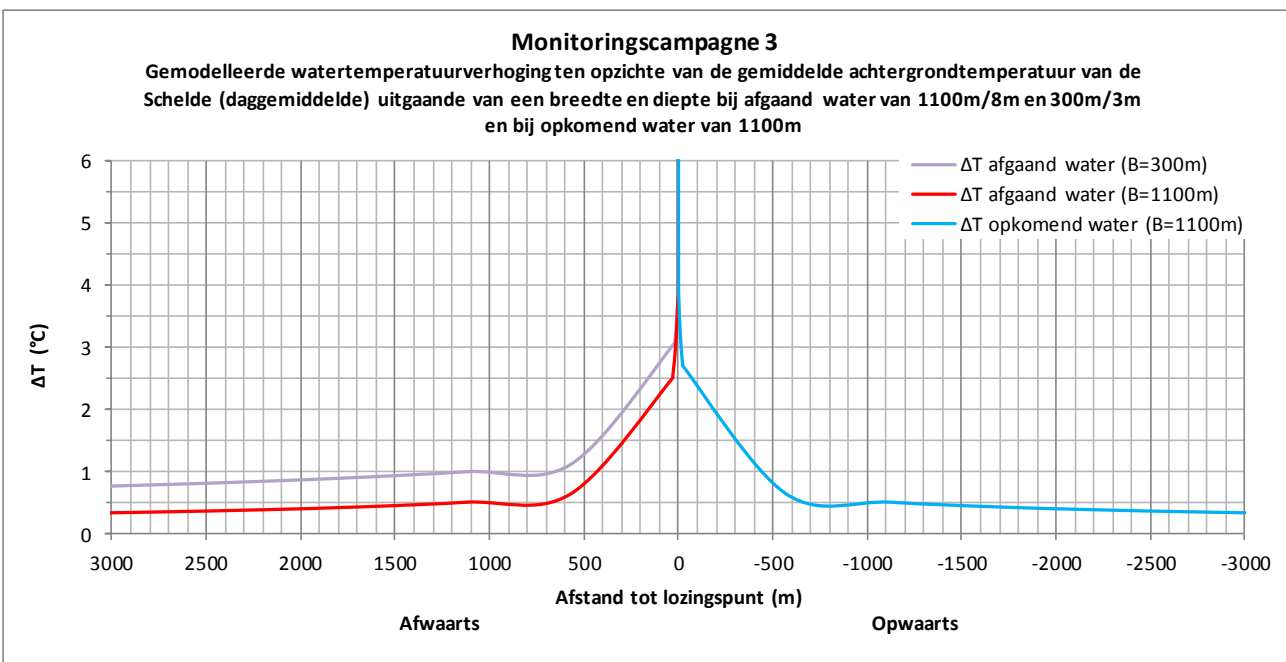
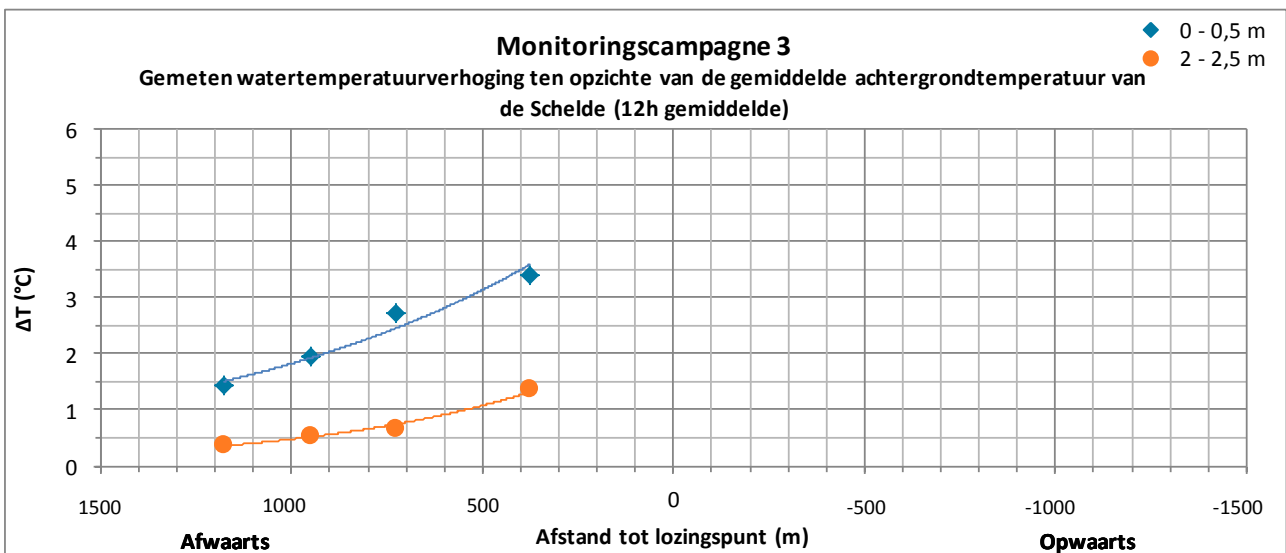
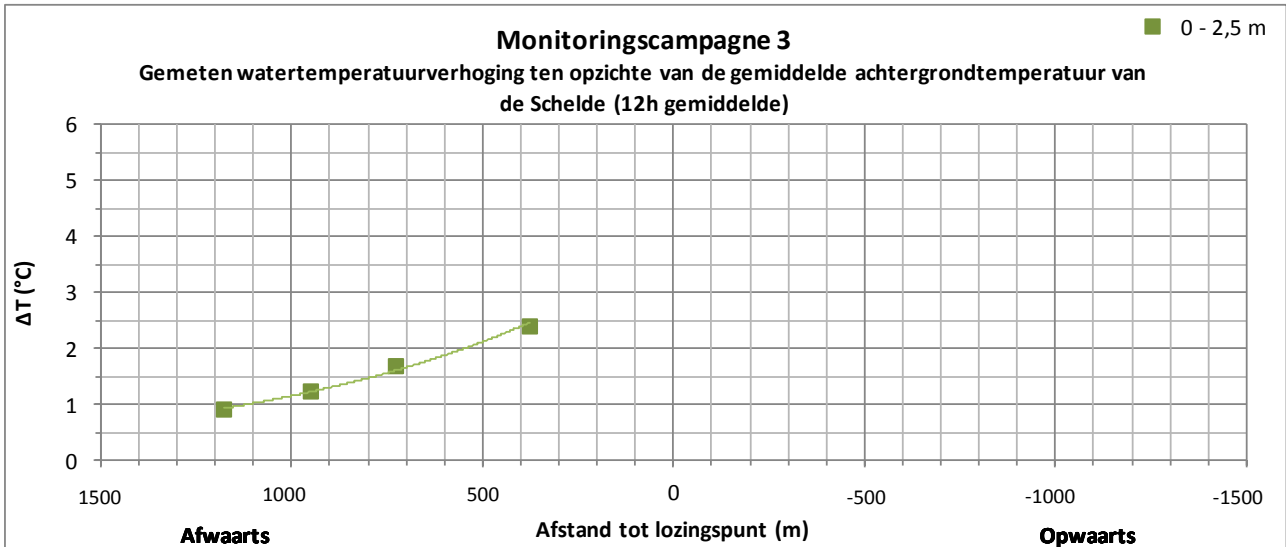
Gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging – daggemiddelde

Onderstaande figuren tonen de gemodelleerde en gemeten watertemperatuursverhoging ten opzichte van de achtergrondtemperatuur van de Schelde in functie van de afstand stroomop en -afwaarts tot het lozingspunt, daggemiddelde waarden. Enkel campagne 3 werd zodanig uitgevoerd dat een representatieve toetsing van de gemeten waarden aan de daggemiddelde modelresultaten mogelijk is. De eerste figuur toont de gemeten temperaturen, gemiddeld over 0 tot 2,5 m diepte, terwijl de tweede figuur de gemeten waarden voor de twee gemonitorde dieptes afzonderlijk weergeeft (0-0,5 m en 2-2,5 m).

Uit de vergelijking van de gemeten waarden bij afgaand water met de gemodelleerde waarden bij afgaand water en bij een breedte en diepte van de Schelde van 300m/3m (Plaat van Doel, waarlangs het grootste volume water afkomstig van de koelwaterlozing wegstroomt) blijkt dat de temperatuur in werkelijkheid iets minder sterk exponentieel afneemt dan gemodelleerd. Gemiddeld voor beide dieptes (0-2,5 m) bedraagt de gemodelleerde temperatuurstoename stroomafwaarts 1,3°C op 500 m en 1°C op 1000 m van het lozingspunt. De gemeten gemiddelde waarde van de toename bedraagt 2,1°C op 500 m en 1,2°C op 1000 m. Uit de vergelijking van de gemodelleerde waarden met de gemeten waarden gemiddeld voor beide dieptes (0-2,5 m), blijkt dus een discrepantie van minder dan 1°C.

Wat betreft de oppervlakkige (0-0,5 m) watertemperaturen zijn de verschillen groter. Op 500 m afstand van het lozingspunt geven de modelresultaten een grotere onderschatting van de werkelijke waarden op 0-0,5 m (1,3°C gemodelleerd t.o.v. 3,1°C gemeten). Op grotere diepte is de gemeten waarde quasi gelijk aan de gemodelleerde waarde (1,3°C gemodelleerd t.o.v. 1,1°C gemeten). Op grotere afstand van het lozingspunt neemt de discrepantie tussen de gemodelleerde en gemeten waarden steeds verder af.

Er kan globaal gezien besloten worden dat het CORMIX model voor de daggemiddelde waarden een representatief beeld van de werkelijkheid geeft en voor dergelijke voorspellingen bruikbaar is.



5.3 Overlevingskans van exoten

Tijdens de monitoringscampagnes werd ook nagegaan of de temperatuurverhoging van die aard is dat exoten kunnen overleven en verder ontwikkelen in welbepaalde zones. Bijgevolg werd nagegaan of op bepaalde plaatsen de temperatuur in belangrijke mate verhoogd blijft gedurende de getijdencyclus (Figuur 4):

- Aandachtszone 1: binnen de strekdam, in de zone dicht bij het lozingspunt en bij opkomend water;
- Aandachtszone 2: buiten de strekdam, stroomopwaarts, in de zone tussen het lozingspunt en de captatiepunten bij hoogwater en afgaand water.

Figuur 4: Aandachtszones met betrekking tot overlevingskans van exoten



- ➔ Uit de metingen blijkt dat de thermische pluim stroomopwaarts buiten de strekdam (aandachtzone 2) bij afgaand water relatief snel volledig verdwijnt.
- ➔ Binnen de strekdam (aandachtzone 1) wordt bij opkomend water waargenomen dat nagenoeg de volledige thermische pluim die zich binnen de strekdam had gevormd, wordt uitgespoeld. Na verloop van tijd (na laagwater) is er amper nog een temperatuurstoename meetbaar, behalve in de zone dicht bij het lozingspunt.

Vermoedelijk blijft de temperatuur in de zone dicht bij het lozingspunt (< 200 m, zowel stroomop- als stroomafwaarts) gedurende de gehele getijdencyclus sterk verhoogd tot nagenoeg gelijk aan de lozingstemperatuur; dit is de mengzone. In deze zone heerst een

hoge stroomsnelheid en turbulentie, veroorzaakt door het instromend koelwater en de geringe waterdiepte. De omvang van de zone wordt ingeschat op ongeveer 6 ha (= 0,06 km²).

In deze zone, die overeenkomt met de mengzone, hebben warmteminnende exoten bijgevolg mogelijk een verhoogde overlevingskans in koude periodes. De hoge turbulentie maakt de zone echter voor vele soorten veel minder geschikt. Buiten de mengzone is de temperatuurstoename steeds beperkt in de tijd en is er elke dag een belangrijke periode waarbij er geen of een zeer beperkte (< 1°C) temperatuurstoename heerst. De aanwezigheid van warmteminnende exoten wordt buiten de mengzone aldus niet bevorderd.

6 Conclusies

6.1 Watertemperatuurverhoging bij kentering bij laagwater

Zoals in eerder hoofdstuk reeds aangetoond, blijkt het CORMIX model niet geschikt voor de voorspelling van de ogenblikkelijke watertemperatuursverhoging bij kentering bij laagwater. Op basis van de gemeten waarden van de 5 uitgevoerde monitoringscampagnes werden daarom voor beide monitoringsdieptes (0-0,5 m en 2-2,5 m) formules afgeleid die het verband tussen ΔT (y) en de afstand tot het lozingspunt (x) 1 uur bij kentering bij laagwater beschrijven:

Diepte	Logaritmische functie
Diepte 0 – 0,5 m	$y = -9,427 \cdot \ln x + 68,549$
Diepte 2 – 2,5 m	$y = -5,933 \cdot \ln x + 52,569$

Aan de hand van deze formules kan voor elke afstand tot het lozingspunt de temperatuurstoename voorspeld worden, en omgekeerd.

- ➔ ΔT bedraagt tijdens de kentering op 500 m stroomafwaarts 10°C aan de oppervlakte, en 5,7°C op 2-2,5 m diepte.
- ➔ Op 750 m afstand bedraagt ΔT aan de oppervlakte 6,1°C en 3,3°C op 2-2,5 m diepte.
- ➔ Op 1 km afstand bedraagt ΔT aan de oppervlakte 3,4°C en 1,6°C op 2-2,5 m diepte.
- ➔ ΔT daalt naar 1°C op een afstand van 1300 m aan de oppervlakte, en op een afstand van 1100 m op 2-2,5 m diepte.

6.2 Daggemiddelde watertemperatuurverhoging

Uit de bespreking van de resultaten blijkt dat het CORMIX model een representatieve voorspelling geeft voor de daggemiddelde watertemperatuurverhoging van het Scheldewater bij afgaand water.

Op basis van het model, afgetoetst aan de metingen, kunnen volgende daggemiddelde watertemperatuurverhogingen afgeleid worden:

- ➔ Stroomafwaarts:
 - Op 500 m bedraagt ΔT 1 tot 2°C;
 - Vanaf 750 m afstand bedraagt ΔT ca. 1°C of minder.
- ➔ Stroomopwaarts:
 - Op 500 m bedraagt ΔT 0,5 tot 1°C;
 - Vanaf 750 m bedraagt ΔT ongeveer 0,5°C of minder.

6.3 Overlevingskans van exoten

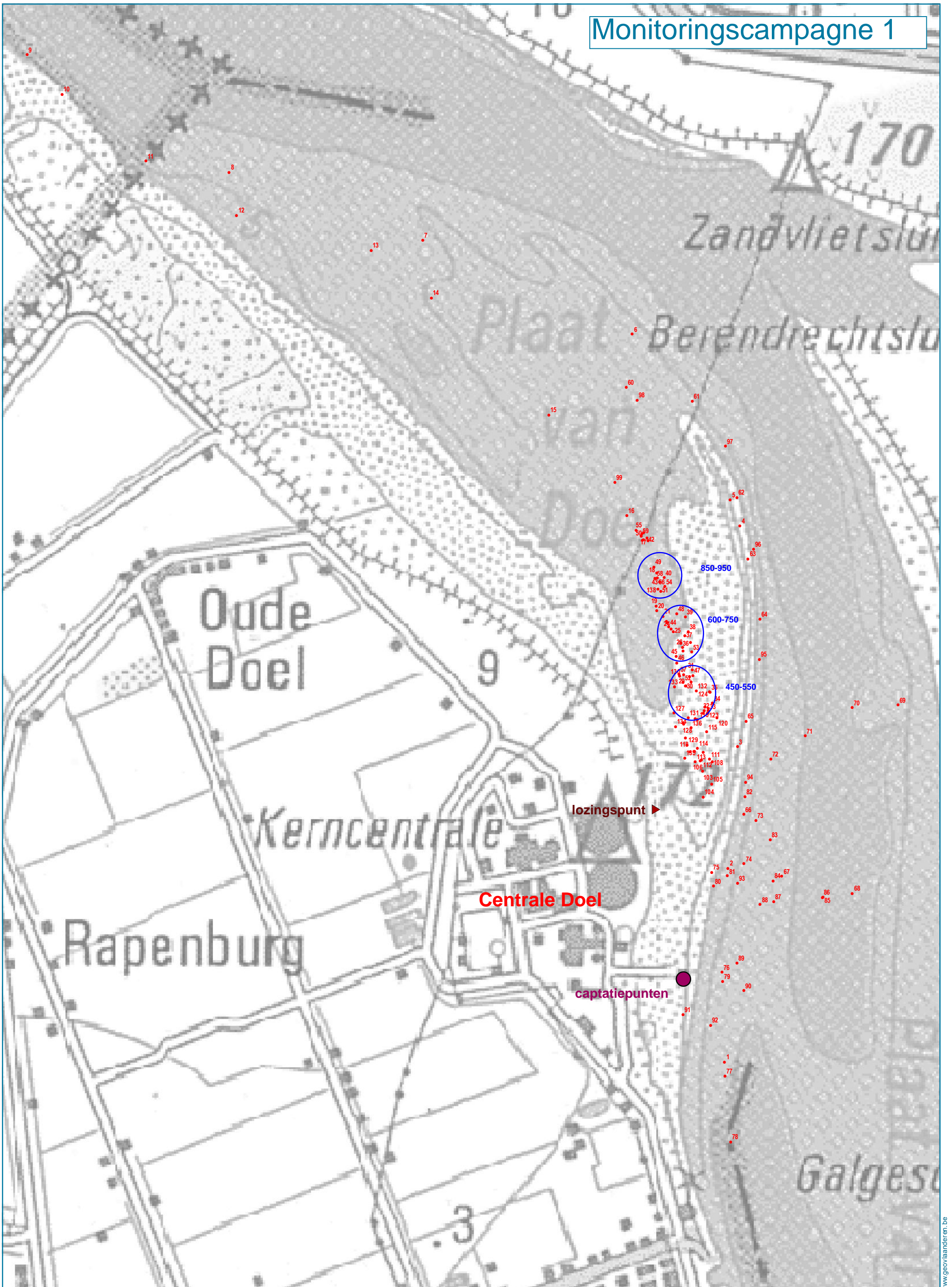
Vermoedelijk blijft de temperatuur in de zone dicht bij het lozingspunt (< 200 m, zowel stroomop- als stroomafwaarts) gedurende de gehele getijdencyclus sterk verhoogd tot nagenoeg gelijk aan de lozingstemperatuur; dit is de mengzone. De omvang van de zone wordt ingeschat op ongeveer 6 ha (= 0,06 km²).

In deze zone, die overeenkomt met de mengzone, hebben warmteminnende exoten mogelijk een verhoogde overlevingskans in koude periodes. De hoge turbulentie maakt de zone echter voor vele soorten veel minder geschikt. Buiten de mengzone is de temperatuurstoename steeds beperkt in de tijd en is er elke dag een belangrijke periode waarbij er geen of een zeer beperkte (< 1°C) temperatuurstoename heerst. De aanwezigheid van warmteminnende exoten wordt buiten de mengzone aldus niet bevorderd.

