

sck cen



sertius

Milieueffectbeoordeling

In het kader van het uitstel van de desactivatie van de kerncentrales

Doel 4 en Tihange 3

In opdracht van Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie

onder referentie 2022/77251/E2/EIE (Ref. SCK CEN: CO-90-22-6049-00)

Publicatiedatum: 20 maart 2023

© SCK CEN - Publication date: 20/03/2023

Stichting van Openbaar Nut - Fondation d'Utilité Publique - Foundation of Public Utility

Registered Office:

Avenue Herrmann Debroux 40 - 1160 Brussel – Belgium

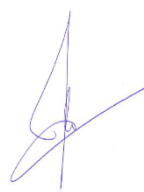
Research Centres:

Boeretang 200 - 2400 Mol - Belgium

Chemin du Cyclotron 6 - 1348 Ottignies-Louvain-la-Neuve - Belgium

<http://www.sckcen.be>

Handtekeningen deskundigen radiologische effecten

Johan Camps (SCK CEN) Bevoegd voor het uitvoeren van het radiologisch deel van een milieueffectbeoordeling en –rapportering (FANC-AFCN MER-003882, goedkeuring van 1 juli 2018 tot en met 30 juni 2023)	
Eef Weetjens (SCK CEN) Erkenning verleend voor het uitvoeren van een milieueffectbeoordeling door het FANC-AFCN onder referentie EMER-0303421, ingaand op 14/12/2022 en geldig tot 13/12/2027	
Lieve Sweeck (SCK CEN) Bevoegd voor het uitvoeren van het radiologisch deel van een milieueffectbeoordeling en –rapportering FANC-AFCN MER-003882, goedkeuring van 1 juli 2018 tot en met 30 juni 2023	
Geert Olyslaegers (SCK CEN) Bevoegd voor het uitvoeren van het radiologisch deel van een milieueffectbeoordeling en –rapportering (FANC-AFCN MER-003882, goedkeuring van 1 juli 2018 tot en met 30 juni 2023)	
Hildegarde Vandenhove (SCK CEN) Directeur Instituut Environment, Health & Safety Erkenning voor het opmaken van een milieueffectbeoordelingsrapport voor wat betreft de aspecten aangaande ioniserende stralingen (FANC-AFCN, erkenning vanaf 16 juli 2020 voor een termijn van 5 jaar)	

SCK CEN - 70 jaar ervaring in nucleair onderzoek en nucleaire technologie

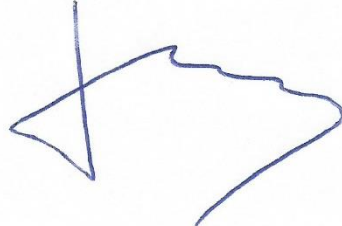
SCK CEN behoort tot de grootste onderzoeksinstituten van België. Meer dan 850 medewerkers zetten zich iedere dag in voor de ontwikkeling van vreedzame toepassingen van ioniserende straling en radioactiviteit. De onderzoeksactiviteiten van SCK CEN focussen zich op drie grote thema's: veiligheid van nucleaire installaties, ontwikkeling van nucleaire geneeskunde en bescherming van mens en milieu tegen ioniserende straling. SCK CEN wordt wereldwijd erkend en deelt zijn kennis door talrijke publicaties en opleidingen, zodat deze pool aan uitzonderlijke competenties behouden wordt.

Meer info: www.sckcen.be

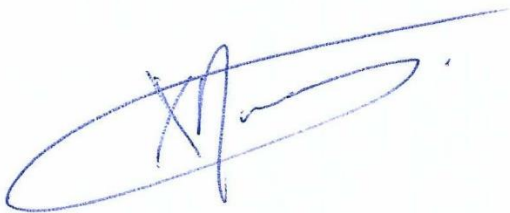
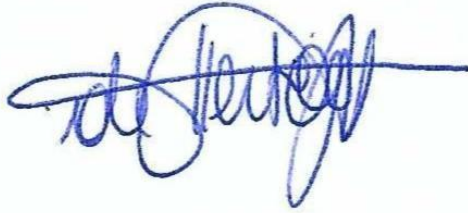
Acknowledgement

We willen volgende SCK CEN medewerkers bedanken bij het mee helpen realiseren van dit rapport: Katrijn Vandersteen, Pieter De Meutter, Christophe Gueibe, Kristine Leysen

Handtekeningen MER-deskundigen (niet-radiologische aspecten Doel 4)

Koen Couderé (KENTER) Erkend MER-coördinator Erkenning N° LNE/ERK/MERCO/2019/00033 Erkend MER-deskundige Bodem, deeldomeinen geologie en pedologie Erkend MER-deskundige Water, deeldomeinen grondwater, mariene waters en oppervlakte- en afvalwater Erkend MER-deskundige Klimaat Erkenning nr. EDA-222	
Katelijne Verhaegen (KENTER) Erkend MER-coördinator. Erkenning nr. GOP/ERK/MER/2020/00006	
Annemie Pals (Mieco Effect) Erkend MER-deskundige Biodiversiteit Erkenning nr. EDA-704	
Johan Versieren (Joveco) Erkend MER-deskundige Lucht, deeldomeinen geur en luchtverontreiniging Erkenning nr. EDA-059	

Handtekeningen MER-deskundigen (niet-radiologische aspecten Tihange 3)

Xavier Musschoot Coordinateur EIE Ir. Géologue Agrément EIE Sertius du 21/06/2018	
Maureen de Hertogh Bio-ingénieur Experte Eau de Surface et Etre humain Agrément EIE Sertius du 21/06/2018	
Pierre Jacques Bio-ingénieur Expert Biodiversité Agrément EIE Sertius du 21/06/2018	
Amélie de Pierpont Bio-ingénieur Experte Air et Climat Agrément EIE Sertius du 21/06/2018	

Tabellen

Tabel 1: Desactivatiekalender volgens de oorspronkelijke Wet op de kernuitstap van 2003 en zijn latere wijzigingen (status 1 januari 2023).	27
Tabel 2: Verlenging van de reactoren Doel 4 en Tihange 3 voor industriële elektriciteitsproductie zoals beschouwd in deze milieueffectbeoordeling. Deze timing is conform met het ontwerp van wet goedgekeurd op de ministerraad van 1 april 2022 (zie §1.1.1).	30
Tabel 3: Overzicht met basisgegevens van de kerncentrale van Doel.	34
Tabel 4: Belangrijkste grondstoffen en afvalstromen.	39
Tabel 5: Recent afgelopen, lopende en geplande activiteiten op de sites van KC Doel en CN Tihange.	42
Tabel 6: Overzicht van de belangrijkste installaties en activiteiten van de Doel 4 en Tihange 3 en hun relatie tot potentiële milieueffecten.	60
Tabel 7: Overzicht van de thema's die niet bestudeerd worden in de strategische milieueffectrapportage, en bijhorende motivering.	63
Tabel 8: Voorbeelden van de activiteit van een aantal radioactieve bronnen, in toenemende sterkte. De gebruikte voorvoegsels (k, M, G, T, P) kunnen verder in de tekst teruggevonden worden.	69
Tabel 9: Kans op stochastische effecten door blootstelling aan straling boven de natuurlijke achtergrond in percent bij een blootstelling aan een effectieve dosis van 1 Sv bij laag dosistempo (Op basis van voorzorgsprincipe, volgens de 'lineair non-threshold' benadering, geeft een blootstelling van 1 mSv boven natuurlijke blootstelling dus 1/1.000 van onderstaande waarden).	75
Tabel 10: Effectieve dosisbelasting gemiddelde Belg in 2015.	75
Tabel 11: Dosislimieten.	77
Tabel 12: Samenvatting van de mogelijke blootstellingswegen bij exploitatie van een kerncentrale.	79
Tabel 13: Significantiekader voor de radiologische effecten op fauna en flora.	86
Tabel 14: Belangrijkste verschillen tussen de methodologie voor het bepalen van de radiologische impact op mens en milieu.	87
Tabel 15: Relevante internationale en Europese richtlijnen met betrekking tot de identificatie van ongeval scenario's.	88
Tabel 16: Specifieke referentieniveaus voor directe, dringende beschermingsmaatregelen. (*) buiten ingestie.	94
Tabel 17: Afgeleide niveaus bodemcontaminatie (Bq/m ²).	95
Tabel 18: Maximaal toelaatbare niveaus voor het vrij verkeer van levensmiddelen en diervoeders (Bq/kg) binnen de EU.	95
Tabel 19: Beoordeling toestand waterlichaam Zeeschelde IV.	122
Tabel 20: Volume geloosd koelwater, afvalwater en verbruikt stadswater met en zonder verlenging.	128
Tabel 21: Samenvatting van de beoordeling ten aanzien van het watersysteem.	136
Tabel 22: Doelsoorten voor de Natura 2000 gebieden die overlappen met of voorkomen in de onmiddellijke nabijheid van het plangebied. X: soort expliciet opgenomen als doelstelling, (x): soort is doelstelling voor een ruimer gebied dan aangegeven in hoofding van kolom, /: soort is geen doelstelling.	141
Tabel 23: Nummering bestaande gebieden natuurontwikkeling.	145
Tabel 24: Nummering toekomstige gebieden natuurontwikkeling.	147
Tabel 25: Resultaten van de TRIADE monitoring ter hoogte van het VMM meetpunt 154100.	150
Tabel 26: NEC reductie doelstellingen 2030 zoals geciteerd in het Vlaamse Luchtkwaliteitsplan 2030.	174

Tabel 27: Luchtkwaliteitsdoelstellingen overeenkomstig de Europese Kaderrichtlijn 'Lucht' (herziening goedgekeurd op 14 april 2008).	174
Tabel 28: Concentraties 2025 ter hoogte van een aantal beoordelingspunten in de omgeving van het projectgebied ter hoogte van omliggende bewoning, meetposten VMM en Nederlandse grens (modeloutput IMPACT).	183
Tabel 29: Resultaten emissies hulpstoomketel bij testen na afstelling van de branders (verslag Saacke dd 19/10/2021) met beide branders simultaan in bedrijf	185
Tabel 30: Overzicht lekverliezen.	186
Tabel 31: Overzicht stookinstallaties in geplande situatie (vanaf 2025).	190
Tabel 32: Te verwachten werkingsuren en brandstofverbruik in 2022 en extrapolatie naar geplande situatie in 2025.	192
Tabel 33: Emissiefactoren gehanteerd voor het (indicatief) in kaart brengen van de emissies van de vast opgestelde dieselmotoren (bron: Arcadis/NRG 2021)	193
Tabel 34: Raming te verwachten emissies verbrandingsgassen vast opgestelde installaties voor 2026	194
Tabel 35: Raming te verwachten emissies verbrandingsgassen vast opgestelde installaties voor 2030	195
Tabel 36: Raming te verwachten emissies verbrandingsgassen vast opgestelde installaties voor 2035	195
Tabel 37: Gehanteerde modelkarakteristieken bij impact- en depositieberekeningen	196
Tabel 38: Berekening impact in de geplande situatie op basis van geraamde emissies 2026	197
Tabel 39: Relatieve impact in de geplande situatie op basis van geraamde emissies 2026 berekend als procentuele bijdrage t.o.v. de grens- of toetsingswaarden	199
Tabel 40: Overzicht mogelijke lekverliezen na 2025	203
Tabel 41: Historische elektriciteitsproductie Doel 4	204
Tabel 42: Raming vermeden emissies t.o.v. het gebruik van de nieuwste generatie aardgasgestookte STEG-centrales	205
Tabel 43: Motoren op fossiele brandstof die eenduidig toe te wijzen zijn aan de werking van Doel 4.	209
Tabel 44: Broeikasgasemissies (ton CO ₂ eq/jaar) voor Kerncentrale Doel (KC Doel) en reactor Doel 4 voor de periode 2015-2021.	210
Tabel 45: Geraamde CO ₂ emissies (in een scenario van volledige kernuitstap in 2025 veroorzaakt door de productie van 7500 GWh elektriciteit per jaar, aan de gemiddelde koolstofintensiteit van de elektriciteits-productie voor elk jaar.	214
Tabel 46: Overzicht van de potentieel relevante milieustressoren	220
Tabel 47: Ruimtegebruik in het studiegebied van de inrichting.	223
Tabel 48: Bevolkingsaantal in een straal van 2 en 5 km rond de kerncentrale van Doel (bron: Statbel).	224
Tabel 49: Jaarlijkse dosis in mSv van externe straling zoals geregistreerd door de 18 TELERAD stations rondom de site van Doel (Data op basis van 10-minuten gegevens FANC-AFCN). Ook het gemiddelde en de standaardafwijking zijn gegeven.	232
Tabel 50: Lozingslimieten voor de hele site KC Doel in jaarlijkse totale activiteit (12 glijdende maanden) voor verschillende groepen of individuele radionucliden die gemonitord worden (uitbatingvergunning KC Doel).	235
Tabel 51: Ogenblikkelijke atmosferische lozingslimieten voor de eenheden Doel 1 en 2, Doel 3 en 4 en het water- en afvalbehandelingsgebouw (WAB).	235

Tabel 52: Lozingslimieten voor vloeibare effluënten.	239
Tabel 53: Toezichtsprogramma van FANC-AFCN in de omgeving van KC Doel.	242
Tabel 54: Monitoringsprogramma exploitant.	243
Tabel 55: Effectieve dosis per jaar voor het kritieke individu per leeftijdscategorie ten gevolge van gasvormige, vloeibare en het totaal van lozingen corresponderend met de huidige lozingslimieten voor de totale site van KC Doel.	244
Tabel 56: Effectieve dosis per jaar voor het kritieke individu per leeftijdscategorie ten gevolge van de reële gasvormige, vloeibare en het totaal van lozingen voor de totale site van KC Doel.	245
Tabel 57: Effectieve dosis door gasvormige en vloeibare lozingen conservatief geschat voor kritiek individu bij normale uitbating voor het project. De range gegeven in de effectieve dosis voor het geheel van de site is de evaluatie in functie van de tijd in een periode van 10 jaar op basis van ervaring met de post-operationele fase bij reactoren in Duitsland.	247
Tabel 58: Effectieve dosis en de equivalente schildklierdosis aan de terreingrens van KC Doel (300 meter van lozingspunt) als gevolg van het optreden van een LOCA en FHA voor Doel 4, vergeleken met de dosislimieten zoals beschreven in de algemene gegevens in het kader van artikel 37 van het Euratomverdrag, die een onderdeel zijn van de vergunning, in mSv. Eveneens toegevoegd ter informatie zijn de resultaten van een impactanalyse volgens de richtlijnen voor nieuwe Klasse 1 installaties.	249
Tabel 59: Effectieve dosis en de equivalente schildklierdosis aan de terreingrens van KC Doel als gevolg van het optreden van een CSBO voor Doel 4.	250
Tabel 60: Jaarlijkse volumes laag- en middelactief afval vanuit KC Doel afgevoerd naar Belgoprocess, en de resulterende te bergen volumes na verwerking aldaar. GA: geconditioneerd afval; NGA: niet-geconditioneerd afval; NB: gegevens niet beschikbaar. In 2014 werd een correctie uitgevoerd op de cijfers van voorgaande jaren; de gecorrigeerde waarden werden hier overgenomen. Vanaf 2015 wordt het volume met een andere methodologie berekend: de volumes ongeconditioneerde harsen worden mee in rekening gebracht.	254
Tabel 61: Aantal splijtstofelementen dat definitief ontladen werd in de verschillende reactoreenheden van KC Doel.	255
Tabel 62: Aantal ton splijtstoffen (tHM of tonnes Heavy Metal) dat definitief ontladen werd in de verschillende reactoreenheden van KC Doel.	256
Tabel 63: Samenstelling van de belangrijkste elementen van delen van het reactorvat van Doel 4 (in gewichts%).	259
Tabel 64: Geloosde activiteit van de verschillende groepen radionucliden die voor de impact belangrijk zijn.	260
Tabel 65: Totale effectieve dosis (TED), equivalente schildklierdosis (beide voor kritieke individu) en maximale afzetting van I-131 voor de verschillende buurlanden en voor de verschillende ongevalsscenario's beschouwd bepaald met de Flexpart methodologie. Voor Nederland zijn er twee waarden gegeven. De eerste waarde werd bepaald met de methodologie voor de lokale impact, de waarde tussen haakjes met de Flexpart methodologie (zie tekst), . Voor de beoordeling gebruiken we voor Nederland (voor de dosissen) de lokale methode en voor de andere landen de Flexpart methode.	261
Tabel 66: Ecologische en chemische toestand van het waterlichaam MV35R (2013).	275
Tabel 67: Ecologische en chemische toestand van waterlichaam MV35R (2018).	276
Tabel 68: Aantal dagen waarop bepaalde temperatuurdrempels worden overschreden - station ANDENNE.	277
Tabel 69: Aantal dagen waarop bepaalde temperatuurdrempels worden overschreden - Station Flémalle.	277
Tabel 70: Samenvatting van de beoordeling van de doelstellingen met betrekking tot het riviersysteem.	286

Tabel 71: Doelsoorten voor Natura 2000-gebieden binnen 3 km van de locatie van de elektriciteitscentrale van Tihange. x: soort expliciet vermeld als doel; /: soort is geen doel.	292
Tabel 72: Beoordeling van de ecologische en chemische toestand van de waterlichamen in de nabijheid van de locatie in 2013 (Bron: eau.wallonie.be).	301
Tabel 73: Emissiereductieplafonds gedefinieerd in Richtlijn 2016/2284/EU voor België (Bron: Air Climate Energy Plan 2030).	310
Tabel 74: Verdeling van de Belgische emissieplafonds voor 2030 over de gewesten (Bron: PACE 2030)	311
Tabel 75: Activiteiten en soorten verontreinigende stoffen die in de centrale van Tihange worden uitgestoten.	314
Tabel 76: Beschrijving van de verbrandingsinstallaties die verband houden met de werking van Tihange 3.	315
Tabel 77: Raming van de door de activiteit Tihange 3 gegenereerde jaarlijkse verontreinigende belasting.	316
Tabel 78: Gegevens gebruikt voor de raming van de emissies die door de Waalse energiemix zouden worden gegenereerd (Bronnen: Energiebalans Wallonië 2020; AWAC, 2020).	318
Tabel 79: Geraamde emissies die zouden ontstaan als de capaciteit volledig wordt overgenomen door een geavanceerde aardgasgestookte STEG-centrale.	319
Tabel 80: Schatting van het relatieve aandeel van "vermeden" emissies ten opzichte van de NEC-doelstelling -2030.	320
Tabel 81: Samenvatting van de beoordeling van de doelstellingen in relatie tot de luchtkwaliteit.	320
Tabel 82: Geschatte broeikasgasemissies (ton CO ₂ eq./jaar) en emissie-intensiteit (g CO ₂ eq./kWh) voor de eenheid Tihange 3 voor de periode 2012-2021 (Bron: milieuverklaringen 2013-2022, Engie).	325
Tabel 83: Geraamde CO ₂ -emissies (in een scenario van volledige kernuitstap in 2025 (Central)) veroorzaakt door de productie van 7500 GWh elektriciteit per jaar, aan de gemiddelde koolstofintensiteit van de elektriciteitsproductie in elk jaar.	328
Tabel 84: Samenvatting van de beoordeling van de doelstellingen in relatie tot het klimaat op	333
Tabel 85: Overzicht van de potentieel relevante milieustressoren.	335
Tabel 86: Jaarlijkse dosis in mSv van externe straling zoals geregistreerd door de 20 Telerad stations rondom de site van CN Tihange (Data op basis van 10-minuten gegevens FANC-AFCN). Ook het gemiddelde en de standaardafwijking zijn gegeven.	345
Tabel 87: Atmosferische lozingslimieten voor de volledige site van CN Tihange (uitbatingsvergunning CN Tihange).	350
Tabel 88: Lozingslimieten voor vloeibare effluënten voor de totale CN Tihange site.	353
Tabel 89: Toezichtsprogramma van FANC-AFCN in de omgeving van CN Tihange.	356
Tabel 90: Monitoringsprogramma exploitant	357
Tabel 91: Effectieve dosis per jaar voor het kritieke individu per leeftijdscategorie persoon ten gevolge van gasvormige, vloeibare en het totaal van lozingen corresponderend met de huidige lozingslimieten voor de totale site van CN Tihange.	358
Tabel 92: Effectieve dosis CN Tihange in mSv/jaar voor de reële gasvormige en vloeibare lozingen.	359
Tabel 93: Effectieve dosis door gasvormige en vloeibare lozingen conservatief geschat voor kritiek individu bij normale uitbating voor het project. De range gegeven in de effectieve dosis voor het geheel van de site is de evolutie in functie van de tijd in een periode van 10 jaar op basis van ervaring met de post-operationele fase bij reactoren in Duitsland.	362
Tabel 94: Maximale effectieve dosis en de equivalente schildklierdosis buiten de terreingrens van CN Tihange als gevolg van het optreden van een LOCA en FHA voor Tihange 3, vergeleken met de dosislimieten zoals	

beschreven in de algemene gegevens in het kader van artikel 37 van het Euratomverdrag, die een onderdeel zijn van de vergunning, in mSv. Eveneens toegevoegd ter informatie zijn de resultaten van een impactanalyse volgens de richtlijnen voor nieuwe Klasse 1 installaties.363

Tabel 95: Effectieve dosis en de equivalente schildklierdosis aan de terreingrens van CN Tihange als gevolg van het optreden van een CSBO voor Tihange 3 (meest kritieke individu).364

Tabel 96: Jaarlijkse volumes laag- en middelactief afval geproduceerd op de site van Tihange, en specifiek voor reactoreenheid Tihange 3. GA: geconditioneerd afval.366

Tabel 97: Samenstelling van de belangrijkste elementen van delen van het reactorvat van Tihange 3 (in gewichts%).369

Tabel 98: Belangrijkste bijdragende nucliden (in %) tot de activiteit in de verschillende delen van het reactorvat na 50 jaar bestraling.371

Tabel 99: Geloosde activiteit van de verschillende groepen radionucliden die voor de impact belangrijk zijn.373

Tabel 100: Maximale effectieve dosis en schildklierdosis voor kritiek individu en depositiewaarde voor de verschillende ongevalsscenario's en voor de verschillende buurlanden (Flexpart methodologie).374

Tabel 101: Relevante Europese en internationale richtlijnen met betrekking tot nucleaire noodplanning.387

Tabel 102: Belgische wetgeving, relevant voor nucleaire noodplanning.387

Tabel 103: Door België, Nederland, Duitsland en Frankrijk vastgestelde Interventie richtwaarden (IRW) en voorbereidings- of noodplanningszones (straal van de cirkels in km) (NPZ) rondom de kerncentrale van Doel en Tihange voor de directe beschermingsmaatregelen bij een nucleaire noodsituatie).389

Tabel 104: Oefeningen KC Doel van de afgelopen 10 jaar (Bron: NCCN).390

Tabel 105: Oefeningen CN Tihange van de afgelopen 10 jaar (Bron: NCCN).391

Figuren

Figuur 1: Situering van de kerncentrales van Doel en Tihange (oranje). Eveneens zijn de kernenergiecentrales aan de grenzen met België (groen) en andere Klasse 1 nucleaire installaties in België (blauw) weergegeven.	31
Figuur 2: Werking kerncentrale met van links naar rechts reactorgebouw, machinezaal en koelcircuit (Bron: Electrabel nv).....	34
Figuur 3: De opeenvolgende barrières die het uranium en de splijtingsproducten afschermen van de buitenwereld, nl. het samengeperste uraniumoxide in tablets (1) is gestapeld in de splijtstofstaven die zijn dichtgelast (2), die zich bevinden in het reactorvat (bij werking afgesloten, geopend voor laden en ontladen kernbrandstof), een stalen kuip van 25 cm dik (3) geplaatst in de primaire stalen sfeer van het reactorgebouw die bestand is tegen sterke druk van binnenuit (4) achtereenvolgens omgeven door de secundaire wand van het reactorgebouw in gewapend beton dat de installaties beschermt tegen externe ongevallen (5).	38
Figuur 4: Decommissioning van een reactor-eenheid zoals momenteel voorzien door Electrabel nv (Figuur Electrabel nv).....	44
Figuur 5: Tijdslijn van de activiteiten met betrekking tot de verschillende reactoren op de sites van KC Doel en CN Tihange (DSZ: Definitieve Stopzetting, POP: Post Operational Phase, LTO: Long Term Operations). De periode van 10 jaar verlenging na 2025 ligt niet precies vast in de tijd en kan dus schuiven met als uiterlijk voorziene datum desactivatie bij verlenging 31 december 2037 voor beide reactoren. Na de definitieve stopzetting van Doel 4 en Tihange 3 volgt in elk scenario een post-operationele fase en ontmantelingsfase van deze reactoren (dit is niet weergegeven in de figuur voor Doel 4 en Tihange 3).	45
Figuur 6: Evolutie van de bestaande geïnstalleerde capaciteit en nieuw vereiste capaciteit voor elektriciteitsproductie om te voldoen aan de Belgische betrouwbaarheidsnorm (Elia, 2021).	46
Figuur 7: Schematische voorstelling van de referentietoestand.	51
Figuur 8: Locaties met kerncentrales in België (Doel en Tihange) en wijde omgeving. Sites in het groen zijn locaties met operationele eenheden, in het wit zijn sites aangegeven in volledige ontmanteling en in het blauw sites waar nieuwe reactoren in aanbouw zijn. Kaart gebaseerd op de "Power Reactor Information System" (PRIS) database IAEA (https://www.iaea.org/pris). De cirkels stellen het gebied voor met een straal van 1.000 km rond respectievelijk de kerncentrale van Doel en deze van Tihange.....	57
Figuur 9: Schematische voorstelling van de scoping op hoofdlijnen voor de milieueffectbeoordeling van de beleidsbeslissing tot levensuurverlenging van Doel 4 en Tihange 3.	62
Figuur 10: Sleutelementen van het strategisch-operationeel continuüm van milieueffectrapportage, toegepast op de milieueffectbeoordeling van het project.	67
Figuur 11: Exponentiële afname in activiteit van een radioactieve bron met de tijd (tijd is weergegeven in halveringstijd ofwel de tijd nodig om de activiteit van een radioactieve bron te doen afnemen met de helft).....	71
Figuur 12: Overzicht van de verschillende dosis-grootheden met hun symbool en eenheid (zie tekst voor een verdere bespreking).	73
Figuur 13: Schematische dosis-respons relaties voor weefselreacties (links) en voor stochastische effecten (rechts). Weefselreacties treden op vanaf een bepaalde drempeldosis. Daarna neemt het voorkomen snel toe totdat het bij iedereen zal optreden. Het voorkomen van stochastische effecten vertoont een lineair verband met de dosis waaraan men is blootgesteld. Bij lage dosissen (beneden 50-100 mSv effectieve dosis) is dit echter nooit aangetoond en wordt vanuit het voorzorgsprincipe een lineaire extrapolatie aangenomen. Hier wordt het totaal voorkomen van stochastische effecten (kanker en genetische effecten) voor een persoon uit het publiek bij laag dosistempo getoond, waarbij bij 1 Sv effectieve dosis	

5,7 % extra voorkomen (bovenop spontaan voorkomen dat veel waarschijnlijker is) van stochastische effecten wordt verwacht.....	74
Figuur 14: Stappen in methodologie voor radiologische impact van lozingen bij normaal bedrijf.	80
Figuur 15: Principe van dosislimieten en optimalisatie: de dosislimiet van 1 mSv/jaar t.o.v. de gemiddelde dosis per jaar die een Belg ontvangt van alle blootstelling (natuurlijk, medisch en industrieel) en t.o.v. de typische waarden van de dosissen van de radioactieve lozingen (zowel dosis afkomstig van lozingslimieten als dosis afkomstig van reële lozingen worden getoond) voor de kerncentrales van Doel en Tihange.	81
Figuur 16: Relatief voorkomen van de windrichting (links Doel – rechts Tihange) op basis van gegevens per uur voor een periode van 5 jaar [2018-2022] (Bron: KMI – ECMWF).....	83
Figuur 17: Operationele en accidentele toestand van een kerncentrale ^{xxiv}	88
Figuur 18: De verspreiding van radioactiviteit en de blootstellingswegen voor personen in de omgeving in een ongevalscenario met lozing van radioactiviteit naar de atmosfeer.....	92
Figuur 19: Berekeningsdomein voor de grensoverschrijdende effecten van de ongevalsscenario's. De getallen onderaan de figuur geven de longitude [°] weer, de getallen links van de figuur geven de latitude [°] weer. (Zie tekst voor meer uitleg).....	96
Figuur 20: Voorbeeld van een Flexpart berekening voor een fictieve lozing op 1 januari 2020 tussen 00:00 UTC en 06:00 UTC van 1 TBq radioactieve aerosolen uit de kerncentrale van Doel. De bovenste rij toont de tijdsgeïntegreerde concentratie; de onderste rij toont de totale depositie. De resultaten van de berekeningen worden getoond voor het grote grid (linkse kolom) en het kleine grid (rechtse kolom)..	97
Figuur 21: Voorbeeld van een Flexpart berekening voor een fictieve lozing op 1 juli 2020 tussen 00:00 UTC en 06:00 UTC van 1 TBq elementair jodium 131 uit de kerncentrale van Tihange. De bovenste rij toont de tijdsgeïntegreerde concentratie; de onderste rij toont de totale depositie. De resultaten van de berekeningen worden getoond voor het grote grid (linkse kolom) en het kleine grid (rechtse kolom)..	98
Figuur 22: Verdeling van de maximale tijdsgeïntegreerde concentratie (TIC) in Frankrijk na een hypothetische lozing van radioactieve edelgassen gedurende 6 uur uit de kerncentrale van Doel. Het totale aantal TIC waarden getoond in de verdeling bedraagt 8.779.	99
Figuur 23: Verdeling van de maximale totale depositie in Duitsland na een hypothetische lozing van radioactieve aerosolen gedurende 6 uur uit de kerncentrale van Tihange. Het totale aantal TIC-waarden getoond in de verdeling bedraagt 8.779.	99
Figuur 24: De dosis in mSv per jaar ten gevolge van externe straling (kosmische en aardstraling) zoals bepaald aan de hand de TELERAD metingen (jaar 2020). Vnl. door de samenstelling van de ondergrond varieert de externe dosis over België op jaarbasis aanzienlijk en wel tussen 0,58 en 1,16 mSv/jaar. Deze figuur toont ook mooi de verschillende lagen van het TELERAD-netwerk: een verdichting van het netwerk rond de nucleaire installaties met ringstations en agglomeratiestations en daarnaast het nationale netwerk dat het hele grondgebied afdekt met typisch 1 detector om de 20 km x 20 km (Figuur: FANC-AFCN).....	101
Figuur 25: Via twee complementaire wegen wordt de impact op mens en milieu van de uitbating van KC Doel en CN Tihange opgevolgd: het monitoren van de lozingen en het monitoren van de leefomgeving.....	102
Figuur 26: Principe van droge opslag van verbruikte splijtstofelementen in Dual Purpose Casks (DPC) zoals voorzien in de SF ² opslaginrichtingen. De verpakking bestaat uit een metalen structuur die zo is ontworpen dat de restwarmte van de verbruikte splijtstof passief kan worden afgevoerd door interne geleiding, straling en natuurlijke convectie. De verpakking is gemaakt van metaal en andere materialen die bescherming bieden tegen ioniserende straling.....	107
Figuur 27: Illustraties van de drie types caissons met afval: type I (links), type II (midden) en type III (rechts). Na plaatsing van het deksel en opvulling van de ruimte tussen afval en caisson met vulmortel worden deze bergingscolli "monolieten" genoemd.	108
Figuur 28: Schets van de bergingsinstallatie voor categorie A afval tijdens de opvulling met monolieten.....	109

Figuur 29: Supercontainer voor verglaasd afval (links) en monoliet-B voor gecompacteerd afval (rechts).....	111
Figuur 30: Supercontainers voor verbruikte splijtstoffen indien deze als afval beschouwd worden: een supercontainer kan 4 UOX splijstofbundels bevatten (links) of 1 MOX splijstofbundel (rechts) ^{lix}	111
Figuur 31: Evolutie van de zuurstofverzadiging (Prati-index) in de Zeeschelde (meetpunt 154100) tussen 1994 – 2022 (bron: MM, geoloket waterkwaliteit).....	123
Figuur 32: Waterbalans KC Doel voor 2021.....	125
Figuur 33: Volume koelwater (m ³) geloosd ten gevolge van de tienjarige verlenging van de werking van Doel 4 in vergelijking met de referentiesituatie (geen verlenging).....	127
Figuur 34: Pluviale overstromingsgevoelige gebieden (watertoetskaart, bron: waterinfo.be).....	129
Figuur 35: Pluviale overstromingsgevaarkaart voor het huidig klimaat voor een kleine en grote kans op voorkomen (bron: waterinfo.be).....	130
Figuur 36: Pluviale overstromingsgevaarkaart voor het toekomstig klimaat voor een kleine en grote kans op voorkomen (bron: waterinfo.be).....	130
Figuur 37: N-vracht in het bedrijfsafvalwater in de periode 2017-2021 (bron: Electrabel nv, milieuverklaring 2022).	132
Figuur 38: Beschermingszones natuur.....	140
Figuur 39: Overzicht bestaande gebieden natuurontwikkeling (permanent en tijdelijk).....	145
Figuur 40: Toekomstige gebieden natuurontwikkeling.....	146
Figuur 41: Eindbeeld natuurontwikkeling voor zover bekend en op basis van nog niet verder uitgeklaarde te realiseren natuurcompensaties.....	147
Figuur 42: Biologische waarderingskaart (versie 2020) in de directe omgeving van het projectgebied.....	151
Figuur 43: Habitatkaart in de directe omgeving van het projectgebied.....	152
Figuur 44: Principeschema koelwater met aanduiding watervang Doel 1&2 en Doel 3&4 (Bron: Electrabel nv, 2011).	157
Figuur 45: Geluidscontouren van de continu werkende bronnen tijdens de dag-, avond, en nachtperiode (Bron: MER Arcadis/NRG, 2021).....	158
Figuur 46: Overschrijding van de kritische lasten (gemodelleerd en oppervlaktegewogen) voor vermistening (links) en verzuring (rechts) in bos, soortenrijk grasland en heide tussen 1990 en 2017 (Bron: Schneiders et al., 2020).....	159
Figuur 47: Actuele vermestende deposities in kg N/ha.j (VLOPS22).....	160
Figuur 48: Actuele verzurende deposities in Zeq/ha.j (VLOPS22).....	161
Figuur 49: Overschrijdingskaart vermestende depositie.....	162
Figuur 50: Overschrijdingskaart verzurende depositie.....	163
Figuur 51: Vermesting, bijdrage plan.....	165
Figuur 52: Verzuring, bijdrage plan.....	166
Figuur 53: Vermestende deposities ter hoogte van VEN-gebied.....	169
Figuur 54: Verzurende deposities ter hoogte van VEN-gebied.....	170
Figuur 55: Jaargemiddelde PM ₁₀ concentratie in 2019 (bron VMM).....	179
Figuur 56: Jaargemiddelde PM _{2,5} concentratie in 2019 (bron VMM).....	180
Figuur 57: Jaargemiddelde NO ₂ concentratie in 2019 (bron VMM).....	181

Figuur 58: Jaargemiddelde EC concentratie in 2019 (bron VMM).....	182
Figuur 59: Voorstelling berekende jaargemiddelde impact inzake NO _x -equivalenten µg/m ³ in de geplande situatie 2026 (NO _x -equivalenten = som NO + NO ₂ uitgedrukt als NO ₂).....	201
Figuur 60: Jaargemiddelde NO ₂ concentratie in µg/m ³ in geplande situatie (impact 2026 + achtergrondconcentraties 2025).....	202
Figuur 61: Broeikasgasemissie-intensiteit (g CO ₂ eq/kWh) van de elektriciteitssector voor de verschillende lidstaten van de EU, in 2020.	210
Figuur 62: Geraamde evolutie van de directe broeikasgasemissies van de kerncentrale Doel tussen 2023 en 2040.	212
Figuur 63: Prognose van de koolstofintensiteit van de Belgische elektriciteitsproductie en -import (Elia).	213
Figuur 64: Evolutie van de koolstofintensiteit van de elektriciteitsproductie in een scenario van volledige kernuitstap in 2020 (Central) en in een scenario met een verlenging van de levensduur met 10 jaar voor 2 GW aan capaciteit.....	213
Figuur 65: Jaarlijkse dosis in mSv (gemiddelde over periode 2015 tot en met 2022) zoals gemeten door de TELERAD stations uitgebaat door het FANC-AFCN rondom de site van KC Doel (Figuur gemaakt op basis van 10-minuten data bekomen van het FANC-AFCN).....	232
Figuur 66: Resultaat van helikoptermetingen boven de site van KC Doel en omgeving. Getoond wordt het dosistempo zoals gemeten vanuit de helikopter, maar gecorrigeerd voor de hoogte boven de grond om zo de blootstelling (dosistempo) aan de grond te krijgen. Meer uitleg: zie tekst, de kleuren en schaal zijn gekozen om kleine verschillen duidelijk zichtbaar te maken. De variaties passen binnen de natuurlijke variaties aan achtergrondstraling die verwacht kunnen worden in deze omgeving.....	234
Figuur 67: Gasvormige lozingen per jaar voor de totale site van KC Doel.	236
Figuur 68: De reële lozingen op jaarbasis voor de hele site van KC Doel, gemiddelde voor periode 2014 tot en met 2021, als percentage van de lozingslimiet voor verschillende (groepen van) radionucliden.	237
Figuur 69: Verdeling van de effectieve dosis voor de verschillende leeftijdscategorieën in mSv per jaar voor KC Doel voor de reële atmosferische lozingen van de belangrijkste radioactieve effluënten (gemiddelde voor periode 2009-2018). Het overwicht in de bijdrage aan de effectieve dosis van koolstof 14 (C-14) is hier duidelijk zichtbaar.....	238
Figuur 70: Evolutie van de vloeibare lozingen van Kerncentrale Doel in de Schelde voor de periode 2004-2021..	240
Figuur 71: Verdeling van de effectieve dosis (in mSv/jaar) per radionuclide en leeftijdscategorie ten gevolge van de vloeibare lozingen in de Schelde voor de periode 2009-2018.....	241
Figuur 72: Vloeibare lozingen in % van de lozingslimiet voor vloeibare lozingen in de Schelde.....	241
Figuur 73: Locaties van staalname voor aanvullend programma uitgevoerd door de exploitant van KC Doel (benamingen zie Tabel 53, achtergrondmap: OpenStreetMap).....	243
Figuur 74: Effectieve dosis voor meest kritische individu in de omgeving van KC Doel berekend op basis van de gerapporteerde reële lozingen. Ter vergelijking is de dosislimiet voor het publiek weergegeven en de dosis die overeenkomt met de lozingslimieten.	245
Figuur 75: Schematische voorstelling van a) de gesimuleerde neutronenflux in een reactorvat, b) de daaruit afgeleide indeling in afvalklassen en c) aanduiding van de transitiezone (in het grijs) voor de a priori indeling in categorie A- (groen) of B-afval (paars). a) en b) overgenomen uit.	258
Figuur 76: Genormaliseerd neutronenspectrum per eenheid lethargie.....	259
Figuur 77: Dammen in de Maas tussen Andenne en Lixhe en ligging van de centrale van Tihange (Bron: SPW). ..	274
Figuur 78: Temperatuurverloop (2018-2020) stroomopwaarts (Andenne) en stroomafwaarts (Flémalle) van de centrale van Tihange.....	277

Figuur 79: Waterbalans van de site CN Tihange voor 2019.....	278
Figuur 80: Natuurbeschermingsgebieden.....	291
Figuur 81: Gebieden van groot biologisch belang in het projectgebied.....	295
Figuur 82: Ecologische hoofdstructuur (Bron: GxABT 2012).	297
Figuur 83: Zicht op de twee gesaneerde hectaren langs de N90 (Bron: Electrabel nv 2018).	299
Figuur 84: Foto's van de ontwikkelingen op de site van de elektriciteitscentrale en op het perceel van Natagora (Bron: Electrabel nv 2017)	300
Figuur 85: Afstotingssysteem (6 infrageluidsenders) bij de waterinlaten in de Maas (Bron: ULiège 2009).	304
Figuur 86: Biodiversiteitsvoorzieningen (Bron: Engie 2022).....	306
Figuur 87: Broeikasgasemissies (ton CO ₂ /jaar) voor de centrale van Tihange en toegeschreven aan de eenheid Tihange 3	324
Figuur 88: Broeikasgasemissie-intensiteit (g CO ₂ eq./kWh) van de elektriciteitssector voor de verschillende EU-lidstaten (EMA, 2022).....	326
Figuur 89: Prognose van de koolstofintensiteit van de Belgische elektriciteitsproductie en -invoer (Elia).	327
Figuur 90: Evolutie van de koolstofintensiteit van de elektriciteitsproductie in een scenario van volledige kernuitstap in 2020 (Centraal) en in een scenario met een verlenging van de levensduur met 10 jaar voor 2 GW aan capaciteit (Nucleair 10)	328
Figure 91 : Seveso-inrichtingen in een straal van 3 km rond de centrale van Tihange.....	338
Figuur 92: Jaarlijkse dosis in mSv (gemiddelde over periode 2015 tot en met 2022) zoals gemeten door de Telerad stations uitgebaat door het FANC-AFCN rondom de site van CN Tihange (Figuur gemaakt op basis van 10-minuten data bekomen van het FANC-AFCN).....	345
Figuur 93: Het dosistempo in microSv per uur (µSv/h) aan de grond bepaald op basis van helikoptermetingen na correctie voor hoogte boven grond boven de CN Tihange en wijdere omgeving. De schaal en kleuren zijn gekozen om kleine verschillen in het dosistempo zichtbaar te maken, zo kan je bv. heel duidelijk de loop van de Maas herkennen, door de lagere natuurlijke radioactiviteitsniveaus gemeten boven water. Een kleine verhoging is zichtbaar boven CN Tihange: zie ook Figuur 95 en tekst).....	347
Figuur 94: De verdeling van het dosistempo voor alle metingen uitgevoerd boven CN Tihange en wijdere omgeving (7 km x 7 km). Slechts een heel klein aantal metingen toont waarden boven 0.100 µSv/h.....	348
Figuur 95: Uitvergroting van de helikoptermetingen boven de site van CN Tihange. Meer uitleg: zie tekst, de schaal en kleuren zijn gekozen om kleine verschillen duidelijk zichtbaar te maken.....	349
Figuur 96: Gasvormige lozingen per jaar voor de totale site van CN Tihange.....	351
Figuur 97: Lozingen als percentage van de lozingslimiet voor verschillende categorieën van de gasvormige lozingen voor de volledige site van CN Tihange, gemiddelde over 10 jaar van 2012-2021.	352
Figuur 98: Verdeling van de effectieve dosis in percent voor de totale dosisimpact van de gasvormige lozingen per leeftijdscategorie en per geloosd radionuclide voor de periode 2009-2020.....	352
Figuur 99: Evolutie van de vloeibare lozingen van Kerncentrale Tihange in de Maas voor de periode 2004-2021 ^{lxvii}	354
Figuur 100: Verdeling van de effectieve dosis per radionuclide en leeftijdscategorie ten gevolge van de vloeibare lozingen in de Maas.....	355
Figuur 101: Vloeibare lozingen in % van het lozingslimiet voor vloeibare lozingen in de Maas.	355
Figuur 102: Locaties van staalname voor aanvullend programma uitgevoerd door de exploitant van CN Tihange (benamingen zie Tabel 90, achtergrondmap: Google Earth Map).....	357

Figuur 103: Effectieve dosis voor meest kritische individu in de omgeving van CN Tihange berekend op basis van de gerapporteerde reële lozingen. Ter vergelijking is de dosislimiet voor het publiek weergegeven en de dosis die overeenkomt met de lozingslimieten.	360
Figuur 104: Tijdsevolutie van conservatieve schattingen van de activiteit per massa voor de 3 materiaaltypes van het reactorvat van Tihange 3.	369
Figuur 105: Tijdsevolutie van de activiteit per massa voor de overgangsring van het reactorvat van Tihange 3: vergelijking tussen continue bestraling, realistische bestraling in cycli, en een combinatiegeval.	370
Figuur 106: Tijdsevolutie van de belangrijkste activatieproducten tijdens de LTO periode en hun verval in de periode na stopzetting.	371
Figuur 107: Vergelijking van de berekende activiteiten ter hoogte van de overgangsring met verschillende neutronenspectra.	372

Afkortingenlijst

ALARA	As low as reasonably achievable
ANB	Agentschap voor Natuur en Bos
AOX	Adsorbeerbare organische halogeenverbindingen
ARBIS	Algemeen Reglement op de Bescherming van de Bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de Ioniserende Stralingen
BC	Zwarte koolstof
BEL V	Instantie voor controle van nucleaire installaties (filiaal van FANC)
BPA	Bijzonder plan van aanleg
BZV	Biologische zuurstofvraag
CFVS	Containment Filtered Venting System
CGCCR	Coördinatie- en Crisiscentrum van de Regering
CN	Centrale nucléaire
CO ₂	Koolstofdioxide
CRM	Capacity remuneration mechanism
CSBO	Complete Station Black Out
CZV	Chemische zuurstofvraag
dB	Decibel
DEC	Design Extension Conditions
DIW	Decreet Integraal Waterbeleid
DSM	Demand side management
DSZ	Definitieve stopzetting
EC	Elementair koolstof
ECA	Extra Containercapaciteit Antwerpen
EKC	Ecologische kwaliteitscoëfficiënt
ESD	Effort sharing decision
ETS	Emissions trading system
EU	Europese Unie
FANC	Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle
FHA	Fuel handling accident
GEN	Grote eenheid natuur
GENO	Grote eenheid natuur in ontwikkeling
GRUP	Gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan
GW	Gigawatt

GWh	Gigawattuur
Ha	Hectare
HERCA	Heads of the European Radiological protection Competent Authorities
HRG	Habitatrichtlijngebied
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IHD	Instandhoudingsdoelstellingen
INES	International Nuclear and Radiological Event Scale
IVON	Integraal Verwevings- en Ondersteunend Netwerk
KB	Koninklijk Besluit
KC	Kerncentrale
KDW	Kritische depositiewaarde
KRW	Kaderrichtlijn Water
LOCA	Loss Of Coolant Accident
LSO	Linkerscheldeoever
LTO	Long Term Operation
MEB	Milieueffectbeoordeling
m.e.r.	Milieueffectrapportage
MER	Milieueffectrapport
NEHAP	Nationaal Actieplan voor Milieu en Gezondheid
NIRAS	Nationale instelling voor radioactief afval en verrijkte splijtstoffen
NOx	Stikstofoxide
NVBG	Natuurverbindingsgebieden
OECD/NEA	Organisation for Economic Co-operation and Development / Nuclear Energy Agency
pae	Personenautoequivalent
Pb	Lood
PDH	Propyleen dehydrogenatie
PM	Particulate Matter
PRIS	Power Reactor Information System
PWR	Pressurised Light-Water Moderated and Cooled Water Reactor
RSO	Rechterscheldeoever
RUP	Ruimtelijk uitvoeringsplan
SBP	Soortenbeschermingsprogramma
SBZ-H	Speciale beschermingszone van de Habitatrichtlijn
SBZ-V	Speciale beschermingszone van de Vogelrichtlijn

SF ²	Spent Fuel Facility
S-IHD	Specifieke instandhoudingsdoelstellingen
SO ₂	Zwavedioxide
STEG	Stoom- en gasturbine
TAW	Tweede algemene waterpassing
TLD	Thermo Luminescentie Detector
TMI	Three Mile Island
VEN	Vlaams Ecologisch Netwerk
VEKP	Vlaams Energie- en Klimaatplan
VLAREM	Vlaams Reglement betreffende de milieuvergunning
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
VRG	Vogelrichtlijngebied
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
WGO	Wereldgezondheidsorganisatie

Inhoud

Handtekeningen deskundigen radiologische effecten	3
Handtekeningen MER-deskundigen (niet-radiologische aspecten Doel 4)	4
Handtekeningen MER-deskundigen (niet-radiologische aspecten Tihange 3)	5
Tabellen	6
Figuren	11
Afkortingenlijst	17
Inhoud	20
Deel I. Algemeen kader en methodologie milieueffectbeoordeling uitstel desactivatie Doel 4 en Tihange 3	26
1 Inleiding	27
1.1 Context van de milieueffectbeoordeling	27
1.1.1 Antecedenten	27
1.1.2 Initiatiefnemer en team van deskundigen	28
1.1.3 Leeswijzer	29
1.2 Voorwerp van de milieueffectbeoordeling en te onderzoeken alternatieven	30
1.2.1 Het Project	30
1.2.2 Evolutie van de bevoorradingszekerheid in de periode 2023-2032	46
1.2.3 Alternatieven	49
1.2.4 Referentietoestand en referentiescenario	51
1.2.5 Potentieel relevante autonome en gestuurde ontwikkelingen	52
1.3 Procedure	55
2 Algemene methodologie	58
2.1 Evaluatie van de beschikbare informatie	58
2.2 Algemene methodologie voor de evaluatie van de niet-nucleaire effecten	58
2.2.1 Scoping	58
2.2.2 Algemeen beoordelingskader	66
2.2.3 Specifieke beoordelingskaders	66
2.2.4 Diepgang van de beoordeling	66
2.3 Algemene methodologie voor de evaluatie van de nucleaire effecten, inclusief het radioactief afval en verbruikte splijtstof	67
2.3.1 Inleiding	67
2.3.2 Basisconcepten stralingsbescherming gebruikt in de beoordeling, inclusief de relevante wetgeving	68
2.3.3 Algemene methodologie blootstelling bij normale uitbating	78
2.3.4 Algemene methodologie ongevallen	87

2.3.5	Monitoring van de radiologische toestand in de leefomgeving	100
2.3.6	Classificatie van radioactief afval en beheer van dit afval en verbruikte splijtstoffen	103
2.3.7	Algemeen beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen.....	104
2.3.8	Algemene methodologie radioactief afval en verbruikte splijtstoffen	112
Deel II. Milieueffectbeoordeling uitstel desactivatie kerncentrale Doel 4		113
3 Niet-radiologische effecten Doel 4		114
3.1	Algemeen	114
3.2	Thema Water	114
3.2.1	Relevante beleidsdoelstellingen.....	114
3.2.2	Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties	119
3.2.3	Afbakening studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie	121
3.2.4	Beschrijving van de effecten	124
3.2.5	Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen.....	134
3.2.6	Samenvatting van de voornaamste bevindingen	136
3.2.7	Milderende maatregelen	136
3.2.8	Leemten in de kennis en monitoring	137
3.3	Thema Biodiversiteit	137
3.3.1	Relevante beleidsdoelstellingen.....	137
3.3.2	Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties	138
3.3.3	Afbakening studiegebied	139
3.3.4	Beschrijving van de referentiesituatie	141
3.3.5	Beschrijving van de effecten	153
3.3.6	Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen.....	167
3.3.7	Samenvatting van de voornaamste bevindingen	172
3.3.8	Milderende maatregelen	173
3.3.9	Leemten in de kennis en monitoring	173
3.4	Thema Lucht	173
3.4.1	Relevante beleidsdoelstellingen.....	173
3.4.2	Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties	178
3.4.3	Afbakening studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie	178
3.4.4	Beschrijving van de effecten	184
3.4.5	Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen.....	204
3.4.6	Samenvatting van de voornaamste bevindingen	205
3.4.7	Milderende maatregelen	206
3.4.8	Leemten in de kennis en monitoring	206
3.5	Thema Klimaat	206
3.5.1	Relevante beleidsdoelstellingen.....	206

3.5.2	Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties	208
3.5.3	Afbakening studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie	208
3.5.4	Beschrijving van de effecten	208
3.5.5	Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen.....	219
3.5.6	Samenvatting van de voornaamste bevindingen	219
3.5.7	Milderende maatregelen	220
3.5.8	Leemten in de kennis en monitoring	220
3.6	Mens en Gezondheid	220
3.6.1	Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties	220
3.6.2	Afbakening studiegebied	223
3.6.3	Beschrijving van de referentiesituatie	223
3.6.4	Effectbespreking	225
3.6.5	Samenvatting van de voornaamste bevindingen	230
3.6.6	Milderende maatregelen	230
3.6.7	Leemten in de kennis en monitoring	230
3.7	Grensoverschrijdende effecten	230
4	Radiologische effecten Doel 4.....	231
4.1	Directe straling en lozingen tijdens normale uitbating.....	231
4.1.1	Huidige situatie	231
4.1.2	Effecten bij desactivatie van Doel 4 (nulalternatief).....	246
4.1.3	Effecten bij verlenging van Doel 4 voor 10 jaar na 2025 (Het project).....	247
4.2	Accidentele lozingen.....	248
4.2.1	Ontwerpbasisongeval	248
4.2.2	Ontwerpuitbreidingsongeval.....	250
4.2.3	Impact van beschouwde ongevallen op biodiversiteit	250
4.2.4	Bespreking accidentele lozingen	252
4.3	Operationeel radioactief afval.....	252
4.3.1	Afvalbehandeling op de site	252
4.3.2	Hoeveelheden laag- en middelactief afval	253
4.3.3	Effecten van LTO en implicaties voor afvalbeheer.....	254
4.4	Verbruikte splijtstoffen.....	255
4.4.1	Hoeveelheden	255
4.4.2	Effecten van LTO en implicaties voor afvalbeheer.....	256
4.5	Ontmanteling.....	257
4.5.1	Inputgegevens.....	258
4.5.2	Resultaten	260
4.5.3	Conclusies	260

4.6	Grensoverschrijdende effecten.....	260
4.6.1	Normaal bedrijf	260
4.6.2	Ongevallen	260
4.7	Milderende maatregelen: noodplanning	262
4.8	Leemten in de kennis.....	262
4.9	Aanbevelingen.....	262
5	Synthese en besluit site Doel – Doel 4	263
5.1	Synthese van de effecten.....	263
5.1.1	Niet-radiologische effecten.....	263
5.1.2	Radiologische effecten	264
5.2	Synthese van de grensoverschrijdende effecten	266
Deel III. Milieueffectbeoordeling uitstel desactivatie kerncentrale Tihange 3		267
6	Niet-radiologische effecten Tihange 3.....	268
6.1	Algemeen.....	268
6.2	Water.....	268
6.2.1	Relevante beleidsdoelstellingen.....	268
6.2.2	Relevante effecten en oorzaak-gevolgrelaties.....	272
6.2.3	Afbakening van het studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie.....	273
6.2.4	Milderende maatregelen	286
6.2.5	Leemten in kennis en monitoring.....	287
6.3	Biodiversiteit.....	287
6.3.1	Relevante beleidsdoelstellingen.....	287
6.3.2	Bespreking van de te bestuderen effecten	288
6.3.3	Afbakening van het studiegebied.....	289
6.3.4	Beschrijving van de referentiesituatie	291
6.3.5	Beschrijving van de effecten	302
6.3.6	Beoordeling van de effecten met betrekking tot de beleidsdoelstellingen	307
6.3.7	Conclusies	308
6.3.8	Milderende maatregelen	309
6.4	Lucht	309
6.4.1	Relevante beleidsdoelstellingen.....	309
6.4.2	Relevante effecten en oorzaak-gevolgrelaties.....	312
6.4.3	Afbakening van het studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie.....	313
6.4.4	Beschrijving van de effecten	314
6.4.5	Toetsing van de effecten aan de beleidsdoelstellingen.....	319
6.4.6	Samenvatting van de belangrijkste bevindingen.....	320
6.4.7	Milderende maatregelen	321

6.4.8	Leemten in kennis en monitoring.....	321
6.5	Klimaat.....	321
6.5.1	Relevante beleidsdoelstellingen.....	321
6.5.2	Relevante effecten en oorzaak-gevolgrelaties.....	323
6.5.3	Afbakening van het studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie.....	323
6.5.4	Beschrijving van de effecten.....	324
6.5.5	Toetsing van de effecten aan de beleidsdoelstellingen.....	332
6.5.6	Samenvatting van de belangrijkste bevindingen.....	333
6.5.7	Milderende maatregelen.....	333
6.5.8	Leemten in kennis en monitoring.....	333
6.6	Mens en veiligheid.....	333
6.6.1	Juridische en beleidscontext.....	333
6.6.2	Afbakening van het studiegebied.....	337
6.6.3	Beschrijving van de huidige situatie.....	337
6.6.4	Beoordeling van de gevolgen van het project.....	338
6.6.5	Evaluatie van beleidseffecten.....	342
6.6.6	Milderende maatregelen.....	342
6.6.7	Leemten in kennis.....	342
6.7	Grensoverschrijdende effecten.....	343
7	Radiologische effecten Tihange 3.....	344
7.1	Directe straling en lozingen tijdens normale uitbating.....	344
7.1.1	Huidige situatie.....	344
7.1.2	Effecten bij niet-verlenging van Tihange 3.....	361
7.1.3	Effecten bij verlenging van Tihange 3 voor 10 jaar na 2025 (Het project).....	361
7.2	Accidentele lozingen.....	362
7.2.1	Ontwerpongeval.....	362
7.2.2	Ontwerpuitbreidingsongeval.....	364
7.2.3	Impact van beschouwde ongevallen op biodiversiteit.....	365
7.2.4	Bespreking accidentele lozingen.....	365
7.3	Operationeel radioactief afval.....	366
7.3.1	Afvalbehandeling op de site.....	366
7.3.2	Hoeveelheden laag-en middelactief afval.....	366
7.3.3	Effecten van LTO en implicaties voor afvalbeheer.....	367
7.4	Verbruikte splijtstoffen.....	367
7.4.1	Hoeveelheden.....	367
7.4.2	Effecten van LTO en implicaties voor afvalbeheer.....	367
7.5	Ontmanteling.....	368

7.5.1	Inputgegevens	368
7.5.2	Resultaten	369
7.5.3	Conclusies	372
7.6	Grensoverschrijdende effecten.....	373
7.6.1	Normaal bedrijf	373
7.6.2	Ongevallen	373
7.7	Milderende maatregelen: noodplanning	374
7.8	Leemten in de kennis.....	374
7.9	Aanbevelingen.....	374
8	Synthese en besluit site Tihange – Tihange 3.....	375
8.1	Synthese van de effecten	375
8.1.1	Niet-radiologische effecten.....	375
8.1.2	Radiologische effecten	376
8.2	Synthese van de grensoverschrijdende effecten	378
Deel IV. Synthese en algemeen besluit Milieueffectbeoordeling uitstel desactivatie Doel 4 en Tihange 3.....		379
9	Synthese van de effecten van het project.....	380
9.1	Beoordeling conventionele effecten	380
9.2	Beoordeling van de radiologische aspecten.....	381
9.2.1	Impact op mens en milieu bij normale uitbating.....	381
9.2.2	Impact op mens en milieu bij een ongeval	382
9.2.3	Impact op de productie van afval en verbruikte splijtstoffen	384
9.3	Milderende maatregelen en leemten in kennis voor de niet-radiologische effecten.....	385
9.3.1	Milderende maatregelen	385
9.3.2	Leemten in de kennis en monitoring	385
9.4	Milderende maatregelen en leemten in kennis betreffende radiologische effecten	386
9.4.1	Noodplanning	386
9.4.2	Leemten in de kennis	391
10	Algemeen Besluit	393
	Bibliografie	396

Deel I. Algemeen kader en methodologie milieueffectbeoordeling uitstel desactivatie Doel 4 en Tihange 3

1 Inleiding

1.1 Context van de milieueffectbeoordeling

1.1.1 Antecedenten

Kernenergie is sinds de ingebruikname van de verschillende reactoren op de sites van Doel en Tihange in de jaren 1975-1985 (zie Tabel 1) de voornaamste bron van elektriciteit in België met een productieaandeel op jaarbasis tussen ongeveer 40 en 60 % in de laatste 35 jaar.

De geleidelijke uitstap van het gebruik van kernenergie voor de industriële elektriciteitsproductie op het Belgische grondgebied is geregeld bij **wet van 31 januari 2003** houdende de geleidelijke uitstap uit kernenergie voor industriële elektriciteitsproductie (Wet op de kernuitstap). Hierin werd vastgelegd dat de kerncentrales zouden worden gedesactiveerd 40 jaar na de datum van hun industriële ingebruikname en dat alle individuele vergunningen met betrekking tot de elektriciteitsproductie door die centrales op hetzelfde moment een einde zouden nemen.

De wet stelt ook dat geen enkele nieuwe nucleaire centrale bestemd voor de industriële elektriciteitsproductie door splijting van kernbrandstoffen, kan worden opgericht en/of in exploitatie gesteld.

Deze Wet op de kernuitstap werd in 2013 gewijzigd (**wet van 18 december 2013**) om de exploitatieduurverlenging voor de industriële elektriciteitsproductie van Tihange 1 met 10 jaar te verlengen. De Wet op de kernuitstap werd opnieuw gewijzigd in 2015 (**wet van 28 juni 2015**) met het oog op het verzekeren van de bevoorrading op het gebied van energie. Hierbij werd de toelating gegeven voor de heropstart van Doel 1 (deze was reeds stilgelegd conform de wet van 2003) en werd de desactivatie van Doel 2 met 10 jaar uitgesteld. Deze nieuwe data voor desactivatie zijn eveneens opgenomen in Tabel 1.

Bij een arrest van 5 maart 2020 heeft het Grondwettelijk Hof geoordeeld dat deze beslissing (de wet van 28 juni 2015), alsook de nodige werken voor de goede werking van Doel 1 en 2 tijdens de tien bijkomende jaren, onderworpen zijn aan de opmaak van een milieueffectbeoordeling vergezeld van een publieke raadpleging. Tegelijkertijd handhaafde het Hof de gevolgen van de vernietigde wet tot het aannemen, door de wetgever, van een nieuwe wet die is voorafgegaan door de vereiste milieueffectbeoordeling en passende beoordeling, met inspraak van het publiek en een grensoverschrijdende raadpleging, en uiterlijk tot en met 31 december 2022. Na uitvoering van een milieueffectbeoordeling en publieke raadpleging, inclusief grensoverschrijdende consultatie¹ werd de **wet van 11 oktober 2022** tot wijziging van de wet van 31 januari 2003 houdende de geleidelijke uitstap uit kernenergie voor industriële elektriciteitsproductie uitgevaardigd.

Tabel 1: Desactivatiekalender volgens de oorspronkelijke Wet op de kernuitstap van 2003 en zijn latere wijzigingen (status 1 januari 2023).

Centrale	Datum van industriële ingebruikname	Datum van desactivatie (oorspronkelijke wet van 2003)	Datum van desactivatie (wijzigingen van wet van 2003, status 1 januari 2023)
Doel 1	15 februari 1975	15 februari 2015	15 februari 2025
Doel 2	1 december 1975	1 december 2015	1 december 2025
Doel 3	1 oktober 1982	1 oktober 2022	1 oktober 2022 ²

¹ Zie <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/energiebronnen/kernenergie/milieueffectbeoordeling-van>

² In de avond van vrijdag 23 september 2022, om 21u31, legden de operatoren in de controlezaal van Doel 3 de reactor voor de laatste keer stil en verbraken ze de verbinding met het hoogspanningsnet. Omwille van de reglementaire beperking van de duur van 1 splijtstofcyclus tot maximaal 365 dagen werd de reactor enkele dagen voor de uiterste datum van desactivatie stilgelegd. De reactor is op dat moment al 2,5 maanden in stretch-out-modus en produceerde nog zo'n 60 % van zijn vermogen.

Centrale	Datum van industriële ingebruikname	Datum van desactivatie (oorspronkelijke wet van 2003)	Datum van desactivatie (wijzigingen van wet van 2003, status 1 januari 2023)
Doel 4	1 juli 1985	1 juli 2025	1 juli 2025
Tihange 1	1 oktober 1975	1 oktober 2015	1 oktober 2025
Tihange 2	1 februari 1983	1 februari 2023	1 februari 2023 ³
Tihange 3	1 september 1985	1 september 2025	1 september 2025

Eind december 2021 vroeg de regering (Ministerraad van 23 december 2021) aan het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) en FOD Economie (DG Energie) om tegen 17 januari een olijsting en analyse te doen van de acties die nodig zijn voor het activeren van het zogenaamde plan B (het langer dan gepland openhouden van de kernreactoren Doel 4 en Tihange 3) in verband met de Belgische energiebevoorradingszekerheid na 2025.

Uit de analyse van het FANC bleek dat een verlenging van de uitbatingstermijn voor de jongste kernreactoren op het vlak van de nucleaire veiligheid mogelijk was, weliswaar mits de nodige reglementaire aanpassingen en veiligheidsverbeteringen van de installaties. Voor een uitbatingstermijnverlenging is ook een milieueffectenrapport vereist.

Op 18 maart 2022 besliste de federale regering vervolgens om effectief over te gaan tot een verlenging van de uitbatingstermijn van Doel 4 en Tihange 3 en zo een nucleaire productiecapaciteit van 2 gigawatt te behouden. Gezien de problemen op het vlak van elektriciteitsbevoorrading vanuit de buurlanden, de grote afhankelijkheid van fossiele brandstoffen, de versnelling van de energietransitie, de geopolitieke spanningen die de prijzen zeer volatiel maken en de aardgasbevoorrading onder druk zetten, heeft de ministerraad op 18 maart 2022 beslist om de nodige stappen te zetten met het oog op de verlenging van 2 GW nucleaire capaciteit – meer bepaald Doel 4 en Tihange 3 – gedurende een periode van 10 jaar. Deze beslissing is conform het beleid dat de Europese Commissie wenst te voeren voor een verhoogde onafhankelijkheid van fossiele brandstoffen en een gediversifieerde energievoorziening.

Op 1 april 2022 keurde de ministerraad op voorstel van minister van Energie Tinne Van der Straeten een voorontwerp van wet goed tot wijziging van de wet houdende de geleidelijke uitstap uit kernenergie⁴. Het voorontwerp van wet heeft tot doel de activering van de nucleaire reactoren van Doel 4 en Tihange 3 voor nog eens 10 jaar toe te staan, en dit nadat rekening werd gehouden met de resultaten van de milieueffectenbeoordeling, de openbare raadpleging, de raadpleging van de betrokken autoriteiten en de grensoverschrijdende raadplegingen.

Op 22 juli 2022 leidden de eerste gesprekken tussen de Belgische Staat en ENGIE Electrabel tot een niet-bindende intentieverklaring. Op **9 januari 2023** kwamen de Belgische regering en uitbater ENGIE Electrabel tot een akkoord om het tien jaar langer dan hun geplande sluitingsdatum in 2025 openhouden van de twee jongste kernreactoren van het land, Doel 4 en Tihange 3, te bewerkstelligen.

1.1.2 Initiatiefnemer en team van deskundigen

1.1.2.1 Initiatiefnemer

De initiatiefnemer van de milieueffectbeoordeling is de Belgische Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, Vooruitgangstraat 50, 1210 Brussel.

1.1.2.2 Team van deskundigen

De milieueffectbeoordeling is opgemaakt door een team van onafhankelijke radiologische en niet-radiologische MER-deskundigen. Een verwijzing naar hun erkenning kan gevonden worden op p. 3 en 4.

³ Op 31 januari 2023 tegen middernacht werd ook Tihange 2 definitief stopgezet na 40 jaar uitbating.

⁴ <https://news.belgium.be/nl/wijziging-van-de-wet-over-de-kernuitstap>

Radiologische MER-deskundigen van SCK CEN (KC Doel en CN Tihange):

- Johan Camps: projectcoördinator en radiologische MER-deskundige;
- Eef Weetjens: radiologische MER-deskundige, specifiek voor radioactief afval en gebruikte splijtstoffen;
- Lieve Sweeck: radiologische MER-deskundige;
- Geert Olyslaegers: radiologische MER-deskundige;
- Hildegard Vandenbove: radiologische MER-deskundige;

Niet-radiologische MER-deskundigen:

- Algemene MER-coördinatie: Koen Couderé (KENTER);

Voor KC Doel:

- MER-deskundige Water en Klimaat: Koen Couderé (KENTER);
Het aspect 'gezondheid' werd eveneens behandeld door Koen Couderé;
- MER-coördinator: Katelijne Verhaegen (KENTER);
- MER-deskundige Biodiversiteit: Annemie Pals (Mieco-effect);
- MER-deskundige Lucht: Johan Versieren (Joveco);

Voor CN Tihange:

- Coördinator EIE: Xavier Musschoot (SERTIUS);
- Experte Eau de Surface et Etre humain: Maureen de Hertogh (SERTIUS);
- Expert Biodiversité: Pierre Jacques (SERTIUS);
- Experte Air et Climat: Amélie de Pierpont (SERTIUS).

1.1.3 Leeswijzer

Deze milieueffectbeoordeling is opgebouwd uit tien hoofdstukken verdeeld over 4 delen. Een eerste algemeen deel betreffende het Project en de gevolgde methodologie, daarna het deel rond de milieueffectbeoordeling voor Doel 4 gevolgd door het deel rond de milieueffectbeoordeling voor Tihange 3. In deel 4 wordt dan een synthese gemaakt van de effecten van het project.

Het originele rapport is geschreven in het Nederlands en voor de niet-radiologische effecten Tihange 3 in het Frans. Dit rapport bevat bijgevolg vertalingen van de originele tekst.

In het inleidende *hoofdstuk 1* (dit hoofdstuk) wordt de achtergrond van het Project dat het voorwerp van deze milieueffectbeoordeling (MEB) uitmaakt beschreven. Hoger werd reeds ingegaan op de juridische en beleidsmatige antecedenten en op de doelstelling van de beoordeling, en werd het team dat deze studie uitvoert voorgesteld. Verderop in hoofdstuk 1 wordt het Project beschreven en wordt ingegaan op een aantal methodologische aspecten, zoals het al dan niet bestuderen van alternatieven en het omschrijven van de referentietoestand, en van externe ontwikkelingen die een invloed kunnen hebben op die referentietoestand. Er wordt ook ingegaan op de evolutie van de bevoorradingszekerheid over de periode 2020-2030, die de motivatie vormt voor het Project. Tenslotte wordt in hoofdstuk 1 ook de gevolgde procedure kort beschreven, met nadruk op de raadpleging en participatie van het publiek en op de adviesvraag aan een aantal bevoegde instanties.

In *hoofdstuk 2* wordt de methodologie van de milieueffectbeoordeling beschreven, respectievelijk voor de radiologische en voor de niet-radiologische aspecten. Voor wat de niet-radiologische effecten betreft wordt hier aangegeven welke thema's in deze MEB bijzondere aandacht zullen krijgen, en wordt gemotiveerd waarom bepaalde thema's niet in detail worden behandeld. Er wordt daarbij ook een onderscheid gemaakt tussen de effecten van het project op zijn omgeving, de vermeden effecten van het project, en de effecten van de omgeving op het project. Voor wat de radiologische effecten betreft wordt eerst ingegaan op de basisconcepten van stralingsbescherming en van radioactief afval en het bijhorende beheer. Vervolgens wordt de toegepaste methodologie omschreven voor het bepalen van de effecten van routine- en accidentele lozingen op mens en milieu en van radioactief afval.

In *hoofdstuk 3* worden de niet-radiologische effecten van de levensduurverlenging van Doel 4 voor de thema's Water, Biodiversiteit, Lucht, Klimaat en Gezondheid beschreven en beoordeeld. De beoordeling gebeurt telkens aan de hand van een toetsing aan de voor het thema relevante beleidsdoelstellingen.

In *hoofdstuk 4* worden de radiologische effecten van de levensduurverlenging van Doel 4 beschreven. De effecten op mens en biodiversiteit tijdens normale uitbating komen aan bod, alsook deze effecten die kunnen toegeschreven worden aan accidentele lozingen, operationeel radioactief afval en verbruikte splijststoffen. Ook op milderende maatregelen onder de vorm van noodplanning wordt ingegaan.

In *hoofdstuk 5* wordt voor Doel 4 een synthese gegeven van zowel de niet-radiologische als de radiologische effecten. Speciale aandacht gaat uit naar grensoverschrijdende effecten.

Hoofdstuk 6, hoofdstuk 7 en hoofdstuk 8 bevatten achtereenvolgens dezelfde informatie voor Tihange 3 als deze opgenomen in hoofdstukken 3, 4 en 5 voor Doel 4: de niet-radiologische effecten, de radiologische effecten en een synthese van beide.

Hoofdstuk 9 bevat een overkoepelende synthese van de effecten van het project voor Tihange 3 en Doel 4 samen, voor zowel de radiologische als niet-radiologische effecten. In *hoofdstuk 10* tenslotte wordt een algemeen besluit geformuleerd.

Deze MEB bevat ook een niet-technische samenvatting, in de vorm van een afzonderlijk document, bedoeld om aan een breed publiek een inzicht te geven in de resultaten van deze milieueffectbeoordeling. Hierin komen voor de receptordisciplines gezondheid en biodiversiteit de radiologische en niet-radiologische effecten geïntegreerd aan bod.

1.2 Voorwerp van de milieueffectbeoordeling en te onderzoeken alternatieven

1.2.1 Het Project

1.2.1.1 Inleiding

Deze milieueffectbeoordeling heeft betrekking op de strategische beslissing en de werken zoals gekend bij het uitvoeren van de beoordeling⁵ voor de verlenging van de kernreactoren Doel 4 en Tihange 3 voor de industriële productie van elektriciteit voor een periode van 10 jaar na de voorziene sluiting volgens de Wet op de kernuitstap van 2003, zoals bepaald in Tabel 2. Als we naar de verlenging van Doel 4 en Tihange 3 verwijzen in dit rapport bedoelen we steeds de verlenging zoals gedefinieerd in onderstaande tabel.

Tabel 2: Verlenging van de reactoren Doel 4 en Tihange 3 voor industriële elektriciteitsproductie zoals beschouwd in deze milieueffectbeoordeling. Deze timing is conform met het ontwerp van wet goedgekeurd op de ministerraad van 1 april 2022 (zie §1.1.1).

Reactor	Voorziene sluiting Wet op kernuitstap 2003	Verlenging	Uiterlijk voorziene datum desactivatie bij verlenging
Doel 4	1 juli 2025	Periode van tien jaar vanaf de datum van de eerste industriële elektriciteitsproductie na 1 juli 2025	31 december 2037
Tihange 3	1 september 2025	Periode van tien jaar vanaf de datum van de eerste industriële elektriciteitsproductie na 1 september 2025	31 december 2037

⁵ Informatie beschikbaar tot de datum van eind januari 2023 werd meegenomen in deze Milieueffectbeoordeling, informatie die later beschikbaar kwam is niet gegarandeerd meegenomen in de beoordeling.

Het project, zoals hier beschouwd, betreft de verlenging van de industriële energieproductie met de kernreactoren/eenheden Doel 4 en Tihange 3 zoals weergegeven in Tabel 2, die respectievelijk deel uitmaken van de site van de Kerncentrale van Doel (KC Doel), gelegen aan de Scheldemolenstraat, Haven 1800, 9130 Doel en van de site van de Kerncentrale van Tihange (Centrale Nucléaire de Tihange, CN Tihange), gelegen aan de Avenue de l'Industrie 1, 4500 Huy, beiden op datum van 1 februari 2023 uitgebaat door Electrabel nv. De milieueffectbeoordeling van dit project zal vertrekken vanuit alle toepasselijke Europese Richtlijnen (2011/92/EU, 92/43/CEE en 2009/147/CE). De situering van beide sites in België is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Situering van de kerncentrales van Doel en Tihange (oranje). Eveneens zijn de kernenergiecentrales aan de grenzen met België (groen) en andere Klasse 1 nucleaire installaties in België (blauw) weergegeven.

De kerncentrale Doel (KC Doel) en kerncentrale Tihange (CN Tihange) bestaan respectievelijk in totaal uit vier en drie kernreactoren, de nodige hulpgebouwen en installaties voor de productie van elektriciteit en de opslag van verbruikte splijtstoffen. KC Doel ligt in de gemeente Beveren (provincie Oost-Vlaanderen) langs de linkeroever van de Schelde en op een kortste afstand van 3,15 km van de Nederlandse grens. CN Tihange ligt in de gemeente Hoei (provincie Luik) langs de rechteroever van de Maas en op een kortste afstand van 38 km respectievelijk 58 km van de Nederlandse en Duitse grens. De werking van de kerncentrale, met focus op de werking van de eenheden Doel 4 en Tihange 3 die deel uitmaken van het project, wordt verder beschreven in §1.2.1.2.

Het project wordt gezien als onafhankelijk van andere projecten die lopen en/of gepland worden voor de site van KC Doel en CN Tihange, zoals het SF² project (de bouw van een nieuwe installatie voor de tijdelijke opslag van verbruikte kernbrandstof op de site van Doel: de "Spent Fuel Facility" of faciliteit voor verbruikte brandstoffen⁶) en de stopzetting van Doel 3 en Tihange 2⁶. Een beschrijving van de verschillende activiteiten die parallel lopen op de sites van KC Doel en CN Tihange kan gevonden worden in §1.2.1.3.

⁶ Zoals bepaald door het Koninklijk Besluit van 31 januari 2003 over de geleidelijke uitstap uit kernenergie.

Deze milieueffectbeoordeling heeft betrekking op de strategische beleidsbeslissing en de noodzakelijke werken voor het verder openhouden en uitbaten van de eenheden Doel 4 en Tihange 3 voor industriële elektriciteitsproductie voor een periode van 10 jaar zoals gespecificeerd in Tabel 2.

In het kader van de Belgische reglementering worden de verschillende inrichtingen, die radioactieve stoffen gebruiken of toestellen die ioniserende stralingen kunnen voortbrengen, in *vier klassen van inrichtingen* ingedeeldⁱⁱ. De classificatieregels zijn gebaseerd op het *potentieel risico van de uitbating*. Een inrichting (of een installatie) behoort tot een bepaalde klasse, afhankelijk van de hoeveelheden radioactieve stoffen, van de kracht van het toestel of de activiteit van de radioactieve bron(nen) of van het niveau van blootstelling aan ioniserende straling. Alle Belgische kerninstallaties, waaronder KC Doel en CN Tihange, vallen onder *Klasse 1* en moeten bijgevolg voldoen aan alle reglementering betreffende *Klasse 1* installaties.

Het project zoals hier gedefinieerd houdt zoals eerder aangegeven een bijkomende periode van uitbating in van de eenheden Doel 4 en Tihange 3 na de initiële werkingsperiode van veertig jaar. Conform het Koninklijk Besluit van 25 januari 1974 en het Koninklijk Besluit van 30 november 2011 houdende de veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties, dient de exploitant een periodieke veiligheidsherziening uit te voeren, met een interval van maximaal 10 jaar. Dit wordt de *Tienjaarlijkse Herziening of Periodieke Veiligheidsherziening* (Periodic Safety Review) genoemd. Voor de periode na 2025 is dit de vierde herziening en zijn de twee eenheden bovendien 40 jaar in uitbating. Dit betreft bijgevolg een uitbating voor een langere periode dan aanvankelijk in het ontwerp van de reactoren voorzien was, wat ook langetermijnuitbating van de kerncentrales genoemd wordt (Long Term Operations of LTO).

Voor wat de veiligheid betreft voldoen momenteel alle kernreactoren aan de nu geldende veiligheidsvoorschriften vastgelegd in het KB van 30 november 2011. Die regelgeving werd aangescherpt in 2020 met bijkomende veiligheidsvereisten die gelden vanaf 2025. Gezien Doel 4 en Tihange 3 tot de meest moderne kernreactoren in België behoren en gezien ze reeds het onderwerp hebben uitgemaakt van diverse verbeteringsprojecten (in het kader van de vorige 3 periodieke veiligheidsherzieningen en de post-Fukushima stresstesten) zijn de mogelijke behoeften/opportunities die werden geïdentificeerd niet heel groot in aantal of extreem complex uit te voeren. Ze voldoen vandaag grotendeels aan de nieuwe vereisten al zijn er nog een aantal veiligheidsverbeteringen nodig. Hierbij kan een onderscheid gemaakt worden tussen de "noodzakelijke vereisten" om volledig aan de verscherpte vereisten te voldoen die moeten worden gerealiseerd vóór de start van de uitbatingsverlenging na 2025, en de "mogelijke aanpassingen" die eventueel nadien kunnen worden gerealiseerd zonder afbreuk te doen aan de veiligheid.

Deze vormen de werken die we in deze milieueffectbeoordeling beschouwen en ze omvatten:

- Ontwerpverbeteringen:

De belangrijkste ontwerpverbeteringen die als "needs" of behoeften werden geïdentificeerd zijn de volgende:

- Beheer van extreme temperaturen: het beheer van mogelijke hittegolven (en de bijhorende temperaturen die hoger kunnen liggen dan voorzien in het initieel ontwerp) kan leiden tot ontwerpverbeteringen bv. bijkomende luchtkoelers of bevochtigers van lokalen;
- Versterken van de noodplancentra: de bewoonbaarheid van de bestaande noodplancentra in het geval van bepaalde ernstige ongevallen kan niet altijd verzekerd worden zonder het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen: ontwerpverbeteringen kunnen hier bv. gelinkt zijn aan betere afscherming of ventilatie van de noodplancentra;
- Robuustheid van de koeling van de dokken voor bestraalde kernbrandstof: de bestaande koelsystemen van de splijtstofdokken zouden kunnen verbeterd en aangevuld worden met bijkomende (mobiele) koelsystemen die kunnen worden ingeschakeld in ongevalssituaties.