BIJLAGEN

Bijlage 1 Ligging van de meetpunten

Monitoringscampagne 1

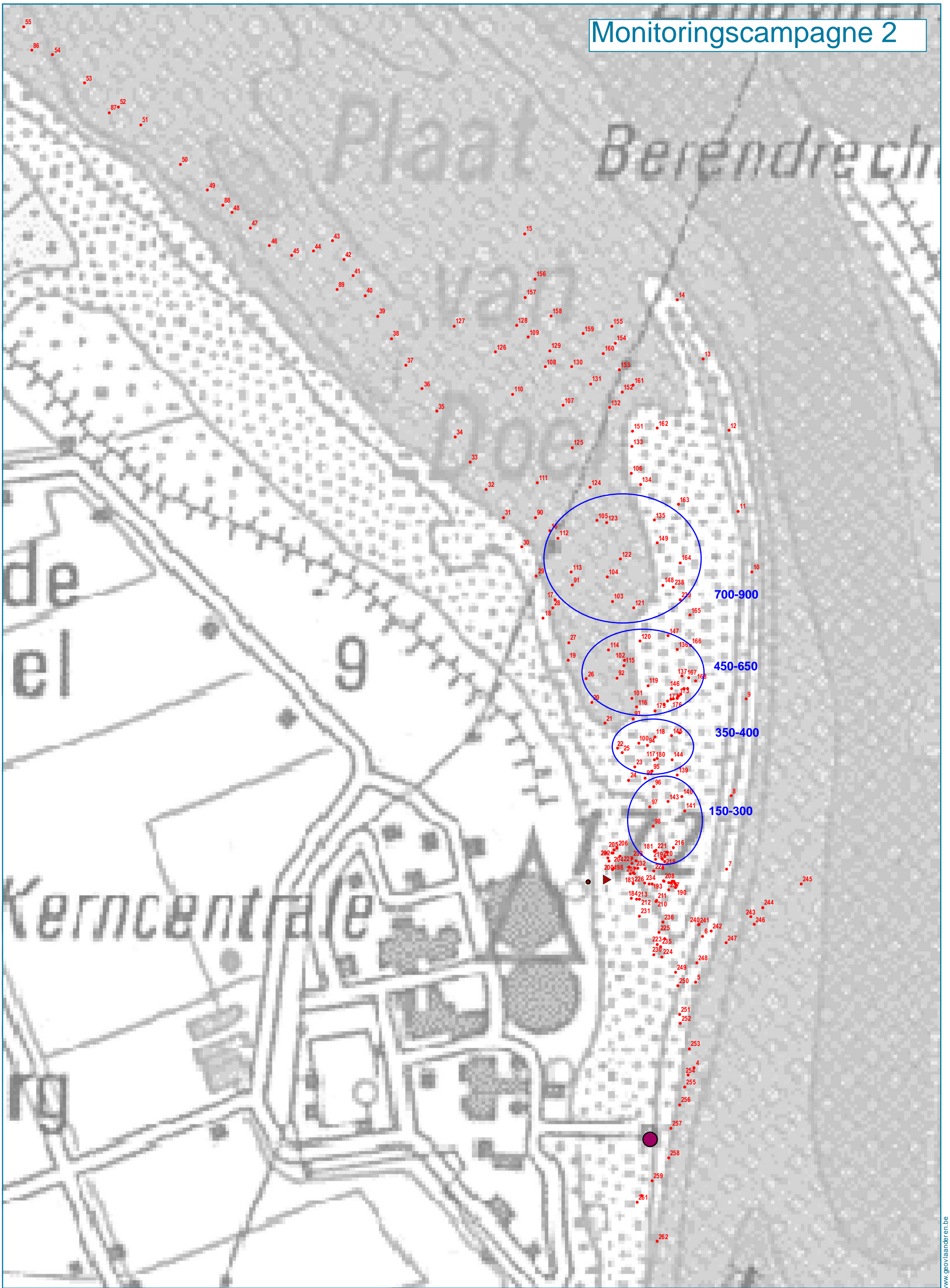


1:13.000

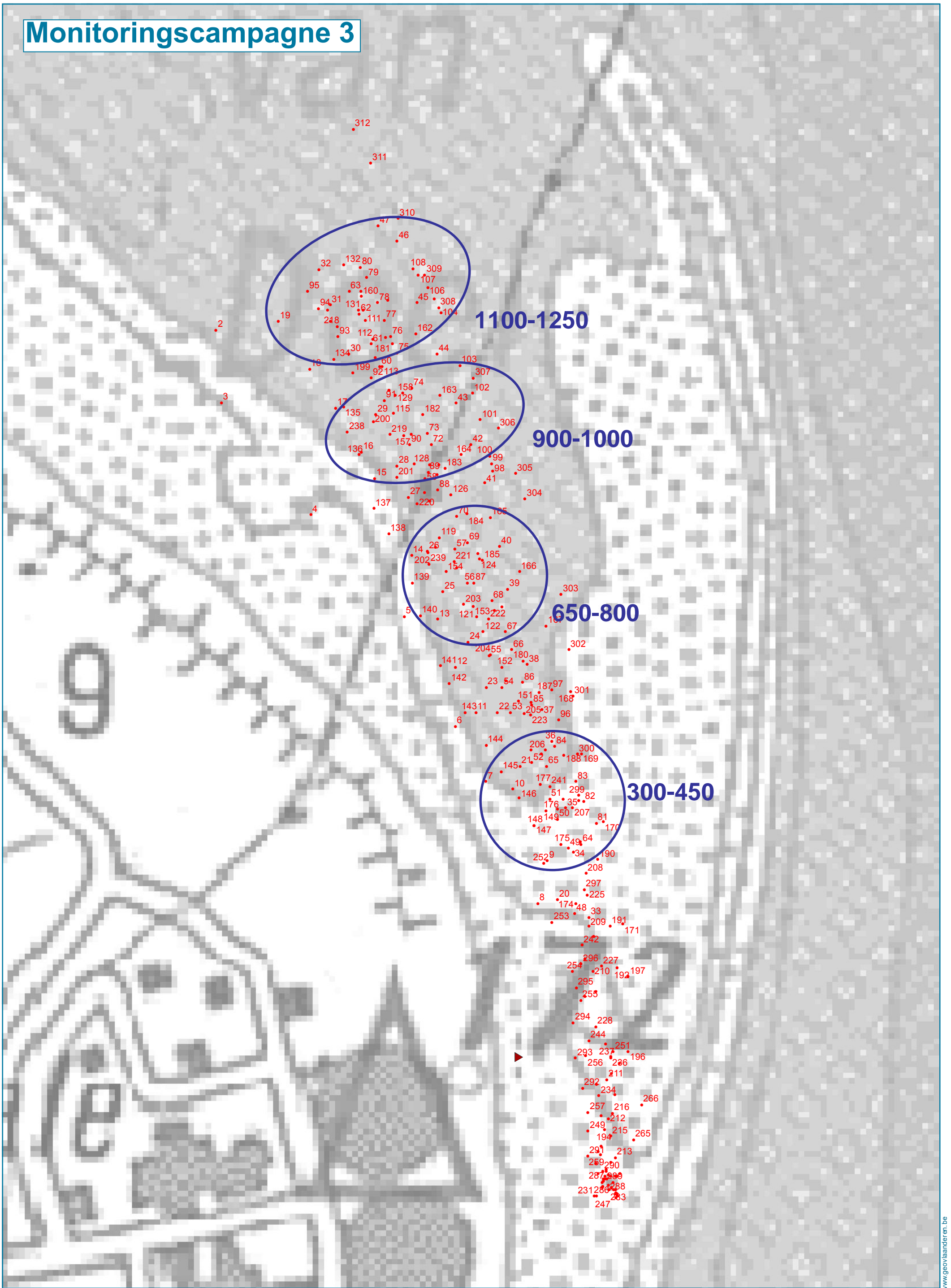
Monitoring 1



Monitoringscampagne 2



Monitoringscampagne 3

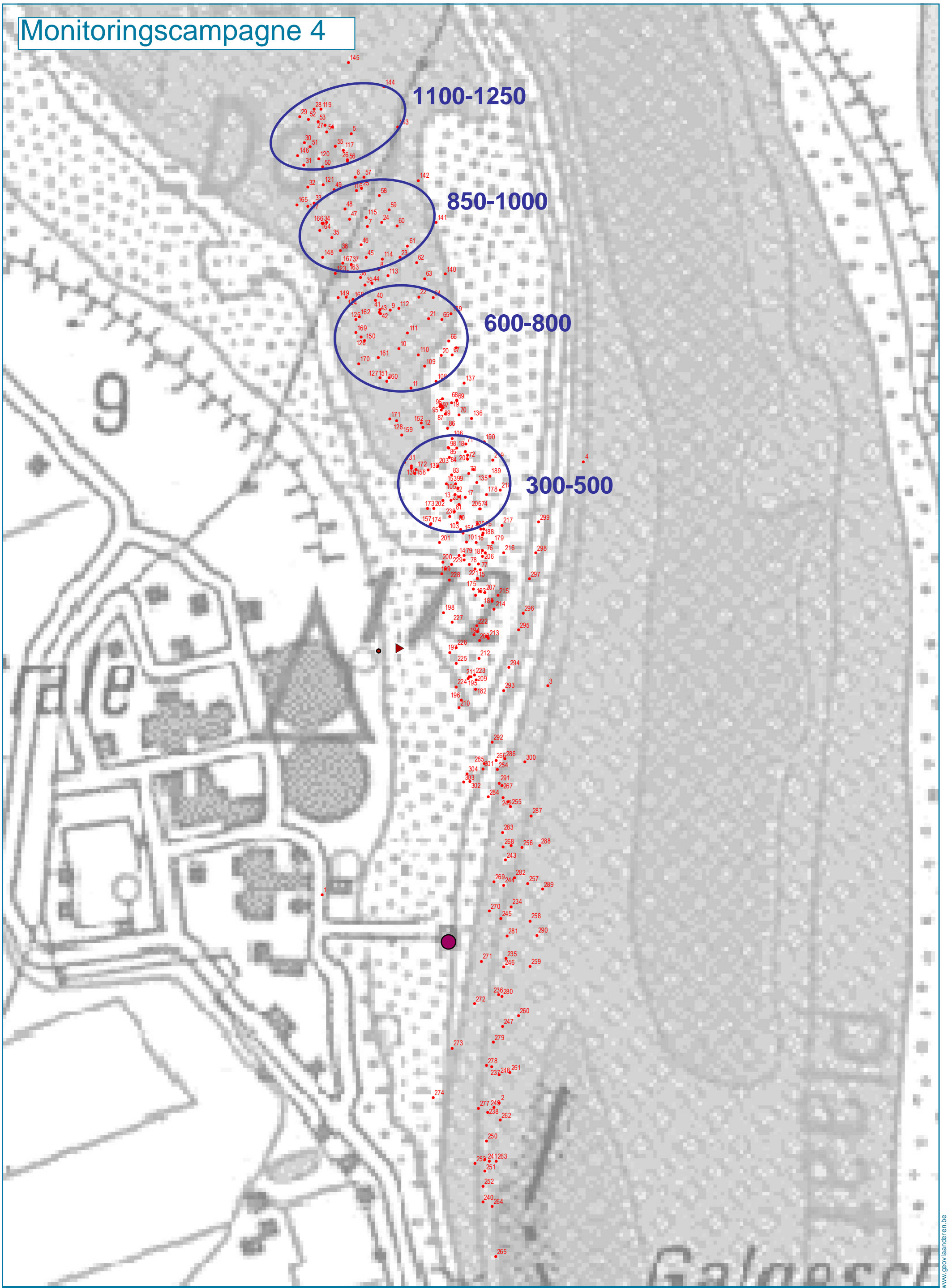


www.geovisander.nl



1:5.000

Monitoringscampagne 4



Monitoringscampagne 5



Bijlage 2 Meetresultaten

Monitoringscampagne 1 (16/06/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
7:43	1	143.008,69	223.221,33	6,73	19,4	6,64	19,4	1014	
7:47	2	143.022,48	223.964,90	6,94	19,4	6,72	19,4	394	
7:49	3	143.057,95	224.430,30	6,94	19,4	6,73	19,4	436	
7:54	4	143.068,37	225.277,70	6,80	19,3	6,74	19,3	1153	
7:58	5	143.031,34	225.377,89	6,93	19,2	6,81	19,2	1238	
8:04	6	142.654,75	226.012,59	7,16	19,2	7,01	19,2	1827	
8:10	7	141.850,50	226.373,54	7,20	19,2	6,99	19,2	2345	
8:16	8	141.107,75	226.634,36	7,23	19,8	7,04	19,8	2919	
8:22	9	140.332,89	227.084,49	7,40	19,5	7,31	19,5	3740	
8:28	10	140.467,30	226.934,05	7,45	19,6	7,29	19,6	3538	
8:33	11	140.787,32	226.677,57	7,14	19,7	7,04	19,7	3139	
8:39	12	141.136,49	226.469,28	7,04	19,7	6,91	19,6	2765	
8:45	13	141.651,87	226.334,91	6,94	19,6	6,83	19,6	2389	
8:51	14	141.883,84	226.152,82	6,88	19,7	6,75	19,6	2128	
9:00	15	142.334,93	225.703,39	6,98	21,0	6,82	20,8	1560	
9:07	16	142.634,01	225.317,23	6,99	21,3	6,88	21,2	1133	
9:12	17	142.715,20	225.220,70	6,89	21,6	6,49	19,8	1035	
9:21	18	142.748,70	225.098,27	7,00	22,5	6,42	20,2	914	
9:26	19	142.746,20	224.970,33	6,99	22,8	6,44	20,3	786	
9:31	20	142.748,51	224.953,63	7,18	23,5	6,43	20,1	769	
9:35	21	142.772,87	224.931,35	7,22	23,7	6,42	20,1	749	
9:41	22	142.786,77	224.910,93	6,47	20,7	6,40	20,1	731	
9:43	23	142.789,09	224.907,22	6,86	22,2	6,45	20,3	727	
9:47	24	142.804,16	224.883,09	7,26	23,8	6,41	20,2	705	
9:53	25	142.812,28	224.871,95	6,66	21,7	6,39	20,0	696	
9:57	26	142.847,04	224.812,56	7,24	24,5	6,43	20,5	644	
10:03	27	142.849,35	224.797,73	6,69	22,0	6,38	20,0	631	
10:11	28	142.874,77	224.699,42	7,13	25,6	6,45	20,8	544	
10:14	29	142.861,94	224.664,21	7,40	27,3	6,46	21,0	506	
10:16	30	142.858,46	224.664,21	6,84	23,6	6,43	20,5	505	
10:21	31	142.884,10	224.725,37	7,33	26,3	6,42	20,5	571	
10:27	32	142.930,35	224.569,54	7,75	29,7	6,63	22,9	449	
10:31	33	142.946,62	224.569,51	7,75	29,0	6,65	22,9	458	
10:33	34	142.962,90	224.597,31	7,60	28,9	6,42	21,1	490	
10:38	35	142.953,68	224.639,98	7,72	29,0	6,50	21,4	522	
10:42	36	142.879,60	224.831,07	7,25	26,4	6,21	20,7	671	
10:45	37	142.856,39	224.855,20	7,49	27,8	6,48	21,2	688	
10:48	38	142.870,36	224.871,87	7,51	27,9	6,30	19,9	708	
10:50	39	142.858,82	224.929,38	7,50	27,3	7,53	26,6	761	
10:52	40	142.777,71	225.079,68	7,33	25,7	7,29	25,8	897	
10:54	41	142.690,84	225.246,70	6,55	20,3	6,31	19,9	1061	
10:56	42	142.711,72	225.231,83	6,63	20,1	6,51	20,1	1046	
11:01	43	142.760,27	225.063,02	7,39	25,3	7,40	26,1	879	laagwater
11:04	44	142.794,89	224.890,52	7,41	26,6	7,44	27,3	711	
11:05	45	142.822,61	224.777,37	7,61	28,5	6,72	21,7	605	
11:09	46	142.824,89	224.753,26	7,64	28,8	6,88	21,2	582	
11:11	47	142.887,55	224.704,96	7,65	29,5	7,60	29,3	553	
11:14	48	142.826,31	224.940,55	7,46	27,6	7,32	27,1	766	
11:17	49	142.737,12	225.120,53	7,16	24,8	6,58	21,9	935	
11:21	50	142.697,82	225.252,25	6,76	20,6	6,47	20,1	1066	
11:25	51	142.763,71	225.027,79	7,24	25,1	6,35	20,8	844	
11:30	52	142.851,54	224.706,87	7,64	29,0	6,84	23,3	543	
11:35	53	142.883,03	224.793,98	7,23	27,2	6,44	21,9	636	
11:39	54	142.778,83	225.044,46	7,39	26,6	7,20	25,6	862	
11:42	55	142.668,78	225.261,57	6,71	20,5	6,62	20,6	1076	
11:46	56	142.751,00	225.077,87	7,34	25,2	7,22	24,9	894	
11:51	57	142.834,12	224.708,74	7,68	29,3	7,61	29,2	541	
11:57	58	142.742,87	225.076,03	7,24	25,2	7,04	24,8	891	
12:00	59	142.688,50	225.239,28	6,87	20,6	6,84	20,8	1053	
12:06	60	142.632,39	225.808,64	6,51	19,6	6,34	19,5	1624	
12:09	61	142.884,34	225.756,38	6,56	19,5	6,43	19,5	1582	
12:13	62	143.055,74	225.387,14	6,94	21,2	6,79	21,0	1254	
12:16	63	143.099,57	225.151,57	6,96	21,6	6,81	21,7	1046	
12:19	64	143.144,55	224.919,72	6,88	22,0	6,74	21,9	860	
12:23	65	143.091,77	224.528,52	6,72	21,9	6,58	21,8	523	
12:26	66	143.083,16	224.170,66	6,87	23,8	6,80	23,8	387	
12:29	67	143.229,23	223.933,11	6,29	19,9	6,16	19,9	590	
12:32	68	143.499,86	223.867,87	6,19	19,6	6,09	19,6	864	
12:39	69	143.675,01	224.590,83	6,66	19,5	6,57	19,5	1059	
12:43	70	143.498,42	224.579,92	6,57	19,6	6,38	19,6	894	
12:45	71	143.318,23	224.472,60	6,83	20,7	6,60	20,6	685	

Monitoringscampagne 1 (16/06/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
12:48	72	143.185,68	224.383,77	6,81	21,0	6,70	20,9	528	
12:51	73	143.129,60	224.148,34	7,29	25,7	7,18	25,4	435	
12:54	74	143.084,07	223.981,51	6,74	22,7	6,54	21,8	438	
12:58	75	142.959,71	223.950,15	6,40	21,0	6,33	21,0	354	
13:04	76	142.999,86	223.566,26	6,62	21,0	6,56	21,0	690	
13:06	77	143.010,94	223.167,56	6,55	20,9	6,45	20,9	1066	
14:32	78	143.032,68	222.915,35	6,69	20,0	6,59	19,9	1314	
14:39	79	143.000,98	223.531,03	6,81	20,6	6,51	20,3	722	
14:44	80	142.965,45	223.896,38	6,88	21,7	6,72	21,5	395	
14:47	81	143.020,11	223.937,10	7,12	24,0	6,83	22,8	408	
14:51	82	143.086,73	224.239,26	6,91	19,4	6,80	19,4	394	
14:55	83	143.184,10	224.074,10	6,92	19,3	6,83	19,4	500	
14:57	84	143.194,35	223.916,46	6,86	20,9	6,76	20,4	566	
15:01	85	143.385,98	223.855,02	6,98	19,5	6,86	19,5	765	
15:04	86	143.383,65	223.853,17	7,05	19,4	6,90	19,4	764	
15:06	87	143.196,58	223.836,73	7,02	19,5	6,90	19,4	610	
15:08	88	143.145,44	223.825,67	7,16	23,7	6,88	22,0	576	
15:14	89	143.055,69	223.601,41	6,79	20,7	6,58	20,5	686	
15:16	90	143.083,42	223.495,68	6,70	20,7	6,61	20,3	791	
15:20	91	142.849,75	223.403,28	6,72	19,6	6,64	19,6	798	
15:23	92	142.955,43	223.362,34	6,64	19,7	6,57	19,6	863	
15:30	93	143.059,58	223.907,37	7,01	19,8	7,13	22,2	458	
15:36	94	143.089,14	224.294,88	7,17	19,2	7,08	19,2	408	
15:43	95	143.143,20	224.765,81	7,48	19,1	7,27	19,1	732	
15:51	96	143.120,52	225.188,63	7,47	19,1	7,31	19,1	1089	
15:57	97	143.011,87	225.583,74	7,42	19,3	7,28	19,3	1433	
16:04	98	142.672,98	225.760,37	7,54	19,3	7,37	19,3	1575	
16:07	99	142.587,74	225.445,26	7,48	19,1	7,41	19,1	1264	
16:10	100	142.697,77	225.226,29	7,53	19,1	7,51	19,0	1040	
16:14	101	142.841,26	224.827,41	7,58	19,0	7,50	18,9	658	
16:17	102	142.926,85	224.558,42	7,61	19,0	7,53	19,0	438	
16:19	103	142.924,22	224.335,90	7,54	19,0	7,46	19,0	273	
16:21	104	142.927,58	224.237,62	7,49	19,1	7,39	19,0	237	
16:25	105	142.959,01	224.287,64	7,57	19,0	7,46	19,1	282	
16:29	106	142.916,15	224.376,70	7,56	19,0	7,49	19,0	291	
16:35	107	142.876,70	224.412,00	7,56	19,0	7,47	19,0	289	
16:41	108	142.961,45	224.372,94	7,62	19,0	7,54	18,9	324	
16:46	109	142.892,96	224.413,82	7,54	19,1	7,49	19,0	301	hoogwater
16:50	110	142.926,64	224.410,07	7,57	19,2	7,51	18,9	321	
16:54	111	142.952,16	224.382,21	7,53	19,0	7,49	19,0	322	
16:56	112	142.920,79	224.380,41	7,65	20,9	7,41	19,8	297	
17:00	113	142.896,39	224.373,03	7,68	22,5	7,54	21,5	274	
17:05	114	142.904,59	224.424,94	7,59	21,4	7,36	19,7	317	
17:09	115	142.940,70	224.487,93	7,54	20,5	7,45	19,1	388	
17:15	116	142.946,63	224.578,79	7,55	19,3	7,57	19,0	466	
17:19	117	142.904,74	224.534,34	7,44	21,1	7,41	19,8	406	
17:23	118	142.859,34	224.463,95	7,46	21,4	7,38	20,6	322	
17:28	119	142.890,64	224.413,84	7,57	22,1	7,51	22,0	299	
17:35	120	142.979,10	224.541,66	7,53	21,6	7,50	21,3	454	
17:40	121	142.932,69	224.582,51	7,58	21,8	7,50	21,4	462	
17:47	122	142.895,46	224.538,07	7,62	22,6	7,44	22,1	404	
17:50	123	142.944,27	224.558,39	7,42	19,9	7,35	19,7	447	
17:52	124	142.951,36	224.641,82	7,62	21,9	7,41	20,2	522	
17:56	125	142.880,54	224.679,01	7,57	22,3	7,32	19,9	526	
18:01	126	142.850,13	224.523,29	7,62	22,4	7,54	21,9	371	
18:05	127	142.814,17	224.560,43	7,58	22,3	7,37	19,7	393	
18:11	128	142.852,44	224.515,87	7,58	22,0	7,46	21,5	365	
18:17	129	142.866,28	224.437,96	7,49	21,6	7,37	19,4	304	
18:25	130	142.837,60	224.701,32	7,50	19,9	7,42	19,5	534	
18:34	131	142.868,74	224.541,80	7,42	19,6	7,34	19,7	395	
18:39	132	142.901,41	224.645,61	7,46	19,2	7,38	19,1	503	
18:42	133	142.816,64	224.660,55	7,63	20,6	7,46	20,2	490	
18:44	134	142.821,07	224.508,49	7,62	22,1	7,50	22,0	346	
18:47	135	142.855,75	224.387,92	7,48	21,1	7,25	19,6	257	
18:54	136	142.881,47	224.502,84	7,29	19,2	7,22	19,2	367	
18:56	137	142.850,34	224.677,19	7,38	19,2	7,29	19,2	515	
19:00	138	142.753,26	225.035,22	7,42	19,2	7,32	19,2	851	
19:02	139	142.693,12	225.222,59	7,51	19,1	7,40	19,1	1037	
lozingspunt		142.696,32	224.186,02						

Monitoringscampagne 2 (02/08/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
7:17	1	142.908,75	222.362,93	6,93	19,6	6,94	19,6	1835	
7:30	2	142.979,27	222.937,67	7,07	19,5	7,22	19,4	1280	
7:37	3	142.790,91	222.861,91	7,35	19,4	7,52	19,3	1327	
7:40	4	142.961,73	223.720,22	7,38	19,4	7,49	19,3	536	
7:44	5	142.965,50	223.935,32	7,37	19,3	7,48	19,3	368	
7:46	6	142.983,09	224.050,26	7,44	19,3	7,50	19,4	317	
7:49	7	143.043,72	224.218,92	7,54	19,3	7,53	19,3	349	
7:52	8	143.054,42	224.402,48	7,62	19,3	7,53	19,3	418	
7:55	9	143.091,93	224.645,35	7,60	19,3	7,59	19,3	606	
7:59	10	143.106,28	224.964,28	7,63	19,4	7,57	19,4	880	
8:01	11	143.071,65	225.116,38	7,58	19,4	7,57	19,4	1003	
8:03	12	143.048,68	225.318,53	7,60	19,5	7,62	19,6	1186	
8:05	13	142.983,88	225.498,48	7,65	19,6	7,63	19,7	1344	
8:07	14	142.919,04	225.646,92	7,64	19,7	7,60	19,7	1478	
8:12	15	142.537,17	225.812,49	7,69	19,4	7,59	19,4	1634	
8:28	16	142.599,98	225.066,96	7,26	19,4	7,24	19,4	886	
8:33	17	142.612,52	224.894,50	7,12	19,4	7,09	19,4	713	
8:35	18	142.583,41	224.848,16	7,53	22,5	7,47	21,5	672	
8:38	19	142.645,98	224.742,38	7,51	23,6	7,06	20,0	559	
8:41	20	142.705,08	224.636,61	7,38	22,4	7,38	22,1	451	
8:43	21	142.737,53	224.584,64	7,42	22,4	7,19	20,8	401	
8:46	22	142.769,97	224.521,55	7,38	22,0	7,25	20,7	344	
8:48	23	142.812,89	224.475,14	7,24	19,8	7,20	19,6	312	
8:51	24	142.797,74	224.441,78	7,40	21,9	7,22	20,1	275	
8:53	25	142.781,57	224.510,40	7,39	21,7	7,25	20,3	335	
8:57	26	142.691,22	224.695,97	7,42	22,0	7,32	21,0	510	
8:59	27	142.647,21	224.786,89	7,39	22,2	7,47	22,3	603	
9:01	28	142.606,68	224.874,09	7,46	23,1	7,35	22,2	694	
9:03	29	142.566,14	224.953,89	7,34	23,5	7,24	20,1	779	
9:05	30	142.529,07	225.026,26	7,36	22,7	7,24	19,9	857	
9:08	31	142.483,88	225.100,50	7,35	22,4	7,22	20,3	939	
9:10	32	142.441,00	225.171,03	7,32	22,6	7,23	20,5	1018	
9:12	33	142.400,45	225.239,70	7,27	22,8	7,23	20,1	1094	
9:14	34	142.362,20	225.302,81	7,27	22,5	7,24	19,9	1166	
9:16	35	142.317,01	225.367,77	7,29	22,9	7,23	20,2	1241	
9:18	36	142.279,92	225.423,45	7,34	23,0	7,24	20,3	1306	
9:19	37	142.239,36	225.482,85	7,28	22,8	7,23	19,9	1375	
9:22	38	142.202,29	225.549,67	7,41	23,0	7,27	20,1	1450	
9:24	39	142.168,70	225.605,34	7,35	23,2	7,24	20,0	1514	
9:26	40	142.136,26	225.657,32	7,46	23,5	7,29	20,5	1574	
9:28	41	142.106,13	225.707,43	7,43	23,2	7,29	20,5	1632	
9:30	42	142.082,96	225.748,26	7,39	23,0	7,27	20,6	1678	
9:32	43	142.055,16	225.794,66	7,29	23,2	7,24	20,2	1732	
9:34	44	142.007,51	225.768,77	7,47	23,1	7,14	20,3	1726	
9:36	45	141.952,90	225.757,74	7,49	23,0	7,27	20,8	1739	
9:38	46	141.897,19	225.781,92	7,46	22,5	7,10	19,9	1785	
9:40	47	141.848,49	225.826,51	7,03	20,4	7,10	19,7	1847	
9:42	48	141.803,25	225.865,52	7,19	20,9	7,11	19,7	1902	
9:44	49	141.741,79	225.921,25	7,41	22,1	7,12	19,6	1980	
9:46	50	141.673,36	225.986,25	7,40	22,5	7,19	19,6	2071	
9:48	51	141.573,66	226.086,54	7,39	22,3	7,21	19,6	2207	
9:50	52	141.517,99	226.131,14	7,37	22,1	7,18	20,0	2274	
9:52	53	141.433,31	226.190,63	7,13	21,1	7,23	19,7	2369	
9:53	54	141.353,30	226.261,22	7,16	20,8	7,22	19,6	2472	
9:55	55	141.280,25	226.331,81	7,19	20,6	7,23	19,5	2571	
9:58	56	141.150,35	226.424,74	7,22	20,8	7,23	19,5	2721	
9:59	57	141.088,89	226.478,63	7,19	20,2	7,23	19,4	2800	
10:01	58	141.036,74	226.536,20	7,17	20,4	7,23	19,5	2877	
10:02	59	140.986,88	226.582,65	7,13	20,3	7,21	19,5	2944	
10:03	60	140.943,98	226.617,95	7,13	20,2	7,20	19,5	2997	
10:05	61	140.908,04	226.647,68	7,13	20,2	7,19	19,5	3043	
10:07	62	140.812,98	226.738,72	7,16	20,3	7,20	19,5	3172	
10:09	63	140.763,16	226.801,85	7,19	20,6	7,20	19,5	3253	
10:11	64	140.660,02	226.913,29	7,17	20,5	7,19	19,4	3404	
10:12	65	140.584,66	226.983,90	7,15	20,4	7,19	19,4	3505	
10:15	66	140.493,11	227.074,93	7,12	20,1	7,21	19,4	3633	
10:17	67	140.437,48	227.136,23	7,14	20,0	7,21	19,4	3716	
10:19	68	140.343,65	227.251,36	7,23	20,5	7,22	19,4	3864	
10:20	69	140.248,68	227.375,79	7,26	20,5	7,23	19,5	4021	
10:22	70	140.174,49	227.442,69	7,19	20,3	7,23	19,4	4119	
10:24	71	140.078,37	227.567,11	7,26	20,8	7,27	19,5	4276	

Monitoringscampagne 2 (02/08/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
10:26	72	140.038,99	227.619,10	7,16	20,2	7,28	19,4	4341	
10:28	73	139.948,71	227.758,35	7,18	20,2	7,30	19,4	4507	
10:29	74	139.878,11	227.875,32	7,26	19,9	7,34	19,4	4643	
10:30	75	139.841,05	227.919,89	7,28	20,1	7,34	19,4	4700	
10:32	76	139.761,18	228.033,17	7,23	20,0	7,33	19,5	4839	
10:34	77	139.695,18	228.124,15	7,25	19,9	7,34	19,5	4951	
10:35	78	139.611,89	228.268,96	7,25	19,9	7,33	19,5	5117	
10:38	79	139.569,13	228.363,62		19,9	7,35	19,4	5218	
10:44	80	139.729,88	228.055,48		20,1	7,36	19,5	4876	
10:53	81	140.000,62	227.587,65	7,47	20,6	7,35	19,9	4340	
10:56	82	140.136,05	227.377,86	7,55	21,3	7,41	20,4	4092	
11:01	83	140.438,43	227.019,40	7,54	21,8	7,48	21,0	3623	
11:03	84	140.574,02	226.876,37	7,45	21,4	7,42	20,6	3427	
11:07	85	140.892,79	226.558,71	7,46	21,7	7,46	20,6	2980	
11:11	86	141.301,06	226.272,43	7,48	21,9	7,50	21,3	2510	
11:13	87	141.494,73	226.116,35	7,35	21,5	7,36	21,0	2274	
11:17	88	141.780,05	225.884,09	7,53	21,9	7,42	21,2	1930	
11:20	89	142.066,59	225.672,26	7,59	23,4	7,64	22,9	1614	
11:28	90	142.564,03	225.100,39	7,43	25,8	7,10	20,7	924	
11:30	91	142.655,54	224.931,51	7,67	28,9	7,05	20,7	747	
11:35	92	142.767,89	224.697,72	7,65	29,6	7,06	21,0	517	
11:37	93	142.808,41	224.595,67	7,63	30,0	7,27	23,5	425	
11:39	94	142.844,33	224.528,86	7,58	30,0	7,11	23,2	373	
11:41	95	142.855,86	224.463,94	7,59	30,2	7,23	24,0	320	
11:43	96	142.860,45	224.425,00	7,56	30,2	7,21	24,3	290	
11:45	97	142.851,09	224.374,94	7,55	30,0	7,31	25,1	244	
11:46	98	142.859,15	224.326,72	7,48	29,0	7,28	25,5	215	
11:50	99	142.838,41	224.447,28	7,40	28,6	7,21	24,9	297	
11:51	100	142.823,43	224.534,45	7,54	29,6	7,15	23,9	371	
11:53	101	142.806,16	224.647,59	7,45	29,0	7,08	22,2	474	
11:55	102	142.786,54	224.742,20	6,91	23,1	7,06	20,9	563	
11:58	103	142.756,55	224.890,57	6,90	22,6	7,02	20,4	707	
11:59	104	142.743,85	224.951,79	7,11	23,7	6,99	20,5	767	
12:02	105	142.717,34	225.092,76	6,94	22,2	6,95	20,2	907	
12:03	106	142.804,62	225.211,31	6,88	21,3	6,92	19,9	1031	
12:06	107	142.632,95	225.382,15	6,91	21,9	6,95	20,0	1198	
12:08	108	142.588,96	225.478,64	6,89	21,3	6,94	19,8	1297	
12:09	109	142.544,93	225.552,87	6,91	21,3	6,93	19,7	1375	
12:14	110	142.506,40	225.410,14	7,47	26,5	7,04	20,0	1239	
12:18	111	142.568,78	225.187,53	7,42	26,5	7,03	20,2	1010	
12:20	112	142.620,87	225.048,94	7,56	28,2	7,02	20,3	866	
12:22	113	142.653,27	224.963,04	7,57	28,9	7,07	20,5	778	
12:27	114	142.747,08	224.768,20	7,62	30,6	7,14	20,6	584	
12:29	115	142.785,36	224.729,21	7,53	30,1	7,11	21,9	550	
12:32	116	142.817,75	224.625,32	7,54	30,9	7,15	22,6	456	
12:34	117	142.868,68	224.495,45	7,62	31,6	7,14	24,6	354	
12:39	118	142.862,95	224.551,08	7,31	28,1	7,02	21,9	401	laagwater
12:41	119	142.845,70	224.679,06	7,18	27,0	7,01	22,1	515	
12:43	120	142.826,10	224.790,34	7,18	25,7	7,12	21,9	618	
12:45	121	142.809,97	224.873,81	7,24	26,1	6,97	20,6	697	
12:47	122	142.777,60	224.996,24	7,62	29,5	6,87	20,2	814	
12:48	123	142.742,88	225.087,15	6,94	22,7	6,91	20,1	902	
12:50	124	142.701,19	225.176,22	7,32	25,1	6,91	19,9	990	
12:52	125	142.656,03	225.276,41	7,14	23,6	6,91	19,9	1091	
12:58	126	142.463,57	225.515,90	6,98	21,3	6,92	19,8	1350	
13:00	127	142.359,13	225.580,95	7,19	21,8	7,15	20,0	1435	
13:04	128	142.515,93	225.582,58	7,17	22,3	7,20	20,5	1408	
13:06	129	142.600,63	225.519,41	7,42	25,9	7,14	20,6	1337	
13:07	130	142.655,16	225.478,54	7,54	28,0	6,96	20,0	1293	
13:08	131	142.701,56	225.435,83	7,48	27,7	7,01	20,0	1250	
13:10	132	142.750,26	225.376,42	7,52	28,7	6,91	20,0	1192	
13:12	133	142.805,87	225.278,06	7,53	29,6	6,89	20,4	1098	
13:14	134	142.827,81	225.183,47	7,49	30,0	6,86	20,4	1006	
13:15	135	142.862,53	225.094,40	7,41	29,2	7,08	23,9	923	
13:21	136	142.919,02	224.769,82	7,54	31,5	6,97	22,8	625	
13:22	137	142.930,54	224.703,05	7,58	31,9	6,90	22,9	568	
13:24	138	142.925,70	224.560,27	7,56	31,9	6,94	22,3	439	
13:26	139	142.919,74	224.454,59	7,59	32,0	7,75	30,3	349	
13:27	140	142.931,29	224.400,79	7,61	31,7	7,62	30,1	318	
13:28	141	142.938,21	224.365,56	7,44	30,4	7,44	28,8	301	
13:32	142	142.864,85	224.243,27	7,47	30,7	7,33	27,5	178	

Monitoringscampagne 2 (02/08/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
13:34	143	142.896,41	224.387,86	7,65	31,2	7,65	29,6	284	
13:35	144	142.907,01	224.493,54	7,61	31,1	6,96	23,7	373	
13:36	145	142.904,78	224.552,88	7,58	30,8	7,07	23,9	422	
13:38	146	142.904,94	224.671,56	7,61	31,2	7,01	23,3	528	
13:40	147	142.895,82	224.803,23	7,25	27,1	7,07	22,9	649	
13:42	148	142.883,22	224.931,19	7,33	27,9	7,01	22,4	768	
13:43	149	142.869,42	225.036,91	7,50	29,9	7,33	26,0	868	
13:45	150	142.845,23	225.177,88	7,49	29,8	7,03	22,3	1003	
13:47	151	142.807,09	225.317,00	7,28	25,5	7,30	22,4	1136	
13:48	152	142.781,68	225.415,32	6,90	21,2	7,01	20,5	1232	
13:49	153	142.774,78	225.470,95	6,88	20,7	6,99	20,2	1287	
13:50	154	142.764,42	225.537,73	6,86	20,5	6,94	20,0	1353	
13:51	155	142.755,19	225.580,38	6,84	20,3	6,91	19,9	1396	
13:55	156	142.562,56	225.699,33	6,92	20,6	6,90	19,9	1519	
13:57	157	142.538,11	225.653,01	6,81	20,3	6,80	19,7	1475	
13:58	158	142.603,08	225.606,56	6,82	20,4	6,80	19,7	1424	
13:59	159	142.683,15	225.561,95	6,79	20,3	6,81	19,7	1376	
14:00	160	142.734,19	225.511,81	6,80	20,3	6,84	19,8	1326	
14:02	161	142.808,40	225.431,97	6,83	20,3	6,87	19,9	1251	
14:04	162	142.868,66	225.324,34	6,85	20,2	6,92	19,9	1151	
14:07	163	142.921,83	225.133,26	7,31	24,8	6,98	21,2	974	
14:08	164	142.926,27	224.986,77	7,29	25,0	7,21	22,8	833	
14:10	165	142.950,48	224.855,08	7,32	25,0	7,26	22,3	716	
14:11	166	142.952,70	224.779,04	7,38	27,2	7,32	22,4	646	
14:13	167	142.947,95	224.699,32	7,18	24,2	7,20	21,4	572	
14:15	168	142.965,36	224.690,03	7,26	23,8	7,24	21,1	571	
14:16	169	142.945,59	224.671,51	7,28	23,7	7,38	22,2	546	
14:18	170	142.937,45	224.671,52	7,38	25,1	7,35	22,9	542	
14:19	171	142.935,14	224.669,66	7,38	25,1	7,27	22,6	539	
14:22	172	142.928,14	224.656,69	7,43	25,7	7,22	22,7	525	
14:24	173	142.922,33	224.652,99	7,42	25,7	7,11	22,3	519	
14:26	174	142.918,85	224.647,44	7,42	26,2	7,22	23,4	512	
14:29	175	142.909,55	224.645,59	7,44	26,5	7,19	23,3	507	
14:31	176	142.903,73	224.643,75	7,43	26,6	7,10	22,7	503	
14:34	177	142.895,60	224.640,05	7,21	25,3	7,29	23,7	496	
14:36	178	142.886,29	224.632,63	6,76	20,8	6,87	20,2	485	
14:38	179	142.863,03	224.615,99	6,84	20,5	6,89	20,1	461	
14:40	180	142.861,70	224.493,61	7,21	24,2	7,02	21,4	349	
14:43	181	142.861,39	224.263,67	7,47	26,6	7,62	27,3	182	
14:45	182	142.809,03	224.209,96	7,65	29,4	7,69	29,1	115	
14:46	183	142.802,07	224.206,27	7,70	29,9	7,74	29,6	108	
14:49	184	142.804,30	224.145,07	7,56	30,2	7,58	29,8	115	
14:54	185	142.848,50	224.180,24	7,61	29,3	7,60	28,3	152	
14:56	186	142.855,47	224.180,24	7,60	28,8	7,51	27,5	159	
15:02	187	142.906,60	224.187,58	7,54	28,5	7,30	25,2	210	
15:04	188	142.911,25	224.187,58	7,66	29,1	7,16	24,1	215	
15:07	189	142.913,57	224.183,86	7,57	28,3	7,61	27,5	217	
15:11	190	142.914,71	224.172,73	7,25	26,3	7,35	25,4	219	
15:18	191	142.903,10	224.183,88	7,59	28,1	7,32	25,0	207	
15:21	192	142.898,46	224.185,74	7,39	27,0	7,44	25,8	202	
15:25	193	142.886,85	224.187,61	7,52	27,3	7,57	26,4	191	
15:31	194	142.839,26	224.219,19	7,72	28,8	7,80	28,6	147	
15:32	195	142.819,51	224.221,08	7,70	29,4	7,76	29,0	128	
15:35	196	142.798,60	224.224,82	7,64	29,1	7,67	28,8	109	
15:38	197	142.760,26	224.221,17	7,71	30,3	7,57	28,4	73	
15:40	198	142.756,77	224.217,45	7,59	29,2	7,63	28,7	68	
15:42	199	142.745,20	224.247,15	7,69	30,1	7,74	29,8	78	
15:45	200	142.748,67	224.237,86	7,71	30,1	7,67	29,4	74	
15:47	201	142.740,56	224.258,27	7,72	30,1	7,77	30,0	85	
15:49	202	142.755,66	224.258,25	7,70	30,0	7,72	29,8	93	
15:52	203	142.775,39	224.250,81	7,69	29,9	7,73	29,6	102	
15:56	204	142.757,99	224.258,25	7,69	29,8	7,66	29,3	95	
16:01	205	142.761,49	224.267,52	7,70	29,9	7,72	29,6	104	
16:04	206	142.768,46	224.271,22	7,69	29,7	7,71	29,6	112	
16:09	207	142.811,35	224.206,26	7,60	28,6	7,64	28,4	117	
16:11	208	142.884,52	224.189,47	7,39	27,8	7,36	26,5	188	
16:12	209	142.915,88	224.180,16	7,39	27,6	7,24	25,2	220	
16:17	210	142.865,86	224.137,57	7,32	27,1	7,37	27,0	176	
16:19	211	142.867,03	224.139,42	7,35	27,9	7,22	25,9	177	
16:23	212	142.825,22	224.143,19	7,34	28,8	7,11	25,0	136	
16:27	213	142.817,08	224.143,20	7,17	25,5	7,20	24,6	128	

Monitoringscampagne 2 (02/08/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
16:30	214	142.883,41	224.220,99	7,29	26,0	7,23	24,0	190	
16:32	215	142.888,08	224.237,67	7,22	25,4	7,00	21,1	199	
16:38	216	142.909,03	224.272,88	7,29	25,5	6,92	20,1	230	
16:41	217	142.893,91	224.261,77	7,06	22,8	6,99	20,3	212	
16:43	218	142.888,09	224.250,64	7,05	22,9	6,99	20,1	202	
16:47	219	142.882,27	224.243,24	7,33	25,4	7,02	19,9	195	
16:48	220	142.881,11	224.245,10	6,89	21,5	6,97	20,2	194	
16:50	221	142.866,04	224.265,52	7,03	20,7	7,10	19,7	187	
16:53	222	142.816,05	224.239,63	7,61	26,5	7,71	25,9	131	
16:56	223	142.869,20	224.030,02	7,34	26,1	7,28	24,6	233	
16:58	224	142.880,77	223.998,48	7,23	24,8	7,23	24,0	263	
16:59	225	142.873,89	224.059,68	7,27	25,0	7,33	24,9	218	
17:03	226	142.809,00	224.182,15	7,32	25,9	7,53	26,7	113	
17:04	227	142.805,58	224.232,23	7,02	21,1	6,99	21,1	119	
17:06	228	142.860,17	224.213,61	7,03	20,4	7,11	19,9	166	
17:08	229	142.887,82	224.044,82	7,41	24,9	7,45	24,8	238	
17:10	230	142.859,87	224.004,07	7,29	25,2	7,33	24,0	245	
17:12	231	142.825,15	224.100,54	7,24	24,5	7,31	22,9	155	
17:14	232	142.812,54	224.221,08	7,34	24,7	7,09	20,7	121	
17:15	233	142.805,61	224.245,20	7,12	20,7	7,09	20,3	124	
17:16	234	142.836,88	224.183,97	7,11	20,3	7,17	19,9	141	
17:18	235	142.877,33	224.024,44	7,33	24,0	7,37	23,2	243	
17:20	236	142.883,22	224.085,63	7,22	20,3	7,38	23,6	212	
17:24	237	142.897,28	224.167,21	7,28	20,2	7,27	19,8	202	
17:39	238	142.909,93	224.925,59	7,44	20,3	7,52	19,6	770	
17:40	239	142.927,30	224.894,05	7,43	20,2	7,52	19,5	745	
17:57	240	142.973,82	224.079,94	7,60	22,8	7,46	19,7	297	
17:58	241	142.972,66	224.078,09	7,55	22,8	7,48	21,8	297	
18:01	242	143.004,02	224.063,20	7,49	22,5	7,54	21,9	331	
18:02	243	143.103,97	224.098,31	7,56	20,1	7,51	19,8	417	
18:03	244	143.134,22	224.122,38	7,55	19,9	7,55	19,6	443	
18:04	245	143.229,55	224.181,59	7,56	20,0	7,55	19,7	533	
18:06	246	143.112,08	224.079,75	7,53	22,6	7,56	19,5	429	
18:07	247	143.041,15	224.033,50	7,46	22,7	7,58	21,8	377	
18:09	248	142.967,90	223.983,53	7,44	22,5	7,47	21,8	339	
18:11	249	142.915,57	223.959,49	7,33	22,8	7,43	21,5	315	
18:14	250	142.921,34	223.926,10	7,33	22,4	7,44	22,9	344	hoogwater
18:15	251	142.924,74	223.853,78	7,28	22,7	7,34	20,9	403	
18:16	252	142.927,02	223.831,52	7,30	21,4	7,36	20,9	423	
18:17	253	142.950,17	223.768,45	7,31	21,2	7,30	20,3	489	
18:18	254	142.946,60	223.701,70	7,25	20,9	7,30	20,3	545	
18:19	255	142.938,43	223.672,03	7,21	21,0	7,32	20,0	568	
18:20	256	142.925,58	223.627,55	7,20	21,2	7,29	20,2	604	
18:21	257	142.903,42	223.568,24	7,06	21,0	7,24	20,2	652	
18:22	258	142.897,51	223.494,08	7,18	21,5	7,22	20,1	721	
18:23	259	142.856,77	223.436,65	7,12	20,7	7,21	20,0	766	
18:24	260	142.829,99	223.399,60	7,19	20,3	7,27	19,9	798	
18:25	261	142.818,36	223.382,93	7,18	20,3	7,28	19,8	812	
18:26	262	142.869,34	223.284,58	7,21	20,3	7,27	19,9	918	
lozingspunt		142.696,32	224.186,02						

Monitoringscampagne 3 (29/09/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
7:25	1	142.908,97	222.362,89	6,28	18,6	6,20	18,7	1835	
7:54	2	142.294,99	225.265,78	7,02	20,9	6,65	18,6	1152	
7:57	3	142.302,97	225.158,22	7,22	22,1	6,54	19,3	1049	
8:01	4	142.435,14	224.992,99	7,12	22,9	6,95	22,3	848	
8:05	5	142.573,16	224.842,59	7,04	22,2	6,97	22,4	668	
8:10	6	142.648,43	224.681,15	7,24	22,2	6,97	21,8	497	
8:12	7	142.693,62	224.599,50		20,6	7,01	22,3	413	
8:17	8	142.770,04	224.419,52	6,57	19,1	6,60	19,6	245	
8:18	9	142.784,07	224.482,55	6,55	18,9	6,52	18,8	309	
8:20	10	142.733,10	224.588,32	6,56	18,7	6,52	18,7	404	
8:21	11	142.678,66	224.701,51	6,59	18,6	6,65	19,0	516	
8:23	12	142.648,56	224.768,31	6,70	19,3	6,71	19,4	584	
8:24	13	142.621,94	224.838,81	7,03	21,7	6,71	19,8	657	
8:25	14	142.583,74	224.933,43	7,18	22,9	6,91	21,0	756	
8:27	15	142.529,31	225.046,63	6,78	20,6	6,62	19,6	877	
8:28	16	142.509,62	225.085,60	6,28	21,2	6,68	19,7	919	
8:30	17	142.471,38	225.150,55	6,81	21,0	6,57	19,1	990	
8:31	18	142.433,13	225.208,09	6,77	20,7	6,56	19,0	1055	
8:33	19	142.386,77	225.278,63		20,3	6,57	19,0	1136	
8:47	20	142.799,09	224.425,05	6,81	21,6	6,42	19,3	260	
8:51	21	142.743,61	224.621,68	6,80	21,3	6,49	19,0	438	
8:52	22	142.710,03	224.701,47	6,79	21,3	6,43	18,9	516	
8:53	23	142.693,82	224.738,57	6,73	21,3	6,51	19,2	553	
8:55	24	142.667,19	224.805,37	6,82	21,5	6,49	19,2	620	
8:56	25	142.630,13	224.879,59	6,90	22,1	6,50	19,2	697	
8:57	26	142.606,98	224.938,96	6,94	22,2	6,49	19,3	758	
8:59	27	142.579,21	225.018,74	6,67	20,9	6,45	19,1	841	
9:00	28	142.561,86	225.065,12	6,69	21,0	6,45	19,1	889	
9:01	29	142.530,60	225.141,20	6,56	20,1	6,47	19,2	969	
9:03	30	142.491,24	225.230,26	6,71	20,5	6,43	19,0	1064	
9:05	31	142.463,47	225.302,62	6,56	19,9	6,39	18,8	1141	
9:06	32	142.447,28	225.354,56		19,4	6,40	18,8	1195	
9:17	33	142.845,53	224.399,02		25,2	6,33	20,3	260	
9:18	34	142.822,42	224.495,48	7,12	24,4	6,29	19,3	334	
9:20	35	142.810,90	224.560,40	6,89	22,9	6,30	19,2	392	
9:21	36	142.790,12	224.658,70	6,64	21,6	6,31	19,2	482	
9:22	37	142.776,25	224.705,08	6,43	20,1	6,29	19,0	525	
9:24	38	142.754,27	224.771,87	6,41	19,7	6,28	18,9	589	
9:26	39	142.725,38	224.883,17	6,30	19,0	6,28	18,8	698	
9:27	40	142.713,86	224.946,23	6,29	18,8	6,28	18,7	760	
9:28	41	142.691,92	225.040,83	6,28	18,7	6,28	18,6	855	
9:30	42	142.671,09	225.096,49	6,28	18,7	6,26	18,6	911	
9:31	43	142.649,11	225.157,72	6,29	18,7	6,27	18,6	973	
9:32	44	142.621,33	225.230,07	6,29	18,7	6,27	18,6	1047	
9:34	45	142.591,24	225.306,15	6,30	18,7	6,28	18,6	1125	
9:35	46	142.562,33	225.397,05	6,31	18,6	6,28	18,6	1218	
9:36	47	142.534,49	225.419,34	6,33	18,6	6,31	18,6	1244	
9:46	48	142.824,62	224.404,61	7,89	27,1	6,72	22,5	253	
9:49	49	142.815,46	224.501,05	7,66	27,4	6,39	20,8	337	
9:50	50	142.799,26	224.543,72	7,38	26,3	6,35	20,3	372	
9:51	51	142.787,68	224.573,41	7,22	25,6	6,35	20,1	398	
9:52	52	142.761,04	224.627,22	7,10	25,0	6,34	19,9	446	
9:54	53	142.729,78	224.701,44	7,28	25,3	6,32	19,8	517	
9:55	54	142.717,05	224.738,54	7,16	24,9	6,27	19,5	553	
9:56	55	142.698,53	224.784,93	7,02	23,9	6,24	19,4	599	
9:58	56	142.666,16	224.892,52	6,88	23,3	6,26	19,4	707	
9:59	57	142.647,64	224.942,62	6,76	22,3	6,28	19,4	758	
10:01	58	142.603,65	225.046,52	6,91	22,9	6,30	19,4	865	
10:03	59	142.550,40	225.176,40	6,69	22,0	6,32	19,5	1001	
10:04	60	142.536,51	225.211,65	6,60	21,5	6,30	19,4	1038	
10:05	61	142.523,78	225.245,05	6,78	22,0	6,33	19,5	1073	
10:06	62	142.506,43	225.289,58	6,69	21,6	6,31	19,4	1120	
10:07	63	142.491,37	225.322,98	6,50	21,1	6,28	19,2	1155	
10:16	64	142.834,06	224.506,59	7,23	25,4	6,39	21,1	349	
10:19	65	142.783,10	224.621,63	6,96	23,7	6,31	20,3	444	
10:24	66	142.731,07	224.794,15	7,07	24,2	6,23	19,6	609	
10:25	67	142.721,81	224.820,13	6,48	21,8	6,21	19,5	635	
10:27	68	142.702,13	224.866,51	7,01	23,4	6,19	19,4	681	
10:29	69	142.666,24	224.951,86	6,54	21,7	6,20	19,3	766	
10:30	70	142.650,03	224.990,83	6,47	21,1	6,20	19,3	806	
10:31	71	142.623,42	225.066,89	6,77	22,3	6,22	19,3	884	