- Verouderingsbeheer:

Op het vlak van beheer van veroudering is de vereiste dat voor alle veiligheidsgebonden systemen, structuren en componenten aangetoond moet worden dat hun kwalificatie geldig blijft in de nieuwe uitbatingsperiode. Dit kan

ofwel gebeuren via een justificatiedossier (wat het nodige studiewerk vraagt) of door deze componenten waar nodig te vervangen vooraleer ze hun gekwalificeerde levensduur overschrijden.

Voor de grote mechanische componenten (reactorvat, reactordeksel, stoomgeneratoren) schat de veiligheidsautoriteit FANC-AFCN op basis van de huidige kennis in dat deze niet moeten vervangen worden.

Voor andere componenten (kleinere mechanische componenten zoals pompen of kleppen, elektrische uitrusting, instrumentatie, civiele structuren) is er op dit ogenblik geen volledig beeld van de mogelijke vervangingswerken vooraleer de exploitant zijn studies heeft afgerond. Het kan daarom op dit ogenblik niet uitgesloten worden dat deze vervangingswerken mogelijke effecten met zich meebrengen, die echter beperkt van aard zijn.

Naast de ontwerpverbeteringen en het verouderingsbeheer heeft de veiligheidsautoriteit ook de menselijke middelen (human resources) als een niet te onderschatten factor voor de langetermijnnutbating geïdentificeerd. Dit valt echter buiten de milieueffectbeoordeling.

Op basis van de werken zoals gekend op het moment van de scoping van de potentiële effecten en van de beoordeling van deze effecten⁷ kan gesteld worden dat de effecten zeer lokaal zijn en in het algemeen beperkt blijven tot de site voor de verschillende niet-radiologische disciplines. Er is geen impact op de radiologische aspecten binnen de periode waarin de verlenging bestudeerd wordt en het radioactief afval wordt beoordeeld voor de LTO inclusief de werken. Voor de werken wordt een beperkte hoeveelheid laag radioactief afval verwacht, die slechts een fractie uitmaakt van de cumulatieve hoeveelheid over de beschouwde LTO periode.

De laatste stand van zaken met betrekking tot de werken die mee het voorwerp uitmaken van de milieueffectbeoordeling in voorliggend rapport was beschikbaar in een nota van 15 maart 2023⁸. De beschrijving van de werken en de scoping van mogelijke effecten die deze nota bevat zijn niet fundamenteel anders dan deze waarvan uitgegaan werd bij de beoordeling van de effecten van de werken uitgevoerd in deze milieueffectbeoordeling. De effectieve lijst van uit te voeren werken in het kader van LTO Doel 4 en Tihange 3 kan nog verder evolueren in overleg tussen de exploitant, Electrabel nv, en de veiligheidsautoriteiten.

1.2.1.2 Werking van de kerncentrales Doel 4 en Tihange 3

De finaliteit van de verlenging van de eenheden Doel 4 en Tihange 3 op de respectievelijke sites KC Doel en CN Tihange is de verdere industriële productie van elektriciteit. We bespreken daarom de werking van de kerncentrales Doel 4 en Tihange 3 met eveneens een globaal overzicht van hun potentiële impact op mens en milieu.

Doel 4 en Tihange 3 zijn reactoren van het zogenaamde drukwater of hogedruk-type (Pressurized-Water Reactor PWR) van het Westinghouse-ontwerp. Een overzicht met basisgegevens voor deze twee productie-eenheden is opgenomen in Tabel 3.

⁷ Informatie beschikbaar tot en met 31 januari 2023 werd hiervoor meegenomen, informatie die later ontvangen werd is niet gegarandeerd meegenomen.

⁸ PSR LTO KCD4 CNT 3-ELP-DESCRIPTION DES TRAVAUX DU LTO DE D4/T3" (ref CNT-KCD/4NT/0031174/000/02), Tractebel Engineering, 15 maart 2023.

Tabel 3: Overzicht met basisgegevens van de kerncentrale van Doel.

Eenheid	Type/design	Thermisch vermogen (MWth)	Elektrisch vermogen (MWe)	Datum eerste kritikaliteit	Containment	Capaciteit brandstofopslag
Doel 4	PWR (3 primaire koelkringen) Westinghouse	3000	1036	31/03/1985	Dubbel met inwendige liner	628 posities
Tihange 3	PWR (3 primaire koelkringen) Westinghouse	2988	1038	05/09/1985	Dubbel met inwendige liner	820 posities

Een PWR is typisch opgebouwd uit 3 compartimenten met 3 gescheiden kringen: het reactorgebouw met primaire kring, de machinezaal met secundaire kring en het koelcircuit dat de tertiaire kring vormt (Figuur 2).



Figuur 2: Werking kerncentrale met van links naar rechts reactorgebouw, machinezaal en koelcircuit (Bron: Electrabel nv).

Het reactorgebouw (RGB) bevat het reactorvat (of -kuip) dat de kernbrandstof of splijtstof bevat. De splijtstof is verrijkt uranium in de vorm van gesinterd uraniumoxide (UO_2) met een aanrijktingspercentage uranium-235 (U-235) van ongeveer 4 % (natuurlijk uranium bevat ongeveer 0,7 % U-235). Tabletten splijtstof zijn gestapeld in buizen van een zirkonium-legering. Zij zorgen voor de insluiting van de splijtingsproducten. De aldus gevormde stiften worden gebundeld tot splijtstofelementen en worden in een netwerk gehouden door middel van roosters. Bij splijting (zie kaderstuk) ontstaan splijtingsproducten en neutronen; deze laatste kunnen voor nieuwe splijtingen zorgen zodat een kettingreactie wordt veroorzaakt. Om deze kettingreactie onder controle te houden en de reactiviteit van de kernreactor te controleren worden absorberende bundels (controlestaven) en boor⁹ (een element dat makkelijk neutronen invangt) gebruikt. De controlestaven worden onderverdeeld in twee groepen:

⁹ Aanwezig in het water van de primaire kring in de vorm van boorzuur.

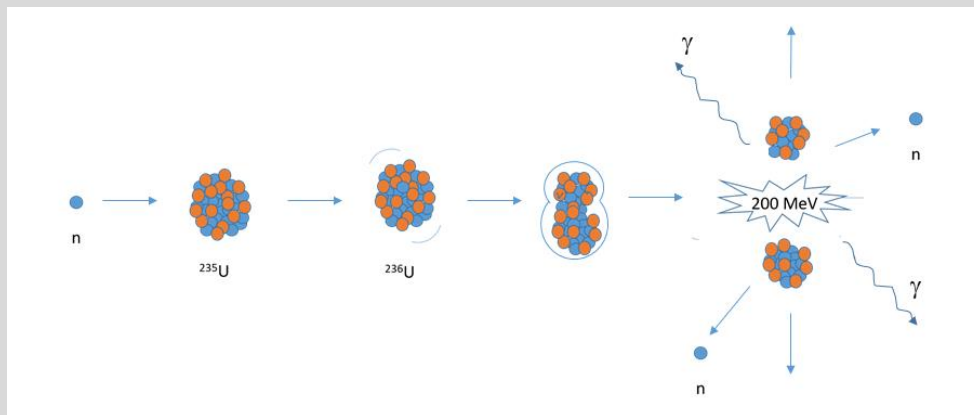
- de regelstaven (28 stuks) die zorgen voor de snelle controle van de reactiviteit;
- de stopstaven of het afschakelsysteem (ook SCRAM genoemd, 24 stuks) waarmee samen met de regelstaven een noodstop kan worden uitgevoerd.

De controlestaven hebben de eigenschap om neutronen sterk te absorberen en zullen bij een automatische stop of noodstop uit zichzelf door de zwaartekracht tussen de brandstofelementen vallen en zo de splijtingsreacties stoppen (passieve veiligheid). Omwille van radioactief verval van de splijtingsproducten blijft de reactorkern na stopzetting echter wel nog warm en moet hij verder gekoeld worden.

Intermezzo – kernsplijting

De kernen van atomen, die bestaan uit protonen en neutronen (beide nucleonen genoemd), hebben een heel erg grote bindingsenergie. Dat wil zeggen dat het erg veel energie kost om zo'n kern op te splitsen in zijn individuele nucleonen. Zoveel energie (E), dat er zelfs –volgens de bekende formule van Einstein $E=mc^2$ – een niet te verwaarlozen massaverschil (m) bestaat tussen de atoomkern en de massa van de individuele nucleonen waaruit de kern bestaat (c is de lichtsnelheid). Het uranium dat gebruikt wordt voor splijting in de meeste kernreactoren (uranium 235 of U-235) bestaat uit 235 nucleonen (92 protonen en 143 neutronen). Als je de massa van zo'n uranium 235 kern vergelijkt met de som van de massa's van de 235 individuele nucleonen (protonen en neutronen hebben ongeveer dezelfde massa, neutronen zijn net iets zwaarder) dan heeft de atoomkern een beduidend kleinere massa. Dit verschil (het massaverschil of massadefect genoemd) komt bij uranium 235 overeen met de massa van bijna twee individuele nucleonen. Ook atomen (elektronen en de atoomkern) en moleculen (meerdere atomen) zijn gebonden systemen van deeltjes, maar de bindingsenergie in atoomkernen is vele grootteordes groter dan deze in atomen en moleculen: een factor honderdduizend (10^5) of meer.

Kernsplijting (ook fissie genoemd) kan plaatsvinden bij zware kernen; de kern splijt dan niet in al zijn individuele nucleonen, maar wel in twee kleinere en (per nucleon) sterker gebonden atoomkernen. Dit kan spontaan gebeuren, zogenoemde spontane splijting (wat een vorm van radioactief verval is), of geïnduceerd worden door de vangst van een neutron, ook bekend als geïnduceerde kernsplijting. Hierbij komt het verschil in bindingsenergie tussen de initiële kern en zijn fragmenten vrij. Dit is een grote hoeveelheid energie daar de bindingsenergieën in atoomkernen heel erg groot zijn. In onderstaande figuur wordt een voorbeeld van neutron geïnduceerde splijting getoond. Het uranium 235 kern absorbeert een neutron waardoor de uraniumkern nu een neutron meer heeft en uranium 236 geworden is. Deze kern heeft door de absorptie van het neutron een energieoverschot en oscilleert, waarbij de kern een langgerekte vorm kan krijgen en splijten in twee splijtingsproducten.



Soms (in 15 % van de gevallen) zal de uranium 236 kern niet splijten maar zijn teveel aan energie onder de vorm van gammastraling uitzenden. In 85 % van de gevallen zal echter splijting optreden, waarbij een grote hoeveelheid energie vrijkomt, gemiddeld 200 miljoen-elektronvolt (200 MeV) per splijting, de elektronvolt is een maat voor energie zoals de joule. Ter vergelijking, bij de vorming van één molecule CO₂ (bij bijvoorbeeld gebruik fossiele brandstoffen) komt 4,08 eV vrij, bijna een factor 50 miljoen (5×10^7) minder dan bij de splijting van één uranium 235 kern. De energie die vrijkomt bij splijting wordt verdeeld als kinetische energie over de splijtingsproducten en de vrijgekomen neutronen (typisch 2 à 3 neutronen per splijting) en onder de vorm van prompte gammastraling. De neutronen hebben een gemiddelde energie van ongeveer 2 MeV. De splijtingsproducten die gevormd worden hebben een relatief overschot aan neutronen en zullen via bèta verval vervallen tot uiteindelijk stabiele atomen (zie §2.3.2). De verdeling van de energie die vrijkomt bij splijting is gegeven in onderstaande tabel.

In het bètaverval gaat de energie naar de uitgezonden elektronen (bèta straling), gammastraling en anti-neutrino's. Deze laatste deeltjes hebben echter de eigenschap om bijna niet te interageren met materie en ontsnappen dus volledig waarbij ze hun energie meenemen. Bij normale werking van een reactor als Doel 4 en Tihange 3 met een thermisch vermogen van 3000 MW_{th}, worden 'bij benadering 6×10^{20} anti-neutrino's per seconde corresponderend met een vermogen van zo'n 150 MW de ruimte ingestuurd, deels dwars door de aarde. Om dit getal in perspectief te plaatsen kunnen we dit vergelijken met de hoeveelheid anti-neutrino's die bij het verval van natuurlijke radioactiviteit aanwezig in onze planeet aarde (ook geo-neutrino's genoemd) per seconde worden uitgezonden, namelijk 10^{25} per seconde. Spleijting kan een groot aantal verschillende combinaties geven van spleijtingsproducten en de gemiddelde energie die daarbij vrijkomt is 207 MeV. Zoals besproken zal daar gemiddeld 12 MeV per spleijting weggedragen worden door de anti-neutrino's en dus niet beschikbaar zijn voor energieproductie. De vrijgezette neutronen die geen spleijting veroorzaken kunnen echter wel geabsorbeerd worden door uranium 235 en uranium 238. De nieuwgevormde kernen zullen dan gammastraling uitzenden die eveneens bijdraagt aan de recupereerbare energie, maar niet van spleijting zelf komt. Verder geeft neutron absorptie door uranium 238 aanleiding tot de vorming van transuranen, zeer langlevende radioactieve atomen, die een component zijn in het radioactief afval naast de spleijtingsproducten. Neutronen die uit de kern ontsnappen zullen daarnaast in o.a. het reactorvat kunnen geabsorbeerd worden en daar niet-radioactieve atomen (bv. kobalt) radioactief maken (kobalt-60), dit noemen we activatie of activatieproducten. Naast de radioactiviteit die ontstaat en bij verval straling zal uitzenden, wordt er ook prompte straling (neutronen en gammastraling) uitgezonden tijdens het proces van kernspleijting. Deze zeer intense straling moet goed afgeschermd worden.

	Vrijgekomen energie bij spleijting (MeV)	Recupereerbare energie (MeV)
Spleijtingsproducten	168	168
Prompte neutronen	5	5
Prompte gamma's	7	7
Verval spleijtingsproducten		
Bèta-straling	8	8
Antineutrino's	12	-
Gamma straling	7	7
Gamma straling na neutronenvangst in U-235 en U-238	-	3-12
Totaal	207	198-207

Indien nu voor elke spleijting precies één neutron (prompt of vertraagd) een nieuwe spleijting veroorzaakt, krijgen we een gecontroleerde spleijtingsreactie. De kans echter dat een neutron ontstaan bij spleijting onmiddellijk een nieuwe spleijting veroorzaakt is klein. De neutronen hebben veel energie en worden bij botsing voornamelijk verstrooid en niet geabsorbeerd door de uranium 235 kernen. Daarvoor moeten de neutronen eerst afgeremd worden (gethermaliseerd). Dat kan geburen door ze te laten botsen met lichte kernen zoals waterstofkernen aanwezig in water, ook moderator genoemd. De kernbrandstof moet dus omringd worden door een moderator om de neutronen af te remmen vooraleer ze voldoende kans hebben een nieuwe spleijting te veroorzaken. Anderzijds moet er ook voor gezorgd worden dat er gemiddeld niet meer dan één neutron per spleijting een nieuwe spleijting veroorzaakt: anders zou dit een exponentiële toename in vrijgezette energie betekenen. Dit wordt geregeld met enerzijds de regelstaven en ook door boorzuur aan het water toe te voegen. Deze hebben de eigenschappen om neutronen, eens afgeremd, te absorberen, waardoor ze niet beschikbaar zijn voor spleijting. Deze balans moet gedurende de hele reactorcyclus in evenwicht gehouden worden. Aan het begin van de cyclus is de brandstof vers en zijn er veel uranium 235 kernen beschikbaar voor spleijting: de reactiviteit is dan hoog. Om een gecontroleerde kernreactie te krijgen wordt gestart met boorzuur in het koelwater, waarbij de regelstaven volledig in de kern neergelaten zijn. Naarmate de

reactorcyclus vordert, nemen de reactiviteitsniveaus af. De boorzuurconcentraties in het primaire water worden geleidelijk verlaagd en de regelstaven worden steeds meer uit de kern gehaald om een evenwichtige kernreactie te behouden. Aan het einde van de brandstofcyclus gaat de concentratie aan boorzuur naar nul en zijn de regelstaven volledig uit de kern. Op dat moment wordt de koelwatertemperatuur verlaagd om de reactiviteit op een niveau te houden dat voldoende is om de nucleaire kettingreactie gaande te houden. Dit veroorzaakt een daling van het geleverde vermogen.

Straling en radioactiviteit vormen een belangrijk veiligheidsaspect bij de uitbating van een kerncentrale. Straling en radioactiviteit zijn afkomstig van:

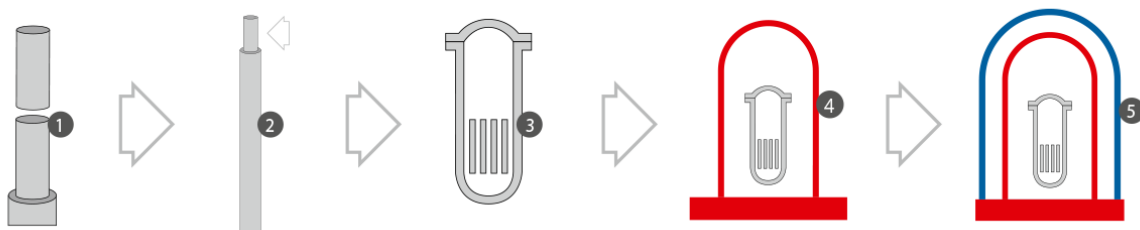
- de kernbrandstof zelf: deze bestaat uit uraniumoxide en bevat verschillende uraniumisotopen, met name U-238, U-235 en U-236, die allemaal spontaan radioactief zijn maar een lange halveringstijd hebben en vnl. via alfa-verval vervallen;
- prompt gamma en neutronenstraling die vrijkomt gedurende het proces van kernsplijting van uraniumkernen (bij werking reactor);
- splijtingsproducten waarvan vele radioactief zijn met halveringstijden van milliseconden tot miljoenen jaren en voornamelijk via uitzenden van bèta- en gammastraling vervallen;
- activatie van verschillende materialen, primair water, ..., hierbij kunnen radioactieve en niet-radioactieve kernen een neutron invangen en nieuwe radionucliden maken, we noemen dit activatieproducten (activatie van het kuipstaal is een voorbeeld, ook de vorming van tritium);
- opeenvolgende neutronabsorptie en bètaverval vertrekkende vanuit het uranium in de kernbrandstof. Hierdoor ontstaan verschillende isotopen van neptunium, plutonium, americium en curium, die allemaal radioactief zijn en waaronder verschillende met zeer lange halveringstijden.

De uitbating vraagt dus belangrijke veiligheidsmaatregelen, stralingsbescherming en het beheer van het radioactieve afval en de verbruikte splijtstoffen.

De bij splijting vrijgekomen energie, afkomstig van de energie en het radioactief verval van de splijtingsproducten en van de energie van de neutronen, wordt in een PWR zoals Doel 4 en Tihange 3 overgedragen aan water onder hoge druk (155 bar). Het water wordt tevens als 'moderator' gebruikt om de neutronen die ontstaan bij splijting af te remmen (ook thermaliseren genoemd), om de kans dat ze een nieuwe splijting veroorzaken te vergroten. Twee à drie neutronen komen gemiddeld vrij per splijting; bij normale werking zal één van deze neutronen een nieuwe splijting veroorzaken. De hoge druk zorgt ervoor dat het water niet gaat koken. Doel 4 en Tihange 3 hebben beiden drie kringen, die samen de primaire koelkring vormen (elk met hun eigen pomp), en die het water rondpompen van de reactorkern naar de stoomgeneratoren. Een drukvat reguleert de druk in het primaire circuit. Deze bevinden zich samen met de reactor allemaal in het reactorgebouw en de insluiting is dubbel: de binnenkant is van voorgespannen beton, aan de binnenkant bekleed voor lek Dichtheid met een stalen voering, de buitenste is in gewapend beton. De ruimte tussen de twee insluitingen wordt de ringvormige ruimte genoemd. De omsluiting is ontworpen om bestand te zijn tegen een LOCA (verlies van koeling ongeval), een SLB (stoomleidingbreuk) en een vliegtuiginslag op het reactorgebouw. Samengevat kan gesteld worden dat het ontwerp voorziet in opeenvolgende barrières om een mogelijke verspreiding van radioactieve stoffen in het milieu te vermijden zoals weergegeven in Figuur 3.

Doel 4 en Tihange 3 zijn georganiseerd in 3 delen: (1) het nucleaire eiland, (2) een deel met veiligheid-gerelateerde uitrustingen en ten slotte (3) het deel met installaties zonder nucleaire veiligheid gerelateerde systemen.

Naast het reactorgebouw bevat het nucleaire eiland ook het gebouw met de nucleaire hulpmiddelen (GNH), met de belangrijke veiligheidssystemen en de gebouwen voor de opslag voor de verse kernbrandstofelementen, i.e. de baden voor de verbruikte splijtstof (waarvan het water continu gezuiverd en gekoeld wordt), alsook de opslagtanks voor de vloeibare en gasvormige effluenten.



Figuur 3: De opeenvolgende barrières die het uranium en de splijtingsproducten afschermen van de buitenwereld, nl. het samengeperste uraniumoxide in tablets (1) is gestapeld in de splijtstofstaven die zijn dichtgelast (2), die zich bevinden in het reactorvat (bij werking afgesloten, geopend voor laden en ontladen kernbrandstof), een stalen kuip van 25 cm dik (3) geplaatst in de primaire stalen sfeer van het reactorgebouw die bestand is tegen sterke druk van binnenuit (4) achtereenvolgens omgeven door de secundaire wand van het reactorgebouw in gewapend beton dat de installaties beschermt tegen externe ongevallen (5).

Het opgewarmde water onder hoge druk van de primaire kring gaat naar de stoomgenerator waar het via duizenden buisjes zijn warmte afgeeft aan het water aan de andere kant (secundaire kring) waar stoom wordt gevormd bij een druk van 60 bar. Er is dus nooit rechtstreeks contact tussen het water uit de primaire en de secundaire kring. De stoom zorgt voor de aandrijving van een turbine in de machinezaal en de daaraan verbonden alternator zet de draaiing van de turbine om in elektrische stroom. De stoom in de secundaire kring gaat verder naar de condensor waarbij de stoom terug omgezet wordt in vloeibaar water dat opnieuw naar de stoomgenerator gepompt wordt. Het koelen van de condensor gebeurt met water uit de tertiaire kring in het koelcircuit, waarbij opnieuw nooit rechtstreeks contact is met het water van de secundaire kring. De tertiaire kring wordt gevoed door Scheldewater (Doel) of Maaswater (Tihange). De stoom uit de secundaire kring geeft zijn warmte af aan het Schelde- respectievelijk Maaswater uit de tertiaire kring, wat ervoor zorgt dat dit Schelde- respectievelijk Maaswater lichtjes opwarmt. Daarom gaat het eerst naar de koeltorens met geforceerde trek vooraleer het ofwel opnieuw naar de condensor gaat of terug in de Schelde, respectievelijk Maas stroomt.

Zoals in alle industriële processen het geval is, kunnen kleine hoeveelheden van deze radioactieve elementen tijdens normale werking en bij onderhoud in de nucleaire zone vrijkomen. Hierdoor ontstaan naast de verbruikte splijtstofelementen een aantal radioactieve afvalstromen in gas-, vloeibare en vaste vorm. Voor de laatste twee bestaan op de sites van KC Doel en CN Tihange eveneens behandelingssystemen, voor Doel is dat ondergebracht in een centraal water- en afvalbehandelingsgebouw (WAB), voor Tihange is dat meer verspreid over de verschillende installaties ondergebracht.

De uitbating van de kerncentrales KC Doel en CN Tihange als geheel, en Doel 4 en Tihange 3 specifiek voor de productie van elektriciteit, heeft, zoals elk industrieel proces, nood aan grondstoffen en zal daarnaast een aantal afvalstromen produceren. De belangrijkste zijn samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 4: Belangrijkste grondstoffen en afvalstromen.

Belangrijkste grondstoffen	Afvalstromen
Verrijkt uranium (kernbrandstof)	Radioactieve afvalstromen: atmosferische en vloeibare lozingen, radioactief afval inclusief verbruikte kernbrandstof
Stookolie	Niet-radioactief gevaarlijk afval (recyclage)
Oliën	Niet-radioactief niet gevaarlijk afval
Oppervlaktewater voor aanmaak gedemineraliseerd water	Niet-radioactieve luchtmissies
Water uit Schelde (Doel) of Maas (Tihange) (koelwater)	Sanitair en industrieel afvalwater
Stadswater	Terugstort koelwater
Grondwater (Tihange)	
Gebruik van gronden (ruimtebeslag)	

1.2.1.3 Periodieke veiligheidsbeoordelingen en wijzigingen vooraf aan het Project

De voorschriften voor de bouw en de uitbating van elke Belgische kerncentrale zijn vastgelegd in het veiligheidsrapport, de uitbatings- en de milieuvergunning.

De belangrijkste wijzigingen in het kader van de nucleaire veiligheid zijn gebaseerd op de periodieke veiligheidsbeoordelingen (*Periodic Safety Reviews*, PSR's: zie 1.2.1.1)¹⁰, en de internationale benchmarking met andere kerncentrales.

De PSR of tienjaarlijkse herziening heeft verschillende doelstellingen. De exploitant moet de toestand van de installatie en de organisatie beoordelen uit het oogpunt van de internationale wetgeving, standaarden en goede praktijken. Daarenboven moeten de sterke punten en de mogelijke verbeteringen geïdentificeerd worden, alsook de compenserende maatregelen in het geval dat bepaalde mogelijke verbeteringen niet geïmplementeerd kunnen worden.

Naast de verbeteringen die het resultaat zijn van de PSR's, zijn andere wijzigingen en verbeteringen doorgevoerd op basis van inzichten voortvloeiend uit interne en externe inspecties, onderhoud en ervaringsgegevens (inclusief die van belangrijke nucleaire incidenten en ongelukken, zoals die van Three Miles Island, Tsjernobyl en Fukushima). Externe inspecties gebeuren o.a. door:

- het **Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC-AFCN)**. Dit is de nucleaire veiligheidsautoriteit, een instelling van openbaar nut onder de voogdij van de minister van Binnenlandse Zaken en Veiligheid. Het FANC-AFCN waakt erover dat de bevolking en het milieu efficiënt beschermd worden tegen het gevaar van ioniserende stralen. Voor de permanente controles doet het FANC-AFCN een beroep op haar technisch filiaal Bel V, dat net als het FANC-AFCN vrij toegang heeft tot de sites van KC Doel en CN Tihange.
- **Het Internationaal Atoomenergieagentschap (IAEA)** is een onafhankelijke intergouvernementele organisatie van de Verenigde Naties. Ze ontwikkelt normen voor nucleaire veiligheid en de bescherming van mens en milieu tegen ioniserende straling. Het IAEA stelt internationale teams samen die documenten bestuderen en ter plaatse nagaan hoe de veiligheid van nucleaire installaties in de praktijk wordt verzekerd. Dat gebeurt door middel van OSART-missies (Operational Safety Review Team)¹¹ en SALTO-missies (Safety Aspects of Long Term Operation).

¹⁰ Een overzicht van de tienjaarlijkse herzieningen met de syntheserapporten kan gevonden worden op de website van het FANC-AFCN: <https://fanc.fgov.be/nl/dossiers/kerncentrales-belgie/veiligheid/tienjaarlijkse-herzieningen>.

¹¹ Een OSART missie is gepland voor Tihange 1 en 3 van 17 april tot 5 mei 2023.

- **WANO (World Association of Nuclear Operators).** Deze organisatie, opgericht na de gebeurtenissen in Tsjernobyl, moet de veiligheid en betrouwbaarheid van kerncentrales maximaliseren. De kerncentrales van Doel en Tihange ontvangen om de 4 jaar een team van internationale experts voor een zogenaamde WANO Peer Review, 2 jaar later gevolgd door een WANO Follow Up. Uit elke review volgen suggesties om de veiligheid en de prestaties van de kerncentrales te optimaliseren.

Betreffende de ervaring met ongevallen heeft de Europese Commissie het initiatief genomen om na het ongeval in Fukushima in maart 2011 weerstandstests te organiseren. Dit leidde tot een reeks acties: de stresstests ("Belgian Stress Tests", BEST). Deze acties zijn voor Doel 4 en Tihange 3 uitgevoerdⁱⁱⁱ en maken geen deel uit van het Project dat voorligt in deze milieueffectbeoordeling.

De belangrijke realisaties voor Doel 4 en Tihange 3 voor de start van het Project op basis van de voorbije tienjaarlijkse herzieningen en andere projecten worden hieronder weergegeven. De projecten zijn gegroepeerd per thema:

Projecten gerelateerd aan ontwerpverbeteringen:

- Uitvoering van Probabilistic Safety Assessment (PSA), om mogelijke verbeterpunten in de installaties in kaart te brengen en deze te implementeren.
- Installatie van autocatalytische recombinatoren om waterstofopbouw te voorkomen bij een ongeval in het reactorgebouw met beschadiging van de splijtstof.
- Vergroting van de recirculatiefilters die bij een LOCA (Loss Of Coolant Accident) in dienst genomen worden – dankzij de veel grotere filters met kleinere mazen is verstopping uitgesloten en wordt alle vervuiling in het reactorgebouw tegengehouden (Barsebäck).
- Installatie van één geklasseerde gamma globaal/N16-keten per stoomgenerator voor vroegtijdige detectie van een stoomgeneratorpijpbreuk.
- Vergroting van de diameter van de hevelbrekers van alle splijtstofdokken om de biologische water barrière boven de splijtstofelementen te verbeteren bij een breuk van de toevoer- of afvoerleidingen van de dokken.
- Plaatsing van invers spanningsrelais op de 6,6 kV-veiligheidsborden als gevolg van incident op de kerncentrale van Byron.
- Door de aanleg van een verbinding tussen de lagedruk-veiligheidsinjectie en de sproeikring blijft de lagedruk-recirculatie vanuit de sproeikring altijd gegarandeerd, ook bij een faling van de lagedruk-veiligheidsinjectie.
- Installatie van afblaaskleppen op het primaire drukvat die gekwalificeerd werden voor zowel stoom- als waterontlasting.
- Installatie van gefilterde drukventielen op het reactorgebouw (Filtered Containment Venting System).
- Aansluitpunten voor de voeding van de primaire kring en de sproeisystemen van het reactorgebouw vanuit een externe waterbron via een externe pomp.
- Vervanging van de personenmonitoren door een meer performant type – deze worden gebruikt om de werknemers op eventuele radioactieve besmetting te controleren bij het verlaten van de warme zone.
- Vervanging van de deurmonitor aan de uitgang van de warme zone – deze doet een extra controle op eventuele besmetting van de werknemers die de warme zone verlaten.
- Plaatsing van bijkomende branddetectiesystemen en verbetering van de fysieke scheiding van kabels in de veiligheidsgebonden gebouwen. Versterking van de brand compartimentering in het elektrisch gebouw.

Doel 4 specifiek:

- Recente investeringen in de brandbeveiliging: modernisering blusposten, vervanging branddetectie van alle gebouwen, vervanging van de ondergrondse afsluiters op de brandweerleidingen, enzovoort. De uitrusting beantwoordt aan de strengste normen.

- Vervanging van de sasdeuren van het reactorgebouw door een sterker ontwerp met een passief dichtingssysteem, dit om de lektheid van het reactorgebouw te verbeteren.
- Ombouw van de koeling van 1ste niveau veiligheidsdiesels van Doel 4 van waterkoeling via CD kring naar aërokoelers om de onafhankelijkheid tussen 1ste en 2de niveau veiligheidssystemen te garanderen.
- Plaatsing van mobiele deurschotten aan de ingangen van veiligheidsgebonden gebouwen als bescherming tegen overstroming.

Tihange 3 specifiek:

- verbeteringen van de *Fire Hazard Analysis*: vervanging en toevoeging van branddetectoren voor alle gebouwen, verbeterde brandcompartimentering, verbeterde fysieke bescherming van kabels, enz.
- Vervanging van het brandwatersysteem en installatie van nieuwe pompen met een grotere capaciteit en een systeem voor het onderhoud van schoon water.
- Bescherming tegen interne en externe overstromingen, inclusief de bouw van een muur (1,8 km) ter bescherming tegen tienduizendjarige overstromingen en de uitvoering van bijbehorende maatregelen.

Projecten gerelateerd aan veroudering en beschikbaarheid:

- De stoomgeneratoren werden vervangen door het type Inconel 690, voorzien van sterker pijpmateriaal. Het gebruikte staal is minder onderhevig aan corrosie, en heeft een verhoogd uitwisselingsoppervlak met een grotere koelcapaciteit
- Vervanging van de pennen van de bedieningsmechanismen van de controlestaven van het reactorvat
- Renovatie van het betonnen omhulsel van het reactorgebouw en het dak van de gebunkerde gebouwen
- Vervanging van het reactordeksel.
- Vervanging van de assen van de primaire pompen om beter te weerstaan aan thermische vermoeiing.
- Renovatie van de binnenkant van de koeltoren.
- Retrofit van de lagedrukturbine.
- Vervanging van de brandkleppen in de ventilatiesystemen.
- Vervanging van de meetketens die de atmosfeer controleren op de aanwezigheid van radioactief gas, stof en jodium.
- Vervanging van een reeks elektrische en instrumentatiecomponenten zoals veiligheidsgebonden elektrische batterijen, gelijkrichters en wisselrichters, meetketens en de elektronica van de reactiviteitsmetingen rond de reactorkuip.
- Aanpassingen aan de wisselrichters naar aanleiding van het overspanningsincident in de kerncentrale van Forsmark (Zweden).

Projecten gerelateerd aan splijtstofbeheer:

- Implementatie van een continu verbeteringsprogramma voor de prestatie op korte en lange termijn van de splijtstofelementen.
- Vernieuwing van de splijtstofrekken in het splijtstofgebouw – door het gebruik van boorstaal in de nieuwe rekken wordt de onderkritische op een duurzame wijze gegarandeerd.
- Voorziening van alternatieve middelen om een adequaat waterniveau van de splijtstofopslagdokken te garanderen, met een externe pomp en externe watervoorraden.
- Bouw van tijdelijke opslaggebouwen voor verbruikte splijtstof op de terreinen van KC Doel en CN Tihange.

Projecten gerelateerd aan kennis, competenties, gedrag en radiologische dosis:

- Ontwikkeling en continue verbetering van procedures voor het beheer van diverse soorten ongevallen, rekening houdend met internationaal ervaringsbeheer.

- Vernieuwing van de hard- en software van de controlezaalsimulator voor opleiding van de ploegen – hierdoor worden de simulaties nog realistischer en kunnen installatiewijzigingen sneller op de simulator toegepast worden.
- Oprichting van een permanent brandweerteam (24/24 en 7/7), terbeschikkingstelling van een vrachtwagen met telescopische arm voor de bestrijding van grootschalige branden.
- Implementatie van een controleprogramma voor brandbeveiligingsmiddelen in de technische uitbatingsspecificaties.
- Renovatie van de controlezaal.
- Vervanging van het elektronische dosimetriesysteem dat de dosissen van de werknemers registreert.

1.2.1.4 Activiteiten op de beide sites – tijdslijn

Tabel 5 geeft een overzicht van de recent afgelopen, lopende en geplande activiteiten en de bijhorende nucleaire vergunningen op beide sites, KC Doel en CN Tihange.

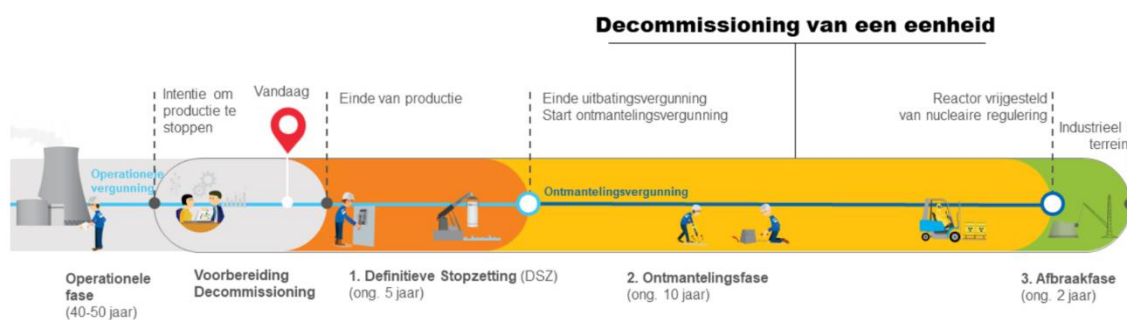
Tabel 5: Recent afgelopen, lopende en geplande activiteiten op de sites van KC Doel en CN Tihange.

Installatie(s)	Beschrijving
LTO Doel 1 en 2 en Tihange 1 tot eind 2025	In de periode 2013-2015 besliste de Belgische regering om de langetermijnuitbating van 3 kernreactoren: Tihange 1, Doel 1 en Doel 2 toe te laten tot 2025. Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC-AFCN) heeft toen een veiligheidsanalyse gemaakt voor die verlengde uitbatingstermijn en heeft vervolgens werkzaamheden opgelegd aan de exploitant (ENGIE Electrabel nv) om die 3 reactoren te laten voldoen aan de meest recente veiligheidsnormen. Deze werkzaamheden kregen de naam LTO-werken, wat staat voor Long Term Operation. ENGIE Electrabel nv stelde vervolgens actieplannen op die als doel hadden om tijdens elke periodieke stillegging van de reactoren deze werkzaamheden volgens een welbepaald tijdschema uit te voeren. Het FANC-AFCN en Bel V hebben de implementatie van deze actieplannen op de voet opgevolgd via periodieke werkvergaderingen en na elke stillegging van deze reactoren. Sinds de laatste stillegging van de reactoren in 2019 werden de laatste actiepunten van de LTO-werken afgerond.
Uitbating Doel 4 en Tihange 3 voor elektriciteitsproductie tot eind 2025	Loopt onder de huidige vergunning
SF ² KC Doel en CN Tihange	CN Tihange: per koninklijk besluit van 26 januari 2020 werd aan Electrabel nv een oprichtings- en exploitatievergunning verleend voor de inrichting bestemd voor de tijdelijke opslag van verbruikte kernbrandstof op de site van Electrabel nv in Tihange. KC Doel: Koninklijk Besluit van 1 juli 2021, oprichtings- en exploitatievergunning voor Spent Fuel Storage Facility te Doel.
Herstructurering vergunningen KC Doel en CN Tihange	KC Doel: Op 1 maart 2022 werden via koninklijk besluit de oprichtings- en exploitatievergunningen van Electrabel nv voor hun installaties op kerncentrale Doel gewijzigd en aangevuld om te komen tot 1 globale geherstructureerde vergunning. Het besluit werd op 15 maart bij uittreksel bekendgemaakt in het Belgisch Staatsblad. CN Tihange: Op 29 mei 2022 werden via koninklijk besluit de oprichtings- en exploitatievergunningen van Electrabel nv voor hun installaties op kerncentrale Tihange gewijzigd en aangevuld om te komen tot 1 globale geherstructureerde

Installatie(s)	Beschrijving
	vergunning. Het besluit werd op 17 juni bij uittreksel bekendgemaakt in het Belgisch Staatsblad. Deze koninklijke besluiten vormen een administratieve herstructurering van de bestaande exploitatievergunningen van KC Doel en CN Tihange en zijn er gekomen op initiatief van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC-AFCN). Hierbij werd de procedure conform artikel 13 van het koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen (ARBIS) gevolgd. Het FANC heeft deze aanpassing voorbereid en gepresenteerd aan de Wetenschappelijke Raad, die hierover een gunstig advies uitbracht. De doelstelling van deze administratieve herstructureringen is om te komen tot één geheel herziene en gebundelde globale vergunning die rekening houdt met de komende definitieve stopzetting van de kernreactoren en hun uiteindelijke ontmanteling. Bijkomend werd er ook gezorgd voor een harmonisering van de vergunningsvoorwaarden en verscheidene administratieve en punctuele verbeteringen. Bij deze herstructurering van de vergunningen zijn er geen inhoudelijke versoepelingen aangebracht aan de bestaande van kracht zijnde vergunningsvoorwaarden.
Definitieve stopzetting Doel 3 en Tihange 2	Conform de wet van 31 januari 2003 werd de datum waarop de vermogensreactor Doel 3 buiten werking zal moeten worden gesteld en geen elektriciteit meer zal mogen opwekken, vastgelegd op 1 oktober 2022. Op 1 april 2022 ontvingen het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC-AFCN) de "melding van stopzetting" voor de vermogensreactor Doel 3 (KCD3) van Electrabel nv. Op basis van zijn analyse acht het FANC-AFCN het noodzakelijk om de voorwaarden van de exploitatievergunning van de kerncentrale te wijzigen. Deze aanpassingen worden voorgesteld in toepassing van artikelen 17.1 en 13 van het koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen (ARBIS). Het FANC-AFCN heeft deze aanpassing voorbereid en gepresenteerd aan de Wetenschappelijke Raad, die hierover een gunstig advies uitbracht. Dit initiatief heeft als doelstelling om: • de reactor van Doel 3 te definiëren als een reactor die definitief wordt stilgelegd en te verduidelijken dat enkel de operaties ter voorbereiding van de ontmanteling en het leegmaken van de splijtstofdokken uitgevoerd kunnen worden; • de artikelen die verband houden met de vermogenswerking van de reactor van Doel 3 en die niet langer nodig zullen zijn, op te heffen. Deze wijzigingen komen neer op een administratieve vereenvoudiging; • een nieuw algemeen hoofdstuk voor definitief stilgelegde reactoren te creëren, met daarin de algemene vereisten die geldig zijn tijdens de DSZ-periode (na de stopzetting van de activiteit en in afwachting van het begin van de ontmanteling). Op 6 november 2022 werd via koninklijk besluit de oprichtings- en exploitatievergunningen van Electrabel nv voor hun installaties op kerncentrale Doel gewijzigd en aangevuld op het initiatief van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle. Het besluit werd op 2 december 2022 bij uittreksel bekendgemaakt in het Belgisch Staatsblad. Bij deze aanpassing van de vergunningen zijn er geen inhoudelijke versoepelingen aangebracht aan de bestaande van kracht zijnde vergunningsvoorwaarden.

Installatie(s)	Beschrijving
Verlenging Doel 4 en Tihange 3 ¹²	Onderwerp van deze milieueffectbeoordeling
Ontmanteling van reactoren na definitieve stopzetting en eventueel andere installaties	Onderwerp van een nieuwe milieueffectbeoordeling en vergunning

Sinds de definitieve stopzetting (DSZ) van Doel 3 (23 september 2022) en Tihange 2 (31 januari 2023) voor de industriële opwekking van elektriciteit zijn beide sites in een toestand waar een deel van de reactoren nog elektriciteit produceren (of in tijdelijke shutdown zijn voor onderhoud of eventueel andere redenen) en een ander deel dat zich in de fase van definitieve stopzetting of ook post-operationele fase (Post-Operational phase of POP) genaamd, bevinden. De POP vormt na het stoppen van de reactor de eerste fase in de buitenbedrijfstelling van een reactor eenheid, daarna volgen de ontmantelingsfase en de afbraakfase zoals weergegeven in Figuur 4, die ook een benaderde schatting van de timing geeft voor elk van de fases.



Figuur 4: Decommissioning van een reactor-eenheid zoals momenteel voorzien door Electrabel nv (Figuur Electrabel nv).

De POP neemt ongeveer 5 jaar in beslag, afhankelijk van de eenheid, en is op te delen in vier fasen die gerelateerd zijn aan een aantal vastgelegde activiteiten. Het einde van een fase is gekoppeld aan een specifieke (operationele / technische) toestand van de eenheid.

Fase 1 start na het stoppen van de reactor en het ontkoppelen van het elektriciteitsnet. De reactor wordt ontladen en de splijtstofelementen, regelstaven en andere niet-splijtstofhoudende hoogstralende componenten worden naar het splijtstofbekken overgebracht. De fase eindigt als de reactor volledig ontladen is.

Fase 2 omhelst de chemische decontaminatie van de primaire kringen. De andere kringen in de gecontroleerde zone (behalve rond het splijtstofbekken) worden geledigd en gereinigd. Chemische decontaminatie wordt gedaan conform een methodiek die in lijn is met de internationale goede praktijken en ervaringen. Tijdens chemische decontaminatie wordt de binnenzijde van de voornaamste componenten van de betreffende systemen gereinigd door middel van scheikundige producten, waarbij de laag met het merendeel van de activiteit (neergeslagen geactiveerde en/of splijtingsproducten), geheel of gedeeltelijk verwijderd wordt. De gebruikte scheikundige producten en de geheel of gedeeltelijk verwijderde laag worden verzameld, bewerkt en het restant wordt als radioactief afval afgevoerd.

¹² Inclusief de voorbereidende werken die nodig zijn om deze verlenging mogelijk te maken.

Fase 3 eindigt als de splijtstofelementen verwijderd zijn uit het splijtstofbekken. Nadat de restwarmte voldoende is afgenomen, worden de elementen in containers geladen en afgevoerd naar het splijtstofopslaggebouw (SCG) voor de site van Doel. Ook worden tijdens deze fase de niet-splijtstofhoudende hoogstralende componenten die aanwezig zijn in het splijtstofbekken als radioactief afval afgevoerd via de daarvoor geëigende weg. De overige kringen worden gradueel uit dienst genomen. Voor Tihange zullen deze verbruikte splijtstofelementen vervolgens geleidelijk worden overgebracht naar de twee gebouwen die uitsluitend bestemd zijn voor de opslag van verbruikte splijtstof: de DE en de opslagfaciliteit voor verbruikte splijtstof (SF²).

Fase 4 behelst het ledigen en reinigen van het splijtstofbekken en kringen daar rondom. Na het afronden van deze fase is de centrale klaar voor ontmanteling.

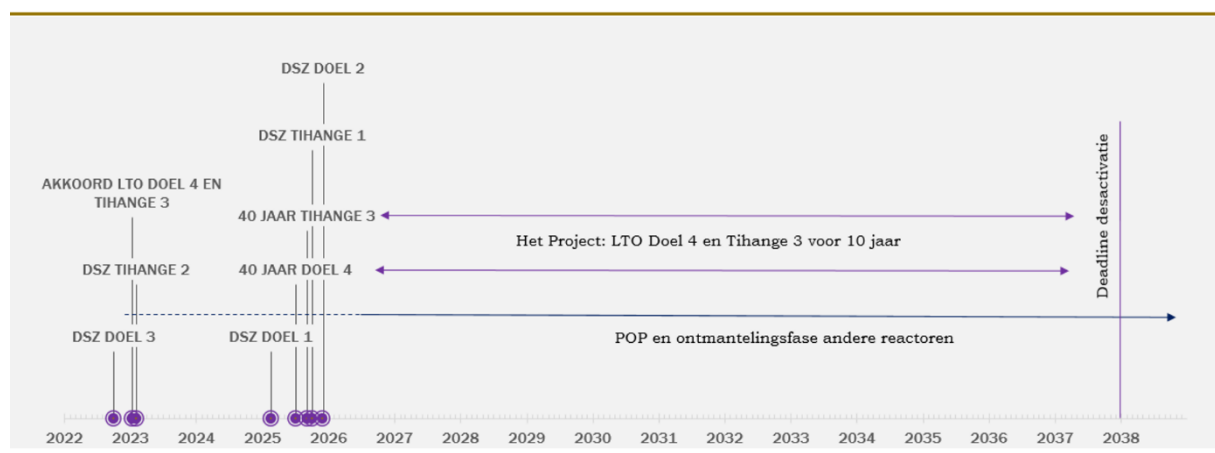
Ook voor Doel 4 en Tihange 3 zal de DSZ of POP met of zonder de realisatie van het project voor de levensduurverlenging uitgevoerd moeten worden. Het enige verschil is het tijdstip waarop de DSZ zal gebeuren. Bij realisatie van het project zal dat ruim 10 jaar later zijn dan zonder de realisatie van het project.

Tijdens de ontmanteling, die in meerdere deelfases kan gebeuren en start na de DSZ, wordt de installatie gedemonteerd. De uitrustingen, structuren en componenten worden verwijderd en/of ontsmet voor vrijgave, hergebruik, recyclage of voor behandeling als radioactief afval.

Deze fase maakt integraal deel uit van de levenscyclus van de kerncentrale. Het is immers de taak van de uitbater om de centrale na de definitieve stopzetting af te breken en de oorspronkelijke omgeving terug te herstellen. In de praktijk betekent dit dat de installaties plaats moeten maken voor een grasveld (ook wel 'greenfield' genoemd) of voor andere industriële toepassingen. Voor de start van de ontmanteling is een ontmantelingsvergunning noodzakelijk voorafgegaan aan een specifieke milieueffectbeoordeling. Op basis van de planning van Electrabel nv zullen dus bepaalde reactoreenheden in ontmanteling zijn tijdens de loop van het project, de verlenging met nog eens 10 jaar van Doel 4 en Tihange 3 na 2025.

Doel 4 en Tihange 3 zullen na stopzetting en POP ook moeten ontmanteld worden. De impact op de hoeveelheden radioactief afval en verbruikte splijtstoffen nemen we wel mee in de beoordeling van het project.

Samenvattend toont Figuur 5 de tijdslijn van het project (verlenging van Doel 4 en Tihange 3 met 10 jaar) in relatie tot de toestand van de andere reactoren op beide sites KC Doel en CN Tihange.



Figuur 5: Tijdslijn van de activiteiten met betrekking tot de verschillende reactoren op de sites van KC Doel en CN Tihange (DSZ: Definitieve Stopzetting, POP: Post Operational Phase, LTO: Long Term Operations). De periode van 10 jaar verlenging na 2025 ligt niet precies vast in de tijd en kan dus schuiven met als uiterlijk voorziene datum desactivatie bij verlenging 31 december 2037 voor beide reactoren. Na de definitieve stopzetting van Doel 4 en Tihange 3 volgt in elk scenario een post-operationele fase en ontmantelingsfase van deze reactoren (dit is niet weergegeven in de figuur voor Doel 4 en Tihange 3).

1.2.2 Evolutie van de bevoorradingszekerheid in de periode 2023-2032

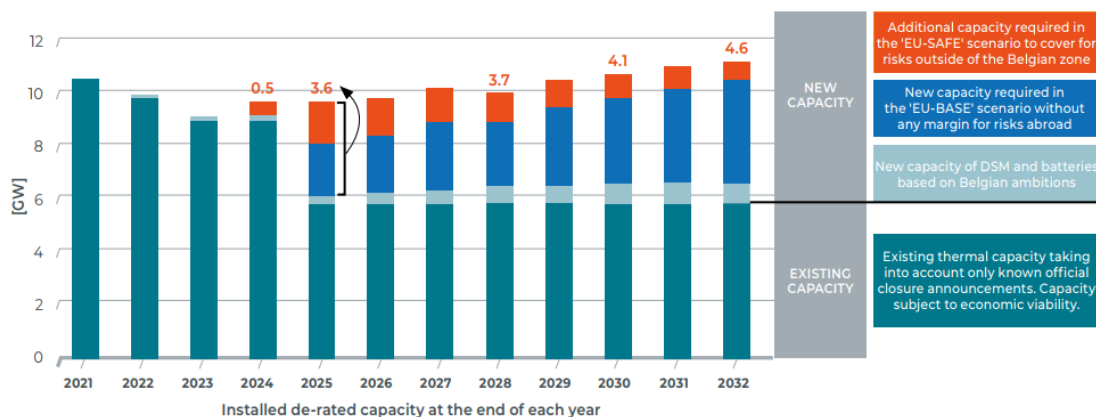
1.2.2.1 Bevoorradingszekerheid na 2025

Zoals eerder gezegd is de aanleiding van het voornemen om de levensduur van Doel 4 en Tihange 3 te verlengen de bezorgdheid om de bevoorradingszekerheid aan elektriciteit na 2025 te garanderen. In dat jaar zouden immers, als de Wet op de kernuitstap wordt uitgevoerd, de laatste 5 Belgische kerncentrales gesloten worden, wat nagenoeg in één klap een reductie van de productiecapaciteit met 3,9 GW zou betekenen. Het is belangrijk te weten wat dat betekent in termen van bevoorradingszekerheid.

Zoals bepaald door de elektriciteitswet is Elia verantwoordelijk voor de publicatie van een tweejaarlijkse studie over de adequacy- en de flexibiliteitsnoden van België voor het komende decennium. Deze studie analyseert beleidsopties over de toekomstige energiemix voor België; zowel op de korte als op de lange termijn. De meest recente versie van deze studie werd gepubliceerd in 2021.

Elia berekende in dat rapport, op basis van een uitgebreide simulatie, dat er in 2025, na de vooropgestelde sluiting van alle kerncentrales, nood zou zijn aan een bijkomende flexibel inzetbare productiecapaciteit van zo'n 3,6 GW om aan de normen op het vlak van bevoorradingszekerheid en flexibiliteit te kunnen voldoen (zie Figuur 6). Tegen 2032 zou die behoefte gestegen zijn tot 4,6 GW, in de eerste plaats als gevolg van de toenemende elektrificatie van de economie en de samenleving¹³.

Invoer van elektriciteit vormt geen afdoend antwoord op die vraag. Het is te verwachten dat in de huidige marktcondities, in combinatie met de afbouw van fossiele installaties in onder meer Duitsland en de gedeeltelijke onbeschikbaarheid van het Franse nucleaire park, op bepaalde momenten weinig capaciteitsoverschot zal zijn op de Noordwest-Europese markt. Daar komt nog bij dat de periodes van stroomtekorten in België en de buurlanden sterk gecorreleerd zijn. Elia wijst er overigens op dat ook als de hogervermelde capaciteitsbehoefte wordt ingevuld er nog steeds een importbehoefte zal blijven bestaan. In 2030-2031 zou het gaan om import gedurende 200 à 500 uur per jaar in het EU-SAFE-scenario¹⁴, en gedurende 500 à 1000 uur per jaar in het EU-BASE-scenario.



Figuur 6: Evolutie van de bestaande geïnstalleerde capaciteit en nieuw vereiste capaciteit voor elektriciteitsproductie om te voldoen aan de Belgische betrouwbaarheidsnorm (Elia, 2021).

¹³ Elia gaat (in haar 'CENTRAL'-scenario) uit van een elektriciteitsvraag van 95,6 TWh in 2032. Tegenover de vraag in 2022 betekent dit een toename met zo'n 11 %.

¹⁴ Het EU-SAFE-scenario houdt rekening met moeilijk voorzienbare onzekerheden waar België geen controle over heeft. Een scenario waarbij in Frankrijk vier nucleaire sites onbeschikbaar zijn (bovenop de 'normale' onbeschikbaarheden) wordt representatief geacht voor die risico's. In een dergelijk scenario kan er minder geïmporteerd worden en is dus meer lokale productiecapaciteit nodig.

De vraag naar additionele capaciteit kan in principe ingevuld worden door gelijk welke technologie (bovenop de capaciteit die al vervat zit in de aannames van het CENTRAL-scenario voor België), zoals thermische productie, hernieuwbare energie, vraagzijdebeheer (DSM) of opslag. Elk van deze keuzes heeft uiteraard zijn eigen beperkingen.

Op basis van een economische modellering komt Elia tot het besluit dat het tekort aan capaciteit vanaf het jaar 2025 niet in voldoende mate zal kunnen ingevuld worden door de marktwerking; er is geen voldoende incentive om te investeren in (dure) nieuwe capaciteit. Daarom stelt Elia dat vanaf 2025 structureel ingrijpen in de markt, op basis van een CRM-mechanisme (capacity remuneration mechanism of capaciteitsvergoedingsmechanisme), nodig is. Het zo uitgebouwde productiesysteem moet daarbij niet alleen voldoende capaciteit leveren, maar moet die capaciteit ook voldoende flexibel kunnen inzetten. In de praktijk blijken moderne gascentrales van het CCGT-type (closed cycle gas turbine) hiervoor het meest geschikt.

Op iets langere termijn zou het tekort voor een groot deel en geleidelijk aan kunnen ingevuld worden met hernieuwbare energie, al blijft ook dan de beschikbaarheid van een vlot inzetbare reservecapaciteit noodzakelijk – en dit des te meer naarmate het aandeel windenergie in de energiemix toeneemt¹⁵.

De analyse van Elia uit het 'adequacy and flexibility'-rapport van 2021 is intussen echter deels ingehaald door de realiteit. De energiecrisis en de oorlog in Oekraïne hebben de randvoorwaarden gewijzigd. Waar Elia nog uitging van een gasprijs rond de 6 euro per Gjoule lagen de gasprijzen in de eerste helft van 2022 viermaal zo hoog¹⁶. Bovendien komt (op Europese schaal) de bevoorradingszekerheid aan gas vanuit Rusland in het gedrang. Daar kwamen nog de problemen met de Franse kerncentrales, waarbij op een gegeven moment ruimt de helft van het Franse nucleaire park inactief was, als gevolg van onderhoud en storingen.

In die context van onzekerheid wenst de regering sterker in te zetten op binnenlandse productiecapaciteit, en de afhankelijkheid van (buitenlandse) fossiele bronnen te verlagen. De veiling volgens het CRM-mechanisme heeft weliswaar voldoende capaciteit opgeleverd om het door Elia in 2021 berekende capaciteitstekort van 3,6 GW in te vullen (zie ook verder), maar in de huidige context is de vraag of deze capaciteit nog in alle omstandigheden en onder alle scenario's volstaat, rekening houdende met de hogere prijzen, de waarschijnlijk lagere buitenlandse beschikbaarheid (zowel op het vlak van fossiele energie als van nucleaire capaciteit), en de algemene geopolitieke instabiliteit. Bovendien staat de CRM-capaciteit op dit moment nog in de steigers.

De levensduurverlenging van Doel 4 en Tihange 3 is in die context een logische beslissing; ze laat toe op relatief korte termijn een gegarandeerde capaciteit van 2 GW terug (i.e. nadat de centrales in 2025 eerst zijn stilgelegd en na de nodige aanpassingen en procedures terug zijn opgestart) ter beschikking te stellen van het net.

1.2.2.2 Bevoorradingszekerheid in de periode tot 2025

Ook voor de jaren in de aanloop naar de geplande kernuitstap in 2025 bestaat, zonder investering in bijkomende capaciteit, het gevaar dat er tekorten zullen ontstaan. De beschikbaarheid van het Franse nucleaire park blijkt daarin een belangrijke rol te spelen. In de winters van 2023-2024 en 2024-2025 zouden in België tekorten van respectievelijk 1000 en 1400 MW¹⁷ ontstaan bij een onbeschikbaarheid van 6 nucleaire units (bovenop de 'normale'

¹⁵ Elia berekende dat het aantal uren dat de nieuwe efficiënte gascentrales zouden draaien zou afnemen van ongeveer 7.000 uur in 2025 tot 4000 à 5000 uur in 2032, voornamelijk als gevolg van een grotere penetratie van hernieuwbare energie. Elia gaat er van uit dat in 2032 het aandeel hernieuwbare energie in de energiemix van België grosso modo tussen de 35 en 55 % zou bedragen, afhankelijk van het scenario. Als de levensduur van Doel 4 en Tihange 3 worden verlengd kan er van uitgegaan worden dat de operationele uren van de gascentrales lager zullen liggen dan wat hier wordt aangegeven.

¹⁶ Sindsdien is de gasprijs wel aanzienlijk gedaald, maar het is illustratief voor de volatiliteit van de markt.

¹⁷ De toename in de tekorten over de drie winters (in afwezigheid van de uitbouw van extra capaciteit) heeft te maken met het sluiten of de capaciteitsreductie van enkele conventionele Belgische centrales (Rodenhuize, Vilvoorde) en met de kans op een lagere beschikbare capaciteit in de buurlanden.

onbeschikbaarheden) in Frankrijk. Elia gaat in haar EU-SAFE-scenario uit van een iets betere beschikbaarheid, waarbij 'slechts' 4 of minder bijkomende eenheden onbeschikbaar zouden zijn¹⁸. Onder die aanname zou het hoger aangegeven (relatief beperkte) tekort kunnen omslaan in een capaciteitsoverschot, minstens voor de winter van 2023-2024.

Gezien de kwetsbaarheid van de Franse nucleaire productie, zoals ze de laatste maanden werd aangetoond, is het duidelijk dat zoveel als mogelijk moet worden ingezet op eigen capaciteit om de door de nucleaire uitstap gecreëerde potentiële tekorten in te vullen. Dit is vooral belangrijk in de periode tot ongeveer 2028; daarna zou normaal gezien immers een bijkomende capaciteit van zo'n 2,2 GW aan windenergie beschikbaar moeten komen, afkomstig uit de nieuwe te ontwikkelen Prinses Elisabeth-zone in de Noordzee¹⁹.

In termen van bevoorradingszekerheid zijn er twee cruciale periodes:

- **De winters van 2023-2024 en 2024-2025**, wanneer de nucleaire capaciteit stelselmatig wordt afgebouwd. Doel 3 werd reeds gesloten op 23 september 2022. Op 31 januari 2023 was dat ook het geval voor Tihange 2. In 2025 zullen dan achtereenvolgens Doel 1 (15/2), Tihange 1 (1/10) en Doel 2 (1/12) definitief stilgelegd worden. Daarbij komt de sluiting van de conventionele centrales van Rodenhuize en Vilvoorde. Bovendien zou over heel Europa in de periode 2022-2025 ongeveer 26 GW aan thermische capaciteit verdwijnen. Daartegenover staat dat Elia ervan uitgaat dat de nieuwe EPR-centrale van Flamanville vanaf 2024 minstens deels operationeel zou zijn. Ook een toename in hernieuwbare energie over deze periode helpt een deel van het tekort in te vullen. Dit verklaart waarom over de periode 2021-2025, gedurende dewelke de nucleaire capaciteit stelselmatig wordt afgebouwd, er geen of nauwelijks nieuwe capaciteit (bovenop de reeds geplande) nodig blijkt te zijn. Zoals gezegd speelt de beschikbaarheid van Franse nucleaire capaciteit hierbij wel een belangrijke rol. Voorwaarde is ook dat in deze periode geen op dit moment beschikbare capaciteit de markt verlaat.
- **De winters 2025-2026 en 2026-2027**. In 2025 zouden immers ook de kernreactoren Doel 4 (1/7) en Tihange 3 (1/9) stilgelegd worden, in overeenstemming met de Wet op de kernuitstap. Deze stillegging zal niet definitief zijn, aangezien het volgens voorliggende plannen de bedoeling zou zijn om beide reactoren in de herfst van 2027 terug op te starten. In de periode 2025-2027 gebeuren de voorbereidingen die nodig zijn om een heropstart mogelijk te maken. In de twee tussenliggende winters is echter geen nucleaire capaciteit beschikbaar. In vergelijking met de situatie van vóór 23 september 2022 zal dan in totaal 5,9 GW aan nucleaire productiecapaciteit minder beschikbaar zijn; hiervan zal 3,9 GW in het jaar 2025 gesloten worden. Zoals blijkt uit Figuur 6 zou er in de periode 2025-2027 een capaciteitsnood van zo'n 3,6 GW zijn.

Zoals gezegd heeft voorliggend project geen bijdrage aan het opvullen van dit tekort, dat optreedt vooraleer de levensduurverlenging een feit zal zijn. Wel is het zo dat de regering sowieso alles in het werk zal moeten stellen om tekorten in de winters van 2025-2026 en 2026-2027 te vermijden. Het CRM-mechanisme is tegen dan in principe operationeel (en kan het nodige vermogen leveren), maar gezien de onzekerheid die met de huidige context gepaard gaat kan niet uitgesloten worden dat bijkomende maatregelen nodig zullen zijn. De in die context genomen maatregelen zullen hopelijk voldoende duurzaam en kosteneffectief zijn om ook na de heropstart van Doel 4 en Tihange 3 verder bij te dragen aan het veiligstellen van de bevoorradingszekerheid.

¹⁸ De bijkomende onbeschikbaarheid van 6 resp. 4 Franse eenheden komt neer op een verlies aan beschikbare capaciteit van resp. ongeveer 5,4 en 3,6 GW, op een totale capaciteit van het Franse nucleaire park van ongeveer 60 GW. Hiervan zijn in 'normale' winters een kleine 10 GW onbeschikbaar, maar de laatste jaren lag dat getal hoger.

¹⁹ De federale regering gaat ervan uit dat door het toegenomen vermogen van de (toekomstige) windturbines in hetzelfde gebied mogelijk een capaciteit tot 3,5 GW zou kunnen uitgebouwd worden.

1.2.3 Alternatieven

Een alternatief voor een plan of project kan gedefinieerd worden als *'een andere manier om de doelstellingen van het plan of project te bereiken'*. De vraag is dus of er alternatieve manieren bestaan om de beoogde beleidsdoelstelling te bereiken.

De beleidsdoelstelling die met de levensduurverlenging van Doel 4 en Tihange 3 wordt nagestreefd is het *garanderen van de bevoorradingszekerheid* op het vlak van elektriciteit. Bij een volledige kernuitstap zoals voorzien in de Wet zou tegen einde 2025 een productiecapaciteit van zo'n 5,9 GW verdwenen zijn. Door beide reactoren langer open te houden, wordt, in combinatie met de al bestaande en nog verder uit te bouwen capaciteit (gascentrales, hernieuwbare energie, ...) het bereiken van dit doel inderdaad steviger verankerd.

De beslissing om de levensduur van de kernreactoren Doel 4 en Tihange 3 met 10 jaar te verlengen is bij uitstek een beleidsbeslissing, aangestuurd door onverwachte en niet-wenselijke ontwikkelingen op de energiemarkt en in de geopolitieke situatie in Europa. Er kan van uitgegaan worden dat de overheid ter voorbereiding van het nemen van die beslissing heeft nagegaan of er gelijkwaardige alternatieve opties ter beschikking waren, en desgevallend de voor- en nadelen van die opties in de weegschaal heeft gelegd.

Niettemin is het nuttig kort aandacht te besteden aan de potentiële alternatieven die, minstens in theorie, ter beschikking (kunnen) staan voor het verzekeren van de elektriciteitsbevoorrading. In theorie komt gelijk welke combinatie van energievormen die voldoende capaciteit en een hoge mate van bedrijfszekerheid kan garanderen, in aanmerking. Het volstaat echter niet om theoretische vervangingsalternatieven onder vorm van alternatieve energiemixen te bedenken. Die alternatieven moeten ook de toets van de redelijkheid kunnen doorstaan. Dit houdt onder meer in dat ze realistisch en kansrijk moeten zijn, i.e. dat het realiseren van deze alternatieven op korte termijn een aannemelijke optie is. We overlopen hieronder daarom kort de verschillende openstaande opties.

Het **CRM-mechanisme** werd tot voor kort gezien als de oplossing bij uitstek om de periode tussen de definitieve sluiting van alle kerncentrales (in 2025) en het moment waarop voldoende capaciteit aan hernieuwbare energie zou ter beschikking staan te overbruggen. Zoals hoger gezien berekende Elia in 2021 dat in 2025, na de vooropgestelde sluiting van alle kerncentrales, nood zou zijn aan een bijkomende flexibel inzetbare productiecapaciteit van zo'n 3,6 GW om aan de normen op het vlak van bevoorradingszekerheid en flexibiliteit te kunnen voldoen. In de *Adequacy and flexibility study* van 2019 gaf Elia overigens al aan dat ook bij een levensduurverlenging van twee reactoren met een gezamenlijke capaciteit van 2 GW (= Doel 4 en Tihange 3), er een structurele nood aan bijkomende capaciteit zou blijven. De gascentrales (en andere CRM-vormen) waarvan de bouw en werking door de regering is voorzien blijven dus in elk geval nodig.

Hoewel het CRM-mechanisme in principe open staat voor elk type bestaande of toekomstige capaciteit (productie, opslag, vraagzijdebeheer) blijkt in de praktijk dat door de gegadigden toch vooral op gascentrales (STEG's) ingezet wordt. Zoals gezegd is in de huidige conjunctuur, met hoge gasprijzen en een vermindering (op Europees niveau) van de levering van uit Rusland afkomstig gas, dit niet noodzakelijk de meest voor de hand liggende optie. Ook de CO₂-uitstoot die met de gascentrales gepaard gaat is een aandachtspunt. Via het ETS-systeem hebben die emissies ook consequenties voor de kostprijs van de productie.

Bij de eerste veiling in 2021 werd op basis van de biedingen een totale capaciteit van 4447,7 MW geselecteerd; 80,6 % hiervan was onder vorm van gasturbines met gecombineerde cyclus (CCGT). Hiervan bestond een capaciteit van 1607,6 MW uit nieuwe eenheden. In april 2022 gebeurde op basis van de veiling van 2021 een nieuwe toewijzing van 805,3 MW, ter vervanging van de CCGT-eenheden met een gecombineerde capaciteit van 796 MW, waarvoor in Vlaanderen geen omgevingsvergunning werd verkregen. Op de veiling van 2022 werd opnieuw 807 MW aan nieuwe CCGT-capaciteit aangeboden, samen met enkele ander, kleinere aanbiedingen. Geen van deze aanbiedingen werd echter geselecteerd, omdat het benodigde volume volledig werd gedekt door het volume dat werd overgedragen naar de tweede veiling. De in 2025 bijkomend beschikbare capaciteit (die echter voor een groot deel nog moet gebouwd worden) blijft dus staan op ongeveer 4,48 GW. In principe volstaat dit om de capaciteitskloof die vanaf 2025 zal ontstaan te dichten, maar zoals gezegd wenst de regering in de huidige context niet volledig en enkel op de CRM-capaciteit te vertrouwen.

Het systeem van de **strategische reserve** houdt in dat producenten betaald worden om, op afroep, voor bijkomende productie te zorgen als (tijdelijke) tekorten dreigen. Naast extra productie kan het ook gaan om een reductie van afname aan de vraagzijde. Elia bepaalt elk jaar aan de hand van prognoses en modelberekeningen of er nood kan zijn aan de inzet van de strategische reserve tijdens de volgende winter, en hoe groot de extra capaciteit moet zijn. Het systeem van de strategische reserve is echter niet geschikt als een structurele oplossing voor een systemisch capaciteitstekort.

België is een van de best geïnterconnecteerde landen in noordwest Europa. De interconnectiecapaciteit laat toe om ongeveer de helft van de piekvraag in te voeren. Dat houdt echter in dat er in het buitenland ook voldoende reserves moeten beschikbaar zijn. Zoals gezien staan de **invoermogelijkheden** vanuit het buitenland echter al een tijd onder druk, onder meer als gevolg van de Duitse kernuitstap en afbouw van fossiele energie. Recent zijn daar de problemen met de Franse kerncentrales bijgekomen (cf. supra). Sinds 2019 is België weliswaar een netto exporteerder van elektriciteit (met in 2021 een export van 7,88 TWh, equivalent aan ruim 8 % van de netto Belgische elektriciteitsproductie), maar deze tendens zal zich niet voortzetten naarmate de nucleaire uitstap concretere vormen aanneemt en de eigen beschikbare capaciteit verder afgebouwd wordt.

Elia heeft bijvoorbeeld berekend dat in 2025 (als de door de wet voorziene nucleaire uitstap compleet zou zijn) België gedurende meer dan 2000 uur per jaar beroep zou moeten doen op een importcapaciteit van minstens 3 GW, en dat gedurende meer dan 200 uur per jaar een importcapaciteit van minstens 5 GW nodig zou zijn – in de veronderstelling dat geen nieuwe capaciteit zou worden uitgebouwd om het in België weggevalen nucleaire vermogen te compenseren. Ook met de verlenging van Doel 4 en Tihange 3 houdt dit cijfer uiteraard geen rekening.

De uitbouw van de productie van **hernieuwbare energie** is volop bezig; de gecreëerde capaciteit fungeert (zeker op Europees niveau) in eerste instantie als compensatie van het wegvalen van productie-eenheden op fossiele energie. Einde 2021 bedroeg de totaal geïnstalleerde capaciteit aan hernieuwbare energie in België 13,06 GW, of ongeveer 47 % van de totaal geïnstalleerde capaciteit voor elektriciteitsproductie. Door de relatief lage load factor²⁰ van deze productiemiddelen bedroeg de productie aan hernieuwbare energie echter slechts zo'n 18 % van de totale Belgische productie, daar waar nucleaire energie (met een capaciteitsaandeel van slechts 21,3 %) verantwoordelijk was voor 49,7 % van de productie. Dit toont aan dat productie van hernieuwbare energie nog een aanzienlijke inhaalbeweging heeft te maken als het op termijn de volledig weggevalen nucleaire capaciteit wil kunnen vervangen. Ook hier kunnen onder meer problemen op het vlak van vergunningen voor problemen zorgen. Zo is de aansluiting tegen 2028 van ongeveer 3,5 GW aan nieuwe windenergie, afkomstig van de zogenaamde 'Prinses Elisabeth-zone' in de Noordzee afhankelijk van de vergunning en realisatie van het Ventilus-project.

Elia gaat uit van een beschikbare capaciteit in 2032 van (in het 'CENTRAL'-scenario) 12,2 GW aan zonne-energie, 5,4 GW wind op land, 4,4 GW wind op zee, 157 MW waterkracht en 904 MW biomassa; samen dus een capaciteit van ongeveer 23 GW, of een toename met ruim 76 % tegenover de situatie in 2021.

Samengevat kan gesteld worden dat meerdere van de mogelijke alternatieve energiebronnen geen reëel alternatief vormen: de capaciteit aan hernieuwbare energie is nog onvoldoende uitgebouwd, de invoermogelijkheden staan onder druk, en de strategische reserve is niet bedoeld om structureel ingezet te worden. Het CRM-mechanisme is het meest voor de hand liggende alternatief, en wordt dan ook verder uitgebouwd. In die zin is het geen echt alternatief maar een bijkomende garantie om, in combinatie met de levensduurverlenging van Doel 4 en Tihange 3, de bevoorradingszekerheid van elektriciteit veilig te stellen. Zoals gezegd gaat Elia er overigens van uit dat ook bij een levensduurverlenging van beide centrales de capaciteit geleverd door het CRM-mechanisme nodig zal blijven. Dat ligt ook voor de hand, aangezien het tekort in 2025 op 3,6 GW werd geraamd, waarvan slechts 2 GW zullen ingevuld worden door het langer openhouden van de centrales.

²⁰ Verhouding tussen de werkelijke productie en de theoretische productie bij continue beschikbaarheid aan de nominale capaciteit.

In voorliggende analyse beperken we ons tot het in beeld brengen van de milieueffecten die het langer openhouden, over een periode van 10 jaar van de kernreactoren Doel 4 en Tihange 3 met zich meebrengt. We maken daarbij dus niet de vergelijking met de effecten van alternatieve (hypothetische) oplossingen²¹ die, zoals gezien, overigens op korte termijn ontbreken. We vergelijken wel met de situatie waarbij het project niet zou uitgevoerd geweest zijn en de levensduurverlenging dus niet zou gerealiseerd zijn.

1.2.4 Referentietoestand en referentiescenario

In een milieubeoordeling is voor het in beeld brengen van de impact van het plan of project een heldere definitie van de referentietoestand nodig. De referentietoestand is per definitie de toestand van het milieu die ontstaat als een plan of project niet wordt uitgevoerd; hij vormt de vergelijkingsbasis voor de effecten van het plan of project. De referentietoestand is in dit geval dus de toestand die ontstaat als de levensduur van Doel 4 en Tihange 3 niet zou worden verlengd, als met andere woorden Doel 4 en Tihange 3 in 2025 definitief zouden worden stilgelegd volgens de kalender van de Wet op de kernuitstap. De toestand die ontstaat als het project wél wordt uitgevoerd (levensduurverlenging) wordt vergeleken met die referentietoestand (geen levensduurverlenging). Het verschil tussen beiden geeft aan hoe groot het effect van het plan of project (in casu de levensduurverlenging) is (Figuur 7).



Figuur 7: Schematische voorstelling van de referentietoestand.

De referentietoestand is in dit geval in principe de toestand van de omgeving in het jaar 2025.

Het uitgangspunt dat die referentietoestand niet fundamenteel wijzigt (onder invloed van evoluties niet gerelateerd aan de werking van Doel 4 of Tihange 3) over de periode van de levensduurverlenging, of toch niet op zo'n manier dat de beoordeling van de effecten op het milieu erdoor gewijzigd zou worden. Mocht dat wel zo zijn, dan moet rekening gehouden worden met de (gewijzigde) referentietoestand op het einde van die periode.

Naast de referentietoestand gebruiken we in deze MEB ook de termen 'referentieperiode' en 'referentiescenario'. Deze termen volgen uit de particulariteit van het Project die erin bestaat dat de effecten zich beperken tot een in de tijd beperkte periode, waarvan begin- en eindpunt vaststaan. Deze in de tijd beperkte periode noemen we de *referentieperiode*. Voor effecten die een duidelijke tijdsdimensie hebben (bv. hoeveelheid geëmitteerde polluenten per jaar, hoeveelheid afval geproduceerd per jaar, ...) wordt in de milieueffectbeoordeling ook bekeken wat de over de referentieperiode gecumuleerde impact is, door de hoeveelheden per jaar te sommeren tot een totaal voor de

²¹ Behalve voor wat betreft de zogenaamde "vermeden emissies", zie verder.

periode of door een vergelijkbare inschatting te maken van de cumulatieve effecten over de periode van de levensduurverlenging.

Tenslotte hebben we het in deze milieueffectbeoordeling ook over het *referentiescenario*. Dat beschrijft de projectgerelateerde ontwikkelingen gedurende de referentieperiode als het project niet wordt uitgevoerd. Voor de sites van Doel en Tihange houdt dit scenario in dat op de site geen enkele nucleaire reactor nog actief is. Voor de centrales Doel 3 en Tihange 2 zal in 2027 de post-operationele fase geheel of grotendeels achter de rug zijn, en zal begonnen zijn met de ontmanteling. Voor de reactoren Doel 1, Doel 2 en Tihange 1 loopt de post-operationele fase tot ongeveer 2030, waarna ook voor deze reactoren met de ontmanteling begonnen wordt.

Over de vorm die de ontmanteling zal aannemen en over de milieueffecten die hiermee gepaard gaan is op dit moment nog geen informatie beschikbaar; er kan in voorliggende milieueffectbeoordeling dan ook geen rekening mee gehouden worden. Wel zullen voor de ontmanteling van de verschillende reactoren in de toekomst nog uitgebreide milieueffectrapportages op projectniveau worden uitgevoerd.

1.2.5 Potentieel relevante autonome en gestuurde ontwikkelingen

Om de referentiesituatie in termen van omgevingskwaliteit te kennen moeten we nagaan of er tussen vandaag en 2025 evoluties zijn die aanleiding kunnen geven tot een verschil met de situatie vandaag. Verder moeten we ook bekijken of en hoe die evoluties zich voortzetten over de periode van de levensduurverlenging.

In de eerste plaats zijn er een reeks **autonome evoluties**, die eventueel wel kunnen het gevolg zijn van menselijk handelen, maar die binnen het tijds- en ruimtebestek van het project niet stuurbaar zijn. Een voorbeeld ervan is de klimaatverandering. Er kan aangenomen worden dat de toestand van het klimaat in 2037 verschillend zal zijn van de toestand in 2023. Of dit relevant is en wat de eventuele gevolgen hiervan zijn, komt aan bod in de discipline Klimaat.

Vervolgens moeten we rekening houden met **beleidsgestuurde evoluties**, die als gevolg hebben dat de omgevingskwaliteit verbetert. Dat is bijvoorbeeld het geval voor de water- en luchtkwaliteit, en wordt bij die respectieve disciplines verder toegelicht. De verwachting is niet dat als gevolg van deze evoluties de toestand van het milieu in 2025 fundamenteel zal verschillen van de toestand in 2023. Over de periode van de levensduurverlenging zal de ingezette verbetering zich uiteraard (naar alle waarschijnlijkheid) doorzetten.

Tenslotte zijn er de **andere gestuurde evoluties**, die rechtstreeks volgen uit menselijk handelen maar niet beleidsgerelateerd zijn. Het gaat daarbij met name om bijvoorbeeld nieuwe projecten die in de omgeving van de projectsites kunnen gerealiseerd worden, of om andere (ruimtelijke) ontwikkelingen met potentiële gevolgen voor de omgevingstoestand. Als deze ontwikkelingen gevolgen hebben voor de kwetsbaarheid van de omgeving, of als ze aanleiding kunnen geven tot betekenisvolle cumulatieve effecten met de effecten van Doel 4 en Tihange 3 die in dit MER besproken worden, dan wordt dit geduid. Bij de effectbeoordeling zal dan ook (desgevallend) met deze elementen rekening gehouden worden.

Voor de site van **KC Doel** worden de belangrijkste mogelijk relevante ontwikkelingen hieronder kort beschreven.

- Complex project extra containercapaciteit Antwerpen (CP ECA): dit project houdt de realisatie in van een nieuw getijdendok in de Antwerpse haven, ten oosten van het dorp Doel, aansluitend op het bestaande Deurganckdok. In dit dok zullen grote containerschepen (tot 400 m lengte) aanmeren. Op de containerkades worden containers aan- en afgevoerd, gelost en geladen en/of tijdelijk gestockeerd. Aansluitend op de containerkade wordt ook een nieuw logistiek terrein aangelegd waarop bijvoorbeeld activiteiten in het domein van value added logistics kunnen plaatsvinden.
Op dit moment bevindt dit project zich nog in de uitwerkingsfase (=studiefase). Het projectbesluit voor dit project wordt verwacht in de loop van 2023. Aansluitend aan het projectbesluit wordt begonnen met de bouw van het dok. De aanleg van het dok zal meer dan drie jaar duren. Op het moment dat Doel 4 heropstart is het nieuwe dok dus mogelijk al operationeel, zij het waarschijnlijk nog niet aan volle capaciteit. Die capaciteit zal waarschijnlijk wel ingevuld worden over de periode van 10 jaar die

overeenkomt met de levensduurverlenging van Doel 4; parallel hiermee zullen ook de atmosferische emissies toenemen, vooral diegene die afkomstig zijn van de zeeschepen.

Gegeven het feit dat de conventionele atmosferische emissies toe te schrijven aan Doel 4 (zeer) klein zijn in vergelijking met de ECA-emissies (en a fortiori in vergelijking met de emissies in het volledige havengebied), worden de cumulatieve atmosferische emissies binnen het studiegebied nauwelijks beïnvloed door het al dan niet open houden van Doel 4. Deze redenering is, mutatis mutandis, ook van toepassing op de mobiliteits- en geluidseffecten. Ook voor deze aspecten wordt de omgevingskwaliteit in de eerste plaats bepaald door ontwikkelingen die losstaan van de levensduurverlenging van Doel 4 gevolgen voor de referentiesituatie, en is de bijkomende impact van Doel 4 op deze referentiesituatie beperkt.

- Voor het dorp Doel, dat niet voor ECA moet verdwijnen, loopt een afzonderlijk project om een duurzaam toekomstperspectief uit te tekenen, binnen de context van het voorkeursbesluit over ECA. Momenteel is Doel woongebied (volgens het bestemmingsplan) en is er in de feiten ook bewoning aanwezig. De verwachting is dat deze situatie (planologisch en feitelijk) niet fundamenteel zal wijzigen. Over de periode van de levensduurverlenging van Doel 4 wordt niet uitgegaan van een belangrijke toe- of afname van het aantal bewoners in Doel. De kwetsbaarheid van de omgeving in termen van menselijke receptoren verandert er dan ook niet significant door. Ook hier geldt dat de blootstelling aan conventionele milieueffecten in het dorp gedomineerd wordt door de effecten van de haven.
- Aan de overkant van de Schelde, tussen de Scheldelaan en Kanaaldok B2, plant INEOS 'Project ONE' een propaandehydrogenatiefabriek (PDH) waarin propaangas wordt omgezet in propyleen en een ethaankraker waarin ethaangas wordt omgezet in ethyleen. Vanwege de omvang en complexiteit zal de realisatie van het project in verschillende fasen verlopen over een tijdspanne van vier à vijf jaar. Het is aannemelijk dat de installaties al voor een groot deel operationeel zijn op het moment dat de verlenging van de levensduur van Doel 4 aanvangt. Tijdens de eerste jaren van de periode van bijkomende werking van Doel 4 zal Ineos Project One geleidelijk aan tot volle capaciteit komen. Ook hier kunnen we stellen dat de effecten van Doel 4 klein zullen zijn in vergelijking met de effecten van Project One.
- Natuurontwikkeling: in het kader van de ontwikkeling van de haven van Antwerpen en van het Sigmaplan worden in de directe omgeving van KC Doel natuurontwikkelingsprojecten gepland en uitgevoerd. Deze projecten geven aanleiding tot een verhoging van de natuurwaarden en dus van de potentiële kwetsbaarheid van de omgeving. Aangezien deze compensatieprojecten moeten gerealiseerd zijn vooraleer de uitvoering van ECA kan starten kan aangenomen worden dat deze volledig deel uitmaken van de referentiesituatie vanaf 2027.
- Realisatie van de verschillende fasen in de wet op de kernuitstap: voorliggend MEB bestudeert de gevolgen van het langer open houden van de reactor Doel 4. Dit heeft op zich echter geen invloed op de andere stappen die voorzien zijn in de wet op de kernuitstap. Tijdens de referentieperiode zullen de drie andere reactoren op de site stilliggen, en zich in verschillende stadia van DSZ (post-operationele fase of ontmanteling) bevinden, zoals hoger beschreven. Cumulatieve effecten met deze activiteiten worden in deze MEB niet expliciet in beeld gebracht, aangezien er te weinig geweten is over de aard van die activiteiten en van de bijhorende emissies. Wel zullen voor de ontmantelingsactiviteiten ook project-MER's moeten opgemaakt worden, die eventueel de werking van Doel 4 mee kunnen opnemen in de referentiesituatie, waarbij dus ook de cumulatieve effecten in beeld gebracht worden. In de mate dat het stilleggen van Doel 1, 2 en 3 een impact zou hebben op de referentiesituatie waartegen de effecten van het langer openhouden van Doel 4 worden afgezet (bv. doordat de emissies afnemen) wordt hiermee rekening gehouden in voorliggende MEB. Voor zover niet anders gesteld bij de bespreking van de verschillende milieuthema's gaan we er echter van uit dat de referentiesituatie niet fundamenteel wijzigt tijdens de periode van levensduurverlenging van Doel 4, in vergelijking met de situatie vandaag.

Samengevat kan gesteld worden dat in de omgeving van de site verschillende projecten in de steigers staan, waarvan kan aangenomen worden dat ze (minstens deels) operationeel zullen zijn op het moment dat de verlenging van de levensduur van Doel 4 aanvangt. Om rekening te houden met het gegeven dat de impact van die projecten

kan evolueren over de referentieperiode, stellen we voor het uitgangspunt te hanteren dat die projecten (ECA, Project One) vanaf 2027 aan hun volle capaciteit operationeel zullen zijn.

In vergelijking tot de situatie vandaag zal de toekomstige *referentiesituatie* over de periode van de levensduurverlenging voor Doel dus gekenmerkt worden, als gevolg van de hierboven beschreven ontwikkelingen, door enerzijds meer natuurontwikkeling, maar anderzijds ook meer atmosferische emissies en een verslechterd geluidsklimaat, in combinatie met een sterke toename van de verkeersgeneratie. Voor zover cumulatieve effecten optreden is de bijdrage van Doel 4 aan deze effecten zeer beperkt.

Met betrekking tot de site van **CN Tihange** wordt hieronder een overzicht gegeven van een aantal autonome en gestuurde ontwikkelingen die relevant kunnen zijn voor de beoordeling van de milieueffecten van het uitstel van de desactivering van Tihange 3:

- Capaciteitsvergroting van de sluis van Ampsin, ongeveer 1 km stroomafwaarts op de Maas. Deze uitbreiding zal de binnenvaart met groot profiel (4.500 ton in het geval van Ampsin) mogelijk maken van Namen naar Nederland en Antwerpen, via het Albertkanaal. De werkzaamheden zijn al begonnen en de scheepvaart is open sinds januari 2022. De werkzaamheden worden voortgezet en zouden in de loop van 2024 of 2025 voltooid moeten zijn. Dit project wordt uitgevoerd tijdens de verlenging.
- Hoewel dit een groot infrastructuurproject is, wordt niet aangenomen dat het zal interfereren met het project waarop dit MER betrekking heeft. In de mate dat de bouwfase met bijhorende milieueffecten (lawaai, emissies, verkeersgeneratie, enz.) zal zijn afgerond, maken de effecten van dit project deel uit van de uitgangssituatie van de milieubeoordeling voor Tihange 3. Aangezien de effecten in de operationele fase verband houden met de toename van het rivierverkeer, wordt ervan uitgegaan dat er geen cumulatieve effecten te verwachten zijn bij de uitbreiding van Tihange 3.
- Verschillende grote industriële projecten zijn voorzien in een straal van een tiental kilometer rond de centrale van Tihange :
 - a. Project voor een nieuw afvalsorteercentrum door het bedrijf Vanheede in Hermalle-sous-Huy (> 6 km ten oosten van CN Tihange);
 - b. Project voor een nieuwe fabriek voor de productie van compressorbladen voor vliegtuigmotoren door de firma Safran in Marchin (± 4,5 km ten zuidwesten van CN Tihange);
 - c. Het CO₂ncREAT-project, dat voortkomt uit de door Orbix ontwikkelde carbonatatie technologie, biedt een duurzame manier om bepaalde bijproducten van de staalindustrie terug te winnen door deze materialen te laten reageren met CO₂ voor de vervaardiging van bouwmaterialen. Het project wordt uitgevoerd door het consortium Prefer (producent van bouwmaterialen), Fluxys Belgium (expert in leidingtransport), Lhoist (kalkproducent, leverancier van de CO₂) en Orbix. De precieze locatie is momenteel niet bekend, maar men verwacht dat het meer dan 6 km van CN Tihange zal liggen (tussen de bestaande Lhoist-site op 6 km afstand en de Prefer-site die nog verder naar het oosten ligt).

Voorlopig bevinden deze projecten zich nog in de ontwikkelingsfase (= studiefase). Deze fase zal, afhankelijk van het project, normaliter tot eind 2023 of tot in de loop van 2024 duren en eindigen met een besluit over elk project. Zodra het besluit over een project is genomen, begint de bouw ervan, dat 1 tot 3 jaar in beslag zou nemen. Deze projecten zouden dus tussen 2024 en 2027 operationeel kunnen worden.

Gezien de betrokken afstanden (> 4 km) zijn alleen de volgende mogelijke gevolgen van belang:

- a. Mobiliteit: het verkeer dat door deze projecten in de bouw- en exploitatiefase wordt gegenereerd, zou hoofdzakelijk gebruik maken van de N90 en/of de N684. Zoals vermeld in § 2.2.1 is het verkeer op deze nationale wegen niet verzadigd en wordt het slechts voor maximaal 8% beïnvloed door het verkeer gerelateerd aan CN Tihange. Daarom zijn er bij deze projecten geen significante cumulatieve effecten te verwachten;
- b. Atmosferische emissies: de potentiële cumulatieve effecten houden voornamelijk verband met emissies van stookinstallaties (bijvoorbeeld NO_x) en broeikasgasemissies (CO₂). Wat de emissies betreft, impliceert de aard van de projecten lage emissies (geen grote stookinstallaties - meer dan 50 MW_{th}) en hebben de potentiële effecten een beperkte actieradius (ongeveer 3 km), waardoor

de potentiële cumulatieve effecten te verwaarlozen zijn. Er zij op gewezen dat het CO₂ncREAT-project zelfs een gunstig effect zou hebben op de vermindering van de CO₂-emissies binnen de betrokken straal;

- c. Thermische effecten op de Maas, met effecten op de aquatische biosfeer, ten gevolge van de lozing van koelwater: de aard zelf van de projecten houdt in dat er geen grote verbrandingsinstallatie is (meer dan 50 MW_{th}) en dat er geen grote hoeveelheden koelwater worden geproduceerd. Er valt derhalve geen significant cumulatief effect te vrezen.

Samengevat kunnen we stellen dat, gezien de afstand tussen deze projecten en CN Tihange en de aard van de projecten zelf, er geen significante cumulatieve effecten te verwachten zijn met de grote industriële projecten die momenteel in de buurt van de centrale zijn gepland.

- Combined Cycle Gas Turbine (CCGT)-projecten in Awirs en Seraing: deze twee projecten zijn bedoeld om de sluiting van de Belgische kernreactoren tussen 2022 en 2025 gedeeltelijk te compenseren (andere maatregelen werden aanbevolen, zoals het in aanmerking nemen van buitenlandse reserves). Deze projecten zijn aangewezen via het capaciteitsremuneratiemechanisme (CRM) dat is opgezet naar aanleiding van de geplande nucleaire afbouw. Voor deze projecten is reeds een milieuvergunning verleend en de respectieve werven zijn in 2022 begonnen om in 2025 operationeel te zijn. Beide projecten hebben een capaciteit van 805 MW. Deze centrales bevinden zich stroomafwaarts van CN Tihange, langs de Maas, ± 12 km in het geval van Awirs en ± 17 km in het geval van Seraing.
- Zoals bij de andere hierboven genoemde projecten betekent de afstand tussen het project en deze thermische centrales dat er voor geen enkel milieuaspect een cumulatief effect wordt verwacht, met uitzondering van de thermische lozingen in de Maas die de aquatische fauna kunnen aantasten. CN Tihange en deze twee thermische centrales lozen immers zeer veel koelwater in de Maas, waarvan de verdunning en het thermisch verlies in de Maas grote afstanden vergen. Interacties in dit verband zijn vastgesteld in de milieueffectbeoordeling van de twee centrales en zijn het voorwerp van specifieke exploitatievoorwaarden in hun vergunningen. Dit punt zal nader worden behandeld in de watercomponent van de niet-radiologische effectbeoordeling voor de centrale van Tihange (zie § 6.2) ;
- Realisatie van de verschillende stappen van de wet op de kernuitstap: dit MER onderzoekt de gevolgen van het langer in bedrijf houden van de Tihange 3-reactor. Dit heeft echter geen invloed op de andere stappen van de wet op de kernuitstap. Op respectievelijk 1 oktober 2025 en 1 februari 2023 wordt de elektriciteitsproductie van Tihange 1 en Tihange 2 stopgezet. Tijdens de referentieperiode zullen de twee andere reactoren op de locatie dus stilgelegd zijn en zich in verschillende stadia van buitenbedrijfstelling bevinden, zoals hierboven beschreven. De cumulatieve effecten van deze activiteiten worden in dit MER niet expliciet in kaart gebracht, omdat er in dit stadium te weinig informatie beschikbaar is over de aard van deze activiteiten en de bijbehorende emissies. Project-MER's zullen echter ook vereist zijn voor de ontmantelingsactiviteiten, waarbij de exploitatie van Tihange 3 deel zal uitmaken van de referentiesituatie, zodat rekening wordt gehouden met cumulatieve effecten. Voor zover de stillegging van Tihange 1 en 2 een significant effect zou hebben op de effecten van de exploitatie van Tihange 3 (omdat de uitgangssituatie verandert, bijvoorbeeld door vermindering van de lozingen), wordt daar in dit MER rekening mee gehouden. Tenzij anders vermeld bij de bespreking van de verschillende disciplines, wordt echter aangenomen dat de niet-radiologische achtergrondkwaliteit van het milieu tijdens de verlengde exploitatie van Tihange 3 niet significant zal veranderen.

1.3 Procedure

Zoals hoger aangegeven, wordt deze milieueffectbeoordeling uitgevoerd binnen het kader van de Europese MEB-richtlijn, de Habitatrichtlijn en de Vogelrichtlijn. Deze richtlijnen bevatten echter weinig of geen procedurele bepalingen over de manier waarop het proces van de milieueffectbeoordeling moet verlopen.

Samengevat hebben de voornaamste bepalingen met procedurele draagwijdte uit de MEB-richtlijn betrekking op:

1. Het raadplegen van de instanties die 'op grond van hun specifieke verantwoordelijkheden op milieugebied met het project te maken kunnen krijgen' (artikel 6.1);
2. Het op de hoogte stellen van het publiek, in een vroeg stadium van de milieubesluitvormingsprocedure, van onder meer de procedure, de mogelijkheden tot inspraak en het voorwerp van de vergunningsaanvraag (artikel 6.2);
3. Het ter beschikking stellen van het publiek van de resultaten van de milieueffectbeoordeling en van de uitgebrachte adviezen (artikel 6.3);
4. Het raadplegen van de bevoegde instanties in andere lidstaten (artikel 7);
5. Het op de hoogte stellen van het publiek van onder meer de inhoud van de beslissing met betrekking tot de vergunning en van de overwegingen waarop de beslissing is gebaseerd (artikel 9);
6. Beroepsprocedures (artikel 11).

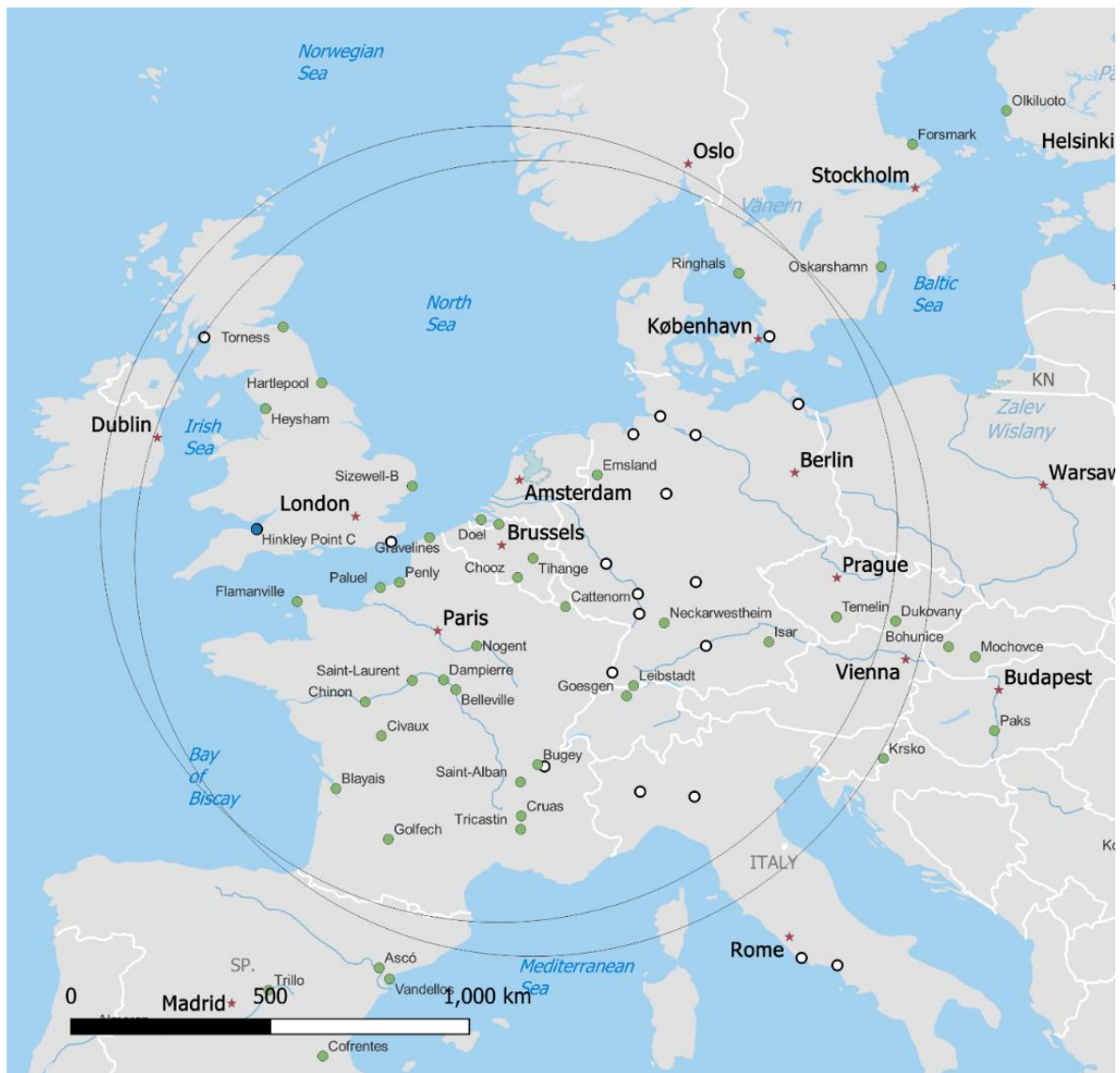
Deze bepalingen zullen uiteraard gevolgd worden. Hierbij kan nog opgemerkt worden dat voor de milieueffectbeoordeling van het voorliggende Project de volgens de federale of gewestelijke regelgeving voorgeschreven gedetailleerde procedures (in termen van bijvoorbeeld termijnen) niet van toepassing zijn.

De vereiste kennisgevingen in het kader van het Verdrag van Espoo, het Verdrag van Aarhus en de MEB-richtlijn (grensoverschrijdend en binnen België) worden door de Belgische overheid, Federale Overheidsdienst Economie en de Minister van Energie uitgevoerd.

Op donderdag 14 juli 2022 werd een prenotificatie verstuurd door de Federale Overheidsdienst Economie via het ESPO contact betreffende het vooropgestelde project, met name het uitstel van de desactivatie van Doel 4 en Tihange 3 naar de autoriteiten van de landen gelegen in een straal van 1.000 km rond Doel 4 en Tihange 3. Figuur 8 geeft een overzicht van de kernenergiecentrales in België (Doel en Tihange) en omgeving en toont de landen en hun kernenergiecentrales in een straal van 1.000 km rond respectievelijk Doel en Tihange. Deze kennisgeving en consultatie werd door de Federale Overheidsdienst Economie uitgevoerd overeenkomstig artikel 7.1 MEB-richtlijn. De landen die interesse tonen om deel te nemen aan de grensoverschrijdende consultatie zullen de kans krijgen om de meningen van hun publiek en relevante autoriteiten over de milieueffectbeoordeling samengevat te bezorgen aan de Algemene Directie Energie van de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie.

Na de afronding van de milieueffectbeoordelingen organiseert de Federale Overheidsdienst Economie een raadpleging bij de drie Belgische gewesten, de Belgische provincies, de geïnteresseerde gemeentebesturen, de federale raad voor duurzame ontwikkeling, de Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte Splijtstoffen (NIRAS) en het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC-AFCN).

Daarnaast wordt ook een online publieksraadpleging georganiseerd gedurende 60 kalenderdagen door middel van een website gewijd aan de publicatie van het volledige milieubeoordelingsdossier betreffende het uitstel van de desactivatie van Doel 4 en Tihange 3 (milieueffectbeoordeling op strategisch niveau en werken). De kennisgeving betreffende de raadpleging en de participatie van het publiek wordt uitgevoerd door de Federale Overheidsdienst Economie.



Figuur 8: Locaties met kerncentrales in België (Doel en Tihange) en wijde omgeving. Sites in het groen zijn locaties met operationele eenheden, in het wit zijn sites aangegeven in volledige ontmanteling en in het blauw sites waar nieuwe reactoren in aanbouw zijn. Kaart gebaseerd op de "Power Reactor Information System" (PRIS) database IAEA (<https://www.iaea.org/pris>). De cirkels stellen het gebied voor met een straal van 1.000 km rond respectievelijk de kerncentrale van Doel en deze van Tihange.

2 Algemene methodologie

2.1 Evaluatie van de beschikbare informatie

Voor de beoordeling van de milieueffecten van het Project werd op basis van een scoping van de mogelijke effecten een lijst opgesteld van de benodigde informatie. Deze informatie is deels publiek toegankelijk, anderzijds is bijkomende informatie van de uitbater noodzakelijk om de effecten te evalueren. Dit betreft enerzijds een overzicht van de geplande werken die het Project met zich meebrengen en anderzijds een aantal technische gegevens, analyses en documenten rond de uitbating van de kernreactoren Doel 4 en Tihange 3 en hun post-operationele fase. Een lijst met noodzakelijke informatie werd in september 2022 bij aanvang van de milieueffectbeoordeling gevraagd aan de uitbater van de kerncentrales KC Doel en CN Tihange. Informatie vanuit de uitbater werd ter beschikking gesteld na het akkoord van 9 januari 2023 tussen de Belgische regering en de uitbater ENGIE Electrabel nv om het tien jaar langer openhouden van de twee jongste kernreactoren van ons land, Doel 4 en Tihange 3, te bewerkstelligen. De meeste informatie werd ontvangen tussen 19 en 30 januari 2023, bijkomende informatie of verduidelijkingen werden bekomen in de loop van februari 2023. Deze werden in de mate van het mogelijke nog meegenomen. De beschikbare informatie was voldoende om een adequate beoordeling van de milieueffecten uit te voeren. Daar waar bepaalde details ontbraken werden conservatieve veronderstellingen gemaakt om de potentiële effecten te schatten. Daarnaast zijn de beschrijving van leemten in kennis een onderdeel van de beoordeling.

2.2 Algemene methodologie voor de evaluatie van de niet-nucleaire effecten

2.2.1 Scoping

2.2.1.1 Concept

Scoping (selectie van de mogelijk aanzienlijke effecten) is erop gericht van bij het begin van de milieueffectbeoordeling de (vermoedelijk) belangrijkste milieuthema's en -effecten te identificeren en ze te onderscheiden van andere, minder relevante thema's. Op die manier wordt er tijdens het MEB-proces gefocust op de essentie.

Scoping bestaat uit twee duidelijk te onderscheiden stappen:

- het identificeren van mogelijke effecten (kan het effect zich voordoen?);
- het nagaan van de significantie (bestaat de kans dat het effect aanzienlijk is?).

In de eerste stap wordt getracht een zo volledig mogelijk overzicht te krijgen van de mogelijke effecten. In de tweede stap wordt de groslijst van mogelijke effecten ingeperkt door na te gaan welke van deze effecten (potentieel) aanzienlijk kunnen zijn. Bij het bepalen of effecten potentieel aanzienlijk zijn wordt doorgaans rekening gehouden met onder meer:

- de aard, schaal, duur en omkeerbaarheid van de effecten;
- het belang, de zeldzaamheid, de gevoeligheid of kwetsbaarheid van de milieufactoren die beïnvloed worden door het effect;
- de locatie van het voorgenomen initiatief, in relatie tot de beleidsdoelstellingen en juridische bepalingen die gelden voor de ontvangende omgeving (milieuprioriteiten);
- de mate waarin het bestuderen van een bepaald effect wezenlijk bijdraagt tot de beslissing die door de MEB wordt ondersteund.

2.2.1.2 Aanpak

De scoping werd in het kader van voorliggende milieueffectbeoordeling uitgevoerd met ondersteuning van volgende acties:

- Analyse van de voornaamste kenmerken van de sites van Doel en Tihange, en meer specifiek van de reactoren Doel 4 en Tihange 3 (en de bijhorende installaties), in het licht van de milieu-impact die er mee gepaard kan gaan;
- Analyse van de kwetsbaarheid van de omgeving;
- Raadpleging van eerder uitgevoerde milieueffectbeoordelingen voor beide sites, en van de scoping die daarin werd doorgevoerd;
- Organisatie van een scoping-workshop in aanwezigheid van de verschillende (radiologische en niet-radiologische) MER-deskundigen. De interactie die hierbij ontstond heeft geleid tot een bijkomend inzicht in de werking van de centrales en in de effecten die daarvan het gevolg kunnen zijn.

Op de selectie van mogelijk aanzienlijke effecten die op die manier werd vastgelegd wordt meer in detail ingegaan bij de bespreking van de verschillende thema's. Hieronder worden de resultaten van de scoping op hoofdlijnen toegelicht.

Besluit van deze oefening was dat bij de bespreking van de impact de nadruk moet liggen op de finale receptoren van die impact, namelijk enerzijds de menselijke gezondheid en anderzijds de biodiversiteit. Dit geldt zowel voor de radiologische als voor de niet-radiologische effecten.

2.2.1.3 Scoping op hoofdlijnen

Stap 1: analyse van de potentieel effectgenererende elementen

In een eerste stap van de scoping wordt afgebakend wat de aard is van de effecten die zich eventueel kunnen voordoen. Deze analyse vertrekt van een oplistijng van de voornaamste onderdelen en installaties van de centrales en beoordeelt vervolgens of de werking of aanwezigheid van deze onderdelen en installaties aanleiding kan geven tot milieueffecten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de kennis van de deskundigen op het vlak van oorzaak-effectrelaties, en wordt ook geput uit informatie beschikbaar in eerdere milieueffectrapporten of effectnota's (Doel: MER 2010, Screeningsnota 2015, MEB met betrekking tot de werken 2021; Tihange: MER project SF² 2018, MER project SF² 2019 en milieuverklaringen 2012 tot 2022).

Het resultaat van deze analyse wordt weergegeven in Tabel 6. De symbolen in deze tabel hebben de volgende betekenis:

- | | |
|-----|---|
| X | Effect kan voorkomen en is potentieel aanzienlijk; de focus van de beoordeling ligt op deze effecten. |
| (x) | Effect kan voorkomen maar is waarschijnlijk verwaarloosbaar |

In de tabel wordt een onderscheid gemaakt tussen de receptordisciplines (klimaat, biodiversiteit, mens en landschap) en de overige disciplines, die we hier hulpdisciplines noemen. Effecten van de centrales op de receptordisciplines verlopen vaak niet rechtstreeks, maar via de hulpdisciplines. Pompen en generatoren hebben bijvoorbeeld geen rechtstreekse impact op biodiversiteit, maar wel via het geluid en de luchtemissies die ze veroorzaken.

Tabel 6: Overzicht van de belangrijkste installaties en activiteiten van de Doel 4 en Tihange 3 en hun relatie tot potentiële milieueffecten.

Component	Hulpdisciplines					Receptordisciplines			
	Water	Bodem/grondwater	Lucht	Mobiliteit	Geluid	Klimaat	Biodiversiteit	Gezondheid	Landschap
1. Verwerking en lozing van afvalwater	X		(x)				X	(x)	
2. Koelwaterlozing	X						X		
3. Hemelwaterbeheer	X	(x)							
4. Koelwatercaptatie	X						X		
5. Koeltorens en koelcircuits	X		X		X	(x)		(x)	X
6. Stoomketels, generatoren en verwarmingsinstallatie			X		(x)	X	(x)	(x)	
7. Reactor, stoomturbines en alternator					(x)				
8. Transformatoren en hoogspanningsinfrastructuur		(x)			(x)		(x)	(x)	
9. Compressoren en pompen/pompstations					(x)		(x)		
10. Opslag niet-nucleair gevaarlijke stoffen		(x)	(x)						
11. Opslag niet-nucleair afval (olie, restafval, ...)		(x)	(x)						
12. Buitenverlichting							(x)		
13. Verkeer			(x)		(x)		(x)		

Voorliggende MEB heeft niet als bedoeling de volledige impacts van de Kerncentrales Doel en Tihange te beschrijven, maar enkel aan te geven wat het verschil is tussen de impacts in geval van enerzijds een desactivatie van Doel 4 en Tihange 3 in 2025, en anderzijds het verlengen van de levensduur ervan met 10 jaar na de heropstart. Dat maakt dat niet alle effecten gegenereerd door de kerncentrale relevant zijn voor deze MEB.

Effecten die *niet* uitsluitend toe te schrijven zijn aan de werking of de aanwezigheid van Doel 4 resp. Tihange 3 maken deel uit van de referentiesituatie van deze MEB; ze komen in beide gevallen voor en zijn dus niet bepalend voor het verschil tussen de situaties met of zonder levensduurverlenging van beide reactoren. Een voorbeeld hiervan zijn de ontmantelingsactiviteiten van de eerder gedesactiveerde reactoren op beide sites. Deze activiteiten (en de bijhorende effecten) vinden in elk geval plaats, los van het feit of de levensduur van Doel 4 en Tihange 3 al dan niet verlengd wordt. Ze zijn uiteraard wél mee bepalend voor de totale impact van de sites Doel en Tihange, maar niet voor het antwoord op de vraag wat specifiek de verschillen zijn tussen enerzijds de situatie waarbij Doel 4 en Tihange 3 nog in werking zijn en anderzijds de situatie waarbij dat niet het geval is.

Stap 2: selectie van thema's (disciplines) waarbinnen potentieel relevante effecten kunnen optreden

In deze stap wordt, op basis van Tabel 6, bepaald welke thema's in deze strategische milieueffectbeoordeling verder de nodige aandacht zullen moeten krijgen. In de praktijk zijn dit de thema's waarbinnen potentieel aanzienlijke effecten kunnen voorkomen die minstens deels kunnen toegeschreven worden aan de werking of de aanwezigheid van Doel 4 of Tihange 3.

Verder breiden we in deze stap de focus ook uit naar enkele zogenaamd 'vermeden' effecten van het Project; dit zijn effecten die zich niet voordoen bij levensduurverlenging, maar wel als Doel 4 en Tihange 3 worden gedesactiveerd. Verderop wordt hier dieper op ingegaan.

De scoping op hoofdlijnen op het niveau van de thema's wordt schematisch weergegeven in Figuur 9.

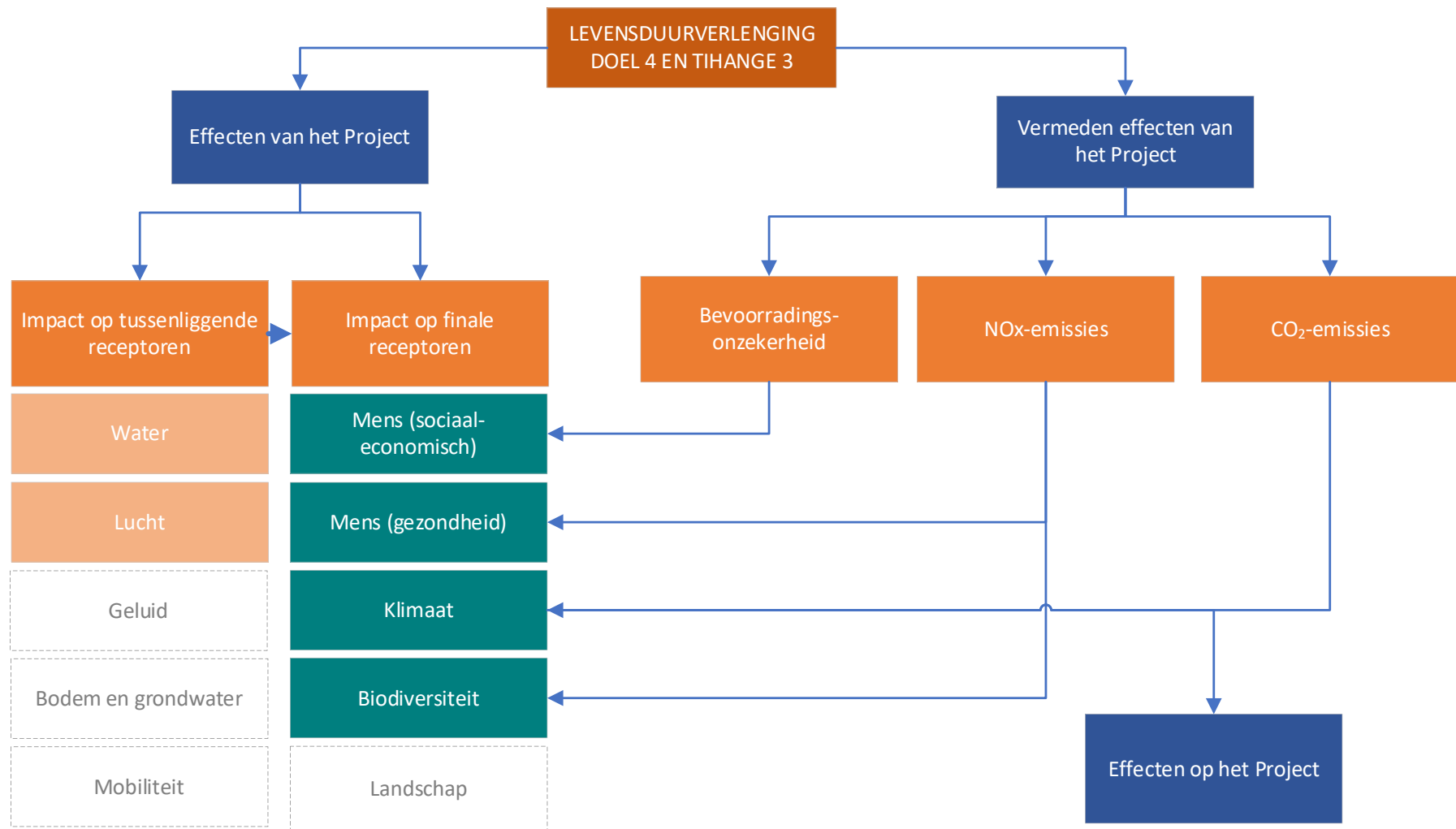
Zoals blijkt uit dit schema komen uit de scoping drie groepen van potentieel aanzienlijke effecten naar voor: - effecten van het Project, vermeden effecten van het Project en effecten op het Project.

Effecten van het Project

Het gaat hierbij om effecten die rechtstreeks toe te schrijven zijn aan het Project, i.e. aan de strategische beleidsbeslissing (en de bijhorende werken) die leidt tot de verlenging van de levensduur, met een periode van 10 jaar, van de eenheden Doel 4 en Tihange 3, en om de effecten van de werken die nodig zijn om deze levensduurverlenging mogelijk te maken. Zoals gezegd wordt bij de bespreking van de thema's nader geduid om welke effecten het precies gaat. We volgen hierbij een receptorgerichte benadering, waarbij we in de eerste plaats de effecten op biodiversiteit en op de menselijke gezondheid²² in beeld brengen. Om dat te kunnen doen is het echter belangrijk ook een inzicht te hebben in de effecten van de centrales op enerzijds de luchtkwaliteit en anderzijds het watersysteem. Ook de broeikasgasemissies komen in deze MEB aan bod, als rechtstreeks effect maar ook als "vermeden" effect.

Lucht, Oppervlaktewater, Biodiversiteit, Gezondheid en Klimaat zijn dus de vijf thema's (disciplines) waarvoor in deze MEB de directe effecten van het Project worden bepaald. Verderop in deze milieueffectbeoordeling wordt voor elk van deze thema's nader ingegaan op de verwachte effecten en bijhorende beoordelingscriteria.

²² Effecten op de gezondheid zijn in de eerste plaats (potentieel) relevant voor de radiologische effecten.



Figuur 9: Schematische voorstelling van de scoping op hoofdlijnen voor de milieueffectbeoordeling van de beleidsbeslissing tot levensuurverlenging van Doel 4 en Tihange 3.

Een aantal andere niet radiologische thema's worden in deze strategische milieueffectbeoordeling dus niet behandeld. In Tabel 7 wordt dit voor elk van deze thema's kort gemotiveerd.

Tabel 7: Overzicht van de thema's die niet bestudeerd worden in de strategische milieueffectrapportage, en bijhorende motivering.

Thema	Motivatie om dit thema niet te bestuderen in de milieueffectrapportage op strategisch niveau
Bodem	De inrichting is wettelijk gehouden tot een periodiek oriënterend bodemonderzoek omwille van de risico's van opslag van gevaarlijke stoffen in de inrichting. Die opslag gebeurt volgens de voorwaarden van Vlareml II voor Doel en van de vigerende milieuvergunning voor Tihange. Op basis van eerdere onderzoeken werden verschillende percelen op de site van Doel opgenomen in het register van verontreinigde gronden van OVAM, maar voor geen enkele verontreiniging bestaat er ernstige bedreiging voor mens of milieu, of werd een bodemsanering noodzakelijk geacht. Op de site van Tihange werden bepaalde percelen opgenomen in de Waalse bodemdatabase (Banque de Données de l'Etat des Sols). Sommige percelen werden onderzocht, en daarbij werden enkele verontreinigingen aangetroffen. De meeste verontreinigingen bleken echter geen ernstige bedreiging te vormen, en enkele andere werden gesaneerd. De opslag en behandeling van gevaarlijke stoffen in grote hoeveelheden (diesel, neutralisatieproducten, ...) houdt potentieel bepaalde risico's in op verontreiniging van bodem en grondwater. Een deel van die opslag is ook rechtstreeks gerelateerd aan Doel 4 en Tihange 3 (bv. een deel van de dieselopslag nodig om pompen te laten draaien bij wegvallen van de elektriciteitsvoorziening). Het langer open houden van Doel 4 en Tihange 3 verhoogt dus theoretisch de kans op een bijkomende bodemverontreiniging als gevolg van diffuse lekken of ongevallen. Aangezien op beide sites een aantal maatregelen werden genomen conform de respectieve milieuvergunningsreglementeringen (bv. inkuiping, lekdetectie, ...) kan echter gesteld worden dat de kans dat zich significante nieuwe bodemverontreiniging zou voordoen gedurende de bijkomende werkingsperiode van 10 jaar zeer gering is. De exploitatie van Doel 4 en Tihange 3 houdt ook de verharding in van het deel van de site dat ingenomen wordt door de installaties. Levensduurverlenging houdt in dat deze bodembedekking gedurende minstens 10 jaar bestendig wordt. Er kan echter aangenomen worden dat ook als de centrales in 2025 definitief zouden stilgelegd worden, de verharding niet zou verwijderd worden gedurende de tien daaropvolgende jaren, gezien de lange tijd die nodig is voor ontmanteling. De werkzaamheden die nodig zijn om de verlenging mogelijk te maken brengen van hun kant geen significante toename van de bodemverharding met zich mee.
Landschap	De landschappelijke impact van de kerncentrales van Doel en Tihange wordt in de eerste plaats bepaald door de hoge koeltorens en hun karakteristieke waterdamppluimen, en in mindere mate ook door de reactorgebouwen. Ook de hoogspanningsleidingen dragen bij aan de visuele impact. Rekening houdend met de duur van de ontmantelingsactiviteiten kan gesteld worden dat de landschappelijke impact van beide sites minstens tot 2037 aanzienlijk zal zijn, los van het feit of Doel 4 en Tihange 3 al dan niet stilgelegd worden. Het landschappelijk effect van eventuele bijkomende installaties die nodig zouden zijn om de verlenging mogelijk te maken kan als verwaarloosbaar beschouwd worden in vergelijking met de andere installaties op de site.
Grondwater	De kerncentrale van Doel gebruikt geen grondwater. Het al dan niet verlengen van de levensduur van Doel 4 heeft op dit vlak dus geen effect. De centrale van Tihange pompt grondwater op om de watervoorziening voor de koelcircuits te garanderen als andere waterbronnen zouden wegvallen. Het al dan niet uitstellen van de desactivatie van Tihange 3 maakt echter weinig of geen verschil, aangezien de grondwatervoorraden slechts in zeer uitzonderlijke omstandigheden worden aangesproken. De aanwezigheid van verschillende reeds bestaande gebouwen waarvan de funderingen en funderingspalen reiken tot op de diepte van de tertiaire sedimenten in Doel en het Maasalluvium in Tihange, en van diepwanden rond verschillende onderdelen van de centrale kan de natuurlijke grondwaterstroming wel verstoren. Deze situatie is echter niet fundamenteel verschillend in een situatie

	met of zonder levensduurverlenging, vermits de activiteiten op de site ook bij stopzetten van de elektriciteitsproductie nog vele jaren zullen doorgaan. Op het vlak van potentiële grondwatervervuiling kan in de eerste plaats verwezen worden naar de beschouwingen m.b.t. het thema Bodem (cf. supra), waaruit blijkt dat de kans op bijkomende bodem- (en dus grondwater-)vervuiling als gevolg van de opslag van vervuilende stoffen zeer klein is, gezien de maatregelen die in overeenstemming met de geldende regelgeving genomen worden. Een effect op de grondwaterbalans moet evenmin verwacht worden, vermits binnen de referentieperiode geen betekenisvolle verschillen in verharde oppervlakte verwacht worden tussen de situatie met en zonder uitstel van desactivatie.
Mobiliteit	De verkeersbewegingen als gevolg van de exploitatie van de sites van Doel en Tihange worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de voertuigen van het personeel en de onderaannemers van en naar de site. Ook binnen de sites zijn er voertuigbewegingen van het personeel. Daarnaast zijn er de transporten in functie van de bevoorrading en het onderhoud van de installaties (chemische stoffen, brandstof, vervangingsonderdelen, afvoer van afvalstoffen, ...). Het transport dat verbonden is aan de dagelijkse werking van de centrales gebeurt via de weg. In Doel verloopt het (zwaar) verkeer van en naar de kerncentrale via de Waaslandhaven, meer bepaald rondom het Deurganckdok en van daaruit naar de aansluiting met de R2 (en van daaruit hetzij naar de A12, de E34, de E17 of de R1). Daarbij worden geen woonkernen doorkruist. Op deze hoofdroute zijn uiteraard een aantal varianten, waarbij het verkeer zijn weg vindt door de polders, eventueel via Kieldrecht en via de N451 direct naar de aansluiting met de E34. Gemiddeld zijn er zo'n 1.700 personen aanwezig op de site (overdag) en kan die aanwezigheid gekoppeld worden aan zo'n 1.300 voertuigen, bij benadering op te splitsen in 900 personenwagens, 300 bestelwagens en 100 vrachtwagens. Bij grote werken/revisies neemt het aantal voertuigbewegingen toe. Verzadiging van het lokale wegennet naar de site van Doel treedt niet op. Druk verkeer in ochtend- en avondspits is echter wel mogelijk. De aanleg van de voorziene Westelijke Ontsluitingsweg van de Waaslandhaven, die tijdens de periode van levensduurverlenging van Doel 4 zal plaatsvinden, zal de ontsluiting van de site aanzienlijk verbeteren. Zelfs bij een toename van de voertuigbewegingen van en naar de site (wat niet verwacht wordt) zou er dus waarschijnlijk geen effect zijn op de vlotte afwikkeling van het verkeer. Het (zware) verkeer van en naar de site van Tihange verloopt via de N90, die rechtstreeks toegang heeft tot de site, en de N684, die de Maas oversteekt en aansluit op de E42 (afrit 15). Het gaat om brede wegen (3 tot 4 rijstroken) die zijn aangepast aan het verkeer van de kerncentrale. Gemiddeld zijn er (overdag) zo'n 1.200 mensen op de site aanwezig: 1.000 werknemers en 200 leveranciers, onderaannemers of bezoekers. Naar schatting bezoeken dagelijks gemiddeld 900 voertuigen de site, waarvan ongeveer 650 personenwagens, 200 bestelwagens en 50 vrachtwagens. Dit komt overeen met ongeveer 950 personenwagen-equivalenten per dag in elke richting. Bij grote werken/revisies neemt het aantal voertuigbewegingen toe. Aangezien het verkeer in de orde van grootte van 15.000 personenwagen-equivalenten per richting op de N90 en 12.500 personenwagen-equivalenten per richting op de N684 ligt, volgt hieruit dat het verkeer toe te schrijven aan de centrale van Tihange tussen 6 en 8 % van het verkeer op deze nationale wegen vertegenwoordigt. Verzadiging van het lokale wegennet naar de site van Tihange komt niet voor, al is druk verkeer in de ochtend- en avondspits wel mogelijk. De levensduurverlenging van Doel 4 en Tihange 3 doet het aantal voertuigbewegingen van en naar de site niet betekenisvol toe- of afnemen in vergelijking met de periode voor 2025. De ontmanteling van resp. Doel 1, 2 en 3 en van Tihange 1 en 2 zal doorgaan gedurende de volledige periode van de levensduurverlenging.
Geluid	Op de sites van beide kerncentrales zijn verschillende geluidsbronnen te onderscheiden die gezamenlijk de totale geluidsemissie van de exploitatie in open lucht vertegenwoordigen. Hierbij dient een onderscheid gemaakt te worden tussen bronnen die continu in werking zijn, en bronnen die slechts een beperkt gedeelte van de tijd (< 1 %) werkelijk in bedrijf zijn, zoals noodgroepen en noodkoelbanken. De tijdelijke bronnen worden enkel in noodsituaties in werking gesteld, maar worden om veiligheids- en onderhoudsredenen ook maandelijks getest. Uit het MER van 2010 bleek dat in Doel de twee koeltorens verantwoordelijk waren voor 55 % van het geluidsvermogen (vnl. het geluid van vallend water). De hulpkoeltorens (ventilatoren) vertegenwoordigen

	een 20 % en de openingen en wanden van machinezalen en reactorgebouwen nog eens 15 %. Gecumuleerd (i.e. voor de volledige site, met alle installaties in weking), leidt dit tot een overschrijding van de Vlare-m-richtwaarden, vooral ten oosten van de site. Tijdens de periode van levensduurverlenging zullen de aan Doel 4 gelinkte geluidsbronnen in werking blijven, maar de geluidsimpact van de site als geheel zal afnemen, vermoedelijk tot op een niveau dat normoverschrijdingen niet meer aan de orde zullen zijn. Uit het MER voor Tihange uitgevoerd in 2019 bleek dat de site voldoet aan de Waalse geluidsvoorschriften. Hier heeft de levensduurverlenging dus sowieso geen effect. Als de levensduurverlenging de bouw of exploitatie van enkele nieuwe installaties of gebouwen zou nodig maken wordt ervan uitgegaan dat deze in operationele fase geen significante toename van het geluid en van de bijhorende hinder voor de omwonenden zou veroorzaken. Deze aanname wordt bevestigd door het voorbeeld van het recente SF²-project in Tihange, dat geen significante impact op het geluidsniveau heeft gehad. Wel zullen door de ontmanteling van de andere op de sites aanwezige reactoren nieuwe geluidsbronnen ontstaan.
--	--

Vermeden effecten van het Project

Dit zijn effecten die zich niet voordoen als het Project wordt uitgevoerd, maar wel als het Project niet wordt uitgevoerd. Het zijn dus effecten die zich voordoen in de referentiesituatie. Vermits de omvang van een effect bepaald wordt door het verschil te maken tussen de projectsituatie en de referentiesituatie gaat het hierbij om negatieve of “vermeden” effecten.

Om een uitspraak te kunnen doen over de omvang van deze vermeden effecten is het nodig de referentiesituatie nader te definiëren in termen van de manier waarop de weggefallen productiecapaciteit over de periode van de levensduurverlenging zou zijn ingevuld. Dit is uiteraard een theoretische oefening, waarbij het niet de bedoeling is de effecten van verschillende (niet-gerealiseerde) energiemixen met elkaar te vergelijken²³.

Om deze oefening te vereenvoudigen is er in deze milieubeoordeling voor gekozen om, ten behoeve van de bepaling van de vermeden effecten, de invulling van de al dan niet weggefallen capaciteit te laten gebeuren volgens dezelfde verhoudingen als die binnen het huidige aandeel niet-nucleaire capaciteit. Gezien de grote onzekerheid over de manier waarop de eventueel weggefallen capaciteit van Doel 4 en Tihange 3 zou kunnen ingevuld worden (hernieuwbare energie, STEG of andere vormen van capaciteitsvergoeding, energiebesparing, invoer uit het buitenland, ...) is dit de meest voor de hand liggende terugvaloptie. Gezien de onduidelijkheid over de werkelijke invulling van de weggefallen capaciteit bestuderen we een aantal effecten die er mee kunnen samenhangen (maar die sterk afhangen van de aard en de locatie van de vervangingsinstallaties) niet. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om de effecten op landschap, luchtkwaliteit of waterkwaliteit.

Concreet beperken we de studie van de vermeden effecten specifiek tot:

- De vermeden emissies aan broeikasgassen (met doorwerking in de discipline Klimaat);
- De vermeden emissies aan NO_x (met doorwerking in de discipline Mens en Gezondheid).

Daarnaast nemen we ook de vermeden bevoorradingsonzekerheid in beschouwing. Het vermijden van deze onzekerheid is de doelstelling zelf van het plan, en in die zin dus geen neveneffect ervan. Niettemin is het goed een beeld te krijgen van de effecten op dit aspect als de levensduur van Doel 4 en Tihange 3 niet zou worden verlengd. De effecten van de bevoorradingsonzekerheid bekijken we in de eerste plaats in de context van het thema “Mens”.

Effecten op het Project

De “effecten op het Project” hebben specifiek betrekking op de gevolgen van de klimaatverandering op het plan. De verplichting om dit aspect mee op te nemen in de milieueffectbeoordeling volgt uit de wijzigingen aangebracht

²³ Een dergelijke oefening is wel gebeurd in de “Studie over de perspectieven van elektriciteitsbevoorrading tegen 2030” van de Federale Overheidsdienst Economie (2015)” en de bijhorende plan-MER.

aan de MEB-richtlijn 2011/92/EU door Richtlijn 2014/52/EU. Bijlage IV bij die richtlijn stelt immers dat een milieueffectbeoordeling onder meer een beschrijving moet bevatten van *het effect van het project op het klimaat* (bijvoorbeeld de aard en de omvang van emissies van broeikasgassen) en de *kwetsbaarheid van het project voor klimaatverandering*.

Het kan daarbij zowel om de integriteit of het functioneren van het Project gaan. Ook de rationale zelf van een project kan wijzigen als gevolg van klimaatverandering, en de in een MEB beschreven effecten van een project kunnen belangrijker of minder belangrijk worden bij een veranderend klimaat²⁴.

2.2.2 Algemeen beoordelingskader

De beoordeling gebeurt ten opzichte van de verschillende beleidsdoelstellingen binnen een bepaalde discipline/beleidsdomein. Voor elke beleidsdoelstelling doen we een van de volgende uitspraken:

1. Het Project draagt merkbaar bij aan het bereiken van de doelstelling -> score 'positief';
2. Het Project draagt niet merkbaar bij aan het bereiken van de doelstelling, maar gaat er ook niet merkbaar tegen in -> score 'neutraal';
3. Het Project werkt het bereiken van de doelstelling merkbaar tegen -> score 'negatief'.

Om te bepalen of het Project al dan niet bijdraagt aan het bereiken van een bepaalde doelstelling moeten bepaalde effecten onderzocht worden. Die kunnen al dan niet overeenstemmen met de 'klassieke' effecten uit bijvoorbeeld de richtlijnenboeken.

Bijvoorbeeld: als een doelstelling van het natuurbeleid geformuleerd zou kunnen worden als "behoud van soorten", dan moeten de verschillende effecten besproken worden die hier een invloed kunnen op hebben: ruimtebeslag, versnippering, verstoring, Die effecten worden enkel besproken en niet beoordeeld; de beoordeling gebeurt enkel op het niveau van de doelstellingen.

2.2.3 Specifieke beoordelingskaders

In elk van de disciplines die verderop in deze MEB behandeld worden, wordt meer in detail ingegaan op de effecten die zullen onderzocht worden en de beoordelingscriteria die daarbij gebruikt worden. Voor zover relevant wordt daarbij ook telkens aangegeven waaraan de resultaten van de effectbeschrijving zullen getoetst worden (toetsingskader).

2.2.4 Diepgang van de beoordeling

Zoals eerder aangegeven is de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de beleidsbeslissing om de levensduur van Doel 4 en Tihange 3 met 10 jaar te verlengen op een strategisch niveau gesitueerd²⁵. De benadering die hierbij gevolgd wordt is anders dan die van een milieueffectbeoordeling voor een uitvoeringsproject.

In de praktijk zijn er niet echt scherpe grenzen tussen wat we als een beoordeling op strategisch niveau dan wel als een beoordeling op projectniveau beschouwen. Er is eerder sprake van een geleidelijke overgang van strategisch tot operationeel denken. De sleutelementen en polariteiten van dit strategisch-operationeel continuüm worden grafisch voorgesteld in Figuur 10.

²⁴ Een klassiek voorbeeld hiervan is de mate waarin het effect van een lozing op een waterloop belangrijker zou worden als door klimaatgerelateerde droogte de gemiddelde afvoer van die waterloop zou wijzigen.

²⁵ De impact van de werken situeert zich wel op projectniveau, maar gezien deze impact de contouren van de site niet te buiten gaat en te vergelijken valt met de impact van eerdere onderhoudswerken, spelen die geen betekenisvolle rol bij de bepaling van de totale impact van het project

Het is duidelijk dat voorliggende milieueffectbeoordeling zich eerder aan de linkerzijde dan aan de rechterzijde van dit continuüm bevindt. Dit houdt onder meer in dat in deze MEB in de eerste plaats gebruik gemaakt wordt van bestaande gegevens, dat de effectbeschrijving en -beoordeling overwegend niet-kwantitatief zal zijn. Bovendien ligt de focus bij voorliggende (strategische) milieueffectbeoordeling op effecten waarvan de impact aanzienlijk kan zijn. Effecten met een naar verwachting slechts beperkte impact komen niet aan bod in deze milieueffectbeoordeling. Gezien de strategische aard van de beslissing die onderbouwd wordt door deze MEB is dit ook aanvaardbaar.

Project: uitstel van de desactivatie van Doel 4 en Tihange 3		
	Milieueffectbeoordeling van de beleidsbeslissing tot uitstel	Milieueffectbeoordeling van de bijhorende werken
Aard van de actie	Strategisch, conceptueel	Direct, operationeel
Schaal van de effecten	Grootschalig	Plaatselijk
Tijdschaal	Lange tot middellange termijn	Middellange tot korte termijn
Belangrijke gegevensbronnen	Bestaande gegevens uit bv. milieurapporten	Gegevens gebaseerd op veldwerk en projectdata
Type gegevens	Eerder kwalitatief	Eerder kwantitatief
Opties	Gebiedsbreed, technologisch, intermodaal	Specifieke locatie, ontwerp
Onzekerheid en onderbouwing	Meer onzeker	Meer onderbouwd

Figuur 10: Sleutelementen van het strategisch-operationeel continuüm van milieueffectrapportage^{iv}, toegepast op de milieueffectbeoordeling van het project.

2.3 Algemene methodologie voor de evaluatie van de nucleaire effecten, inclusief het radioactief afval en verbruikte splijstof

2.3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke nucleaire of radiologische milieuaspecten in relatie tot het Project beschouwd worden. In eerste instantie is dit de blootstelling aan ioniserende straling, enerzijds bij normale uitbating en anderzijds bij ongevalsituaties (nucleair incident of ongeval), en dit zowel voor de meest blootgestelde persoon (kritieke individu) als voor het milieu (fauna en flora). Verder worden ook de (potentiële) grensoverschrijdende effecten beschouwd. In tweede instantie wordt de impact van het Project op de hoeveelheden radioactief afval en verbruikte kernbrandstof beschouwd, meer bepaald de hoeveelheden radioactief afval geproduceerd tijdens de verlengde periode van industriële energieproductie (het Project), alsook de hoeveelheden afval verwacht bij de ontmanteling na definitieve stopzetting. Daar de methodologie om deze effecten te beschrijven identiek is voor Doel en Tihange, bespreken we deze gezamenlijk. De huidige situatie, de effecten bij verlenging van de eenheden Doel 4 en Tihange 3 voor 10 jaar na 2025 (het Project) en bij niet-verlenging (desactivatie of definitieve stopzetting) van Doel 4 en Tihange 3 in 2025 (het nulalternatief) zullen besproken worden in de specifieke delen voor Doel 4 en Tihange 3.

Om de effecten en de methodologie goed te kunnen duiden geven we eerst een overzicht van de basisconcepten radioactiviteit en straling, de effecten van straling op mens en milieu, radioactief afval en de blootstellingswegen aan straling.

2.3.2 Basisconcepten stralingsbescherming gebruikt in de beoordeling, inclusief de relevante wetgeving

Radioactiviteit is een eigenschap van bepaalde atomen waarbij deze spontaan energie in de vorm van straling uitzenden en waarbij ze veranderen – we noemen dat **radioactief verval** - tot een meer stabiele vorm, tot ze uiteindelijk stabiele atomen worden. De uitgezonden straling kan de vorm aannemen van deeltjes zoals elektronen, heliumkernen, neutronen, ...of van elektromagnetische straling (fotonen). Deze straling heeft veel energie en kan in wisselwerking met de materie waardoor ze beweegt atomen direct of indirect ioniseren en wordt daarom ook **ioniserende straling** genoemd.

Verschillende vormen van radioactief verval bestaan waarbij ook specifieke straling wordt uitgezonden. Zo zijn de belangrijkste **alfa-, bèta- en gamma verval**, waarbij respectievelijk alfa-, bèta- en gammastraling wordt uitgezonden. Een minder voorkomende vorm van radioactief verval is spontane splijting, hierbij splijt de kern in twee splijtingsproducten met vrijgave van een aantal neutronen, eveneens een vorm van ioniserende straling. Dit laatste proces vindt ook plaats in een kernreactor, maar wordt geïnduceerd door de aanwezige neutronen en we spreken dan van geïnduceerde kernsplijting (zie §1.2.1.2). Bij het verval van bepaalde atomen kan er een combinatie van deze verschillende vormen van radioactief verval optreden, waarbij dan ook een combinatie van de verschillende soorten straling wordt uitgezonden, m.a.w. een radioactieve bron bestaande uit slechts één enkele soort radioactieve atomen kan verschillende soorten straling met verschillende energieën uitzenden.

Intermezzo – opbouw atoom en notatie radionucliden

Alle materie is opgebouwd uit atomen, die op hun beurt bestaan uit een atoomkern en elektronen. De atoomkern zelf bevat een aantal protonen en neutronen. Protonen zijn positief geladen, elektronen negatief en neutronen zijn niet elektrisch geladen. Een neutraal atoom heeft een gelijk aantal protonen en elektronen. Het aantal protonen (atoomnummer Z) in de kern bepaalt het soort atoom, **het chemische element**. Elementen met een bepaald aantal protonen in de kern kunnen echter een verschillend aantal neutronen (N) hebben: dit noemen we **isotopen** van een bepaald element. Nucliden is de verzamelnaam van de verschillende mogelijke combinaties van protonen en neutronen in de kern en we benoemen deze met het chemische element (of de gebruikte afkorting hiervoor) gevolgd door het massagetal dat gelijk is aan het aantal kerndeeltjes (nucleonen: protonen en neutronen). Nucliden kunnen stabiel of radioactief zijn, in het laatste geval spreken we van **radionucliden**. Enkele voorbeelden:

- cesium-137 (of Cs-137, vaak ook ^{137}Cs) is een cesiumatoom met 137 kerndeeltjes (nucleonen). Daar cesium steeds 55 protonen in de kern heeft (atoomnummer), zal Cs-137 dus $137-55=82$ neutronen bevatten. Cs-137 is radioactief en verval. Cs-134 is een ander **isotoop** van het element cesium en is eveneens radioactief. Cs-133 daarentegen is een stabiele vorm van cesium, zelfs de enige stabiele vorm van het element cesium;
- waterstof-1 (of H-1, vaak ook ^1H) is de meest voorkomende stabiele vorm van waterstof, de kern bestaat enkel uit een proton. Deuterium (waterstof-2, H-2 of ^2H) is ook stabiel, en ongeveer 0,01 % van alle waterstof is deuterium, het bevat 1 proton en 1 neutron in de kern. Tritium (waterstof-3, H-3 of ^3H) is nog steeds een vorm van waterstof maar nu met 2 neutronen in de kern en is radioactief. Specifiek voor waterstof hebben de verschillende isotopen een naam: waterstof, deuterium en tritium;
- technetium-99m (Tc-99m of $^{99\text{m}}\text{Tc}$) is een technetium atoom met 99 kerndeeltjes, het is radioactief. De "m" slaat op het feit dat de technetium-99 kern zich in een hoger energetische toestand bevindt (we noemen dit een aangeslagen nucleaire toestand). Tc-99m verval naar de grondtoestand van Tc-99 dat zelf ook radioactief is, dus Tc-99m en Tc-99 slaan op twee verschillende nucleaire toestanden van hetzelfde isotoop die beide op een andere manier vervallen.

Een **radioactieve bron** is een verzameling van radioactieve atomen, dit kunnen allemaal dezelfde radionucliden zijn (bv. Cs-137) of een mengsel van verschillende radionucliden (bv. Cs-137 en Cs-134).

De **activiteit** van een radioactieve bron is het aantal radioactieve atomen dat vervalst per seconde. De eenheid is de becquerel (Bq). 1 becquerel komt overeen met 1 radioactief atoom dat vervalst per seconde. De becquerel is een kleine eenheid. Zwakke radioactieve bronnen, bv. voor het testen van een toestel dat straling meet, hebben meestal al een activiteit van enkele duizenden becquerel (enkele kBq). Een overzicht van de activiteit van een aantal radioactieve bronnen kan gevonden worden in Tabel 8.

Tabel 8: Voorbeelden van de activiteit van een aantal radioactieve bronnen, in toenemende sterkte. De gebruikte voorvoegsels (k, M, G, T, P) kunnen verder in de tekst teruggevonden worden.

Radioactiviteit in zeewater	12 Bq/liter
Radioactiviteit in aardappelen	160 Bq/kg
K-40 aanwezig in menselijk lichaam	3 kBq
Totale activiteit in het menselijk lichaam (K-40, H-3, C-14, Ra-226, ...)	8,5 kBq
Lozing radioactief I-131 naar de lucht door KC Doel en CN Tihange samen per jaar– gemiddelde in periode [2016-2020]	30 MBq
Tc-99m gebruikt in botsintigrafie voor diagnose/patiënt	740 MBq
I-131 gebruikt voor behandeling schildklierkanker/patiënt	2 GBq
1 miljoen ton uranium erts	720 TBq
Cs-137 vrijgezet naar atmosfeer bij Fukushima ongeval (2011)	6 tot 20 PBq
Cs-137 vrijgezet naar atmosfeer bij Tsjernobyl ongeval (1986)	85 PBq
Totale hoeveelheid Cs-137 vrijgezet bij bovengrondse atoombomproeven (vnl. in periode 1950-1965)	948 PBq

Radioactieve atomen kunnen ook gemengd zijn met niet radioactief materiaal, bv. bij een lozing van radioactiviteit in water, zal dat water dus een bepaalde activiteit bevatten per liter water (Bq/l). Analoog kan radioactiviteit aanwezig zijn in bv. voedsel (Bq/kg), in de lucht (Bq/m³) of afgezet op de grond (Bq/m²).

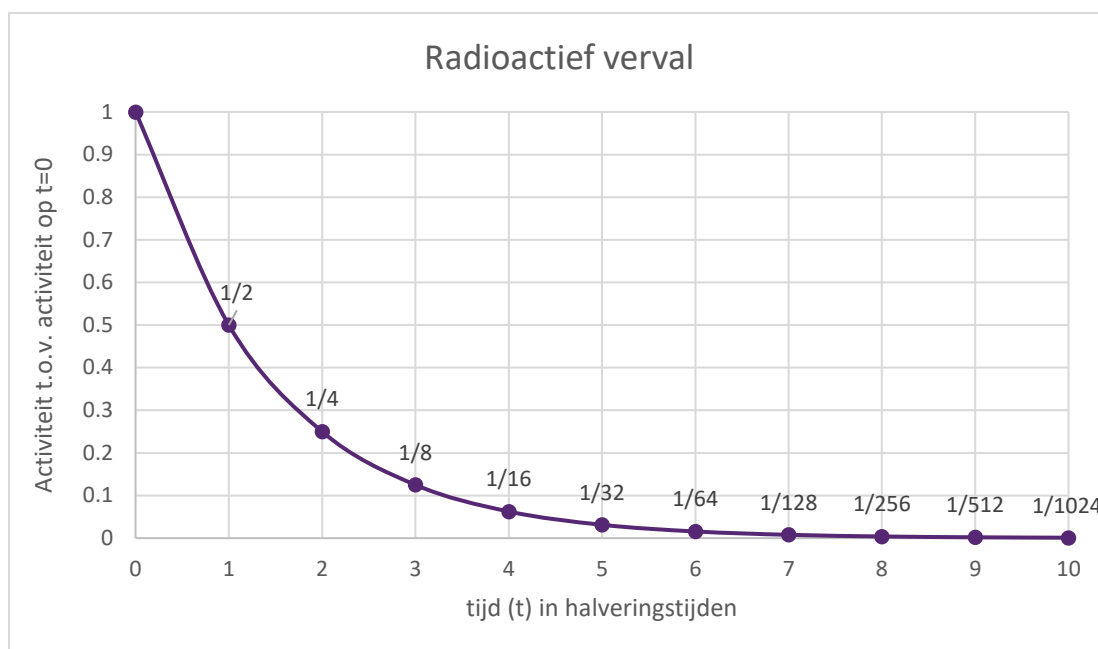
Intermezzo – gebruik van voorvoegsels

Voor specifieke grootheden in de beoordeling van de radiologische effecten zoals activiteit en dosis wordt gebruik gemaakt van standaard voorvoegsels om heel grote en heel kleine waarden weer te geven in de standaard gebruikte eenheden.

Prefix		Basis 10	Decimaal
Naam	Symbool		
pèta	P	10^{15}	1.000.000.000.000.000
tera	T	10^{12}	1.000.000.000.000
giga	G	10^9	1.000.000.000
mega	M	10^6	1.000.000
kilo	k	10^3	1.000
		10^0	1
milli	m	10^{-3}	0,001
micro	μ	10^{-6}	0,000001
nano	n	10^{-9}	0,000000001
pico	p	10^{-12}	0,000000000001
femto	f	10^{-15}	0,000000000000001

Voorbeelden zijn: GBq (gigabecquerel), PBq (pètabecquerel), μ Sv (microsievert), nSv/h (nanosievert per uur), ... maar natuurlijk ook gebruikt in andere domeinen, denk aan MW (megawatt), kWh (kilowattuur), ...

De activiteit van een bron van een specifiek radionuclide is evenredig met het aantal radioactieve atomen dat deze bron bevat, de evenredigheidsconstante is specifiek voor elk radionuclide. Dit impliceert dat de activiteit van een bron van een welbepaald radionuclide exponentieel afneemt in functie van de tijd. De tijd waarop de activiteit gehalveerd is noemt men de **halveringstijd** en deze is dus radionuclide-specifiek en kan gaan van minder dan een milliseconde tot miljarden jaren. Zo heeft Tc-99m een halveringstijd ($T_{1/2}$) van 6,0072 uur, I-131 (jodium 131) 8,0252 dagen, tritium 12,312 jaar en Cs-137 30,05 jaar. Halveringstijden zijn radionuclide-specifiek en in heel grote mate constant, het is echter niet dat factoren als bv. druk, chemische omgeving geen effect hebben op halveringstijden van radionucliden, maar deze effecten zijn bijzonder klein. Een radioactieve bron zal dus enkel met de tijd afnemen in sterkte zoals aangeven in onderstaande figuur. Na één halveringstijd zal de activiteit gedaald zijn tot de helft ($1/2$) van de oorspronkelijke activiteit. Na 2 halveringstijden tot een kwart ($1/4$), enz.... Na 10 halveringstijden is de activiteit minder dan $1/1.000$ van de oorspronkelijke activiteit. Naast radioactief verval is er in principe ook de mogelijkheid om via kernreacties een radionuclide in een ander (meestal ook radioactief) nuclide om te zetten. Dat noemen we transmutatie.



Figuur 11: Exponentiële afname in activiteit van een radioactieve bron met de tijd (tijd is weergegeven in halveringstijd ofwel de tijd nodig om de activiteit van een radioactieve bron te doen afnemen met de helft).

Radioactiviteit is een natuurlijk verschijnsel en alles rondom ons is in meer of mindere mate radioactief, we onderscheiden daarom **natuurlijke radioactiviteit** en **kunstmatige of artificiële radioactiviteit**.

Natuurlijke radioactiviteit wordt veroorzaakt door een reeks natuurlijk voorkomende radionucliden. Het belangrijkste deel hiervan is sinds het ontstaan van de aarde aanwezig, we noemen ze primordiale radionucliden. Dit zijn *langlevende radionucliden*, de belangrijkste zijn kalium-40 (K-40), uranium-238 (U-238) en thorium-232 (Th-232). Kalium-40 vervalt meteen naar stabiele atomen, maar U-238 en Th-232 vervallen via een hele reeks opeenvolgende radionucliden tot ze stabiel lood vormen: dit zijn de natuurlijke vervalreeksen (uranium- en thoriumreeks) en ze bevatten radioactieve elementen zoals radium-226 (Ra-226) en radon (Rn-222 en Rn-220, dit laatste wordt ook thoron genoemd omdat het voorkomt in de thoriumreeks). Deze radionucliden zijn dan ook wereldwijd aanwezig, met belangrijke natuurlijke variaties. Andere natuurlijke radionucliden worden constant geproduceerd door de kosmische straling (kosmogene radionucliden) die ons vanuit de ruimte bereikt en via kernreacties aanleiding geeft tot natuurlijke radionucliden zoals tritium (H-3) en koolstof-14 (C-14). Deze laatste twee radionucliden ontstaan ook op kunstmatige wijze bij de werking van een kernreactor.

Kunstmatige of artificiële radioactiviteit is het gevolg van radionucliden gemaakt door de mens. Verschillende bronnen van artificiële radionucliden bestaan, gaande van atoombomproeven, de werking van kernreactoren en deeltjesversnellers, het medische gebruik van radionucliden, ... Sommige artificiële radionucliden komen (bijna) niet natuurlijk voor en zijn dus bijna uitsluitend afkomstig van menselijke activiteit (bv. jodium-131); andere radionucliden, zoals tritium en C-14, komen zowel natuurlijk als kunstmatig voor.

Blootstelling aan ioniserende straling van radioactieve bronnen kan op verschillende manieren:

- men kan bestraald worden door een radioactieve bron die zich op afstand bevindt, we noemen dat **externe bestraling of blootstelling**. Gammastraling en neutronenstraling vormen de voornaamste bronnen van externe bestraling;
- men kan **besmet of gecontamineerd** zijn met radioactieve deeltjes, dit kan:
 - uitwendig: enkel (een deel van) de huid is besmet;

- inwendig door bv. het inademen van radioactieve deeltjes, ingestie van besmet voedsel of opname via wonden bij uitwendige besmetting of in medische context bij toediening van een radioactieve bron voor diagnose of behandeling.

Een besmet persoon (in- of uitwendig of beide) zal automatisch ook bestraald worden. Deze verschillende blootstellingswegen geven aanleiding tot een andere radiologische impact en worden in een radiologische impactanalyse altijd in rekening genomen.

In het algemeen wordt men niet besmet door externe bestraling: enkel externe bestraling met neutronen (en heel hoog energetische gamma of X-straling welke in deze context niet van toepassing is) kan aanleiding geven tot activatie, hierbij ontstaan radioactieve atomen via kernreacties van stabiele atomen met neutronen. Een voorbeeld hiervan is de vorming van het radioactieve tritium door neutronabsorptie bij interactie met het stabiele deuterium. Een ander voorbeeld is dat beperkte hoeveelheden van het stabiele kobalt-59 (Co-59) aanwezig in het reactorvat neutronen absorberen en zo radioactief Co-60 laten ontstaan.

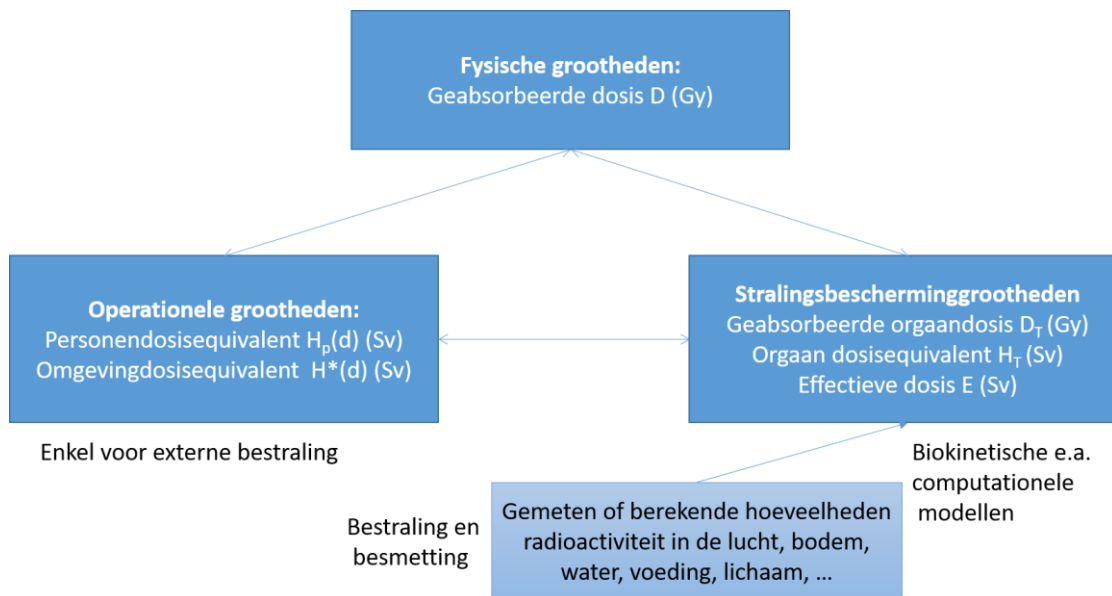
Alfastraling (α straling) uitgezonden in alfa-verval bestaat uit He-4 kernen, deze geven al hun energie af over een zeer korte afstand (centimeters in lucht, micrometers in weefsel) zodat ze geen of zeer beperkt gevaar vormen voor externe bestraling, maar zeer gevaarlijk kunnen zijn (weefselschade) indien men inwendig besmet is.

Bètastraling (β straling) uitgezonden in bètaverval bestaat uit elektronen of positronen en deze geven hun energie af over een beperkte afstand (meters in lucht, millimeters in water of weefsel) en kunnen dus een extern stralingsprobleem vormen, maar ook een probleem bij uitwendige of inwendige besmetting. Omdat deze deeltjes hun energie afgeven over een grotere afstand/volume zijn ze minder gevaarlijk dan alfa-stralers bij inwendige besmetting.

Gammastraling (γ straling) is een vorm van elektromagnetische straling (zoals licht maar met een veel kleinere golflengte of hogere frequentie) uitgezonden in gamma-verval. Gammastraling vindt vaak plaats na alfa-verval of bètaverval en heeft een lange dracht (honderden meters in lucht, tientallen centimeter in weefsel) en is dus belangrijk zowel bij externe bestraling als bij besmetting.

Neutronen uitgezonden bij spontane of geïnduceerde kernsplijting of andere kernreacties, hebben een lange dracht, specifieke materialen zijn vereist voor afscherming en ze zijn vnl. belangrijk bij externe bestraling

Het effect of de impact van ioniserende straling wordt beschreven met het concept **dosis**. Er zijn echter verschillende dosimetrische grootheden: de fysische grootheden, de grootheden gebruikt in de stralingsbescherming en de operationele grootheden (gebruikt in praktische opvolging, bv. door middel van metingen). Vaak worden deze door elkaar gebruikt, toch is het belangrijk ze te onderscheiden, zie Figuur 12. We bespreken hier de belangrijkste dosimetrische grootheden in het kader van de beoordeling van de radiologische effecten op de mens.



Figuur 12: Overzicht van de verschillende dosis-grootheden met hun symbool en eenheid (zie tekst voor een verdere bespreking).

Geabsorbeerde dosis is de hoeveelheid energie geabsorbeerd per hoeveelheid massa: $D = \frac{dE}{dm}$ en wordt uitgedrukt in gray, wat overeenkomt met 1 joule (eenheid van energie) per kilogram, of $1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$. De gray is een grote eenheid: bij een volledige externe lichaamsbestraling met gammastraling in korte tijd met 4 à 5 Gy (dus 4 à 5 joule per kilogram) heeft de bestraalde persoon maar 50 % kans op overleven (lethale dosis) zonder medische behandeling. De persoon zal bij deze dosis dus stralingssymptomen vertonen, ook deterministische effecten genaamd, of volgens de meest recente terminologie aangeduid met weefselreacties. Geabsorbeerde dosis wordt dan ook gebruikt voor het beschrijven van deze weefselreacties. Deze effecten treden op vanaf een bepaalde drempeldosis, voorbeelden zijn het rood worden van de huid en beschadiging van de darmcellen. Geabsorbeerde dosis kan zowel voor een bepaald deel van het lichaam gebruikt worden (weefsel of bepaald orgaan), dit wordt dan vaak aangeduid met D_T (met T van het Engelse tissue), alsook voor de bestraling van voorwerpen, planten en dieren. Deterministische effecten of weefselreacties willen we te allen tijde vermijden.

Equivalentente dosis is de geabsorbeerde dosis gewogen voor de soort straling om het biologische effect van de soort straling in rekening te brengen. Bij eenzelfde geabsorbeerde dosis zal alfastraling veel meer schade aanrichten dan bèta- of gammastraling. Ook neutronen geven in het algemeen een groter biologisch effect. De equivalentente dosis is dan, voor een bepaald orgaan of weefsel, gedefinieerd als:

$$H_T = \sum_R w_R D_T$$

met w_R een wegingsfactor voor het type straling (de R staat hier voor het Engelse 'Radiation') die het biologische effect van de soort straling beschrijft: $w_R = 20$ voor alfa straling, $w_R = 1$ voor bèta en gamma straling en w_R voor neutronen is afhankelijk van hun energie^v. De equivalentente dosis wordt uitgedrukt in sievert (Sv) en is opnieuw een grote eenheid.