Monitoringscampagne 3 (29/09/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
10:32	72	142.613,01	225.096,57	6,62	21,8	6,23	19,3	914	
10:33	73	142.607,23	225.113,27	6,83	22,5	6,24	19,3	932	
10:34	74	142.584,09	225.180,06	6,83	22,5	6,26	19,4	1000	
10:36	75	142.562,10	225.232,01	6,45	21,1	6,27	19,4	1055	
10:37	76	142.552,84	225.256,13	6,38	20,5	6,26	19,3	1080	
10:38	77	142.543,58	225.280,25	6,38	20,5	6,24	19,3	1105	
10:39	78	142.533,16	225.306,23	6,37	20,1	6,23	19,2	1132	
10:41	79	142.516,96	225.343,34	6,33	20,0	6,17	19,0	1171	
10:42	80	142.507,69	225.358,19	6,62	21,2	6,17	19,0	1187	
10:53	81	142.856,17	224.538,08	7,03	25,5	6,30	20,9	387	
10:54	82	142.837,63	224.569,63	6,96	25,3	6,30	20,7	409	
10:55	83	142.826,05	224.599,32	6,87	24,9	6,32	20,8	433	
10:56	84	142.794,76	224.651,28	6,84	24,4	6,23	19,9	476	
10:58	85	142.761,16	224.712,52	6,60	22,9	6,25	19,8	530	
10:59	86	142.747,26	224.745,92	6,83	24,0	6,29	19,8	562	
11:03	87	142.675,45	224.892,51	7,19	24,9	6,26	19,4	707	
11:06	88	142.622,21	225.029,81	6,58	22,0	6,26	19,4	847	
11:07	89	142.608,31	225.055,79	6,81	22,9	6,27	19,4	874	
11:08	90	142.580,49	225.096,62	6,76	22,5	6,32	19,4	918	
11:10	91	142.543,41	225.161,58	6,43	20,9	6,32	19,4	987	
11:11	92	142.523,71	225.194,98	6,83	22,4	6,33	19,4	1024	
11:12	93	142.475,02	225.256,24	6,88	22,4	6,33	19,5	1093	
11:13	94	142.446,04	225.297,08	6,70	21,7	6,39	19,5	1139	
11:14	95	142.429,81	225.323,07	6,78	22,0	6,38	19,5	1168	
11:25	96	142.800,62	224.690,21	6,70	24,8	6,27	20,3	515	
11:26	97	142.790,23	224.734,73			6,22	20,1	557	
11:33	98	142.703,56	225.057,51	6,14	20,1	6,09	19,0	872	
11:34	99	142.701,25	225.068,64	6,15	20,1	6,08	18,9	883	
11:35	100	142.698,94	225.079,76	6,18	20,0	6,08	18,9	894	
11:37	101	142.685,08	225.133,56	6,19	20,2	6,08	18,9	948	
11:38	102	142.673,52	225.172,52	6,34	20,8	6,11	18,9	987	
11:42	103	142.654,99	225.213,34	6,56	21,9	6,08	18,8	1028	
11:44	104	142.627,23	225.291,26	6,45	21,5	6,07	18,7	1107	
11:45	105	142.616,80	225.311,67	6,43	21,3	6,07	18,7	1128	
11:46	106	142.607,53	225.328,37	6,56	21,6	6,07	18,7	1146	
11:48	107	142.593,62	225.346,94	6,37	20,7	6,07	18,7	1165	
11:49	108	142.585,50	225.356,22	6,70	22,0	6,08	18,7	1175	
11:51	109	142.508,80	225.322,95	6,98	23,5	6,13	18,8	1152	
11:52	110	142.512,24	225.295,13	7,00	23,7	6,21	19,1	1124	laagwater
11:54	111	142.515,70	225.280,29	7,01	23,9	6,32	19,3	1109	
11:55	112	142.526,12	225.252,46	7,09	24,4	6,41	19,5	1080	
11:56	113	142.540,00	225.211,65	7,17	24,8	6,37	19,6	1037	
11:58	114	142.550,40	225.176,40	7,13	25,0	6,40	19,6	1001	
11:59	115	142.557,32	225.143,01	7,18	25,4	6,36	19,6	967	
12:00	116	142.572,38	225.109,61	7,12	25,4	6,36	19,7	932	
12:01	117	142.587,42	225.068,80	7,12	25,3	6,32	19,7	889	
12:02	118	142.602,46	225.026,13	7,03	25,2	6,36	19,6	845	
12:04	119	142.624,43	224.959,34	7,03	25,5	6,35	20,0	777	
12:06	120	142.649,92	224.914,80	7,16	26,3	6,38	20,4	730	
12:08	121	142.674,24	224.857,28	7,18	26,7	6,38	20,2	672	
12:09	122	142.689,29	224.820,17	7,25	27,4	6,29	20,5	634	
12:11	123	142.705,59	224.851,67	6,98	25,7	6,29	20,0	666	
12:14	124	142.683,63	224.927,73	6,92	25,5	6,29	19,7	742	
12:16	125	142.681,32	224.935,15	6,62	23,2	6,35	19,6	749	
12:18	126	142.641,95	225.022,36	6,82	24,0	6,41	19,9	838	
12:20	127	142.621,08	225.052,06	6,71	23,0	6,44	19,8	869	
12:22	128	142.610,65	225.066,91	6,84	23,2	6,47	19,9	885	
12:25	129	142.559,68	225.168,97	6,77	22,3	6,58	19,9	992	
12:27	130	142.529,56	225.224,64	6,86	22,1	6,63	20,2	1052	
12:29	131	142.505,27	225.295,14	6,63	20,7	6,60	19,1	1125	
12:31	132	142.483,30	225.361,93	6,79	20,4	6,75	20,0	1195	
12:32	133	142.459,97	225.295,21	6,79	20,6	6,66	19,0	1134	
12:35	134	142.469,16	225.222,88	6,77	20,8	6,62	19,0	1061	
12:37	135	142.483,00	225.152,39	7,13	22,4	6,63	19,3	990	
12:39	136	142.506,13	225.081,89	7,02	22,6	6,73	19,9	916	
12:42	137	142.528,08	225.002,12	7,23	24,3	6,65	20,6	833	
12:44	138	142.550,10	224.965,01	7,06	24,6	6,58	20,2	793	
12:46	139	142.584,84	224.892,64	7,11	25,5	6,58	20,7	715	
12:48	140	142.596,39	224.844,41	7,14	26,2	6,64	20,7	666	
12:50	141	142.626,49	224.770,19	7,23	27,2	6,84	21,9	588	
12:52	142	142.639,23	224.744,21	7,22	27,3	6,96	22,5	561	

Monitoringscampagne 3 (29/09/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
12:54	143	142.662,40	224.701,53	7,27	27,7	6,98	23,9	517	
12:56	144	142.693,70	224.653,28	7,15	27,2	6,72	22,5	467	
12:58	145	142.715,72	224.614,30	7,24	27,7	6,66	22,6	429	
13:02	146	142.742,38	224.575,33	7,41	28,7	6,79	22,9	392	
13:04	147	142.764,39	224.534,50	6,76	24,8	6,82	23,4	355	
13:06	148	142.764,39	224.534,50	6,77	25,0	6,87	24,3	355	
13:07	149	142.799,28	224.558,56	6,74	24,6	7,08	25,8	387	
13:10	150	142.759,90	224.645,77	7,20	27,3	6,70	22,8	464	
13:12	151	142.741,42	224.718,11	7,18	26,6	6,73	22,0	534	
13:13	152	142.717,09	224.768,21	7,14	26,3	6,84	21,9	583	
13:15	153	142.680,02	224.842,44	7,17	26,3	6,56	21,0	657	
13:18	154	142.634,82	224.909,26	6,22	19,5	6,30	19,3	726	
13:20	155	142.618,60	224.944,51	6,12	19,2	6,16	19,1	762	
13:22	156	142.610,57	225.013,13	6,10	19,1	6,04	19,0	832	
13:24	157	142.582,83	225.111,45	6,07	19,1	6,01	19,0	932	
13:26	158	142.570,14	225.172,66	6,08	19,1	5,99	19,0	995	
13:28	159	142.544,70	225.254,29	5,94	19,1	5,89	18,9	1079	
13:30	160	142.509,95	225.315,53	5,85	19,1	5,84	18,9	1145	
13:32	161	142.548,27	225.309,92	5,85	19,0	5,87	18,8	1134	
13:34	162	142.590,01	225.259,79	5,84	19,1	5,85	18,9	1079	
13:36	163	142.625,89	225.168,88	5,86	19,0	5,86	18,9	985	
13:38	164	142.657,13	225.081,68	5,86	19,1	5,87	18,9	897	
13:40	165	142.699,98	224.988,90	5,92	19,0	5,92	18,9	803	
13:42	166	142.742,84	224.909,10	5,94	19,1	5,95	18,9	725	
13:44	167	142.782,23	224.829,31	6,00	19,1	5,97	18,9	649	
13:46	168	142.818,11	224.732,84	6,01	19,1	5,99	18,9	560	
13:48	169	142.834,24	224.640,10	6,04	19,2	6,01	19,0	475	
13:50	170	142.866,63	224.539,92	6,05	19,2	6,05	19,0	393	
13:52	171	142.895,47	224.389,68	7,57	28,9			285	
13:54	172	142.855,83	224.289,60	7,34	28,8	6,54	22,2	190	
13:55	173	142.839,63	224.337,84	7,19	27,8	6,75	23,0	209	
13:57	174	142.825,81	224.419,45	7,24	26,9	6,10	19,9	267	
14:00	175	142.803,85	224.506,63	6,18	20,1	6,14	19,7	338	
14:02	176	142.781,85	224.556,73	6,17	19,8	6,26	19,7	380	
14:04	177	142.773,77	224.595,68	6,05	19,5	6,28	19,7	417	
14:06	178	142.775,00	224.640,18	5,95	19,3	5,93	19,2	461	
14:07	179	142.760,00	224.716,23	5,92	19,1	5,91	19,1	534	
14:10	180	142.748,47	224.777,44	5,91	19,1	5,87	19,0	594	
14:19	181	142.555,15	225.245,00	6,08	19,2	5,96	18,8	1068	
14:22	182	142.600,30	225.141,10	6,04	19,2	5,94	18,8	960	
14:24	183	142.632,71	225.061,31	6,07	19,4	5,92	18,8	878	
14:26	184	142.665,14	224.994,51	5,98	19,1	5,91	18,8	809	
14:27	185	142.688,27	224.925,87	5,99	19,1	5,92	18,8	740	
14:29	186	142.717,22	224.857,22	5,99	19,1	5,91	18,9	672	
14:32	187	142.771,64	224.731,05	5,94	19,1	5,91	19,0	550	
14:34	188	142.808,68	224.638,28	5,95	19,1	5,92	19,0	466	
14:35	189	142.830,66	224.571,49	5,94	19,1	5,90	19,0	408	
14:36	190	142.858,42	224.484,30	5,95	19,1	5,91	19,0	339	
14:38	191	142.876,87	224.386,00	5,95	19,2	5,92	19,1	269	
14:39	192	142.887,25	224.324,79	7,54	29,0	7,27	27,4	236	
14:42	193	142.878,90	224.169,04	7,40	29,8	7,13	27,0	183	
14:44	194	142.868,33	224.085,61	7,34	29,9	6,91	25,6	199	
14:47	195	142.883,51	224.137,51	7,26	29,1	7,14	26,9	193	
14:48	196	142.903,34	224.200,53	7,20	27,8	5,82	19,8	208	
14:51	197	142.903,49	224.311,79	5,86	20,2	5,82	19,6	242	
15:02	198	142.463,43	225.278,51	6,40	19,1	6,39	18,7	1117	
15:03	199	142.497,01	225.202,44	6,33	19,0	6,39	18,7	1036	
15:05	200	142.527,10	225.130,08	6,31	19,0	6,39	18,7	959	
15:07	201	142.561,83	225.048,43	6,29	19,1	6,39	18,7	873	
15:09	202	142.608,14	224.937,11	6,26	19,1	6,35	18,7	756	
15:11	203	142.660,30	224.861,01	6,21	19,2	6,25	18,7	676	
15:14	204	142.699,69	224.786,78	6,20	19,3	6,23	18,7	601	
15:16	205	142.749,52	224.699,56	6,17	19,2	6,14	18,7	516	
15:17	206	142.780,81	224.645,74	6,21	19,3	6,14	18,8	467	
15:19	207	142.821,35	224.560,38	6,17	19,3	6,12	18,8	395	
15:21	208	142.840,97	224.463,93	6,06	19,3	6,03	18,8	313	
15:24	209	142.845,51	224.386,04	7,44	28,3	6,18	20,1	250	
15:26	210	142.851,23	224.319,28	7,43	29,5	7,16	26,9	204	
15:28	211	142.871,92	224.159,78	6,94	26,5	6,85	26,2	178	
15:29	212	142.874,16	224.102,29	7,30	29,0	6,37	24,6	197	
15:30	213	142.884,54	224.044,79	7,31	30,0	5,93	20,5	235	

Monitoringscampagne 3 (29/09/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
15:32	214	142.881,00	224.007,71	7,28	29,6	5,91	20,2	257	
15:34	215	142.877,61	224.076,32	7,17	29,1	6,15	21,1	212	
15:36	216	142.879,98	224.109,70	6,72	25,7	6,45	22,8	199	
15:38	217	142.890,54	224.183,86	6,77	25,9	6,05	20,2	194	
15:51	218	142.473,88	225.271,08	6,61	19,3	6,64	18,7	1108	
15:54	219	142.551,47	225.111,50	6,60	19,0	6,60	18,6	937	
15:55	220	142.591,98	225.009,45	6,63	19,0	6,59	18,6	830	
15:57	221	142.646,45	224.924,07	6,63	19,0	6,59	18,6	740	
15:59	222	142.697,44	224.838,70	6,62	19,0	6,59	18,6	653	
16:02	223	142.758,81	224.697,69	6,54	19,2	6,58	18,6	515	
16:04	224	142.807,43	224.573,38	6,50	19,2	6,52	18,6	403	
16:05	225	142.843,25	224.432,40	6,46	19,3	6,53	18,6	287	
16:06	226	142.852,46	224.371,20	6,46	19,4	6,52	18,6	242	
16:07	227	142.864,01	224.326,68	6,40	19,3	6,48	18,6	219	
16:08	228	142.855,76	224.237,68	7,41	27,1	6,71	23,2	168	
16:12	229	142.870,57	224.026,27	6,78	24,1	6,69	23,2	236	
16:13	230	142.865,89	224.002,17	6,80	24,2	6,67	23,0	250	
16:14	231	142.853,09	223.987,35	6,87	24,7	6,66	22,7	253	
16:15	232	142.855,48	224.035,56	6,74	23,6	6,52	21,1	219	
16:16	233	142.863,65	224.061,51	6,78	24,0	6,63	22,9	209	
16:19	234	142.860,27	224.135,69	6,90	25,1			171	
16:21	235	142.877,77	224.191,29	6,49	20,1	6,35	19,7	182	
16:22	236	142.877,77	224.193,15	6,53	19,6	6,55	19,2	182	
16:23	237	142.869,67	224.211,70			6,60	19,1	175	
16:38	238	142.488,75	225.115,30	7,05	19,0	6,95	18,7	952	
16:40	239	142.609,28	224.920,42	6,97	18,9	6,93	18,7	740	
16:43	240	142.722,87	224.747,81	6,98	18,9	6,94	18,7	562	
16:44	241	142.787,71	224.591,95	7,04	18,9	6,97	18,7	416	
16:46	242	142.835,01	224.358,24	6,89	18,9	6,88	18,7	221	
16:47	243	142.839,56	224.282,21	6,88	18,9	6,85	18,7	173	
16:48	244	142.845,28	224.217,30	6,86	18,9	6,82	18,8	152	
16:49	245	142.863,71	224.106,01	7,01	22,4	6,92	21,8	186	
16:50	246	142.886,83	224.016,97	6,96	22,4	6,86	21,5	255	
16:52	247	142.856,58	223.987,35	6,92	22,5	6,93	22,2	255	
16:53	248	142.858,95	224.020,72	6,93	22,7	6,90	21,5	232	
16:56	249	142.843,93	224.083,79	6,88	21,5	6,87	21,1	180	
16:58	250	142.856,81	224.152,38	6,97	22,0	6,81	19,4	164	
17:02	251	142.881,27	224.200,56	6,95	19,4	6,85	19,2	186	
17:07	252	142.778,26	224.478,85	7,22	18,8	7,19	18,5	304	
17:08	253	142.790,92	224.391,68	7,20	18,8	7,16	18,6	226	
17:09	254	142.821,02	224.319,32	6,97	19,0	7,09	18,7	183	
17:10	255	142.833,74	224.276,65	6,92	19,1	6,97	18,8	165	
17:12	256	142.840,60	224.195,05	6,96	21,5	7,05	22,6	145	
17:13	257	142.843,97	224.111,60	6,98	21,5	6,99	21,2	165	
17:14	258	142.858,99	224.054,10	6,93	21,8	6,98	20,9	209	
17:15	259	142.862,47	224.048,53	6,94	21,6	6,96	21,0	216	
17:17	260	142.870,57	224.024,41	6,92	21,6	6,99	20,3	238	
17:18	261	142.874,05	224.018,85	6,91	21,5	6,98	20,2	244	
17:20	262	142.877,53	224.016,99	6,93	20,9	7,06	20,3	248	
17:22	263	142.884,50	224.016,98	7,00	21,1	7,04	20,6	253	
17:25	264	142.891,48	224.020,68	7,02	21,1	7,09	20,2	256	hoogwater
17:27	265	142.911,30	224.070,72	7,03	21,1	7,10	20,7	244	
17:30	266	142.922,99	224.122,62	7,12	22,0	7,04	21,1	235	
17:32	267	142.877,56	224.037,38	7,07	20,9	6,97	20,6	234	
17:33	268	142.884,47	223.996,58	6,87	20,8	6,99	20,1	267	
17:34	269	142.884,47	223.996,58	6,79	21,1	6,99	20,0	267	
17:36	270	142.885,63	223.991,01	6,69	21,5	7,04	19,7	272	
17:37	271	142.886,79	223.991,01	6,54	21,4	7,08	19,5	273	
17:40	272	142.887,95	223.987,30	6,48	21,3	6,83	19,6	276	
17:41	273	142.885,62	223.985,45	6,56	21,1	6,85	19,3	276	
17:43	274	142.886,79	223.987,30	6,52	20,6	6,89	19,2	275	
17:45	275	142.884,47	223.991,02	6,40	19,9	6,84	19,1	271	
17:47	276	142.885,63	223.992,87	6,51	19,5	6,85	19,0	270	
17:49	277	142.882,15	223.996,58	6,62	19,3	6,89	19,0	265	
17:51	278	142.878,67	224.000,30	6,71	19,2	6,88	19,0	260	
17:54	279	142.871,72	224.013,29	6,74	19,1	6,87	19,0	246	
17:56	280	142.867,07	224.013,29	6,76	19,2	6,82	18,9	243	
17:58	281	142.869,39	224.013,29	6,76	19,1	6,84	18,9	245	
18:00	282	142.875,18	223.996,59	6,85	19,2	6,81	19,0	261	
18:03	283	142.875,18	223.996,59	6,88	19,3	6,89	19,1	261	
18:05	284	142.864,73	224.000,32	6,92	19,3	6,88	19,0	251	

Monitoringscampagne 3 (29/09/2011)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
18:07	285	142.865,89	224.002,17	6,97	19,4	6,94	19,2	250	
18:08	286	142.864,74	224.007,73	6,95	19,4	6,92	19,1	245	
18:10	287	142.867,07	224.009,58	6,93	19,3	6,92	19,1	246	
18:12	288	142.874,03	224.004,01	6,98	19,3	6,99	19,1	254	
18:15	289	142.869,40	224.017,00	6,95	19,3	6,94	19,1	242	
18:16	290	142.865,92	224.024,42	6,96	19,2	6,98	19,1	234	
18:17	291	142.843,88	224.046,70	6,90	19,2	6,89	18,9	203	
18:18	292	142.835,89	224.146,85	6,92	19,2	6,94	19,0	145	
18:19	293	142.825,49	224.191,36	6,93	19,3	6,97	19,1	129	
18:20	294	142.822,08	224.243,29	6,95	19,3	6,97	19,1	138	
18:22	295	142.826,80	224.295,21	7,26	21,5	7,10	20,0	170	
18:23	296	142.833,81	224.330,43	7,29	22,7	7,29	22,3	199	
18:24	297	142.838,61	224.439,83	7,10	21,4	6,98	19,7	291	
18:25	298	142.832,90	224.510,30	7,10	21,8	7,07	19,6	352	
18:27	299	142.830,67	224.578,91	7,11	21,8	7,08	19,6	415	
18:28	300	142.828,43	224.640,11	7,10	21,3	7,15	19,4	473	
18:29	301	142.821,58	224.725,42	7,10	20,3	7,22	19,2	554	
18:31	302	142.815,87	224.794,03	7,12	20,1	7,24	19,2	620	
18:32	303	142.804,36	224.875,64	7,15	20,5	7,22	19,7	698	
18:34	304	142.751,12	225.016,64	7,12	20,7	7,25	19,6	832	
18:35	305	142.737,24	225.053,75	7,11	20,7	7,19	19,4	869	
18:36	306	142.711,78	225.120,54	7,12	20,4	7,24	19,2	935	
18:37	307	142.674,71	225.194,77	7,12	20,6	7,22	19,4	1009	
18:39	308	142.623,75	225.298,68	7,16	20,1	7,28	19,3	1115	
18:40	309	142.602,91	225.346,92	7,15	20,0	7,31	19,3	1165	
18:41	310	142.563,54	225.430,43	7,20	20,0	7,37	19,1	1251	
18:43	311	142.523,01	225.512,07	7,20	19,9	7,35	19,1	1337	
18:45	312	142.497,53	225.562,18	7,21	19,9	7,34	19,1	1390	

lozingspunt	142.696,32	224.186,02
-------------	------------	------------

Monitoringscampagne 4 (07/02/2012)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
7:34	1	142.570,29	223.644,69	10,27	3,8	11,01	3,8	556	
7:45	2	142.963,54	223.184,27			10,97	3,9	1037	
7:51	3	143.070,51	224.107,58			10,98	3,8	382	
7:53	4	143.150,16	224.604,44			10,98	3,9	617	
8:05	5	142.635,41	225.332,04	10,71	3,9	11,13	3,7	1148	
8:07	6	142.644,57	225.235,60	10,55	3,6	11,14	3,8	1051	
8:09	7	142.671,13	225.126,16	10,52	3,6	11,15	3,7	940	
8:11	8	142.696,55	225.031,55	10,51	3,7	11,14	3,8	846	
8:13	9	142.721,98	224.940,65	10,44	4,7	11,13	4,6	755	
8:15	10	142.740,45	224.855,33	10,43	5,0	11,07	5,3	671	
8:17	11	142.768,20	224.768,14	10,37	5,7	11,05	5,8	587	
8:19	12	142.793,64	224.680,95	10,14	11,2	10,68	8,9	504	
8:23	13	142.838,72	224.519,56	9,91	13,4	10,73	12,1	363	
8:26	14	142.874,57	224.397,12	9,76	16,0	10,50	14,6	276	
8:28	15	142.915,16	224.345,15	9,73	15,5	10,46	15,3	271	
8:30	16	142.911,78	224.424,89	9,70	16,0	10,41	13,0	322	
8:32	17	142.888,68	224.525,05	9,80	13,5	10,63	10,2	390	
8:34	18	142.869,08	224.634,49	9,83	12,7	10,68	11,2	481	
8:36	19	142.857,60	224.734,63	9,98	10,8	10,84	6,2	572	
8:38	20	142.834,52	224.840,36	10,25	5,0	10,93	5,7	669	
8:40	21	142.806,75	224.921,99	10,32	4,5	10,95	5,1	744	
8:41	22	142.784,75	224.970,24	10,35	4,1	10,96	4,8	789	
8:43	23	142.743,05	225.057,45	10,39	4,0	11,06	4,3	873	
8:45	24	142.702,50	225.135,39	10,43	3,8	11,12	4,0	949	
8:47	25	142.658,47	225.211,48	10,45	3,7	11,14	3,8	1026	
8:49	26	142.627,20	225.274,57	10,47	3,6	11,16	3,7	1091	
8:50	27	142.577,36	225.350,67	10,49	3,6	11,17	3,7	1171	
8:51	28	142.553,02	225.385,93	10,47	3,6	11,18	3,8	1208	
8:53	29	142.521,64	225.369,29	10,53	3,6	11,19	3,7	1196	
8:54	30	142.532,01	225.311,79	10,49	3,7	11,19	3,8	1138	
8:55	31	142.530,78	225.261,72	10,48	3,7	11,19	3,9	1088	
8:56	32	142.538,84	225.213,50	10,49	3,9	11,21	4,1	1039	
8:57	33	142.552,73	225.178,25	10,49	4,1	11,16	4,3	1003	
8:59	34	142.571,25	225.133,72	10,47	4,4	11,15	4,7	956	
8:59	35	142.592,11	225.102,16	10,44	4,7	11,17	4,9	922	
9:01	36	142.611,81	225.072,47	10,42	4,9	11,11	5,3	890	
9:02	37	142.635,00	225.042,76	10,40	5,2	11,14	5,6	859	
9:02	38	142.655,87	225.013,07	10,40	5,3	11,10	5,6	828	
9:03	39	142.666,30	224.996,36	10,39	5,6	11,09	5,7	811	
9:04	40	142.688,32	224.962,95	10,36	5,7	11,06	5,9	777	
9:05	41	142.698,75	224.942,54	10,35	5,8	11,06	6,1	757	
9:06	42	142.699,90	224.933,27	10,27	8,1	11,01	7,5	747	
9:07	43	142.697,58	224.935,12	10,20	8,6	10,90	8,2	749	
9:09	44	142.681,41	225.000,05	10,29	5,7	10,97	6,0	814	
9:10	45	142.668,71	225.057,55	10,34	5,3	11,03	5,6	872	
9:10	46	142.657,13	225.085,38	10,36	5,0	11,03	5,3	900	
9:11	47	142.631,66	225.142,90	10,36	4,5	11,02	4,9	959	
9:12	48	142.621,24	225.165,17	10,38	4,4	11,04	4,7	982	
9:13	49	142.596,91	225.207,85	10,40	4,2	11,07	4,5	1027	
9:14	50	142.572,59	225.257,96	10,44	4,1	11,13	4,2	1079	
9:15	51	142.544,77	225.302,50	10,44	3,9	11,14	4,2	1127	
9:16	52	142.540,22	225.363,70	10,46	3,7	11,16	3,8	1188	
9:17	53	142.562,28	225.358,10	10,45	3,7	11,13	3,8	1180	
9:18	54	142.580,83	225.335,83	10,44	3,7	11,16	3,8	1156	
9:18	55	142.600,53	225.304,27	10,58	3,6	11,16	3,7	1122	
9:19	56	142.627,20	225.270,86	10,45	3,8	11,14	3,8	1087	
9:20	57	142.663,15	225.235,57	10,46	3,8	11,14	3,9	1050	
9:21	58	142.697,94	225.194,73	10,48	3,8	11,14	3,9	1009	
9:22	59	142.718,81	225.163,18	10,43	3,8	11,13	3,9	977	
9:23	60	142.737,34	225.127,92	10,43	4,0	11,10	4,2	943	
9:24	61	142.760,51	225.083,38	10,45	3,9	11,14	4,2	900	
9:25	62	142.780,20	225.046,27	10,41	4,1	11,10	4,2	864	
9:26	63	142.797,58	225.011,01	10,40	4,1	11,12	4,4	831	
9:27	64	142.817,27	224.968,34	10,41	4,3	11,13	4,5	792	
9:28	65	142.835,79	224.920,10	10,39	4,5	11,03	5,0	747	
9:30	66	142.851,98	224.871,86	10,39	4,7		6,5	703	
9:30	67	142.858,91	224.842,18	10,06	11,9	10,91	6,3	676	
9:33	68	142.869,23	224.742,04	9,89	13,5	10,82	12,2	582	
9:32	69	142.869,23	224.740,18	9,82	14,0		13,2	581	
9:33	70	142.873,83	224.708,65	9,77	14,3	10,56	14,7	552	
9:35	71	142.888,84	224.643,73	9,70	15,3		12,2	497	