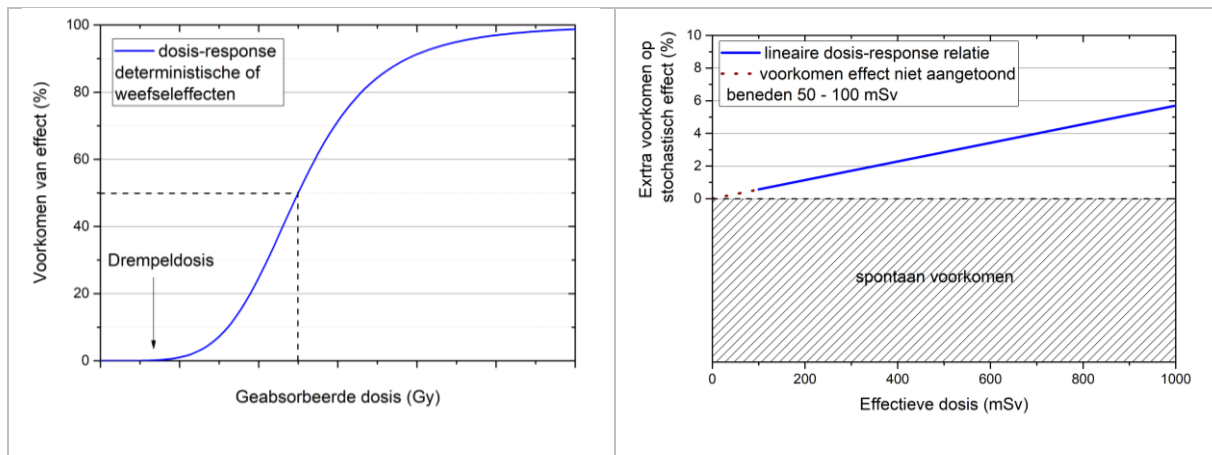
Effectieve dosis is de equivalentente dosis gewogen voor de gevoeligheid van de verschillende organen.

$$E = \sum_T w_T H_i$$

Deze wegingsfactor is weefsel/orgaan afhankelijk. De meest recente wegingsfactoren kunnen gevonden worden in het KB van 19 augustus 2020 tot wijziging van het koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende

stralingen. De wegingsfactoren zijn belang voor het bepalen van het risico op stochastische effecten en bijgevolg is effectieve dosis steeds gerelateerd aan een schatting van de kans op stochastische stralingseffecten, met name de inductie van (dodelijke) kanker en genetische effecten. Dit is de belangrijkste grootheid in de stralingsbescherming en laat toe om verschillende blootstellingen/blootstellingssituaties met elkaar te vergelijken. Ook zijn dosislimieten of referentieniveaus vaak als effectieve dosis gedefinieerd (zie verder).

Weefselreacties (of deterministische effecten) treden enkel op als een bepaalde drempeldosis overschreden is. Beneden deze drempeldosis treedt het effect niet op. De drempeldosis is voor verschillende stralingseffecten verschillend maar ligt voor het optreden van klinische effecten typisch boven 1 Gy, dosissen die in elk geval moeten vermeden worden en enkel in zeer ernstige bestralingsongevallen overschreden worden. Daarnaast zijn er **stochastische effecten**, met name het risico op kanker en genetische effecten, die reeds bij lagere dosissen kunnen optreden. Uit epidemiologische studies weten we dat het voorkomen hiervan lineair toeneemt met de effectieve dosis. Bij lage dosissen is het voorkomen van stochastische effecten bijgevolg klein en is het niet meer te onderscheiden van het spontaan voorkomen (zonder blootstelling aan straling). In de stralingsbescherming gaan we uit voorzorg uit van een lineair verband tot zeer lage dosissen zonder een drempeldosis te beschouwen (Linear non-threshold of LNT-benadering). In de radiologische milieueffectbeoordeling zoals hier uitgevoerd voor de normale werking van de kernreactoren zoals Doel 4 en Tihange 3 en zelfs in een belangrijk aantal mogelijke ongevalsscenario's zitten we in dit gebied van effectieve dosissen (vaak heel ver) beneden 50-100 mSv, waar stralingseffecten nooit epidemiologisch vastgesteld zijn.



Figuur 13: Schematische dosis-respons relaties voor weefselreacties (links) en voor stochastische effecten (rechts). Weefselreacties treden op vanaf een bepaalde drempeldosis. Daarna neemt het voorkomen snel toe totdat het bij iedereen zal optreden. Het voorkomen van stochastische effecten vertoont een lineair verband met de dosis waaraan men is blootgesteld. Bij lage dosissen (beneden 50-100 mSv effectieve dosis) is dit echter nooit aangetoond en wordt vanuit het voorzorgsprincipe een lineaire extrapolatie aangenomen. Hier wordt het totaal voorkomen van stochastische effecten (kanker en genetische effecten) voor een persoon uit het publiek bij laag dosistempo getoond, waarbij bij 1 Sv effectieve dosis 5,7 % extra voorkomen (bovenop spontaan voorkomen dat veel waarschijnlijker is) van stochastische effecten wordt verwacht.

Tabel 9: Kans op stochastische effecten door blootstelling aan straling boven de natuurlijke achtergrond in percent bij een blootstelling aan een effectieve dosis van 1 Sv bij laag dosistempo (Op basis van voorzorgsprincipe, volgens de 'lineair non-threshold' benadering, geeft een blootstelling van 1 mSv boven natuurlijke blootstelling dus 1/1.000 van onderstaande waarden).

	Kanker	Erfelijke aandoeningen	Totaal
Werknemers	4,1 %/Sv	0,1 %/Sv	4,2 %/Sv
Bevolking	5,5 %/Sv	0,2 %/Sv	5,7 %/Sv

De effectieve dosis laat toe om verschillende blootstellingen en dus hun risico te vergelijken. In Tabel 10 wordt de effectieve dosis gegeven voor een gemiddelde Belg per jaar (voor 2015), waar de bijdrage voor verschillende vormen van blootstelling gegeven is.

Tabel 10: Effectieve dosisbelasting gemiddelde Belg in 2015^{vi}.

Dosisbelasting per caput in 2015	mSv/jaar
Kosmos (kosmische straling, kosmogene radionucliden, vliegereizen, verblijven op grotere hoogte)	0,35
Aardstraling (externe straling natuurlijke radioactiviteit in bodem)	0,40
Inhalatie van natuurlijke radionucliden (radon, thoron en vervalproducten)	1,40
Ingestie van natuurlijke radionucliden (alle natuurlijke radioactiviteit in voedsel en drinkwater)	0,29
Industriële toepassingen (lozingen, ...)	<0,01
Medische toepassingen (röntgenfoto, CT, SPECT, PET, ...)	1,53
Totaal (gemiddeld)	3,98

Er dient opgemerkt te worden dat er enerzijds geografische verschillen zijn in aardstraling ten gevolge van radon/thoron, met in het zuiden van het land en dan vnl. in de Ardennen een hogere stralingsbelasting door een hogere concentratie van primordiale radionucliden in de bodem en daaraan gekoppeld hogere radon en thoron concentraties. Zo bedraagt de combinatie van kosmische en aardstraling in de omgeving van Doel 0,70-0,75 mSv/jaar, en in de omgeving van Tihange 0,90-0,95 mSv/jaar. Anderzijds zijn er natuurlijk ook individuele verschillen, vnl. door een verschillende medische blootstelling, en verder door verschillen in frequentie van vliegereizen, dieet, ... We kunnen verder een opsplitsing maken tussen natuurlijke blootstelling (kosmische en aardstraling, inhalatie en ingestie van natuurlijke nucliden) en kunstmatige blootstelling (industriële toepassingen en medische blootstelling) en deze bedragen respectievelijk voor een gemiddelde Belg 2,44 mSv/jaar en 1,54 mSv/jaar. Ter vergelijking met andere Europese landen: de laagste blootstelling aan natuurlijke straling vinden we in Nederland (1,48 mSv/jaar) en de hoogste blootstelling aan natuurlijke straling in Finland (6,16 mSv/jaar). Het Europese gemiddelde aan natuurlijk blootstelling is 3,20 mSv/jaar. Er zijn ook belangrijke verschillen in kunstmatige blootstelling tussen verschillende Europese landen, met name deze door medische handelingen. Hiervoor zitten de Belgische blootstellingswaarden aan de hoge kant van het spectrum in vergelijking met de medische blootstellingen in de verschillende andere Europese landen, maar volgen wel een licht dalende trend.

Naast de geabsorbeerde, equivalente en effectieve dosis zijn er een aantal operationele dosimetrische grootheden zoals **personendosisequivalent $H_p(d)$** , een grootheid gebruikt in de personendosimetrie en **omgevingsdosisequivalent $H^*(d)$** , gebruikt in omgevingsmetingen van de stralingsdosis en waarbij de d slaat op de diepte waarop deze geëvalueerd wordt en standaard gelijk is aan 10 mm.

Voor dosimetrische grootheden kunnen we naast de totale dosis ook de dosis per tijdseenheid bekijken, nl. het dosistempo (bv. het omgevingsdosisequivalenttempo zoals gemeten door een actieve stralingsdetector, kortweg dosistempo genoemd).

In de **stralingsbescherming** (ICRP103^{vii}) wordt onderscheid gemaakt tussen 3 mogelijke blootstellingssituaties, die ook in de Richtlijn 2013/59/EURATOM en de Belgische wetgeving werden ingevoerd:

- geplande blootstellingen, zoals de uitbating van een kerncentrale, en in het bijzonder Doel 4 en Tihange 3 met alle activiteiten die daarbij komen kijken hoort tot deze categorie;
- bestaande blootstellingssituaties, een blootstellingssituatie die al bestaat op het ogenblik dat een beslissing over de controle ervan moet worden genomen en waarvoor de toepassing van dringende maatregelen niet of niet langer vereist is; bv. een historische besmetting te wijten aan activiteiten uit het verleden waarbij bv. andere lozingslimieten van kracht waren;
- blootstelling in noodsituaties (zie specifiek ook Nucleaire Noodplanning).

Het **stralingsbeschermingssysteem** berust op volgende 3 belangrijke pijlers:

- rechtvaardiging (justificatie);
- dosioptimalisatie;
- dosisbeperking

voor alle situaties waarin blootstelling kan optreden.

Rechtvaardiging, geplande blootstellingen zijn gerechtvaardigd wanneer zij kunnen waarborgen dat de voordelen die zij op individueel gebied of voor de gemeenschap inhouden, opwegen tegen de gezondheidsschade die zij kunnen veroorzaken. De vergunning vormt het bewijs van de rechtvaardiging (KB 19/08/2020).

Dosioptimalisatie, eist dat de blootstelling van personen wordt geoptimaliseerd om de individuele doses, de waarschijnlijkheid van blootstelling en het aantal blootgestelde personen zo laag als redelijkerwijze mogelijk te houden. Deze pijler wordt praktisch gerealiseerd door de tijd bij de stralingsbron te beperken, de afstand tot de stralingsbron te maximaliseren en het afschermen van de stralingsbron/verspreiding te vermijden of beperken.

Dosisbeperking - Dosislimieten²⁶ zijn gedefinieerd voor geplande blootstellingen en zijn vastgelegd via KB. De meest recente dosislimieten zijn te vinden in het KB van 19 augustus 2020^{viii} en worden gegeven in Tabel 11. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen personen van het publiek en beroepshalve blootgestelde personen (bv. personen die in het nucleaire gedeelte van een kerncentrale werken).

²⁶ Dosislimieten hebben betrekking op de gecombineerde blootstelling ten gevolge van alle handelingen die een verhoging van de ontvangen dosis kunnen veroorzaken, terwijl dosisbeperkingen betrekking hebben op de blootstelling ten gevolge van één bepaalde handeling.

Tabel 11: Dosislimieten^{ix}.

Dosislimieten		Publiek	Beroepshalve blootgestelde personen (*)	Leerlingen en studenten (16 - 18 jaar)
Effectieve dosis (E)		1 mSv per jaar 1 mSv tijdens de zwangerschap	20 mSv per 12 operevolgende glijdende maanden	6 mSv per jaar
Equivalente doses (H)	Ooglens	15 mSv per jaar	20 mSv per 12 operevolgende glijdende maanden	15 mSv per jaar
	Huid (gemiddelde dosis over een oppervlakte van 1 cm ²)	50 mSv per jaar	500 mSv per 12 operevolgende glijdende maanden	150 mSv per jaar
	Handen, voorarmen, voeten en enkels	Niet van toepassing	500 mSv per 12 operevolgende glijdende maanden	150 mSv per jaar

(*) Een werknemer wordt als een beroepshalve blootgestelde persoon beschouwd wanneer er een risico bestaat dat een van de dosislimieten die voor het publiek werden vastgelegd, kan worden overschreden.

De dosislimiet van 1 mSv/jaar effectieve dosis voor het publiek, evenals de andere dosislimieten, moeten we begrijpen als de bijkomende dosis ten gevolge van menselijke activiteiten naast de dosis van natuurlijke blootstelling en dosissen ontvangen in de context van een medische diagnose of behandeling. De gemiddelde Belg ontvangt echter minder dan 1 % van deze dosislimiet (<0,01 mSv/jaar) als gevolg van industriële nucleaire en radiologische toepassingen, waaronder de kerncentrales voor energieproductie.

Voor de evaluatie van de radiologische effecten op de mens worden de stralingsbeschermingsgrootheden gebruikt zoals hierboven beschreven. Bij normale uitbating zijn de dosissen zo klein dat enkel stochastische effecten moeten beschouwd worden. Er worden zodoende effectieve dosissen berekend en vergeleken met de limiet van 1 mSv/jaar voor het publiek. Voor ongevalsituaties is het opzet om te allen tijde weefselreacties te vermijden (zie methodologie ongevallen) en zijn de effectieve dosis evenals de equivalente schildklierdosis de grootheden die in het algemeen geëvalueerd worden.

Een belangrijke kanttekening hierbij is dat de berekeningen van de effectieve dosis en ook orgaandosisen, zoals de schildklierdosis, afhankelijk zijn van de leeftijd en dat de evaluatie steeds uitgevoerd wordt voor een kritiek individu, d.w.z. de meest gevoelige leeftijdscategorie²⁷ en voor de meest blootgestelde persoon uit die categorie. Betreffende de meest blootgestelde persoon zijn de veronderstellingen dat (i) het individu zich permanent op eenzelfde locatie bevindt met de hoogste concentratie aan radioactiviteit; (ii) zich in belangrijke mate voedt met producten uit de tuin met de hoogste depositie en (iii) zich voedt met producten uit de lokale landbouw, jacht en visvangst. Betreffende de leeftijdscategorie is de blootstelling naast de aanwezige radioactiviteit ook afhankelijk van het dieet, ademhalingsvolume per tijdseenheid, biokinetische processen en de gevoeligheid voor ioniserende straling. Volgende leeftijdscategorieën worden beschouwd:

²⁷ Dit is niet in elke bestralingssituatie dezelfde, het is goed mogelijk dat voor een bepaalde blootstelling jonge kinderen het gevoeligst zijn en voor een andere blootstelling tieners of volwassenen, omdat de dosisimpact niet enkel afhankelijk is van de gevoeligheid van weefsel voor straling maar ook aan factoren als dieet, ademhalingsvolume per tijd, etc ...

- Baby's: leeftijd <1 jaar;
- Kinderen met leeftijd tussen 1-2 jaar;
- Kinderen met leeftijd tussen 2-7 jaar;
- Kinderen met leeftijd tussen 7-12 jaar;
- Kinderen met leeftijd tussen 12-17 jaar;
- Volwassenen: leeftijd > 17 jaar.

Radioactiviteit die via ademhaling of voeding in het lichaam terechtkomt, kan, afhankelijk van fysische en biologische eigenschappen, het individu voor langere tijd blootstellen aan straling. Sommige radioactieve elementen zullen door radioactief verval en/of door biokinetische factoren snel uit het lichaam verdwijnen, andere kunnen voor tientallen jaren in het lichaam aanwezig blijven. Bij de berekening van de equivalente orgaandosis (zoals de schildklierdosis) en de effectieve dosis wordt dit als volgt in rekening gebracht voor een éénmalige inwendige besmetting via inademing of ingestie de totale dosis die de persoon oploopt ten gevolge van deze inwendige besmetting wordt over een periode van 50 jaar vanaf de besmetting beschouwd voor volwassenen en tot de leeftijd van 70 jaar voor de andere leeftijdscategorieën (kinderen en baby's). Dit wordt de **volgdosis** genoemd (Committed equivalent dose en Committed effective dose). Bij de berekening van de totale dosis die een persoon oploopt wordt steeds de combinatie gemaakt van de dosis opgelopen door externe bestraling (tijdens rechtstreekse of directe blootstelling) en de volgdosis (door inademing, ingestie) en deze inschatting wordt steeds erg conservatief uitgevoerd, cf. het kritieke individu zoals in de paragraaf hierboven beschreven.

Het criterium voor de evaluatie van de **Radiologische impact op het milieu, met name de effecten op fauna en flora** ten gevolge van blootstelling aan radioactieve straling is het geabsorbeerde dosisdebiet. De eenheid hiervan is joule per kilogram of gray per tijdseenheid. De radionuclidenconcentraties in het milieu worden omgerekend naar het effectieve dosisdebiet rekening houdend de mogelijke blootstellingwegen van de beschouwde species. Om de variatie in biologische impact verbonden met de verschillende stralingsvormen (gamma, bèta, alfa) in rekening te brengen, wordt er vaak een gewichtsfactor ingevoerd voor de geabsorbeerde dosis. Er wordt hierbij verondersteld dat de geabsorbeerde energie uniform verdeeld wordt over het organisme. Het geabsorbeerde dosisdebiet is de energie geabsorbeerd per tijdseenheid, voor fauna en flora meestal uitgedrukt in microgray per uur ($\mu\text{Gy h}^{-1}$).

De radiologische impact van een installatie op het milieu wordt gekarakteriseerd door fluxen en/of concentraties van radionucliden die in het leefmilieu kunnen terechtkomen. In radiologische veiligheidsstudies wordt nagegaan (1) of deze grootheden vergelijkbaar zijn met fluxen en concentraties die natuurlijk voorkomen in het milieu en (2) of de berekende impact een aantasting van het milieu met zich kan meebrengen. Voor de radiologische impact wordt het risico voor het leefmilieu berekend aan de hand van een specifieke veiligheidsindicator, een screeningwaarde, uitgedrukt in microgray per uur ($\mu\text{Gy h}^{-1}$).

2.3.3 Algemene methodologie blootstelling bij normale uitbating

In dit deel wordt de methodologie beschreven die gebruikt wordt om de radiologische effecten te bepalen voor mens en milieu bij normale uitbating van een kerncentrale. Hiervoor wordt de totale dosis bepaald die opgelopen wordt respectievelijk door het meest kritieke individu en door referentie-organismen en is het bijgevolg belangrijk de blootstellingswegen aan straling te kennen bij uitbating van een kerncentrale. De verschillende blootstellingswegen bij exploitatie van een kerncentrale zijn samengevat in onderstaande tabel. Hoe ze verder geëvalueerd worden, komt aan bod in de volgende paragrafen.

Tabel 12: Samenvatting van de mogelijke blootstellingswegen bij exploitatie van een kerncentrale.

Oorsprong blootstelling	Blootstellingswijze		Opmerkingen
Radioactiviteit en straling op site	Directe blootstelling aan straling		Radioactiviteit en ioniserende straling komt op verschillende plaatsen voor in een kerncentrale (reactor, behandeling en opslag van radioactief afval, ...) en is zeer goed afgeschermd naar de buitenwereld. Het betreft hier dus enkel straling met een groot doordringend vermogen zoals gamma en neutronenstraling, die potentieel kan bijdragen tot deze blootstellingsweg.
Gasvormige lozingen			Een systeem van barrières, vervaltanks en filtersystemen zorgt dat gasvormige lozingen beperkt zijn.
	Interne blootstelling	Inhalatie	Inhalatie van radioactiviteit in de overtrekkende wolk, in principe is ook inhalatie na afzetting van radioactiviteit op de grond en andere oppervlakken na re-suspensie mogelijk, maar in het algemeen weinig belangrijk.
		Consumptie	Naast afzetting en opname, natuurlijk ook sterk aan dieet gelinkt (welk type voedsel, hoeveelheden en van welke locatie).
	Externe blootstelling	Blootstelling aan de overtrekkende wolk die de gasvormige lozingen bevat.	Voornamelijk door gammastraling uitgezonden door verval in de radioactieve wolk tijdens het overtrekken.
		Blootstelling aan depositie op het grondoppervlak	Depositie kan zowel bij droge omstandigheden (droge depositie) als bij neerslag (natte depositie). Net alle radionucliden zullen zich op dezelfde wijze afzetten: edelgassen zetten zich bv. niet af.
Vloeibare lozingen			Afvalwater met radioactiviteit wordt eerst behandeld en gecontroleerd/gemeten voor lozing.
	Interne blootstelling	Rechtstreeks gebruik van water waar lozingen in terechtkomen.	-
		Irrigatie van gewassen met water waar lozingen in terecht komen voor directe menselijke consumptie en voor dierlijke consumptie (veevoer)	Wegens het zoutgehalte wordt het Scheldewater ter hoogte van KC Doel niet gebruikt voor irrigatie.
	Externe blootstelling	Zwemmen en nautische sporten	-
		Scheepvaart	-
		Verblijf op oevers en baggerslib	-

2.3.3.1 Directe blootstelling aan straling

Dit wordt geëvalueerd aan de hand van metingen aan de rand van de site. Deze metingen worden uitgevoerd, enerzijds in kader van het radiologische toezicht op het Belgische grondgebied (FANC-AFCN, zie §2.3.5) en anderzijds door de exploitant.

2.3.3.2 Gasvormige en vloeibare lozingen

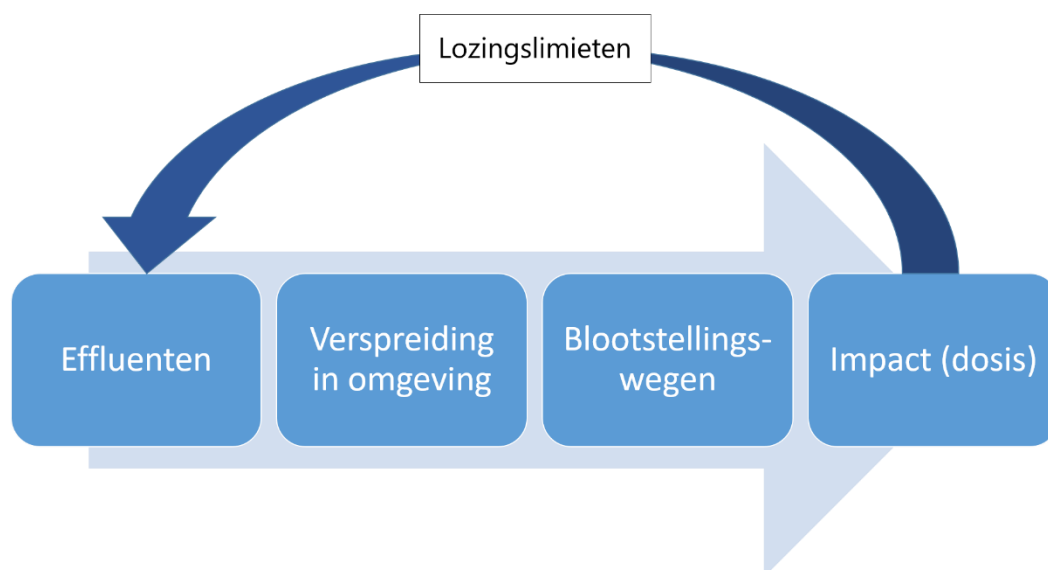
Bij de normale werking van KC Doel en CN Tihange worden op gecontroleerde wijze beperkte hoeveelheden radioactiviteit geloosd:

- in de atmosfeer, in de vorm van gasvormige lozingen;
- in het oppervlaktewater, in de vorm van vloeibare lozingen.

De gasvormige lozingen naar de atmosfeer bevatten radioactieve stoffen in gasvorm (gas en stoom), of in de vorm van aerosolen wanneer het gaat over vaste of vloeibare partikels in suspensie in de uitgestoten lucht. Deze effluenten zijn onder andere afkomstig van processen om de ontgassing van het primair koelwater te verzekeren en kunnen eerst opgevangen worden in opslagtanks waar de kortlevende radionucliden vervallen en hun activiteit dus sterk gereduceerd wordt alvorens geloosd te worden. De gasvormige effluenten zijn tevens afkomstig van de algemene ventilatie van de nucleaire gebouwen. In alle nucleaire installaties wordt door de veiligheidsregels opgelegd dat de lucht die binnen de gebouwen aanwezig is, permanent ververs moet worden door geforceerde ventilatie. De naar buiten uitgestoten luchtvolumes, die afhankelijk zijn van het volume van de gebouwen en van de debieten van de ventilatie, zijn eigen aan elke installatie.

De vloeibare effluenten bevatten radioactieve stoffen in de vorm van een oplossing, wanneer het gaat over opgeloste ionische zouten, of in de vorm van een suspensie, wanneer het gaat over vaste partikels vermengd met de effluenten. Deze effluenten zijn hoofdzakelijk afkomstig van de proceskringen, zoals de kringen voor de behandeling van primair koelwater in de kerncentrales. Ze worden tevens gevormd door het sanitair afvalwater (douches, lavabo's, ...) en het schoonmaakwater van de vloeren in de nucleaire zones die als mogelijk radioactieve effluenten worden beheerd, hoewel ze normaal gezien geen radioactiviteit bevatten.

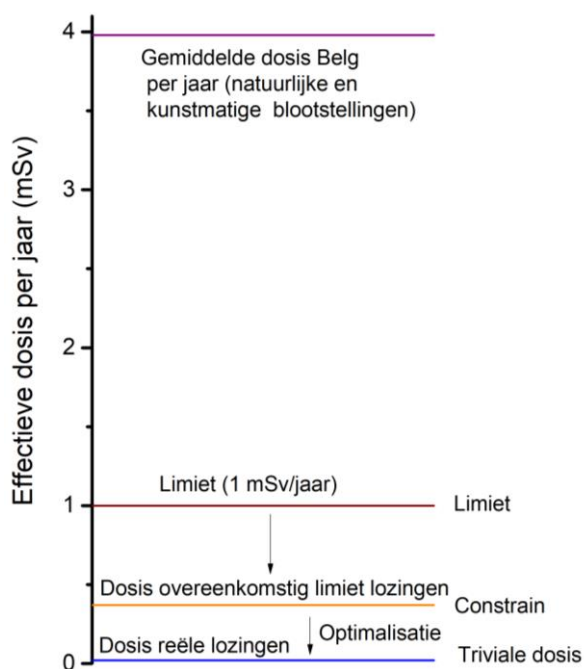
Op basis van de radiologische impact van deze lozingen op mens en milieu worden lozingslimieten bepaald die onderdeel zijn van de exploitatievergunning van de kerncentrales. De stappen die hierin gezet worden zijn weergegeven in Figuur 14.



Figuur 14: Stappen in methodologie voor radiologische impact van lozingen bij normaal bedrijf.

In alle gevallen moeten de toegestane lozingslimieten lager zijn dan de reglementaire limiet voor de blootstelling van personen van het publiek aan ioniserende straling. De limiet voor de effectieve dosis is vastgelegd op 1 mSv (millisievert) per jaar (zie basisconcepten). Deze waarde is exclusief van toepassing op de bijkomende blootstelling die wordt veroorzaakt door menselijke activiteiten, waaronder ondermeer de uitbating van de volledige kerncentrale van Doel en Tihange, waar Doel 4 en Tihange 3 respectievelijk deel van uitmaken, en dit onafhankelijk van de natuurlijke blootstelling (kosmische straling, radon, ...), of de medische blootstelling (radiografieën, scanners...). Verder moeten, conform het optimalisatieprincipe gehanteerd in de stralingsbescherming, de lozingslimieten op een zo laag als redelijkerwijze mogelijk niveau worden vastgelegd, waarbij rekening wordt gehouden met technische, economische en maatschappelijke factoren. Er is een grote spreiding in blootstelling mogelijk van leden van de bevolking, afhankelijk van de leefgewoonten. De toegelaten lozingslimieten moeten voldoende laag zijn en dit voor het meest blootgestelde deel van de lokale bevolking (kritieke individu).

Aangezien het principe van de dosisoptimalisatie wordt gevolgd, is er een optimalisatie van de reële lozingen (zie verder) t.o.v. de vergunde, waarbij de limieten van de vergunning voldoende beneden de limiet van 1 mSv/jaar vastgelegd zijn. Dit volgt de principes zoals bv. internationaal aanbevolen door het ICRP en wordt voorgesteld in Figuur 15, samen met de gemiddelde totale dosis aan straling die de Belg ontvangt per jaar.



Figuur 15: Principe van dosislimieten en optimalisatie: de dosislimiet van 1 mSv/jaar t.o.v. de gemiddelde dosis per jaar die een Belg ontvangt van alle blootstelling (natuurlijk, medisch en industrieel) en t.o.v. de typische waarden van de dosissen van de radioactieve lozingen (zowel dosis afkomstig van lozingslimieten als dosis afkomstig van reële lozingen worden getoond) voor de kerncentrales van Doel en Tihange.

Gasvormige lozingen

Zoals hierboven beschreven kunnen bij normale uitbating van een kerncentrale beperkte hoeveelheden vluchtige radioactieve verbindingen naar de atmosfeer worden vrijgezet. Deze vluchtige radioactieve verbindingen worden opgedeeld in volgende groepen naargelang hun chemische en fysische eigenschappen:

- edelgassen
 - met als voornaamste xenon-133 (Xe-133), xenon-135 (Xe-135), krypton-85 (Kr-85), krypton-88 (Kr-88) als splijtingsproducten en argon-41 (Ar-41) als activatieproduct als resultaat van neutronenabsorptie door het stabiele argon-40 (Ar-40);
- jodium
 - met als voornaamste isotopen: jodium-131 (I-131) en jodium-133 (I-133) dewelke splijtingsproducten zijn, jodium kan zich in verschillende vormen bevinden: als I₂, als aerosol of in organische vorm;
- aerosolen, soms verder opgesplitst volgens radioactief verval
 - bèta-gamma aerosolen
 - met als voornaamste strontium-90 (Sr-90), kobalt-60 (Co-60), cesium-134 en -137 (Cs-134, Cs-137) zijnde een combinatie van splijtingsproducten als activatieproducten;
 - alfa aerosolen
 - waaronder americium-241 (Am-241);
- tritium (H-3) in de vorm van condensaat getritieerd water;
- koolstof-14 (C-14) dat ontstaat door verschillende kernreacties van de neutronen die ontstaan bij splijting tijdens de werking van de reactor met stabiele isotopen van elementen als zuurstof, stikstof en koolstof en dat in verschillende chemische vorm kan vrijkomen. Voor PWR's is dat vnl. onder de vorm van koolstofmonoxide, methaan en andere koolwaterstoffen.

De lozingen worden continu gemonitord en er wordt gecontroleerd of de lozingslimieten niet overschreden worden. Uitzonderingen hierop zijn de gasvormige lozingen van koolstof-14 (C-14) en tritium (H-3), wegens moeilijk meetbaar. Koolstof-14 wordt daarom bepaald op basis van het vermogen van de reactoren. Gedetailleerde internationale studies hiervoor werden uitgevoerd die een range van mogelijke waarden voor koolstof 14 geven voor PWR's in functie van het geïnstalleerde elektrische of thermische vermogen^{x, xi}. Een conservatieve waarde van 185 GBq/jaar voor een geïnstalleerd vermogen van 1.000 MW_e wordt verondersteld. Voor Doel en Tihange met elk een totaal van 3 GW geïnstalleerd elektrisch vermogen (situatie voor definitieve stopzetting Doel 3 en Tihange 2) komt dit neer op 15 Ci (= 5,55 · 10¹¹ Bq = 555 GBq). Sinds 2019 worden de C-14 lozingen gemeten aan de schouw bij Tihange 2. Deze gemeten waarden zijn beduidend lager dan de conservatief veronderstelde en worden dan ook sinds kort in de dosisberekeningen voor CN Tihange gebruikt.

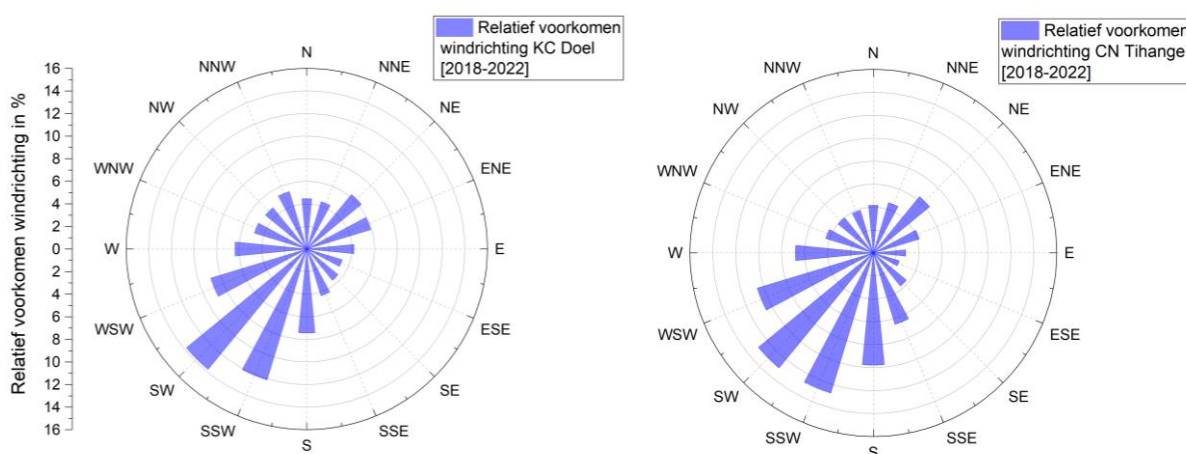
De impact van deze radioactieve lozingen op mens en milieu kan op 2 complementaire manieren geëvalueerd worden:

- voor de *potentiële lozingen* ten gevolge van het Project kunnen deze lozingen vergeleken worden met de lozingslimieten voor de sites. De lozingslimieten zijn zo bepaald dat voor de lozingen van de volledige KC Doel en CN Tihange sites zeker de 1 mSv/jaar niet wordt overschreden en deze zo laag als redelijkerwijs mogelijk worden gehouden. Het monitoren van de lozingen met aftoetsen aan de lozingslimieten is dan een garantie dat de impact beperkt blijft;
- voor *reële lozingen* kunnen dan specifieke radiologische impactberekeningen gedaan worden en deze kunnen aangevuld worden met metingen in de leefomgeving die eventuele sporen van deze lozingen kwantificeren. Bepaling van de Impact op basis van meetresultaten is dan mogelijk.

Voor de bepaling van de radiologische impact van radioactieve lozingen in het milieu zijn er modellen voor theoretische referentiegroepen opgesteld. De effectieve volg dosis als gevolg van radioactieve lozingen wordt berekend op basis van door het FANC-AFCN geaccrediteerde richtlijnen [NRC, 1977] van de United States Nuclear Regulatory Commission (US-NRC) en de door FANC-AFCN opgestelde berekeningsmethodiek [FANC, 2013a].

Voor het berekenen van de impact van de lozingen naar de atmosfeer wordt gebruik gemaakt van atmosferische verspreidingsmodellen om de activiteitsconcentratie van de verschillende geloosde radionucliden in de lucht

(in Bq/m³) en door afzetting (depositie) op de grond (in Bq/m²) te bepalen. Voor deze berekeningen zijn meteorologische gegevens nodig die representatief zijn voor de site over een langere periode, typisch een jaar of langer. De radioactiviteit wordt meegenomen met de wind en de concentratie zal sterk verdunnen met de afstand. In Figuur 16 wordt de relatieve frequentie getoond van het voorkomen van een bepaalde windrichting enerzijds te Doel en anderzijds te Tihange op basis van gegevens voor elk uur over een periode van 5 jaar (1 jan 2018 tot 1 jan 2023, bron KMI – ECMWF). De windrichting is gedefinieerd als de windrichting waaruit de wind waait (in graden in wijzerzin vanaf noord). Indien we lozingen over een lange periode beschouwen zal de impact bijgevolg het grootst zijn in de richting waarnaar de wind het meest frequent waait. Voor KC Doel en CN Tihange is de dominante windrichting zuidwest, waardoor de verwachte impact het grootst is in noordoostelijke richting van de sites. Deze informatie wordt bijvoorbeeld ook gebruikt voor het opzetten van een monitoringprogramma rond beide sites, waarbij er specifiek stalen genomen worden op de plaats met de hoogste potentiële impact en referentiestalen op grotere afstand in de minst dominante windrichting.



Figuur 16: Relatief voorkomen van de windrichting (links Doel – rechts Tihange) op basis van gegevens per uur voor een periode van 5 jaar [2018-2022] (Bron: KMI – ECMWF²⁸).

Naast windrichting zijn windsnelheid, de hoeveelheid neerslag en de atmosferische stabiliteit noodzakelijke parameters. De atmosferische dispersieberekening zal ook de hoogte van de lozing in rekening brengen (schouwhoogte met eventuele correctie voor neerslaande effecten van de pluim en eventuele pluimstijging door hoeveelheid van beweging en warmte-inhoud van geloosde pluim). Bi-Gaussische modellen worden gebruikt waar de concentratieverdeling in de pluim Gaussisch verdeeld wordt verondersteld in beide richtingen loodrecht op de windrichting. De breedte van de Gaussverdeling in horizontale en verticale richting, toenemend als functie van de afstand tot het lozingspunt, wordt beschreven door specifieke parameters aangepast aan het terrein en specifiek voor de atmosferische stabiliteit op het moment van de lozing. Afzetting op de grond wordt beschreven met depositieparameters. Voor droge depositie is dit de droge depositiesnelheid, voor neerslag een “washout” coëfficiënt. Deze parameters zijn afhankelijk van de fysische en chemische eigenschappen van de geloosde radioactieve stoffen; zo zullen edelgassen zich niet afzetten en wordt verondersteld dat elementair jodium zich in droge omstandigheden 10 x meer afzet dan aerosolen bij eenzelfde concentratie aan grondniveau.

Het resultaat van deze atmosferische verspreidingsmodellen zijn gemiddelde concentraties en deposities voor een eenheidslozing (lozing van 1 Bq); ook wel dilutiecoëfficiënten genoemd, voor de meest blootgestelde persoon buiten de site.

²⁸ Data beschikbaar gesteld door het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI), data op basis van numerieke weerdata gebaseerd op het ‘European Centre for Medium-Range Weather Forecasts’ ECMWF.

Vloeibare lozingen

De lozingsvergunning bevat naast de maximale hoeveelheden die jaarlijks mogen worden geloosd ook de aard van de geloosde radioactieve stoffen. Door de kerncentrale wordt er voornamelijk tritium geloosd in de Schelde en Maas. De andere radionucliden (bv. ^{110m}Ag , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{51}Cr , ^{140}La , ^{106}Ru , ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{95}Zr , ^{241}Am ,...) worden in veel lagere hoeveelheden geloosd.

De radionucliden in de vloeibare lozingen in de Schelde of Maas kunnen opgedeeld worden volgens hun fysische en chemische kenmerken in de volgende groepen;

Tritium onder de vorm van getritieerd water. Tritium wordt hoofdzakelijk geproduceerd in het primair koelwater van de kernreactoren wanneer deze circuleert in de kern. Het bestaat in de vorm van getritieerd water (HTO) of tritium gas (HT) en kan dus tegelijkertijd in de vloeibare en gasvormige effluenten worden aangetroffen.

- Bèta, gamma-stralers: ^{60}Co , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{95}Nb , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{110m}Ag . De meeste van deze radionucliden worden geproduceerd door de splijting van de kernbrandstof in de kern van de reactoren en kan zowel in de vloeibare en gasvormige effluenten worden aangetroffen.
- Alfa-stralers: Am-241 is radiologisch de belangrijkste alfastraler en wordt geproduceerd in kernreactoren uit plutonium 241 door bètaverval en kan ook in de vloeibare en gasvormige effluenten worden aangetroffen.

Voor de berekening van de concentraties van de geloosde radionucliden in het Schelde- en Maaswater wordt gebruik gemaakt van een eenvoudig riviermodel dat rekening houdt met de verdunning van de geloosde volumes door het debiet van het rivierwater.

De Schelde is een getijdenrivier. Ter hoogte van Doel zijn de tij-debietten zeer groot, gemiddeld $5.000 \text{ m}^3/\text{s}$ met een resulterend afvoerdebiet naar de zee van $70 \text{ m}^3/\text{s}$. Dit afvoerdebiet zorgt ervoor dat de geloosde activiteiten sterk worden verdund in het Scheldewater.

De verdunningsfactor in de Maas ligt hoger door het hogere afvoerdebiet. Het normaal gemiddeld debiet van de Maas is $300 \text{ m}^3/\text{s}$ in de winter en $50 \text{ m}^3/\text{s}$ in de zomer (FANC, 2011²⁹).

Het riviermodel houdt geen rekening met de adsorptie van de radionucliden op het sediment hetgeen de concentraties van de radionucliden in het water verder zou verlagen (en dus ook de dosisimpact) noch met het feit dat de getijden van de rivier de verblijftijd van de radionucliden in de Schelde zullen verhogen (en dus mogelijks ook de dosisimpact). In de berekeningen van de dosisimpact voor de bevolking wordt rekening gehouden met een gemiddeld debiet van $101 \text{ m}^3/\text{s}$ voor de Schelde. Voor de Maas wordt rekening gehouden met een gemiddeld debiet van $239 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.3.3.3 Impact op de mens

Personen van het publiek die in de buurt van nucleaire sites wonen, of er regelmatig verblijven, kunnen in bepaalde mate aan radioactieve stoffen worden blootgesteld die afkomstig zijn van de atmosferische lozingen van de installaties. De blootstellingswijzen zijn goed gekend en worden ondergebracht in twee verschillende categorieën:

- externe bestraling door de ioniserende straling uitgezonden bij radioactief verval van de radionucliden:
 - aanwezig in de lucht (en dus evenredig met de concentratie in de lucht);
 - die zich afgezet hebben op de bodem en andere oppervlakken door depositie (en dus evenredig met depositie);
- interne blootstelling door opname van radioactiviteit in het lichaam:
 - door het inademen van radioactieve stoffen in de lucht;

²⁹ FANC, 2011. Belgische weerstandstesten. Nationaal rapport voor de kerncentrales.

- door inname van plantaardig voedsel (fruit, groenten, graangewassen, ...) dat radioactiviteit opgenomen heeft door de afzetting op de bodem en/of door inname van vlees en dierlijke producten (melk, kaas, ...) afkomstig van dieren van de lokale veeteelt en die zelf dergelijke gewassen hebben gegeten.

De radiologische impactberekeningen voor de huidige situatie en geplande activiteit worden gedaan voor de meest blootgestelde persoon. Zo worden berekeningen uitgevoerd voor de 6 leeftijdscategorieën: baby's, kinderen van 1 tot 2 jaar, van 2 tot 7 jaar, van 7 tot 12 jaar, adolescenten van 12 tot 17 jaar en volwassenen. Voor hen worden specifieke parameters verondersteld in de berekeningen, zoals ingeademd volume per tijdseenheid, dieet en specifieke dosiscoëfficiënten die gebruikt worden om de effectieve dosis te bepalen. Verder worden de resultaten berekend op basis van conservatieve leefgewoonten om omhullende waarden voor de dosisbelasting te bekomen.

De exploitant van de kerncentrale is verplicht om de impact van de routinelozingen op de mens te berekenen en aan te tonen dat de dosis beneden de wettelijke limiet van 1 mSv/jaar ligt. Voor de berekening van de dosis wordt er rekening gehouden met alle mogelijke blootstellingwegen. De bevolking kan worden blootgesteld aan radioactiviteit door rivierwater te gebruiken, door te vertoeven op het water of rivieroeveren en door vis uit de rivier te consumeren. De opgelopen dosis kan sterk verschillen naargelang de leefgewoonten van de bevolking. De dosis ten gevolge van de vloeibare lozingen in de rivier wordt berekend conform de richtlijn van FANC-AFCN voor de berekening van radiologische gevolgen van klasse I nucleaire installaties, waarbij naar analogie met de atmosferische lozingen, bij de bepaling van de dosis uitgegaan wordt van een 'worst-case' scenario met name conservatieve invoerwaarden voor consumptie, verblijftijden etc. worden gebruikt waardoor de blootstelling van de bevolking niet wordt onderschat.

Voor de berekening van de dosis naar de representatieve persoon ten gevolge van lozingen in rivierwater worden de volgende blootstellingswegen beschouwd;

- Interne bestraling door:
 - consumptie van rivierwater als drinkwater;
 - consumptie van vis.
- Externe blootstelling door verblijf op oevers, door scheepvaart, door verblijf op bodem besmet met uitgebaggerd bodsediment.

De dosis voor de representatieve persoon werd ook berekend voor de 6 leeftijdsklassen, rekening houdend met de consumptiewaarden vermeld in de richtlijn van FANC-AFCN. Zoals voor de berekening van de dosis ten gevolge van de atmosferische lozingen wordt er een kritische persoon verondersteld die permanent aanwezig is op de plaats van maximale dosisbelasting

2.3.3.4 Impact op de biodiversiteit (fauna en flora)

Tot de jaren '90 werd verondersteld dat als de mens beschermd is tegen ioniserende straling, dit automatisch ook geldt voor het milieu. De afgelopen decennia vond een paradigmashift plaats, deels omwille van de toenemende wereldwijde belangstelling voor ecologische duurzaamheid en deels omwille van het feit dat er situaties kunnen zijn waarbij het milieu meer wordt blootgesteld aan straling dan de mens. Verschillende internationale organisaties, zoals het IAEA, ICRP, UNSCEAR alsook diverse nationale organisaties (bv. US DOE, UK Environment Agency) hebben sedertdien advies en richtlijnen voor de bescherming van het leefmilieu tegen ioniserende straling uitgevaardigd.

In België zijn er nog geen richtlijnen beschikbaar met een beschrijving van de te volgen methodologie. Door diverse (inter)nationale organisaties en expertengroepen zijn echter gegevens over de effecten van straling of van blootstelling aan radionucliden op fauna en flora verzameld en geëvalueerd met de bedoeling om drempelwaarden af te leiden. De wijze waarop drempelwaarden worden afgeleid, hun interpretatie en het niveau van bescherming (individueel, populaties, ecosystemen) kunnen hierdoor verschillen. In een regelgevende context beoogt de milieubescherming het beschermen van populaties van species, hetgeen ook de biodiversiteit beschermt. De meeste numerieke drempelwaarden hebben dan ook de bedoeling om populaties te beschermen. Om drempelwaarden af te leiden die relevant zijn op het niveau van de populatie moeten in de analyse enkel effecten meegenomen worden die een directe relevantie hebben op de populatiedynamiek. Door het IAEA^{xii} en de UNSCEAR^{xiii} worden

drempelwaarden van $40 \mu\text{Gy h}^{-1}$ voor landdieren en $400 \mu\text{Gy h}^{-1}$ voor landplanten en aquatische organismen voorgesteld, afgeleid uit beschikbare studies over effectdata. UNSCEAR^{xiv} beoordeelde de sinds 1996 verkregen effectdata en besloot "Overall, the Committee concluded that chronic dose rates of less than $100 \mu\text{Gy h}^{-1}$ to the most highly exposed individuals would be unlikely to have significant effects on most terrestrial animal communities and that maximum dose rates of $400 \mu\text{Gy h}^{-1}$ to a small proportion of the individuals in aquatic populations of organisms would not have any detrimental effect at the population level".

ICRP [4] beveelt het gebruik van Derived Consideration Reference Levels (DCRL) aan voor een aantal referentiedieren en -planten (RAP: Reference animals and plants). Deze referentieniveaus zijn bedoeld als referentiepunten om een mogelijk effect van ioniserende straling op fauna en flora te evalueren. De DCRL bepalen dosisdebietintervallen waarbinnen er een zekere waarschijnlijkheid is van een mogelijk schadelijk effect van ioniserende straling voor de betreffende referentiebiotacategorieën (RAP). Deze referentieniveaus werden afgeleid op basis van de beschikbare studies over effectdata voor de verschillende RAPs. DCRLs kunnen sterk variëren naargelang de beschouwde RAP, gaande van $4\text{--}40 \mu\text{Gy h}^{-1}$ voor bv. zoogdieren tot $400\text{--}4.000 \mu\text{Gy h}^{-1}$ voor bv. invertebraten. De ICRP [4] geeft geen interpretatie van hoe effecten geobserveerd op het individuele niveau zich kunnen uiten op het niveau van de populatie. De drempelwaarden van de ICRP^{xv} zijn dus ook eerder verbonden met het individu dan met de populatie.

De drempelwaarden voorgesteld in het EC-ERICA-project^{xvi,xvii} en het EC-PROTECT-project^{xviii} werden afgeleid met behulp van methoden die gebruikt worden voor chemische contaminanten^{xix}. Een generische drempelwaarde PNEDR (Predicted No Effect Dose Rate) van $10 \mu\text{Gy h}^{-1}$ werd afgeleid onder het ERICA-project. Deze PNEDR wordt beschouwd als de drempelwaarde beneden dewelke de structuur en de functies van generische ecosystemen (inclusief alle populaties) beschermd worden. Situaties waarvoor de geschatte dosisdebieten (PEDR - Predicted Environmental Dose Rate) lager zijn dan de PNEDR ($\text{PEDR}/\text{PNEDR} < 1$) mogen dus beschouwd worden als niet resulterend in een schadelijk effect op populatie- of ecosysteemniveau. De PNEDR is toepasbaar als drempelwaarde voor additionele blootstelling, m.a.w. in surplus tot de achtergrondstraling. De ERICA-referentiewaarde is zeker niet bedoeld als limiet of actieniveau. EC-PROTECT stelt ook een generische drempelwaarde van $10 \mu\text{Gy h}^{-1}$ voor, maar geeft bijkomend ook een aantal drempelwaarden voor bepaalde organismegroepen: $2 \mu\text{Gy h}^{-1}$ voor vertebraten, $200 \mu\text{Gy h}^{-1}$ voor invertebraten en $70 \mu\text{Gy h}^{-1}$ voor planten.

Uit het bovenstaande blijkt dat de drempelwaarden aanbevolen door de diverse (inter)nationale organisaties sterk variëren: van 4 tot $4.000 \mu\text{Gy h}^{-1}$. De natuurlijke achtergronddosisdebieten voor fauna en flora variëren duidelijk minder sterk, namelijk tussen $0,07$ en $6 \mu\text{Gy h}^{-1}$ ^{xx,xxi}.

Het risico van radiologische blootstelling voor fauna en flora zou het best op kwantitatieve wijze bepaald worden door vergelijking van het geschatte dosisdebiet met een drempelwaarde, bv. de PNEDR-drempelwaarden. Voor de meeste van de te evalueren scenario's beschikken we echter niet over voldoende informatie om een kwantitatieve inschatting van de radiologische blootstelling mogelijk te maken. Verder zijn de meeste effectdata bekomen en zijn de impactmodellen ontwikkeld voor evenwichtssituatie en niet voor accidentele situaties. Daarom zullen de verschillende scenario's waar nodig vergeleken worden op basis van de waarschijnlijkheid van afwezigheid van significante blootstelling. Op basis van de hierboven geciteerde literatuur hebben we een significantiekader uitgewerkt, dat weergegeven wordt in Tabel 13.

Tabel 13: Significantiekader voor de radiologische effecten op fauna en flora.

Dosisdebiet	Waarschijnlijkheid van afwezigheid van significante blootstelling
$< 10 \mu\text{Gy h}^{-1}$	Zeer hoog
$10\text{--}100 \mu\text{Gy h}^{-1}$	Hoog
$100\text{--}400 \mu\text{Gy h}^{-1}$	Vrij hoog
$400\text{--}4.000 \mu\text{Gy h}^{-1}$	Matig
$> 4.000 \mu\text{Gy h}^{-1}$	Laag

Omdat de impact op een ecosysteem moeilijk te evalueren is omwille van de complexiteit wordt voor de bepaling van de radiologische gevolgen op het milieu gebruik gemaakt van verschillende categorieën van referentieorganismen. Deze referentieorganismen worden verondersteld representatief te zijn voor de habitats waar ze verblijven, de opname van radionucliden, hun dimensies (met een effect op de dosisberekening). Het geheel van referentieorganismen refereert naar een welbepaald ecosysteem (terreestrieel, aquatisch). Referentie-organismen moeten zo worden gekozen dat ze de verschillende trofische niveaus dekken en dat ze een vereenvoudigde weergave zijn van de structuur en het functioneren van een ecosysteem. Men dient dus een conceptueel model op te maken van het studiegebied, men moet een begrip hebben van de bronterm en de blootstellingsroutes, en een selectie maken van representatieve referentieorganismen voor de impactanalyse. Omdat de organismen die worden beschouwd als indicatorspecies in een specifieke milieurisicoanalyse, representatief moeten zijn voor een specifieke locatie, zullen dus ook de indicatorspecies verschillen van assessment tot assessment. Bij de selectie van indicatorspecies of specifieke referentieorganismen wordt extra aandacht besteed aan de "waarde" van een organisme binnen het ecosysteem onder studie.

Als bijkomende informatie geven we hierbij de verschillen tussen de methodologie voor de bepaling van de impact op het milieu en de impact op de bevolking (zie Tabel 14).

Tabel 14: Belangrijkste verschillen tussen de methodologie voor het bepalen van de radiologische impact op mens en milieu.

Mens	Milieu (fauna en flora)
Bescherming op niveau van het individu	Bescherming op niveau van populaties/ ecosystemen
Weefselreacties en stochastische effecten van de radioactiviteit worden in rekening gebracht.	Over algemeen worden enkel effecten op niveau van organisme of populatie beschouwd. .
Interne dosissen worden berekend met biokinetische modellen die de opname van radionucliden in het menselijke lichaam simuleren.	Interne dosissen worden berekend d.m.v. transfer factoren uitgaande van de activiteit in het leefmilieu.
Referentiepersoon (biokinetisch model)	Referentie-organismen (voorgesteld als eenvoudige ellipsoïden)
Verskillende leeftijdsklassen	Geen leeftijdsklassen
Accumulatie van radionucliden in de organen wordt beschouwd.	Radionucliden zijn uniform verdeeld over het organisme .
Effectieve dosis (Sv)	Geabsorbeerde dosistempo (Gy s^{-1}) ($\mu\text{Gy h}^{-1}$)

2.3.4 Algemene methodologie ongevallen

Tijdens de hele levensduur van een kerninstallatie moet de installatie bestand zijn tegen ongevalsomstandigheden en moeten hiervoor de nodige maatregelen getroffen worden. Een kerninstallatie wordt preventief ontworpen met een aantal barrières, op basis van het principe van 'gelaagde bescherming', dit om te vermijden dat de bevolking en de omgeving blootgesteld worden aan een onaanvaardbare dosis ioniserende straling. Het principe van gelaagde bescherming heeft als doel om: i) de impact van externe gevaren, hetzij extreme gevaren en gevaren veroorzaakt door de natuur of door een onopzettelijke menselijke handeling, tot een minimum te beperken, ii) een abnormale werking of storingen te voorkomen, iii) een abnormale werking te beheersen of storingen op te sporen, iv) ontwerpongevallen te beheersen, v) de modaliteiten van de uitbreiding van het ontwerp te beheersen en vooral de ontwikkeling van ongevallen tot ernstige ongevallen te voorkomen en de gevolgen van ernstige ongevallen te beperken en vi) het beheer van noodsituaties mogelijk te maken (zie §9.4.1)^{xxii}. Om het principe van gelaagde bescherming te kunnen toepassen moet er eerst een gedetailleerde analyse van mogelijke voorvallen gebeuren, zowel voorvallen binnen het ontwerp (ontwerpbasisvoorvallen) als voorvallen die kunnen voorkomen in de uitbreiding van het ontwerp (ontwerpuitbreidingsvoorvallen), waartegen de installatie bestand moet zijn of de

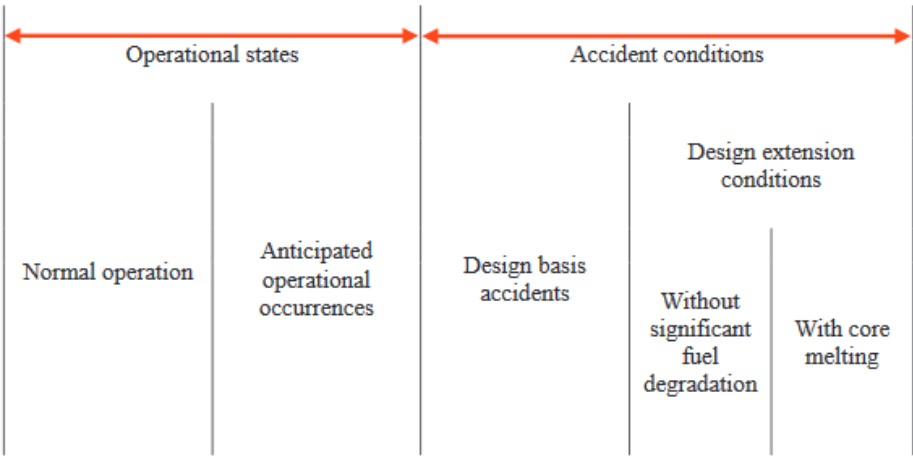
nodige maatregelen moet treffen. Deze voorvallen kunnen leiden tot ongevallen, namelijk ontwerpbasisongevallen (Design Basis Accidents) en ontwerpuitbreidingsongevallen (Beyond Design Basis Accidents).

De relevante internationale en Europese richtlijnen met betrekking tot ongevalsscenario's, alsook een samenvatting van hun (meest relevante) inhoud, zijn opgelijst in Tabel 15.

Tabel 15: Relevante internationale en Europese richtlijnen met betrekking tot de identificatie van ongeval scenario's.

Internationale en Europese richtlijn	Relevante inhoud m.b.t. ongeval situaties
IAEA Safety Standard Series SSR-2/1, 2012 ^{xxiii}	In deze IAEA-richtlijn worden de veiligheidsvereisten voor het ontwerp van een kerncentrale gegeven.
IAEA Safety Standard Series SSR-2/1 (Rev. 1), 2017 ^{xxiv}	Deze IAEA-richtlijn is een revisie, geïnitieerd na het Fukushima ongeval, van de vorige richtlijn. De revisie van deze richtlijn resulteerde in een aantal beperkte wijzigingen.
IAEA Safety Standards Series SSG-2, 2010 ^{xxv}	Deze IAEA-richtlijn geeft richtsnoeren voor de deterministische veiligheidsanalyse van kerncentrales. De veiligheidsanalyse wordt gebruikt om voorvallen te identificeren, te classificeren en om ongevalsscenario's te identificeren.
IAEA Safety Standards Series SSG-2 (Rev. 1), 2019 ^{xxvi}	Deze IAEA-richtlijn is een revisie, op basis van lessen getrokken uit het Fukushima ongeval, van de vorige richtlijn.
Euratom verdrag, 2012 ^{xxvii}	Het Euratom verdrag met betrekking tot het oprichten van een Europese Gemeenschap voor Atoomenergie. Een van de hoofdoelstellingen is het vaststellen van uniforme veiligheidsnormen voor de bescherming van de bevolking en werknemers.
Richtlijn 2014/87/EURATOM, 2014 ^{xxviii}	Deze EU-richtlijn is een revisie van de richtlijn 2009/71/Euratom, geïnitieerd na het Fukushima ongeval. De richtlijn voorziet in een communautair kader voor de nucleaire veiligheid van kerninstallaties in de Europese Unie.

De toestand waarin een kerncentrale zich kan bevinden werd door het IAEA geïdentificeerd zoals geschematiseerd in Figuur 17. Er worden twee categorieën van ongevalsomstandigheden beschouwd: a) ontwerpbasisongeval ('Design Basis Accidents') en b) ontwerpuitbreidingsvoorvallen ('Design Extension Conditions'). Daarnaast worden in deze laatste categorie twee types van voorvallen beschouwd: a) voorvallen zonder significante splijtstofdegradatie en b) voorvallen met kernsmelting. Bij ontwerpuitbreidingsvoorvallen zijn de radiologische consequenties erger dan bij de ontwerpbasisongevallen of brengen deze extra storingen met zich mee ^{xxiv}.



Figuur 17: Operationele en accidentele toestand van een kerncentrale ^{xxiv}.

Naast de IAEA- en EU-richtlijnen heeft de WENRA ('Western European Nuclear Regulators' Association'), waaraan België deelneemt, in 2014 geharmoniseerde veiligheidsniveaus en -vereisten voor de ontwerpbasis en de ontwerpuitbreiding voor bestaande reactoren gepubliceerd ^{xxix}.

Gebruikte terminologie ongevallen

Ontwerpbasis: de reeks omstandigheden en gebeurtenissen waarmee rekening is gehouden initieel met inbegrip van upgrades, van een kerninstallatie, overeenkomstig vastgestelde criteria, op zodanige wijze dat die installatie weerstand kan bieden aan die gebeurtenissen zonder dat de vergunde grenswaarden worden overschreden bij de geplande werking van de veiligheidssystemen.

Ontwerpbasisongeval: een ongeval dat beschouwd wordt in de ontwerpbasis.

Ontwerpuitbreiding: de reeks omstandigheden en gebeurtenissen die complexer of ernstiger zijn dan diegene die deel uitmaken van de ontwerpbasis. Deze omstandigheden kunnen worden veroorzaakt door meerdere initiërende gebeurtenissen, meerdere falingen, zeer onwaarschijnlijke gebeurtenissen of kunnen gepostuleerde omstandigheden zijn.

Ontwerpuitbreidingsongeval: een ongeval dat beschouwd wordt in de ontwerpuitbreiding. Twee categorieën van ongevallen worden beschouwd:

- Ontwerpuitbreidingsongevallen binnen het domein "A" (DEC-A) waarvoor het mogelijk is om vroegtijdige of massale radioactieve lozingen, alsook in voorkomend geval brandstofschaade te vermijden.
- Ontwerpuitbreidingsongevallen binnen het domein "B" (DEC-B of Ernstige ongevallen) waarvoor het niet mogelijk is om vroegtijdige of massale radioactieve lozingen alsook, in voorkomend geval, brandstofschaade te vermijden.

Op Belgisch niveau werden de ontwerp- en buitenontwerpongevallen in het Koninklijk Besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties gedefinieerd en werden de nodige vereisten vastgelegd ^{xxx}. Het KB werd over de jaren aangepast zowel op inhoud als op terminologie. Het voormelde KB van 30 november 2011 is de omzetting in Belgisch recht van de EU-richtlijn en van de WENRA-veiligheidsniveaus. De laatste versie van het KB beschouwt ontwerpbasis- en ontwerpuitbreidingsongevallen in lijn met de meest recente richtlijnen van het IAEA en de EU en worden verder besproken.

2.3.4.1 Ontwerpbasisongeval

De doelstelling van de ontwerpbasis in het voormelde KB is om maatregelen te treffen "om ervoor te zorgen dat de potentiële radiologische gevolgen voor de bevolking, de werkers en het leefmilieu de voorgeschreven limieten niet overschrijden en zo laag als redelijkerwijze mogelijk worden gehouden". Meer specifiek naar ongevallen toe, "de ontwerpbasis moet er in bestaan om voorziene bedrijfsincidenten en ongevallen te voorkomen en, indien dit niet lukt, de gevolgen ervan te beperken".

Tijdens het opstellen van de ontwerpbasis wordt "een lijst met alle vooronderstelde initiatorgebeurtenissen opgesteld die alle gebeurtenissen omvat die de nucleaire veiligheid van de installatie in het gedrang kunnen brengen. Uit deze lijst worden een aantal ontwerpbasisvoorvallen geselecteerd, op basis van een combinatie van deterministische methodes, probabilistische methodes en deskundigenoordeel, om de randvoorwaarden te bepalen volgens welke de voor de nucleaire veiligheid belangrijke structuren, systemen en componenten moeten worden ontworpen, om aan te tonen dat de vereiste veiligheidsfuncties worden gewaarborgd en dat de ontwerpbasisdoelstellingen bereikt worden"^{xxx}.

Verdere vereisten voor het opstellen van de lijst met initiatorgebeurtenissen in het ontwerp worden gegeven in artikel 20 van het KB^{xxx}.

"Bij het opstellen van de lijst met initiatorgebeurtenissen wordt er rekening gehouden met de ervaringsfeedback en de analyses betreffende gelijkaardige installaties en sites."

Geloofwaardige combinaties van individuele gebeurtenissen worden geïdentificeerd en in rekening gebracht. De geselecteerde voorvallen van interne oorsprong omvatten ten minste

- *het falen van uitrustingen;*
- *de ongevallen met verlies van primaire koeling (LOCA);*
- *menselijke fouten;*
- *andere risico's zoals brand, explosie, overstroming met interne oorzaak.*

De geselecteerde voorvallen van externe oorsprong omvatten voorvallen die voortvloeien uit menselijke activiteiten, waaronder ten minste:

- *het neerstorten van een representatief commercieel lijnvliegtuig en een representatief militair vliegtuig;*
- *de ongevallen veroorzaakt door het vervoer en de industriële activiteiten in de buurt, met inbegrip van brand, explosies en andere plausibele bedreigingen voor de veiligheid van de nucleaire installaties.”*

Voor voorvallen van externe oorsprong, meer bepaald het neerstorten van een representatief commercieel of militair vliegtuig kan ook een alternatief voorval beschouwd worden, maar dan moet er een afdoende beschermingsniveau aangetoond worden door redelijke marges te garanderen en door conservatieve methodes, hypothesen en argumenten te gebruiken.

2.3.4.2 Ontwerpuitbreidingsongeval

De ontwerpuitbreiding in het KB heeft als doel de veiligheid te verbeteren “door het vermogen te versterken om het hoofd te bieden aan voorvallen of omstandigheden die ernstiger zijn dan die van de ontwerpbasis; door, voor zover redelijkerwijze mogelijk, radioactieve lozingen die schadelijk zijn voor de bevolking en het milieu tot een minimum te beperken tijdens zulke voorvallen of omstandigheden”. Het KB maakt een onderscheid tussen DEC-A (‘Design Extension Conditions’ – A) en DEC-B analyse zoals volgt:

“De DEC-A analyse beoogt de redelijkerwijs haalbare maatregelen te identificeren om aanzienlijke schade aan de brandstof en de omstandigheden die tot vroegtijdige of massale radioactieve lozingen kunnen leiden, te kunnen voorkomen.

Aanzienlijke schade van de gebruikte brandstof in het desactiveringsbekken moet met een hoge mate van vertrouwen, uiterst onwaarschijnlijk gemaakt worden, tenzij de gevolgen ervan voldoende beperkt kunnen worden door een insluiting.

De DEC-B analyse beoogt de redelijkerwijs haalbare maatregelen te identificeren die het mogelijk maken om de gevolgen van aanzienlijke schade aan de brandstof en van de omstandigheden die tot vroegtijdige of massale radioactieve lozingen kunnen leiden, te verzachten, voor zover deze schade of deze omstandigheden niet, met een hoge mate van vertrouwen, uiterst onwaarschijnlijk zijn gemaakt.”

Een representatieve lijst met ontwerpuitbreidingsomstandigheden moet als volgt opgesteld worden^{xxx}

“Er wordt een representatieve lijst met ontwerpuitbreidingsomstandigheden opgesteld en gerechtvaardigd op basis van een combinatie van deterministische methodes, probabilistische methodes en deskundigenoordelen.

Er wordt rekening gehouden met de voorvallen die tegelijk verschillende installaties van een site kunnen treffen, alsook met de verschillende mogelijke interacties tussen de installaties op de site of op andere nabijgelegen sites.

Het selectieproces van DEC-A-omstandigheden gaat uit van voorvallen of combinaties van voorvallen die niet met een hoge mate van vertrouwen als uiterst onwaarschijnlijk kunnen worden beschouwd en die kunnen leiden tot aanzienlijke schade van de brandstof of tot vroegtijdige of massale radioactieve lozingen.

Het selectieproces van de DEC-A-omstandigheden is gebaseerd op:

- *voorvallen die zich voordoen in de verschillende bedrijfstoestanden;*
- *voorvallen voortvloeiend uit interne of externe risico's;*
- *falingen met een gemeenschappelijke oorzaak.*

De lijst met DEC-B-omstandigheden omvat de situaties waarvoor het vermogen om ofwel aanzienlijke schade van de brandstof ofwel vroegtijdige of massale radioactieve lozingen te voorkomen niet toereikend is, of de situaties waarvoor de preventiemaatregelen niet werken zoals gewenst.

De lijst met DEC-B-omstandigheden omvat de vooronderstelde ongevallen met aanzienlijke schade van de brandstof, ook voor de gebruikte brandstof in het desactiveringsbekken, voor zover dat dergelijke ongevallen niet uiterst onwaarschijnlijk zijn gemaakt met een hoge mate van vertrouwen."

In het KB worden de ontwerpuitbreidingsvoorvallen verder beschreven in artikel 21.

"Voorvallen die ernstiger zijn dan de ontwerpbasisvoorvallen moeten worden geïdentificeerd in het kader van de analyse van de ontwerpuitbreiding.

Wanneer een in de ontwerpbasis opgenomen natuurfenomeen met een hoge mate van vertrouwen uiterst onwaarschijnlijk is, dan moet er geen ontwerpuitbreidingsvoorval voor dit fenomeen in aanmerking worden genomen.

De selectie van voorvallen voor de analyse van de ontwerpuitbreiding is indien mogelijk op een overschrijdingsfrequentie van de ernst van het verschijnsel gebaseerd of op andere parameters betreffende het verschijnsel.

De analyse van de ontwerpuitbreidingsvoorvallen:

1. *toont aan dat er voldoende marge is t.o.v. de "klifeffecten" die zouden kunnen leiden tot het verlies van een fundamentele veiligheidsfunctie;*
2. *identificeert en beoordeelt de meest robuuste middelen om de fundamentele veiligheidsfuncties te waarborgen;*
3. *houdt rekening met het feit dat:*
 - a) *verschillende redundante of gediversifieerde groepen van een veiligheidssysteem;*
 - b) *verschillende structuren, systemen en componenten;*
 - c) *diverse installaties van de site alsook de infrastructuur van de site;*
 - d) *de omliggende infrastructuur, de externe bevoorradingsmiddelen en andere tegenmaatregelen; door de voorvallen kunnen worden getroffen;*
4. *toont aan dat er voldoende middelen beschikbaar blijven op de sites met meerdere reactoreenheden die voorzien om uitrustingen of diensten te delen;*
5. *omvat controles op het terrein in de mate dat dit mogelijk is."*

Ten slotte kunnen we hier ook nog even kijken naar historische ongevallen (frequentie en ernst) met reactoren van een gelijkaardig type als Doel 4 en Tihange 3. Doel 4 en Tihange 3 zijn kerncentrales van het type 'Pressurised Light-Water Moderated and Cooled Water Reactor' (PWR). Sinds de eerste grootschalige PWR kerncentrale, 'Shippingport Atomic Power Station' in de VS, in 1957^{xxxix} werden er wereldwijd een hele vloot PWR kerncentrales gebouwd. Eind 2021 waren er wereldwijd 372 bestaande PWR kerncentrales (zowel in werking als buiten bedrijf), op basis van gegevens beschikbaar bij het IAEA^{xxxix}. Deze wereldwijde vloot van PWRs is, sinds de in bedrijfstelling van de eerste PWR, in totaal 8.295 jaar in bedrijf geweest op basis van de gegevens beschikbaar in het IAEA PRIS^{xxxix}. Gedurende dit aantal bedrijfsjaren is er één ongeval gebeurd met een PWR, meer bepaald met reactor 2 van de kerncentrale van 'Three Mile Island', in de VS, in 1979. Op basis van de INES schaal (International Nuclear and Radiological Event Scale), die pas in 1990 ontwikkeld werd, zou dit ongeval als INES 5 gecategoriseerd zijn geweest.

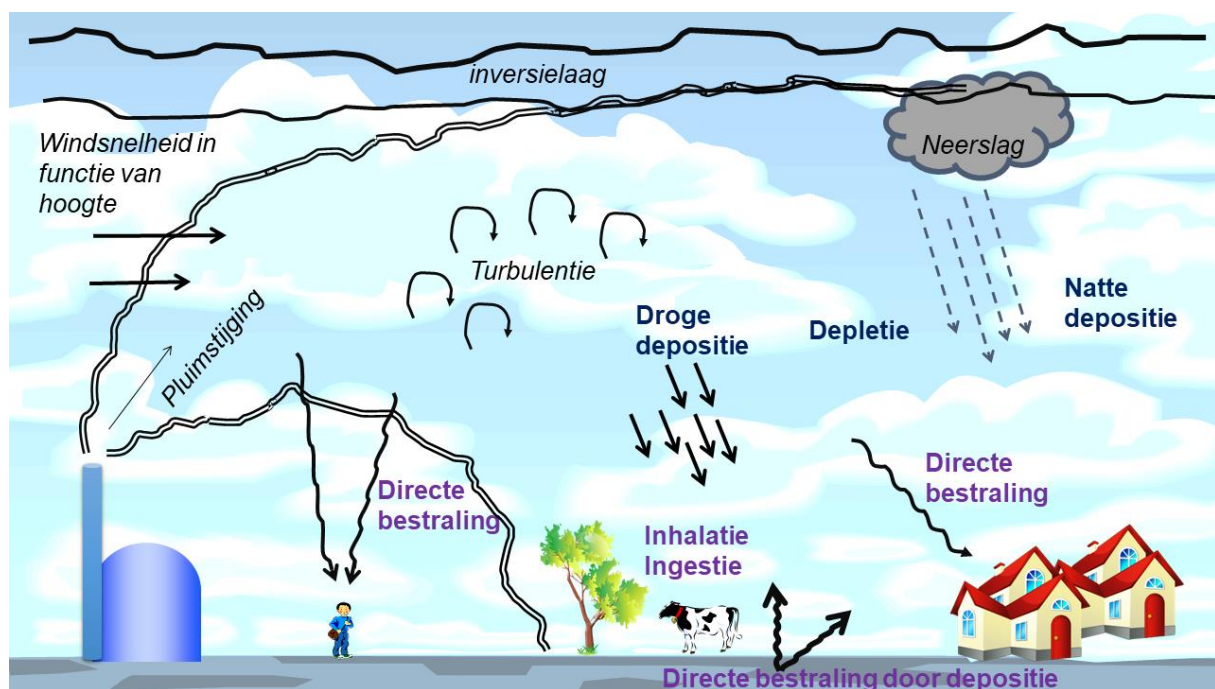
De INES schaal werd in 1990 ontwikkeld door het IAEA en het OECD/NEA na het Tsjernobyl-ongeval en is een hulpmiddel om het belang van de veiligheid van nucleaire en radiologische gebeurtenissen aan het publiek te

communiceren. INES 1 tot en met 3 hebben betrekking op incidenten, terwijl INES 4 tot en met 7 betrekking hebben op ongevallen^{xxxiv}.

Het ongeval van 28 maart 1979 in de kerncentrale van Three Miles Island (TMI), was het meest ernstige nucleaire ongeval in een PWR. Dit ongeval leidde tot een kernsmelt, er waren geen dodelijke slachtoffers of gewonden en de radioactieve besmetting was beperkt. De oorzaken die hebben geleid tot de kernsmelt van eenheid 2 van de kerncentrale (TMI-2) zijn een opeenvolging van ontwerpfouten, menselijke fouten en hardware fouten. Ten slotte is er geen explosie of brand ontstaan en bleef de reactorinsluiting behouden. De radioactieve lozingen hebben verwaarloosbare effecten op de menselijke gezondheid en het milieu gehad (zie bijvoorbeeld ^{xxxv}, ^{xxxvi} en ^{xxxvii}). Na bestudering van deze ternauwernood afgewende ramp zijn de eisen op het gebied van ontwerp, controlesystemen, opleiding van personeel en noodprocedures sterk aangescherpt en verbeterd.

2.3.4.3 Analyse van de impact

Voor de berekening van de impact van de ongevallen vertrekken we van de bronterm die naar de atmosfeer geloosd wordt. Dit is de hoeveelheid en samenstelling van radioactiviteit die vrijkomt en via de schouw of lekken in het containment in de buitenlucht terecht komt. Verder worden lozingsparameters zoals hoogte van lozing, etc. meegenomen. Op basis van atmosferische dispersie en depositiemodellen die naast de bronterm en lozingsparameters, ook meteorologische informatie gebruikt, analoog als voor de lozingen tijdens normale uitbating, wordt voor de lokale schaal (eerste kilometers rond de site) de concentratie en afzetting van radionucliden berekend om zo de blootstelling (bv. effectieve dosis, schildklierdosis) van het kritieke individu te bepalen. De blootstellingswegen in een ongevalssituatie met lozing van radioactiviteit naar de atmosfeer zijn getoond in Figuur 18.



Figuur 18: De verspreiding van radioactiviteit en de blootstellingswegen voor personen in de omgeving in een ongevalscenario met lozing van radioactiviteit naar de atmosfeer.

Voor de ontwerpbasisongevallen zijn de ongevallen gedefinieerd in het kader van Artikel 37 van het Euratom verdrag.

De algemene gegevens in het kader van Artikel 37 van het Euratom verdrag voor de eenheden Doel 3 en Doel 4 werden in 1981 opgesteld. Hiervoor werden twee ontwerpgevallen geïdentificeerd: i) hoofdbreuk van de primaire leiding en ii) vallen van een bestraald splijtstofelement^{xxxviii}. De vergunningslimieten voor de radiologische gevolgen van ontwerpbasisongevallen aan de rand van de vestigingsplaats en aan de dichtstbijzijnde grens (Nederland op 3,15 km), zijn gebaseerd op het meest pessimistische scenario (hoofdbreuk primaire leiding) voor de schildklierdosis en de totale effectieve dosis.

De algemene gegevens in het kader van Artikel 37 van het Euratom verdrag voor de eenheden Tihange 2 en Tihange 3 werden eveneens in 1981 opgesteld. Hiervoor werden tevens twee ontwerpgevallen geïdentificeerd: i) hoofdbreuk van de primaire leiding en ii) vallen van een bestraald splijtstofelement^{xxxix}. De vergunningslimieten voor de radiologische gevolgen van ontwerpbasisongevallen aan de rand van de vestigingsplaats en aan de dichtstbijzijnde grens, zijn gebaseerd op het meest pessimistische scenario (hoofdbreuk primaire leiding) voor de schildklierdosis en de totale effectieve dosis.

Deze vergunningslimieten moeten gerespecteerd worden voor het kritieke individu. De meest blootgestelde persoon is beschouwd op een locatie waar de persoon wordt blootgesteld aan de hoogste (tijdsgeïntegreerde) concentratie van radioactieve lozingen^{xli}. Deze persoon behoort tot de leeftijdsgroep die het meest wordt getroffen door de blootstelling aan de radioactieve lozingen.

Een korte beschrijving van deze ongevallen wordt hieronder gegeven:

Een **hoofdbreuk van de primaire leiding (Loss of coolant of LOCA)** is het resultaat van een veronderstelde breuk in het primaire circuit of een leiding aangesloten op het primaire circuit vóór de eerste isolatieklep waarbij de splijtstofbekleding beschadigd wordt onder invloed van de hoge temperaturen. Door het verlies van koelvloeistof, warmt de kern op, totdat de splijtstofbekleding beschadigd wordt. Gasvormige splijtingsproducten komen vrij in de primaire kringloop, en verder bij doorbraak in de binnenruimte van het reactorgebouw. Een gedeelte van de gasvormige splijtingsproducten lekken dan door de reactor insluiting naar o.a. de tussenruimte en ook meteen naar de atmosfeer. Er wordt verder verondersteld dat o.a. de veiligheidinjectie systemen in dienst zijn en hercirculatie om de kern te koelen wordt opgestart, het water is gecontamineerd en een gedeelte van deze contaminatie lekt naar de omgeving. De lozing naar de omgeving wordt verondersteld om 30 dagen te duren met een intensiteit die afneemt in functie van de tijd.

Bij het **vallen van een bestraald splijtstofelement (Fuel handling Accident of FHA)** tijdens een handeling met verbruikte splijtstof wordt verondersteld dat alle splijtstofstaven beschadigd zijn. In die situatie bevinden zich gasvormige splijtingsproducten in de ruimte tussen de bekleding en de brandstof en komen ze vrij in het water waarin de brandstofelementen zich bevinden. Een deel van de splijtingsproducten wordt geabsorbeerd door het zwembadwater. De rest verspreidt zich in de omgeving en wordt uiteindelijk via de ventilatieopening naar de schouw en atmosfeer vrijgegeven (schouwlozing).

Voor Doel en Tihange werd op basis van een probabilistische veiligheidsanalyse en in overeenstemming met de WENRA 2014 richtlijnen, die rekening houden met de lessen getrokken uit het TEPCO Fukushima Dai- ongeval van 2011, een omhullend ontwerpuitbreidingsongeval geïdentificeerd. Voor dit scenario wordt een '**Complete Station Black-Out**' (**CSBO**) **verondersteld met kernsmelting** (overeenkomstig met DEC-B), gegeven succesvolle ongevalbeheersmaatregelen. Als gevolg van een kernsmelt in dit ongeval wordt radioactiviteit vrijgezet naar de omgeving enerzijds via een ontwerplek van het containment en anderzijds door gecontroleerde ontluchtingen als de druk te hard oploopt over het Containment Filtered Venting System, (CFVS), een filter systeem dat jodium en aerosolen met grote efficiëntie afvangt voor lozing via de schouw van het CFVS naar de atmosfeer. Er worden verschillende ontluchtingen en een continue ontwerplek verondersteld in een periode van 10 dagen. De Tractebel berekeningen zijn specifiek voor Doel 4 en Tihange 3 en de codes MELCOR en ASTEC werden gebruikt voor het berekenen van de bronterm van dit ernstig ongeluk. Het CSBO ontwerpuitbreidingsongeval omvat ook voorvallen van externe oorsprong, inclusief het neerstorten van een vliegtuig op de kerncentrale.