Monitoringscampagne 4 (07/02/2012)

9:36	72	142.893,44	224.610,35	9,71	16,6	10,42	12,4	468	
9:36	73	142.895,72	224.578,82	9,62	15,9	10,49	9,3	441	
9:38	74	142.921,18	224.500,90	9,65	16,3	10,39	14,6	387	
9:39	75	142.929,25	224.456,39	9,64	15,7	10,37	16,0	357	laagwater
9:40	76	142.932,66	224.402,61	9,59	16,6	10,32	15,9	321	
9:41	77	142.920,99	224.365,54	9,58	16,8	10,32	16,7	288	
9:42	78	142.896,61	224.376,70	9,58	16,8	10,33	16,5	277	
9:42	79	142.886,18	224.397,11	9,56	17,0		15,0	284	
9:44	80	142.870,02	224.469,45	9,58	16,8	10,32	14,5	332	
9:44	81	142.864,24	224.493,56	9,58	16,8	10,40	14,4	350	
9:45	82	142.865,46	224.532,50	9,55	16,5		11,5	386	
9:46	83	142.857,38	224.575,16	9,61	15,5		11,1	421	
9:47	84	142.852,79	224.614,11	9,66	15,5		12,1	456	
9:48	85	142.850,50	224.636,37	9,59	15,9	10,55	9,4	476	
9:48	86	142.848,23	224.679,02	9,65	15,2	10,60	10,3	516	
9:49	87	142.843,63	224.710,55	9,73	14,0	10,64	10,6	545	
9:50	88	142.839,00	224.725,39	9,72	14,3	10,63	11,8	558	
9:51	89	142.837,84	224.725,39	9,75	14,1	10,55	12,9	558	
9:52	90	142.835,52	224.729,10	9,74	14,2	10,48	14,1	561	
9:53	91	142.834,36	224.729,10	9,76	14,2	10,42	13,5	560	
9:54	92	142.833,20	224.729,11	9,80	13,8	10,50	12,9	560	
9:55	93	142.833,20	224.730,96	9,73	13,4	10,52	13,7	562	
9:57	94	142.832,04	224.727,25	9,84	11,0	10,47	11,6	558	
9:58	95	142.832,04	224.727,25	9,88	10,6	10,58	11,3	558	
9:59	96	142.832,04	224.727,25	9,93	11,2	10,64	11,9	558	
10:00	97	142.834,35	224.719,83	9,91	11,9	10,55	11,6	551	
10:02	98	142.851,66	224.634,51	9,71	15,4	10,39	13,0	475	
10:04	99	142.866,65	224.556,61	9,68	15,0	10,28	14,0	408	
10:05	100	142.874,72	224.510,24	9,62	16,3	10,32	14,1	370	
10:07	101	142.890,87	224.426,77	9,62	16,3	10,38	13,4	310	
10:08	102	142.886,17	224.387,84	9,61	16,6	10,25	14,4	277	
10:09	103	142.878,13	224.454,60	9,58	16,7	10,36	13,4	324	
10:11	104	142.874,74	224.526,93	9,62	16,1	10,55	12,2	385	
10:11	105	142.871,28	224.545,47	9,63	16,0	10,34	13,7	400	
10:13	106	142.858,66	224.656,75	9,62	16,2	10,46	13,2	498	
10:15	107	142.837,87	224.743,93	9,65	15,2	10,45	13,1	576	
10:17	108	142.822,82	224.782,90	9,77	13,7	10,50	12,1	610	
10:19	109	142.798,47	224.816,31	9,85	12,7	10,58	11,6	639	
10:20	110	142.784,57	224.842,29	9,83	13,1	10,59	12,6	662	
10:22	111	142.760,24	224.890,53	9,80	13,3	10,57	11,4	707	
10:23	112	142.740,57	224.944,34	9,79	13,3	10,83	12,8	760	
10:24	113	142.716,28	225.016,69	10,20	5,8	10,74	6,0	831	
10:25	114	142.704,71	225.053,79	10,22	5,3	10,91	5,4	868	
10:26	115	142.668,84	225.146,56	10,40	4,7	11,03	4,9	961	
10:27	116	142.646,85	225.205,93	10,44	4,6	11,11	4,7	1021	
10:29	117	142.617,94	225.294,98	10,49	4,2	11,15	4,4	1112	
10:30	118	142.593,62	225.346,93	10,48	4,2	11,18	4,3	1165	
10:31	119	142.568,12	225.385,91	10,52	4,5	11,23	4,6	1207	
10:33	120	142.563,32	225.276,51	10,53	4,2	11,24	4,4	1099	
10:34	121	142.573,69	225.219,01	10,53	4,5	11,25	4,6	1040	
10:36	122	142.580,54	225.135,56	10,49	5,3	11,19	5,3	957	
10:38	123	142.600,13	225.022,42	10,38	7,9	11,16	8,0	842	
10:40	124	142.624,45	224.970,46	10,25	9,2	10,96	9,2	788	
10:41	125	142.645,29	224.920,36	10,09	10,6	10,85	10,6	736	
10:42	126	142.656,85	224.881,41	10,00	12,4	10,71	12,3	697	
10:44	127	142.698,54	224.790,49	9,85	13,6	10,57	13,5	604	
10:45	128	142.735,58	224.695,86	9,76	14,6	10,47	14,6	511	
10:47	129	142.769,12	224.590,12	9,69	15,2	10,38	15,2	411	
10:49	130	142.769,13	224.595,68	9,65	15,2	10,32	15,2	416	
10:52	131	142.754,03	224.603,12	9,63	15,2	10,31	15,3	421	
10:54	132	142.806,29	224.586,36	9,61	15,8	10,35	15,7	415	
10:56	133	142.879,33	224.482,42	9,61	16,0	10,29	14,8	348	
10:59	134	142.917,52	224.378,52	9,56	16,4	10,33	16,5	293	
11:02	135	142.913,12	224.558,40	9,57	16,2	10,35	15,7	431	
11:05	136	142.901,70	224.701,20	9,59	16,1	10,31	14,4	555	
11:06	137	142.885,54	224.779,10	9,72	14,0	10,46	13,8	623	
11:08	138	142.868,22	224.857,01	9,79	12,2	10,97	11,1	693	
11:09	139	142.856,71	224.933,05	10,26	4,4	10,88	4,8	764	
11:11	140	142.844,06	225.020,22	10,44	4,7	11,14	4,8	847	
11:13	141	142.823,31	225.135,22	10,50	4,8	11,20	5,3	958	
11:15	142	142.783,94	225.227,99	10,56	4,5	11,25	4,6	1046	
11:17	143	142.738,81	225.346,73	10,46	3,8	11,15	3,9	1161	
11:19	144	142.707,57	225.435,78	10,44	3,8	11,12	3,8	1250	

Monitoringscampagne 4 (07/02/2012)

11:21	145	142.628,67	225.489,67	10,42	3,8	11,08	3,8	1305	
11:26	146	142.516,87	225.284,00	10,39	3,8	11,10	3,8	1113	
11:28	147	142.538,78	225.170,85	10,42	3,8	11,14	3,9	997	
11:30	148	142.572,30	225.057,69	10,55	4,0	11,38	4,5	880	
11:32	149	142.605,86	224.968,63	10,57	5,2	11,32	5,4	788	
11:34	150	142.664,97	224.873,98	10,41	7,9	11,12	8,0	689	
11:36	151	142.719,45	224.790,46	10,03	11,0	10,77	11,5	605	
11:38	152	142.790,17	224.690,22	9,86	13,5	10,63	13,2	513	
11:41	153	142.846,90	224.556,63	9,68	15,1	10,41	14,9	400	
11:43	154	142.882,77	224.447,18	9,64	15,7	10,29	15,5	321	
11:45	155	142.909,38	224.367,41	9,63	15,5	10,38	15,4	280	
11:47	156	142.843,16	224.367,50	9,66	16,0	10,37	16,0	233	
11:49	157	142.811,93	224.467,67	9,59	15,5	10,25	15,5	304	
11:51	158	142.776,07	224.578,98	9,67	14,2	10,41	13,9	401	
11:52	159	142.747,15	224.664,32	9,89	11,7	10,55	11,8	481	
11:55	160	142.714,79	224.783,05	10,25	8,0	10,89	8,0	597	
11:56	161	142.695,11	224.834,99	10,43	4,3	11,05	4,6	649	
11:58	162	142.653,42	224.925,91	10,39	3,9	11,08	4,1	741	
12:00	163	142.628,01	225.026,08	10,39	3,9	11,08	3,9	843	
12:02	164	142.565,42	225.117,04	10,37	3,8	11,07	3,9	940	
12:04	165	142.514,39	225.174,59	10,37	3,8	11,07	3,8	1005	
12:06	166	142.573,57	225.133,71	10,38	3,8	11,07	3,8	956	
12:08	167	142.616,42	225.044,64	10,35	3,8	11,06	3,8	862	
12:10	168	142.639,54	224.964,88	10,37	3,8	11,08	3,8	781	
12:12	169	142.645,24	224.890,69	10,39	3,8	11,10	3,8	707	
12:14	170	142.652,12	224.822,07	10,43	3,8	11,15	3,8	638	
12:16	171	142.720,48	224.699,59	10,47	3,8	11,24	4,0	514	
12:18	172	142.779,57	224.588,25	10,53	4,1	11,25	4,2	411	
12:21	173	142.803,84	224.501,06	10,54	5,0	11,23	8,1	333	
12:22	174	142.810,77	224.465,82	10,30	9,4	11,03	9,3	302	
12:25	175	142.905,83	224.322,91	9,94	12,0	10,68	11,5	250	
12:27	176	142.928,07	224.447,12	10,37	4,2	11,06	4,4	349	
12:30	177	142.893,46	224.619,62	10,41	3,8	11,08	3,9	476	
12:32	178	142.935,16	224.532,41	10,39	3,8	11,09	3,9	421	
12:34	179	142.948,95	224.424,84	10,41	3,8	11,14	4,0	348	
12:36	180	142.947,62	224.296,89	10,49	3,9	11,19	4,0	275	
12:37	181	142.934,73	224.217,17	10,53	4,1	11,23	4,1	240	
12:38	182	142.911,34	224.100,38	9,88	15,0	10,71	14,5	231	
12:40	183	142.893,94	224.124,51	9,75	15,1	10,43	15,0	207	
12:42	184	142.915,00	224.228,32	9,76	15,6	9,69	11,7	223	
12:43	185	142.926,69	224.285,79	10,09	5,2	10,83	5,0	251	
12:43	186	142.920,93	224.317,32	10,31	4,2	10,89	4,4	260	
12:45	187	142.926,84	224.395,20	10,44	4,0	11,04	4,0	311	
12:46	188	142.926,91	224.443,41	10,36	3,9	11,05	4,0	346	
12:48	189	142.942,18	224.573,19	10,40	3,8	11,07	3,9	459	
12:50	190	142.929,51	224.649,24	10,37	3,8	11,06	3,9	519	
12:51	191	142.906,19	224.588,08	10,36	3,8	11,07	3,8	454	
12:54	192	142.915,32	224.467,53	10,39	3,8	11,10	3,8	357	
12:56	193	142.910,46	224.308,07	10,42	3,8	11,13	3,8	246	
12:57	194	142.906,85	224.220,92	10,47	3,8	11,18	3,8	213	
12:59	195	142.897,43	224.128,21	10,06	13,4	10,80	13,5	209	
13:00	196	142.879,94	224.076,32	9,87	15,3	10,59	14,9	214	
13:02	197	142.854,52	224.182,05	9,86	14,3	10,48	13,6	158	
13:04	198	142.839,54	224.271,08	9,85	15,4	10,61	15,0	167	
13:05	199	142.836,17	224.356,38	10,30	5,4	10,30	5,3	220	
13:06	200	142.838,53	224.382,34	10,27	4,6	10,97	4,5	242	
13:07	201	142.830,46	224.425,00	10,41	4,1	11,09	4,2	274	
13:09	202	142.817,79	224.501,04	10,41	3,8	11,10	4,0	338	
13:10	203	142.827,21	224.595,60	10,41	3,9	11,08	3,9	430	
13:12	204	142.887,66	224.627,04	10,44	3,9	11,11	3,9	481	
13:14	205	142.920,01	224.500,90	10,39	3,8	11,09	3,9	386	
13:16	206	142.926,86	224.408,18	10,41	3,8	11,10	3,8	320	
13:18	207	142.931,38	224.315,46	10,40	3,8	11,12	3,8	268	
13:20	208	142.919,62	224.207,92	10,42	3,8	11,13	3,8	224	
13:21	209	142.912,53	224.120,78	10,34	9,8	11,94	6,5	226	
13:22	210	142.874,10	224.059,64	10,15	12,7	11,04	13,5	218	
13:23	211	142.900,92	224.128,21	10,15	12,7	10,66	13,2	213	
13:24	212	142.918,40	224.168,98	10,19	4,5	10,90	4,4	223	
13:25	213	142.939,37	224.213,46	10,33	4,1	10,97	4,2	245	
13:26	214	142.952,24	224.278,34	10,53	3,9	11,01	4,0	272	
13:27	215	142.960,41	224.308,00	10,38	3,9	11,06	4,0	291	
13:29	216	142.973,32	224.402,55	10,44	3,9	11,09	3,9	352	
13:30	217	142.969,92	224.463,75	11,61	3,8	11,11	3,9	390	

Monitoringscampagne 4 (07/02/2012)

13:31	218	142.965,37	224.541,64	10,52	3,8	11,22	3,8	446	
13:34	219	142.949,20	224.608,42	10,62	3,7	11,30	3,7	492	
13:36	220	142.922,28	224.456,40	10,46	3,8	11,16	3,8	352	
13:38	221	142.915,16	224.347,00	10,43	3,8	11,13	3,8	272	
13:40	222	142.913,85	224.241,31	10,44	3,8	11,15	3,8	224	
13:41	223	142.907,89	224.131,91	10,44	3,8	11,14	3,8	218	
13:43	224	142.868,36	224.106,00	10,13	12,3	10,84	11,9	190	
13:44	225	142.867,27	224.157,93	10,10	11,6	10,23	11,5	173	
13:45	226	142.867,32	224.193,16	10,30	4,5	10,97	4,4	171	
13:46	227	142.859,26	224.248,80	10,40	4,0	11,03	4,2	175	
13:48	228	142.852,42	224.343,38	10,55	3,8	11,13	4,0	222	
13:49	229	142.857,11	224.376,75	10,53	3,8	11,23	3,8	249	
13:51	230	142.853,77	224.484,31	10,85	3,6	11,39	3,7	337	
13:52	231	142.856,15	224.519,53			11,41	3,7	370	
14:20	232	142.983,03	223.851,80	10,54	5,1	11,32	4,9	440	
14:22	233	142.989,87	223.753,52	10,57	5,0	11,22	5,2	523	
14:24	234	142.989,69	223.618,15	10,47	5,5	11,21	4,8	639	
14:26	235	142.977,92	223.503,20	10,53	4,8	11,24	4,5	739	
14:27	236	142.961,54	223.423,48	10,56	4,5	11,26	4,5	807	
14:30	237	142.946,22	223.264,03	10,54	4,5	11,27	4,3	955	
14:31	238	142.937,95	223.162,06	10,50	4,2	11,21	4,2	1052	
14:33	239	142.930,84	223.058,23	10,53	4,2	11,19	4,2	1152	
14:34	240	142.927,22	222.963,66	10,50	4,2	11,20	4,2	1244	
14:36	241	142.941,29	223.054,50			11,21	4,2	1158	
14:46	242	142.971,43	223.861,09	10,71	4,6	11,35	4,6	426	
14:49	243	142.977,05	223.722,01	10,68	5,0	11,35	4,7	542	
14:50	244	142.973,49	223.666,38	10,60	4,4	11,27	4,3	589	
14:52	245	142.966,42	223.592,22	10,67	3,9	11,35	4,0	652	
14:54	246	142.973,24	223.484,66	10,70	4,0	11,39	3,9	754	
14:56	247	142.970,74	223.353,01	10,57	5,3	11,28	4,6	877	
14:58	248	142.963,62	223.245,47	10,55	4,7	11,32	4,3	978	
15:00	249	142.951,91	223.173,16	10,61	4,5	11,29	4,3	1045	
15:02	250	142.935,54	223.099,01	10,64	4,2	11,33	4,1	1113	
15:03	251	142.930,80	223.032,26	10,65	4,1	11,37	4,1	1177	
15:05	252	142.927,27	222.998,89	10,62	4,2	11,33	4,1	1209	
15:06	253	142.909,91	223.048,98	10,71	4,2	11,32	4,3	1157	
15:14	254	142.958,73	223.922,30	10,76	4,8	11,46	5,3	372	
15:16	255	142.988,83	223.840,67	10,80	4,4	11,55	3,7	453	
15:17	256	143.014,27	223.749,77	10,75	4,2	11,53	3,8	540	
15:19	257	143.026,94	223.670,02	10,77	4,1	11,33	4,7	613	
15:21	258	143.031,48	223.586,57	10,66	4,8	11,38	4,4	687	hoogwater
15:23	259	143.031,34	223.486,44	10,61	4,7	11,34	4,7	776	
15:26	260	143.005,63	223.377,07	10,63	4,4	11,34	4,1	866	
15:28	261	142.986,87	223.251,00	10,73	3,9	11,43	3,9	979	
15:30	262	142.965,81	223.145,33	10,74	4,0	11,39	3,8	1075	
15:31	263	142.956,40	223.054,48	10,79	3,9	11,44	3,9	1161	
15:33	264	142.948,13	222.954,36	10,71	4,0	11,39	3,8	1257	
15:35	265	142.954,95	222.843,09	10,71	3,9	11,44	3,6	1368	
15:45	266	142.956,43	223.942,70	10,71	4,9	11,41	4,9	356	
15:46	267	142.969,14	223.887,06	10,67	4,9	11,36	4,0	405	
15:49	268	142.972,44	223.751,69	10,77	4,1	11,43	4,2	515	
15:51	269	142.951,42	223.673,83	10,78	3,8	11,46	3,9	572	
15:52	270	142.940,88	223.608,94	10,79	3,8	11,48	3,8	627	
15:54	271	142.923,30	223.497,71	10,84	3,7	11,49	3,7	725	
15:56	272	142.908,06	223.403,16	10,83	3,7	11,51	3,7	811	
15:57	273	142.859,13	223.304,95	10,82	3,7	11,50	3,8	896	
15:59	274	142.817,15	223.195,60	10,75	3,7	11,49	3,7	998	
16:02	275	129.175,56	226.711,13	10,79	3,6	11,48	3,6	13755	
16:04	276	129.524,26	226.502,05	10,81	3,6	11,57	3,6	13374	
16:05	277	142.917,05	223.171,36	10,78	3,7	11,54	3,6	1038	
16:07	278	142.934,60	223.265,90	10,80	3,7	11,51	3,6	950	
16:08	279	142.949,78	223.317,80	10,77	3,7	11,53	3,6	904	
16:10	280	142.969,67	223.419,77	10,78	3,7	11,55	3,7	814	
16:12	281	142.980,31	223.553,26	10,79	3,6	11,53	3,7	694	
16:13	282	142.996,75	223.683,04	10,81	3,6	11,52	3,7	586	
16:15	283	142.970,16	223.783,21	10,81	3,6	11,51	3,6	487	
16:16	284	142.938,90	223.861,14	10,86	3,6	11,63	3,6	405	
16:17	285	142.929,70	223.935,32	10,92	3,5	11,62	3,6	343	
16:19	286	142.976,19	223.946,38	10,90	3,5	11,62	3,6	368	
16:22	287	143.034,11	223.820,21	10,83	3,6	11,54	3,6	498	
16:23	288	143.052,61	223.753,43	10,87	3,6	11,55	3,6	560	
16:25	289	143.059,45	223.657,00	10,90	3,6	11,61	3,6	642	
16:27	290	143.046,54	223.555,03	10,92	3,6	11,62	3,6	722	

Monitoringscampagne 4 (07/02/2012)

16:32	291	142.963,34	223.892,63	10,93	3,4	11,60	3,5	397	
16:33	292	142.948,36	223.983,51	10,89	3,5	11,63	3,5	323	
16:34	293	142.972,91	224.098,44	11,04	3,5	11,63	3,6	290	
16:35	294	142.984,59	224.148,49	10,90	3,5	11,67	3,6	291	
16:36	295	143.006,78	224.231,91	10,93	3,5	11,70	3,6	314	
16:37	296	143.016,12	224.268,98	10,91	3,6	11,70	3,6	330	
16:38	297	143.030,17	224.344,99	10,96	3,5	11,70	3,7	370	
16:38	298	143.044,18	224.402,46	10,94	3,6	11,69	3,7	410	
16:39	299	143.050,08	224.471,06	10,93	3,6	11,69	3,6	454	
16:47	300	143.020,33	223.938,91	10,97	3,4	11,66	3,5	407	
16:50	301	142.927,36	223.924,20	10,94	3,4	11,66	3,5	349	
16:51	302	142.898,28	223.896,42	10,90	3,5	11,64	3,5	353	
16:52	303	142.884,34	223.894,59	10,86	3,5	11,61	3,5	347	
16:52	304	142.892,49	223.913,12	10,87	3,5	11,59	3,5	336	

lozingspunt	142.696,32	224.186,02
-------------	------------	------------

Monitoringscampagne 5 (07/03/2012)