De algemene gegevens voor KC Doel en CN Tihange in het kader van Artikel 37 van het Euratom Verdrag bevatten vergunningslimieten voor de dichtstbijzijnde grens met Nederland. Voor grensoverschrijdende radiologische gevolgen van ongevallen op grotere afstanden zijn er geen wettelijke limieten. Als indicatie kan de dosislimietwaarde van 1 mSv/jaar, zoals aangegeven voor normale uitbating in artikel 12 van richtlijn 2013/59/Euratom, gebruikt worden.

Voor een beoordeling van de impact van de ongevallen voor de ontwerp-ongevallen op het meest kritische individu werd de verspreiding van radioactiviteit en de effectieve volg dosis als gevolg hiervan berekend op basis van een door het FANC-AFCN goedgekeurde methodologie welke is opgesteld door de United States Nuclear Regulatory Commission (NRC, 1977). De resultaten dienen te voldoen aan het Koninklijk Besluit met betrekking tot de vergunningen van oprichting van de kerncentrales van Doel en Tihange en de daarbij horende algemene gegevens in het kader van artikel 37 van het Euratomverdrag (zie hierboven). De benodigde veiligheidsstudies zijn gedocumenteerd in de veiligheidsrapporten en worden periodiek bijgewerkt, op basis van vernieuwde inzichten en standaarden.

Anderzijds wordt bijkomend voor de beoordeling van deze ongevallen en ook voor het ontwerpuitbreidingsongeval studies van Tractebel gebruikt op basis van de nieuwe richtlijnen van het FANC-AFCN en Bel-V.

Het FANC-AFCN heeft in 2017 een richtlijn gepubliceerd voor het realiseren van de veiligheidsdemonstratie van nieuwe nucleaire installaties van klasse I^{xl}. De aanbevelingen in deze richtlijn geven gedetailleerde informatie over de vereisten van het FANC-AFCN met betrekking tot 'gelaagde bescherming' en kwantitatieve radiologische doelstellingen in het kader van de veiligheidsdemonstratie van nieuwe nucleaire installaties van klasse I. Aangezien Doel 4 en Tihange 3 bestaande klasse I-installaties zijn, is deze richtlijn niet direct van toepassing, maar de aanbevelingen kunnen desondanks gebruikt worden om de veiligheidsdemonstratie te evalueren op basis van de huidige normen.

De FANC-richtlijn werd aangevuld met een Bel V-richtlijn, waarin aanbevelingen gedaan worden bij de toepassing van conservatieve en minder conservatieve benaderingen voor de analyse van radiologische gevolgen^{xii} die in de FANC-richtlijn worden vermeld. Zoals de FANC-richtlijn, is de Bel V-richtlijn gericht op nieuwe klasse I nucleaire installaties. V

Verschillen in resultaten vinden hun oorsprong globaal in een wat andere methodologie voor de berekening van de dispersie en het gebruik van meer recente dosiscoëfficiënten. Er dient opgemerkt te worden dat beide methodologieën conservatief zijn, maar het verschil in resultaten reflecteert vnl. het verschil in conservatisme van de benadering.

Naast de limieten voor de ontwerp-ongevallen zoals gedefinieerd in context van Euratom Artikel 37 en de criteria gedefinieerd voor ongevallen in de context van nieuwe Klasse 1 installaties kunnen de resultaten van de analyses ook vergeleken worden met de richtlijnen met betrekking tot tegenmaatregelen zoals gedefinieerd in het federaal nucleair en radiologisch noodplan (KB 18 maart 2018)^{cvii}. Dit bevat specifieke referentieniveaus in de vorm van dosiscriteria voor directe, dringende beschermingsmaatregelen: schuilen, evacueren en de inname van stabiel jodium om de schildklier te beschermen (zie Tabel 16), afgeleide niveaus bodemcontaminatie voor verschillende radionucliden waar maatregelen voor de voedselketen noodzakelijk kunnen zijn (Tabel 17) en de maximaal toelaatbare niveaus voor het vrij verkeer van levensmiddelen en diervoeders binnen de EU (Tabel 18).

Tabel 16: Specifieke referentieniveaus voor directe, dringende beschermingsmaatregelen. () buiten ingestie.*

Beschermings-maatregel	Dosis criteria en integratie periode	Doelgroep	Richtwaarde
Schuilen	Effectieve dosis in 24u (*)		5 mSv
Inname stabiele jodium	Equivalent dose aan de schildklier (*)	Kinderen, zwangere vrouwen en vrouwen die borstvoeding geven	10 mSv
		Volwassenen	50 mSv
Evacuatie	Effectieve dosis in 7d (*)		50 mSv

Tabel 17: Afgeleide niveaus bodemcontaminatie (Bq/m²).

	Melk	Groenten	Vlees
⁹⁰ Sr	10.000	4.000	300.000
¹³¹ I	4.000	10.000	40.000
¹³⁴ Cs	10.000	6.000	10.000
¹³⁷ Cs	10.000	6.000	10.000

Tabel 18: Maximaal toelaatbare niveaus voor het vrij verkeer van levensmiddelen en diervoeders (Bq/kg) binnen de EU.

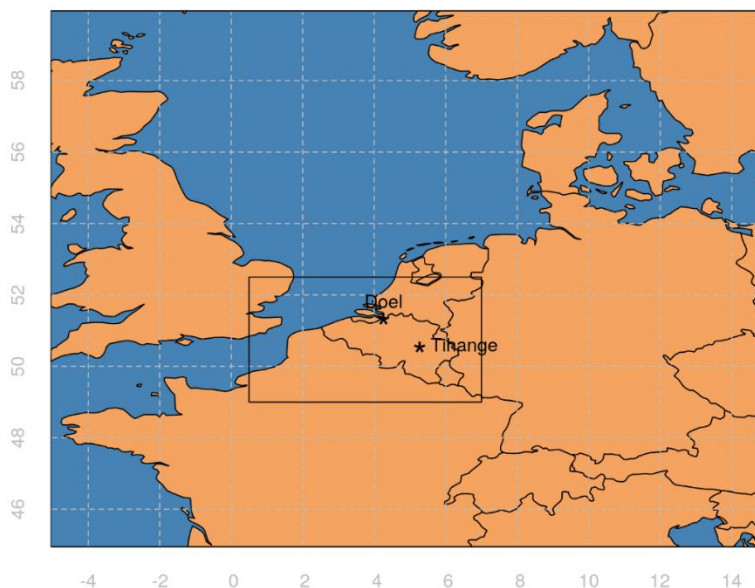
	Levensmiddel (Bq/kg)					Diervoeders
	Baby voeding	Melk producten	andere levens-middelen, behalve minder belangrijke levens- middelen	Minder belangrijke levens-middelen	Vloeibare levens-middelen	
Totaal strontium-isotopen, met name ⁹⁰ Sr	75	125	750	7.500	125	
Totaal jodiumisotopen, met name ¹³¹ I	150	500	2.000	20.000	500	
Totaal alfastraling uitzendende isotopen van plutonium en transplutonium-elementen, met name ²³⁹ Pu et ²⁴¹ Am	1	20	80	800	20	
Totaal alle andere nucliden met een halveringstijd van meer dan tien dagen, met name ¹³⁴ Cs en ¹³⁷ Cs	400	1 000	1 250	12 500	1 000	varkens: 1 250 pluimvee, lammeren, kalveren: 2 500 andere: 5 000

Om de potentiële impact van een atmosferische radioactieve lozing bij een ongeval uit de kerncentrales Doel en Tihange op de buurlanden in te schatten, werden een reeks berekeningen gemaakt met het Lagrangiaans stochastisch deeltjesmodel Flexpart. Flexpart berekent het transport en de dispersie van radioactieve deeltjes doorheen de atmosfeer na een atmosferische lozing. Het model houdt eveneens rekening met droge en natte depletie en berekent de bijhorende droge en natte depositie, indien van toepassing. De focus ligt hier op afstanden groter dan 10 kilometer: de potentiële impact van Doel op Nederland wordt met deze methode dus niet onderzocht, maar deze werd geëvalueerd met de methode voor de lokale impact gezien de afstand van doel tot de Nederlandse grens (3,15 km).

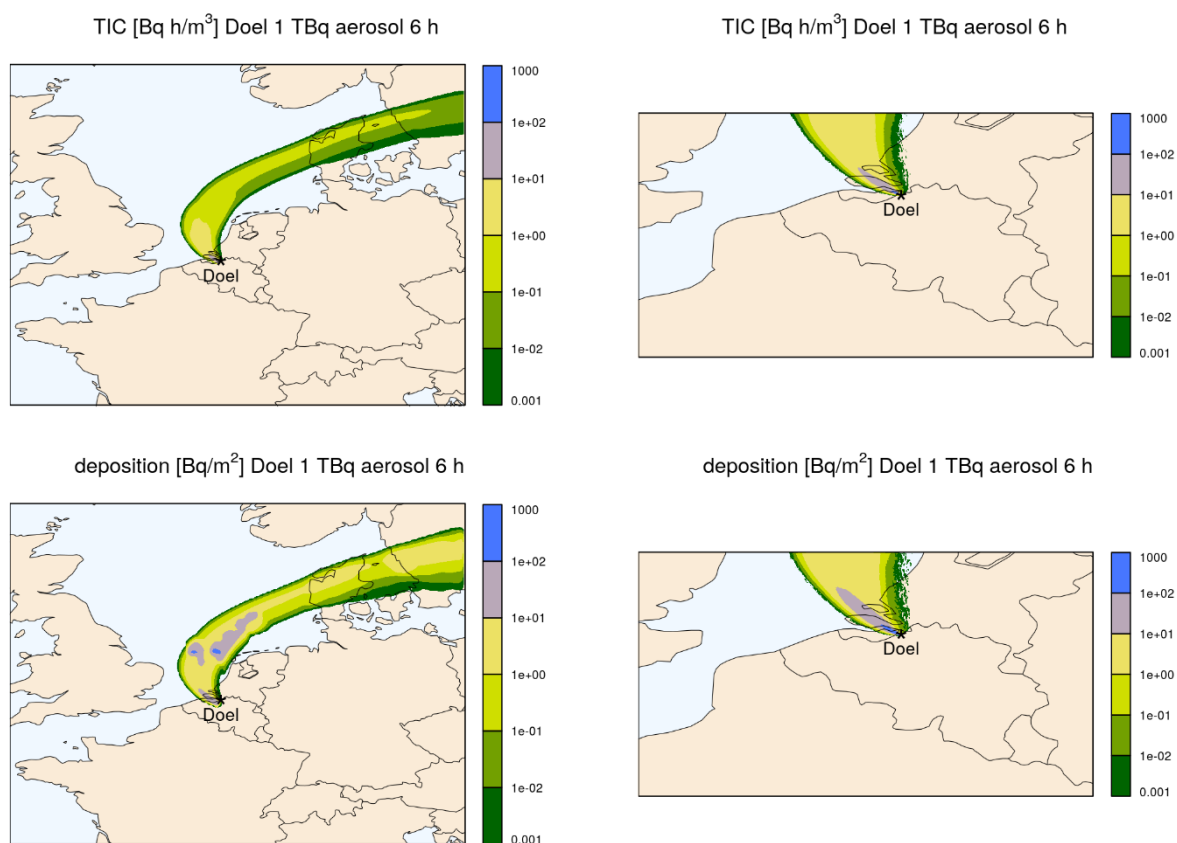
Er werden Flexpart berekeningen uitgevoerd voor het volledige jaar 2020, om zo rekening te houden met verschillende weerkundige omstandigheden. De berekeningen werden uitgevoerd aan de hand van historische numerische weerdata van het Europees Centrum voor Weersverwachtingen op Middellange Termijn (ECMWF). Deze data werd bekomen via het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (KMI). In de berekeningen werd er een lozingsduur van 1 uur verondersteld. Door de resultaten van de berekeningen te aggregeren, kunnen ook andere lozingen in rekening gebracht worden (bv. een lozing gedurende 6 uur). Berekeningen werden gedaan voor edelgassen (geen droge of natte depletie), elementair jodium I₂ en aerosolen. Tijdens de lozing werd er een constante emissie verondersteld van in totaal 1 TBq. Aangezien de concentratie en depositie lineair schalen met de lozing, kunnen de resultaten ook gebruikt worden voor lozingen overeenkomstig de ongevalsscenario's. De berekeningen stopten 48 uur na het einde van de lozing. De berekeningen voor elementair jodium 131 hielden rekening met radioactief verval, terwijl de berekeningen voor edelgassen en aerosolen geen rekening hielden met radioactief verval. Dat laatste is conservatief, aangezien in werkelijkheid concentraties afnemen met de tijd door radioactief verval.

De resultaten van de berekeningen werden uurlijks weggeschreven in twee verschillende berekeningsroosters met dimensies zoals getoond in Figuur 19. Het kleine grid heeft een resolutie van $0,01^\circ$ (± 0.9 km), terwijl het grote grid een resolutie heeft van $0,1^\circ$ (± 9 km). Vervolgens werd per simulatie de luchtconcentratie gesommeerd over de tijd zodat de tijdsgeïntegreerde concentratie (TIC) werd bekomen. Ook werd de geaccumuleerde droge en natte depositie opgeteld voor elke simulatie. Twee voorbeelden van zulke berekeningen worden getoond in Figuur 20 en Figuur 21. Vervolgens werd de hoogste waarde van de TIC en de totale depositie bepaald voor beide grids getoond in Figuur 19 voor verschillende gebieden: Nederland, Duitsland, Frankrijk, Luxemburg en het Verenigd Koninkrijk. Voor de volledigheid werd ook het maximum boven zee en land bepaald.

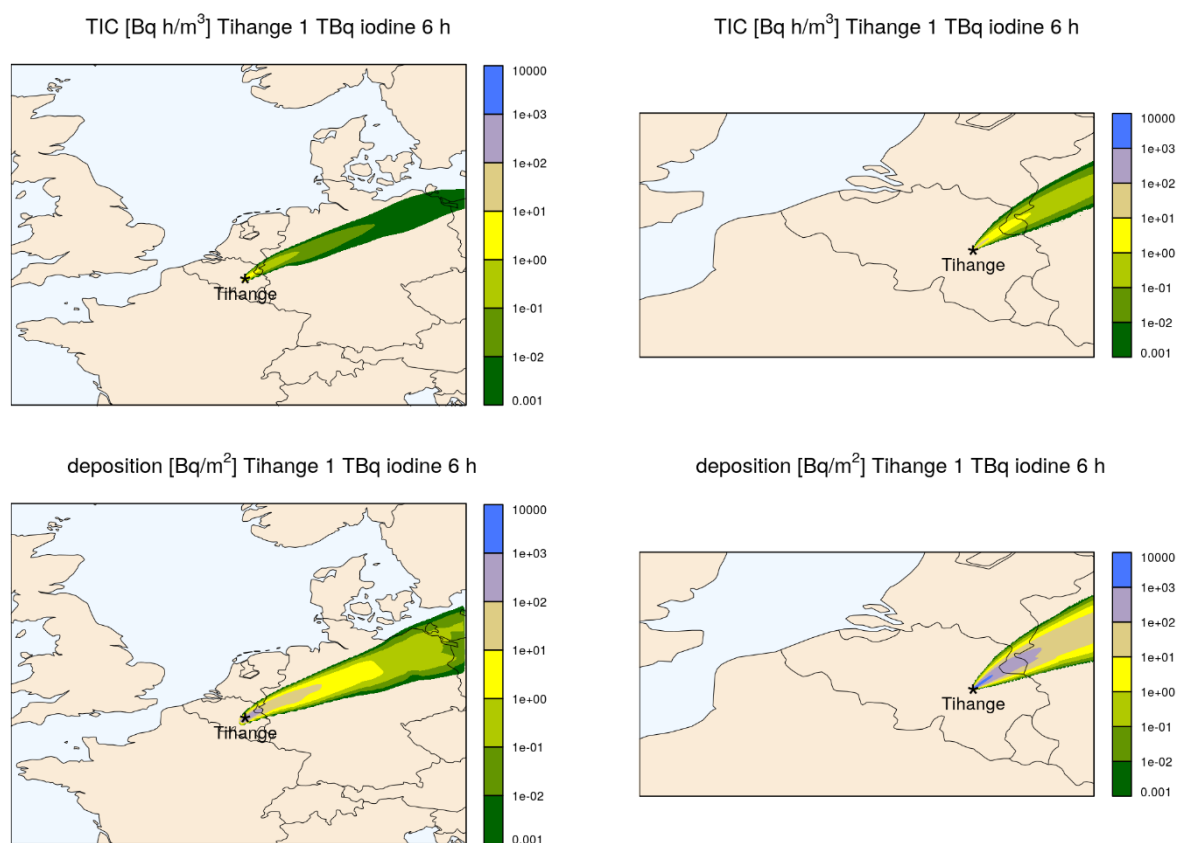
Voor een gegeven kerncentrale (Doel of Tihange), een gegeven radionuclide (edelgas, jodium of aerosol), een gegeven lozingsduur en een gegeven gebied (Nederland, Duitsland, Frankrijk, Luxemburg en het Verenigd Koninkrijk, land of zee) zijn er 8.784 waarden voor de maximale TIC en totale depositie. Dat komt omdat er Flexpart berekeningen werden gestart voor elk uur van het volledige jaar 2020 ($24 \times 366 = 8.784$). Dat laat toe om op een statistische manier de resultaten te interpreteren. We geven hier twee voorbeelden. Figuur 22 toont de distributie van de maximale tijdsgeïntegreerde concentratie van radioactieve edelgassen in Frankrijk na een fictieve lozing gedurende 6 uur uit de kerncentrale van Doel. Figuur 23 toont de distributie van de maximale depositie in Duitsland na een fictieve lozing van radioactief aerosol uit Tihange gedurende 6 uur. Om uiteindelijk de impact te berekenen, maken we gebruik van de hoogste waarde die bekomen werd voor het jaar 2020, voor een gegeven scenario. Dat is een zeer conservatieve schatting: het betreft namelijk de slechts mogelijke meteorologische situatie in een jaar (2020) en dus zijn op alle andere momenten van het jaar de meteorologische omstandigheden gunstiger, in die zin dat er een lagere impact zal zijn voor dezelfde ongevalscenario. We zien ook uit deze figuren dat in 99 % van de meteorologische situaties de impact maar de helft tot een derde zal zijn van de maximale impact.



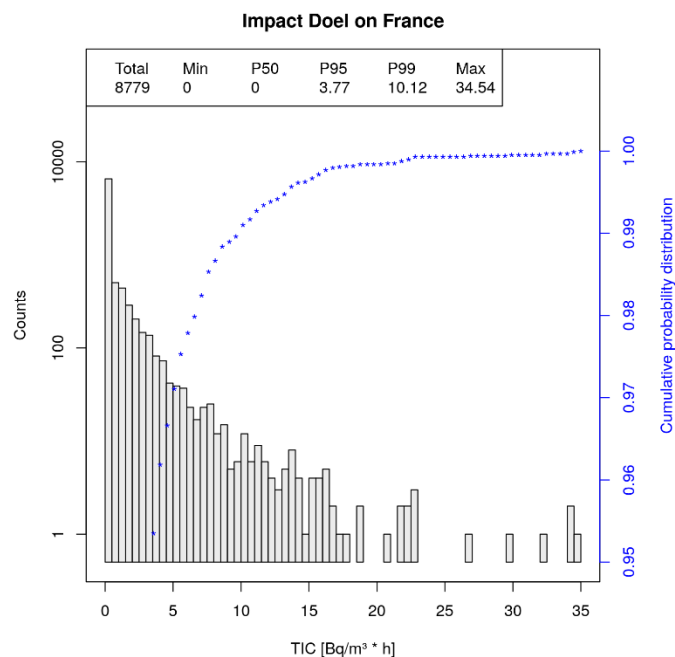
Figuur 19: Berekeningsdomein voor de grensoverschrijdende effecten van de ongevalsscenario's. De getallen onderaan de figuur geven de longitude [°] weer, de getallen links van de figuur geven de latitude [°] weer. (Zie tekst voor meer uitleg).



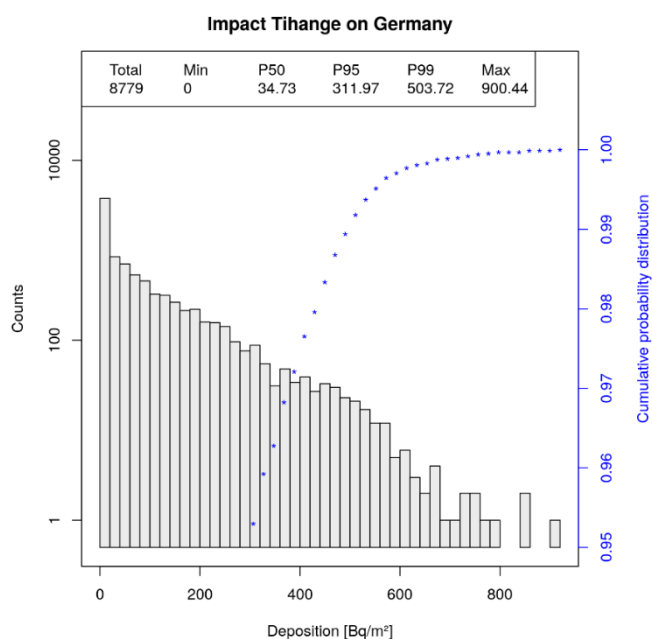
Figuur 20: Voorbeeld van een Flexpart berekening voor een fictieve lozing op 1 januari 2020 tussen 00:00 UTC en 06:00 UTC van 1 TBq radioactieve aerosolen uit de kerncentrale van Doel. De bovenste rij toont de tijdsgeïntegreerde concentratie; de onderste rij toont de totale depositie. De resultaten van de berekeningen worden getoond voor het grote grid (linkse kolom) en het kleine grid (rechtse kolom).



Figuur 21: Voorbeeld van een Flexpart berekening voor een fictieve lozing op 1 juli 2020 tussen 00:00 UTC en 06:00 UTC van 1 TBq elementair jodium 131 uit de kerncentrale van Tihange. De bovenste rij toont de tijdsgeïntegreerde concentratie; de onderste rij toont de totale depositie. De resultaten van de berekeningen worden getoond voor het grote grid (linkse kolom) en het kleine grid (rechtse kolom).



Figuur 22: Verdeling van de maximale tijdsgeïntegreerde concentratie (TIC) in Frankrijk na een hypothetische lozing van radioactieve edelgassen gedurende 6 uur uit de kerncentrale van Doel. Het totale aantal TIC waarden getoond in de verdeling bedraagt 8.779³⁰.



Figuur 23: Verdeling van de maximale totale depositie in Duitsland na een hypothetische lozing van radioactieve aerosolen gedurende 6 uur uit de kerncentrale van Tihange. Het totale aantal TIC-waarden getoond in de verdeling bedraagt 8.779.

³⁰ Dat is iets lager dan $24 \times 366 = 8.784$, aangezien 8.784 berekeningen van een uurlijkse lozing geaggregeerd werden tot 8.779 6-uurlijkse lozingen in het jaar 2020.

Op basis van de atmosferische dispersie- en depositieberekeningen wordt dan de totale effectieve dosis en equivalente schildklierdosis bepaald voor de verschillende ongevallen beschouwd.

2.3.5 Monitoring van de radiologische toestand in de leefomgeving

België is, zoals alle lidstaten van de Europese Unie, verplicht te voldoen aan de eisen van de Europese Commissie (EC) in het kader van het Euratom-verdrag. Artikel 35 van het Euratom-Verdrag schrijft voor dat elke lidstaat de nodige faciliteiten moet opzetten om de radioactiviteitsniveaus in lucht, water en bodem continu te monitoren en de naleving van de basisveiligheidsnormen (Basic Safety Standards) te waarborgen. De formulering 'lucht, water en bodem' wordt geacht allesomvattend te zijn en alle compartimenten van de biosfeer te omvatten. De omgeving is niet beperkt tot de omgeving van een nucleaire installatie, maar geldt voor het hele grondgebied.

Verder moet voldaan worden aan artikel 36 inzake de mededeling van controlegegevens over radioactiviteit in het leefmilieu (radioactiviteit van de lucht, stofdeeltjes in de lucht, oppervlaktewater en drinkwater, melk en levensmiddelen). Dit omvat ook de nieuwe voorschriften betreffende de opvolging van de voedselketen volgend uit de beschermingsmaatregelen na de ramp in Tsjernobyl en Fukushima evenals de aanbeveling 2000/473/EURATOM2 betreffende artikel 36 van het Euratom-verdrag, dat in punt 4 voorziet dat de lidstaten de Commissie alle nodige gegevens dienen mee te delen ter controle van de radioactiviteit in het "gemengd regime" teneinde globale informatie te verkrijgen over de opname van radioactiviteit door de mens, via de voedselketen.

Het OSPAR-verdrag (OSlo-PARis) inzake de bescherming van het mariene milieu van de Noordzee en het noordoostelijke deel van de Atlantische Oceaan verplicht de aangesloten landen tot de ontwikkeling van controle- en onderzoeksprogramma's over de impact van radioactieve lozingen op het mariene milieu. Het programma is georganiseerd in zes strategieën: (1) Bescherming en behoud van mariene biodiversiteit en ecosystemen; (2) Eutrofiëring; (3) Gevaarlijke stoffen; (4) Offshore olie- en gasindustrie; (5) Radioactieve stoffen; (6) Monitoring en evaluatie. Het verdrag voorziet in een drastische vermindering van radioactieve lozingen in het mariene milieu tot bijna nul-concentraties voor kunstmatige radioactiviteit. Tevens spoort de Europese Commissie krachtens de OSPAR-strategie de lidstaten aan te investeren in fundamentele onderzoekprogramma's met betrekking tot de gevolgen van radioactieve lozingen in het mariene milieu (flora, fauna en mensen).

Tenslotte zijn er nog internationale richtlijnen, zoals de richtlijnen van het International Atoom Energie Agentschap (IAEA Safety Guide N° RS-G-1.8 "Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection"). Volgens deze richtlijnen moet een off-site monitoringsprogramma volgende metingen omvatten: meting van de externe dosis of dosistempo en de radionuclide activiteit in omgevingsstalen relevant voor menselijke blootstelling met name in de lucht, drinkwater, bodem, sedimenten, landbouwproducten en natuurlijke voedingsmiddelen evenals bioindicatoren (korstmossen die radioactiviteit concentreren en een trend in functie van de tijd kunnen geven).

Het FANC-AFCN is belast met de controle van de radioactiviteit van het gehele grondgebied en met het toezicht op de door de bevolking ontvangen dosis ioniserende straling en voert dit radiologisch toezichtprogramma op het Belgische grondgebied uit sinds 2001. Het toezichtprogramma betreft zowel natuurlijke als kunstmatige radioactiviteit en wordt op twee manieren uitgeoefend:

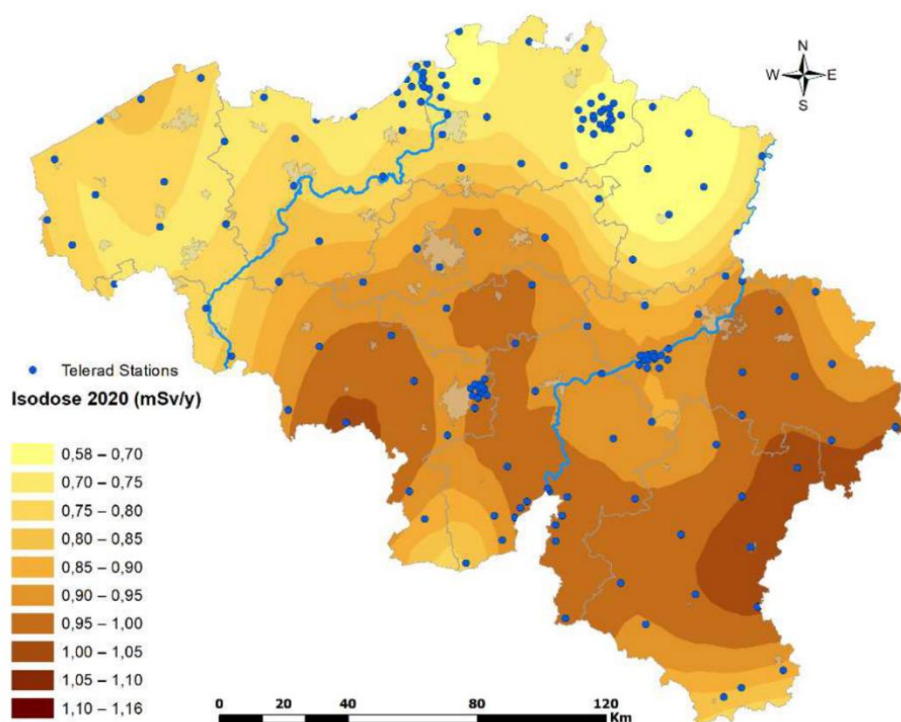
Op **continue wijze**: door het automatische TELERAD-netwerk voor het meten van de lokale omgevingsradioactiviteit, een netwerk van 250 meetstations verdeeld over het volledige Belgische grondgebied die voortdurend de radioactiviteit (meer bepaald gammastraling) in de lucht en het water van de rivieren meten. Dit maakt het mogelijk om 24 uur op 24 vrijwel onmiddellijk (real-time) over stralingswaarden te beschikken en snel te reageren als het stralingsniveau een vooraf bepaalde drempelwaarde overschrijdt. Het netwerk heeft verdichtingen rond nucleaire installaties zoals KC Doel en CN Tihange, bestaande uit een groot aantal (zo'n 20 per site) ringstations geïnstalleerd op de perimeter van de site en agglomeratiestations in de omgeving van de site.

Het TELERAD-netwerk is één van de dichtste netwerken voor het meten van stralingsniveaus in Europa en de wereld met 5,3 stations per 1000 km². Het omvat:

- 162 *omgevingsdosisequivalent stations* (detector van het Geiger Müller type, H*[10]), voor de meting van de gammaradioactiviteit in de omgeving;
- 64 *spectroscopische meetstations*: 1,5"x1,5" natriumjodide (NaI) scintillatiedetectoren + Geiger Müller (GM) tellers voor dosistempo > 400 µSv/h voor de meting van gammaradioactiviteit in de omgeving en de meting van een aantal radionucliden (10 pre-gedefinieerde radionucliden). Deze zijn verspreid langs de omheining rond de nucleaire sites van het SCK CEN, de kerncentrales in Doel en Tihange, alsook rond het IRE;
- 11 *meetstations langs rivieren* (LaBr₃) die voortdurend de gammastraling in het rivierwater meten;
- 13 *meteostations* (30 meter hoge mast).

Alle stations meten dosistempo (omgevingsdosisequivalenttempo H*[10] wat in bijna alle gevallen een conservatieve schatting geeft van de effectieve dosis die een persoon door externe straling oploopt) en zijn in staat zowel achtergrondniveaus nauwkeurig te meten, waarbij de variatie in de natuurlijke achtergrondstraling in functie van de tijd waargenomen kan worden, alsook nauwkeurige metingen te doen bij sterk verhoogde dosistempo's (ongevalssituaties). De gegevens zijn online beschikbaar via de website <http://telerad.fgov.be>. De gegevens van alle Europese landen worden daarenboven verzameld en ter beschikking gesteld via EURDEP: "The Radioactivity Environmental Monitoring (REM) group of the Joint Research Centre (JRC)" van de Europees Commissie: <https://eurdep.jrc.ec.europa.eu/Entry/Default.aspx>. Daar kunnen naast Belgische data ook data van de andere Europese meetnetwerken geraadpleegd worden, zoals bv. de resultaten van het Nederlandse Nationale Radioactiviteit beheerd door het RIVM dat stations heeft net over de grens in de omgeving van KC Doel (zie ook: <https://www.rivm.nl/nationaal-meetnet-radioactiviteit/resultaten>).

Op basis van de continue TELERAD-data kan ook de dosis door externe straling op jaarbasis bepaald worden. Deze is weergegeven in *Figuur 24*.



Figuur 24: De dosis in mSv per jaar ten gevolge van externe straling (kosmische en aardstraling) zoals bepaald aan de hand de TELERAD metingen (jaar 2020). Vnl. door de samenstelling van de ondergrond varieert de externe dosis over België op jaarbasis aanzienlijk en wel tussen 0,58 en 1,16 mSv/jaar. Deze figuur toont ook mooi de verschillende lagen van het TELERAD-netwerk: een verdichting van het netwerk rond de nucleaire installaties met ringstations en agglomeratiestations en daarnaast het nationale netwerk dat het hele grondgebied afdekt met typisch 1 detector om de 20 km x 20 km (Figuur: FANC-AFCN).

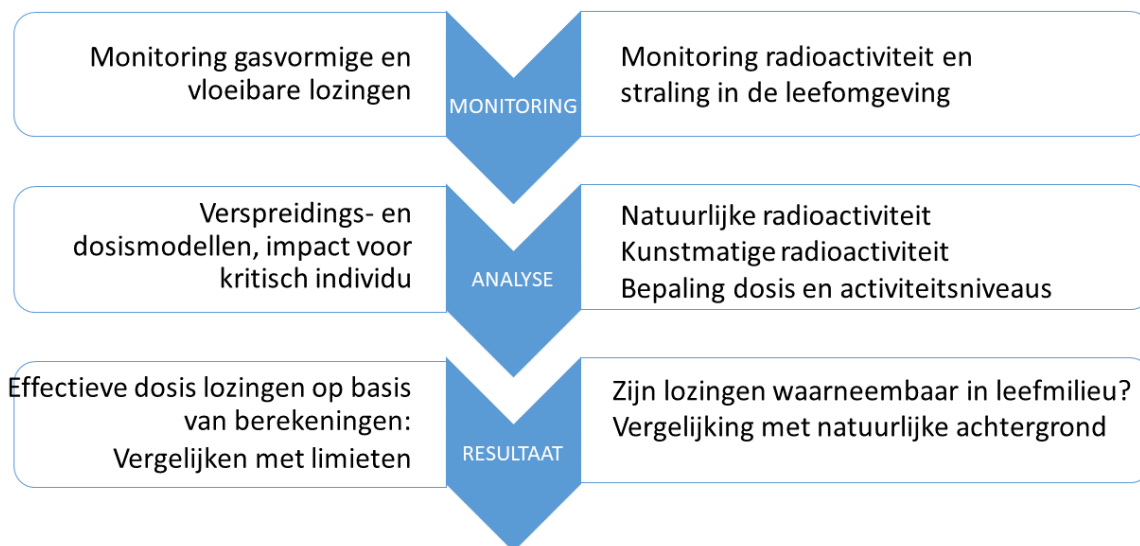
Op **discontinue wijze**: door middel van periodieke metingen in situ (staalname), die vervolgens worden geanalyseerd in gespecialiseerde laboratoria. Dit maakt het mogelijk om zeer kleine hoeveelheden radioactiviteit te kunnen meten.

Het geheel zorgt voor een controle van radioactiviteit in o.a. de lucht, regenwater, oppervlaktewateren en drinkwater, de bodem en afzettingen van rivieren (sediment), de kuststreek en producten uit de voedselketen.

Het toezichtsprogramma heeft bovendien twee componenten: (1) een globaal toezicht over het volledige grondgebied, buiten de gebieden waar nucleaire activiteiten plaatsvinden en (2) een nauwlettend toezicht rond de nucleaire installaties. Daarnaast is er ook een specifiek referentiegebied gedefinieerd, met name Brussel. De resultaten van beide zijn publiek beschikbaar met rapporten voor de jaren vanaf 1996 tot 2021^{xlii}.

Naast het toezichtprogramma van het FANC-AFCN, heeft Electrabel nv ook een eigen programma van radiologisch toezicht rond de sites van KC Doel en CN Tihange, waarvan de opzet en resultaten besproken worden in de respectievelijke delen van milieueffectbeoordeling van Doel 4 en Tihange 3.

Tijdens de normale uitbating van de kerncentrales geeft de monitoring van de radioactiviteit in de omgeving een complementair beeld aan dat van het monitoren van de gasvormige en vloeibare lozingen voor wat betreft de inschatting van de radiologische impact op mens en milieu, zoals weergegeven in Figuur 25.



Figuur 25: Via twee complementaire wegen wordt de impact op mens en milieu van de uitbating van KC Doel en CN Tihange opgevolgd: het monitoren van de lozingen en het monitoren van de leefomgeving.

Voor potentiële incidenten en ongevalsituaties is het monitoringprogramma eveneens een belangrijke schakel, het continue netwerk geeft ogenblikkelijke informatie over verhoogde niveaus aan straling en/of radioactiviteit in de leefomgeving. Bij overschrijding van vooraf ingestelde niveaus treden automatisch respons-acties in werking. Het discontinue programma kan, gezien de grotere gevoeligheid voor het detecteren van zeer kleine hoeveelheden radioactiviteit in lucht, water, bodem, voedsel, erg kleine potentiële afwijkingen gerelateerd aan de uitbating van de kerncentrales opsporen. Voor noodsituaties wordt dit monitoringprogramma aangevuld met de voorzieningen in het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgische grondgebied (koninklijk besluit van 1 maart 2018).

2.3.6 Classificatie van radioactief afval en beheer van dit afval en verbruikte splijtstoffen

Volgens de wet van 3 juni 2014 die de Europese Richtlijn 2011/70/Euratom omzet, wordt radioactief afval gedefinieerd als volgt³¹:

“Radioactief afval: een radioactieve stof in gasvormige, vloeibare of vaste staat waarvoor de Staat of een natuurlijke persoon of rechtspersoon wiens beslissing is aanvaard door de goedkeuring van een Nationale Beleidsmaatregel met betrekking tot deze stof zoals bedoeld in §6 en §7 van dit artikel, geen verder gebruik meer voorziet of overweegt en die door de bevoegde regelgevende autoriteit als radioactief afval wordt beschouwd, of indien deze stof dient te worden beschouwd als radioactief afval op grond van een wettelijke of reglementaire bepaling”.

Een correcte classificatie van radioactief afval is nodig om ervoor te zorgen dat de inzameling, het transport, de opslag en de behandeling van afval op een manier wordt uitgevoerd die bescherming biedt voor het milieu en de menselijke gezondheid en in overeenstemming is met de wettelijke vereisten.

Radioactief afval wordt met betrekking tot de operationele stralingsbescherming op de sites van de kerncentrales ingedeeld in drie categorieën op basis van het dosisdebiet op contact:

- Laagactief afval (dosisdebiet < 5 mSv/h);
- Middelactief afval (dosisdebiet ≥ 5 mSv/h en ≤ 2 Sv/h);
- Hoogactief afval (dosisdebiet > 2 Sv/h).

Met betrekking tot het beheer op lange termijn wordt radioactief afval ingedeeld op basis van de hoeveelheid (activiteit) en soort straling en de tijdsperiode waarin de stof radioactief blijft (gerelateerd aan de halveringstijd). Op basis van deze eigenschappen kan het afval ingedeeld worden naargelang de mate van insluiting en afzondering van een bergingssysteem dat nodig is om de veiligheid op lange termijn te waarborgen, rekening houdend met het mogelijk gevaar van de verschillende soorten afvalstoffen. Dit weerspiegelt een graduele aanpak om de veiligheid te garanderen.

In België classificeert NIRAS (de Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte Splijtstoffen) radioactieve afvalstoffen in drie categorieën: A, B en C.

- **Categorie A:** verwijst naar het laag- en middelactief kortlevend afval. Laagactief afval bevat kleine hoeveelheden radioactiviteit. Het komt voornamelijk voort uit de werking van kerncentrales, maar ook van opwerking, onderzoek en productie van radio-isotopen en hun gebruik in de nucleaire geneeskunde en in de industrie. Voorbeelden van afval van categorie A zijn besmette schoenhoesjes en kleding, vezels, mops, filters, medische buizen, wattenstaafjes, injectienaalden, spuiten, afval van dode dieren (kadavers) en andere weefsels. Het kan ook brandwerende stoffen en beschermende kunststofbekleding omvatten die gebruikt worden in onderhoudswerkzaamheden, evenals delen van de uitrusting die uit een centrale zijn verwijderd.
- **Categorie B:** groepeerd laag- en middelactief langlevend afval. Middelactief afval bevat hogere radioactiviteitsniveaus dan laagactief afval en vereist afscherming wanneer het wordt behandeld. Het komt voornamelijk voort uit de fabricage van nucleaire brandstoffen, van nucleair onderzoek en de opwerking van verbruikte splijtstof. Bij ontmanteling van een reactor, worden sommige delen van de reactor ook ingedeeld als middelactief afval.
- **Categorie C:** bevat hoogradioactief langlevend afval. Het komt voornamelijk voort uit verbruikte brandstoffen die werden aangegeven als afval en uit verwerking van gebruikte brandstof. Categorie C-afval heeft 'een dergelijk hoog niveau van straling dat het warmte produceert en zware afscherming nodig heeft.

³¹ Merk op dat deze definitie licht verschilt van deze gehanteerd in art. 3 van het ARBIS (KB van 20 juli 2001): « radioactieve afvalstoffen: alle radioactieve stoffen, afkomstig van een vergunde handeling of van een beroepsactiviteit die geheel of gedeeltelijk als een niet vrijgestelde handeling wordt beschouwd met toepassing van artikel 9.3, en waarvoor binnen de inrichting geen verder gebruik is voorzien, evenals de radioactieve stoffen afkomstig van een interventie uitgevoerd met toepassing van artikel 72bis of van een beschermingsmaatregel toegepast bij een radiologische noodsituatie ».

2.3.7 Algemeen beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen

2.3.7.1 Doelstelling

Het overkoepelende doel van het beheer van radioactieve afvalstoffen is de bescherming van zowel mens als milieu, nu en in de toekomst. De beste manier om dit te doen, is om het afval te concentreren, in te sluiten en te isoleren van het milieu. Dit maakt het mogelijk om eventuele vrijgave in het milieu te beperken en te onderwerpen aan de regelgeving. Het voortbrengen van radioactief afval moet worden voorkomen of, indien dit niet redelijkerwijs uitvoerbaar is, beperkt worden in termen van hoeveelheid en activiteit.

Actoren

Synatom

Synatom nv is een private onderneming waarvan het kapitaal volledig in handen is van Electrabel nv, maar waarbij de Belgische Staat een golden share bezit dat de federale minister van energie een vetorecht geeft bij beslissingen van de raad van bestuur die zouden kunnen ingaan tegen het energiebeleid van ons land. Het doel van Synatom, na een uitbreiding in 2003, is het beheren van activiteiten in verband met de nucleaire brandstofcyclus alsook de voorzieningen aangelegd voor de ontmanteling van de kerncentrales en voor het beheer van splijtstoffen bestaand in deze kerncentrales.

Exploitanten

De exploitanten (Electrabel nv, EDF Luminus, Belgoprocess, IRE, ziekenhuizen, isotoopproducenten, onderzoekscentra zoals SCK CEN, ...) zijn de eerste verantwoordelijke partijen voor het radioactieve afval dat in hun faciliteiten wordt gegenereerd. Zij zijn verantwoordelijk voor het opstellen en uitvoeren van de algemene afvalbeheerstrategie voor hun instelling, en voor de financiering van het beheer van radioactief afval, in overeenstemming met het principe "de vervuiler betaalt". Electrabel nv baat de kerncentrales uit van Doel en Tihange.

Afvalbeheerorganisatie: NIRAS

NIRAS, de Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte Splijtstoffen werd opgericht bij artikel 179, §2, 1°, van de wet van 8 augustus 1980^{xliii}. Als nationale afvalbeheerorganisatie is zij verantwoordelijk^{xliiv} voor het veilig beheer van radioactief afval (ongeacht de oorsprong en herkomst) op korte en lange termijn. Belgoprocess nv is een dochtermaatschappij van NIRAS die een reeks opslaggebouwen voor radioactief afval uitbaat, en die ook zorgt voor de verwerking en opslag van radioactief afval voor de producenten die daarom vragen.

Veiligheidsoverheid en regulator: FANC

FANC, het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, is de bevoegde overheid op het vlak van veiligheid en beveiliging van nucleaire toepassingen en werd opgericht bij artikel 2 van de wet van 15 april 1994^{xliv}. Bel V, opgericht in 2007, verzorgt, als dochtermaatschappij van FANC, hierbij de nodige technische ondersteuning. De toezichtsoverdrachten die het FANC aan Bel V kan delegeren en de praktische modaliteiten ervan werden opgenomen in de wijziging van het ARBIS van 6 december 2018. In 2019 werd een beheersovereenkomst getekend om dit KB te concretiseren^{xlvi}.

Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie

De Dienst Nucleaire Toepassingen binnen de Algemene Directie Energie van de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, ziet toe op de nucleaire onderzoeksactiviteiten en superviseert tevens de activiteiten van (o.a.) Synatom en NIRAS, onder de voogdij van de ministers van energie en economie.

2.3.7.2 Afvalbeperking, behandeling en conditionering

Het beperken van de productie van radioactief afval is een belangrijke initiële stap in het afvalbeheer. Daarom moeten exploitanten proberen om een installatie zodanig te ontwerpen, te bouwen, te bedienen en te ontmantelen om zowel het afvalvolume als de radioactiviteit tot een absoluut minimum te beperken. De belangrijkste elementen van afvalbeperking omvatten:

- de reductie aan de bron, zowel volumevermindering als preventie van verontreiniging/activatie;
- het hergebruik en recyclage van waardevolle materialen uit de afvalcyclus; en

- de optimalisering van afvalverwerking.

Het doel van afvalbehandeling en -conditionering is het omzetten van radioactief afval in een vast en stabiel eindproduct dat voldoet aan de specificaties voor opslag en definitieve verwijdering.

De processen voor het verwerken en conditioneren van het radioactief afval worden bij de kerncentrales zelf (voor een deel van hun eigen afval) toegepast of zijn gecentraliseerd op de Belgoprocess-site te Dessel.

Naargelang de aard van de afvalstroom wordt de afvalverwerking te Belgoprocess als volgt toegepast^{xlvii}:

- vloeibaar radioactief afval wordt in tanks verzameld en door een chemische of thermische behandeling tot een klein volume slib herleid;
- vast brandbaar radioactief afval wordt verbrand bij een temperatuur van 900 °C;
- vast niet-brandbaar radioactief afval wordt verzameld in stalen vaten die, indien mogelijk, onder zeer hoge druk (2.000 ton) worden geperst tot een schijf met een hoogte van ongeveer 25 centimeter;
- niet-brandbaar en niet-persbaar afval wordt versneden en in standaardvaten verzameld.

Het residu dat na de verwerking overblijft, wordt ingekapseld in cement, zodat de radioactieve deeltjes vastgehouden worden. Hierna wordt alles verpakt in stalen vaten. Zodra het radioactief afval verwerkt is en in een vat ingesloten is, wordt het 'geconditioneerd' genoemd.

2.3.7.3 Opslag

Opslagfaciliteiten zijn ontworpen om afvalcolli in een geschikte nucleaire installatie op te nemen, met de mogelijkheid ze terug uit deze installatie weg te halen. Aangezien opslag steunt op actieve elementen van onderhoud, controle en toezicht vormt het geen beheersoplossing op de lange termijn. Er zijn echter verschillende redenen voor het *tijdelijk* opslaan van radioactief afval, onder meer:

- om verval van kortlevende radionucliden te laten gebeuren tot een niveau waarop het radioactief afval vrijgesteld is van regulerende controle;
- om een voldoende hoeveelheid radioactief afval te verzamelen en op te halen vóór de overdracht naar een andere faciliteit voor verwerking/conditionering of berging;
- om de warmteproductie van hoogactief afval te verminderen.

In België wordt het geconditioneerd radioactief afval tijdelijk opgeslagen in geschikte afgeschermd opslaggebouwen op de site van Belgoprocess. Belgoprocess beschikt over acht geschikte bunkergebouwen voor laagactief geconditioneerd afval, middelactief geconditioneerd afval, hoogactief verglaasd afval en afval dat alfadeeltjes uitstraalt.

Hoogactief afval is het kleinste in volume (1,4 % van alle afvalstoffen), maar vertegenwoordigt 98 % van de radioactiviteit in alle opgeslagen afvalstoffen. Hoogactief afval bestaat voornamelijk uit verglaasd afval dat naar België werd vervoerd na de opwerking in Frankrijk van gebruikte brandstofelementen van de Belgische kerncentrales.

Verbruikte splijtstof wordt momenteel (nog) niet als afval aangemerkt. De huidige eigenaar van de kernbrandstof, Synatom, heeft nog geen beslissing genomen omtrent de eventuele (partiële) recyclage van mogelijke grondstoffen uit de verbruikte splijtstoffen. Tot voor een aantal jaar beschouwde Synatom in zijn referentieprogramma een scenario waarbij ongeveer 1.200 tHM (hetgeen overeenkomt met ongeveer een kwart van de geprojecteerde inventaris aan verbruikte splijtstoffen op het einde van de levensduur van de reactoren) zou worden opgewerkt^{xlviii}. Synatom meende dat gedeeltelijke opwerking in eerste instantie een oplossing zou kunnen zijn voor het gebrek aan opslagcapaciteit. Echter, aangezien het valorisatiepotentieel van het herwonnen fissiele materiaal te beperkt was³² én er recent (2021) vergunningen bekomen werden voor de oprichting en exploitatie van nieuwe

³² De productie van brandstofelementen op basis van opgewerkte bestraalde splijtstoffen is pas mogelijk na een afkoelingsperiode van een aantal jaar. De volledige opwerkingsprocedure neemt volgens Areva ongeveer 10 jaar in beslag. Bijgevolg is de resterende termijn tot aan de sluiting van de laatste reactor (veel) te kort om de splijtstof te hergebruiken die afkomstig is uit de opwerking van de volledige voorraad Belgische kernbrandstof in onze centrales. Bovenop dat tijdsaspect komt het verkrijgen van een nieuwe

opslaginrichtingen zowel te Doel en Tihange via het “Spent Fuel Storage Facility” of SF² project^{xlix}, lijkt een scenario zonder opwerking nu waarschijnlijker. In afwachting van de definitieve beslissing worden de gebruikte splijfstofbundels vandaag tijdelijk opgeslagen op de sites van de kerncentrales te Doel en Tihange.

In Doel is de opslag van het droge type. De gebruikte brandstofelementen worden in ‘dual purpose’ casks (DPC) (Figuur 26) geplaatst die in een speciaal gebouw op de Doel-site opgeslagen worden. DPC zijn containers die kunnen gebruikt worden zowel voor tussentijdse opslag als voor transport op en buiten de site. Het huidige opslaggebouw voor verbruikte splijfstof te Doel, het SplijststofContainerGebouw of SCG, heeft een maximale opslagcapaciteit van 165 splijststofcontainers van het DPC type en zal verzadigd geraken na 2024.

Met het SF²-project wordt bijkomende tussentijdse opslagcapaciteit voorzien voor verbruikte splijfstof op de productiesite van KC Doel. Het SF²-project maakt het mogelijk om de splijstofdokken van de nucleaire eenheden leeg te maken na de definitieve stopzetting van de nucleaire eenheden. Het leegmaken van de dokken is noodzakelijk vooraleer de ontmanteling van de nucleaire eenheden kan worden aangevat. Het SF²-project omvat drie gebouwen: het hoofdgebouw (SFB) waar splijststofcontainers van het DPC type zullen worden opgeslagen, het hulpgebouw (AUX) en het opslaggebouw voor uitrustingen (ASB). De maximale capaciteit van het SFB omvat 108 containers. In werkelijkheid zullen er maximaal 97 containers worden opgeslagen, omdat 2 posities worden vrijgehouden voor behandeling van de containers en 9 posities voor mitigatiemaatregelen in een ongevalssituatie. Electrabel nv voorziet dat het nieuwe opslaggebouw in 2025 in gebruik genomen kan worden.^{li}

De opslag in Tihange is momenteel van het natte type. De brandstofelementen worden opgeslagen in speciaal daarvoor voorziene baden die zich in het opslaggebouw DE op de site van Tihange bevinden. Ook daar zou de opslagcapaciteit na 2022 verzadigd geraken. Het SF²- project te Tihange^{lii} voorziet in de bouw van een nieuwe opslaginrichting op een zeer gelijkaardige manier als in Doel: nl. gebruik makende van droge opslag van DPC-type splijststofcontainers. Op zijn maximale capaciteit zal het nieuwe opslaggebouw 117 DPC-containers kunnen herbergen. Het nieuwe opslaggebouw op de site van Tihange is momenteel volop in aanbouw, met de bedoeling het in de loop van 2023 in gebruik te nemen.

exploitatievergunning voor de eventuele MOX brandstof. Op dit moment beschikt geen enkele Belgische kernreactor immers over een dergelijke vergunning.^{xlviii}



Figuur 26: Principe van droge opslag van verbruikte splijtstofelementen in Dual Purpose Casks (DPC) zoals voorzien in de SF² opslaginstallaties^{liii}. De verpakking bestaat uit een metalen structuur die zo is ontworpen dat de restwarmte van de verbruikte splijtstof passief kan worden afgevoerd door interne geleiding, straling en natuurlijke convectie. De verpakking is gemaakt van metaal en andere materialen die bescherming bieden tegen ioniserende straling.

Beide nieuwe opslaginstallaties zijn ontworpen om voor 80 jaar te opereren zodanig dat deze volledig onafhankelijk kunnen worden na de ontmanteling van de andere nucleaire installaties.

2.3.7.4 Berging

Het bergen van radioactief afval, zoals gedefinieerd in de Belgische wetgeving, verwijst naar het plaatsen ervan in een installatie zonder de bedoeling het afval terug te halen, maar zonder afbreuk te doen aan de mogelijkheid om, in voorkomend geval, over te gaan tot recuperatie van het afval.

De term 'oppervlakteberging' verwijst naar de berging van laag- en middelactief kortlevend radioactief afval (afval van categorie A) in een geschikte faciliteit aan het aardoppervlak.

De term 'diepe berging' verwijst naar de berging van radioactief afval in een ondergrondse bergingsinstallatie in een stabiele geologische formatie om de afvalstoffen op lange termijn in te sluiten en te isoleren van de toegankelijke biosfeer. Diepe berging wordt internationaal als een geschikte beheersoplossing gezien om mens en milieu duurzaam te beschermen tegen de risico's verbonden aan hoogradioactief en / of langlevend afval (afval van categorie B en C).

Oppervlakteberging

De vergunningsaanvraag voor de oppervlaktebergingsinstallatie voor categorie A-afval te Dessel is lopende. Bij besluit van de federale regering van 16 januari 1998^{liv} en 23 juni 2006^{lv} is het Categorie A afval bestemd voor berging in een oppervlaktebergingsinstallatie op het grondgebied van de gemeente Dessel. Het doel van de oppervlakteberging te Dessel is om al het huidige en voorziene afval van categorie A in België veilig te bergen in een oppervlakteberging bestaande uit 34 bergingseenheden (betonnen modules). De totale volumetrische

capaciteit van de bergingsinstallatie bedraagt 163200 m³ (4800 m³ per module) bergingsvolume afval. Dit bergingsvolume, corresponderend met de externe dimensies van de caissons (betonnen kisten) die, eens gevuld met afval en vulmortel, monolieten genoemd worden, laat toe om een opslagvolume van 70500 m³ categorie A-afval te bergen.

Er zijn 3 types caissons waarin het afval geplaatst en geïmmobiliseerd zal worden (Figuur 27):

- Type I caissons kunnen 4 400L vaten of 5 220L vaten met geconditioneerd afval bevatten;
- Type II caissons (beperkt aantal) worden gebruikt voor niet-standaard verpakkingen met doorgaans een groter volume; en
- Type III caissons zijn voorzien om rechtstreeks ruw en/of verwerkt radioactief afval (bulkafval) in te brengen. Het afval wordt geplaatst in een binnenkorf, om de binnenzijde van de caisson te beschermen tegen schokken tijdens het laden en om de aanwezigheid van vulmortel tussen de binnenwanden van de caisson en het afval te bevorderen.



Figuur 27: Illustraties van de drie types caissons^{lvi} met afval: type I (links), type II (midden) en type III (rechts). Na plaatsing van het deksel en opvulling van de ruimte tussen afval en caisson met vulmortel worden deze bergingscolli "monolieten" genoemd.

De monolieten worden naar de modules getransporteerd met een trolley. In de modules worden monolieten gepositioneerd en gestapeld door middel van een rolbrug met een voor dit doel ontworpen grijper. De opvulling van de modules gebeurt laagsgewijs, in lagen van 12 × 13 monolieten (Figuur 28). Een module kan 936 type I monolieten in 6 lagen bevatten, of 780 type II of III monolieten in 5 lagen.



Figuur 28: Schets van de bergingsinstallatie voor categorie A afval tijdens de opvulling met monolieten^{lvii}.

De exacte hoeveelheid afval die geborgen zal worden, hangt onder meer af van de toekomstige productie van exploitatie- en ontmantelingsafval, en zal ook beperkt worden door de radiologische capaciteit van de berging³³.

Diepe berging

Diepe berging dient begrepen te worden als de plaatsing van radioactief afval in een bergingsinstallatie op een passende diepte in een geschikte geologische formatie teneinde de bevolking en het leefmilieu te beschermen tegen de radiologische en fysicochemische risico's die dit afval met zich meebrengt. Diepe berging wordt voorgesteld als referentie-oplossing voor B&C afval, i.e. hoogradioactief afval en langlevend laag- en middelactief afval, met inbegrip van verbruikte splijtstoffen die als afval worden aangemerkt.

In september 2020 legde NIRAS een ontwerp van koninklijk besluit tot vaststelling van het eerste deel van de Nationale Beleidsmaatregel met betrekking tot het langetermijnbeheer van hoogradioactief en/of langlevend afval³⁴, en tot verduidelijking van het stapsgewijze proces voor de vaststelling van de andere delen van deze Nationale Beleidsmaatregel, voor aan haar voorgedijministers ^{lviii}. Samengevat komt het voorstel neer op het volgende:

1. Diepe berging op het Belgische grondgebied op één of meer locatie(s) is voor deze afvalcategorieën conceptueel de aan te bevelen wetenschappelijk-technologische en maatschappelijke keuze als eindbestemming. De keuze voor diepe berging is in lijn met de internationale standaarden en aanbevelingen, met de 2011/70/Euratom Richtlijn, met de wereldwijde wetenschappelijke consensus, en met de aanbevelingen van het FANC.
2. De volgende delen van de Nationale Beleidsmaatregel worden voorbereid, ontwikkeld en, desgevallend, aangepast in het kader van een stapsgewijs, participatief, geleidelijk en omkeerbaar besluitvormingsproces

³³ De impact op lange termijn ten gevolge van de berging, en de aanvaardbaarheid daarvan, zijn sterk afhankelijk van de beschouwde radiologische bronterm. Aan de radionucliden die het sterkst bepalend zijn voor de impact, worden beperkingen opgelegd, vanuit het basisprincipe de activiteitsinhoud aan langlevende radionucliden te beperken.

³⁴ Merk op dat voor de meest radioactieve fractie van radiumhoudende afval dat afkomstig is van historische radiumproductieactiviteiten te Olen een specifieke beleidsmaatregel zal ontwikkeld worden.

dat bestemd is om de toekomstige beslissingen voor te bereiden; deze delen omvatten minstens het besluitvormingsproces, de modaliteiten inzake omkeerbaarheid, terugneembaarheid en monitoring voor een te bepalen periode en locatie(s) waar de diepe berging wordt uitgevoerd.

3. Om de varianten, de alternatieven en de optimalisering van geologische berging te evalueren zullen enerzijds een continue opvolging van de wetenschappelijke, technische, financiële en maatschappelijke ontwikkelingen op internationaal en nationaal vlak³⁵ en, anderzijds, een evaluatie van de mogelijkheid van een gezamenlijke bergingsinstallatie te ontwikkelen in België of in een ander land, uitgevoerd worden.

Recent, op 22 november 2022, werd een koninklijk besluit gepubliceerd dat het eerste deel van de Nationale Beleidsmaatregel inzake het langetermijnbeheer van hoogradioactief en/of langlevend afval in België vastlegt. Het bekrachtigt dus de principebeslissing voor diepe berging op Belgisch grondgebied, en legt de basis om in een later stadium en binnen een duidelijk kader de uitvoeringsmodaliteiten te preciseren. Dat zal geleidelijk gebeuren via een participatief, transparant en stapsgewijs besluitvormingsproces (deel 2), dat zal leiden tot de keuze van één of meer uitvoeringssites (deel 3).

Wereldwijd worden geologische bergingsites in stabiele geologische formaties uitgewerkt als de meeste geschikte eindbestemming voor dit type afval. De meest onderzochte formaties in dit verband zijn granietformaties (o.a. Scandinavische landen), zout (o.a. VSA, Duitsland, Nederland), en klei (o.a. Frankrijk, Zwitserland, Canada, Nederland). Ook in België worden door NIRAS weinig verharde kleilagen³⁶ onderzocht als gastformatie voor een diepe berging. Zo wordt de Boomse Klei³⁷ al sinds de jaren '70 in deze context bestudeerd. Begin jaren '80 werd in de Boomse klei een ondergronds laboratorium (HADES) gebouwd op een diepte van 223 m onder de nucleaire site van Mol, om de doenbaarheid van de bergingsconstructie aan te tonen en om diverse *in situ* experimenten uit te voeren op relevante schaal. Als alternatieve gastformatie onderzoekt NIRAS ook de geschiktheid van leperiaankleien³⁸, die dieper liggen. Vooral de Nederlandse provincie Brabant dringt erop aan deze mogelijkheid te onderzoeken, vanwege de extra isolatie en het ontbreken van zoet grondwater op die diepte. NIRAS bereidt momenteel een *methodologisch* veiligheids- en haalbaarheidsdossier voor geologische berging voor, gepland voor 2025. Dit dossier zal diepe berging beschouwen op verschillende dieptes tussen 200 en 600 meter in (niet nader gespecificeerde) weinig verharde klei.

Voor alle types B en C afval werden bergingsconcepten ontwikkeld die steunen op betonnen verpakkingen die voldoende afscherming verzekeren om ondergrondse operaties toe te laten (Figuur 29). Ook voor de verbruikte splijtstoffen die niet opgewerkt zouden worden zijn dergelijke verpakkingen ontwikkeld (Figuur 30).

Voor hoogradioactief afval (warmte-afgevend afval van categorie C) worden deze verpakkingen 'supercontainers' genoemd. Ze bestaan in essentie uit een oververpakking in koolstofstaal die in een geprefabriceerde betonnen buffer geplaatst wordt. De hoge pH omgeving in het beton zorgt voor passivatie van het koolstofstaal zodat een zeer lange insluitingsduur kan gemotiveerd worden, die minstens de thermische fase³⁹ moet omvatten. Een supercontainer kan ofwel 2 standaard CSD-V canisters met verglaasd afval bevatten (Figuur 29 links), of 4 UOX

³⁵ NIRAS zal daarbij specifiek de ontwikkelingen met betrekking tot berging in diepe boorgaten en geavanceerde nucleaire technologieën opvolgen.

³⁶ Met weinig verharde klei worden kleisoorten bedoeld die niet zodanig gecompacteerd zijn dat ze hun plasticiteit verloren hebben. Plasticiteit zorgt voor een groot zelfdichtingsvermogen.

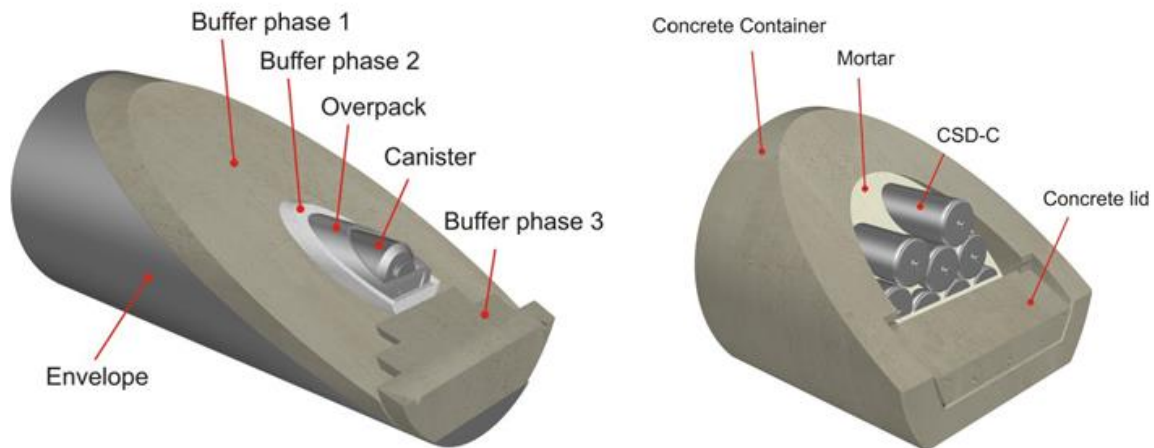
³⁷ De Boomse klei is een Tertiaire formatie behorend tot de Rupel-groep, gevormd tijdens het Vroeg-Oligoceen (33,9 - 28,4 miljoen jaar geleden). Ze bestaat uit alternerende kleiige silt- en siltige kleilagen, met een hoog pyriet- en glauconietgehalte in de siltige lagen.

³⁸ Leperiaanklei verwijst naar de klei van de Formatie van Kortrijk, gevormd tijdens het Vroeg-Eoceen (ongeveer 52 miljoen jaar geleden). Ze wordt gekenmerkt door siltige, soms zandige, intercalaties, die belangrijker worden naar het oosten toe.

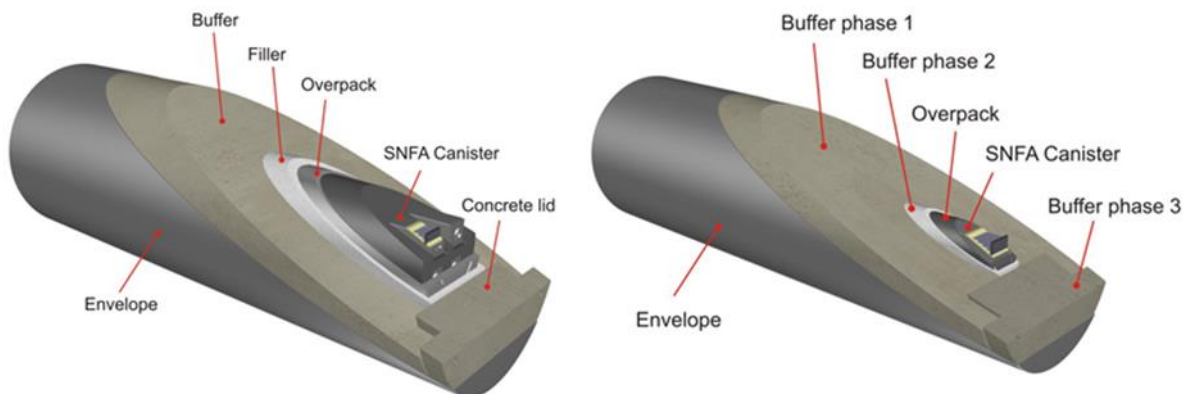
³⁹ Eenvoudig gesteld is de thermische fase de periode waarin de gastformatie, door de vervalwarmte die het afval genereert, beduidend warmer is dan normaal. Voor het (bestaande) verglaasd afval is die duur in de grootte-orde van 800 jaar, voor verbruikte splijtstoffen enkele duizenden jaren.

splijtstofbundels of 1 MOX splijtstofbundel (Figuur 30). De hogere warmteafgifte in het geval van MOX-splijtstof (en vrij lage warmtetolerantie van klei als gastformatie) zorgt ervoor dat de bergingsdensiteit hiervan beperkt is.

Voor afval van categorie B, zoals het bestaande heropwerkingsafval in standaard CSD-C canisters dat uit hulzen en eindstukken en ander technologisch afval bestaat, en de vaten met historisch gebitumineerd afval, worden overeenkomstig verschillende types 'monolieten' gebruikt. Dit zijn tevens betonnen verpakkingen waarin de canisters of vaten geplaatst worden en de lege ruimten opgevuld worden met mortel (Figuur 29 rechts).



Figuur 29: Supercontainer voor verglaasd afval (links)^{lix} en monoliet-B voor gecompacteerd afval (rechts)^{lix}.



Figuur 30: Supercontainers voor verbruikte splijtstoffen indien deze als afval beschouwd worden: een supercontainer kan 4 UOX splijtstofbundels bevatten (links) of 1 MOX splijtstofbundel (rechts)^{lix}.

De aard en de hoeveelheden van het finaal te beheren / te bergen B&C afval hangt af van de keuzes die nog dienen gemaakt te worden in het kader van de Belgische splijtstofcyclus.

2.3.8 Algemene methodologie radioactief afval en verbruikte splijtstoffen

2.3.8.1 Operationeel radioactief afval en verbruikte splijtstoffen

Voor het luik radioactief afval en splijtstoffen worden de mogelijke effecten van het uitstel van desactivatie van Doel 4 en Tihange 3 ten opzichte van het referentiescenario begroot als cumulatieve hoeveelheden die opgebouwd worden tijdens de tienjarige verlenging van de exploitatie binnen de periode 2025-2037. De effecten van deze bijkomende hoeveelheden afval en splijtstoffen worden beoordeeld in het licht van de beheersmaatregelen besproken in §2.3.7.

2.3.8.2 Ontmanteling

Betreffende de ontmanteling kan de langere levensduur van de reactoren Doel 4 en Tihange 3 een verschil geven in de totale activatie van componenten, zoals het kuipstaal. Hierbij is het niet onmogelijk dat er een verschuiving zou optreden in volumeverdeling van categorie A en B afval uit ontmanteling. Dit wordt onderzocht en getoetst op basis van activatieberekeningen.

Deel II. Milieueffectbeoordeling uitstel desactivatie kerncentrale

Doel 4

3 Niet-radiologische effecten Doel 4

3.1 Algemeen

Bij de effectbeschrijving en -beoordeling die in dit hoofdstuk gebeurt voor de verschillende disciplines wordt telkens volgende structuur gebruikt:

Relevante beleidsdoelstellingen

Een beschrijving van de verschillende beleidsdoelstellingen waaraan zal getoetst worden. Bron van deze doelstellingen vormen de verschillende relevante beleidsdocumenten. Het gaat om high-level doelstellingen.

Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties

Een beschrijving van de effecten die relevant zijn om een uitspraak te kunnen doen over de mate waarin het Project al dan niet bijdraagt aan het bereiken van de beleidsdoelstellingen, en over de oorzaak-gevolgrelatie met het project.

Afbakening studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie

Vertrekpunt hierbij is in principe de situatie in 2025, het jaar waarin volgens de wet op de kernuitstap Doel 4 zou worden stilgelegd. We beschrijven hier ook eventuele (autonome of gestuurde) ontwikkelingen die als gevolg zouden kunnen hebben dat de situatie in 2025 (fundamenteel) verschillend zou zijn van de huidige situatie in 2023, en ook diegene die een invloed hebben op de evolutie van de referentietoestand over de periode van de levensduurverlenging. Als er dergelijke ontwikkelingen zijn dan houden we er rekening mee bij de effectbeschrijving (ontwikkelingsscenario of tweede referentiesituatie).

Beschrijving van de effecten

Hier beschrijven we de effecten die relevant zijn voor de beoordeling in de volgende stap. Waar mogelijk en relevant geven we ook een indicatie van de gecumuleerde effecten over de tien jaar (bv. gecumuleerde emissies; eventueel rekening houdend met jaarlijkse schommelingen in emissies).

Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen

Hier gebeurt de beoordeling (over de effecten heen) van de mate waarin het bereiken van de verschillende beleidsdoelstellingen al dan niet ondersteund wordt door de effecten.

3.2 Thema Water

3.2.1 Relevante beleidsdoelstellingen

Voor het thema Water, dat voor de niet radiologische effecten op het watersysteem een regionale bevoegdheid is, zijn voor de in dit MEB beschouwde referentieperiode voor het verlengen van de werking van Doel 4 de Vlaamse beleidsambities zoals geformuleerd in de visiedocumenten Vizier 2030 en Visie 2050 van belang, de bepalingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) die vertaald werden in het Decreet Integraal Waterbeleid en het Waterwetboek, de Waterbeleidsnota 2020-2025 en in mindere mate maar daarmee samenhangend de Blue Deal (2020), de stroomgebiedsbeheerplannen en het advies Weerbaar Waterland relevant.

Voor de beleidsambities op het vlak van water met horizon 2030 kan in de eerste plaats verwezen worden naar **Vizier 2030**⁴⁰, het plan van de Vlaamse Regering dat ervoor moet zorgen dat Vlaanderen haar bijdrage levert aan het behalen van de Sustainable Development Goals (SDG's) uit de mondiale Agenda 2030 van de Verenigde Naties. De nadruk ligt op doelstellingen waarop Vlaanderen een impact heeft. De doelstellingen van Vizier 2030 zijn ook een tussenstap om de doelstellingen van Visie 2050 (zie verder), het toekomstplan voor Vlaanderen in 2050, te bereiken. Vizier 2030 omvat 53 doelstellingen en 111 indicatoren. De meest relevante voor het thema water zijn:

- Doelstelling 44: tegen 2030 is de waterverontreiniging verder beperkt en is de hydromorfologie hersteld zodat het behalen van de goede toestand in de meeste Vlaamse waterlopen en grondwaterlagen mogelijk is, als cruciale opstap naar een robuust watersysteem en als bijdrage aan de bescherming van het marien milieu met als indicatoren de ecologische toestand van Vlaamse oppervlaktewatersystemen en het aandeel grondwatersystemen in goede toestand (kwalitatief en kwantitatief);
- Doelstelling 45: tegen 2030 is de waterbevoorrading veiliggesteld door enerzijds de oppervlaktewater- en grondwatervoorraden te beschermen en voldoende ruimte en opslag voor water te voorzien, en anderzijds verspilling te vermijden, alternatieve waterbronnen maximaal te benutten en waterhergebruik aan te moedigen, met als indicator de grondwaterstand.

De 2030-doelstellingen uit de diverse sectorale langetermijnbeleidsplannen zijn geïntegreerd in Vizier 2030; met betrekking tot het thema Water gaat het over de waterbeleidsnota die verder zijn uitwerking vindt in de stroomgebiedbeheerplannen en instrumenten zoals de Blue Deal (zie verder). De realisatie van de Vizier 2030-doelstellingen is een tussenstap naar het Vlaanderen dat de Vlaamse Regering wil bereiken in 2050. De **Visie 2050**⁴¹ wil welvaart en welzijn creëren op een slimme, innovatieve en duurzame manier in een sociaal, open, veerkrachtig en internationaal Vlaanderen, waarin iedereen meetelt.

In de Visie 2050 wordt aangegeven dat de meeste megatrends op lange termijn nu al zichtbaar zijn: de groei van de (wereld)bevolking, de verstedelijking, de vergrijzing, de klimaatverandering, de toenemende vraag naar energie en water, de digitalisering, de diverse en geïndividualiseerde samenleving, de ongelijkheid op het vlak van welzijn en welvaart enzovoort. Deze thema's bepalen nu al, maar ook nog de volgende jaren het politieke en maatschappelijke debat. De toekomstvisie toont een globaal verbonden regio, die slim omgaat met materialen en die welvaart en welzijn verzekert met significant minder grondstoffen en materialen dan vandaag. Vlaanderen beschikt dan over een koolstofarm, duurzaam, betrouwbaar en betaalbaar energiesysteem en over een robuust watersysteem dat in staat is om (klimaat)schokken op te vangen.

Dat robuust watersysteem in 2050 beschermt de ecosystemen en biedt tegelijkertijd veel functies en diensten. Het watersysteem beschermt tegen overstromingen, biedt wateropslag, drinkwater, proces- en koelwater. Het voorziet in irrigatie en drainage. Het beschikt over mogelijkheden voor recreatie en beleving, naast verbindingen voor goederentransport en zachte mobiliteit. Hiervoor doet Vlaanderen een beroep op een combinatie van slimme technologie, robuuste infrastructuur en voldoende ruimte. Op deze manier wordt het duurzaam ontwikkelingsdoel 6: 'Waarborg de beschikbaarheid en het duurzaam beheer van water en sanitair voor iedereen' gerealiseerd. De basis voor het watersysteem is goede waterkwaliteit want daardoor kunnen risico's en kosten onder controle gehouden worden, zowel voor de waterbevoorrading (drinkwater, landbouw, industrie,...) als bij wateroverlast. Goede waterkwaliteit biedt ook meer kansen voor recreatie en toerisme en is onderdeel van de omgevingskwaliteit. Via kringloopsluitingen en het gebruik van milieuvriendelijke materialen en productiemethoden zal daarom verontreiniging maximaal voorkomen worden. In 2050 is de saneringsinfrastructuur uitgebouwd en zijn maatregelen genomen voor een gerichte inrichting en efficiënt beheer ervan.

⁴⁰ Vlaamse Regering (2019) VIZIER 2030. Een 2030-doelstellingenkader voor Vlaanderen, VR 2019 0802 DOC.0130/2, 19 p.

⁴¹ Vlaamse Regering (2016) Visie 2050. Een langetermijnstrategie voor Vlaanderen, 105 p.

Een uitdaging is dat de algemene mondiale vraag naar water in de periode 2015 – 2050 nog toeneemt met 55 %. Ook in Vlaanderen zelf stijgt de kans op watertekorten, omdat door de klimaatverandering de neerslag in de zomer vermindert en er door de temperatuurstijging meer water verdampt. Er is per persoon al weinig water beschikbaar in vergelijking met andere landen, waardoor er gedeeltelijke afhankelijkheid is van andere regio's. De sense of urgency voor waterbevoorrading, zoals die er wel is voor wateroverlast (en watervervuiling) is nog maar pril in Vlaanderen (cfr. initiatieven zoals het Actieplan Droogte en Wateroverlast⁴², de Blue Deal en recent het advies 'Weerbaar Waterland' (zie verder). Het structureel verspillend vermijden, water sparen in tijden van overvloed en grondwatervoorraden beschermen zijn momenteel nog geen automatische reflex. Een specifiek probleem is dat de beschikbare ruimte in Vlaanderen beperkt en al druk bezet is. Die beperkte ruimte is bovendien zowel nodig om de waterbevoorrading veilig te stellen, als om het toenemend risico op wateroverlast ten gevolge van de klimaatverandering onder controle te houden. Oplossingen moeten nog meer op maat en vooral sneller uitgewerkt worden.

Kaderrichtlijn Water, Decreet Integraal Waterbeleid en Waterwetboek

De Europese **kaderrichtlijn Water** (KRW) (2000/60/EG) is de basis voor de bescherming en het beheer van (land)oppervlaktewater, overgangswateren, kustwater en grondwater. Het doel is de kwaliteit van deze wateren en de daarbij behorende ecosystemen te beschermen en waar nodig te herstellen. Daarbij beoogt het de vervuiling van waterlichamen te verminderen en voorkomen, duurzaam watergebruik te bevorderen en de effecten van overstromingen en droogte te beperken. De KRW wordt aangevuld met andere wetgeving die ingaat op specifieke aspecten van het waterbeleid, bijvoorbeeld in beschermde gebieden⁴³. De richtlijn heeft twee dochterrichtlijnen: de Grondwaterrichtlijn en de Richtlijn Prioritaire stoffen. Deze richtlijnen leggen normen voor grondwater en oppervlaktewater vast.

De Overstromingsrichtlijn (Richtlijn 2007/60/EG) moet ervoor zorgen dat de lidstaten het risico op overstromingen beter kunnen inschatten en dat ze maatregelen nemen om de schade te beperken. De richtlijn bouwt verder op de structuren en de plannen van de kaderrichtlijn Water. De kaderrichtlijn Water en de Overstromingsrichtlijn werden in Vlaanderen vertaald in het **decreet Integraal Waterbeleid**⁴⁴ en gecoördineerd in het 'Waterwetboek' dat het juridisch kader voor het integraal waterbeheer in Vlaanderen vormt. De kaderrichtlijn Water beoogt de 'goede toestand' van de aangeduide watersystemen (oppervlakte- en grondwaterlichamen) tegen 2027. De praktische uitwerking van de KRW gebeurt op basis van stroomgebiedbeheerplannen en maatregelenprogramma's.

Waterbeleidsnota 2020-2025

Vlaanderen heeft voor de periode 2020-2025 drie strategische doelstellingen en zes krachtlijnen geformuleerd voor het waterbeleid:

- De goede toestand van de waterlichamen⁴⁵ nastreven:
 - Door de kwaliteit van het oppervlaktewater en grondwater te blijven verbeteren. Dit kan door getrapt naar een goede watertoestand toe te werken (met de formulering van aangepaste, tussentijdse doelstellingen voor waterlichamen waarvoor de doelfstand nog groot is), de nutriëntenproblematiek verder aan te pakken, het ecologisch herstel van waterlopen en oeverzones, concrete oplossingen uit te werken voor (opkomende) gevaarlijke stoffen, het waterbeleid af te

⁴² Het Actieplan Droogte en Wateroverlast (2019-2021) was een kortlopend actieplan, als aanvulling op de tweede stroomgebiedbeheerplannen 2016-2021 en als aanloop naar de derde stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027.

⁴³ Voor beschermde gebieden zoals drinkwateronttrekkingsgebieden, zwemwater, nutriëntengevoelige gebieden en Natura2000-gebieden stelt de KRW aanvullende eisen. De Richtlijn verwijst hierbij naar specifieke regelgeving, zoals de Vogel- en Habitatrichtlijn, de Nitraatrichtlijn en de Richtlijn behandeling stedelijk afvalwater. Delen van het havengebied behoren tot vogelrichtlijngebied, de Schelde is habitatrichtlijngebied (zie verder discipline biodiversiteit).

⁴⁴ Decreet van 18 juli 2003 betreffende het integraal waterbeleid, gecoördineerd op 15 juni 2018.

⁴⁵ In de praktijk komt dit neer op een toetsing aan de Kaderrichtlijn Water (KRW).

- stemmen op de interacties binnen het watersysteem en met de andere milieucompartimenten en door de ruwwaterbronnen voor drinkwaterproductie gebiedsgericht te beschermen.
- Door de waterketen duurzaam te beheren. Dit kan door in te zetten op een verdere uitbreiding en optimalisatie van de saneringsinfrastructuur waar nodig, op het onderhoud van de saneringsinfrastructuur in functie van een efficiënte en effectieve werking, op het optimaliseren en onderhouden van het drinkwaternetwerk, op het handhaven van de verplichtingen van de privéwaterafvoer en op het beperken van de impact van lozingen van bedrijfsafvalwater.
- Meerlaagse waterveiligheid en droogterisicobeheer nastreven (preventie, protectie, paraatheid):
 - Door overstromingsrisico's duurzaam te verminderen, waarbij de effecten van klimaatverandering zo goed mogelijk opgevangen worden, burgers en sectoren bewust gemaakt worden van de overstromingsrisico's en aangezet worden tot actie, de schade door overstromingen beperkt wordt, water terug de ruimte gegeven wordt die het nodig heeft en de oppervlakkige afstroming van water en sediment gereduceerd wordt.
 - Door waterschaarste te beperken en de gevolgen van droogte tot een minimum te beperken. Dit kan door de effecten van klimaatverandering zo goed mogelijk op te vangen, spaarzaam watergebruik te stimuleren, de waterbeschikbaarheid te verhogen, bij waterschaarste en droogte water zo optimaal mogelijk te verdelen om de schade te beperken, en een duurzame watervoorziening te garanderen.
- Innovatie, financiering, samenwerking en afstemming met andere beleidsdomeinen versterken:
 - Door het partnerwerk en de werking over de beleidsdomeinen heen verder uit te bouwen en te investeren in innovatie. Dit kan door in te zetten op een betere afstemming tussen het waterbeleid en het aangrenzend beleid, door aan water een prominente rol te geven als structurerend element dat gebiedsgerichte processen mee bepaalt, door het versterken van de gebiedsgerichte werking rond water, door stakeholders meer te betrekken om de doelstellingen van het integraal waterbeleid te helpen realiseren en door van Vlaanderen een proeftuin voor innovatie in integraal waterbeheer te maken.
 - Door te evolueren naar een sluitende financiering van het waterbeleid en -beheer. Hiervoor worden de financieringsstromen geheroriënteerd, versterkt en uitgebreid in functie van het realiseren van de milieudoelstellingen, wordt de betaalbaarheid van maatregelen geëvalueerd en wordt het 'vervuiler betaalt-beginsel' en het kostenterugwinningsbeginsel consequenter toegepast.

Blue Deal (2020)

In 2020 heeft de Vlaamse regering de **Blue Deal** goedgekeurd waarmee de inspanningen in de strijd tegen droogte en waterschaarste verhoogd worden. Als antwoord op de klimaatverandering en het toegenomen maatschappelijke draagvlak kiest de Vlaamse regering ervoor de droogteproblematiek op een structurele manier aan te pakken, met een verhoogde inzet van middelen en juiste instrumenten, met betrokkenheid van de industrie en de landbouwers als deel van de oplossing en met een duidelijke voorbeeldrol voor de Vlaamse en andere overheden.

De Blue Deal zet in op zes sporen:

- Openbare besturen geven het goede voorbeeld en zorgen voor gepaste regelgeving;
- Circulair watergebruik als regel;
- Landbouw en natuur als deel van de oplossing;
- Particulieren sensibiliseren en stimuleren om te ontharden;
- Verhogen van de bevoorradingszekerheid (in verband met water);
- Samen investeren in innovatie om ons watersysteem slimmer, robuuster en duurzamer te maken.

Met de Blue Deal slaat Vlaanderen via concrete acties de weg in van minder verharding, meer vernatting en maximaal circulair watergebruik. De maatregelen uit de Blue Deal vormen de basis van het hoofdstuk 'Risico's op watertekort en

wateroverlast minimaliseren' van het Vlaams Klimaat Adaptatieplan 2021-2030. De deal vormt ook een hoeksteen van het waterschaarste- en droogterisicobeheerplan, een onderdeel van de stroomgebiedbeheerplannen 2022-2027.

De Blue Deal legt de focus op een integrale water- en droogtetoets. De focus moet dus naast overstromingen ook liggen op structuurkwaliteit van waterlopen, droogte, waterbeleving en dergelijke. Een goede watertoets houdt daarbij rekening met de meest actuele regelgeving waaronder de (recent herziene) hemelwaterverordening en andere watergerelateerde bepalingen in VLAREM.

Weerbaar Waterland

Na de recente wateroverlastproblemen in Wallonië en langs de Maas en de Demer stelde de Vlaamse Regering in oktober 2021 een multidisciplinair expertenpanel hoogwaterbeveiliging aan, dat in juli 2022 een onderbouwd advies uitbracht om Vlaanderen beter te beveiligen tegen hoogwater en om het gewenste niveau van waterveiligheid te definiëren. In het **advies 'Weerbaar Waterland'** is de aangepaste strategie voor waterzekerheid (= waterveiligheid en waterbeschikbaarheid) in Vlaanderen scherp gesteld.

Het gewenste niveau van waterveiligheid kan in Vlaanderen alleen bereikt worden als de natuurlijke werking van het watersysteem in elk bovenstrooms landschap en in elke vallei heropgebouwd wordt. Als water niet de ruimte krijgt die het nodig heeft, dan maakt het die ruimte zelf, met overstromingen tot gevolg. Die ruimte voor water moet overal in Vlaanderen aanwezig te zijn, niet alleen in de valleien. Om dat te bereiken worden vier waterwerven naar voor geschoven: getijdenrivieren, waterlopen, sponslandschappen en steden en dorpen. Zo wordt niet alleen de schade bij uitzonderlijke regenval beperkt (waterveiligheid), maar wordt ook ingezet op het aanvullen van de watervoorraden om periodes van droogte te overbruggen (waterbeschikbaarheid).

De hoofdboodschappen van het advies zijn helder: meer natuurlijke overstromingsgebieden creëren, werk maken van een doorgedreven onthardingspolitiek, structurele financiering voorzien en bovenal onmiddellijk actie ondernemen. Om snelle en daadkrachtige uitvoering te garanderen, wordt de aanstelling van een watercommissaris aanbevolen. In het advies worden de strategie voor waterzekerheid vertaald in tien samenhangende acties en een plan van aanpak. Het advies Weerbaar Waterland is de start van een herijkte systemische aanpak voor waterveiligheid en waterzekerheid in Vlaanderen.

Stroomgebiedbeheerplannen

In het derde-**stroomgebiedbeheerplan van de Schelde (2022-2027)** is het waterbeleid concreter vertaald naar specifieke gebieden in Vlaanderen. De plannen bevatten maatregelen en acties voor een verbetering van het grondwater en oppervlaktewater en voor de bescherming tegen overstromingen en droogte. Dit plan bouwt verder op het vorige plan voor de periode 2016-2021.

De kerncentrale van Doel is in het Scheldebekken gelegen, meer bepaald in het Benedenscheldebekken. Op basis van de huidige waterkwaliteit en de afstand tot de opgelegde doelen van de kaderrichtlijn Water zijn in het Benedenscheldebekken een aantal speerpuntgebieden aangeduid waar in 2027 een goede watertoestand moet bereikt worden. Daarnaast zijn ook een aantal aandachtsgebieden aangeduid, waaronder de Zeeschelde en het gebied 'Scheldehaven'. Aandachtsgebieden zijn gebieden met oppervlaktewaterlichamen waarvoor een goede ecologische toestand tegen 2033 haalbaar geacht wordt (klasse 4) of waarvoor een belangrijke waterkwaliteitsverbetering kan gerealiseerd worden (klasse 5) mits uitvoering van acties opgenomen in het huidige derde en (volgende) vierde stroomgebiedbeheerplan.

Het actieprogramma voor de Zeeschelde, dat samen met het gebied Scheldehaven een aandachtsgebied klasse 5 is, omvat als gebiedsspecifieke actie 'het verder uitvoeren van het Sigmaplan in het Benedenscheldebekken langs de Schelde'. Voor het gebied Scheldehaven zijn ook een aantal acties gedefinieerd in het havengebied, ter hoogte van de dokken en in het havengebied zelf. Om de goede toestand te behalen in dit aandachtsgebied zijn ook generieke acties nodig van de sectoren landbouw, huishoudens en bedrijven. Acties voor de verdere uitbouw en optimalisering van de afvalwatersanering maken deel uit van de generieke acties en van de zoneringsplannen en gebiedsdekkende uitvoeringsplannen.

Op basis van de hoger beschreven plannen en beleidsdoelstellingen kunnen voor de toetsing van het project voor het 10 jaar langer openhouden van Doel 4 volgende doelstellingen voor het watersysteem en dus toetsingsgronden gehanteerd worden:

- Goede toestand oppervlaktewater behouden, bereiken en achteruitgang vermijden;
- (Goede toestand grondwater behouden, bereiken en achteruitgang vermijden);
- Duurzaam beheer waterketen nastreven;
- Beperking overstromingsrisico's en vermijden van droogte;
- Duurzame watervoorziening nastreven.

Zoals hoger aangegeven (scoping, zie § 2.2.1.3) is op basis van de analyse van de ingrepen die samenhangen met de LTO-werken in de periode 2015 – 2020 en de afwezigheid van bijkomende impact van de centrale op het grondwatersysteem (zoals beschreven in de eerder uitgevoerde milieueffectrapportages) de impact op grondwater uitgescoped.

De oorspronkelijke grondwatertoestand in de zone van de kerncentrale is voorafgaand aan de bouw en de initiële ingebruikname van de centrales Doel 1 en 2 in 1975 en Doel 3 en 4 in respectievelijk 1982 en 1985 verstoord. Door de ophoging van het terrein met 4 tot 8 m zandige baggerspecie heeft zich in die laag een nieuwe freatische grondwatertafel ontwikkeld. In die periode is de lokale grondwaterhuishouding (stroming) ook in de diepere grondwaterlaag verstoord, door het aanbrengen van funderingen en diepwanden tot in stabiele Tertiaire lagen (tot ca. 15 m diepte). Tot slot is de grondwatervoeding sinds 1975 gewijzigd door de verharding van het terrein. In de decennia daaropvolgend is het freatisch grondwater in de opgehoogde laag plaatselijk verontreinigd geraakt door accidentele bodemverontreinigingen ten gevolge van de opslag en het gebruik van verontreinigende stoffen op de site. Sinds enkele decennia worden systematisch wettelijk verplichte oriënterende en beschrijvende bodemonderzoeken uitgevoerd gezien de aanwezigheid van VLAREBO-activiteiten⁴⁶. Op basis van de evaluaties blijkt dat de historische verontreiniging van het grondwater geen saneringsnormen overschrijdt en of geen gevaar vormt voor het milieu en de gezondheid. Nieuwe verontreinigingen worden de laatste decennia vermeden door naleving van de Vlare voorschriften voor de opslag van gevaarlijke stoffen en door gepaste acties (preventie en sanering) in geval van accidenten waarbij de bodem of het grondwater verontreinigd zou kunnen geraken.

Verder wordt geen grondwater gebruikt tijdens de exploitatie⁴⁷ van de centrale en heeft de centrale ook geen verdere impact op de grondwaterstand of de plaatselijk (historisch) aanwezige grondwaterverontreiniging. Wel is het zo dat het bestaande riolerings- en koelwatersysteem op een aantal plaatsen lekken vertoont en grondwater draineert.

De werkzaamheden die plaatsgevonden hebben in het kader van de aanpassingen voor de LTO (verlenging van) Doel 1 en Doel 2 (2015-2020) hebben slechts een beperkte impact gehad op het grondwater. Tijdens de werkzaamheden vond geen bemaling plaats, de bijkomende verharding was beperkt waardoor geen betekenisvolle bijkomende impact op het grondwater optrad. Voor de periode 2027-2036 bestaat de kans dat ten gevolge van accidenten tijdens normale onderhoudswerken plaatselijk verontreiniging van de bodem of het grondwater kan optreden. Dergelijke accidenten zullen eveneens op gepaste wijze, volgens de wettelijk geldende voorschriften aangepakt worden zodat geen betekenisvolle verontreiniging van bodem en grondwater verwacht wordt. Andere effecten ten aanzien van het grondwatersysteem worden niet verwacht.

3.2.2 Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties

Om een uitspraak te kunnen doen over de mate waarin het project al dan niet bijdraagt aan het bereiken van de beleidsdoelstellingen voor het watersysteem en over de oorzaak-gevolgrelatie van het project, wordt hierna een

⁴⁶ De resultaten van deze bodemonderzoeken werden beschreven in het project-MER voor de hervergunning (2010) en werden aangevuld in het MER voor de levensduurverlenging van Doel 1 en 2 (Arcadis/NRG, 2021).

⁴⁷ Het grondwater nabij de Schelde is verzilt en om deze reden niet geschikt als proceswater.

overzicht gegeven van de meest relevante te verwachten effecten van het project (de verlenging of het uitstel van de desactivatie van Doel 4 met 10 jaar) op het watersysteem.

Naast splijtstof is water mogelijk de op een na belangrijkste grondstof of hulpbron van de kerncentrale. De kerncentrale van Doel is voor haar werking immers sterk afhankelijk van het watersysteem gezien de tertiaire kring voor de koeling van de condensors van de tweede kring gevoed worden met Scheldewater. Voor de eenheden Doel 1 en 2 zijn dit twee directe koelkringen met eenmalig gebruik van het koelwater, voor de eenheden Doel 3⁴⁸ en 4 zijn dit gesloten koelsystemen met een circulatie van het opgenomen Scheldewater tussen de condensors en de koeltorens. Het resultaat is dat er een grote hoeveelheid oppervlaktewater opgepompt wordt, opwarmt en deels verdampt en vervolgens aan een licht verhoogde temperatuur terug in de Schelde geloosd wordt.

Naast het temperatuureffect heeft het koelwater ook een verhoogd chloridegehalte ten gevolge van het toevoegen van producten (om microbiële groei en schuimvorming te vermijden).

Een positief effect van het gebruik van Scheldewater, dat vooral in de zomer gunstig is, is dat door de werking van de koeltorens het geloosde koelwater een hoger zuurstofgehalte heeft dan het water in de Schelde. Oppervlaktewater wordt ook soms gebruikt voor de aanmaak van proceswater (demineralisatiewater) dat na gebruik en zuivering opnieuw in de Schelde geloosd wordt.

De kerncentrale verbruikt daarnaast ook stadswater (drinkwater) als bron voor proceswater, sanitaire installaties en aanvulling van koelvijvers (voor de eenheden Doel 3 en 4). Overtollig proceswater wordt na fysisch-chemische behandeling terug in de Schelde geloosd. Het sanitair afvalwater wordt samen met het van de daken en het merendeel van de verhardingen afstromend hemelwater in vijf biorotoren gezuiverd en geloosd in de Schelde.

De centrale heeft twee captatiepunten voor Scheldewater, een voor de eenheden Doel 1 en 2 en een meer aan de oever gelegen voor de eenheid Doel 4 (en eerder Doel 3). Elke biorotor voor de zuivering van sanitair afvalwater heeft een lozingspunt, het bedrijfsafvalwater en het koelwater wordt op eenzelfde punt in de Schelde geloosd.

Het sanitair afvalwater en het bedrijfsafvalwater en het koelwater moeten aan de lozingsnormen opgelegd in de omgevingsvergunning (basisvergunning van 2011, laatst gewijzigd in 2019) voldoen.

Grondwater wordt niet in het proces gebruikt, opgevangen hemelwater ook niet. De centrale ligt niet in overstromingsgevoelig gebied (opgehoogd gebied). Ook ten gevolge van klimaatverandering (met hogere waterstanden en meer intense regenbuien) worden in de toekomst geen grote problemen verwacht.

Ter hoogte van de captatiepunten kan vissterfte optreden door aanzuiging in de pompen. Deze impact en de secundaire impact van de (thermische) lozingen op het aquatisch leven wordt verder in het thema biodiversiteit besproken en beoordeeld.

De voornaamste te verwachten effecten op het oppervlaktewater zijn dus de verbruikte hoeveelheden water als grondstof (waterbalans), de impact op het debiet en de gevolgen voor temperatuur en de waterkwaliteit van de Zeeschelde.

Het water dat in de Schelde wordt geloosd, komt niet in contact met het primaire circuit (het nucleaire gedeelte van de installatie). Er is dus geen gevaar voor radioactieve besmetting van de Zeeschelde (in normale bedrijfsomstandigheden).

Met betrekking tot oppervlaktewater moet met een verdere intake van stadswater en Scheldewater en een lozing van afvalwater (sanitair en proces) en koelwater rekening gehouden worden gedurende de periode van 10 jaar verlenging. Een verdere impact op de waterkwaliteit en waterkwantiteit van de Schelde op dat vlak is te verwachten. Gezien geen werken voorzien zijn ter hoogte van de bestaande lozings- of captatiepunten in de Schelde wordt de impact op de structuurkwaliteit van de Schelde niet relevant geacht.

⁴⁸ Doel 3 is sinds september 2022 definitief afgeschakeld.

3.2.3 Afbakening studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie

Het *studiegebied* voor de discipline Water omvat alle oppervlaktewateren behorende tot het openbaar hydrografisch net, waarvan de kwaliteit, de kwantiteit en/of de structuur als gevolg van het uitstellen van de desactivatie van Doel 4 zou kunnen worden beïnvloed. De precieze afbakening van het studiegebied hangt af van de reikwijdte van de effecten, die het voorwerp uitmaakt van het onderzoek. In concreto wordt het studiegebied bepaald door de Zeeschelde en meer bepaald door de invloedzone waarbinnen effecten op waterkwaliteit ten gevolge van thermische en afvalwaterlozingen zich kunnen manifesteren. Gezien de getijdenwerking kan het deel van de Zeeschelde tot ca. 5 km stroomop- en stroomafwaarts van de lozingspunten van de kerncentrale grosso modo als studiegebied afgebakend worden.

Vertaald naar de in het stroomgebiedbeheerplan gedefinieerde waterlichamen wordt de toestand van het oppervlaktewaterlichaam Zeeschelde IV besproken.

De *referentiesituatie* is in principe de situatie van de toestand van het betrokken oppervlaktewater in 2025. We gaan ervan uit dat in de meeste gevallen de situatie vandaag (2023) een voldoende goede benadering zal vormen voor de situatie in 2025. Autonome of gestuurde ontwikkelingen zouden voor de Zeeschelde tegen 2025 eerder aanleiding geven tot een verdere verbetering van de waterkwaliteit (door de verdere saneringsinspanningen in het stroomgebied, door het uitwerking nemen van Doel 3 en binnenkort Doel 1 en 2); anderzijds kan ook gedacht worden aan eventuele effecten ten gevolge van klimaatverandering in die periode (temperatuureffecten of wijzigingen in debiet of getijslag). Het is echter weinig waarschijnlijk dat deze evoluties binnen de genoemde periode tot een waarneembaar verschil zouden leiden.

In het milieueffectrapport met betrekking tot de werken voor de verlenging van de uitbating en werking van Doel 1 en 2 (Arcadis/NRG, 2021) is een uitgebreid overzicht gemaakt van de kwaliteit van de Zeeschelde, op basis van de meetgegevens van VMM in de periode 2013-2019.

De Zeeschelde, zowel stroomop- als stroomafwaarts van het lozingspunt van KC Doel, voldoet niet aan alle kwaliteitsdoelstellingen. De meest kritische parameters zijn temperatuur (in de zomer enkele dagen boven 25°C), opgeloste zuurstof (de P10-waarde van 6 mg O₂/L wordt niet steeds gerespecteerd), chemisch zuurstofverbruik (CZV), nitraat + nitriet + ammonium, opgelost boor, arseen, beryllium, cadmium en uranium. Op basis van de Prati index voor opgeloste zuurstof wordt echter wel een geleidelijke verbetering van de zuurstofhuishouding op alle meetpunten sinds de start van de metingen in 1994 vastgesteld. Algemeen is de zuurstofhuishouding vooral verbeterd in stroomafwaartse richting van de kerncentrale, ten gevolge van de grotere getijdestroming in stroomafwaartse richting.

Voor de beschrijving en de karakterisatie van de oppervlaktewaterkwaliteit van de Schelde in de periode 2005-2019 kan ook verwezen worden naar de toestandsbeoordeling in het kader van het 2^{de} en 3^{de} stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde (Benedenscheldebekken) volgens de Kaderrichtlijn Water (Tabel 19).

De Schelde ter hoogte van KC Doel maakt deel uit van het Vlaams waterlichaam Zeeschelde IV met code VL17_43 (voorheen VL08_43). Dit waterlichaam wordt gecategoriseerd als overgangswater van het type brak macrotidaal laaglandestuarium (O1b) en heeft het statuut van een sterk veranderd waterlichaam. De beoordeling in het kader van het 2^{de} stroomgebiedsbeheerplan (2016-2021) is gebaseerd op meetresultaten van de jaren 2005-2013, de toestandsbeoordeling in het kader van het 3^{de} stroomgebiedsbeheerplan (2022-2027) is gebaseerd op meetresultaten van de jaren 2016-2018 en kan dus als representatief voor de huidige situatie 2023 en als vertrekpunt voor de referentieperiode 2027 – 2036 gelden.

Tabel 19: Beoordeling toestand waterlichaam Zeeschelde IV.

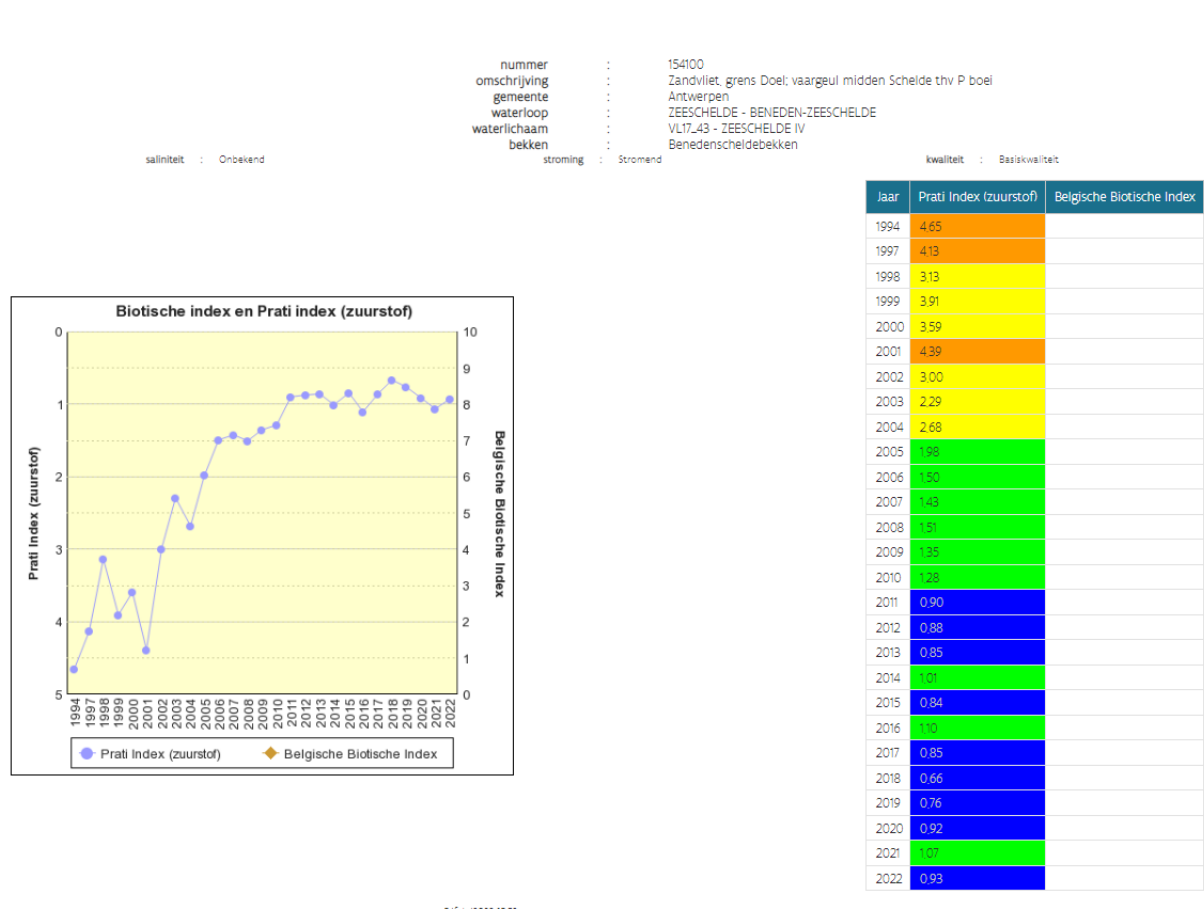
Kader: tweede stroomgebiedbeheerplan Meetresultaten 2005-2013	Kader: derde stroomgebiedbeheerplan Meetresultaten 2018
De globale beoordeling van het ecologisch potentieel van de Zeeschelde IV is algemeen ontoereikend .	De globale beoordeling van het ecologisch potentieel van de Zeeschelde IV is algemeen ontoereikend .
De evaluatie van de biologische elementen is ontoereikend : - ontoereikend voor macrofyten; - matig voor macroinvertebraten; - ontoereikend voor vis.	De evaluatie van de biologische elementen is ontoereikend : - ontoereikend voor macrofyten; - matig voor macroinvertebraten; - goed voor vis.
De evaluatie van de fysicochemische elementen die bepalend zijn voor de biologische elementen is algemeen slecht . Voor de evaluatie van de afzonderlijke fysicochemische elementen geldt: - Slechte beoordeling voor nitraat + nitriet + ammonium; - Goede beoordeling voor temperatuur, opgeloste zuurstof en pH.	De evaluatie van de fysicochemische elementen die bepalend zijn voor de biologische elementen is algemeen slecht . Voor de evaluatie van de afzonderlijke fysicochemische elementen geldt: - Slechte beoordeling voor nitraat + nitriet + ammonium; - Goede beoordeling voor opgeloste zuurstof en pH.⁴⁹
Het resultaat van de evaluatie voor de specifiek verontreinigende stoffen die bepalend zijn voor de biologische elementen is slecht . Er is een overschrijding voor opgelost arseen, boor en uranium.	Het resultaat van de evaluatie voor de specifiek verontreinigende stoffen die bepalend zijn voor de biologische elementen is niet goed . Er is een overschrijding voor opgelost arseen, boor en uranium.
(De evaluatie van de hydromorfologie is ontoereikend)	De evaluatie van de hydromorfologie is ontoereikend
De evaluatie van de chemische toestand voor de Zeeschelde IV is slecht . Er zijn overschrijdingen voor PAK's en totaal kwik.	Het resultaat van de evaluatie van de chemische toestand voor de Zeeschelde IV is niet goed . Er zijn overschrijdingen voor PAK's, polybroomdifenylether, tributyltin, perfluorooctaansulfonzuur, heptachloorepoxide en totaal kwik.
De waterbodem van de Zeeschelde IV is verontreinigd .	De waterbodem van de Zeeschelde IV is licht verontreinigd .

De globale ecologische toestand van de Zeeschelde IV is gelijk gebleven (ontoereikend) tijdens de afgelopen decennia, er werd wel een verbetering van het visbestand vastgesteld. Voor dit waterlichaam en zijn afstroomzone zal volgens de beoordeling in het stroomgebiedsbeheerplan het ecologisch potentieel in 2027 nog niet behaald zijn.

In Figuur 31 wordt de evolutie van de kwaliteit van de Zeeschelde op een meetpunt in Zandvliet stroomafwaarts van de kerncentrale aan de hand van de zuurstofverzadiging volgens de Prati-index weergegeven. Sinds ca. 2000 is

⁴⁹ In het derde SGBP wordt temperatuur niet meer meegenomen als zogenaamde 'gidsparameter' voor de beoordeling van de fysico-chemische toestand volgens de KRW-systematiek. De milieukwaliteitsnorm blijft uiteraard wel bestaan (net zoals voor andere fysico-chemische parameters die geen gidsparameter zijn) en van toepassing op alle oppervlaktewaterlichamen. Temperatuur wordt ook nog steeds zoals voorheen meegenomen in het meetnet. In de periode 2016-2018 werd de temperatuur voor de Zeeschelde IV als 'matig' beoordeeld.

het zuurstofgehalte van de Zeeschelde sterk verbeterd. Ook voor andere parameters is een verbetering opgetreden maar de globale toestandsbeoordeling volgens de methodiek van de KRW voor de Zeeschelde blijft ontoereikend.



Figuur 31: Evolutie van de zuurstofverzadiging (Prati-index) in de Zeeschelde (meetpunt 154100) tussen 1994 – 2022 (bron: MM, geoloket waterkwaliteit).

Gezien een verlengingsproject een impact kan hebben op de waterkwaliteit door een lozing van bedrijfsafvalwater en koelwater moet verder onderzocht worden wat de impact op de ecologische toestand van het betrokken waterlichaam (Zeeschelde IV - VL17_43) kan zijn. De toestand mag immers niet achteruitgaan. Hydromorfologische wijzigingen of een impact op het grondwaterlichaam zijn in het kader van het project niet van toepassing.

In het geval van een overgangswater zijn opgeloste zuurstof, (temperatuur), pH en nitraat + nitriet + ammonium de fysicochemisch te beoordelen elementen. Voor het onderzoek naar de voorspelling van de effecten op de biologische elementen, moeten de parameters BZV en CZV onderzocht worden (zonder dat ze in rekening gebracht worden voor de beoordeling van de toestand).

Daarnaast moet een evaluatie gebeuren voor specifiek verontreinigende stoffen die mee de ecologische toestand bepalen en verontreinigde stoffen die de chemische toestand bepalen voor die parameters waarvoor in de huidige toestand een overschrijding van de milieukwaliteitsnorm wordt vastgesteld of waarvan de concentratie toe zou nemen. Tenslotte moeten de biologische kwaliteitselementen beoordeeld worden (indien mogelijk).

In de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken voor de verlenging van Doel 1 en 2 in de periode 2015 – 2025 (Arcadis/NRG, 2021) werd volgende evaluatie uitgevoerd:

- Fysicochemisch elementen die bepalend zijn voor de biologische elementen:

Voor opgelost zuurstof wordt aangenomen dat er geen achteruitgang optreedt als de normen voor de biologische en chemische zuurstofvraag worden gehaald. Indien de fysisch-chemische elementen een achteruitgang vertonen, wordt aangenomen dat er ook een effect zal optreden in de biologische kwaliteitselementen en dat de toestand van het waterlichaam achteruitgaat.

Er wordt gemiddeld geloosd bij een neutrale pH, er worden geen wijzigingen aan de pH verwacht omwille van het project.

Met betrekking tot de te verwachten impact van de lozing op de temperatuur van de Schelde wordt geconcludeerd dat er geen achteruitgang van de temperatuur optreedt voor wat betreft het volledige waterlichaam als gevolg van de thermische lozing van de KC Doel.

Voor de parameters nitriet + nitraat + ammonium, BZV en CZV werd de impact van de lozing als verwaarloosbaar berekend; er wordt bijgevolg geen wijziging van de toestand van het waterlichaam verwacht.

- Specifiek verontreinigende stoffen die mee de ecologische toestand bepalen:

Uranium is geen relevante parameter want wordt niet geloosd door de KC Doel. De berekende impact voor de parameters arseen en boor is verwaarloosbaar; er wordt bijgevolg geen achteruitgang voor de 'evaluatie van de specifiek verontreinigende stoffen die mee de ecologische toestand bepalen' verwacht.

- Verontreinigende stoffen die de chemische toestand bepalen:

In de huidige toestand overschrijden volgende parameters de basismilieukwaliteitsnorm: PAK's, polybroomdifenyylether, tributyltin, perfluorooctaansulfonzuur, heptachloorepoxide en totaal kwik.

Voor de parameter kwik werd de impact van de lozing berekend. De impact is verwaarloosbaar. De overige parameters worden niet geloosd door de KC Doel. Er wordt bijgevolg geen achteruitgang voor de verontreinigende stoffen die de chemische toestand bepalen verwacht.

- Biologische kwaliteitselementen:

De impact op de biologische kwaliteitselementen kan niet kwantitatief bepaald worden. Op basis van de beoordelingen in de discipline Biodiversiteit van de impact van de watercaptatie, de lozing van koelwater en de lozing van chemische stoffen op de waterorganismen in de Schelde, wordt er geen achteruitgang van de biologische kwaliteitselementen in het volledige waterlichaam verwacht.

Op basis van deze evaluatie werd niet verwacht dat het langer openhouden van Doel 1 en 2 in de periode 2015 - 2025 tot een achteruitgang van de toestand zou leiden of dat dit de vooropgestelde doelstellingen voor het volledige waterlichaam zou hypothekeren. De bijdrage van de kerncentrale tot de verontreiniging van de Zeeschelde is zeer gering. Uit de analyse gemaakt in het MER voor verlenging van D1 en D2 werd eveneens afgeleid dat deze uitspraak eveneens geldig zou zijn in het geval Doel 1 en 2 stilgelegd worden gezien deze situatie impliceerde dat de vuilvracht die via de lozingen in de Zeeschelde terecht zou komen kleiner zou zijn dan in het geval van het 10 jaar langer openhouden van Doel 1 en 2.

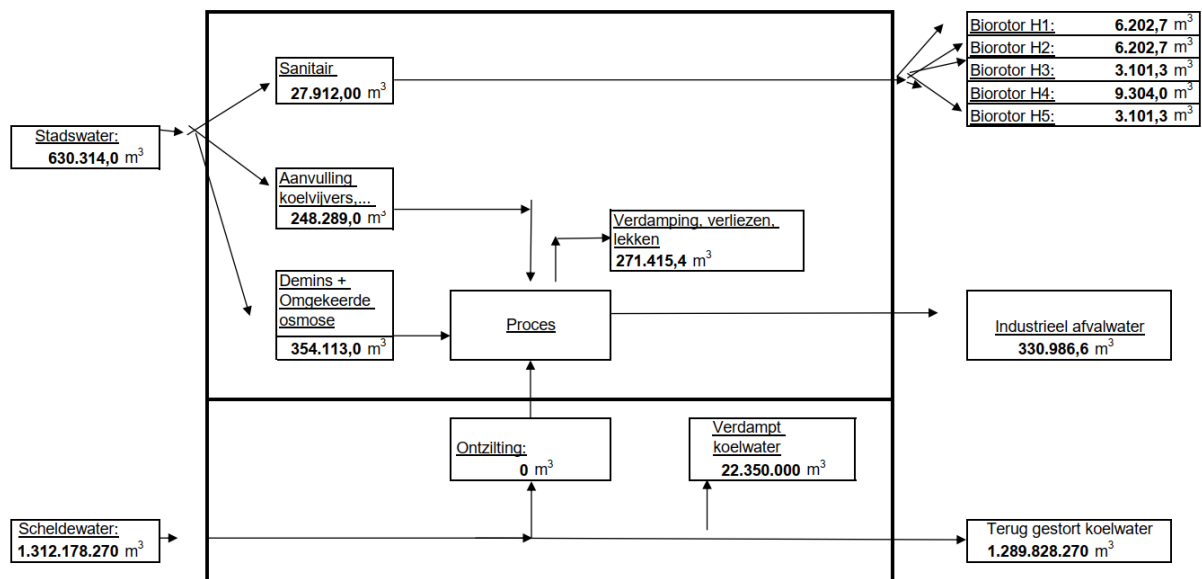
In volgende paragrafen wordt nagegaan wat het effect van het verlengen van Doel 4 voor een periode van 10 jaar (2027 tot 2037) op het watersysteem kan zijn.

3.2.4 Beschrijving van de effecten

De beschrijving van de te verwachten effecten is gebaseerd op beschikbare data en informatie opgenomen in de jaarlijkse milieuverklaringen (data tot en met 2021) opgemaakt door de uitbater van de centrale en de verschillende milieueffectrapportages die in de periode 2010 – 2021 zijn opgemaakt (project-MER voor de hervergunning van Doel 1, 2, 3 en 4 in 2010, screeningsnota voor de LTO werken voor het langer openhouden van Doel 1 en 2 in 2015, MEB voor het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 (KENTER, 2021) en het MER voor de levensduurverlenging van Doel 1 en Doel 2 (Arcadis/NRG, 2021).

Het uitstellen van de desactivatie van Doel 4 met 10 jaar betekent dat er gedurende deze periode verder water verbruikt en geloosd zal worden door de centrale Doel 4. De centrale gebruikt drinkwater/stadswater (als

proceswater, voor onderhoud en in de sanitaire installaties) en Scheldewater (als koelwater). Grondwater wordt niet gebruikt, hemelwater evenmin. Figuur 32 geeft een overzicht van het waterverbruik voor het jaar 2021 (Doel 1, 2, 3 en 4 in werking). Het hemelwater dat van daken en verhardingen afstroomt en deels in het sanitair afvalwatersysteem terechtkomt, is niet opgenomen in de waterbalans.



Figuur 32: Waterbalans KC Doel voor 2021.

Stadswater wordt in hoofdzaak gebruikt voor de aanmaak van gedemineraliseerd water dat gebruikt wordt voor stoomproductie in de secundaire kring, voor de aanvulling van de koelvijvers en voor sanitaire doeleinden⁵⁰.

Het *sanitair* afvalwater wordt samen met het hemelwater (afkomstig van daken en verhardingen) afgevoerd naar vijf biorotoren waar het gezuiverd wordt alvorens het geloosd wordt in de Schelde (vijf lozingspunten). Het sanitair afvalwater wordt samen met het hemelwater opgevangen in vijf opvangputten. Deze putten zijn voorzien van pompinstallaties die het water bij zware regenval rechtstreeks naar de Schelde pompen. In normale omstandigheden wordt dit afvalwater gezuiverd in de biorotoren vooraleer het in de Schelde geloosd wordt. In 2021 bedroeg het jaardebiet voor huishoudelijk afvalwater (mengsel van sanitair en hemelwater) ca. 27.912 m³.

Het *bedrijfsafvalwater* bestaat uit effluent afkomstig van de regeneratie van de demineralisatie-installaties van Doel 1 tot en met Doel 4 en van de water- en afvalbehandelingseenheid, reinigingswater (vloeren) van alle eenheden en van de water- en afvalbehandelingseenheid, (niet radioactief) behandeld afvalwater en destillaat van de primaire kring afkomstig van de waterbehandelingseenheid en ammoniakrijke effluënten van de vacuümpompen (omgekeerde osmose-eenheid). De verschillende afvalwaterstromen worden geneutraliseerd en fysisch-chemisch behandeld alvorens ze geloosd worden.

Het bedrijfsafvalwater bevat als meest karakteristieke parameters:

- Chloriden, afkomstig van het zoutzuur dat gebruikt wordt voor de regeneratie van de ionenwisselaars van de demineralisatie-installaties;
- Metalen, zoals molybdeen en chroom die gebruikt worden voor de behandeling van de specifieke waterkringen;

⁵⁰ Stadswater wordt ook gebruikt in specifieke omstandigheden in de vier kleine hulpkoeltorens (met geforceerde ventilatie) van Doel 1 en 2. Deze zijn in normale omstandigheden niet in werking. De koeling van het systeem gebeurt normaal door Scheldewater. Maar voor periodieke testen en in geval van ongeval werken ze wel op stadswater.

- Boor, afkomstig van het boorzuur uit het water afkomstig van de primaire kring. (Het boorzuur wordt gebruikt bij de controle van de reactiviteit van de kern). Indien het boorzuur niet gerecupereerd kan worden, wordt het na zuivering geloosd;
- Stikstof, afkomstig van stikstofhoudende componenten in het afvalwater afkomstig van de conditioneringsmiddelen in de waterstoomkringen en de nitraten/nitrieten aanwezig in het stadswater. In de secundaire kring wordt corrosie bestreden door pH-regeling en met behulp van ammoniak en hydrazinehydraat.

In 2021 bedroeg het jaardebiet voor het bedrijfsafvalwater ca. 330.987 m³.

Scheldewater wordt uitsluitend gebruikt als *koelwater* in de tertiaire kring. Het koelwater wordt onttrokken aan de Schelde op twee plaatsen: een open captatie ter hoogte van de oever van de Schelde voor Doel 3 en 4 en een captatiepunt in de Schelde zelf voor Doel 1 en 2. Het koelwater wordt na gebruik terug in de Schelde geloosd via 1 gezamenlijk lozingspunt. Via een pompinstallatie wordt het water naar de eenheden Doel 1 en Doel 2 gepompt. De koelcircuits van Doel 1 en 2 zijn directe of open koelkringen wat betekent dat het koelwater dat door de condensor gestuurd wordt eenmalig gebruikt wordt. Het koelcircuit voor Doel 3 en 4 zijn gesloten koelkringen waarbij het koelwater circuleert tussen de koeltorens en de condensor. Het deel van het koelwater dat verdampt of gespuid wordt, wordt aangevuld. Alle koelwater en het spuiwater wordt via 1 lozingspunt geloosd (punt K3). Via een verdeelsysteem bestaat wel de mogelijkheid om het koelwater van Doel 1 en 2 hetzij rechtstreeks naar het lozingspunt K3 te brengen, hetzij naar de koeltorens van Doel 3 en/of Doel 4 te pompen.

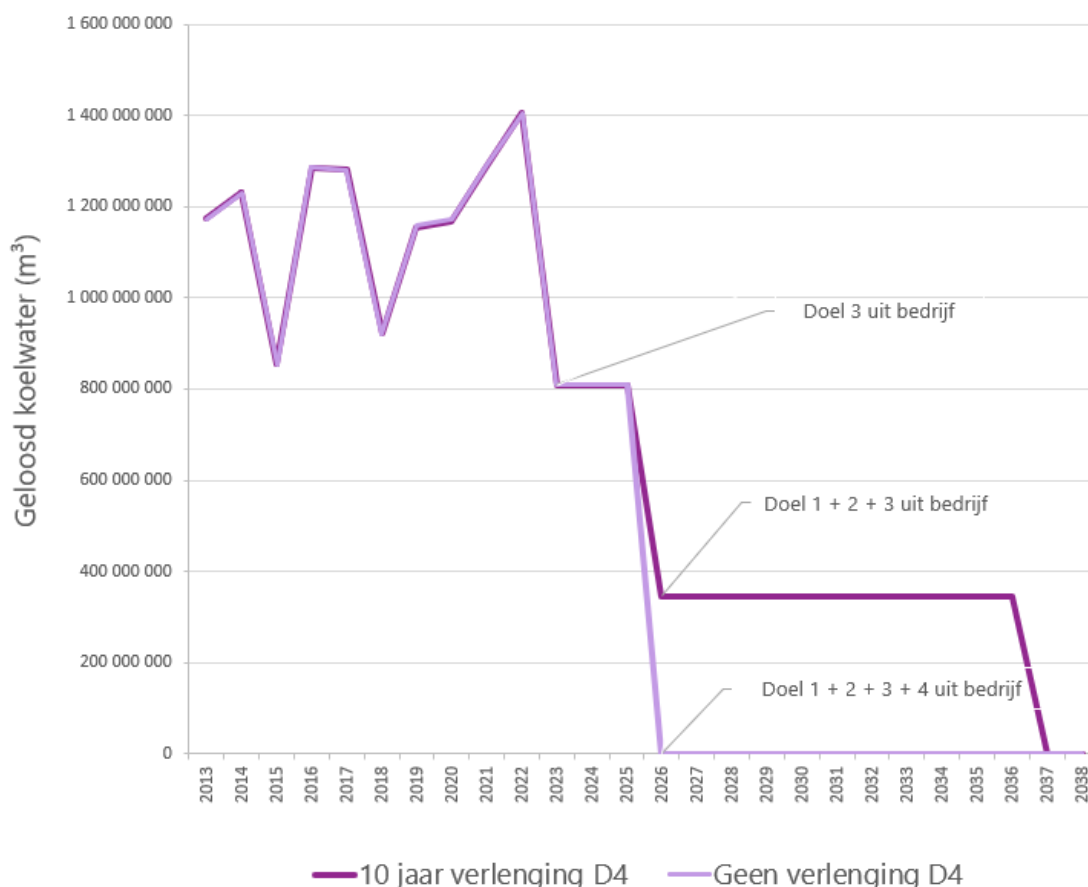
Het gebruikt koelwater wordt samen met het spuiwater en het bedrijfsafvalwater op hetzelfde lozingspunt K3 in de Schelde geloosd.

In 2021 werd 1.312.178.270 m³ koelwater aan de Schelde onttrokken en werd ca. 1.289.828.270 m³ teruggestort. De vergunde te onttrekken hoeveelheid bedraagt 1.500.000.000 m³.

In Figuur 33 is de hoeveelheid geloosd koelwater weergegeven over een periode van 10 jaar (2027-2036) voor het project met verlenging van Doel 4 versus de referentieperiode (geen verlenging). De cijfers tot en met 2021 zijn gebaseerd op de geloosde debieten gemeten in de periode 2013–2021 (bron Electrabel nv, waterbalansgegevens). Het gemiddeld jaarlijks volume opgenomen Scheldewater voor deze periode bedroeg ca. 1.169 miljoen m³, het gemiddeld jaarlijks geloosd volume koelwater ca. 1.151 miljoen m³, want ca. 1,5 % verdampt. De grotere schommelingen in volumes zijn te wijten aan het stilliggen van een deel van de installaties (bv. in 2015 en 2018) of in mindere mate, ten gevolge van temperatuursinvloeden (warmere versus koudere jaren).

Voor de toekomstige situatie vanaf 2023 moet voor de volumes rekening gehouden worden met het uit bedrijf nemen van Doel 3 vanaf 2023 en het uit bedrijf nemen van D1 en D2 (vanaf het jaar 2026). Op basis van de gemiddelde verbruiken is in het kader van de MEB en MER voor de levensduurverlenging van Doel 1 en Doel 2 (2021) door Electrabel nv een prognose gemaakt voor de komende jaren waarbij een inschatting van het aandeel van de verschillende eenheden werd gemaakt aan de hand van het verwachte aantal bedrijfsuren en het gemiddelde uurdebiet van de pompen op het innamepunt voor Doel 3 en 4. Het toekomstig jaarlijks Scheldewaterverbruik voor Doel 3 en 4 werd daarbij op ca. 704 miljoen m³ geraamd (jaarlijkse hoeveelheid), dit is naar schatting ca. 60 % van het Scheldewaterverbruik van de vier centrales samen (1.173 miljoen m³). Hieruit werd een gezamenlijk verbruik door Doel 1 en 2 van ca. 469 miljoen m³ per jaar afgeleid. Verder wordt aangenomen dat het verbruik van Doel 3 van dezelfde grootteorde is als dat van Doel 4 (elk 30 %).

Vanaf 2023 is Doel 3 in beide 'alternatieven' niet meer in werking. Vanaf eind 2025 zijn in het referentiescenario (geen verlenging) ook Doel 1 en 2 niet meer in gebruik waardoor de nood aan koelwater vanaf 2026 sterk zal verminderen (enkel nog voor Doel 4) tot volledig wegvallen (referentiescenario, geen verlenging).



Figuur 33: Volume koelwater (m³) geloosd ten gevolge van de tienjarige verlenging van de werking van Doel 4 in vergelijking met de referentiesituatie (geen verlenging).

Ook het verbruik van stadswater zal een daling in verbruik kennen in het referentiescenario maar er wordt van uit gegaan dat het ten gevolge van het uit bedrijf nemen van Doel 3 nog geen drastische daling zal zijn. Dit werd door Electrabel nv vastgesteld tijdens periodes waarin bepaalde centrales stillagen voor onderhoud. Enkel het verbruik van stadswater voor de stoomcyclus wordt verwacht licht te dalen in de periode 2023-2026. Vanaf het bijkomend uit werking zijn van Doel 1 en Doel 2 in 2026 zal het stadswaterverbruik ook in grotere mate verminderen, hiervoor werd een aanname van 50 % daling gemaakt.

Met betrekking tot oppervlaktewater moet met een verdere intake van stadswater en Scheldewater en een lozing van afvalwater (sanitair en proces) en koelwater rekening gehouden worden gedurende een periode van 10 jaar verlengde werking van Doel 4. Tabel 20 vat de verschillen tussen beide scenario's samen op het vlak van de volumes koelwater en afvalwater (sanitair en industrieel). Gedurende 10 jaar zal jaarlijks ca. 347 miljoen m³ koelwater, ca. 24.500 m³ sanitair afvalwater en ca. 140.000 m³ bedrijfsafvalwater geloosd worden. Ook het stadswaterverbruik is opgenomen in de tabel (per jaar). Over een periode van 10 jaar gaat het in geval van verlenging over een verder verbruik aan stadswater van ca. 2,1 miljoen m² of ca. 211.000 m³ per jaar. Een verdere impact op het stadswaterverbruik en de waterkwaliteit en waterkwantiteit van de Schelde ten gevolge van het lozen van afvalwater en koelwater door de verlenging van Doel 4 is dus te verwachten. Bij geen verlenging is er vanaf 2027 uiteraard geen impact meer op het watersysteem van de Schelde.

Tabel 20: Volume geloosd koelwater, afvalwater en verbruikt stadswater met en zonder verlenging.

Lozing		10 jaar verlenging	Referentiescenario (geen verlenging)
Koelwater	Totale hoeveelheid	3,47 miljard m ³	Geen lozing
	Gemiddeld per jaar	347 miljoen m ³	Geen lozing
Sanitair afvalwater	Totale hoeveelheid	245.000 m ³	Geen lozing
	Gemiddeld per jaar	24.500 m ³	Geen lozing
Industrieel afvalwater	Totale hoeveelheid	1,4 miljoen m ³	Geen lozing
	Gemiddeld per jaar	140.000 m ³	Geen lozing
Verbruikt stadswater	Totale hoeveelheid	2,11 miljoen m ³	Geen verbruik
	Gemiddeld per jaar	211.000 m ³	Geen verbruik

Uit de jaarlijkse milieuverklaringen gepubliceerd door Electrabel nv, de milieuvergunningen en de MER's uit 2010 en 2021 en de screeningnota uit 2015 kan afgeleid worden dat de belangrijkste impact van de werking van de kerncentrale op het watersysteem de lozing van afvalwater en koelwater in de Schelde is. Effecten op de kwantiteit (debiet) en op de kwaliteit van de Schelde zijn hierbij te verwachten, hierna worden die effecten verder meer in detail besproken.

Kwantiteit

In normale omstandigheden wordt voor het koelen in de tertiaire kring ca. 180.000 m³/u Scheldewater opgepompt. Dit komt neer op 0,71 % van het debiet van de Schelde, dat ter hoogte van Doel ongeveer 7.000 m³/s bedraagt. Deze waarde is het gemiddelde van een meting gedurende zes uur tijdens de vloedfase. Ondanks de zeer aanzienlijke hoeveelheid opgenomen Scheldewater, is het effect op het debiet van de Schelde verwaarloosbaar te noemen⁵¹.

In 2021 gebruikte de kerncentrale van Doel 1.312 miljoen m³ Scheldewater (alle reactoren in werking). Ongeveer 22 miljoen m³ verdampte in de koeltorens en 1.290 miljoen m³ werd terug in de Schelde gestort. In 2021 werd ca. 27.912 m³ sanitair en ca. 330.987 m³ bedrijfsafvalwater geloosd. Deze hoeveelheden zijn een fractie van het koelwatervolume dat onttrokken wordt en compenseren een kleine fractie voor het verdampingsverlies (ca. 1,6 %) maar zoals gezegd, te verwaarlozen ten opzichte van het koelwaterdebiet (dat op zich dus ook geen betekenisvolle impact op het debiet van de Schelde heeft).

In de periode 2013–2022 schommelden de hoeveelheden verbruikt koelwater à rato van het al dan niet stilliggen van een of meerdere eenheden van minimum 867 miljoen m³ in 2015 tot maximum 1.427 miljoen m³ in 2022⁵².

Voor de periode 2023-2025 wordt nog een jaarlijkse hoeveelheid ingenomen Scheldewater van ca. 821 miljoen m³ verwacht, na het stilleggen van Doel 3 in 2022 en vanaf 2026, na het stilleggen van Doel 1 en 2 in 2025 nog ca. 352 miljoen m³ (enkel Doel 4 nog in werking). Ook dan zal de impact op het watersysteem met betrekking tot het debiet nooit een probleem vormen maar uiteraard groter zijn dan in het referentiescenario voor de periode 2027–2036 waarin Doel 3 vanaf eind 2022 gestopt is en Doel 1 en 2 vanaf 2026 zullen stilgelegd zijn en er dus geen koelwater of afvalwater meer zal geloosd worden.

Er worden geen wezenlijke verschillen in verhardingsgraad verwacht in de periode 2027–2036, noch voor het project met verlenging van Doel 4, noch voor het referentiescenario waarbij naast Doel 3 ook Doel 1 en 2 uit werking

⁵¹ Dat geldt trouwens ook voor het cumulatieve effect van alle (netto) onttrekkingen op de Zeeschelde stroomafwaarts van Antwerpen. Door het overwicht van de getijwerking zijn de beschikbare hoeveelheden water hier in de praktijk onbegrensd.

⁵² Nog niet in een milieuverklaring gepubliceerd cijfer, mondelinge mededeling Electrabel nv, januari 2023.

genomen zullen worden. De hoge verhardingsgraad (ca. 52 %, wat neerkomt op ca. 56 ha verharding) en het feit dat het afstromend hemelwater samen met het sanitair afvalwater in een gemengd rioleringsstelsel terechtkomt dat bij (hevige) regenweeromstandigheden voor frequente overstortingen van de opvangputten op de Schelde zorgt, heeft in beide alternatieven een weliswaar te verwaarlozen impact op het debiet van de Schelde maar een negatieve impact op de waterkwaliteit. De Schelde voldoet immers nog niet aan de milieukwaliteitsnormen inzake N, P en CZV.

Een vraag die in het kader van de watertoets (waarover op 1 januari 2023 een nieuw besluit in werking is getreden⁵³) ook gesteld moet worden is of de site van KC Doel gevoelig is voor overstromingen, in de huidige toestand en in de nabije toekomst (tot ca. 2037). Hierbij kan in eerste instantie getoetst worden aan de watertoetskaart (Figuur 34) en kan nagekeken worden of er ten gevolge van klimaatverandering toegenomen risico's voor overstroming in de nabije toekomst te verwachten zijn, door intensere regenbuien, overstroming vanuit waterlopen of stijging van de zeespiegel. De bevoegde waterbeheerder is de Vlaamse Waterweg, afdeling Regio Centraal, Polder van het Land van Waas. De kerncentrale is (enkel) gevoelig voor pluviale overstromingen maar ligt niet in een gebied dat gevoelig is voor overstroming vanuit de zee of vanuit de rivieren/waterlopen en evenmin in een signaalgebied (niet ontwikkeld gebied met een harde gewestplanbestemming). De centrale is immers op sterk opgehoogd terrein gebouwd (+ 8,86 m TAW) en de Sigmadijk is er plaatselijk 12,08 m TAW. Voor verdere detailbespreking wordt verwezen naar de discipline klimaat.

Figuur 34 toont dat er in de toekomst dus mogelijk plaatselijk wel kans op 'water op straat' is binnen de site van de kerncentrale (rond bepaalde gebouwen) ten gevolge van hevige regenval (in de winter of in de zomer).



Figuur 34: Pluviale overstromingsgevoelige gebieden (watertoetskaart, bron: waterinfo.be).

De waterdieptekaarten voor het huidige klimaat (Figuur 35) en voor het toekomstig klimaat⁵⁴ (Figuur 36) geven per overstromingskans een zicht waar de hoogste waterdieptes te verwachten zijn bij een overstromingsevent. In uitvoering van de Europese Overstromingsrichtlijn werden geactualiseerde overstromingsgevaarkaarten opgemaakt voor drie scenario's: kleine kans (terugkeerperiode 1000 jaar), middelgrote kans (terugkeerperiode 100 jaar) en grote kans (terugkeerperiode 10 jaar) op overstromingen. De overstromingskansen worden als volgt gedefinieerd:

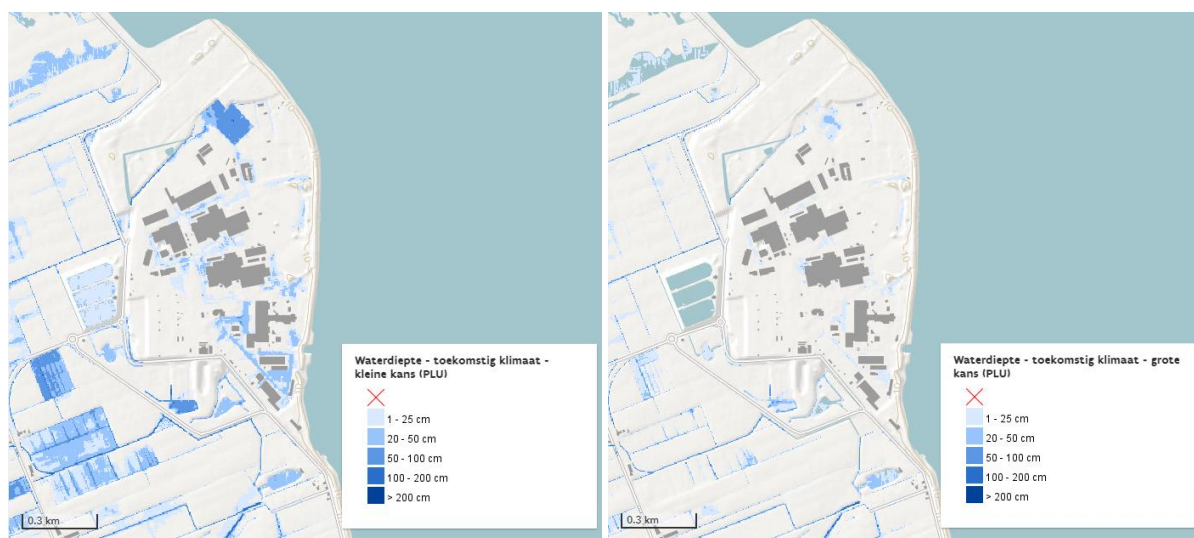
⁵³ Besluit van de Vlaamse Regering van 25 november 2022 tot wijziging van diverse besluiten die verband houden met de watertoets en de informatieverplichting uit artikel 1.3.1.1 en 1.3.3.3.2 van het decreet van 18 juli 2003 betreffende het integraal waterbeleid, gecoördineerd op 15 juni 2018 en de Omzendbrief OMG/2022/1 van 16 december 2022 betreffende richtlijnen voor de toepassing van een klimaatbestendige watertoets en de vrijwaring van het waterbergend vermogen in signaalgebieden.

⁵⁴ Met klimaatprojectie 2050.

- Middelgrote overstromingskans zijn de zones die een herhalingsperiode van 100 jaar of minder hebben en komen naar terugkeerperiode overeen met de afbakening van de vroegere effectief overstromingsgevoelige gebieden;
- Kleine overstromingskans zijn overstromingsgebeurtenissen die een kleinere kans hebben dan een middelgrote overstromingskans en worden in de overstromingsrichtlijn als een buitengewone gebeurtenis omschreven. Rekening houdend met de waterbom in juli 2021, moet er echter rekening mee gehouden worden dat het in uitzonderlijke gevallen over zeer ingrijpende overstromingsevents kan gaan.
- Kleine overstromingskans onder klimaatverandering: deze overstromingsgebeurtenis projecteert de impact van de overstromingen voor een buitengewone gebeurtenis naar de omvang in de toekomst onder impact van de klimaatverandering. Voor de opstelling van de kaarten is hierbij de klimaathorizon 2050 gebruikt en niet deze van 2100 die nog uitgebreider is.



Figuur 35: Pluviale overstromingsgevaarkaart voor het huidig klimaat voor een kleine en grote kans op voorkomen (bron: waterinfo.be).



Figuur 36: Pluviale overstromingsgevaarkaart voor het toekomstig klimaat voor een kleine en grote kans op voorkomen (bron: waterinfo.be).

De kaarten geven aan dat binnen de site van de kerncentrale in de toekomst zeker aandacht moet gaan naar overstromingsrobuust (ver)bouwen door in te zetten op het voldoende hoog bouwen en waar nodig het compenseren van ruimte voor water (vrijwaren waterbergend vermogen) om elders geen nieuwe probleemgebieden te veroorzaken.

Kwaliteit

Het sanitair afvalwater wordt in een biologische waterzuivering (5 biorotoren) behandeld voor lozing in de Schelde. Het bedrijfsafvalwater is weinig verontreinigd en wordt via een eenvoudige voorbehandeling in de Schelde geloosd. Het koelwater wordt na gebruik ook teruggestort in de Schelde.

In de gemengde riolering voor de afvoer van hemelwater en sanitair afvalwater van de kerncentrale komt ook lekkend koelwater van uit de ondergrondse galerijen en zelfs grondwater (dat van nature arseen bevat) via de bodem in de riolering en de opvangputten terecht. Deze lekken van koelwater en in mindere mate grondwater in de gemengde riolering verklaren eveneens de frequente overstortwerking. Voor de periode 2015-2019 (tijdens de werking van alle eenheden) varieerde de duur van de overstortwerking van de opvangputten tussen 12 en 46 dagen per jaar. Het 10 jaar langer openhouden van Doel 4 zal deze overstortsituatie weliswaar in stand houden (door het behoud van de aangesloten verharding), maar door een verminderde hoeveelheid sanitair afvalwater zal de overstortfrequentie mogelijk iets lager zijn en zal de belasting van dit afvalwater verminderen, met een kleinere impact op de waterkwaliteit dan in de huidige situatie tot gevolg. In het referentiescenario/nulalternatief zal de verhardingsgraad mogelijk niet wezenlijk veranderen maar zal geen lekkend koelwater meer in de riolering terechtkomen en zal het aandeel sanitair afvalwater verder afnemen tot zelfs helemaal wegvallen.

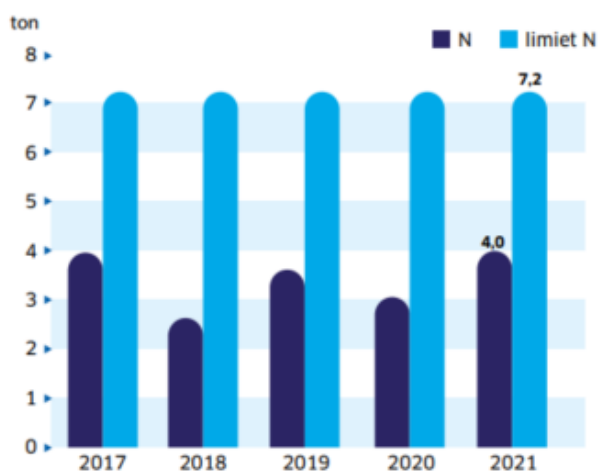
Met betrekking tot kwaliteit moet verder onderscheid gemaakt worden tussen het geloosde koelwater, het sanitair afvalwater en het bedrijfsafvalwater.

Het koelwater heeft een thermische impact op de Schelde, heeft een verhoogd chloridegehalte door dosering van NaOCl om microbiële groei te vermijden en heeft door de beluchting in de koeltorens een verhoogd zuurstofgehalte. Vooraleer het koelwater terug in de rivier stroomt, wordt het afgekoeld in de koeltorens, waar de opwaartse luchtstroom de zuurstofconcentratie in het water doet stijgen en de temperatuur doet dalen. De lozingsnormen leggen op dat het koelwater dat terug in de Schelde vloeit niet warmer mag zijn dan 33 °C. De daggemiddelde lozingstemperatuur moet onder 32 °C liggen en de gemiddelde lozingstemperatuur over dertig dagen mag de limiet van 30 °C niet overschrijden. In 2019 werden de wettelijk vooropgestelde limieten, ondanks de hittegolf, gerespecteerd. Ook in 2020 en 2021 die eveneens door hittegolffperioden gekenmerkt waren werden de normen eveneens gerespecteerd. De gemiddelde ogenblikkelijke lozingstemperatuur in 2021 bedroeg 24,72 °C, het daggemiddelde 24,58 °C en het maandgemiddelde 24,60 °C. In 2017 en 2018 (beide eveneens erg warme jaren) werden deze normen ook gehaald en de verwachting is dat onder gelijkaardige omstandigheden dit ook zou kunnen lukken in de komende periode (2023–2027).

In het MER van 2010 (Vinçotte) en dat van 2021 (Arcadis/NRG) is uitgebreid ingegaan op de impact van het afvalwater en koelwater op de Schelde. Belangrijkste conclusie is dat wat betreft het afvalwater kan gesteld worden dat de gemiddelde berekende concentratieverhoging in de Schelde door de activiteiten van KC Doel ten opzichte van de milieukwaliteitsnormen (MKN) in de jaren 2013–2014 kleiner was dan 0,1 %, wat als een verwaarloosbaar effect werd beschouwd. Gezien de kwaliteit van het afvalwater in de periode daarna 2015–2021 globaal gezien niet slechter was, kan voor die periode aangenomen worden dat er ook geen relevante effecten op de kwaliteit van de Schelde zijn vastgesteld. Voor de toekomstige periode (2023–2027) worden in normale omstandigheden onder dezelfde bedrijfsvoering ook geen betekenisvolle effecten op de waterkwaliteit verwacht, te meer daar door de sluiting van Doel 3 (eind 2022) en de geplande sluiting van Doel 1 en 2 (eind 2025) de impact op de waterkwaliteit verder zal afnemen. Indien de kwaliteit van het Scheldewater de komende jaren nog verbetert, kan de relatieve bijdrage van de lozing van KC Doel uiteraard nog iets groter worden maar het globaal effect zal nog steeds verwaarloosbaar zijn. In het referentiescenario (zonder verlenging van Doel 4) zal de impact op de Schelde in de periode 2027–2036 volledig verdwijnen.

In de periode 2013–2017 stelde zich wel een probleem in verband met een te hoge concentratie aan nitriet in het bedrijfsafvalwater. In 2013 werd de lozingsnorm (2 mg/l) overschreden, in 2014 en 2015 lag de gemiddelde concentratie onder de lozingsnorm maar er werden toch nog piekconcentraties tot boven de lozingsnorm opgemeten en in 2016 en 2017 werden respectievelijk twee pieken en 1 pieklozing vastgesteld. Vermoed werd dat de stilstanden van de eenheden hier een invloed op hadden. De oorzaak van de pieken was te wijten aan een samenloop van niet te vermijden omstandigheden waarbij ideale condities ontstonden voor de ontwikkeling van biologische groei in een afvalwatertank. Door uitvoering van gepaste maatregelen (bv. continue meting en sneller ingrijpen), aanpassing van de installatie, betere exploitatie van de opvanginstallatie van Doel 3 en procedures in geval van onbeschikbaarheid kon voorkomen worden dat er in 2018 een nitrietpiek optrad. In 2019 werd de lozingsnorm voor nitriet tijdelijk verhoogd van 2 naar 8 mg nitriet-N per liter (tot eind 2021) wat (voor nitriet) toeliet binnen de normen te blijven opereren en ondertussen het knelpunt op te lossen. De totaal geloosde N-vracht is sinds 2017 onder controle (Figuur 37). In 2019–2021 werd de toekomstige norm van 2 mg N-NO₂/l nog sporadisch overschreden maar de concentratie lag gemiddeld onder de norm.

Lozen van Stikstof



Figuur 37: N-vracht in het bedrijfsafvalwater in de periode 2017-2021 (bron: Electrabel nv, milieuverklaring 2022).

Een ander probleem dat zich in 2019 nog stelde was het voorkomen van een te hoog AOX-gehalte in het sanitair en industrieel afvalwater en in het koelwater. Aan het koelwater wordt NaOCl toegevoegd als conditioneringsmiddel, om aangroei in het koelsysteem tegen te gaan. Hierdoor kunnen AOX ontstaan. Een optimaal conditioneringsregime kan ervoor zorgen dat de omvang van het gebruik van NaOCl en de periode waarin conditionering moet worden toegepast wordt gereduceerd, waardoor de vorming en lozing van AOX kan worden verminderd. De belangrijkste stuurparameter blijkt het gebruik van actief chloor te zijn. Momenteel gebeurt de dosering van NaOCl op basis van de analyse van de overmaat actieve chloor en ervaring met betrekking tot de koeltoren pakking maar omdat de detectielimiet van de actief chloor meting te hoog ligt, is een fijnregeling met als doel een lager NaOCl-verbruik, lagere actieve chloorgehalten in het geloosde koelwater en minder AOX-vorming nog niet mogelijk.

Met betrekking tot de lozing van het koelwater is een aanzienlijke temperatuurstijging (hoger dan 3 °C) ten gevolge van de koelwaterlozing van KC Doel vast te stellen binnen het gebied van de strekdam, tot op maximaal ca. 1050 m afstand van het lozingspunt. Relevante maar aanvaardbare temperatuurstijgingen tussen 1 en 3 °C doen zich bij eb en bij kentering van laagwater voor tot op maximaal ca. 1.300 m afstand van het lozingspunt, het gebied dat nog steeds binnen de strekdam is gelegen. Bij vloed doet zich een relevante temperatuurstijging voor tussen 1 en 3 °C buiten de strekdam voor tot op maximaal 500 m van het lozingspunt in oostelijke richting en maximaal tot 800 m stroomopwaarts van het lozingspunt in zuidelijke richting. Het gebied binnen de strekdam vormt een warmtebarrière voor bepaalde aquatische organismen. Voor dit gebied wordt niet voldaan aan de

milieukwaliteitsnormen inzake temperatuur voor de Schelde ten gevolge van de koelwaterlozing van KC Doel. De vaargeul van de Schelde ten oosten van de strekdam blijft wel passeerbaar voor aquatische organismen. De gemiddelde oppervlakte van de dwarsdoorsnede van het gebied binnen de strekdam blijkt niet groter te zijn dan 25 % van de oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de Schelde. De vaargeul van de Schelde ten oosten van de strekdam wordt te allen tijde passeerbaar geacht voor aquatische organismen. Voor de verdere beoordeling van dit effect wordt verwezen naar de discipline biodiversiteit. Gezien de hoeveelheid koelwater in de periode 2027–2036 kleiner zal zijn dan de hoeveelheid die tot 2022 (voor de sluiting van Doel 3) nodig was kan besloten worden dat de effecten op de thermische verontreiniging (omvang van de thermische pluim, temperatuurstijging) kleiner zullen zijn tijdens de verlenging van Doel 4. Het (kleiner) effect wordt wel verlengd over een extra periode van 10 jaar.

Op langere termijn kan de klimaatverandering een negatieve invloed hebben op de koelcapaciteit van het Scheldewater. Bij een stijging van de Scheldetemperatuur ten gevolge van klimaatverandering, zal de temperatuur van het geloosde koelwater immers evenredig stijgen, met kans op een meer frequente beperking van de maximaal te lozen thermische vrachten op dagbasis (cf. de vergunningsvoorwaarden), vooral in de zomer. Daarnaast zijn op langere termijn op dit vlak ook meer negatieve effecten te verwachten wanneer zich een aanzienlijke debietsdaling in de rivieren zou beginnen voordoen ten gevolge van klimaatverandering. Maar gezien eveneens met de voorspelde zeespiegelstijging (en de nu al merkbare toegenomen getijslag) moet rekening gehouden worden lijkt dit voor de getijdenrivier die de Schelde is op die locatie niet onmiddellijk voor problemen te zullen zorgen, niet binnen de komende tijdsperiode van 5 jaar en ook niet in de periode 2027–2036. Er is nog niet meetbaar kunnen vastgesteld worden dat de temperatuur van de Zeeschelde toegenomen is door de recente klimaatverandering. Het water in de Zeeschelde is in de jaren zeventig en tachtig van de vorige eeuw wel iets warmer geworden, maar het lijkt aannemelijk dat eerder lozingen van koelwater daaraan hebben bijgedragen⁵⁵xi. Met betrekking tot het effect van klimaatverandering op de temperatuur van oppervlaktewater wordt in INBO (2015)⁵⁶ voor 'oppervlaktewater in het algemeen' aangegeven dat met een verhoging van 0,5 tot 0,6 °C per 10 jaar moet rekening gehouden worden. In de periode (2022 – 2036) zou dit theoretisch betekenen dat de watertemperatuur van de Schelde dus 0,75 tot 0,9 °C zou kunnen stijgen. Maar er van uitgaande dat dit mogelijk voor de getijdenrivier Zeeschelde als een maximum moet beschouwd worden, zal dit verlies aan koelcapaciteit vermoedelijk door een betere monitoring van de Zeescheldetemperatuur en een daarop aangepaste sturing van de aanwezige koelcapaciteit niet voor grote problemen mogen zorgen (een toename van de thermische vracht, een overschrijding van de lozingsnormen, een grotere warmtebarrière in de zomer en dit tijdens de meest gevoelige periode – kentering bij laag water). Vanaf 2023 zal Doel 3 bovendien uit werking gaan waardoor de thermische vracht dan al zal verminderen en vanaf 2026 geldt hetzelfde voor Doel 1 en 2.

Het 10 jaar langer openhouden van Doel 4 vanaf 2027 tot 2037 betekent dus dat gedurende 10 jaar een kleinere hoeveelheid afvalwater (zie hoger) van vergelijkbare samenstelling en met vergelijkbare concentraties en een kleinere jaarlijkse totale vuilvracht zoals beoordeeld in de jaren 2013-2014 (concentratieverhoging van minder dan 0,1 %) zal geloosd worden en dat dit eveneens een verwaarloosbare impact op de Schelde zal hebben. De geloosde vuilvracht en thermische vracht van het koelwater zal met ca. 70 % dalen in de periode 2023–2027. Voor de komende jaren kan ook aangenomen worden dat het nitriet- en AOX-probleem verder onder controle blijft, zoals dat ook de voorbije jaren het geval was. Het sanitair en bedrijfsafvalwater zal in die periode ook sterk afnemen.

In het referentiescenario (alle centrales gesloten) tijdens de periode 2027–2036 zal er geen impact zijn op de Schelde (geen lozing van koelwater, geen lozing van afvalwater, geen warmtepluim meer in de Schelde).

⁵⁵ VNSC (2019) Systeemanalyse natuur Schelde-estuarium. Gezamenlijk feitenonderzoek van stakeholders, deskundigen en de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie, 62 p.

⁵⁶ Van der Aa B., Vriens L., Van Kerckvoorde A., De Becker P., Roskams P., De Bruyn L., Denys L., Mergeay J., Raman M., Van den Bergh E., Wouters J., Hoffmann M. (2015). Effecten van klimaatverandering op natuur en bos. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2015 (INBO.R.2015.9952476). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Het water dat in de Schelde wordt geloosd, komt nooit in contact met het primaire circuit (het nucleaire gedeelte van de installatie). Er is dus geen gevaar voor radioactieve besmetting van de Schelde in normale omstandigheden.

Hemelwater wordt niet gebruikt in het proces of voor sanitaire installaties. Het hemelwater dat neervalt op daken en het merendeel van de verharde oppervlakken wordt samen met het sanitair afvalwater via de biorotoren geloosd in de Schelde. Het water van de parkings aan de bedrijfsingang watert af naar een beek in de nabijgelegen polder (Doorloop). Gebruik van hemelwater voor de aanmaak van deminwater of gebruik als koelwater is in principe mogelijk, maar de nodige infrastructuur hiervoor is momenteel niet aanwezig.

Structuurkwaliteit

Gezien geen werken voorzien zijn ter hoogte van de bestaande lozings- of captatiepunten in de Schelde wordt de impact op de structuurkwaliteit van de Schelde niet relevant geacht.

3.2.5 Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen

Voor het watersysteem kan vervolgens nagegaan worden in welke mate de hoger beschreven effecten die kunnen optreden door het 10 jaar langer openhouden van Doel 4 de voor het watersysteem belangrijk geachte beleidsdoelstellingen in meer of mindere mate zullen helpen bereiken of eventueel tegenwerken. Relevante beleidsdoelstellingen die in het vizier komen bij dit project zijn het bereiken van een goede toestand van het oppervlaktewater, het streven naar een duurzaam beheer van de waterketen, het beperken van overstromingsrisico's en droogte en het streven naar een duurzame watervoorziening.

Bereiken van de goede toestand van het oppervlaktewater

Het 10 jaar langer in exploitatie houden van Doel 4 betekent dat er gedurende 10 jaar langer (gezuiverd) sanitair afvalwater, behandeld bedrijfsafvalwater en (opgewarmd) koelwater zal geloosd worden. Voor een aantal parameters (bv. AOX, nitriet) werden de lozingsnormen in het verleden (periode 2014–2017) sporadisch overschreden door enkele piekconcentraties. Door het toepassen van maatregelen kon de gemiddelde lozingsnorm de laatste jaren wel gerespecteerd worden. Gezien aan de gestelde lozingsnormen kan voldaan worden en de berekende bijdrage aan de concentratieverhoging beperkt (plaatselijk) tot verwaarloosbaar is, betekent dit toch een restverontreiniging die gedurende 10 extra jaren in de Zeeschelde terecht komt. Het gedeelte van de Zeeschelde waarin geloosd wordt, bevindt zich momenteel nog in een 'ontoereikende' ecologische toestand en voldoet niet aan alle milieukwaliteitsnormen (temperatuur, O₂-gehalte, CZV, Nitriet + Nitraat + Ammonium, Boor, Arseen, Beryllium, Cadmium en Uranium). De waterkwaliteit is de laatste decennia gevoelig verbeterd maar de rivier is nog steeds kwetsbaar voor elke vorm van verontreiniging. De kerncentrale is qua totale vuilvracht hoe dan ook een significante lozer te noemen, ook wanneer in de toekomst Doel 1 en 2 zullen stilgelegd worden. Het zelfzuiverend vermogen van de Zeeschelde is nog niet voldoende hersteld. Voor een achteruitgang van de ecologische toestand van de Zeeschelde ten gevolge van het 10 jaar langer openhouden van Doel 4 moet echter niet gevreesd worden mits blijvend aandacht aan monitoring en tijdige bijsturing blijft gebeuren.

Gezien er slechts beperkte effecten van de kerncentrale op de waterkwaliteit zijn maar er blijvend inspanningen gedaan zullen worden om de effecten in de toekomst verder te beperken kan aangenomen worden dat het project het bereiken van het goed ecologisch potentieel van het oppervlaktewater niet hypothekeert. Sinds de ingebruikname van de kerncentrale is de toestand van de Zeeschelde verbeterd, inspanningen die geleverd zijn en worden om de lozingsnormen te respecteren zullen daar ook aan bijgedragen hebben. Voor een achteruitgang van de huidige (weliswaar) ontoereikende toestand van de Zeeschelde moet niet gevreesd worden door het 10 jaar langer openhouden van Doel 4. Uiteraard zou het niet verlengen (referentiescenario) een positieve bijdrage leveren maar of hierdoor alleen de ontoereikende toestand van de Zeeschelde verder naar een matige toestand zal evolueren is onzeker.

Gezien Doel 1 en 2 samen circa 40 % van het waterverbruik van de volledige kerncentrale vertegenwoordigen en Doel 3 en 4 elk ongeveer 30 % van het waterverbruik vertegenwoordigen en gezien de aard (samenstelling en verontreinigingsgraad) van het afvalwater en koelwater voor alle deelenheden gelijkaardig is kan aangenomen

worden dat de impact van het verlengen van de levensduur van Doel 4 (die een kleinere fractie vormt dan Doel 1 en 2 samen) evenmin tot een achteruitgang van de toestand zou leiden of dat een verlenging van de werking van Doel 4 de vooropgestelde doelstellingen voor het volledige waterlichaam zou hypothekeren.