Uur	Meetlocatie	X (m)	Y (m)	O ₂ ondiep (mg/l)	T ondiep (°C)	O ₂ diep (mg/l)	T diep (°C)	Afstand tot lozingspunt (m)	Opmerking
7:37	1	142.997,35	222.399,85	9,44	7,0	9,50	7,0	1811	
8:01	2	142.635,55	225.426,61	10,08	6,9	9,91	7,1	1242	
8:03	3	142.649,34	225.322,75	9,93	7,1	9,89	7,1	1138	
8:06	4	142.679,42	225.237,41	9,84	7,3	9,85	7,3	1052	
8:08	5	142.696,72	225.150,23	9,78	8,4	9,84	8,6	964	
8:10	6	142.722,17	225.079,73	9,73	9,8	9,80	9,6	894	
8:12	7	142.749,95	225.007,37	9,65	8,9	9,69	8,9	823	
8:13	8	142.774,24	224.929,45	9,62	10,5	9,69	10,0	748	
8:15	9	142.792,73	224.864,53	9,54	11,2	9,62	9,9	685	
8:17	10	142.823,97	224.773,62	9,43	15,1	9,62	9,7	601	
8:18	11	142.840,18	224.738,37	9,26	17,1	9,62	9,4	571	
8:20	12	142.857,55	224.697,55	9,22	17,7	9,56	9,0	536	
8:21	13	142.869,07	224.625,21	9,12	18,3	9,52	9,4	472	
8:23	14	142.881,73	224.538,04	9,04	20,1	9,61	10,8	398	
8:25	15	142.886,29	224.476,84	9,02	20,1	9,55	11,4	347	
8:26	16	142.882,72	224.410,09	9,02	21,1	9,55	11,7	291	
8:28	17	142.883,82	224.371,15	8,92	21,7	9,60	11,4	263	
8:30	18	142.861,79	224.400,85	8,87	21,4	9,57	12,1	271	
8:32	19	142.844,50	224.501,01	9,01	20,0	9,60	11,4	348	
8:33	20	142.823,73	224.603,02	8,99	19,7	9,55	11,6	436	
8:35	21	142.804,11	224.693,91	9,14	16,1	9,60	10,5	519	
8:37	22	142.790,27	224.762,54	9,25	15,7	9,69	9,4	584	
8:39	23	142.789,12	224.775,52	9,20	11,3	9,80	9,3	597	
8:41	24	142.787,97	224.779,23	9,55	11,7	9,79	9,1	600	
8:43	25	142.785,66	224.788,51	9,42	13,2	9,76	9,1	609	
8:45	26	142.787,99	224.797,78	9,33	14,2	9,63	9,4	619	
8:46	27	142.785,68	224.803,34	9,34	11,9	9,89	10,4	624	
8:49	28	142.784,53	224.810,76	9,40	14,7	9,59	10,3	631	
8:51	29	142.784,54	224.821,89	9,34	14,5	9,60	10,5	642	
8:52	30	142.784,55	224.831,16	9,33	14,6	9,60	10,6	651	
8:54	31	142.779,93	224.846,00	9,30	14,3	9,59	10,5	665	
8:56	32	142.738,29	224.972,15	9,47	13,7	9,57	13,0	787	
8:57	33	142.701,28	225.089,03	9,47	11,3	9,56	10,1	903	
8:59	34	142.672,33	225.153,97	9,59	9,8	9,69	9,6	968	
9:00	35	142.646,86	225.211,49	9,66	9,4	9,75	9,4	1027	
9:02	36	142.606,35	225.315,39	9,77	8,9	9,82	8,9	1133	
9:03	37	142.583,20	225.371,05	9,78	8,7	9,84	8,7	1190	
9:04	38	142.562,35	225.411,88	9,82	8,6	9,90	7,9	1233	
9:05	39	142.544,97	225.437,87	9,83	8,1	9,89	7,8	1261	
9:06	40	142.525,18	225.408,22	9,88	8,3	9,95	7,8	1234	
9:07	41	142.528,62	225.378,55	9,90	8,6	9,95	8,5	1204	
9:08	42	142.548,28	225.319,18	9,92	8,9	9,96	8,9	1143	
9:10	43	142.566,79	225.269,09	9,90	9,0	9,93	9,0	1091	
9:11	44	142.578,36	225.231,99	9,82	9,4	9,90	9,2	1053	laagwater
9:12	45	142.605,00	225.181,88	9,77	9,5	9,82	9,4	1000	
9:13	46	142.633,97	225.135,48	9,72	9,9	9,80	10,2	952	
9:15	47	142.659,46	225.089,09	9,61	12,6	9,79	10,0	904	
9:16	48	142.682,64	225.051,97	9,54	12,5	9,70	10,2	866	
9:17	49	142.703,50	225.016,71	9,48	12,3	9,69	10,4	831	
9:18	50	142.717,41	224.998,14	9,46	11,8	9,61	10,4	812	
9:19	51	142.726,68	224.983,30	9,47	11,6	9,56	10,5	798	
9:20	52	142.740,62	224.983,28	9,48	11,8	9,58	10,4	798	
9:23	53	142.718,74	225.113,11	9,59	11,9	9,68	10,3	927	
9:25	54	142.675,91	225.220,72	9,77	9,3	9,69	9,2	1035	
9:27	55	142.619,13	225.319,08	9,71	9,2	9,81	9,1	1136	
9:28	56	142.592,48	225.363,62	9,76	9,2	9,85	9,0	1182	
9:29	57	142.572,80	225.410,01	9,80	9,2	9,94	8,8	1230	
9:30	58	142.586,72	225.397,01	9,93	9,2	9,87	9,1	1216	
9:31	59	142.583,18	225.354,37	9,76	9,2	9,89	8,9	1174	
9:32	60	142.583,12	225.313,57	9,77	9,5	9,83	9,3	1133	
9:33	61	142.592,34	225.261,64	9,72	9,8	9,85	9,3	1081	
9:34	62	142.614,33	225.205,97	9,72	10,0	9,79	9,7	1023	
9:35	63	142.647,93	225.146,59	9,64	11,6	9,75	10,4	962	
9:37	64	142.686,16	225.074,22	9,61	11,5	9,67	10,5	888	
9:38	65	142.709,33	225.031,53	9,57	11,1	9,64	10,8	846	
9:40	66	142.740,63	224.985,13	9,51	11,6	9,59	10,2	800	
9:41	67	142.753,38	224.970,28	9,51	11,6	9,59	10,2	786	
9:43	68	142.754,54	224.968,42	9,38	14,1	9,46	10,2	785	
9:45	69	142.869,23	224.740,18	9,33	14,6	9,52	10,3	581	
9:47	70	142.761,51	224.964,70	9,30	14,2	9,63	10,7	781	
9:49	71	142.754,61	225.016,64	9,61	10,7	9,55	11,3	833	

Monitoringscampagne 5 (07/03/2012)

9:53	72	142.682,84	225.196,61	9,71	10,2	9,74	10,6	1011	
9:54	73	142.626,11	225.320,93	9,73	9,4	9,78	9,2	1137	
9:56	74	142.604,16	225.404,40	9,97	9,2	9,89	9,0	1222	
9:58	75	142.570,52	225.441,54	9,94	9,1	9,99	8,6	1262	
9:59	76	142.580,88	225.372,91	9,85	9,3	9,96	8,9	1192	
10:01	77	142.603,98	225.278,31	9,89	9,6	9,91	9,3	1096	
10:02	78	142.638,70	225.192,96	9,75	11,0	9,86	10,7	1009	
10:04	79	142.671,11	225.115,03	9,66	11,0	9,76	11,0	929	
10:05	80	142.704,70	225.044,52	9,69	10,5	9,71	10,5	859	
10:07	81	142.740,59	224.959,17	9,55	11,9	9,65	11,5	774	
10:09	82	142.761,45	224.925,76	9,40	14,0	9,57	10,5	743	
10:11	83	142.771,90	224.918,33	9,29	15,2	9,56	10,9	736	
10:13	84	142.774,21	224.912,77	9,27	15,6	9,59	10,9	731	
10:15	85	142.776,53	224.907,20	9,25	15,7	9,58	11,1	726	
10:17	86	142.807,78	224.823,71	9,23	15,9	9,45	15,3	647	
10:19	87	142.837,87	224.745,79	9,16	17,3	9,31	17,0	577	
10:20	88	142.851,76	224.706,83	9,07	17,8	9,29	17,0	544	
10:21	89	142.881,88	224.647,45	9,09	17,7	9,20	16,8	497	
10:22	90	142.895,76	224.606,63	9,07	18,9	9,14	18,0	466	
10:23	91	142.920,08	224.547,26	8,92	19,9	9,03	17,2	425	
10:25	92	142.919,97	224.471,23	8,85	20,9	9,24	15,5	362	
10:26	93	142.919,86	224.389,64	8,85	20,9	9,28	18,8	302	
10:29	94	142.875,80	224.447,19	8,91	19,7	9,08	16,0	317	
10:30	95	142.853,83	224.525,10	8,94	19,3	9,19	16,9	374	
10:33	96	142.826,08	224.616,00	8,99	18,5	9,21	16,9	449	
10:39	97	142.713,80	224.909,14	9,47	12,6	9,72	10,6	723	
10:41	98	142.688,36	224.990,77	9,75	10,8	9,84	9,9	805	
10:43	99	142.662,96	225.096,50	9,96	9,6	10,07	9,4	911	
10:44	100	142.632,88	225.185,55	10,13	9,0	10,23	8,9	1002	
10:46	101	142.612,08	225.261,61	10,17	7,5	10,20	7,7	1079	
10:48	102	142.593,61	225.339,52	10,12	7,3	10,16	7,4	1158	
10:50	103	142.573,92	225.376,63	10,06	7,2	10,10	7,2	1197	
10:52	104	142.572,64	225.293,19	10,13	7,2	10,15	7,3	1114	
10:54	105	142.602,73	225.215,26	10,20	7,5	10,24	7,6	1033	
10:55	106	142.620,06	225.155,90	10,28	8,6	10,34	8,4	973	
10:56	107	142.649,00	225.083,54	10,15	9,2	10,24	8,9	899	
10:58	108	142.686,07	225.014,88	9,73	11,5	10,16	9,9	829	
11:00	109	142.709,20	224.936,96	9,41	14,5	9,96	9,4	751	
11:01	110	142.719,54	224.855,36	9,36	15,0	9,58	11,9	670	
11:03	111	142.729,90	224.790,44	9,23	16,6	9,62	11,0	605	
11:05	112	142.757,65	224.693,98	9,16	17,2	9,35	15,2	512	
11:07	113	142.800,48	224.590,08	9,09	17,9	9,24	16,8	417	
11:09	114	142.835,23	224.512,15	9,02	19,1	9,31	15,0	354	
11:10	115	142.847,88	224.424,98	8,92	20,5	9,62	16,4	283	
11:12	116	142.867,53	224.352,63	8,88	20,5	9,41	12,8	239	
11:14	117	142.872,12	224.308,12	8,85	21,6	9,27	16,7	214	
11:16	118	142.875,76	224.421,23	8,94	19,6	9,37	13,1	296	
11:18	119	142.878,28	224.567,72	9,02	17,9	9,37	16,1	423	
11:20	120	142.851,68	224.653,05	9,09	17,8	9,24	17,4	492	
11:22	121	142.826,23	224.730,97	9,08	17,4	9,23	16,3	560	
11:24	122	142.801,93	224.799,61	9,16	16,8	9,37	16,4	623	
11:26	123	142.778,85	224.907,20	9,18	16,6	9,80	10,3	726	
11:28	124	142.756,93	225.012,92	9,34	15,0	9,55	13,9	829	
11:30	125	142.718,75	225.120,53	9,69	7,7	9,66	7,9	935	
11:32	126	142.689,83	225.211,43	9,82	7,3	9,82	7,4	1025	
11:34	127	142.657,46	225.317,17	9,74	7,1	9,78	7,1	1132	
11:36	128	142.628,52	225.383,97	9,78	7,1	9,79	7,1	1200	
11:37	129	142.583,29	225.434,10	9,83	7,1	9,78	7,1	1253	
11:39	130	142.583,19	225.361,78	9,74	7,1	9,80	7,1	1181	
11:41	131	142.602,78	225.254,20	9,81	7,1	9,83	7,1	1072	
11:43	132	142.587,54	225.157,80	9,80	7,1	9,84	7,1	978	
11:44	133	142.601,42	225.111,42	9,92	7,1	9,87	7,1	930	
11:46	134	142.636,09	224.992,70	9,84	7,1	9,98	7,3	809	
11:47	135	142.660,40	224.929,61	9,91	7,1	9,98	7,4	744	
11:49	136	142.699,74	224.820,15	9,64	13,7	10,01	7,8	634	
11:51	137	142.739,10	224.721,82	9,43	15,2	10,06	10,0	538	
11:53	138	142.771,48	224.616,08	9,23	17,0	9,61	14,0	437	
11:55	139	142.806,16	224.495,50	9,18	16,8	9,34	15,9	328	
11:56	140	142.826,96	224.415,73	9,15	17,0	9,33	16,2	264	
11:58	141	142.850,08	224.330,40	8,96	20,6	9,21	16,5	211	
12:00	142	142.865,04	224.226,54	8,98	19,9	9,19	18,6	174	
12:03	143	142.829,11	224.285,93	8,86	21,5	9,25	17,1	166	
12:05	144	142.823,44	224.386,07	8,87	20,1	9,17	15,9	237	

Monitoringscampagne 5 (07/03/2012)

12:07	145	142.820,01	224.426,87	9,07	17,0	9,37	15,6	271	
12:09	146	142.788,78	224.527,04	9,20	16,4	9,62	10,6	353	
12:10	147	142.784,20	224.577,12	9,67	8,1	9,81	7,8	401	
12:11	148	142.779,62	224.621,63	9,82	7,4	9,84	7,5	444	
12:12	149	142.766,88	224.653,17	9,82	7,3	9,90	7,6	472	
12:14	150	142.732,15	224.736,66	10,00	7,4	10,00	7,5	552	
12:16	151	142.698,61	224.844,26	9,92	7,1	9,92	7,2	658	
12:20	152	142.645,36	224.975,99	9,80	7,1	9,84	7,2	792	
12:21	153	142.615,22	225.018,69	9,80	7,1	9,81	7,1	837	
12:23	154	142.571,24	225.126,30	9,81	7,1	9,81	7,1	949	
12:29	155	142.498,36	225.335,94	9,85	7,1	9,85	7,1	1167	
12:31	156	142.616,74	225.272,73	9,89	7,1	9,89	7,1	1090	
12:32	157	142.714,15	225.159,48	9,87	7,1	9,87	7,1	974	
12:35	158	142.787,16	225.036,99	9,83	7,1	9,86	7,1	856	
12:37	159	142.854,36	224.908,95	9,79	7,1	9,82	7,1	740	
12:39	160	142.883,23	224.784,67	9,77	7,1	9,81	7,1	627	
12:40	161	142.898,17	224.667,82	9,79	7,1	9,81	7,1	522	
12:43	162	142.932,78	224.495,32	9,82	7,1	9,81	7,1	389	
12:44	163	142.929,17	224.398,90	9,81	7,1	9,88	7,3	315	
12:45	164	142.938,38	224.341,41	9,84	7,2	9,88	7,2	288	
12:48	165	142.886,00	224.265,45	9,44	15,0	9,76	14,5	206	
12:49	166	142.843,14	224.354,52	9,36	10,3	9,56	8,5	223	
12:50	167	142.838,52	224.376,78	9,71	8,1	9,79	7,9	238	
12:50	168	142.831,59	224.399,04	9,84	7,7	9,81	7,7	252	
12:51	169	142.824,65	224.425,01	9,78	7,5	9,81	7,5	271	
12:53	170	142.813,11	224.482,51	9,75	7,2	9,79	7,2	319	
12:55	171	142.809,70	224.534,43	9,81	7,1	9,84	7,1	366	
12:56	172	142.802,79	224.575,24	9,83	7,1	9,87	7,1	404	
12:59	173	142.783,15	224.658,71	9,89	7,1	9,92	7,1	481	
13:00	174	142.836,55	224.628,97	9,89	7,1	9,93	7,1	465	
13:03	175	142.886,28	224.467,57	9,85	7,1	9,91	7,1	340	
13:05	176	142.912,75	224.283,96	9,84	7,1	9,90	7,1	238	
13:06	177	142.891,82	224.271,01	9,90	7,1	9,89	7,1	213	
13:08	178	142.864,05	224.350,78	9,95	7,1	9,91	7,1	235	
13:10	179	142.840,91	224.419,42	9,91	7,1	9,92	7,1	275	
13:11	180	142.825,86	224.458,38	9,99	7,1	9,96	7,1	302	
13:14	181	142.884,91	224.315,52	9,99	7,1	9,98	7,1	229	
13:16	182	142.884,73	224.182,01	9,68	14,3	9,70	13,3	188	
13:17	183	142.889,22	224.068,89	9,51	13,9	9,66	13,6	226	
13:18	184	142.883,33	224.009,56	9,38	15,9	9,58	13,6	257	
13:19	185	142.864,74	224.009,58	9,39	16,0	9,62	12,6	244	
13:19	186	142.860,12	224.029,99	9,39	15,4	9,56	14,3	226	
13:20	187	142.859,02	224.072,64	9,44	14,2	9,57	14,0	198	
13:21	188	142.863,72	224.109,72	9,70	13,5	9,50	13,3	184	
13:21	189	142.862,62	224.154,22	9,52	13,9	9,60	12,9	169	
13:22	190	142.869,62	224.178,32	9,55	14,9	9,63	14,4	173	
13:41	191	143.116,27	224.446,87	10,37	6,8	10,42	6,9	494	
13:43	192	143.070,78	224.313,41	10,33	6,9	10,34	6,9	396	
13:45	193	143.018,27	224.135,47	10,37	6,9	10,29	6,9	326	
13:47	194	142.987,88	224.002,00	10,24	6,9	10,29	6,9	345	
13:50	195	142.916,89	223.909,38	10,06	9,4	10,10	8,1	354	
13:51	196	142.908,70	223.870,45	9,94	9,8	10,15	7,5	380	
13:51	197	142.931,88	223.831,48	9,92	8,8	10,18	8,5	426	
13:52	198	142.956,22	223.781,38	10,03	8,7	10,13	7,7	481	
13:53	199	142.957,31	223.733,16	9,92	9,6	10,10	8,7	523	
13:54	200	142.958,43	223.701,64	9,88	9,6	10,07	9,2	551	
13:55	201	142.946,76	223.662,71	9,92	9,0	10,05	8,2	580	
13:56	202	142.929,26	223.610,82	9,92	8,9	10,10	8,2	621	
13:57	203	142.911,73	223.534,81	9,82	8,2	10,00	8,1	686	
13:58	204	142.894,23	223.484,77	9,96	7,9	10,04	7,8	729	
14:00	205	142.884,85	223.418,03	10,01	7,6	10,07	7,6	791	
14:01	206	142.883,58	223.338,29	10,05	7,5	10,12	7,6	868	
14:02	207	142.886,98	223.275,24	10,08	7,5	10,12	7,5	931	
14:03	208	142.879,91	223.206,64	10,06	7,5	10,14	7,4	996	
14:04	209	142.885,64	223.151,00	10,05	7,5	10,12	7,5	1052	
14:06	210	142.902,97	223.073,10	9,95	7,5	10,08	7,5	1132	
14:08	211	142.910,97	222.978,52	9,92	7,6	10,07	7,5	1226	
14:12	212	142.969,36	223.189,83	10,17	7,6	10,20	7,6	1033	
14:14	213	142.993,83	223.241,72	10,13	7,6	10,19	7,6	990	
14:18	214	142.994,03	223.390,06	10,13	7,6	10,19	7,6	850	
14:21	215	142.997,74	223.555,09	10,15	7,9	10,21	7,8	699	
14:23	216	142.989,70	223.623,71	10,13	8,0	10,22	7,9	634	
14:24	217	142.982,87	223.731,27	10,12	8,3	10,26	7,7	537	

Monitoringscampagne 5 (07/03/2012)

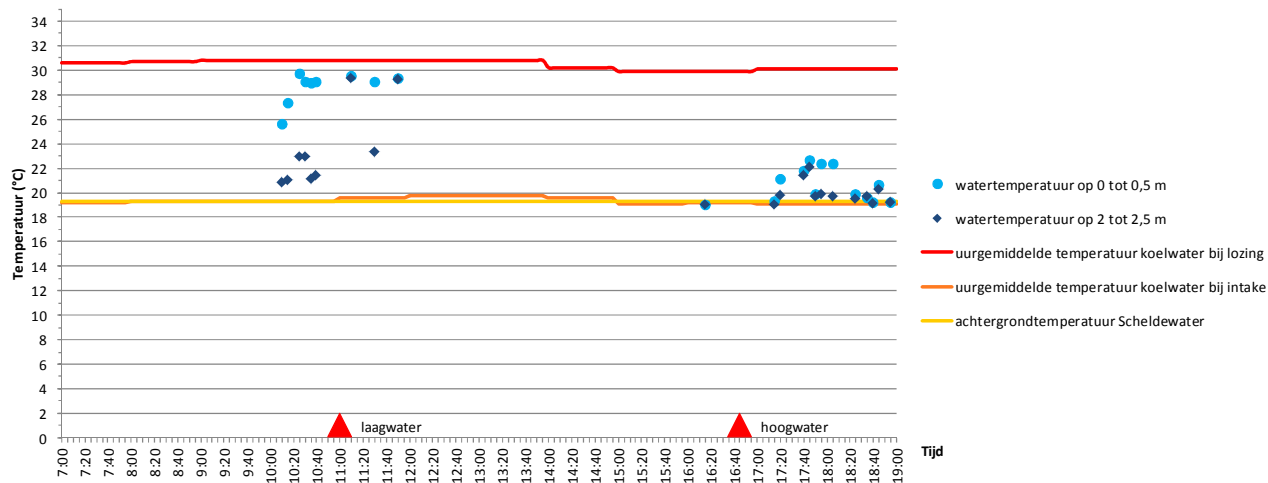
14:27	218	142.963,26	223.835,14	10,13	8,6	10,20	8,4	441	
14:29	219	142.922,71	223.916,79	10,06	8,7	10,09	8,8	352	
14:30	220	142.922,68	223.896,39	10,04	8,5	10,06	8,3	368	
14:32	221	142.949,31	223.827,74	10,13	8,3	10,23	7,6	439	
14:33	222	142.963,17	223.766,53	10,12	7,8	10,25	7,6	497	
14:34	223	142.963,10	223.720,17	10,23	7,5	10,24	7,5	537	
14:35	224	142.938,62	223.659,01	10,17	7,5	10,28	7,4	580	
14:37	225	142.915,29	223.588,58	10,17	7,3	10,23	7,3	636	
14:38	226	142.910,54	223.514,42	10,18	7,3	10,29	7,2	705	
14:40	227	142.894,16	223.430,99	10,27	7,2	10,30	7,1	781	
14:42	228	142.841,76	223.347,62	10,19	7,3	10,24	7,3	851	
14:44	229	142.869,49	223.230,76	10,19	7,3	10,25	7,2	971	
14:46	230	142.897,21	223.110,19	10,20	7,2	10,28	7,1	1094	
14:48	231	142.931,93	223.010,01	10,21	7,1	10,25	7,1	1199	
14:50	232	142.936,67	223.078,61	10,26	7,1	10,36	7,0	1133	
14:52	233	142.942,59	223.156,49	10,26	7,1	10,37	7,0	1059	hoogwater
14:55	234	142.970,77	223.371,55	10,32	7,1	10,39	7,0	859	
14:58	235	142.995,40	223.543,97	10,39	7,0	10,42	7,0	708	
15:00	236	142.968,95	223.747,98	10,38	7,0	10,44	7,0	516	
15:02	237	142.950,48	223.837,01	10,37	7,0	10,42	7,0	432	
15:03	238	142.891,28	223.874,18	10,35	7,1	10,50	7,0	368	
15:04	239	142.861,06	223.863,10	10,33	7,0	10,58	6,9	363	
15:05	240	142.835,51	223.870,55	10,33	7,1	10,56	6,9	345	
15:05	241	142.852,94	223.877,94	10,34	7,0	10,46	7,0	346	
15:06	242	142.868,07	223.892,76	10,37	7,0	10,48	7,0	340	
15:07	243	142.934,23	223.844,45	10,43	7,0	10,48	7,0	416	
15:10	244	142.962,00	223.760,97	10,44	7,0	10,42	7,1	501	
15:12	245	142.940,95	223.664,57	10,36	7,0	10,42	7,1	576	
15:14	246	142.917,61	223.584,87	10,42	7,0	10,45	7,0	641	
15:16	247	142.907,02	223.492,17	10,41	7,0	10,48	7,0	725	
15:18	248	142.872,03	223.390,23	10,45	6,9	10,48	7,0	815	
15:20	249	142.868,36	223.258,58	10,43	6,9	10,46	7,0	943	
15:22	250	142.878,69	223.162,14	10,41	6,9	10,45	6,9	1040	
15:25	251	142.899,43	223.037,87	10,41	6,9	10,46	6,9	1166	
15:30	252	142.958,97	223.243,62	10,40	7,0	10,48	7,0	978	
15:33	253	142.960,50	223.510,64	10,42	7,0	10,50	7,0	725	
15:36	254	142.979,31	223.671,94	10,42	7,0	10,49	7,0	587	
15:39	255	142.981,90	223.875,91	10,42	7,0	10,50	7,0	422	
15:41	256	142.979,77	224.020,55	10,43	7,1	10,54	7,1	328	
15:43	257	143.020,66	224.187,39	10,47	7,1	10,53	7,1	324	
15:45	258	143.045,29	224.361,66	10,48	7,1	10,54	7,1	391	
15:47	259	143.071,11	224.560,04	10,48	7,1	10,55	7,2	529	
15:49	260	143.086,46	224.743,60	10,48	7,1	10,55	7,2	681	
15:51	261	143.094,83	224.927,17	10,48	7,2	10,55	7,2	841	
15:53	262	143.081,14	225.116,33	10,49	7,2	10,55	7,2	1007	
15:55	263	143.048,85	225.288,82	10,46	7,3	10,59	7,3	1158	
15:57	264	143.013,08	225.465,03	10,89	6,7	10,89	6,7	1318	
15:58	265	142.989,97	225.550,36	10,86	6,6	10,94	6,6	1396	

lozingspunt	142.696,32	224.186,02
-------------	------------	------------

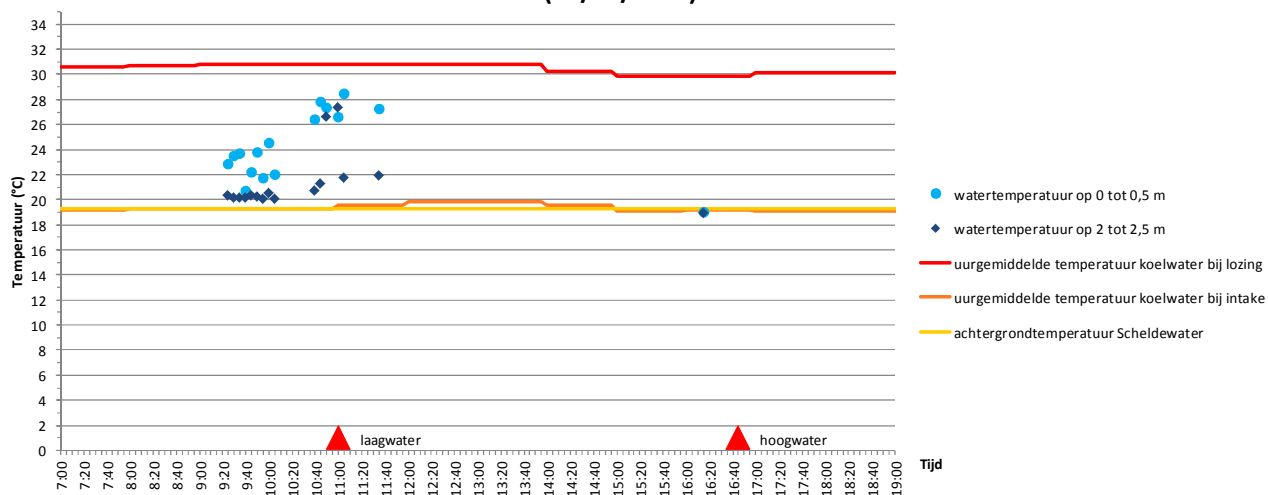
Bijlage 3 Grafische voorstelling van het temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (afzonderlijke monitoringscampagnes)

Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 1)

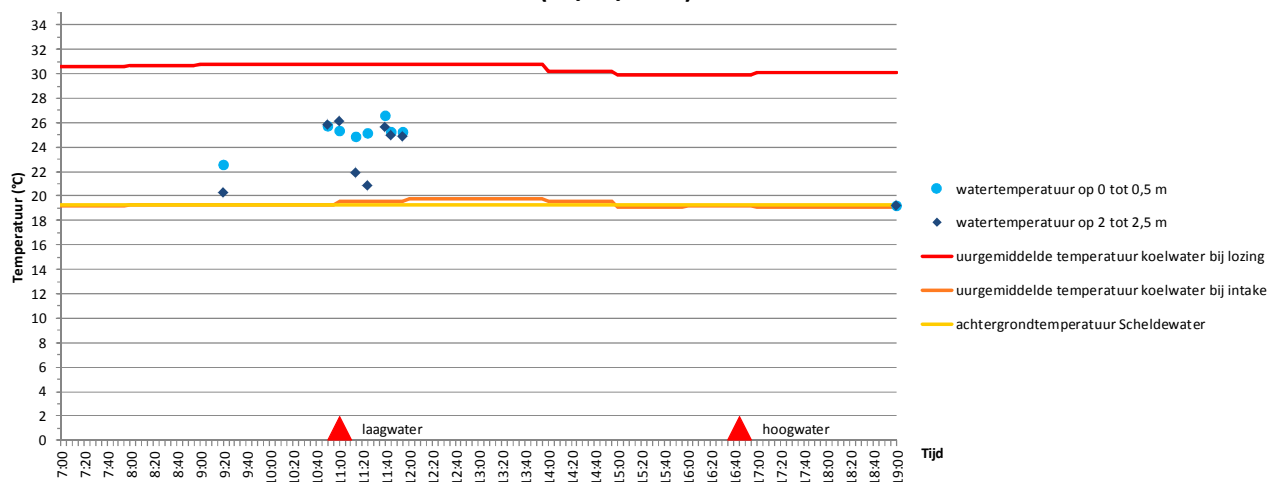
Temperatuurverloop (over 12h) op 450-550 m stroomafwaarts van het lozingspunt (16/06/2011)



Temperatuurverloop (over 12h) op 600-750 m stroomafwaarts van het lozingspunt (16/06/2011)

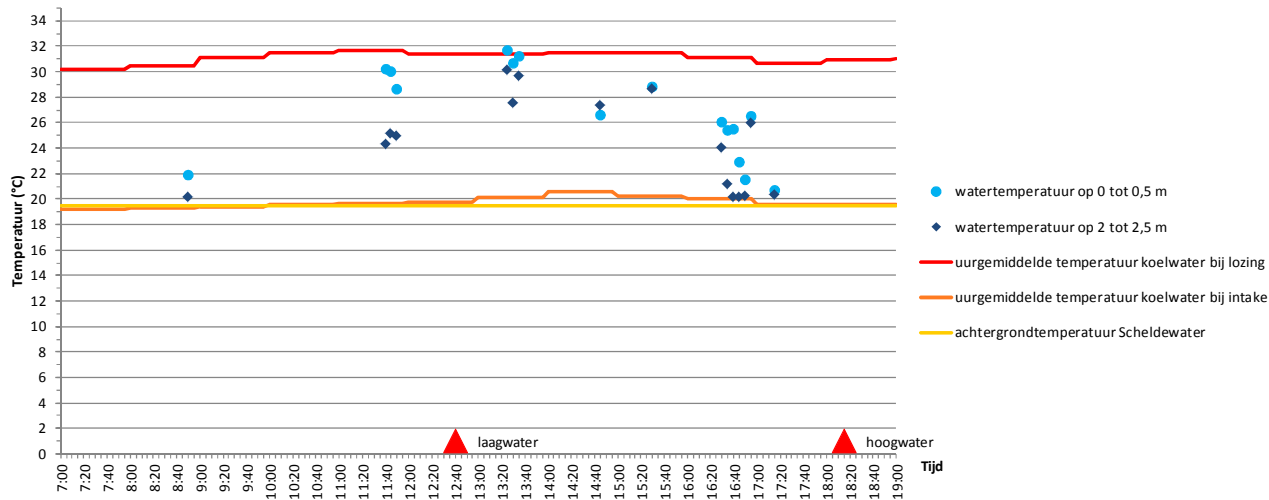


Temperatuurverloop (over 12h) op 850-950 m stroomafwaarts van het lozingspunt (16/06/2011)

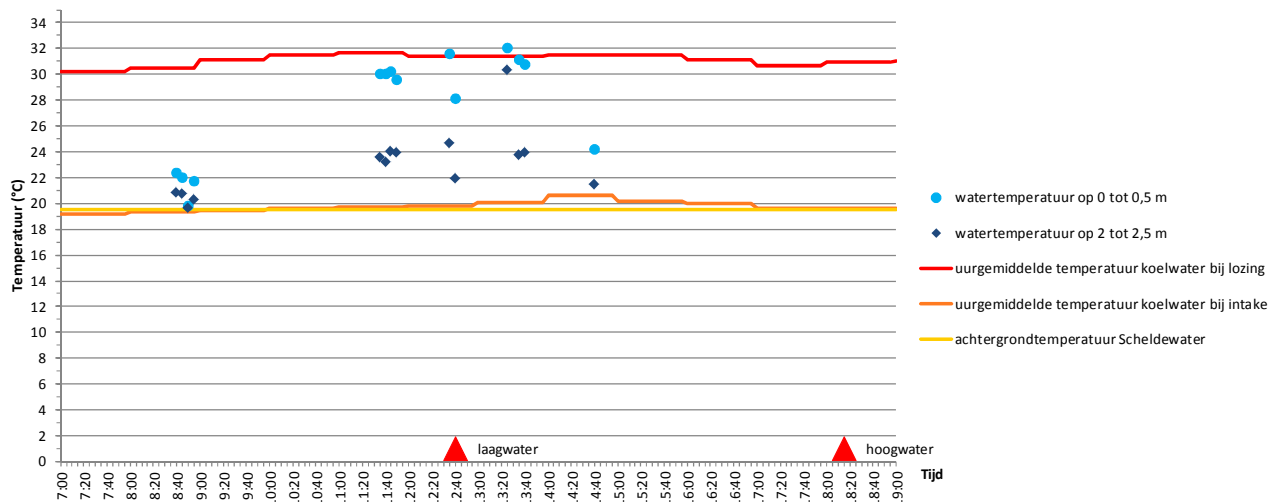


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 2)

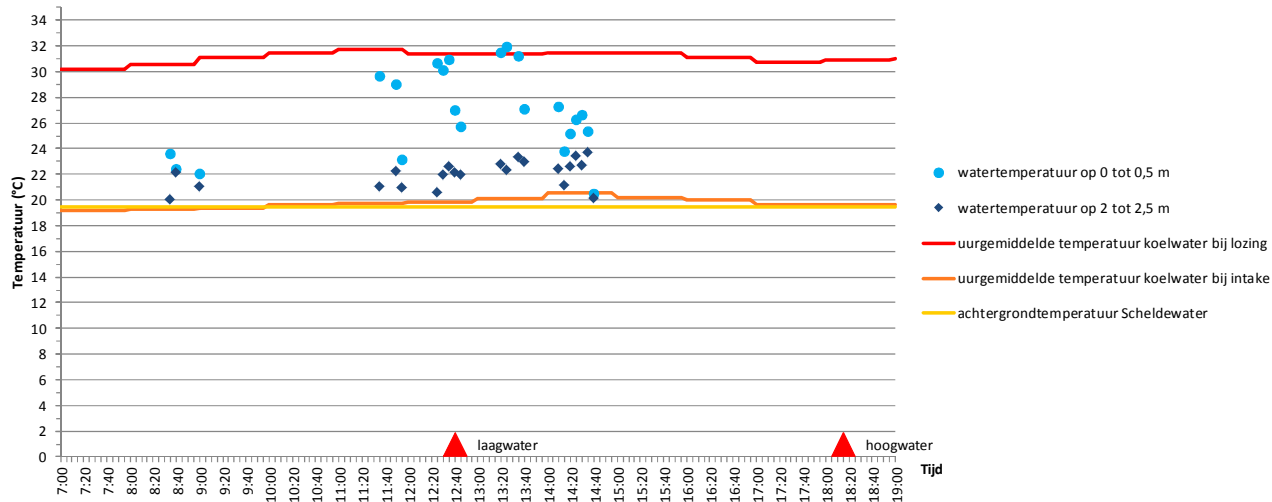
Temperatuurverloop (over 12h) op 150-300 m (mengzone) stroomafwaarts van het lozingspunt (02/08/2011)



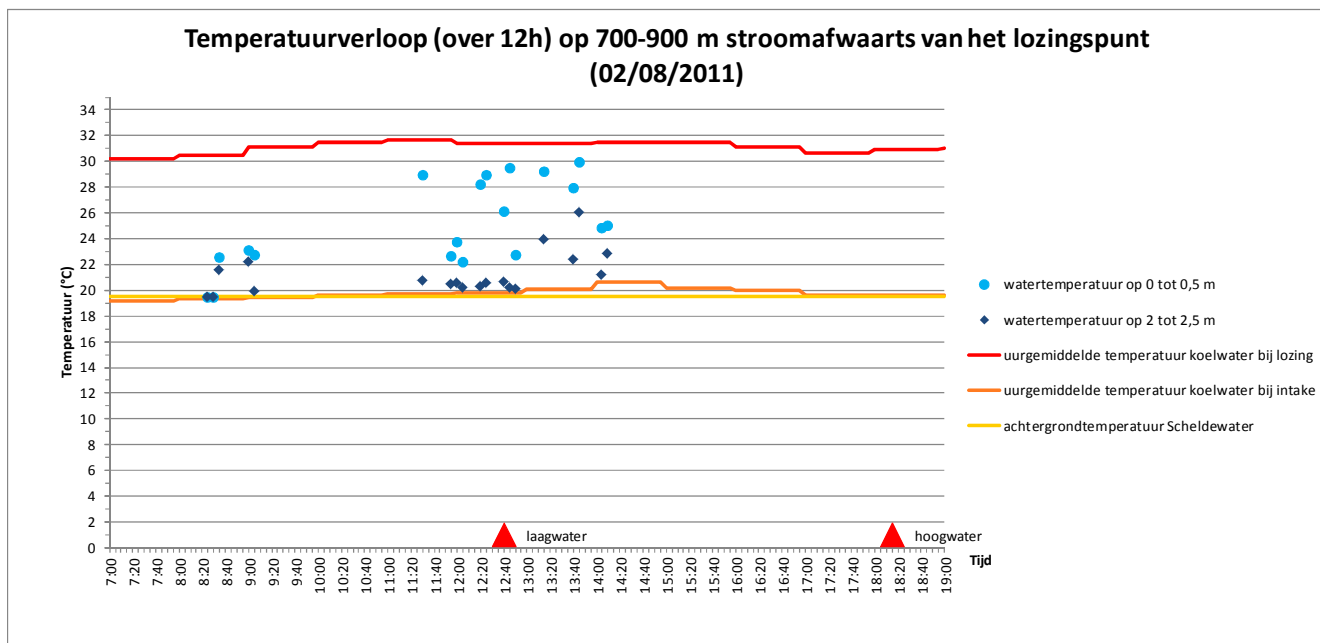
Temperatuurverloop (over 12h) op 350-400 m stroomafwaarts van het lozingspunt (02/08/2011)



Temperatuurverloop (over 12h) op 450-650 m stroomafwaarts van het lozingspunt (02/08/2011)

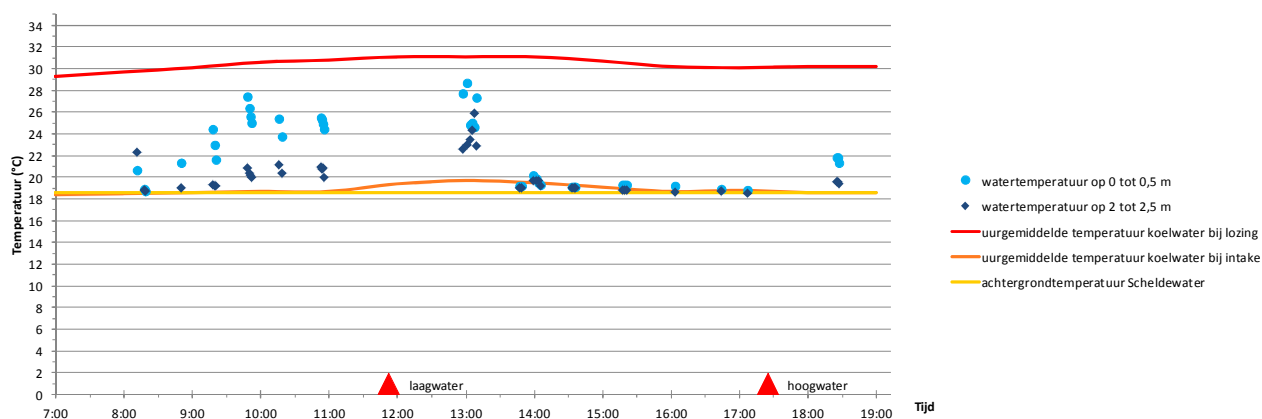


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 2)

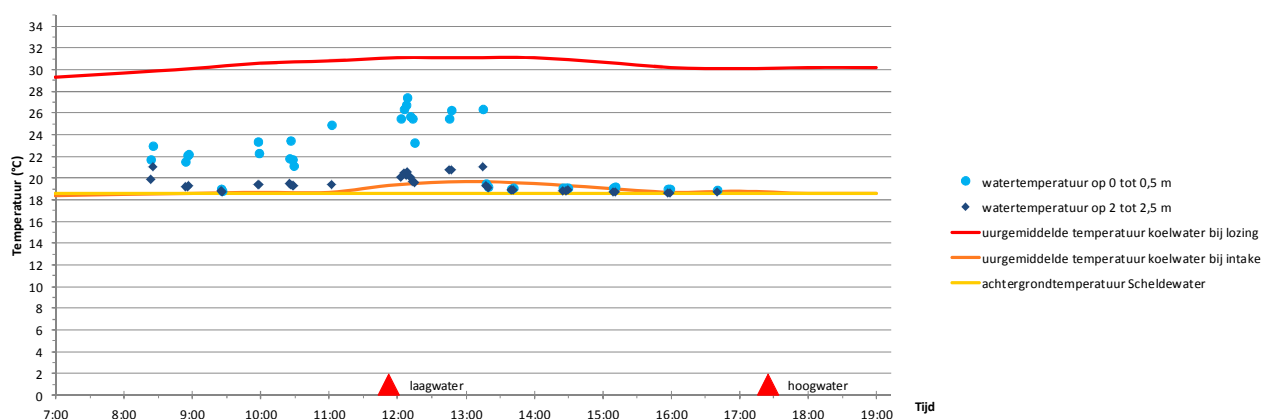


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 3)

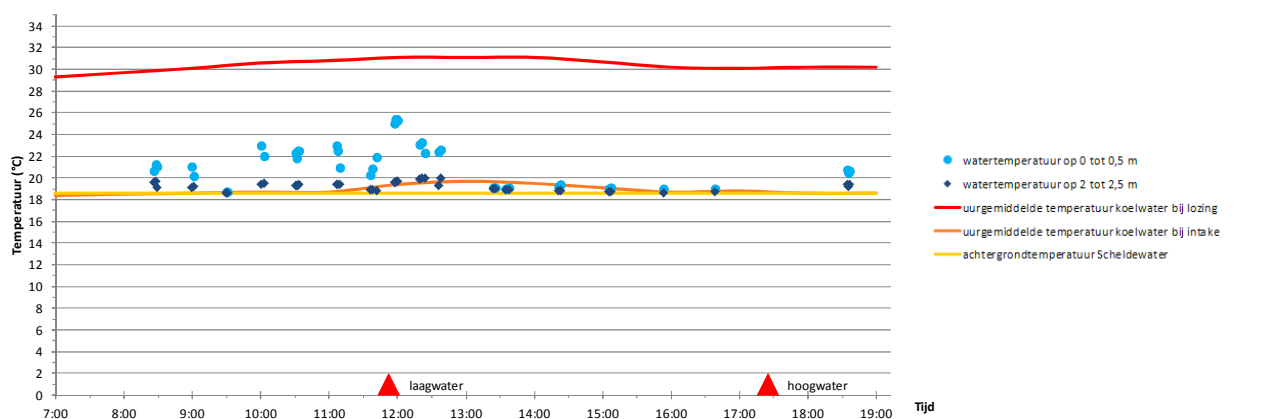
Temperatuurverloop (over 12h) op 300-450 m stroomafwaarts van het lozingspunt (29/09/2011)



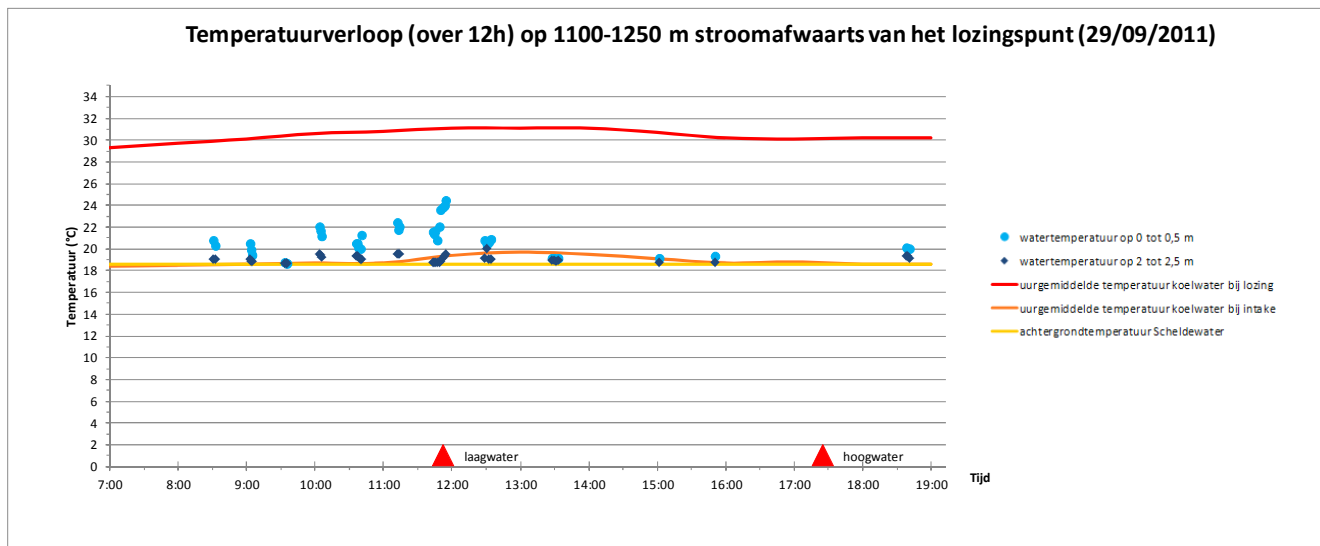
Temperatuurverloop (over 12h) op 650-800 m stroomafwaarts van het lozingspunt (29/09/2011)



Temperatuurverloop (over 12h) op 900-1000 m stroomafwaarts van het lozingspunt (29/09/2011)

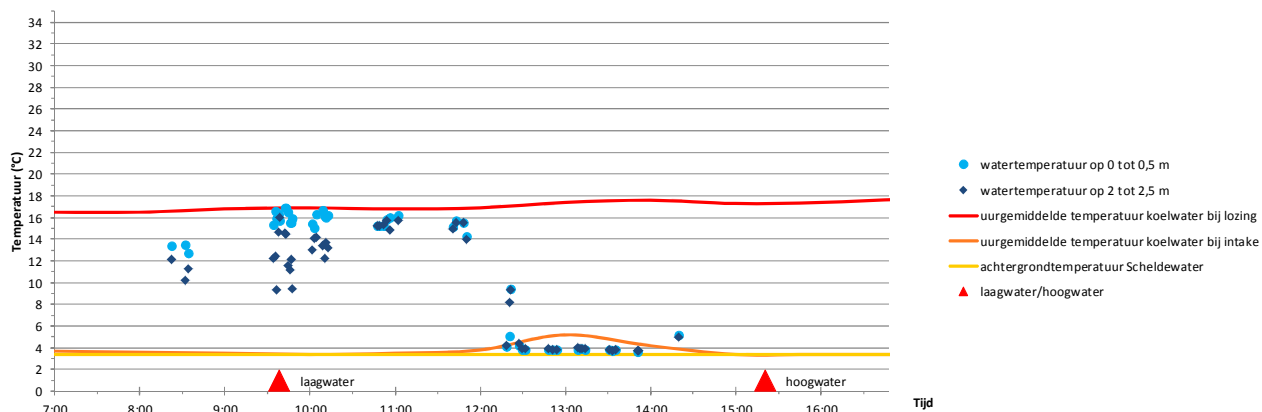


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 3)

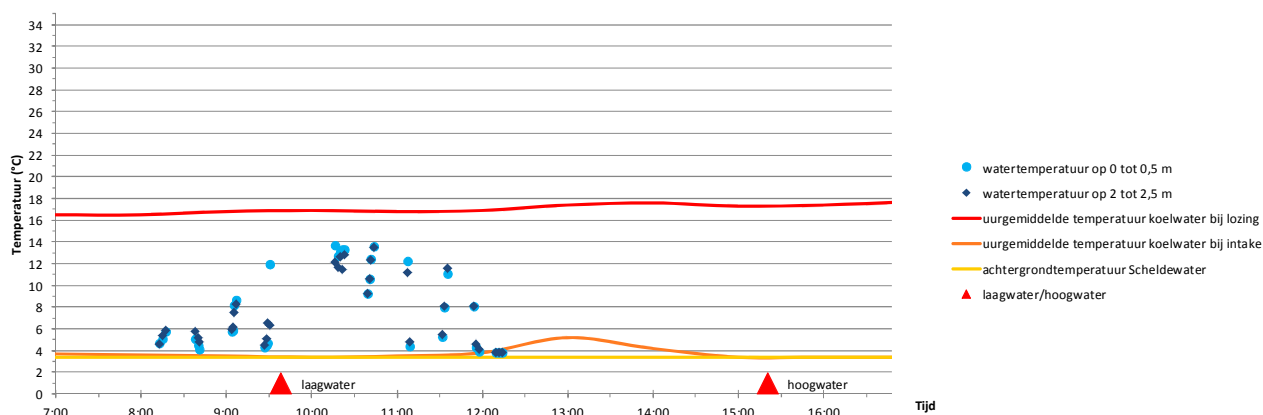


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 4)

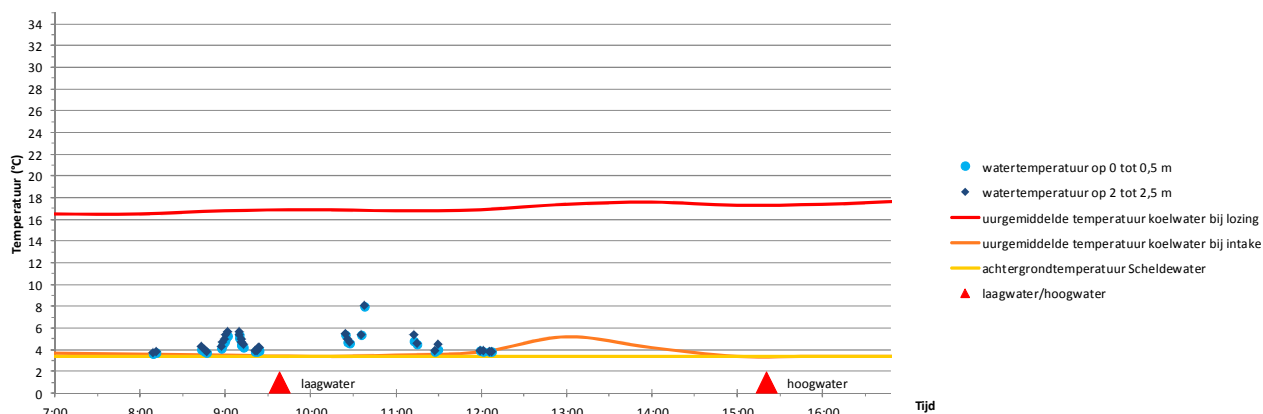
Temperatuurverloop (over 12 h) op 300-500 m stroomafwaarts van het lozingspunt (07/02/12)



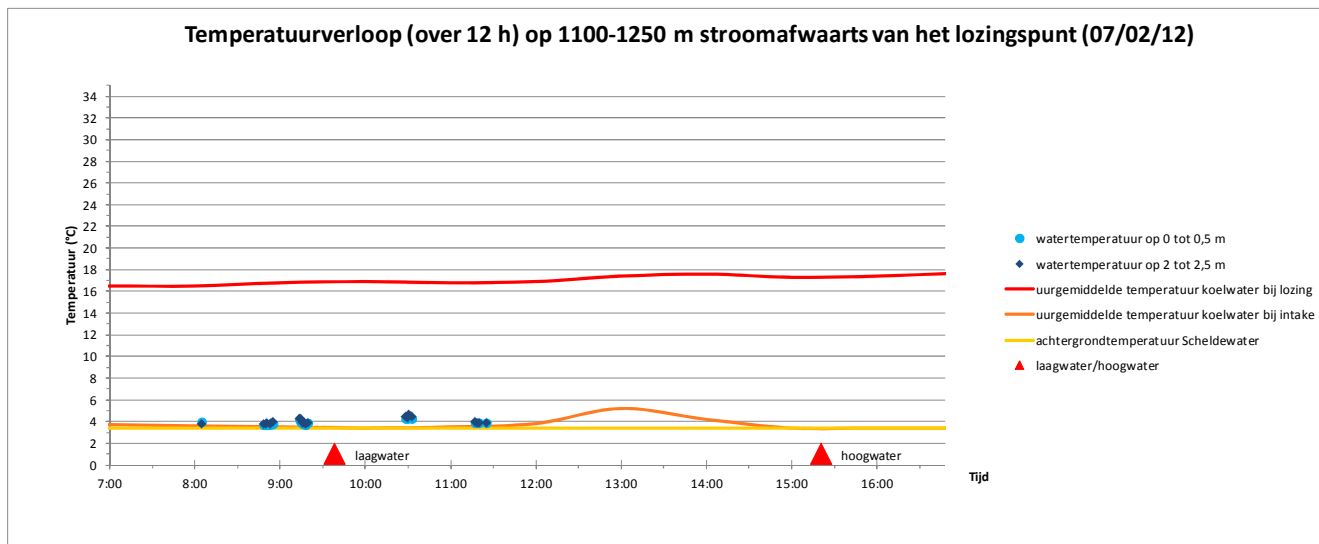
Temperatuurverloop (over 12 h) op 600-800 m stroomafwaarts van het lozingspunt (07/02/12)



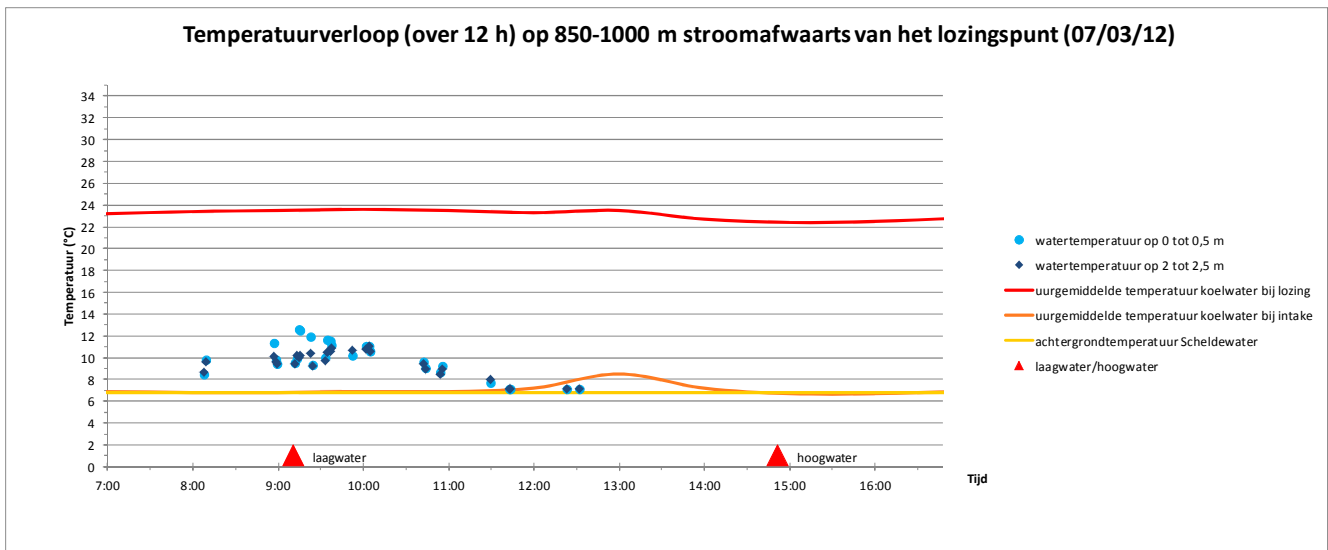
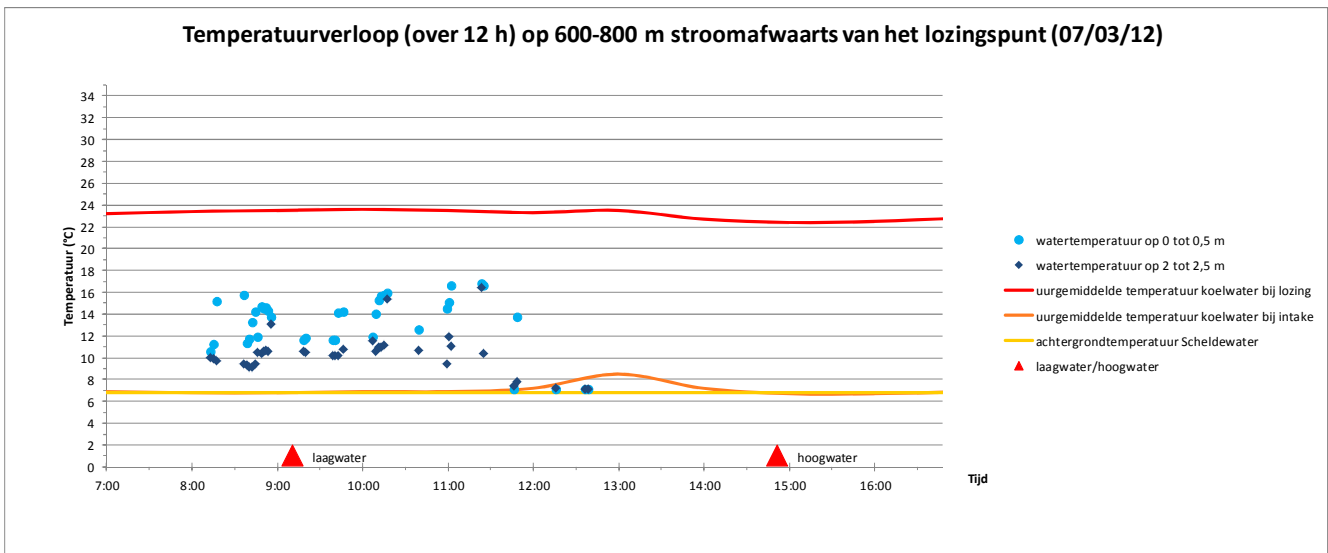
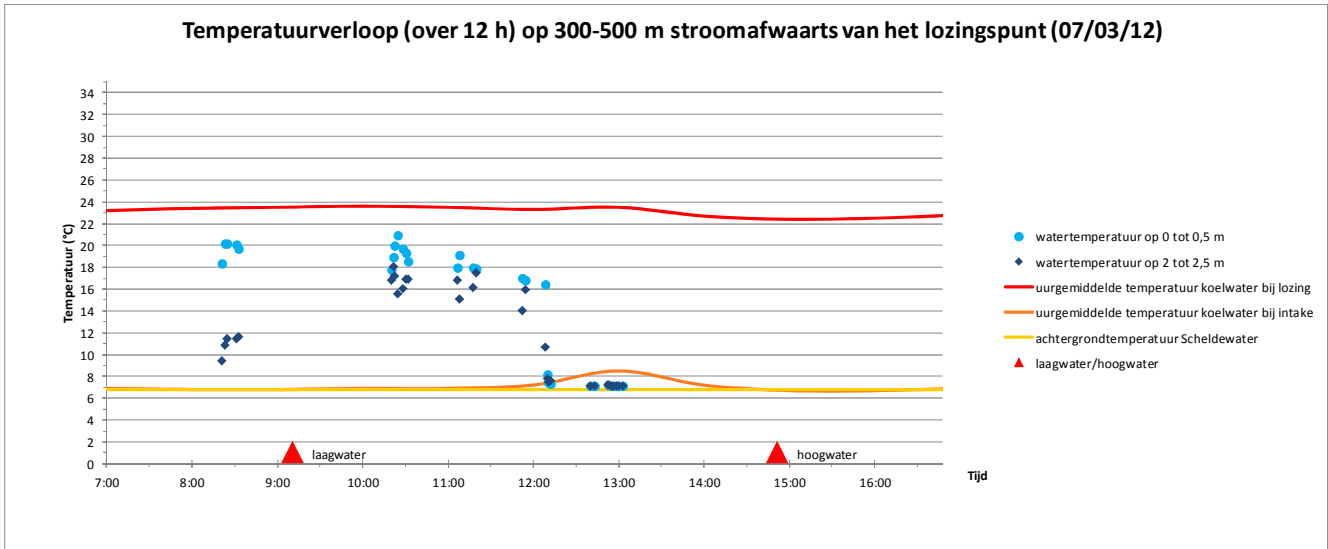
Temperatuurverloop (over 12 h) op 850-1000 m stroomafwaarts van het lozingspunt (07/02/12)



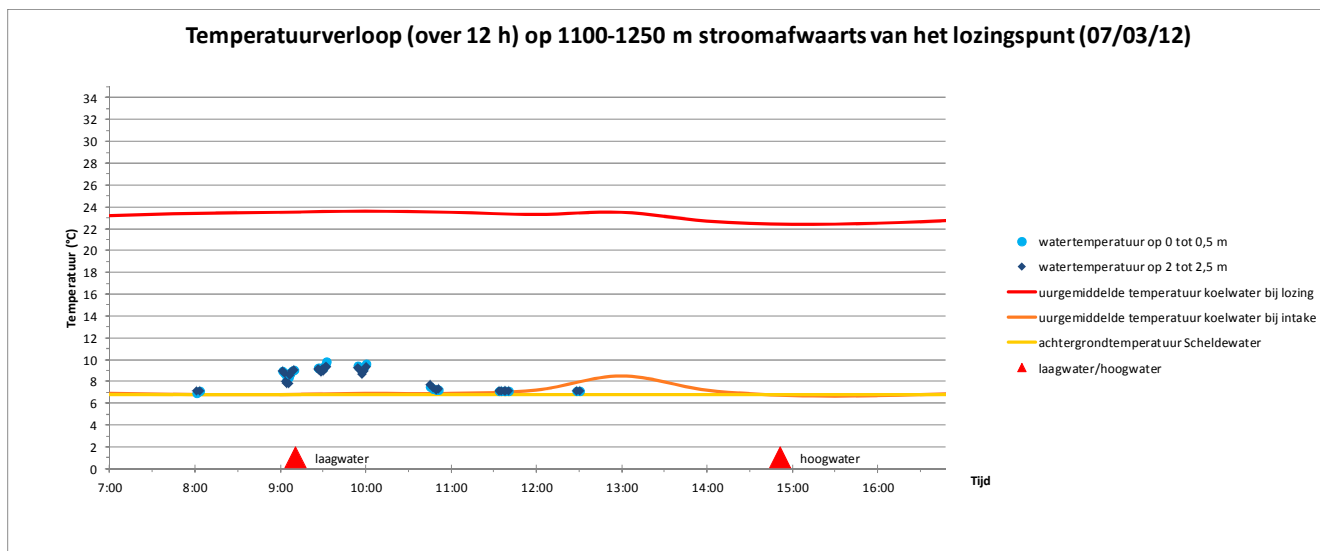
Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 4)



Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 5)

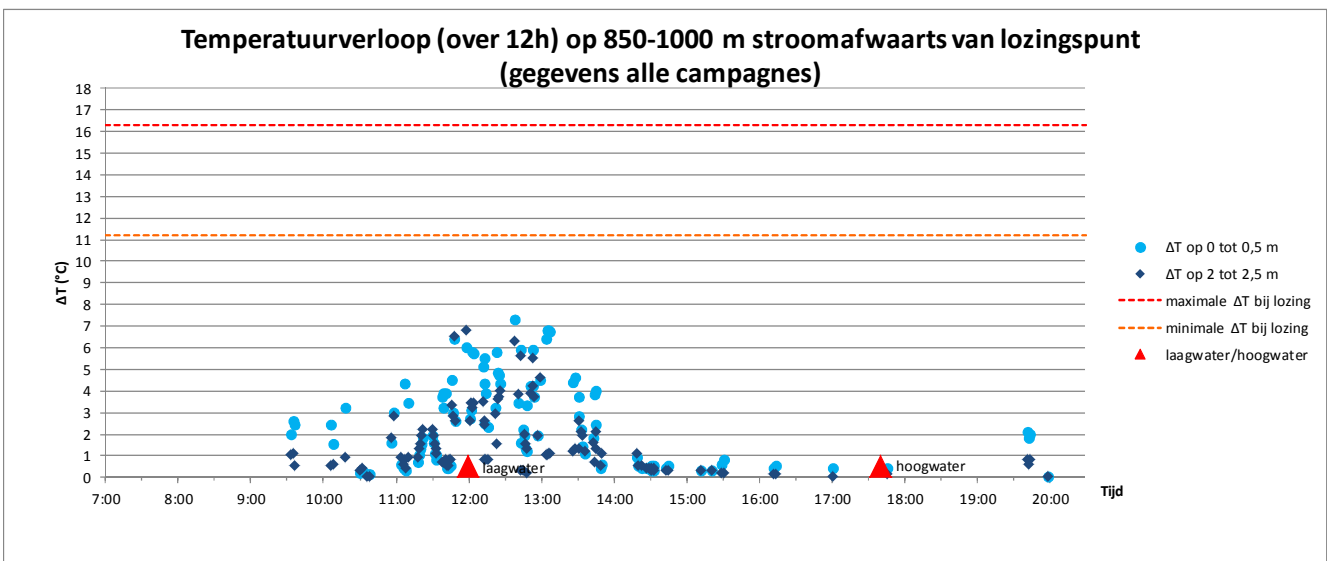
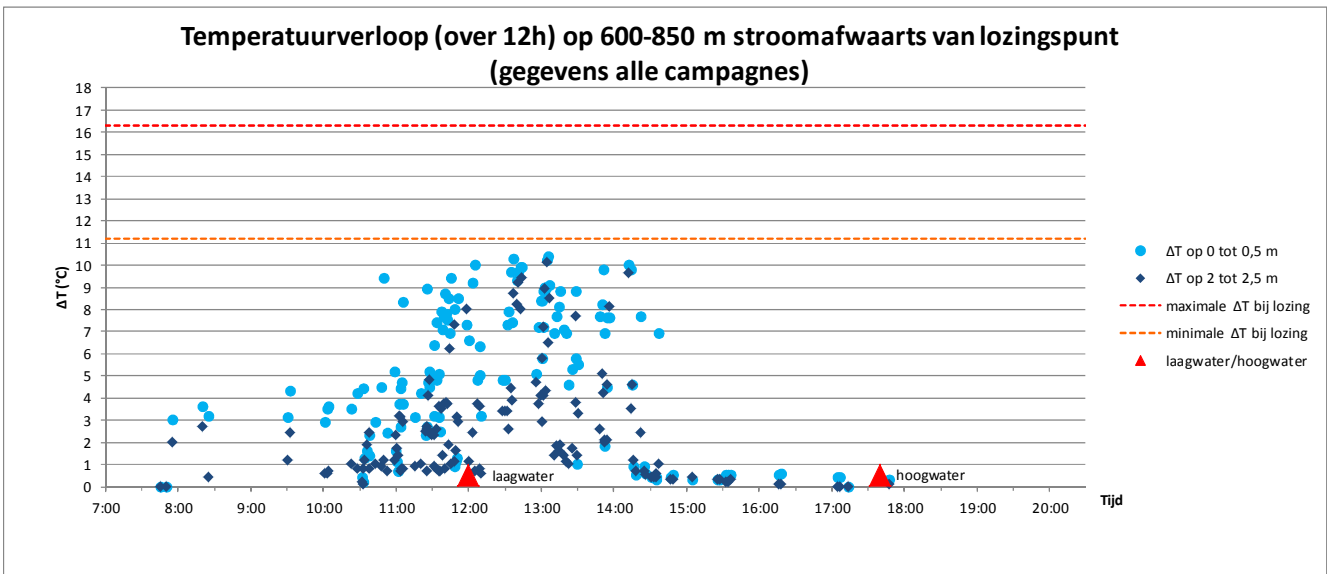
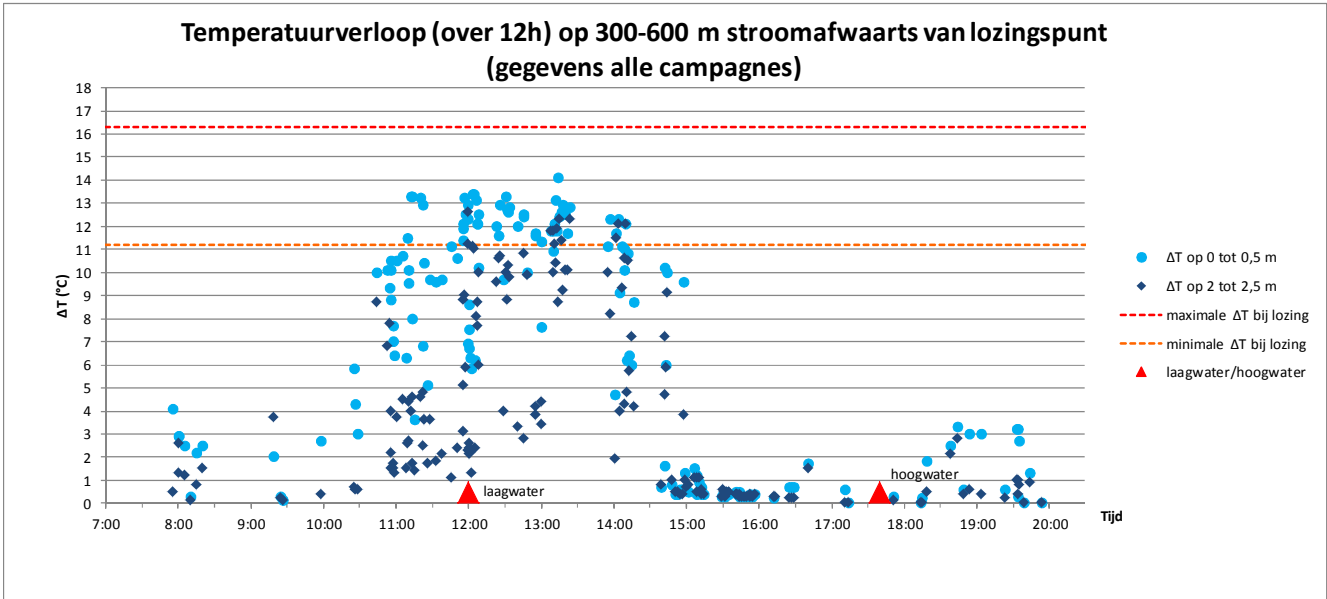


Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (monitoringscampagne 5)

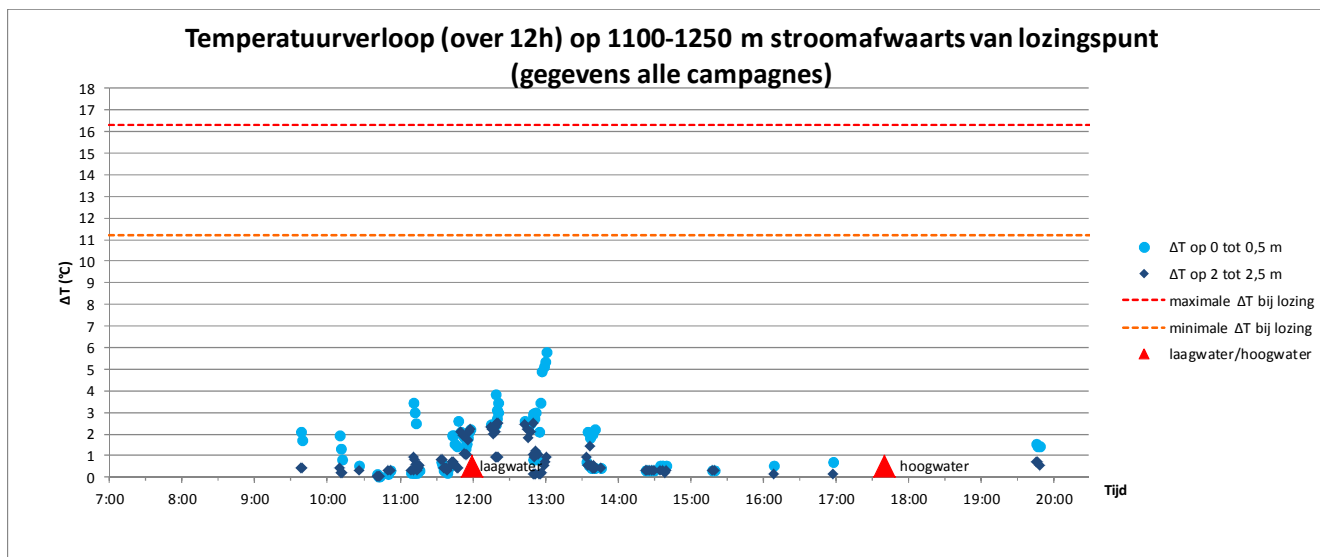


Bijlage 4 Grafische voorstelling van het temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (gegevens alle monitoringscampagnes)

Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (gegevens alle meetcampagnes)



Temperatuurverloop in functie van de tijd voor diverse afstanden tot het lozingspunt (gegevens alle meetcampagnes)



Kantoren		www.arcadisbelgium.be
Antwerpen - Berchem Posthofbrug 12 B-2600 Berchem T +32 3 360 83 00 F +32 3 360 83 01	Hasselt Eurostraat 1 – bus 1 B-3500 Hasselt T +32 11 28 88 00 F +32 11 28 88 01	Gent Kortrijksesteenweg 302 B-9000 Gent T +32 9 242 44 44 F +32 9 242 44 45
Brussel Koningsstraat 80 B-1000 Brussel T +32 2 505 75 00 F +32 2 505 75 01	Liège 26, rue des Guillemins, 2ème étage B-4000 Liège T +32 4 349 56 00 F +32 4 349 56 10	Charleroi 119, avenue de Philippeville B-6001 Charleroi T +32 71 298 900 F +32 71 298 901
ARCADIS Belgium nv/sa BTW BE 0426.682.709 RPR BRUSSEL ING 320-0687053-72 IBAN BE 38 3200 6870 5372 SWIFT BIC BBRUBEBB		Maatschappelijke zetel Brussel Koningsstraat 80 B-1000 Brussel