Streven naar een duurzaam beheer van de waterketen

De waterketen duurzaam beheren houdt in dat (verder) ingezet wordt op de uitbreiding en optimalisatie van de saneringsinfrastructuur. Knelpunten bij de huidige exploitatie zijn het feit dat het hemelwater niet afgekoppeld is van de sanitaire afvalwaterstroom met te frequente overstortevents van (weliswaar verdund) sanitair afvalwater tijdens intense regenbuien. Er is geen gescheiden rioleringsstelsel aanwezig. Een bijkomend knelpunt is dat er ook koelwater en in mindere mate ook grondwater gedraineerd wordt en eveneens in de gemengde riolering terechtkomt en op die manier ook een bijdrage levert aan de overstortproblematiek. Gezien intensere regenbuien ten gevolge van de al vast te stellen klimaatverandering niet te vermijden zijn, is dit een knelpunt dat aandacht verdient in de volgende jaren van verdere exploitatie van de kerncentrale (Doel 4). Dergelijke verdunning van afvalwaterstromen leidt niet tot een efficiënte en effectieve zuivering.

Doorgaans voldoet de kerncentrale wel aan de opgelegde lozingsnormen voor sanitair afvalwater, bedrijfsafvalwater en koelwater maar voor enkele parameters worden de lozingsnormen niet steeds gehaald (bv. nitriet, AOX). Inspanningen zijn nog nodig om ook voor deze parameters de saneringsinfrastructuur aan te passen of nog beter om brongerichte maatregelen te nemen om deze knelpunten op te lossen.

Voor een aantal parameters aanwezig in het sanitair effluent, het bedrijfsafvalwater of het koelwater worden de metingen niet steeds consistent uitgevoerd of ligt de detectielimiet bij de metingen hoger dan de lozingsnorm waardoor onzekerheid is over het al dan niet behalen van de lozingsnormen. Specifiek voor het koelwater moet bijvoorbeeld nog een oplossing gevonden worden voor de adequate monitoring van het gehalte aan actieve chloor teneinde de AOX-vorming te kunnen verminderen en een optimale dosering van NaOCl om microbiële groei in het koelwater te beheersen, te bekomen.

Het maximaal beperken van de thermische vrachten en een optimale inzet van de koelcapaciteit zijn ook maatregelen die bijdragen aan een duurzaam beheer van de waterketen, zeker in het licht van de klimaatverandering. Het verdient aanbeveling om de impact van de thermische lozingen meer af te stemmen op de evolutie van de temperatuursgradiënt tussen de Nederlandse grens en Antwerpen. Dergelijke monitoring van en afstemming van de koelcapaciteit van de centrale met de cumulatieve thermische vracht op de Zeeschelde kan verder bijdragen aan een maximale beperking van de omvang van de thermische lozing.

Het 10 jaar langer openhouden van Doel 4 betekent dat de aanwezigheid van de gemengde riolering en de overstortproblematiek mogelijk zullen bestendig worden (eventueel wel in mindere mate) tijdens die periode en dat verder ook niet ingezet wordt op hergebruik van hemelwater. Ook de thermische impact op de Zeeschelde zal verder blijven bestaan. Zonder toepassing van de hogergenoemde maatregelen moet geconcludeerd worden dat hierdoor niet kan besloten worden dat de waterketen al maximaal duurzaam beheerd wordt.

Beperken van overstromingsrisico's en droogte

Op het vlak van overstromingsrisico's stellen zich geen problemen in de huidige situatie en worden ook geen problemen verwacht op korte of middellange termijn voor wat betreft fluviale overstromingen of overstromingen door zeespiegelstijging. Het langer openhouden van Doel 4 draagt bijgevolg niet merkbaar verder bij aan het beperken of veroorzaken van overstromingsrisico's vanuit de zee of de waterlopen. Ten gevolge van intensere regenbuien kan in de huidige toestand en door de klimaatverandering in de toekomst wel meer wateroverlast (water op straat) ontstaan. Er zijn momenteel echter geen aanwijzingen dat de centrale ongewenste stroomafwaartse (in de laaggelegen polders) overstromingsrisico's veroorzaakt of in stand houdt.

Op het vlak van droogte wordt vastgesteld dat momenteel minder inspanningen gedaan zijn om hemelwater maximaal vast te houden, te hergebruiken en plaatselijk te infiltreren. Gezien het hemelwater via daken en verhardingen grotendeels onmiddellijk afgevoerd wordt, kan gesteld worden dat de kerncentrale een verdrogend

effect heeft op de omliggende polders. Het effect is beperkt en leidt in de huidige toestand niet tot betekenisvolle verdroging. In het licht van de toenemende droogteverschijnselen in Vlaanderen en specifiek de verziltingsproblematiek in het gebied, lijkt het raadzaam om bij verdere verbouwingen op de site of aanpassingen aan de riolering maximaal aandacht te geven aan ontharding en het beheer van hemelwater (hergebruik, infiltratie en vertraagd afvoeren). Het 10 jaar verlengen van de werking van Doel 4 zal het (beperkt) verdrogend effect bestendigen.

Streven naar een duurzame watervoorziening

Hier wordt geëvalueerd of het langer openhouden van Doel 4 bijdraagt aan spaarzaam omgaan met water, het gebruikte water voldoende circulair ingezet wordt en of onthardingsmaatregelen genomen worden. Minpunten in deze evaluatie zijn bijvoorbeeld het feit dat geen hemelwater gebruikt wordt voor bepaalde toepassingen (bijvoorbeeld in de sanitaire installaties of voor onderhoud of in bepaalde processen, of, in combinatie met infiltratie- en groenzones als verkoelend element om hittestress en het hitte eiland effect in de zomer tegen te gaan, ...), dit zou tot een aanzienlijke besparing van het stadswaterverbruik kunnen leiden. Het lijkt in die zin ook waardevol om het gebruik van stadswater in het koelwatercircuit en als proceswater maximaal te vermijden. De afwezigheid van inspanningen om verder doorgedreven vormen van circulair watergebruik te introduceren of afkoppelings- of onthardingsprojecten te realiseren maakt dat de evaluatie voor deze beleidsdoelstelling eerder negatief moet gescoord worden. Het uit bedrijf nemen van Doel 3, 1 en 2 zullen op dit vlak zeker opportuniteiten bieden.

3.2.6 Samenvatting van de voornaamste bevindingen

De toetsing aan de doelstellingen voor het watersysteem worden in Tabel 21 samengevat. Het plan om Doel 4 tien jaar langer te laten werken zal geen negatieve gevolgen hebben voor het ecologisch potentieel van de Zeeschelde en zal de overstromingsrisico's niet doen toenemen. Op het vlak van het duurzaam beheer van de waterketen, het vermijden van droogte en het inzetten op een meer duurzame watervoorziening zijn nog optimalisaties mogelijk.

Tabel 21: Samenvatting van de beoordeling ten aanzien van het watersysteem.

Doelstelling	Bijdrage project (verlenging Doel 4 met 10 jaar)	Beoordeling
Goede toestand oppervlaktewater	Geen achteruitgang van de toestand en legt geen hypotheek op het bereiken van het goed ecologisch potentieel.	Neutraal
Duurzaam beheer waterketen	Bestendiging van een niet optimale toestand inzake duurzaam beheer	Negatief
Beperking overstromingsrisico's	Geen merkbare bijdrage	Neutraal
Vermijden van droogte	Bestendiging van het beperkt verdrogend effect	Beperkt negatief
Duurzame watervoorziening	Geen inspanningen/plannen inzake meer circulair watergebruik	Negatief

3.2.7 Milderende maatregelen

Aanbevelingen om verder tegemoet te komen aan de gestelde strategische doelstellingen in verband met het watersysteem zijn hoger in de tekst al aangegeven en worden hierna samengevat:

- Verhinderen van drainage van grondwater en koelwater naar de gemengde riolering en afkoppelen van hemelwater (bv. bij nieuwe projecten of onderhoudswerken) waardoor verdunning van het afvalwater en frequente overstortingen optreden;

- Blijvende optimalisatie van de afvalwaterzuivering is aangewezen om voormalige knelpunten (nitriet, AOX), consistent meten van een aantal andere parameters zodat kan nagegaan worden of de lozingsnormen gerespecteerd worden;
- Afkoppelen van hemelwater van het sanitair afvalwater en hergebruik van hemelwater als sanitair water, stadswatergebruik maximaal vermijden;
- Ontharden (infiltratie), aanleggen van groendaken of waterpartijen (buffering) op het terrein om het hitte-eiland effect te verminderen, (hemel)water meer plaatselijk vast te houden en te bergen en verdroging en verzilting te voorkomen;
- Toekomstige verbouwingen en renovaties moeten voldoende overstromings- en klimaatrobuust zijn om de gevolgen van meer intense regenbuien in de toekomst op te vangen en geen wateroverlast af te wentelen op de omgeving;
- Anticipatieve fijnregeling koelcapaciteit op basis van monitoring van de temperatuur van de Zeeschelde.
- Het stilleggen van Doel 3 (2022) en Doel 1 en 2 (2025) kan aangegrepen worden om de waterzuivering en het (hemel)waterbeheer voor Doel 4 te optimaliseren.

3.2.8 Leemten in de kennis en monitoring

Er zijn geen leemten in de kennis waardoor de beoordeling van de effecten op het watersysteem niet voldoende nauwkeurig kon gebeuren. Een leemte in informatie is wel inzicht in het precieze aandeel van het afvalwater afkomstig van Doel 4 en dus de exacte bijdrage van de werking van Doel 4 aan de restverontreiniging die in de Schelde terechtkomt gedurende de 10 jaar langere werking. Voor het inschatten van de effecten in deze milieubeoordeling werd met een (worst-case) aanname gewerkt.

Bijkomende monitoring ten opzichte van het bestaande monitoringprogramma met uitzondering van het monitoren van de cumulatieve thermische vracht in de Zeeschelde wordt niet noodzakelijk geacht.

3.3 Thema Biodiversiteit

3.3.1 Relevante beleidsdoelstellingen

In zowel het natuurdecreet (en diverse uitvoeringsbesluiten) als het decreet integraal waterbeleid zijn relevante beleidsdoelstellingen opgenomen waaraan het beleidsplan zal moeten afgetoetst worden. Het bosdecreet schept bovendien een kader voor de bescherming, en in het geval van bosverlies de compensatie van bos. Gezien het plan echter niet zorgt voor het verdwijnen van bos, is dit voor deze MEB geen relevante beleidsdoelstelling.

Vanuit het **natuurdecreet** zijn twee generieke begrippen belangrijk die horizontaal in Vlaanderen van toepassing zijn: het **standstill-beginsel en de zorgplicht**. Dit principe stelt dat de nieuwe ontwikkelingen die voorzien worden niet mogen bijdragen aan de achteruitgang op vlak van natuur (op Vlaams niveau). Dit geldt zowel op vlak van oppervlakte als op vlak van kwaliteit. De zorgplicht betekent dat moet nagegaan worden of projecten en plannen, zo ook de beslissing over de verlenging van de levensduur van Doel 4, niet zorgt voor **vermijdbare 'schade'** (cfr. Natuurdecreet) voor de natuur.

Dit houdt onder meer de bescherming in van de bestaande natuur en natuurelementen, ongeacht de bestemming ervan.

De zorgplicht betekent niet dat nieuwe ontwikkelingen niet mogelijk zijn, wel dat voldoende moet onderzocht worden of eventuele schade kan vermeden worden.

Naast het 'horizontale' natuurbeleid, zet het natuurdecreet ook de lijnen uit voor het bepalen van een **gebiedsgericht beleid**.

Voor **VEN-gebieden** moet specifiek worden nagegaan of geen '**onvermijdbare en onherstelbare schade**' kan optreden omwille van het plan. Binnen het VEN wordt een onderscheid gemaakt tussen de grote eenheden natuur (GEN) en de grote eenheden natuur in ontwikkeling (GENO). Daarnaast is er ook nog het integraal verwevings en ondersteunend netwerk IVON dat bestaat uit natuurverwevingsgebieden (NVWG) en natuurverbindingsgebieden

(NVBG). Het aftoetsen van het risico op onvermijdbare en onherstelbare schade in een zogenaamde 'verscherpte natuurtoets' moet enkel voor de gebieden van het VEN zelf.

Daarnaast zorgt de implementatie van de Europese richtlijnen in het natuurdecreet ervoor dat voor de **speciale beschermingszones**, t.t.z. habitat- en vogelrichtlijngebieden, niet enkel moet aangetoond worden dat betekenisvolle negatieve effecten vermeden worden ten aanzien van de huidige situatie, maar dat het plan ook geen belemmering mag vormen voor het bereiken van de vooropgezette natuurdoelen voor deze gebieden. Dit wordt onderzocht in een **passende beoordeling**.

Het **soortenbesluit** zorgt voor de bescherming van specifieke soorten. Dit houdt in dat er geen schade mag zijn voor deze soorten of hun leefgebied en ook dat er soortbeschermingsprogramma's (SBP) kunnen opgemaakt worden waarin maatregelen worden voorgesteld om voor specifieke soorten te zorgen dat de gunstige staat van instandhouding kan bereikt worden. Er zal moeten nagegaan worden of het plan schade kan toebrengen aan beschermde soorten of de uitvoering van een SBP in het gedrang kan brengen.

Een laatste belangrijke beleidsdoelstelling is te vinden in het **Decreet Integraal Waterbeleid** dat de Europese Kaderrichtlijn Water omzet naar Vlaamse wetgeving. Een groot deel van de doelstellingen zal afgetoetst worden in de discipline Water, maar er zijn voor de verschillende waterlichamen ook doelstellingen voor **biologische kwaliteitselementen** opgenomen. Voor de biologische kwaliteitselementen die relevant zijn voor de waterlichamen in de omgeving van het plangebied (voornamelijk de Zeeschelde) zal moeten nagegaan worden of het plan een impact heeft op het halen van de doelstellingen op vlak van waterkwaliteit. Dit aspect zal echter beoordeeld worden in de discipline Water.

De verschillende onderdelen van het project zullen aan deze beleidsdoelstellingen afgetoetst worden aan de hand van onderstaande vragen:

- In hoeverre mag verwacht worden dat het project, schade aan natuur kan vermijden (cfr. Natuurdecreet)?
- In hoeverre mag verwacht worden dat het project kan vermijden dat er onherstelbare en onvermijdbare schade aan VEN-gebieden optreedt (cfr. Natuurdecreet)?
- In hoeverre mag verwacht worden dat het project kan vermijden dat er betekenisvolle effecten ten aanzien van NATURA2000-gebieden zouden optreden (cfr. Natuurdecreet)?
- In hoeverre mag verwacht worden dat het project niet zorgt voor schade voor soorten die beschermd zijn volgens het soortenbesluit?
- In hoeverre mag verwacht worden dat de implementatie van het project geen belemmering vormt voor het behalen van doelstellingen die geformuleerd worden in soortbeschermingsprogramma's (cfr. Soortenbesluit)?

3.3.2 Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties

Het project kan op verschillende manieren een impact hebben voor de discipline biodiversiteit. De finale beoordeling gebeurt, zoals hoger aangegeven, op basis van de beleidsdoelstellingen, de effectanalyse gebeurt vanuit de relevante effectgroepen. In volgende paragrafen wordt kort toegelicht welke effectgroepen relevant zijn en waarom.

In de discipline biodiversiteit zijn het merendeel van de verwachte effecten indirecte effecten ten gevolge van wijzigen die besproken worden in de disciplines water, geluid of lucht. Indien in deze disciplines besloten wordt dat enkel verwaarloosbare effecten verwacht worden, wordt dit niet verder onderzocht in de discipline biodiversiteit.

Veel van de effecten die kunnen optreden hebben te maken met de lozingen in de Schelde. Gezien de aanduiding van de Schelde als Habitatrichtlijngebied is het eventuele optreden van effecten hier van groot belang. Bovendien zijn er ook de doelstellingen voor de Schelde vanuit het Decreet Integraal Waterbeleid en zijn de slikken en schorren ook van belang voor de vogels van het Vogelrichtlijngebied en als 'habitat' tevens vanuit de Habitatrichtlijn.

Effecten op de Schelde kunnen optreden onder de vorm van een **wijziging van de oppervlaktewaterkwaliteit**. De elementen van het plan die hier mogelijk een invloed op kunnen hebben zijn de lozing van de diverse vormen van afvalwater en de lozing van koelwater. Daarnaast is ook de captatie van het koelwater van belang gezien deze kan

aanleiding geven tot **mortaliteit** voor mee opgezogen vissen, schelpdieren, kreeftachtigen of andere ongewervelden. Indien uit het deel over de **nucleaire effecten** blijkt dat er een impact te verwachten is op de Schelde, zal de impact hiervan ook kort besproken worden. Ook zal in dat geval een doorwerking van effecten naar hogere trofische niveaus, zoals de vogels van het Vogelrichtlijngebied, zal ingeschat worden. Een belangrijke impact op de waterkwaliteit, bijvoorbeeld door temperatuursverhoging, kan potentieel ook aanleiding geven tot **barrière-effecten** indien een grote zone ongeschikt wordt voor de organismen die aanwezig zijn.

Naast de effecten op de Schelde, kan de werking van de centrale potentieel ook een impact hebben op het vlak van **verstoring**. Hierbij kan het gaan om geluidsverstoring, lichtverstoring of verstoring omwille van de aanwezigheid van mensen. Gezien het strategisch niveau van het MER zullen deze verstoringseffecten op kwalitatieve wijze ingeschat worden.

Het plan kan theoretisch, omwille van de verwarmingsinstallatie, de noodgeneratoren en het verkeer zelf theoretisch ook een bijdrage hebben aan effecten van **verzuring en vermessing vanuit de lucht**. Naar verwachting, zal dit slechts een beperkte impact hebben, zeker in een breder ruimtelijk perspectief en m.i.v. de activiteiten die zich afspelen in de Waaslandhaven / Haven van Antwerpen. Dit aspect zal echter wel relevant zijn bij de bespreking van de vermeden effecten. Hierbij moet echter opgemerkt worden dat de doorvertaling van dit laatste aspect naar biodiversiteit enkel op kwalitatieve wijze zal kunnen gebeuren gezien de locatie van de eventuele bijkomende stikstofdepositie niet gekend is. Indien uit het deel over de **nucleaire effecten** blijkt dat er een impact te verwachten is van depositie vanuit de lucht, zal de impact hiervan ook besproken worden.

Effecten op het vlak van **direct ruimtebeslag** kunnen in principe optreden gezien de verlenging van de uitbating van de centrales ervoor zorgt dat de ruimte die ingenomen wordt niet kan gebruikt worden voor natuurontwikkeling.

Er worden geen effecten voor grondwater verwacht (zowel **grondwaterstand** als **grondwaterkwaliteit**) die een impact zouden kunnen hebben voor biodiversiteit. Dit wordt dan ook niet verder besproken in deze MEB. Ten slotte wordt ook geen **wijziging van de hydrologie** van de Schelde verwacht. Het gecapteerde koelwater wordt immers nagenoeg volledig opnieuw geloosd waardoor geen impact op bijvoorbeeld het waterpeil verwacht wordt.

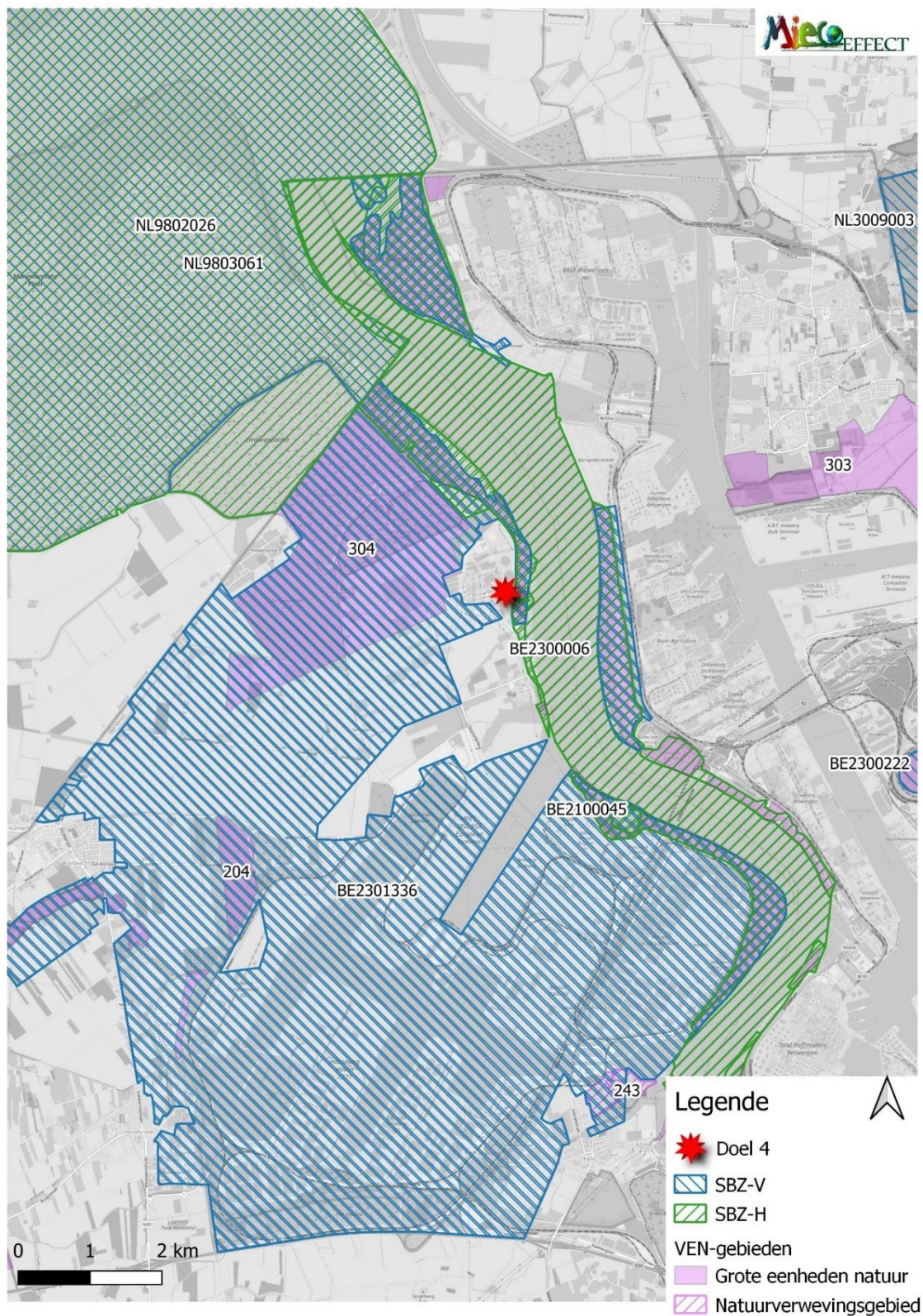
Belangrijk is ook om op te merken dat de aanwezigheid van de hoogspanningslijnen geen onderdeel uitmaakt van de MEB. De hoogspanningslijnen zijn in eigendom van Elia en wijzigingen aan het 380 kV netwerk zijn niet wenselijk om zwakke punten in het hoogspanningsnetwerk te vermijden. Bovendien blijven de hoogspanningslijnen noodzakelijk om de Haven van Antwerpen van stroom te voorzien.

3.3.3 Afbakening studiegebied

Het studiegebied voor de discipline biodiversiteit wordt bepaald door de zone waarin effecten kunnen optreden, aangevuld met aandachtszones voor natuur. De afstand waarover effecten kunnen verwacht worden, verschilt sterk tussen de verschillende effectgroepen.

Minimaal worden de aangrenzende beschermingszones voor natuur opgenomen (zie Figuur 38) in het studiegebied. Het gaat concreet om delen van de Speciale Beschermingszone van de Habitatrichtlijn (SBZ-H) "Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent" (BE2300006), de Speciale Beschermingszone van het Vogelrichtlijngebied (SBZ-V) "Schorren en polders van de Beneden Schelde" (BE2301336) en de Nederlandse beschermingszone Westerschelde & Saeftinghe (NL9802026) die zowel SBZ-H als SBZ-V is. De VEN-gebieden in de omgeving liggen binnen deze afbakening.

Specifiek voor de vermeden effecten wordt het studiegebied uitgebreid tot heel België en de aangrenzende gebieden in het buitenland.



Figuur 38: Beschermingszones natuur.

3.3.4 Beschrijving van de referentiesituatie

Natura2000 gebieden

Zoals reeds beschreven in paragraaf 3.3.4 grenst het plangebied aan verschillende Speciale Beschermingszones behorende tot het Natura2000 netwerk. De natuurdoelen die opgesteld werden voor deze gebieden vormen dan ook een belangrijke referentie om de effecten aan af te toetsen. Tabel 22 geeft een overzicht van de doelsoorten voor al deze Natura 2000 gebieden die hetzij overlappen met het plangebied hetzij in de onmiddellijke omgeving van het plangebied gelegen zijn (zie Figuur 38).

Tabel 22: Doelsoorten voor de Natura 2000 gebieden die overlappen met of voorkomen in de onmiddellijke nabijheid van het plangebied. X: soort expliciet opgenomen als doelstelling, (x): soort is doelstelling voor een ruimer gebied dan aangegeven in hoofding van kolom, /: soort is geen doelstelling.

Doelsoort	Schorren en polders van de Beneden-Schelde	Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent	Westerschelde en Saeftinghe
<i>Vogels</i>			
Bergeend	x	x	x
Blauwborst	x	x	x
Blauwe kiekendief	x	/	/
Bontbekplevier	/	/	x
Bonte strandloper	/	/	x
Bruine kiekendief	x	x	x
Drieteenstrandloper	/	/	x
Dwergstern	/	/	x
Fuut	/	/	x
Goudplevier	x	/	x
Grauwe gans	x	/	x
Groenpootruiter	/	/	x
Grote stern	/	/	x
Ijsvogel	x	x	/
Kemphaan	x	/	/
Kanoetstrandloper	/	/	x
Kievit	/	/	x
Kleine zilverreiger	/	/	x
Kleine zwaan	x	x	/
Kluut	x	x	x
Kokmeeuw	x	x	/
Kolgans	x	/	x
Krakeend	x	x	x
Kwak	/	x	/

Doelsoort	Schorren en polders van de Beneden- Schelde	Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent	Westerschelde en Saeftinghe
Kwartelkoning	/	x	/
Lepelaar	x	x	x
Middelste zaagbek	/	/	x
Pijlstaart	x	x	x
Porseleinhoen	x	x	/
Purperreiger	/	x	/
Roerdomp	x	x	/
Rosse grutto	/	/	x
Scholekster	/	/	x
Slechtvalk	/	/	x
Slobeend	/	x	x
Smient	x	/	x
Steenloper	/	/	x
Steltkluut	x	/	/
Strandplevier	x	/	x
Tafeleend	/	x	/
Tureluur	/	/	x
Visdief	x	/	x
Waterrietzanger	x	x	/
Wilde eend	/	/	x
Wintertaling	x	x	x
Woudaap	/	x	/
Wulp	/	/	x
Zeearend	/	/	x
Zilverplevier	/	/	x
Zwarte ruiter	/	/	x
Zwartkopmeeuw	x	/	x
<i>Zoogdieren</i>			
Franjestaart	/	x	/
Gewone dwergvleermuis	/	x	/
Ingekorven vleermuis	/	x	/
Kleine dwergvleermuis	/	x	/
Laatvlieger	/	x	/
Meervleermuis	/	x	/

Doelsoort	Schorren en polders van de Beneden-Schelde	Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent	Westerschelde en Saeftinghe
Rosse vleermuis	/	x	/
Ruige dwergvleermuis	/	x	/
Watervleermuis	/	x	/
Bruinvis	/	/	x
Grijze zeehond	/	/	x
Gewone zeehond	/	/	x
Bever	/	x	/
<i>Weekdieren</i>			
Nauwe korfslak	/	/	x
<i>Vissen</i>			
Zeeprik	/	/	x
Rivierprik	/	x	x
Fint	/	x	x
Bittervoorn	/	x	/
<i>Amfibieën</i>			
Poelkikker	/	x	/
Kamsalamander	/	x	/
<i>Insecten</i>			
Gevlekte witsnuitlibel	/	x	/
<i>Vaatplanten</i>			
Groenknolorchis	/	x	x

Naast de soorten zijn er ook natuurdoelen voor habitattypes opgesteld. Het SBZ-H Schelde en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent is omvangrijk en niet alle tot doel gestelde habitats zijn relevant voor deze MEB. Enkel de habitats die voorkomen in het gedeelte nabij de kerncentrales wordt daarom besproken.

De voorkomende habitattypes worden opgesplitst in twee grote landschapstypes: het estuarium en de terrestrische wetlands. De doelen die voor die habitattypes zijn geformuleerd, hebben een tweevoudig karakter:

- Enerzijds staan deze doelen in functie van de instandhoudingsdoelstellingen van het SBZ-H 'BE 2300006 Schelde- en Durme-estuarium van de Nederlandse grens tot Gent'. In die omstandigheden gaat het eerder om instandhoudingsmaatregelen buiten het SBZ-H die erop zijn gericht om het SBZ-H in een gunstige staat van instandhouding te brengen.
- Anderzijds zijn die 'doelen' vereist om het betrokken SBZ-V in een gunstige staat van instandhouding te brengen, omdat ze van belang zijn (als leefgebied) voor de vogelsoorten van de leefgebieden Natuurweide zoet, Natuurweide zilt, Begraasd schor, Slikken met eilanden en Surrogaatkust.

Volgende habitattypes binnen estuaria van het Belgische deel van het Schelde-estuarium komen voor:

- Habitatype 1130: estuaria;
- Habitatype 1320: Schorren met slijkgrasvegetatie (*Spartinion maritimae*);

- Habitatype 1330: Atlantische schorren (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*).

Volgend habitatype binnen terrestrische wetlands komt voor:

- Habitatype 1330: Atlantische schorren (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*), subtype binnendijkse zilte vegetaties.

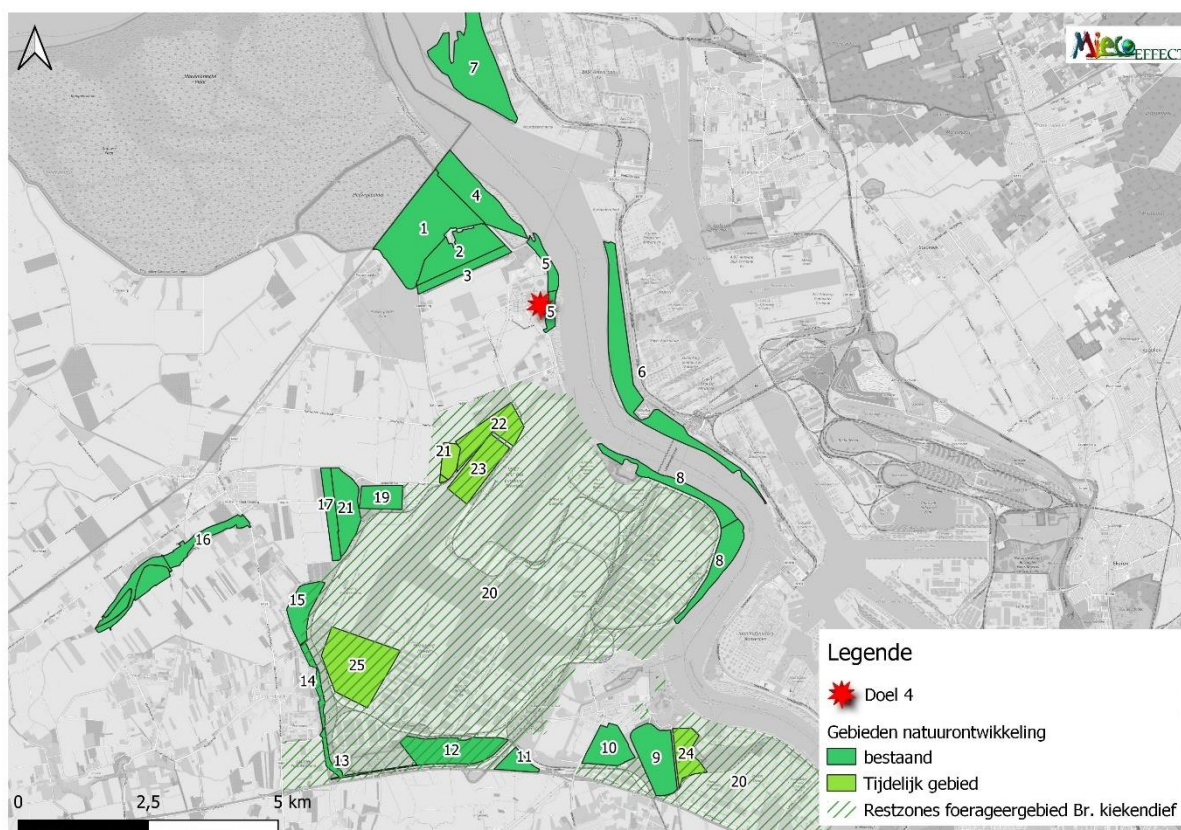
De volledige breedte van de Schelde ter hoogte van het plangebied is ook aangeduid als voorlopige zoekzone voor het habitatype 1130: estuaria. Een zoekzone is een zone die gevrijwaard wordt met het oog op de ontwikkeling van bijkomend habitat in geval er nog openstaande natuurdoelen zijn.

In het SBZ 'Westerschelde en Saeftinghe' zijn volgende habitatypes tot doel gesteld:

- Habitatype 1110B - Permanent overstroomde zandbanken, subtype Noordzee-kustzone
- Habitatype 1130 – Estuaria
- Habitatype 1140B - Slik- en zandplaten
- Habitatype 1310A - Zilte pionierbegroeiingen, subtype zeekraal
- Habitatype 1310B - Zilte pionierbegroeiingen, subtype zeevetmuur
- Habitatype 1320 – Slijkgrasvelden
- Habitatype 1330A - Schorren en zilte graslanden, subtype buitendijks
- Habitatype 1330B - Schorren en zilte graslanden, subtype binnendijks
- Habitatype 2110 - Embryonale duinen
- Habitatype 2120 - Witte duinen
- Habitatype 2130A - Grijs duinen, subtype kalkrijk
- Habitatype 2160 – Duindoornstruwelen
- Habitatype 2190B - Vochtige duinvalleien, subtype kalkrijk

Toekomstige natuurontwikkeling Havengebied

De Vlaamse Regering heeft recent een besluit goedgekeurd inzake de vaststelling van de instandhoudingsdoelstellingen en prioriteiten voor de speciale beschermingszone 'BE 2301336 Schorren en polders van de Beneden-Schelde'. De natuurdoelen die hierin gesteld worden, zijn al mee opgenomen in de beschrijving van vorige paragraaf. Het besluit betreft een wijziging van een eerder besluit dat diende te worden goedgekeurd omwille van hoogdringendheid in relatie tot de vereiste voortgang van het complex project Extra Containercapaciteit Antwerpen. Dit nieuwe besluit legt ook de gebieden vast die momenteel een noodzakelijke rol te spelen hebben in het realiseren van de instandhoudingsdoelstellingen. Een deel van deze gebieden zijn in het verleden reeds aangelegd. Een overzicht van deze gebieden is weergegeven in Figuur 39. Een deel van de gebieden is expliciet voorzien als 'tijdelijk natuurcompensatiegebied' en zullen in principe verdwijnen en vervangen dienen te worden in geval bepaalde havenprojecten worden uitgevoerd.



Figuur 39: Overzicht bestaande gebieden natuurontwikkeling (permanent en tijdelijk).

Tabel 23: Nummering bestaande gebieden natuurontwikkeling.

Nr.	Gebied	Nr.	Gebied
1	Prosperpolder Noord	14	Spaans fort
2	Doelpolder Noord	15	Drijdijk
3	Brakke kreek	16	Grote Geule
4	Schor Ouden doel	17	Zoetwaterkreek
5	Estuariene natuur	18	Puttenweide
6	Galgenschoor	19	Putten west
7	Groot buitenschoor	20	Restgronden foerageergebied bruine kiekendief
8	Ketenissenschor	21	C59
9	Groot Rietveld	22	Opgespoten MIDA's
10	Rietveld Kallo	23	Gedempt doeldok
11	R2-driehoek	24	Vlakte van Zwijndrecht
12	Haasop (enkel permanent deel weergegeven)	25	Verrebroekse plassen
13	Watergangen		

Voor enkele van de te realiseren leefgebieden zijn er echter nog openstaande instandhoudingsdoelen waarvoor bijkomende gebieden moeten aangelegd worden. Zo moet er nog tot 200 ha bijkomend ingericht worden voor de

soorten van de groep 'riet en water' in geval zou blijken dat de doelstellingen voor deze soortgroep niet gehaald worden met de overige gebieden. In dat geval zullen de gebieden Nieuw Arenbergpolder fase II en Prosperpolder zuid fase II ingericht worden. Ook voor de soorten van de groepen 'Natuurweide zoet/zilt' en 'Begraasd schor' is nog 250 ha bijkomend leefgebied nodig. Hiervoor zullen (delen van) de gebieden Prosperpolder Noord en Doelpolder midden ingericht worden.

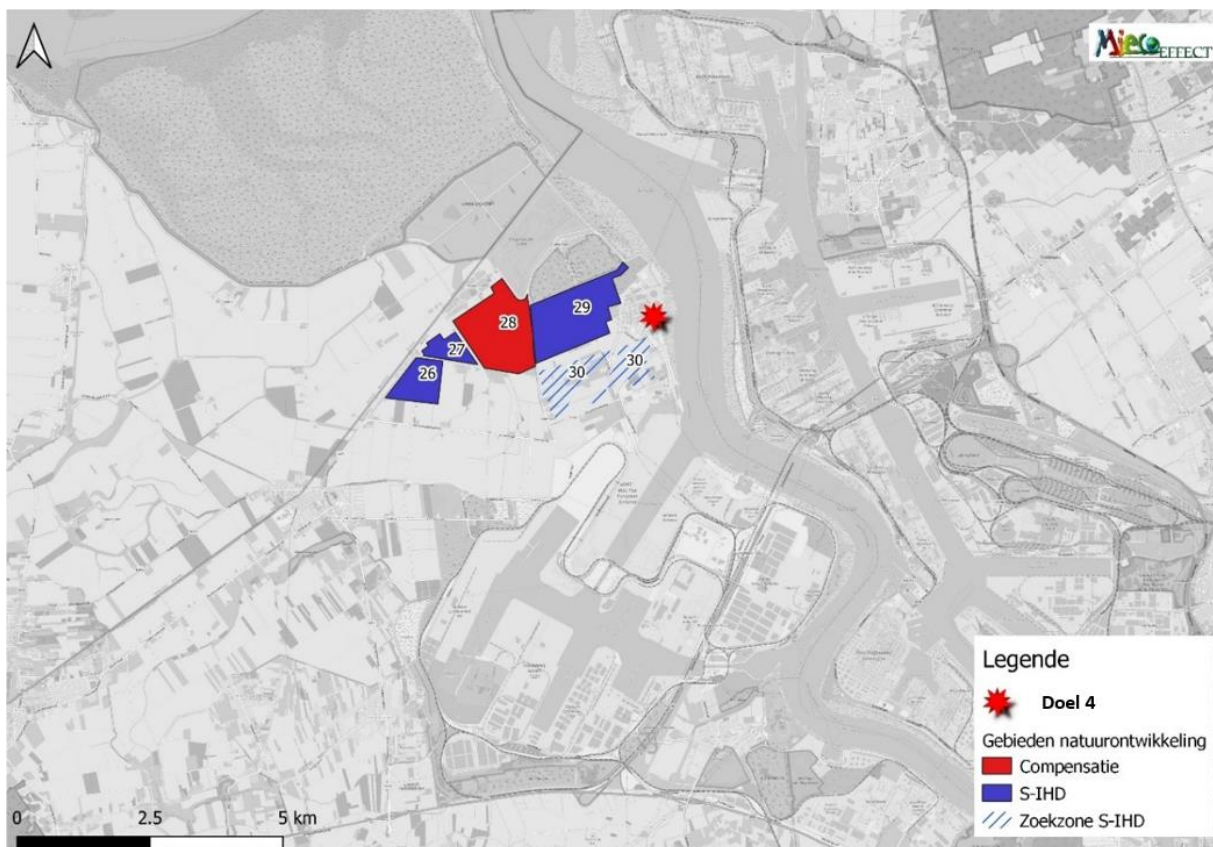
Naast de gebieden die voor de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen vereist zullen zijn, dient dus ook rekening gehouden met het gegeven dat er nog gebieden aangeduid en ingericht zullen moeten worden in geval dat havenprojecten zouden leiden tot verlies van bestaande natuurwaarden.

Zoals reeds hoger gemeld zal het verdwijnen van bepaalde tijdelijke natuurcompensatiegebieden noodzakelijkerwijs leiden tot een nieuwe noodzaak van de realisatie van natuurcompensaties elders. Hierbij kan in de eerste plaats gedacht aan het project Extra Containercapaciteit Antwerpen (ECA).

Ook is er recent een analyse gebeurd waarbij in beeld gebracht werd welke delen in havengebied nog een bepaald belang hebben met het oog op de realisatie van de natuurdoelen (Goovaerts & Indeherberg, 2020). In geval van bepaalde haveninbreidingsprojecten zal dit noodzakelijkerwijs leiden tot de uitvoering van gepaste natuurcompensaties.

Voor de meeste van deze projecten is echter nog niet volledig duidelijk waar deze compensaties zullen gebeuren. Wel al zeker is dat de tijdelijke gebieden Gedempt Doeldok, C59, Ogespoten MIDA's en Vlake van Zwijndrecht zullen verdwijnen en dat de natuurwaarden die hier voorkomen voor de soorten van Surrogaatkust zullen gecompenseerd worden ter hoogte van Prosperpolder Zuid.

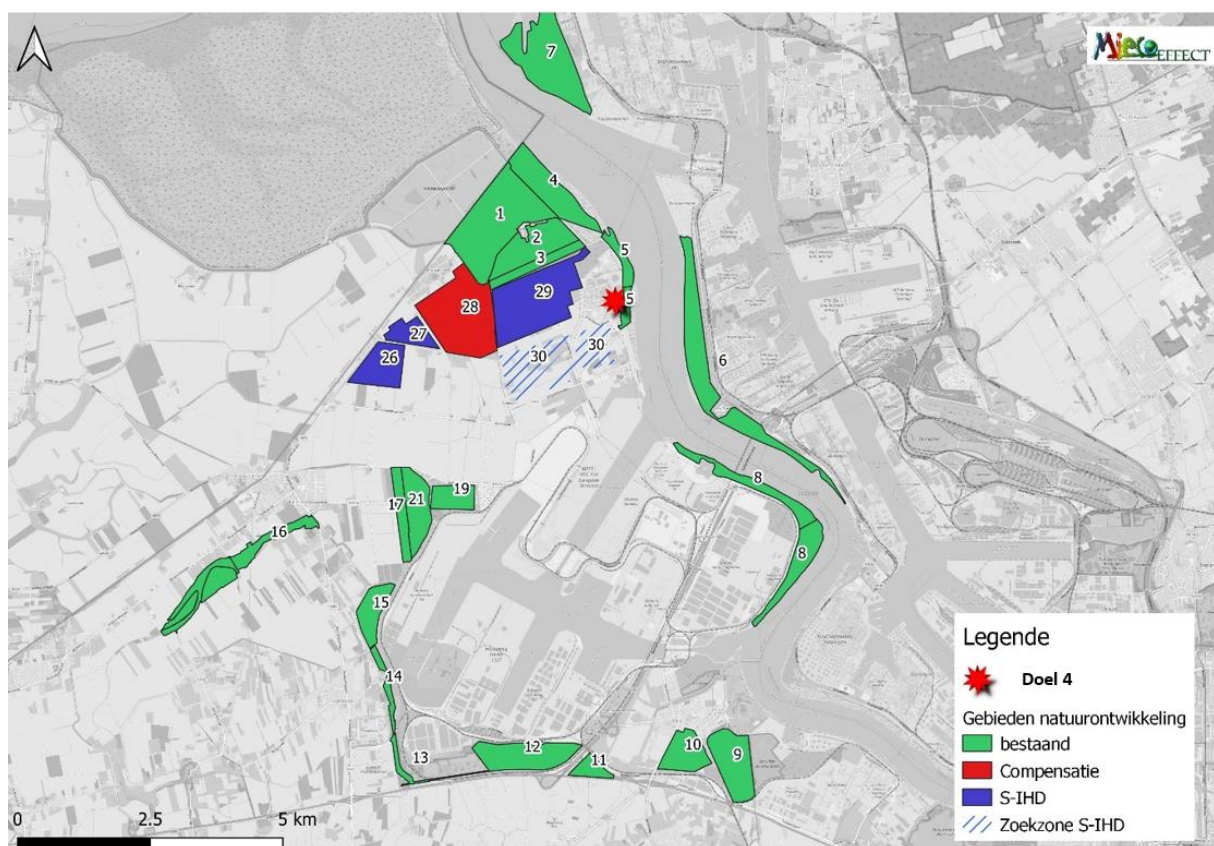
Een overzicht van alle op dit moment reeds gekende nieuwe natuurgebieden die naar alle waarschijnlijkheid ontwikkeld zullen dienen te worden, zij het ter realisatie van instandhoudingsdoelstellingen, zij het in het kader van te realiseren natuurcompensaties, wordt weergegeven in Figuur 40.



Figuur 40: Toekomstige gebieden natuurontwikkeling.

Tabel 24: Nummering toekomstige gebieden natuurontwikkeling.

Nr.	Gebied	Reden ontwikkeling
26	Nieuw Arenbergpolder fase II	S-IHD Riet en water
27	Prosperpolder zuid fase II	S-IHD Riet en water
28	Prosperpolder zuid fase I	Compensatie verdwijnen Gedempt Doeldok, MIDA's + C59 en Vlake van Zwijndrecht voor ECA-project
29	Doelpolder Midden	S-IHD Natuurweide zoet/zilt en Begraasd schor
30	Doelpolder Zuid	Zoekzone S-IHD foerageergebied bruine kiekendief, mogelijk ook compensatie foerageergebied bruine kiekendief



Figuur 41: Eindbeeld natuurontwikkeling voor zover bekend en op basis van nog niet verder uitgeklaarde te realiseren natuurcompensaties.

VEN-Gebieden

Delen van de SBZ zijn ook bijkomend aangeduid als beschermingszone op Vlaams niveau en maken dus deel uit van het VEN (zie ook Figuur 38). De meest relevante VEN-gebieden in de nabijheid van het plangebied zijn 'de Wase Scheldepolders' en 'de slikken en schorren langs de Schelde'. Beide gebieden worden hieronder kort beschreven.

De Wase Scheldepolders (Code: 204)

In dit gebied vinden we verschillende types van kreken, dijken of kragen, wielen en een opgespoten terrein. De structuurbepalende elementen zijn twee kreken (restanten van een oud krekensysteem van mariene oorsprong), enkele wielen (soms met vorming van drijftillen bij verlanding, zoals het Panneweel), dijken (aangelegd bij de inpolderingen), kragen (bij herstel van een dijk na een doorbraak, aangelegd rond het gevormde wiel), kreekruigten, natte lagergelegen kreekdalgraslanden en het complex van het Groot Rietveld.

De twee kreken zijn het zoete krekensysteem van Saleghem (Grote Geule) en de licht brakke kreek 'De Grote Geule' bij Kieldrecht. Beide zijn verbonden via de Kieldrechtse watergang. Bijzondere plantensoorten in dit krekensysteem zijn moerasvaren, galigaan, stippel- en dwergzegge.

Het Groot Rietveld ligt in de Melselepolder, een opgespoten inbraakpolder. We vinden hier een groot rietveld met plassen, grazige en moerassige delen. Deze vegetatie en de verschillende overgangen (in vocht- en zoutgehalte) zorgen voor een geschikt leefgebied voor een groot aantal zeldzame planten en vogels.

We vinden soorten van oevers en moerassen en planten van zilte milieus zoals zeeaster en zilte rus. Het gebied zorgt ook voor een verbinding tussen de slikken, schorren en vochtige weiden langs de Schelde en de natuurkernen in de Zandstreek. Opvallende broedvogelsoorten zijn kluut, bruine kiekendief, roerdomp, rietgors, snor, rietzanger, baardman en blauwborst.

Het is een belangrijk gebied voor doortrekkende of overwinterende soorten als goudplevier, kempaan, kolgans, grauwe gans, bergeend en kraakend.

De Slikken en schorren langs de Schelde (Code: 304)

De vaarweg van de Schelde en de langsliggende slikplaten en schorren, met de erg dynamische getijdenwerking, hebben een zeer hoge ecologische waarde. De hoge natuurlijke productiviteit van het ecosysteem zorgt voor veel soorten, vaak in grote aantallen. Belangrijk is de overgang zout-brak-zoet in de getijdenzone. Het voorkomen van zoetwaterschorren is uniek in Vlaanderen. Ook elders in Europa zijn deze uitermate zeldzaam.

Enkele grotere natuurgebieden (Verdrongen land van Saeftinghe, Groot Buitenschoor, Galgenschoor) vormen de kernen van het natuurlijk systeem. De tussenliggende - eerder smalle - oeverzones vormen erg belangrijke verbindingen. Veiligheid (waterberging) en transport zijn verenigbaar met de hoofdfunctie natuur. Ook recreatie is inpasbaar.

Vermeldenswaardige soorten zijn kluut, kleine modderkruiper, rivierprik, kamsalamander, spindotter, welriekende agrimonie, dwergbloem, bijenorchis, rond wintergroen, klein en groot spiegeltokje. Het is een belangrijk gebied voor pleisterende en overwinterende soorten als goudplevier, kempaan, rietgans, kolgans, grauwe gans, bergeend, kraakend en slobeend.

SBP

Het Soortenbesluit voorziet de mogelijkheid tot het opstellen van een soortenbeschermingsprogramma (SBP). Zo'n programma wordt in overleg met de betrokken doelgroepen opgesteld en omvat een aantal maatregelen met als doel ervoor te zorgen dat een soort (of meerdere soorten) binnen Vlaanderen in een gunstige staat verkeren.

Een soortbeschermingsprogramma kan zowel voor Europees te beschermen soorten als voor andere voor Vlaanderen belangrijke soorten worden opgesteld. Op basis van een aantal criteria wordt een prioritering vastgelegd voor de soorten waarvoor een soortenbeschermingsprogramma dient opgemaakt te worden. Zo wordt er onder meer rekening gehouden met de rode lijst status en de oppervlaktebehoefte van soorten, maar ook met de nood aan ecologische verbindingen en of er andere soorten kunnen mee profiteren van de beschermingsmaatregelen.

Met een MB van 23 mei 2014 werd het “Soortbeschermingsprogramma Antwerpse haven” vastgesteld, wat zich richt op 90 beschermde soorten in de havenomgeving. Voor een aantal ‘paraplu-soorten’ is hierin een individueel soortbeschermingsplan (ISBP) uitgewerkt dat een aantal bepalingen en acties inhoudt. Momenteel wordt dit SBP geëvalueerd in functie van een mogelijk vervolg in de periode 2019-2024. Wellicht zal een betere afstemming met de andere SBP’s op Vlaamse niveau betracht worden en zal er ook meer rekening gehouden worden met de instandhoudingsdoelstellingen voor de SBZ’s op Vlaams niveau. De doelstellingen voor de verschillende dier- en plantensoorten zullen daar nog meer moeten op afgesteld worden. Gezien dit proces echter nog lopende is, is het enige houvast het SBP zoals het vandaag van kracht is.

Het soortbeschermingsprogramma voor de Haven van Antwerpen heeft tot doel om in het havengebied voorkomende dier- en plantensoorten actief te beschermen zodat hun populaties duurzaam in stand worden gehouden.

De verschillende beschermingsmaatregelen zijn opgehangen aan 14 zogenaamde paraplu-soorten. Deze zijn zo gekozen dat maatregelen die worden genomen voor deze soorten ook gunstig zijn voor andere soorten, de zogenaamde meeliftende soorten.

De meeste van de SBP zijn van weinig belang voor dit MER of de locaties die van belang zijn in het SBP maken al deel uit van een beschermingszone waardoor de impact sowieso al onderzocht wordt. Wel vermeldenswaardig is het gegeven dat op de koeltoren sinds 1996 een nestkast voor slechtvalken is aangebracht waarin ook regelmatig slechtvalken tot broeden komen.

Opgemerkt wordt dat momenteel gewerkt wordt aan de goedkeuring van een nieuwe versie van het soortenbeschermingsprogramma Antwerpse haven in opvolging van de eerste versie van dit SBP.

Biologische kwaliteitselementen

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW), in Vlaanderen vertaald in het Decreet Integraal Waterbeleid (DIW) bepaald dat oppervlaktewateren niet enkel moeten afgetoetst worden op basis van hun chemische kwaliteit, maar ook aan hun biologische kwaliteit aan de hand van zogenaamde biologische kwaliteitselementen. De beoordeling moet voor elk (biologisch) kwaliteitselement worden uitgedrukt in de vorm van een Ecologische Kwaliteitscoëfficiënt (EKC). Deze kan een waarde tussen 0 en 1 aannemen, waarbij 1 een zeer goede ecologische toestand vertegenwoordigt en 0 een zeer slechte ecologische toestand.

Het waterlichaam Zeeschelde IV (VL17_43), waar de kerncentrale haar koelwater opneemt en loost en ook het afvalwater geloosd wordt is een sterk veranderd waterlichaam van het type overgangswater O1brak (brak macrotidaal laaglandestuarium). De biologische kwaliteitselementen die beoordeeld worden zijn macrofyten, macroinvertebraten en vis. De kwaliteitselementen fytoplankton en fyto-benthos worden hier niet beoordeeld.

Bij de laatste evaluatie, in 2018 scoorde het waterlichaam ‘ontoereikend’ voor macrofyten, ‘matig’ voor macroinvertebraten en ‘goed’ voor vis.

Naast de biologische kwaliteitselementen is ook de maatlat voor hydromorfologie relevant voor de discipline biodiversiteit. De EKC hydromorfologie wordt voor het waterlichaam Zeeschelde IV immers berekend op basis van de zogenaamde fysiotoop oppervlakten slik, schor en ondiep water. Bij de laatste evaluatie was de score voor deze maatlat ‘ontoereikend’.

MONEOS

In de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie (VNSC) werken Vlaanderen en Nederland samen aan een duurzaam en vitaal Schelde-estuarium. Binnen de werkgroep Onderzoek en methodologie van de VNSC is een afspraak gemaakt over een langlopend monitoring- en onderzoeksprogramma ter ondersteuning van de grensoverschrijdende samenwerking bij beleid en beheer in het Schelde-estuarium: MONEOS. Dit monitoringsprogramma werd zo uitgewerkt dat het enerzijds voldoet om aan de doelstellingen van diverse beleidskaders te beantwoorden, anderzijds dat het inzicht kan bieden in het systeemfunctioneren van het Schelde-estuarium en de effecten van ingrepen/maatregelen in het systeem. Het programma bouwt verder op bestaande monitoringsactiviteiten en streeft naar integratie en afstemming over de grenzen heen.

Een van de meetpunten van het MONEOS-programma (VMM-meetpunt 154100) bevindt zich net stroomafwaarts van de kerncentrale. Op deze locatie worden zowel de algemene waterkwaliteit als de macro-invertebraten gemonitord. Ook wordt de kwaliteit van de waterbodem geëvalueerd met behulp van de TRIADE-methodiek. Die methode integreert de resultaten van chemische, biologische en ecotoxicologische analyses.

De samenstelling van de macro-invertebraten gemeenschap in het slib is sterk verschillend van deze van de andere meetpunten in het MONEOS-programma. In deze zone worden soorten aangetroffen die niet verder stroomopwaarts voorkomen en bereiken verschillende soorten hun hoogste densiteiten en biomassa. De belangrijkste verklaring hiervoor is de saliniteit. Het meetpunt ter hoogte van Doel is immers het enige meetpunt in de mesohaliene zone wat ervoor zorgt dat meer soorten kunnen voorkomen dan in de oligohaliene zone die algemeen eerder soortenarm is (Van de Meutter et al, 2020).

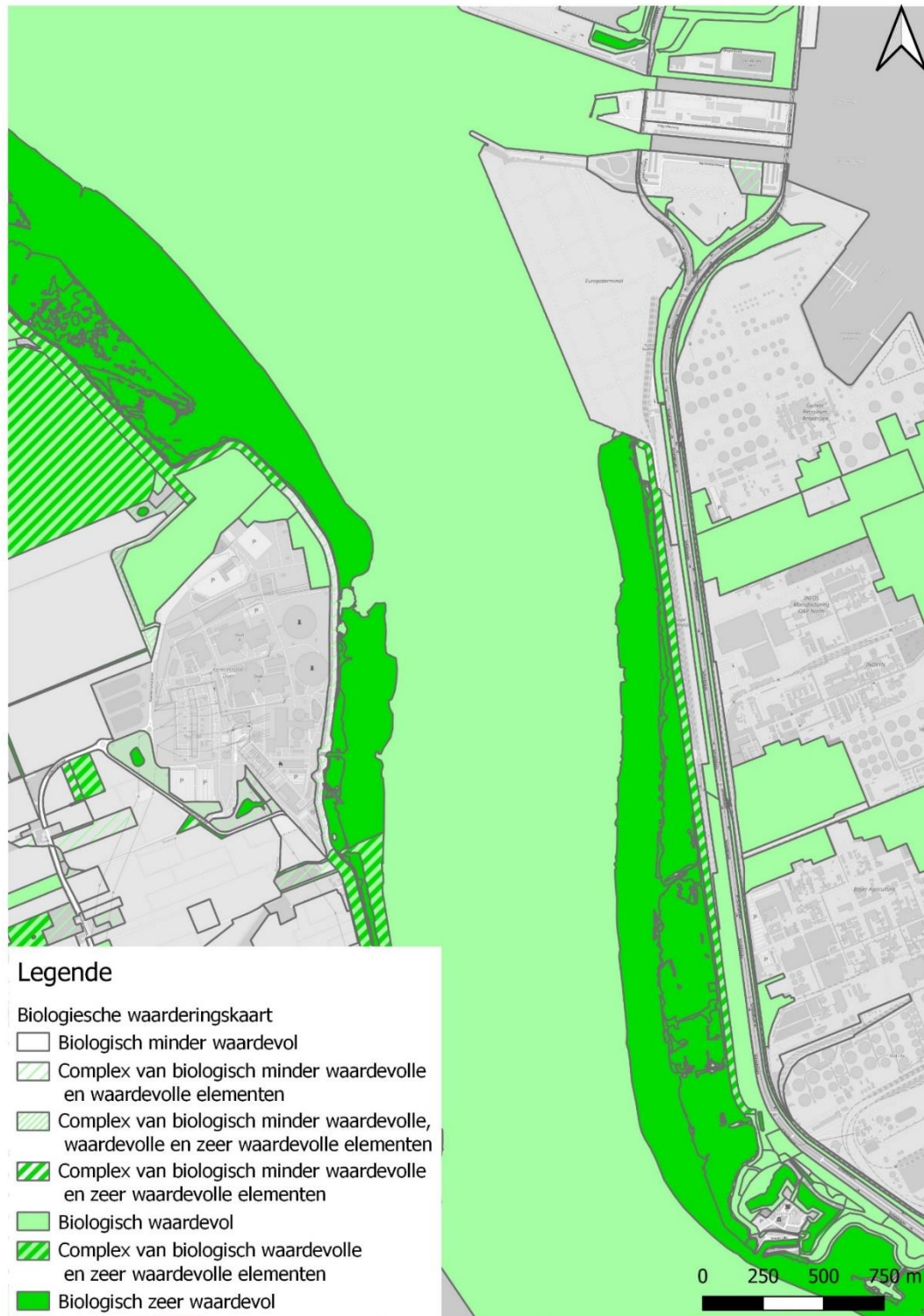
Uit de TRIADE monitoring blijkt vooral dat de kwaliteit van de waterbodem er sterk op vooruit is gegaan sinds 2007 (Tabel 25). Van een zeer slechte kwaliteit (score 4) is de kwaliteit nu slecht (score 3) tot matig (score 2). Bij de laatste meting werd een goede score (1) gehaald.

Tabel 25: Resultaten van de TRIADE monitoring ter hoogte van het VMM meetpunt 154100.

Dag	Monster Triade Eindklasse MOW	Monster Triade Fysico Chemie Eindklasse MOW	Monster Triade Ecotoxicologie Eindklasse MOW	Monster Triade Biologie Eindklasse MOW
01/08/2001	4	3	3	2
14/04/2003	4	3	4	4
18/04/2007	3	2	2	4
28/04/2010	2	2	2	1
08/05/2014	3	3	1	3
07/12/2015				
23/01/2017	2	3	1	1
13/02/2019		1	1	

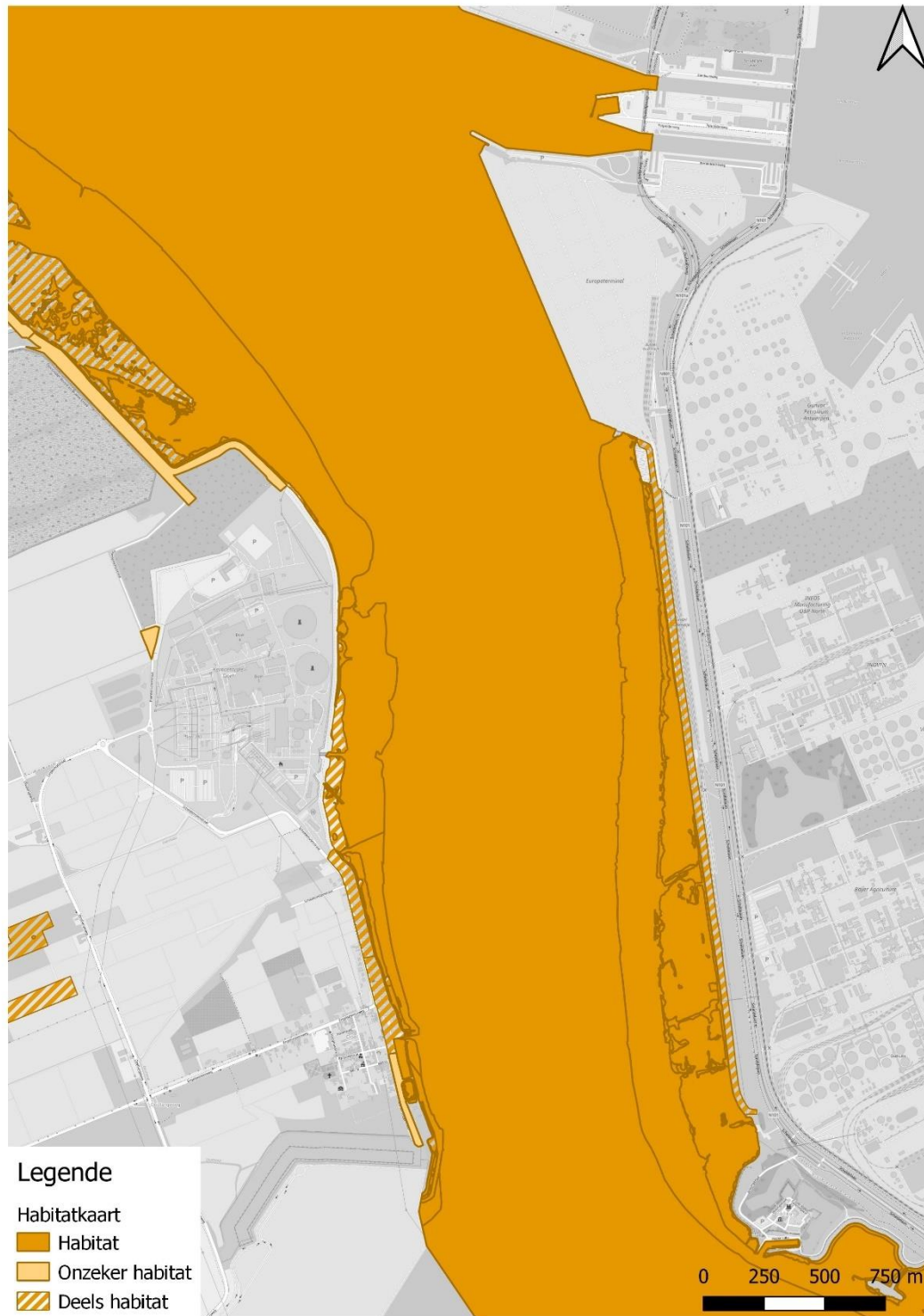
Vegetaties en habitats

De biologische waarderingskaart (versie 2020) geeft een beeld van de waardevolle en minder waardevolle vegetaties in de directe omgeving van het plangebied (Figuur 42). De waardevolle vegetaties bevinden zich voornamelijk ter hoogte van de slik- en schorgebieden van de Schelde en op de dijken.



Figuur 42: Biologische waarderingskaart (versie 2020) in de directe omgeving van het projectgebied.

Een groot deel van deze waardevolle vegetaties zijn ook aangeduid als Europese habitattypen (Figuur 43). De vaargeul van de Schelde is aangeduid als habitattype 1130 (Estuaria). De schorvegetaties zijn aangeduid als 3130_da (Atlantische schorren), de waardevolle graslanden op de dijken zijn aangeduid als habitattype 6510 (laaggelegen schraal hooiland). De zones vlak bij de site die op de habitatkaart ingekleurd zijn als 'deels habitat' betreffen voornamelijk vegetaties van het regionaal belangrijk biotoop 'rbbmr' (rietmoeras).



Figuur 43: Habitatkaart in de directe omgeving van het projectgebied.

Naast de actuele habitats, zijn ook de voorlopige zoekzones nog van belang. Volgens het Natuurdecreet, art. 2 (definitie), 70° is een zoekzone:

"Een zone die per Europees te beschermen soort en per Europees te beschermen habitat de perimeter aangeeft die gevrijwaard wordt met het oog op het optimaal plaatsen van de instandhoudingsdoelstellingen voor de betrokken speciale beschermingszone. De omvang van de zoekzone wordt bepaald door de oppervlakte die nodig is voor het

realiseren van het openstaand saldo van de taakstelling voor de betrokken Europees te beschermen habitat of Europees te beschermen soort. "

Een instandhoudingsdoel is pas "geplaatst", wanneer inrichting en beheer van het betrokken perceel afgesproken zijn in een natuurbeheerplan of een gelijkgestelde contractuele afspraak tussen de Vlaamse overheid en de beheerder/eigenaar. Zolang een deel van de taakstelling niet is opgenomen blijft in het betreffende gebied voor een habitat waar het habitatype tot doel gesteld is, het bestaan van een zoekzone van toepassing.

Voor de omgeving van het plangebied is de volledige Schelde (inclusief schorren) ingekleurd als zoekzone voor het habitatype 1130 (Estuaria).

3.3.5 Beschrijving van de effecten

Wijziging van de oppervlaktewaterkwaliteit

De uitbating van de kerncentrales kan op verschillende manieren een impact hebben op de organismen die voorkomen in de Schelde. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen sanitair afvalwater/hemelwater, industrieel afvalwater en koelwater. Al deze lozingen worden uitvoering besproken in het project-MER (Arcadis, 2021) en de impact hiervan op de waterkwaliteit wordt ook toegelicht in deze MEB in de discipline Water.

Voor de meeste parameters wordt voldaan aan de lozingsnorm. Voor de parameters nitriet en AOX (adsorbeerbare organische halogeenvormingen) zijn er echter overschrijdingen van de lozingsnorm gemeten die niet eenvoudig verklaard kunnen worden door bijvoorbeeld meetfouten of eenmalige uitschieters. Wanneer gekeken wordt naar het volledige waterlichaam, blijkt er geen overschrijding van de milieukwaliteitsnormen te zijn. Wat betreft de thermische impact van het koelwater was weliswaar aan de lozingsnormen voldaan, maar blijkt de impact op de Schelde lokaal wel te leiden tot een overschrijding van de milieukwaliteitsnormen. De belangrijkste impact van de lozingen blijft sowieso beperkt tot de zone binnen de strekdam.

Hierbij moet wel opgemerkt worden dat er maar één lozingspunt is voor alle vier de kerncentrales. Dit betekent ook dat er geen strikt onderscheid gemaakt kan worden tussen de lozingen van Doel 4 en deze van de andere, op het moment van de metingen nog in werking zijnde centrales. De bijdrage van Doel 4 aan de totale lozingen wordt op basis van de milieuraapporten geraamd op 30 %.

Eutrofiëring

De lozingsnormen voor nitriet werden niet gerespecteerd in 2013-2014 en de waarden in de periode 2015-2019 zijn vergelijkbaar. De bijdrage tot de milieukwaliteitsnorm voor het volledige waterlichaam is echter klein. Er is voor het volledige waterlichaam wel een overschrijding voor de nutriëntenparameters nitraat + nitriet + ammonium en orthofosfaat. Ook voor deze parameter is de bijdrage van de kerncentrales gemiddeld zeer klein.

Voor deze parameters zijn echter niet enkel de gemiddelde waarden van belang, ook piekbelasting kan een belangrijke impact hebben. Een deel van de verklaring van de hogere lozing is te vinden in een suboptimale werking van de waterzuivering waar te veel water in terechtkomt waardoor frequent overstorten plaatsvinden. Piekbelasting kan dus wel verwacht worden.

In principe kan de verhoogde nutriëntbelasting lokaal, ter hoogte van de zone binnen de strekdam, daarom wel een impact hebben. Bij hoger nutriëntenwaarden kunnen verschuivingen binnen soortengemeenschappen plaatsvinden omdat snelgroeiende soorten bevoordeeld worden. Dit komt echter niet duidelijk naar voor uit bijvoorbeeld de monitoringsresultaten van het MONEOS-programma waar de zone nabij de kerncentrales net heel soortenrijk is. Zoals hoger reeds aangegeven is de reden voor deze soortenrijkdom echter eerder te zoeken in het saliniteitsgehalte dat in deze zone gunstiger is dan voor andere delen van de Schelde.

Bovendien was de Schelde tot voor niet zo lang geleden zeer sterk vervuild, onder andere door het ontbreken van een waterzuivering voor het afvalwater vanuit Brussel. De waterkwaliteit is dus nog aan het verbeteren en er is geen goede referentie van de soortenrijkdom die bij goede waterkwaliteit zou kunnen bereikt worden (mond. mededeling F. Van de Meutter, INBO). Daarnaast hebben veel andere factoren een impact op de populaties zoals de ongunstige hydromorfologische toestand van de Schelde.

Door de complexiteit van factoren die een impact hebben op de populaties binnen de strekdam, is het onmogelijk om te weten of de lozingen hier lokaal een belangrijke impact hebben. Een directe toxische invloed van verhoogde nitrietconcentraties kan echter wel uitgesloten worden. Voor het volledige waterlichaam is er weinig impact van de lozingen te verwachten.

AOX

Voor de AOX-concentraties kan een gelijkaardige analyse gemaakt worden. De verhoogde AOX-concentraties in het geloosde water zijn een gevolg van producten die aan het koelwater toegevoegd worden om de groei van organismen in de leidingen tegen te gaan (bio-fouling). Ook hier is de bijdrage aan de milieukwaliteitsnorm voor het volledige waterlichaam verwaarloosbaar, maar kan er theoretisch wel een impact zijn ter hoogte van de zone binnen de strekdam.

Gezien de TRIADE-beoordeling van de waterbodems stroomafwaarts het lozingspunt geen impact laat zien, kunnen belangrijke ecotoxicologische effecten echter uitgesloten worden. Het is echter ook hier moeilijk om te weten of er geen enkele negatieve impact is omdat de waterkwaliteit nog aan het verbeteren is en er geen referentie is om de echt goede toestand te bepalen.

Temperatuur

Veranderingen in de thermische omstandigheden kunnen op verschillende manieren een impact hebben op het ecosysteem. Een direct gevolg kan sterfte door letale temperaturen zijn. Voor gevoelige soorten als zeeforel en spiering ligt de temperatuur waarbij sterfte optreedt bij respectievelijk 26-27 °C en 26-29 °C (Kerkum et al., 2004). Boven de 33-34 °C komen ook verschillende soorten macro-invertebraten (vlokreeften, pissebedden), zoöplankton, fytoplankton en diatomeeën in de problemen (Kerkum et al., 2004). Dergelijke omstandigheden komen voornamelijk lokaal voor. Op regionaal niveau heeft temperatuurverhoging ook effecten op de ecologie doordat verschuivingen optreden in het ecosysteem: de levenscycli van organismen worden verstoord, waardoor een 'mismatch' ontstaat in de timing van levensfasen. Bij temperaturen boven 20 °C zijn al verschuivingen in de levensgemeenschappen van fyto-benthos waarneembaar. Voor een aantal vissoorten (waaronder spiering en pos) is in de paaiperiode (winter/voorjaar) een watertemperatuur van <10 °C noodzakelijk. Wordt deze temperatuur niet bereikt dan stagneert de reproductie.

Een ander effect, dat zowel lokaal als regionaal van belang is, is het voorkomen van exoten die in de warmere delen de winter overleven (vooral lokaal) en vervolgens in de zomer de natuurlijke levensgemeenschap beïnvloeden (ook regionaal). Kenmerkende macro-invertebraten- en vissoorten kunnen daarbij worden verdrongen. Ten slotte kan in warmer water minder zuurstof oplossen waardoor sneller tekorten ontstaan en kritische soorten verdwijnen (Evers, 2007).

Uit het onderzoek naar de koelwaterpluim (zie discipline Water) bleek dat op korte afstand van het lozingspunt (max. 1050 m) de gemiddelde temperatuur van het Scheldewater met meer dan 3 °C kan toenemen. Dit effect wordt enkel waargenomen binnen de strekdam. Temperatuurstijgingen tussen 1 en 3 °C blijken zich bij afgaand water en bij de kentering van laagwater voor te doen tot op maximaal ca. 1.300 m afstand van het lozingspunt, het gebied dat nog steeds binnen de strekdam is gelegen. Bij opkomend water doet zich een temperatuurstijging tussen 1 en 3 °C voor buiten de strekdam tot op maximaal 500 m van het lozingspunt in oostelijke richting en maximaal tot 800 m stroomopwaarts van het lozingspunt in zuidelijke richting. De omvang van de warmtepluim is het grootst bij de kentering van laagwater. De zone die begrensd wordt door een temperatuur hoger dan 25 °C is volledig binnen de strekdam gelegen. Hierbij moet benadrukt worden dat geen onderscheid kan gemaakt worden tussen koelwater afkomstig van Doel 4 en van de andere drie kerncentrales die op dat moment nog allemaal actief waren.

Uit metingen in de koelwaterpluim blijkt dat er geen zuurstofverarming van het Scheldewater optreedt 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).

Voor vissen werd in 2012 en in 2013 onderzoek uitgevoerd door INBO (Breine & Van Thuyne, 2012 en 2013). Zij onderzochten het visbestand binnen de strekdam en erbuiten. Uit het onderzoek bleek geen verschil wat betreft de

aanwezigheid van exoten. Het grote verschil tussen beide gebieden was dat er binnen de strekdam meer vis aanwezig was. Sommige soorten gebruiken het opgewarmd gebied binnen de strekdam als opgroeigebied.

Uit het onderzoek bleek wel dat er een verhoogde abundantie is van warmteminnende inheemse soorten (zeebaars en tong) binnen de strekdam. Naast vissen werden ook garnalen en krabben gevangen zoals de Japanse steurgarnaal, steurgarnalen, grijze garnalen en Chinese wolhandkrab. Deze houden zich vooral op binnen de strekdam.

De impact op de populaties van macro-invertebraten, fyto-benthos en fytoplankton werden niet onderzocht. Er kan verwacht worden dat binnen deze populaties lokale verschuivingen zullen optreden waarbij minder gevoelige of warmteminnende soorten bevoordeeld worden ten opzichte van andere, mogelijk meer typische soorten. De meeste van deze effecten zullen zich echter enkel lokaal voordoen ter hoogte van de strekdam en geen invloed hebben op de rest van het riviersysteem. Bovendien is deze zone van de Schelde, met haar wisselende saliniteitsgehaltes zeer soortenarm. Er zijn immers maar weinig soorten die in die specifieke omstandigheden kunnen gedijen. De kans op belangrijke verschuivingen in soortensamenstelling is hier dan ook beperkter dan in andere systemen.

In hun advies over mogelijk monitoringsonderzoek ter hoogte van de koelwaterpluim, geven Van den Bergh et al. (2012) echter aan dat er voor macro-invertebraten indicaties zouden zijn dat in de omgeving van de kerncentrale meer exoten voorkomen. Sommige soorten werden nabij de kerncentrale voor het eerst ontdekt, andere komen enkel daar voor binnen de Zeeschelde, terwijl sommige een bredere verspreiding hebben. Op basis van deze waarnemingen stellen zij dat de aanwezigheid van deze soorten laat vermoeden dat de thermische pollutie een lokale broeihaard van exoten kan vormen. Hierbij bestaat altijd het risico dat soorten een invasiever karakter gaan ontwikkelen (bv. door koude adaptatie) en zich van hieruit verder verspreiden. Aangezien veel soorten beschikken over planktonische larvale stadia, kan deze verspreiding erg snel en verrend zijn. In andere overzichten van de macroinvertebraten gemeenschap in de Schelde (Speybroeck et al., 2014) of van het voorkomen van exoten in het algemeen (Adriaens et al., 2020) wordt de aanwezigheid van exoten echter niet gelinkt aan de aanwezigheid van de kerncentrale, maar aan de lozing van ballastwater van schepen in de haven en de aanwezigheid van kunstmatige harde oeversubstraten.

Gezien in de toekomst de lozing beperkt zal worden tot enkel het koelwater van Doel 4 en dit maar 30 % van het vroegere lozingsdebiet omvat, kan verwacht worden dat de toekomstige impact sowieso veel kleiner zal zijn dan tijdens de meetcampagnes het geval was. Gezien de impact van de thermische lozing zich vroeger al beperkte tot de zone binnen de strekdam en er geen duidelijke effecten waren op het voorkomen van exoten wordt niet verwacht dat dit wel het geval zal zijn omwille van de verlengde uitbating van Doel 4. Het effect is beperkt.

Indirecte effecten op vogels

De impact van de lozingen op de waterkwaliteit kan potentieel ook indirecte effecten veroorzaken voor de vogels van het SBZ-V. Veel van deze soorten zoeken hun voedsel immers ter hoogte van de slikplaten van de Schelde. Een belangrijke impact op de macro-invertebraten of vissen ter hoogte van de Schelde of de slikplaat achter de strekdam kan dan ook consequenties hebben voor de beschikbaarheid van voedsel voor vogels.

De verspreiding van het lozingswater in de Schelde is moeilijk te modelleren. Uit de monitoring van de thermische impact kan echter wel een beeld van de verwachte dispersie bekomen worden. Uit deze monitoring blijkt dat de impact zich grotendeels beperkt tot de zone binnen de strekdam. Belangrijker is echter nog dat enkel bij afgaand water de pluim zich stroomafwaarts van het lozingspunt uitstrekt. Op dat moment ligt het slik droog en is er weinig invloed. Bij de kentering en bij opkomend water, ligt de pluim stroomopwaarts het lozingspunt en is er dus eveneens weinig impact voor de slikplaat die op dat moment onder water ligt. Om die reden kan dus verwacht worden dat de impact van de lozingen op de organismen in de slikplaat eerder beperkt is.

Voor vissen, die belangrijk kunnen zijn als voedsel voor bepaalde (visetende) vogelsoorten, zou er potentieel wel een belangrijkere impact zijn. De resultaten van de monitoring door het INBO geven echter aan dat binnen de strekdam net meer vis voorkomt dan erbuiten.

Samenvattend kan verwacht worden dat de impact van de lozingen op de beschikbaarheid voor vogels van het SBZ-V beperkt zal zijn.

Barrièrewerking

Uit een studie van Aqua Terra (Kikkert & Beers, 2006) is gebleken dat stroomminnende vissen hinder ondervinden van de watertemperatuur bij de trek indien de temperatuur boven 23° C komt. Vissen blijken echter goed in staat om de verhoogde temperaturen te detecteren en te vermijden.

Uit het onderzoek naar de koelwaterpluim (zie discipline Water) blijkt dat deze zich beperkt tot de zone binnen de strekdam. Een belangrijk deel van de rivierbreedte wordt dus niet beïnvloed, zodat er geen barrière ontstaat voor trekkende vissoorten.

Ook voor andere effecten en soortgroepen biedt het gegeven dat slechts een deel van de breedte van de Schelde beïnvloed wordt voldoende garanties dat geen harde barrières voor migratie zullen ontstaan.

Het plan zorgt dan ook niet voor effecten op vlak van barrièrewerking.

Mortaliteit

De kerncentrale onttrekt koelwater uit de Schelde via een watervang die ruimtelijk gescheiden is in twee aparte onderdelen: één voor de koeling van de eenheden Doel 1 en Doel 2 en een andere voor de eenheden Doel 3 en Doel 4. Het water wordt steeds eerst over een zeef geleid om er de in aanwezige objecten uit te filteren om obstructie van de leidingen te verhinderen. Dat gebeurt voor de twee captatiepunten echter op een andere manier.

Voor het captatiepunt voor het koelwater van Doel 1 en 2 gebeurt de mechanische zuivering buitendijks, ter hoogte van de watervang zelf, door middel van roosters op de inlaat zelf. Vissen en kreeftachtigen krijgen op die manier de kans niet om in het koelwatercircuit terecht te komen. Ter hoogte van dit captatiepunt wordt dan ook geen sterfte van vissen of kreeftachtigen vastgesteld.

Voor Doel 3 en 4 was dit vroeger wel het geval. Voor deze centrales werd geopteerd voor een koelwatercaptatie waarbij het water eerst gravitair vanuit de Schelde naar een opvangput op de site zelf werd geleid. Om de impact van de centrale op het visbestand te bestuderen worden sinds 1991 regelmatig stalen genomen van vissen en kreeftachtigen die worden ingezogen door het waterpompstation. Jaarlijks kwamen gemiddeld 100 miljoen vissen en garnalen (100 ton) terecht op de bandzeven van de centrale (Maes, 2001⁵⁷). Het waren voornamelijk jonge vissen en kreeftachtigen die werden ingezogen. Al deze vissen en garnalen die terecht kwamen op de roosters werden verzameld in een afvalcontainer en achteraf verbrand.

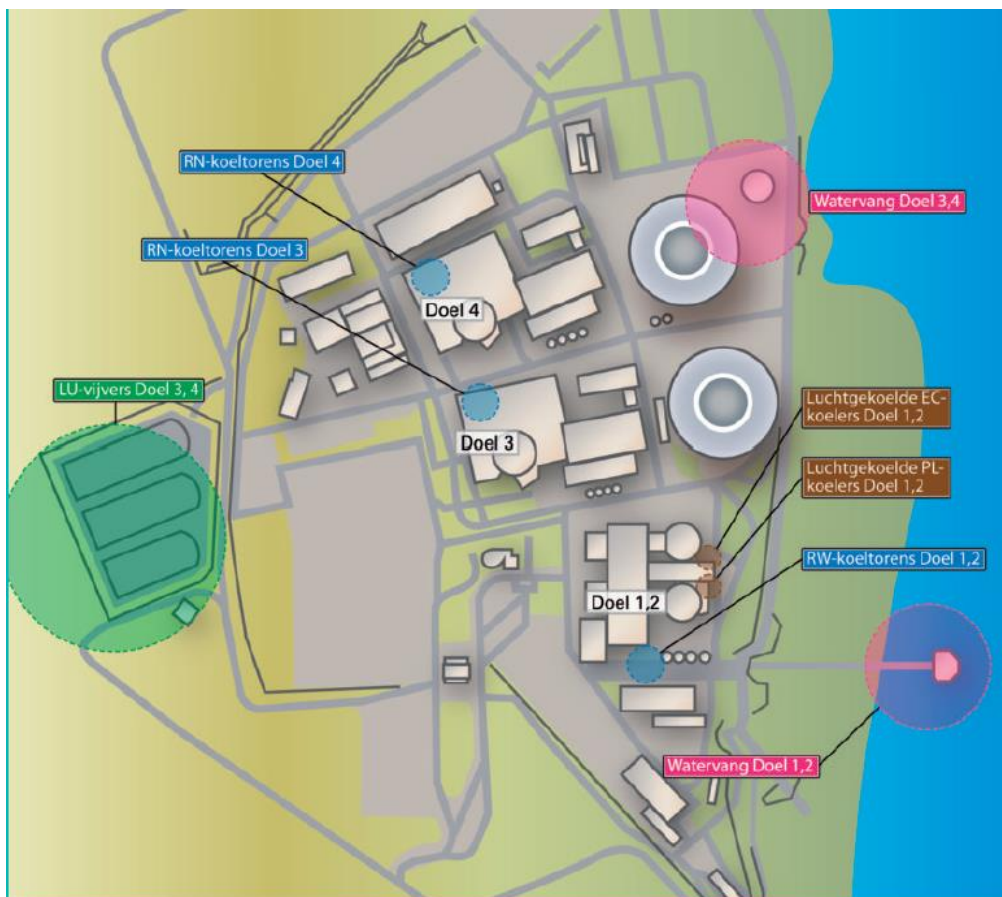
Nochtans overleven heel wat soorten de doortocht doorheen het koelwatersysteem. Verschillende overlevingstesten hebben uitgewezen dat de levensgemeenschap van vissen en kreeftachtigen kan opgedeeld worden naargelang hun tolerantie voor de doortocht doorheen het koelwatersysteem. Haringachtigen (sprot, haring, ansjovis) zijn zeer gevoelige vissoorten die de inname nooit overleven. Het zijn primitieve vissoorten die na elke vorm van contact infecties oplopen waaraan ze binnen drie uren bezwijken. Ook karperachtigen en spiering sterven meestal na de inname. Een aantal vissoorten, zoals de drie grondelsoorten die voorkomen in Doel, overleven de passage maar sterven in de dagen volgend op de inname door de watervang omwille van stress of kwetsuren. Alle garnalen, krabben en vissen zoals paling, stekelbaars, platvissen en rivierprik overleven de opname door het pompstation bijna altijd. In tegenstelling tot de pelagische vissoorten zijn deze laatsten het contact met de bodem gewoon. Daarom zijn ze ook beter bestand tegen het contact met de roosters en de filters.

Om het aantal slachtoffers te reduceren werden in 1997 maatregelen genomen die tot doel hadden om zowel de inname van gevoelige vissoorten te beletten en de tolerante vissoorten na de inname door de watervang opnieuw te transporteren naar de Schelde. Om deze doelstellingen te bereiken wordt recent gebruik gemaakt van twee systemen. Enerzijds worden vissen afgeschrikt voor het innamepunt. Anderzijds worden vissen die toch terecht komen in het koelwatersysteem getransporteerd naar de Schelde in plaats van een container.

⁵⁷ Maes, J., 2001. Vissen weren uit koelwater van de kerncentrale van Doel. De levende Natuur 102 (2): 96-97 (2001).

Uit een vergelijkende studie (Maes et al., 2004⁵⁸) bleek dat het afschrikstelsel ter hoogte van het innamepunt zorgde voor een daling van gemiddeld circa 60 % van de vissen die in het systeem terecht kwamen. Hierbij waren er grote verschillen tussen vissoorten. Gezien het systeem werkt met akoestische afschrikking, werkt het vooral goed bij soorten met beter gehoor, zoals soorten met een zwemblaas. Bij haring en sprong bedroeg de daling bijvoorbeeld respectievelijk 94,7 % en 87,9 %. Tiendoornige en driedoornige stekelbaars, rivierprik en schar werden dan weer nauwelijks afgeschrikt door het systeem. Zoals hoger beschreven zijn deze laatste soorten echter soorten die minder schade ondervinden van een passage door het koelwatersysteem. Deze soorten worden afgeleid naar de Schelde met een visvriendelijk systeem dat de vissen snel en zonder bijkomstige schade kan begeleiden naar het water. Op die manier werd de globale impact van de centrale op de vis- en garnalpopulaties in de Zeeschelde gereduceerd met 90 % (Maes, 2001).

Gezien de sluiting van Doel 3 zal het benodigde volume koelwater, en dus ook de hoeveelheid potentieel aangezogen vissen en schaaldieren bovendien nog halveren. Er kan besloten worden dat omwille van het toegepaste maatregelen de langere uitbating van Doel 4 geen aanleiding zal geven tot een relevante toename van de mortaliteit van vissen en kreeftachtigen in de Schelde. Het effect is beperkt.



Figuur 44: Principeschema koelwater met aanduiding watervang Doel 1&2 en Doel 3&4 (Bron: Electrabel nv, 2011).

⁵⁸ Maes, J.; Turnpenny, A. W. H.; Lambert, D. R.; Nedwell, J.R.; Parmentier, A. & F. Ollevier, 2004. Field evaluation of a sound system to reduce estuarine fish intake rates at a power plant cooling water inlet. Journal of Fish Biology (2004) 64, 938–946

Verstoring

De kerncentrales kunnen potentieel verstoring veroorzaken op het vlak van licht, geluid en de aanwezigheid van mensen. Veel van deze factoren zijn moeilijk terug te brengen tot enkel de werking van Doel 4.

Voor geluid zijn er wel enkele bronnen die enkel te linken zijn aan Doel 4. Deze werden echter nooit afzonderlijk gemodelleerd. In het draft ontwerp-MER van Arcadis (Arcadis, 2020) werd wel een modellering van alle aanwezige geluidsbronnen opgenomen. Deze kan dus beschouwd worden als een absolute worst-case benadering om de impact van Doel 4 in te schatten.



Figuur 45: Geluidscontouren van de continu werkende bronnen tijdens de dag-, avond, en nachtperiode (Bron: MER Arcadis/NRG, 2021).

Uit de resultaten van het MER van Arcadis/NRG (2021) blijkt dat geluidscontouren zich voornamelijk uitstrekken in oostelijke richting. De 55 dB(A) contour overlapt met de slikken en schorren die langs de centrale zelf gelegen zijn. De 45 dB(A) contour overlapt met de Schelde zelf, met een beperkt deel van Doelpolder Noord en met een deel van het toekomstige gebied Doelpolder Midden.

Het gaat hier echter om een continu geluid dat hierdoor heel voorspelbaar is en zich in een duidelijk afgescheiden gebied bevindt. Daarom kan verwacht worden dat de vogels zich weinig zullen laten afschrikken en er bovendien al een belangrijke mate van gewenning is opgetreden. Passerende auto's, wandelaars en voor de Schelde ook boten zullen waarschijnlijk een grotere impact hebben. Hiervoor verwijzen we ook naar het toetsingskader natuur en recreatie (Arcadis, 2009). Bovendien is slechts een deel van het geluid afkomstig van Doel 4.

Daarnaast zal gelijktijdig met verlengde uitbating van Doel 4 de ontmantelingsfase lopen van de kerncentrales Doel1, 2 en 3. Er is op dit moment geen informatie beschikbaar over op welke manier dit zal gebeuren en welke de

verwachte geluidsniveaus zijn. Gezien het echter gaat om afbraakwerken kan verwacht worden dat de niveaus aanzienlijk hoger zullen liggen en dat het bovendien vaak om onvoorspelbare impulsgeluiden zal gaan dewelke veel meer verstorend zijn voor vogels.

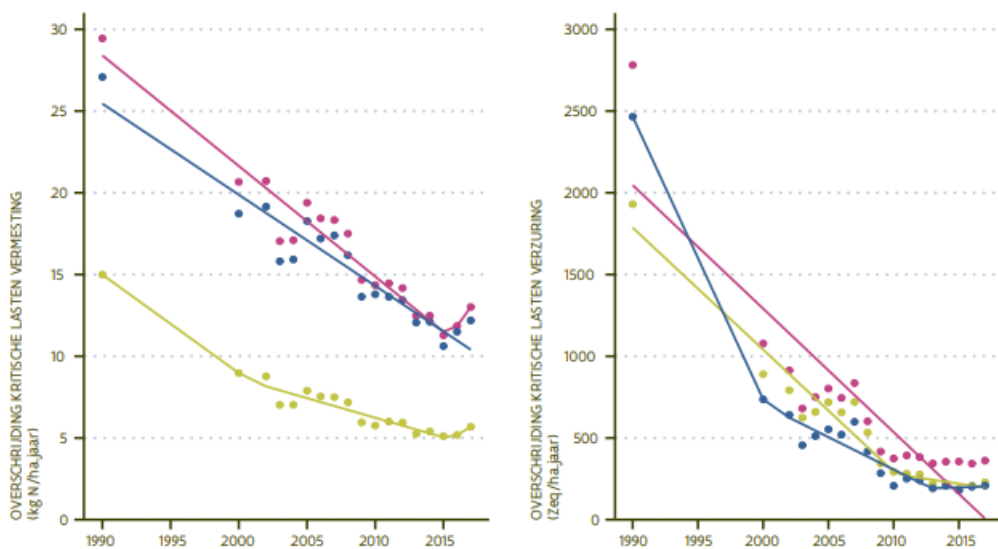
Er kan dan ook verwacht worden dat de impact van het plan op het vlak van verstoring verwaarloosbaar zal zijn.

Verzuring en vermesting vanuit de lucht

Verzuring en vermesting zijn een heel belangrijke factor voor de kwaliteit van habitats in Vlaanderen. Dit blijkt ook weer uit de beschrijving in het recentste Natuurrapport Vlaanderen (Schneiders et al., 2020):

"De druk die vermestende en verzurende stoffen via lucht- en watervervuiling uitoefenen op de biodiversiteit is de voorbije decennia sterk gedaald. Sinds enkele jaren blijft die druk echter schommelen rond een niveau dat nog altijd te hoog is om de (half)natuurlijke ecosystemen op het land en in het water te herstellen. De kritische drempelwaarde van vermesting via de lucht wordt overschreden voor alle bossen, alle heidegebieden en bijna de helft van de soortenrijke graslanden in Vlaanderen. Dat wil zeggen dat die habitats op lange termijn schade oplopen. Vermesting is een van de belangrijkste redenen waarom de habitats van Europees belang de gewenste toestand niet bereiken en waarom ook hun toekomstperspectieven ongunstig zijn. De verzurende luchtvervuiling overschrijdt de kritische schadedrempel in 28 procent van de bossen en de soortenrijke graslanden en in 9 procent van de heidegebieden."

"De overmaat aan waterstofionen door verzuring en het teveel aan voedingsstoffen door vermesting veroorzaken rechtstreekse schade aan organismen. Ook de samenstelling van leefgemeenschappen verandert. Soorten gebonden aan een voedselrijke omgeving nemen toe en zeldzame of veeleisende soorten uit voedselarme milieus gaan erop achteruit. Een homogenisering treedt op."



Figuur 46: Overschrijding van de kritische lasten (gemodelleerd en oppervlaktegewogen) voor vermesting (links) en verzuring (rechts) in bos, soortenrijk grasland en heide tussen 1990 en 2017 (Bron: Schneiders et al., 2020).

In de discipline Lucht wordt de impact van de werking van de kerncentrale op vlak van luchtkwaliteit onderzocht. Deze impact kan er zijn omwille van de werking van de noodvoorzieningen en de verbrandingsinstallaties en omwille van het verkeer van en naar de site. Uit de analyses blijkt dat, voor het beoordelingskader van de discipline Lucht, de impact hiervan verwaarloosbaar is, zeker in verhouding met de uitstoot van de andere bronnen in de omgeving (voornamelijk in de haven). Voor verzurende en vermestende depositie wordt hier bijkomend een analyse uitgevoerd met aftoetsing aan de drempelwaarden die voor biodiversiteit relevant zijn.

De totale depositie is de som van de droge en de natte depositie. De droge depositie wordt berekend door de depositiesnelheid voor een bepaalde pollutant te vermenigvuldigen met de luchtconcentratie voor die pollutant. De natte depositie wordt bepaald door de neerslaghoeveelheden en de concentratie van een bepaald pollutant in de neerslag.

Hogere neerslaghoeveelheden geven over het algemeen hogere natte deposities, omdat de depositie wordt berekend door de concentratie en de neerslaghoeveelheid te vermenigvuldigen. Deze stijging is echter niet lineair omdat de concentratie over het algemeen daalt bij grote neerslaghoeveelheden.

De parameters (depositiesnelheid, scavenging coëfficiënt, ...) die per pollutant (stikstofoxiden, ammoniak, ...) worden gebruikt voor de berekening van de theoretische depositie, zijn ingesteld in het IMPACT-model⁵⁹. Het model berekent de theoretische maximaal totale stikstofdeposities uitgedrukt in kg N/(ha.jaar) om zo de effecten van verzuring en vermisting op vegetaties in de omgeving te kunnen inschatten.

Bij de depositieberekeningen in het IMPACT-model is gebruik gemaakt van depositieparameters, zoals bepaald in het VLOPS⁶⁰-model op basis van de soort vegetatie per kilometerhok.

Gebruik makend van bovenstaande modellen is de verspreiding van de uitstoot aan stikstofemissies door het project, berekend voor vegetaties in het studiegebied. Bij de vegetaties wordt gebruik gemaakt van de Natura2000 typologie.

Op de onderstaande figuur wordt de actuele vermestende depositie in de omgeving van de KCD weergegeven (VLOPS22, VMM). Deze depositie omvat alle bronnen van vermestende depositie (landbouw, verkeer, industrie, huishoudens), en dus ook emissies van bestaande bedrijven in uitbating in de omgeving. Op basis van deze modelleringsresultaten is duidelijk dat de deposities variëren tussen 15 en 35 kg N/ha.j.

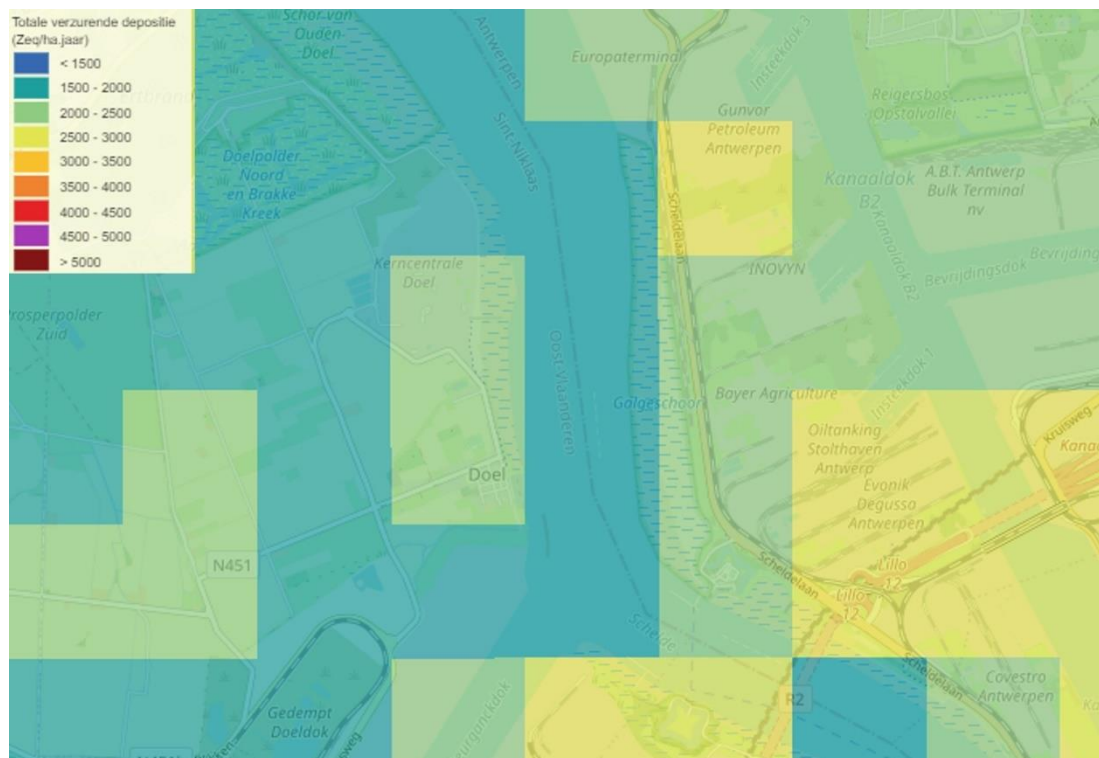


Figuur 47: Actuele vermestende deposities in kg N/ha.j (VLOPS22).

⁵⁹ IMPACT is een door de Vlaamse overheid beschikbaar gesteld mathematisch luchtmodel en staat voor 'Immission Prognosis Air Concentration Tool'. De tool, gelanceerd op 31 januari 2017, laat toe om concentraties en deposities van pollutanten die zich via de lucht verspreiden in de nabijheid van een (agro-)industriële bron te berekenen en op een gebruiksvriendelijke manier te visualiseren. IMPACT is de opvolger van IFDM-PC, de software die sinds 1996 voor dergelijke berekeningen werd gebruikt.

⁶⁰ Het VLOPS-model (Vlaamse Operationeel Prioritaire Stoffen-model) is een atmosferisch transport- en dispersiemodel dat op basis van emissiegegevens, gegevens over landgebruik en meteogegevens de luchtkwaliteit en deposities berekent. Hierbij worden zowel de gedetailleerde Vlaamse emissiegegevens afkomstig van de emissie-inventaris Lucht van de VMM alsook de beschikbare gegevens voor bronnen buiten Vlaanderen gebruikt.

In Figuur 48 wordt de actuele verzurende depositie in de omgeving van de KCD weergegeven (VLOPS22, VMM). Op basis van deze modelleringsresultaten is duidelijk dat de deposities variëren tussen 1.500 en 3.000 Zeq (= zuurequivalent)/ha.j.



Figuur 48: Actuele verzurende deposities in Zeq/ha.j (VLOPS22).

De beschrijving en beoordeling van de effecten inzake verzurende en vermestende depositie gebeurt op basis van overzichtsstudies van de kritische depositiewaarden voor verzuring en vermesting (Van Dobben et al. 2012⁶¹, Hens & Neiryck 2013⁶² en Bobbink & Hettelinck 2011⁶³). Deze kritische drempelwaarden geven aan vanaf welk depositieniveau er negatieve effecten kunnen verwacht worden voor een bepaald habitattypen.

Op basis van de combinatie van de actuele vermestende en verzurende deposities met de drempelwaarden voor de verschillende habitattypen kan per habitatvlek bepaald worden of er een overschrijding van de drempelwaarde is en hoe groot die is. ANB stelt hiervoor overschrijdingskaarten voor vermesting en verzuring ter beschikking. Deze zijn weergegeven in Figuur 49 en Figuur 50.

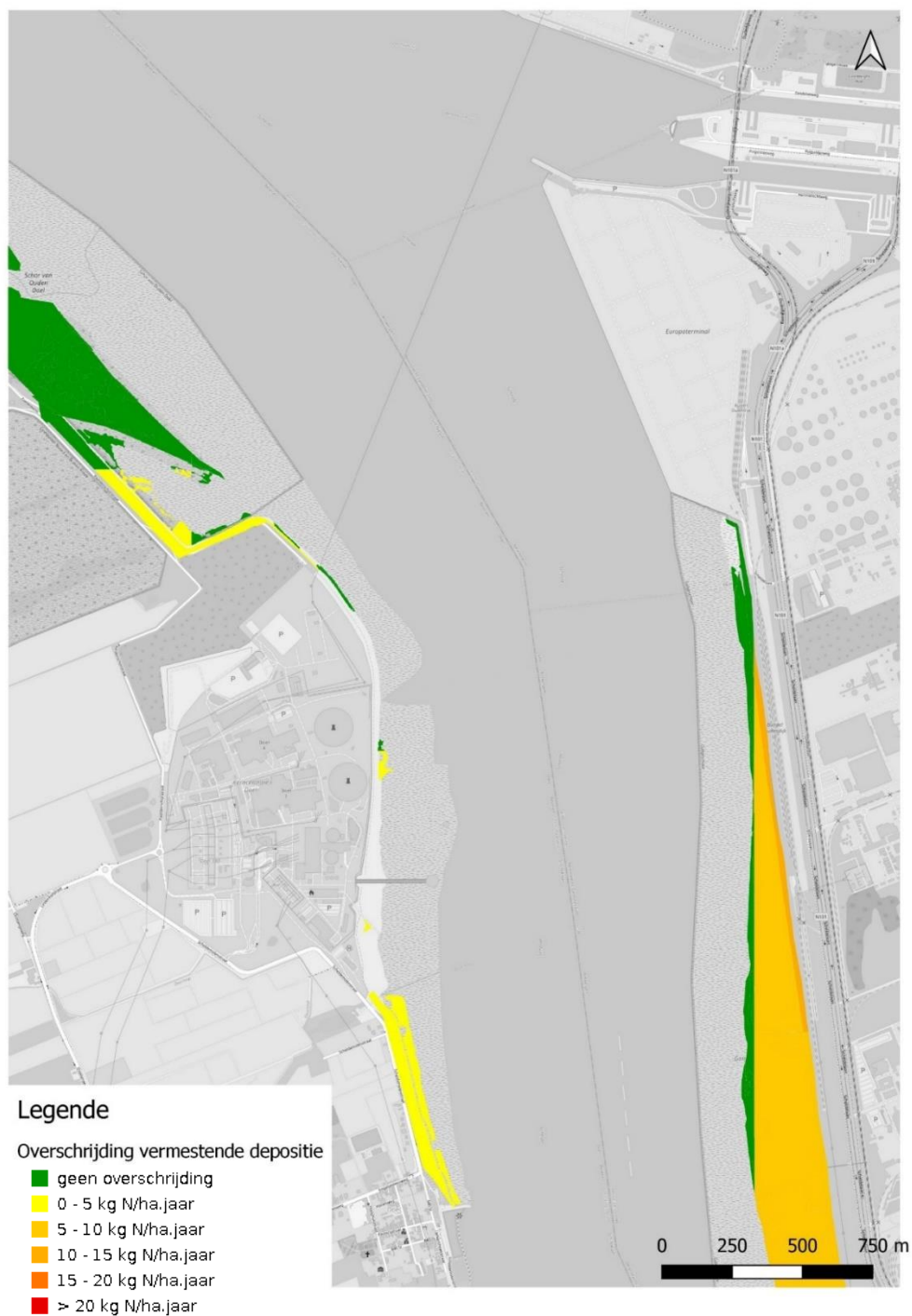
Onmiddellijk valt op dat er geen overschrijding is weergegeven ter hoogte van de vaargeul van de Schelde zelf. Dit komt omdat het habitattypen dat hier voorkomt (1130) niet stikstofgevoelig is. De schorren langs de randen zijn wel weergegeven en voor een groot deel ervan is er momenteel reeds een overschrijding van de verzurende en

⁶¹ van Dobben H.F., Bobbink R., Bal D. & van Hinsberg A. (2012) Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura2000. Alterra rapport 2397. Alterra WUR, Wageningen, Nederland.

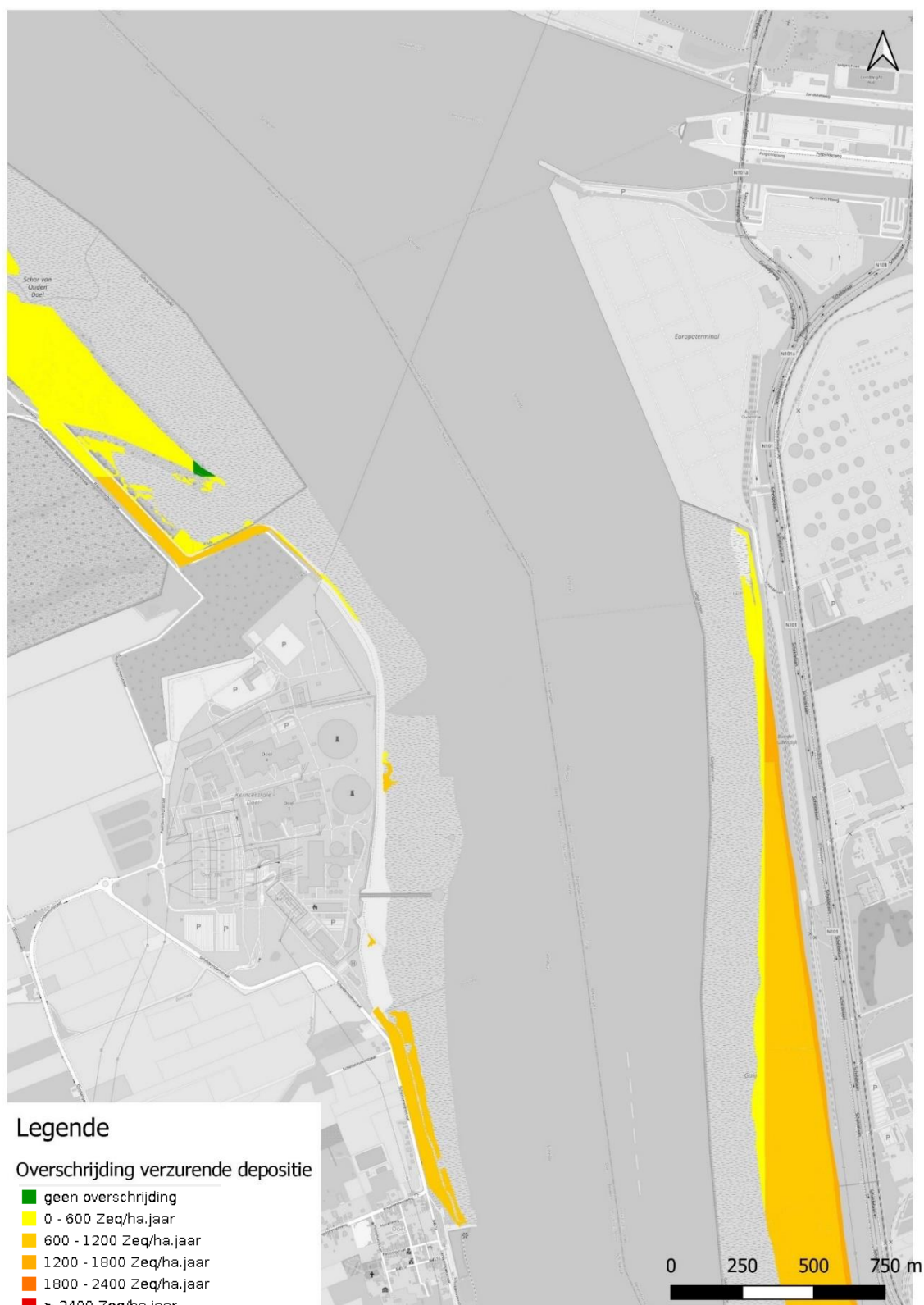
⁶² Hens M. & Neiryck J. (2013) Kritische depositiewaarden voor stikstof voor duurzame instandhouding van Europese habitattypen in Vlaanderen, INBO, nota WBC, gebaseerd op van Dobben H.F., Bobbink R., Bal D., van Hinsberg A. (2012) Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura2000. Alterra rapport 2397. Alterra, WUR, Wageningen, Nederland.

⁶³ Bobbink R, Hettelingh JP, eds. (2011) Review and revision of empirical critical loads and dose response relationships, Coordination Centre for Effects, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), www.rivm.nl/cce.

vermestende deposities, zij het maar in beperkte mate. De schorren op rechteroever kennen een grotere overschrijding.



Figuur 49: Overschrijdingskaart vermestende depositie.



Figuur 50: Overschrijdingskaart verzurende depositie.

De bijdrage van het plan tot de vermistende en verzurende deposities wordt berekend op basis van de aannames beschreven in de discipline Lucht. Hierbij werd gekozen voor een worst-case benadering waardoor de berekende impact als een overschatting mag beschouwd worden.

De berekende vermestende depositie is weergegeven in Figuur 51, de bijdrage van het plan werd hier weergegeven vanaf 0,06 kg N/ha.jaar. De hoogste waarden worden berekend ter hoogte van de site van de kerncentrale zelf met een maximale waarde van 0,1 kg N/ha.jaar. Verder weg nemen de deposities snel af. Er zijn echter ook deposities ter hoogte van de habitats die langs de Schelde aanwezig zijn. De habitats of rbb's die mogelijk een vermestende impact ondervinden omwille van het plan zijn 1330_da, 6510 en rbbmr.

Voor habitattype 1330_da werd een KDW van 22 kg N/ha.jaar bepaald. Zoals weergegeven in Figuur 49, is deze waarde vandaag al voor een deel van de oppervlakte overschreden. De maximale bijdrage van het plan is voor dit habitattype te vinden ter hoogte van de kleine vlek schorhabitat vlak naast de site zelf. De bijdrage van het plan bedraagt hier 0,07 kg N/ha.jaar, of 0,32% van de KDW. Ter hoogte van het habitattype 6510 (KDW 20) is de maximale bijdrage 0,05 kg N/ha.jaar, of 0,25% van de KDW. Voor het regionaal belangrijke biotoop werd de kritische last voor vermessing bepaald als 26 kg N/ha.jaar. De maximale depositie bedraagt hier 0,09 kg/ ha.jaar, of 0,35% van de KDW.

De berekende verzurende depositie wordt weergegeven in Figuur 50, de bijdrage van het plan werd hier weergegeven vanaf 5 Zeq/ha.jaar. Ook hier worden de hoogste patronen waargenomen ter hoogte van de site zelf, met een maximale waarde van 7,2 Zeq/ha.jaar. Ter hoogte van habitat 3130_da (kritische last 1.571 Zeq/ha.jaar) bedraagt de depositie maximaal net 5 Zeq/ha.jaar, ter hoogte van habitat 6510 (kritische last 1.429 Zeq/ha.jaar) is de maximale depositie 5,8 Zeq/ha.jaar en ter hoogte van het rbbmr (kritische last 2.400 Zeq/ ha.jaar) ligt de verzurende depositie onder de 5 Zeq/ha.jaar.

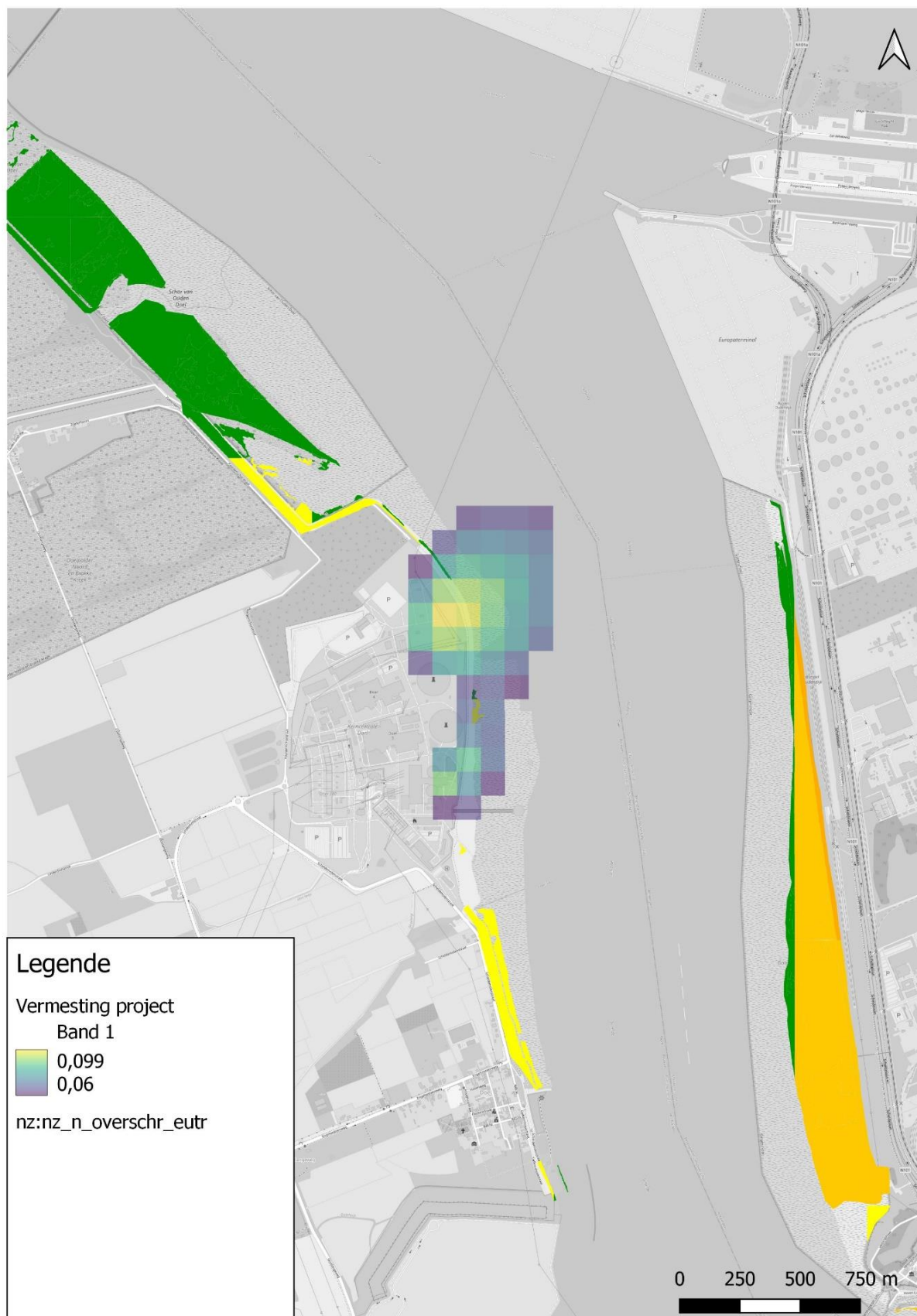
Het plan veroorzaakt dus een lichte toename ter hoogte van de waardevolle vegetaties en habitats, maar de bijdrage van het project blijft overal (ruim) onder de 1% van de KDW.

Bovendien gaat de berekening uit van een worst-case inschatting. Zoals beschreven in de discipline Lucht, kan verwacht worden dat, omwille van de stopzetting van de andere kerncentrales, stelselmatig minder en minder emissiebronnen aanwezig zijn op de site. In de discipline Lucht wordt uitgegaan van een daling met circa 30 %.

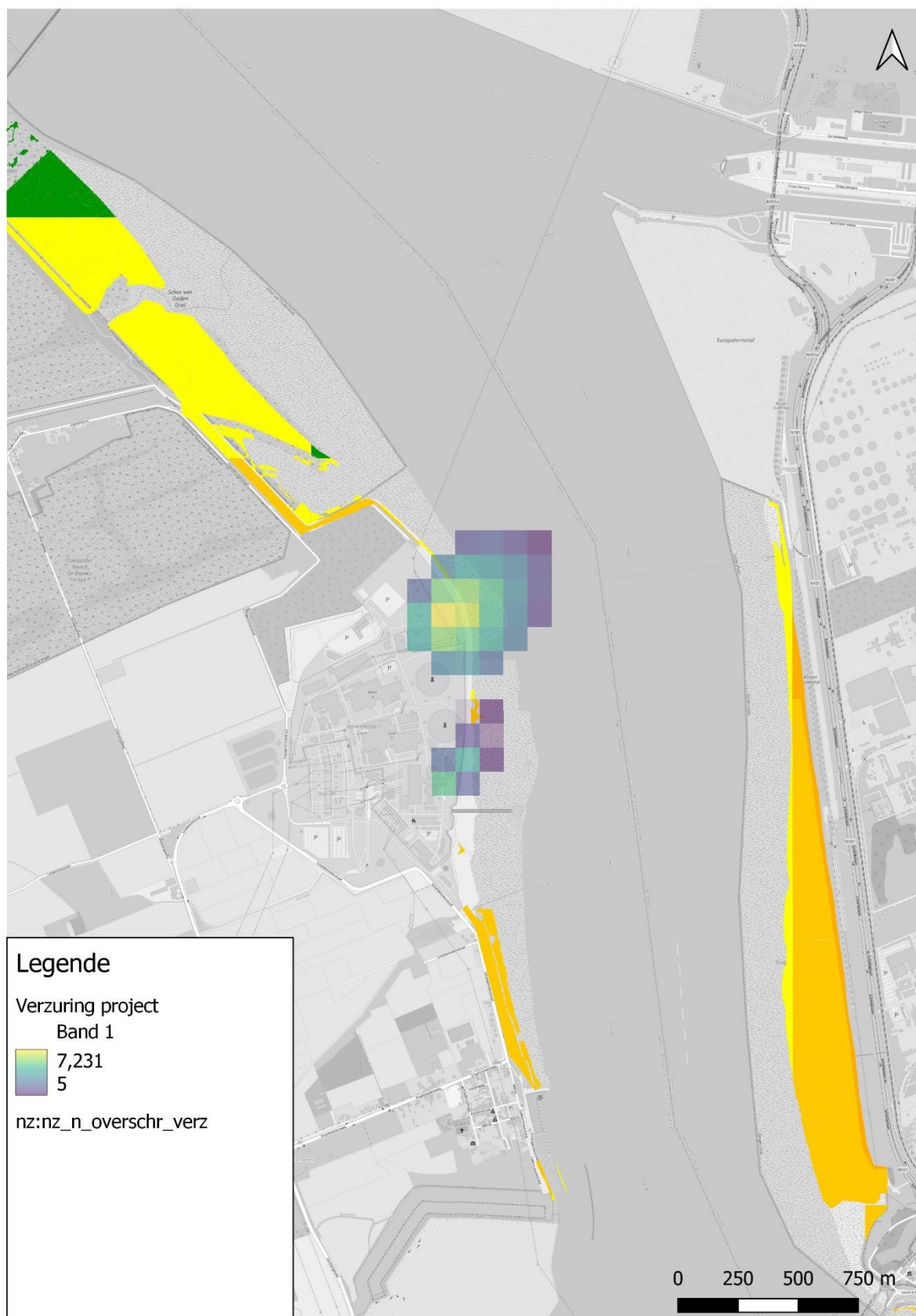
Gezien de sluiting van de kerncentrales Doel 1, 2 en 3 zal er in praktijk geen stijging van deposities zijn, maar een daling ter hoogte van deze habitats. De verlenging van Doel 4 loopt bovendien maar over een periode van 10 jaar, wat betekent dat de beperkte deposities die er zijn, ook maar gedurende 10 jaar zullen plaatsvinden. Daarna zullen ze stelselmatig dalen.

Ten slotte zijn de vegetaties waarvoor de hoogste impact verwacht wordt (3130_da en rbbmr) sterk beïnvloed door het Scheldewater omwille van de regelmatige overstromingen die inherent zijn aan dit ecosysteem. Gezien de slechte beoordeling van de Schelde op het vlak van nitraat + nitriet + ammonium (zie discipline Water) kan de vraag gesteld worden of de beperkte stikstofdepositie wel een relevante impact kan hebben op deze vegetaties.

Omwille van bovenstaande argumenten wordt dan ook geoordeeld dat het plan geen relevante impact heeft op het vlak van vermestende en verzurende deposities.



Figuur 51: Vermesting, bijdrage plan.



Figuur 52: Verzuring, bijdrage plan.

Daarnaast zullen er ook nog vermeden emissies zijn omwille van het plan. Deze vermeden emissies zijn de emissies die kunnen verwacht worden indien de elektriciteitsproductie in de periode van de verlengde looptijd van de centrale niet zou gerealiseerd zijn door de kerncentrale, maar door andere methodes voor energieproductie.

Gezien niet gekend is op welke locaties de emissies van installaties die de productie van Doel 4 zouden overnemen kunnen plaatvinden, en er evenmin zicht is op bv. eventuele vergunningsvoorwaarden waaraan de installaties dienen te voldoen, noch de schouwkaracteristieken bekend zijn die in zeer aanzienlijke mate de impact op de luchtkwaliteit mee kunnen bepalen, is het niet mogelijk om een kwantitatief onderbouwde uitspraak te doen van de mogelijke impact die de emissies van deze "vervangingsinstallaties" met zich zullen meebrengen. Dit is des te belangrijker voor de eventuele effecten op vlak van biodiversiteit. Niet alle vegetaties en soorten zijn immers even gevoelig voor stikstofdepositie. En deze depositie is, naast de emissies zelf, ook nog afhankelijk van de afstand tot de bron en andere factoren zoals bijvoorbeeld de ruwheid van het landschap.

De exacte impact op het vlak van verzuring en vermisting kan dan ook onmogelijk in kaart gebracht worden. Gezien de mate waarin de kritische drempelwaarden voor stikstofdepositie overschreden wordt in Vlaanderen, kan echter aangenomen worden dat een bijkomende depositie veroorzaakt door vervangingsinstallaties op fossiele brandstof (bv. gas), zelfs indien beperkt, zeer ongunstig zou zijn voor de staat van instandhouding van de habitats en soorten in Vlaanderen. Er kan immers van uitgegaan worden dat de emissies en deposities van deze installaties aanzienlijk veel groter zullen zijn dan deze die gepaard gaan met de werking van Doel 4.

Direct ruimtebeslag

Theoretisch kan de beslissing om de kerncentrale Doel 4 langer open te houden een negatieve impact hebben op het vlak van ruimtebeslag. Indien de centrale zou verdwijnen, komt er immers een oppervlakte vrij die vanuit natuurstandpunt zeer gunstig gelegen is gezien de nabijheid van de Schelde en de verschillende natuurontwikkelingsgebieden. Bij deze redenering zijn echter wat kanttekeningen te plaatsen.

Ten eerste zijn de centrales gelegen in een zone met bestemming industrie. Na stopzetting is de kans dan ook reëel dat er een nieuwe industriële ontwikkeling zou komen, eerder dan een ontwikkeling voor natuur. Ook zou de bodemkwaliteit van de site de mogelijkheden voor natuurontwikkeling sterk beperken. De bodem is hier opgespoten met grond die verontreinigd was met arseen.

Samenvattend kan gesteld worden dat de beslissing om de desactivatie uit te stellen geen impact heeft op het vlak van direct ruimtebeslag.

3.3.6 Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen

In hoeverre mag verwacht worden dat het plan, schade aan natuur kan vermijden (cfr. Natuurdecreet)?

Bij de effectanalyse werd het plan onderzocht op vlak van wijziging van de oppervlaktewaterkwaliteit, barrièrewerking, mortaliteit, verstoring, verzuring en vermisting vanuit de lucht en direct ruimtebeslag. Voor barrièrewerking en direct ruimtebeslag bleken er geen effecten te verwachten zijn.

Voor mortaliteit is er mogelijk een effect omwille van de aanzuiging van koelwater. Door de aanpassingen aan het systeem (afschrikstelsel en afleiding terug richting Schelde) wordt aantal slachtoffers echter sterk beperkt waardoor enkel een beperkt effect verwacht wordt.

Voor verstoring was er potentieel een beperkt effect van geluidsverstoring te verwachten, maar gezien de continue en voorspelbare aard van het geluid wordt geen echte schade verwacht.

Voor verzuring en vermisting vanuit de lucht is de bijdrage van het plan zelf verwaarloosbaar en levert het, omwille van vermeden effecten, zelfs een (beperkte) positieve bijdrage.

De impact van de lozingen van afvalwater, industrieel water en koelwater hebben een verwaarloosbare impact op het gehele waterlichaam. Lokaal, in de zone binnen de strekdam, kunnen er potentieel wel effecten optreden, maar dit blijkt niet uit de monitoringsgegevens van bijvoorbeeld het MONEOS-programma.

Algemeen kan dan ook besloten worden dat het plan geen vermijdbare schade zal veroorzaken en dat het een neutrale impact heeft voor deze beleidsdoelstelling.

In hoeverre mag verwacht worden dat het plan kan vermijden dat er onherstelbare en onvermijdbare schade aan VEN-gebieden optreedt (cfr. Natuurdecreet)?

De site van de kerncentrale van Doel is langs meerdere zijden omgeven door VEN-gebied. Het gaat onder meer om Doelpolder Noord, Doelpolder Midden en de oeverzone van de Schelde ter hoogte van de kerncentrale zelf. De belangrijkste natuurwaarden hier zijn de slikken en schorren zelf, de vogels die hier voorkomen en de vissen in de Schelde. De aftoetsing van deze doelstelling komt overeen met het beantwoorden van de vragen in een verscherpte natuurtoets.

Voor de vogels in het VEN-gebied was er potentieel een beperkt effect van geluidsverstoring te verwachten, maar gezien de continue en voorspelbare aard van het geluid wordt geen echte schade verwacht.

Voor de slikken en de vissen in de Schelde is de impact op de oppervlaktewaterkwaliteit een aandachtspunt. Uit de gegevens in het draft ontwerp-MER van Arcadis (Arcadis, 2020), op basis van metingen van de lozingspluim, blijkt dat de thermische impact van de lozingen zich grotendeels beperkt tot de zone binnen de strekdam. Gezien de impact op de rest van de Schelde beperkt is, worden geen barrière-effecten verwacht voor de vissen in de Schelde. Ook voor de andere parameters (zoals nitriet en AOX) blijkt de bijdrage van de lozingen tot de milieukwaliteitsnorm voor het hele waterlichaam verwaarloosbaar.

Lokaal, in de zone binnen de strekdam, kunnen er potentieel wel effecten optreden, maar dit blijkt niet uit de monitoringsgegevens van bijvoorbeeld het MONEOS-programma.

Voor verzuring en vermisting vanuit de lucht is er een zeer beperkte bijdrage van het plan mogelijk ter hoogte van VEN-gebied (Figuur 53 en Figuur 54).

Zoals hoger beschreven, moeten de weergegeven deposities in belangrijke mate genuanceerd worden:

- Ten eerste gaat het om een zeer beperkte bijdrage over een zeer beperkte oppervlakte;
- Ten tweede gaat de berekening uit van een worst-case inschatting. Zoals beschreven in de discipline Lucht, kan verwacht worden dat, omwille van de stopzetting van de andere kerncentrales, stelselmatig minder en minder emissiebronnen aanwezig zijn op de site. In de discipline Lucht wordt uitgegaan van een daling met ca. 30 %;
- Gezien de sluiting van de kerncentrales Doel 1, 2 en 3 zal er in praktijk geen stijging van deposities zijn, maar een daling ter hoogte van deze habitats. De verlenging van Doel 4 loopt bovendien maar tot 2037. Dit betekent dat de beperkte deposities die er zijn, maar 10 jaar zullen plaatsvinden, en daarna stelselmatig zullen verminderen;
- Ten slotte zijn de delen van het VEN waarvoor de hoogste impact verwacht wordt sterk beïnvloed door het Scheldewater omwille van de regelmatige overstromingen die inherent zijn aan dit ecosysteem. Gezien de slechte beoordeling van de Schelde op het vlak van nitraat + nitriet + ammonium (zie discipline Water) dan de vraag gesteld worden of de beperkte stikstofdepositie wel een relevante impact kan hebben op deze vegetaties.

Het VEN gebied dat potentieel een invloed zou ondervinden (Slikken en schorren langs de Schelde) is bovendien in hoge mate aangeduid omwille van het belang van dit gebied voor vogels. Hoewel voor een aantal vogelsoorten een negatief effect op vogels is aangetoond, is dit toch voornamelijk het geval voor soorten van schrale vegetaties zoals schrale graslanden, heiden of bossen op zandbodems. Het ging veelal om indirecte effecten van bijvoorbeeld bodemverzuring (calciumtekort) of door wijzigingen in de van nature schrale vegetaties (Vogels et

al., 2022⁶⁴, Nijssen et al., 2017⁶⁵, Stevens et al., 2017⁶⁶). In voedselrijkere systemen zijn belangrijke effecten voor vogels veel minder te verwachten.

Er kan dan ook besloten worden dat er geen schade zal optreden omwille van het plan om de centrale Doel 4 10 jaar langer open te houden.

Daarnaast zal het langer open houden van de centrale een positieve impact hebben omwille van vermeden emissies. Gezien de locatie van de 'vervangende installaties' niet gekend is, is het echter onmogelijk om de impact hiervan te bepalen voor de VEN-gebieden.

Algemeen kan dan ook besloten worden dat er geen vermijdbare en onherstelbare schade zal optreden in de context van de verscherpte natuurtoets en dat het plan een neutrale impact heeft voor deze beleidsdoelstelling.



Figuur 53: Vermestende deposities ter hoogte van VEN-gebied.

⁶⁴ Vogels, J., van de Waal, D., van den Burg, A., Wallis de Vries, M., Nijssen, M. & R. Bobbink (2022). De Levende Natuur | jaargang 123 | nummer 6.

⁶⁵ Nijssen, M.E., et al., Pathways for the effects of increased nitrogen deposition on fauna, Biological Conservation (2017).

⁶⁶ Stevens CJ, David TI, Storkey J. Atmospheric nitrogen deposition in terrestrial ecosystems: Its impact on plant communities and consequences across trophic levels. Funct Ecol. 2018;32:1757–1769.



Figuur 54: Verzurende deposities ter hoogte van VEN-gebied.

In hoeverre mag verwacht worden dat het plan kan vermijden dat er betekenisvolle effecten ten aanzien van NATURA2000-gebieden zouden optreden (cfr. Natuurdecreet)?

Het plangebied is omgeven door SBZ-V en grenst ook aan SBZ-H. De tot doel gestelde soorten en habitats voor deze SBZ worden beschreven in paragraaf 3.3.4. De aftoetsing van deze doelstelling komt overeen met het beantwoorden van de vragen in een passende beoordeling.

Voor de habitats in het SBZ-H zijn een mogelijke impact op de slikken en schorren relevant alsook de mogelijke effecten op verzurende en vermestende depositie. Daarnaast kan een impact op de aangemelde soorten van belang zijn. Het gaat hierbij om versturende effecten, barrière-effecten, mortaliteit of om effecten omwille van een gewijzigde oppervlaktewaterkwaliteit.

Voor de soorten van het SBZ-V kan er potentieel een impact zijn omwille van direct ruimtebeslag van (potentieel) leefgebied, omwille van verstoring en door een indirecte impact van de oppervlaktewaterkwaliteit die de beschikbaarheid van voedsel voor de vogels van het SBZ-V zou kunnen beïnvloeden.

Al deze mogelijke effecten werden onderzocht. In de effectanalyse werd besloten dat geen effecten verwacht worden op het vlak van barrièrewerking.

Voor de andere effecten moet, in het kader van de passende beoordeling, niet enkel onderzocht worden of er een impact is op de actuele habitats en soorten maar ook of het plan het behalen van de natuurdoelen niet in gedrang brengt.

De vissoortenrivierprik, fint en bittervoorn zijn tot doel gesteld in het SBZ-H 'Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent'. Voor deze soorten zou de mortaliteit omwille van de aanzuiging van het koelwater relevant kunnen zijn voor de natuurdoelen. Zeeprik is niet aangemeld voor dit SBZ-H, enkel voor de Westerschelde waardoor er sowieso geen effect verwacht wordt.

Fint en bittervoorn zijn soorten met een zwemblaas die effectief afgeschrikt worden door het geluid van het afschriksysteem. Rivierprik wordt in het onderzoek van Maes et al. (2004) vernoemd als één van de soorten die een passage door het koelwatersysteem niet overleven. Deze soort zal in het huidige systeem terug geleid worden richting de Schelde. Er kan dan ook besloten worden dat mortaliteit omwille van de aanzuiging van koelwater de natuurdoelen voor deze soorten niet in gedrang zal brengen.

Voor direct ruimtebeslag werd daarom nagegaan of de beslissing om Doel 4 langer in werking te houden de ontwikkeling van nieuw leefgebied in gedrang heeft gebracht. Dit is niet het geval gezien de mogelijkheid om leefgebied te ontwikkelen op deze locatie sowieso niet mogelijk is gezien de bestemming als industriegebied en de historische vervuiling. Bovendien is de bijkomende oppervlakte niet nodig om de natuurdoelen voor het SBZ-V te kunnen halen. Zoals besproken in § 3.3.4 worden voor de soorten waarvoor momenteel onvoldoende leefgebied aanwezig is bijkomende gebieden ingericht. De oppervlakte van deze gebieden volstaat om de natuurdoelen te kunnen halen.

Ook voor verzurende en vermestende deposities geldt dat de impact moet afgetoetst worden aan zowel de huidige natuurwaarden als aan de natuurdoelen. Voor de impact van het plan zelf werd de vermestende en verzurende impact berekend. Voor de passende beoordeling is de impact ter hoogte van de actuele habitattypes 3130_da en 6510 relevant. Voor de zoekzones is een aftoetsing niet nodig gezien enkel een zoekzone voor het habitatype 1130 aangeduid werd in de nabijheid van het projectgebied, en dit is niet stikstofgevoelig.

Voor het habitatype 3130_da bedraagt de maximale depositie 0,07 kg N/ha.jaar. Dit is 0,32 % van de KDW van dit habitatype. Voor habitatype 6510 bedraagt de maximale bijdrage 0,05 kg N/ha.jaar, dit is 0,25 % van de KDW van dit habitatype. Op basis van de momenteel geldende ministeriele instructie is een bijdrage van 1 % van de drempelwaarde voor de passende beoordeling. Hier blijft het plan dus ruim onder. Er worden dan ook geen betekenisvolle effecten verwacht omwille van de depositie van stikstof.

De impact van de vermeden deposities is moeilijker te beoordelen. Uiteraard is de impact positief, maar of deze ook betekenisvol is en dus merkbaar bijdraagt aan de doelen voor de Natura2000 gebieden is minder eenduidig na te gaan. Dit heeft vooral te maken met het gegeven dat de impact van de vermeden emissies niet ruimtelijk kan gesitueerd worden. In de discipline Lucht wordt gesteld dat een impact zich vooral zou voordoen in de zones in de onmiddellijke nabijheid van de 'vervangingsinstallaties' en op ruimere afstand verwaarloosbaar zou zijn. Gezien de grote verschillen in gevoeligheid van de habitats en soorten, kan het potentiële effect van deze 'vermeden emissies' dan ook sterk verschillen. Daarnaast is het ook zo dat de meeste SBZ-H ook nu, zonder 'vervangingsinstallaties' een overschrijding kennen van de KDW. Het al dan niet aanwezig zijn van bijkomend stikstofdepositie maakt voor de meeste SBZ-H dan ook niet het verschil tussen het wel of niet halen van de natuurdoelen. Anderzijds kan de stikstofdepositie wel accumuleren en zou de bijkomende depositie de 'distance to target' voor het behalen van de natuurdoelen vergroot hebben. In die zin is er dus wel een beperkt positief effect voor het behalen van de doelstellingen.

De belangrijkste impact van de kerncentrale (buiten de potentiële radiologische effecten) situeert zich echter op vlak van waterkwaliteit. De kerncentrale heeft een belangrijke thermische impact en loost ook afvalwater waarbij een mogelijke eutrofiërende en ecotoxicologische impact niet bij voorbaat kan uitgesloten worden. Zoals eerder al aangegeven beperkt deze invloed zich echter tot de zone binnen de strekdam en is de bijdrage aan de totale waterkwaliteit verwaarloosbaar. Dit betekent ook dat een effect op populatieniveau kan uitgesloten worden voor de soorten die in de Schelde voorkomen. Er zijn ook geen aanwijzingen dat de lozingen lokaal zorgen voor een verminderde voedselbeschikbaarheid voor de vogels van het SBZ-V. De zone binnen de strekdam is zelfs net rijker aan vis en ook de soortenrijkdom en biomassa van aan macro-invertebraten is groot. Een betekenisvol effect wordt dan ook niet verwacht.

Ten slotte worden er geen betekenisvolle effecten van verstoring verwacht voor de vogels in het SBZ-V, noch in de bestaande noch in de nog aan te leggen gebieden. Hoewel de werking van de kerncentrales aanleiding geeft tot verhoogde geluidsniveaus, is de bijdrage van enkel Doel 4 vermoedelijk beperkt. Bovendien gaat het om een continu en voorspelbaar geluid waardoor gewenning kan optreden en de versturende invloed beperkt blijft. Andere vormen

van verstoring, zoals lichtverstoring of verstoring door de aanwezigheid van mensen wijzigen niet in belangrijke mate omwille van het plan.

Er kan dan ook besloten worden dat het plan geen betekenisvolle impact heeft op de staat van instandhouding van de habitats en soorten in de context van de passende beoordeling en dat de bijdrage van het plan aan deze doelstelling neutraal is.

In hoeverre mag verwacht worden dat het plan niet zorgt voor schade voor soorten die beschermd zijn volgens het soortenbesluit?

Zoals hoger besproken is er geen betekenisvolle impact te verwachten voor de soorten die tot doel gesteld worden in de SBZ of in het VEN. Ook voor de soorten van bijlage IV van de habitatrichtlijn, die ook buiten de SBZ beschermd zijn is er weinig impact te verwachten.

Het plan zorgt immers niet voor een betekenisvolle verstoring en de impact op de waterkwaliteit is eveneens verwaarloosbaar wanneer bekeken over het hele waterlichaam.

De vissoortenrivierprik, fint en bittervoorn zijn tot doel gesteld in het SBZ-H 'Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent'. Voor deze soorten zou de mortaliteit omwille van de aanzuiging van het koelwater relevant kunnen zijn voor de natuurdoelen. Zeeprik is niet aangemeld voor dit SBZ-H, enkel voor de Westerschelde waardoor er sowieso geen effect verwacht wordt.

Fint en bittervoorn zijn soorten met een zwemblaas die effectief afgeschrikt worden door het geluid van het afschriksysteem. Rivierprik wordt in het onderzoek van Maes et al. (2004) vernoemd als één van de soorten die een passage door het koelwatersysteem. Deze soort zal in het huidige systeem terug geleid worden richting de Schelde. Er kan dan ook besloten worden dat mortaliteit omwille van de aanzuiging van koelwater de natuurdoelen voor deze soorten niet in gedrang zal brengen.

Er kan dan ook besloten worden dat het plan geen betekenisvolle effecten heeft in de context van het soortenbesluit en dat de bijdrage van het plan aan deze doelstelling neutraal is.

In hoeverre mag verwacht worden dat de implementatie van het plan geen belemmering vormt voor het behalen van doelstellingen die geformuleerd worden in soortbeschermingsprogramma's (cfr. Soortenbesluit)?

Voor de soorten waarvoor een SBP werd opgesteld, maken de locaties die van belang zijn in het SBP al deel uit van een beschermingszone waardoor de impact sowieso al onderzocht wordt. Wel vermeldenswaardig is het gegeven dat op de koeltoren sinds 1996 een nestkast voor slechtvalken is aangebracht waarin ook regelmatig slechtvalken tot broeden komen.

De verlenging van Doel 4 zorgt ervoor dat de koeltoren langer nodig zal zijn, er wordt dan ook zeker geen negatieve impact verwacht voor de slechtvalk.

Er kan dan ook besloten worden dat het plan geen belemmering vormt voor het behalen van de doelstellingen in de SBP's en dat de bijdrage van het plan aan deze doelstelling neutraal is.

3.3.7 Samenvatting van de voornaamste bevindingen

De kerncentrale situeert zich in de nabijheid van de verschillende beschermingszones. Er zijn dan ook verschillende beleidsdoelstellingen waarop het plan een impact zou kunnen hebben. Zowel het natuurdecreet en zijn uitvoeringsbesluiten als het decreet integraal waterbeleid zijn relevant in deze context. De biologische aspecten van het decreet integraal waterbeleid worden mee beoordeeld in de discipline Water maar hier wel mee besproken in de effectanalyse.

Het plan werd onderzocht op vlak van wijziging van de oppervlaktewaterkwaliteit, barrière-werking, mortaliteit, verstoring, verzuring en vermesting vanuit de lucht en direct ruimtebeslag. Voor barrière-werking en direct ruimtebeslag bleken er geen effecten te verwachten zijn.

Voor mortaliteit is er mogelijk een effect omwille van de aanzuiging van koelwater. Door de aanpassingen aan het systeem (afschrikstelsel en afleiding terug richting Schelde) wordt aantal slachtoffers echter sterk beperkt waardoor enkel een beperkt effect verwacht wordt.

Op het vlak van verstoring zijn enkel wijzigingen te verwachten op vlak van geluidsverstoring. Deze wijzigingen zijn eerder beperkt gezien het plan enkel een wijziging inhoudt voor de kerncentrales Doel 4. Bovendien gaat het om een bestaand geluid dat continu en voorspelbaar is. Een belangrijke impact op de soorten in de omgeving wordt dan ook niet verwacht.

De effecten van de werking van de kerncentrales zelf op het vlak van verzurende en vermestende deposities zijn verwaarloosbaar. Bovendien zijn andere factoren zoals de kwaliteit van het Scheldewater veel bepalender op die locatie. Wel kunnen er positieve effecten verwacht worden omwille van de vermeden emissies. Een belangrijke impact wordt echter enkel verwacht in de directe omgeving van de 'vervangende installaties' terwijl de locatie hiervan niet gekend is. Dit maakt het moeilijk om het belang van deze positieve effecten in te schatten.

De belangrijkste impact van het plan is echter deze op de waterkwaliteit van de Schelde. De lozing van koelwater, sanitair water en industrieel water zorgt voor een lokale verslechtering van de waterkwaliteit. De impact beperkt zich echter tot de zone binnen de strekdam waardoor betekenisvolle effecten voorkomen worden. Ook lokaal zijn er geen aanwijzingen dat de effecten sterk nadelig zijn voor de aanwezige organismen. Gezien de aanduiding van de Schelde zelf als SBZ-H en het mogelijke belang van deze zone voor de vogels van het SBZ-V is dit een belangrijke conclusie.

Op basis van deze analyse werd besloten dat het plan geen merkbaar negatief of positief effect had voor de relevante beleidsdoelstellingen. Het effect is neutraal.

3.3.8 Milderende maatregelen

Gezien het project geen merkbare effecten heeft voor de beleidsdoelstellingen, worden geen milderende maatregelen voorzien.

3.3.9 Leemten in de kennis en monitoring

De belangrijkste leemte in kennis betreft de locatie van de vermeden emissies. Dit betreft een positief effect van het plan. Omwille van de onzekerheid wordt de positieve impact als beperkt beschouwd.

Daarnaast zijn er ook onzekerheden over de mogelijke lokale impact op de waterkwaliteit. Gezien de algemene waterkwaliteit van de Schelde nog herstellende is, is het immers moeilijk om te weten of de kwaliteit nog beter had kunnen zijn zonder het plan. Gezien het echter enkel om lokale effecten gaat die bovendien gaan verminderen ten opzichte van de huidige situatie, is de impact op de beoordeling verwaarloosbaar.

3.4 Thema Lucht

3.4.1 Relevante beleidsdoelstellingen

De meest relevante beleidsdoelstellingen in het kader van dit strategisch MER zijn de emissiereductiedoelstellingen zoals deze op Europees vlak zijn vastgelegd ten aanzien van het federale niveau, en verder op gewestelijk niveau verdeeld worden.

De nationale emissieplafondrichtlijn of NEC-richtlijn (National Emission Ceilings, 2001/81/EG) werd in 2001 gepubliceerd. De richtlijn definieerde emissieplafonds die vanaf 2010 niet meer mochten overschreden worden voor:

- zwaveldioxide (SO₂);
- stikstofoxiden (NO_x);
- niet-methaan vluchtige organische stoffen (VOS);
- ammoniak (NH₃).

Eind 2016 trad de herziene NEC-richtlijn in werking (2016/2284/EU). Ze bevat doelstellingen voor 2020 en 2030 die geformuleerd zijn als relatieve reducties ten opzichte van de emissies in 2005. Ook werden emissieplafonds opgenomen voor PM_{2,5}.

Tabel 26: NEC reductie doelstellingen 2030 zoals geciteerd in het Vlaamse Luchtkwaliteitsplan 2030.

Belgische reductiedoelstellingen voor 2030 en verdeling over de gewesten						
	BE-2005	BE 2030	Emissieplafond 2030			
	Emissies België	Reductie-doelstelling	BE	VI	WAL	BRU
	kt	% t.o.v. 2005	kt	kt	kt	kt
NO _x	303,5	-59	124,4	71,8	49,4	3,2
SO _x	142,1	-66	48,3	32,5	15,4	0,4
PM _{2,5}	34,8	-39	21,2	11,9	8,8	0,5
NMVOS	145,8	-35	94,8	58,8	32,1	3,9
NH ₃	78,8	-13	68,6	41,5	27,0	0,1

NMVOS : niet methaan vluchtige organische stoffen

Naast doelstellingen voor emissies kan ook nog verwezen worden naar doelstellingen voor luchtkwaliteit. Deze doelstellingen zijn ook gebaseerd op Europese wetgeving.

De Europese richtlijn 2008/50/EG betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa bepaalt dat de luchtkwaliteit waar zij goed is in stand moet gehouden worden, en in andere gevallen moet verbeteren. Verder is bepaald dat daar waar de norm voor één of meer van de pollutanten wordt overschreden de periode van overschrijding zo kort mogelijk moet worden gehouden.

Tabel 27: Luchtkwaliteitsdoelstellingen overeenkomstig de Europese Kaderrichtlijn 'Lucht' (herziening goedgekeurd op 14 april 2008).

Polluent	Middelingstijd	Grenswaarde	Datum waarop aan de grenswaarde moet voldaan worden
Zwevende deeltjes (PM₁₀)			
Daggrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	24 uur	50 µg/m ³ PM ₁₀ mag niet meer dan 35 keer per jaar worden overschreden.	1 januari 2005
Jaargrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	kalenderjaar	40 µg/m ³ PM ₁₀	1 januari 2005
Zwevende deeltjes (PM_{2,5})			
Jaargrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	kalenderjaar	25 µg/m ³ PM _{2,5} ¹	1 januari 2015

Polluent	Middelingtijd	Grenswaarde	Datum waarop aan de grenswaarde moet voldaan worden
Indicatieve jaargrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	kalenderjaar	20 µg/m ³	1 januari 2020
Nationale streefwaarde inzake vermindering van de blootstelling ten opzichte van de GBI in 2010	GBI	15,2 µg/m ³	2020
Vlaamse streefwaarde inzake vermindering van de blootstelling ten opzichte van de GBI in 2010	GGBI	15,7 µg/m ³	2020
Blootstellingsconcentratieverplichting	GBI	20 µg/m ³	2015
Stikstofdioxide (NO₂) en stikstofoxiden (NO_x)			
Uurgrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	1 uur	200 µg/m ³ NO ₂ mag niet meer dan 18 keer per kalenderjaar worden overschreden	1 januari 2010
Jaargrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	Kalenderjaar	40 µg/m ³ NO ₂	1 januari 2010
Alarmdrempel	1 uur	400 µg/m ³ NO ₂ gedurende 3 opeenvolgende uren	1 januari 2010
Jaargrenswaarde voor de bescherming van de vegetatie	Kalenderjaar	30 µg/m ³ NO _x	19 juli 2001 In Vlaanderen zijn evenwel geen gebieden gedefinieerd waar de grenswaarde van toepassing is
Zwavedioxide (SO₂)			
Uurgrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	1 uur	350 µg/m ³ mag niet meer dan 24 keer per kalenderjaar worden overschreden	1 januari 2005
Daggrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	24 uur	125 µg/m ³ mag niet meer dan 3 keer per kalenderjaar worden overschreden	1 januari 2005
Alarmdrempel	1 uur	500 µg/m ³ SO ₂ gedurende 3 opeenvolgende uren	1 januari 2005
Kritiek niveau voor de bescherming van de vegetatie	Jaar- en winterseizoen	20 µg/m ³	19 juli 2001 In Vlaanderen zijn evenwel geen gebieden gedefinieerd waar de grenswaarde van toepassing is
Koolstofmonoxide (CO)			

Polluent	Middelingtijd	Grenswaarde	Datum waarop aan de grenswaarde moet voldaan worden
Grenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	Hoogste uurgemiddelde van 8-uren van een dag	10 mg/m ³	1 januari 2005
Lood (Pb)			
Jaargrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	kalenderjaar	0,5 µg/m ³	1 januari 2005 (1 januari 2010)
Benzeen (C₆H₆)			
Jaargrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	kalenderjaar	5 µg/m ³	1 januari 2005
Ozon (O₃)			
Streefwaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens	Hoogste uurgemiddelde van 8-uren van een dag (NET60 _{ppb})	120 µg/m ³ (gemiddeld over 3 jaar: max. 25 overschrijdingsdagen per jaar)	1 januari 2010
Langetermijndoelstelling voor de bescherming van de gezondheid van de mens	Hoogste uurgemiddelde van 8-uren van een dag (NET60 _{ppb})	120 µg/m ³	
Informatiedrempel	uurgemiddelde	180 µg/m ³	
Alarmdrempel	uurgemiddelde	240 µg/m ³	
Streefwaarde voor de bescherming van de vegetatie	AOT40 _{ppb}	18.000 (µg/m ³).uren gemiddeld over 5 jaar	
Langetermijndoelstelling voor de bescherming van de vegetatie	AOT40 _{ppb}	6.000 (µg/m ³).uren	

In oktober 2019 werd het Vlaams luchtbeleidsplan 2030 (VLP) door de Vlaamse Regering goedgekeurd. Uit dit plan blijkt dat vooral de pollutanten NO₂ en fijnstof moeten gesaneerd worden om tot een situatie te komen waarbij luchtverontreiniging geen negatieve impact meer heeft op mens en milieu. Verder blijkt ook dat de luchtkwaliteitsnorm voor NO₂ in gans Vlaanderen op vele, vooral verkeersdrukte, plaatsen overschreden wordt. De achtergrondconcentraties worden veroorzaakt door het cumulatief effect van alle emissiebronnen in de omgeving. Om de periode van overschrijding zo kort mogelijk te houden zullen bijkomende emissies maximaal ingeperkt moeten worden.

Link: <https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan>

Voor wat betreft de mogelijke toekomstige aanscherping van de luchtkwaliteitsnormen kan verwezen worden naar onderstaand voorstel van de Europese commissie zoals geformuleerd eind 2022. Met dit voorstel wordt meer rekening gehouden met de aangepaste advieswaarden zoals geformuleerd door de WHO in het kader van de beperking van de impact van de luchtkwaliteit op de gezondheid. (EUR-Lex - 52022PC0542 - EN - EUR-Lex (europa.eu)).

Proposal for a
DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL
on ambient air quality and cleaner air for Europe

ANNEX I

AIR QUALITY STANDARDS

Section 1 - Limit values for the protection of human health

Table 1 – Limit values for the protection of human health to be attained by 1 January 2030

Averaging period	Limit value	
PM2.5		
1 day	25 µg/m ³	not to be exceeded more than 18 times per calendar year
Calendar year	10 µg/m ³	
PM10		
1 day	45 µg/m ³	not to be exceeded more than 18 times per calendar year
Calendar year	20 µg/m ³	
Nitrogen dioxide (NO ₂)		
1 hour	200 µg/m ³	not to be exceeded more than once per calendar year
1 day	50 µg/m ³	not to be exceeded more than 18 times per calendar year
Calendar year	20 µg/m ³	
Sulphur dioxide (SO ₂)		
1 hour	350 µg/m ³	not to be exceeded more than once per calendar year
1 day	50 µg/m ³	not to be exceeded more than 18 times per calendar year
Calendar year	20 µg/m ³	
Benzene		
Calendar year	3,4 µg/m ³	
Carbon monoxide (CO)		
maximum daily 8-hour mean (1)	10 mg/m ³	
1 day	4 mg/m ³	not to be exceeded more than 18 times per calendar year
Lead (Pb)		
Calendar year	0,5 µg/m ³	
Arsenic (As)		
Calendar year	6,0 ng/m ³	
Cadmium (Cd)		
Calendar year	5,0 ng/m ³	
Nickel (Ni)		
Calendar year	20 ng/m ³	
Benzo(a)pyrene		
Calendar year	1,0 ng/m ³	
(1)The maximum daily 8-hour mean concentration will be selected by examining 8-hour running averages, calculated from hourly data and updated each hour. Each 8-hour average so calculated will be assigned to the day on which it ends i.e. the first calculation period for any 1 day will be the period from 17.00 on the previous day to 1.00 on that day; the last calculation period for any 1 day will be the period from 16.00 to 24.00 on that day.		

In het kader van de Europese beleidsdoelstellingen op het vlak van de emissiereductie van broeikasgassen (onder meer door de versnelde uitfasering van het gebruik van fossiele brandstoffen) zullen de hiermee gepaard gaande maatregelen ook een positieve impact hebben op de luchtkwaliteit. Voor dit specifiek beleidskader wordt verwezen naar het hoofdstuk klimaat.

3.4.2 Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties

Potentieel relevante effecten die in dit MER onderzocht worden binnen de discipline lucht zijn de emissies naar de atmosfeer die met de exploitatie van Doel 4 gepaard gaan. Dit heeft in eerste instantie betrekking op verbrandingsparameters afkomstig van noodgroepen, hulpstoom- en verwarmingsinstallaties, en van transport van en naar de site.

Andere bronnen hebben betrekking op onderhoudswerken, met de inzet van diverse machines (hout- en metaalbewerking), mogelijke lekverliezen van koelinstallaties en de impact via koeltorens. Van eventuele emissies van zout-aerosolen vanuit de koeltoren werd reeds in eerdere studies aangegeven dat er hiervan nauwelijks impact is.

Gezien de te verwachten stillegging van de installaties Doel 1 en Doel 2, en gezien het reeds stilgelegde Doel 3, kan voor de geplande situatie sowieso uitgegaan worden van lagere emissies en lagere impact dan deze in de actuele situatie.

3.4.3 Afbakening studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie

Het studiegebied hangt, gezien de verschillende schaalgrootte en locaties, in feite af van het effect dat onderzocht wordt. Voor de verschillende elementen kunnen hierbij volgende gebieden afgebakend worden:

- Gebied van 5 km rond de centrale voor de beoordeling van de lokale emissies van de centrale;
- Federale grondgebied voor de beoordeling van de emissieniveaus versus de NEC-doelstellingen

Voor het in kaart brengen van de referentiesituatie wordt rekening gehouden met de te verwachten toekomstige afname van emissies en impact tegen 2025 van zowel lokale als meer afgelegen bronnen, gezien de te behalen doelstellingen 2030, waarvan verwacht wordt dat deze nog aangescherpt zullen worden.

3.4.3.1 Actuele luchtkwaliteit

Voor het in kaart brengen van de plaatselijke luchtkwaliteit zou in eerste instantie gebruik kunnen gemaakt worden van immissiemetingen uitgevoerd door VMM.

Voor de meest relevante stoffen waarvan de impact beoordeeld moet worden zijn er beperkte meetgegevens beschikbaar. Voor de beschrijving van de luchtkwaliteit wordt daarom gebruik gemaakt van gebiedsdekkende modelberekeningen (bron VMM). Gezien de COVID-pandemie gepaard ging met een positieve invloed op de luchtkwaliteit, en deze invloed zichtbaar is op kaartmateriaal voor 2020 en 2021 (2022 nog niet beschikbaar), zal alsnog gebruik gemaakt worden van de gegevens van 2019.

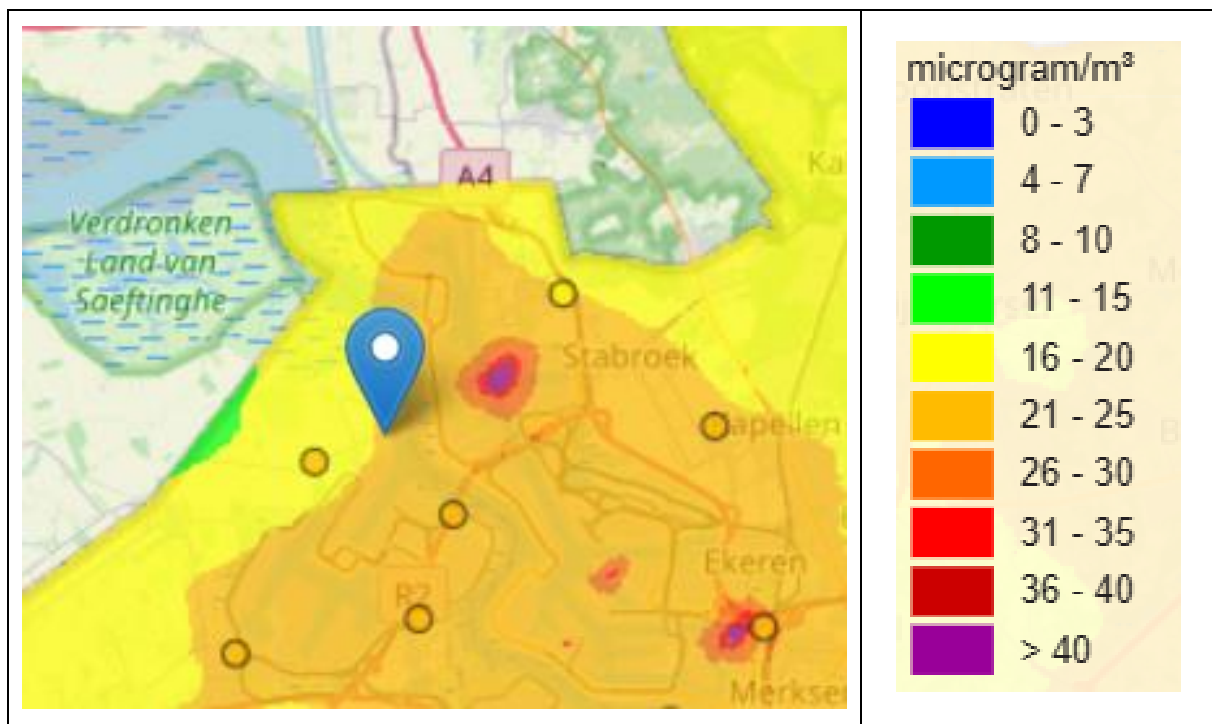
De kaarten zijn gebaseerd op interpolatie van de resultaten van de meetstations in Vlaanderen en de omliggende regio's, aangevuld met een hoge resolutie-modellering. Naast meetresultaten wordt voor de aanmaak van deze modelkaarten het zgn. Atmo-street model toegepast. Dat omvat in feite drie modellen om de luchtkwaliteit in te schatten: RIO, IFDM en OSPM.

Op de kaarten:

- Wordt ook rekening gehouden met de specifieke situatie in street canyons.
- Zijn de lokale resultaten beperkt door de informatie over de lokale uitstoot (verkeerstellingen, gereden snelheden, wagenpark).

Enkele beperkingen bij deze kaarten zijn:

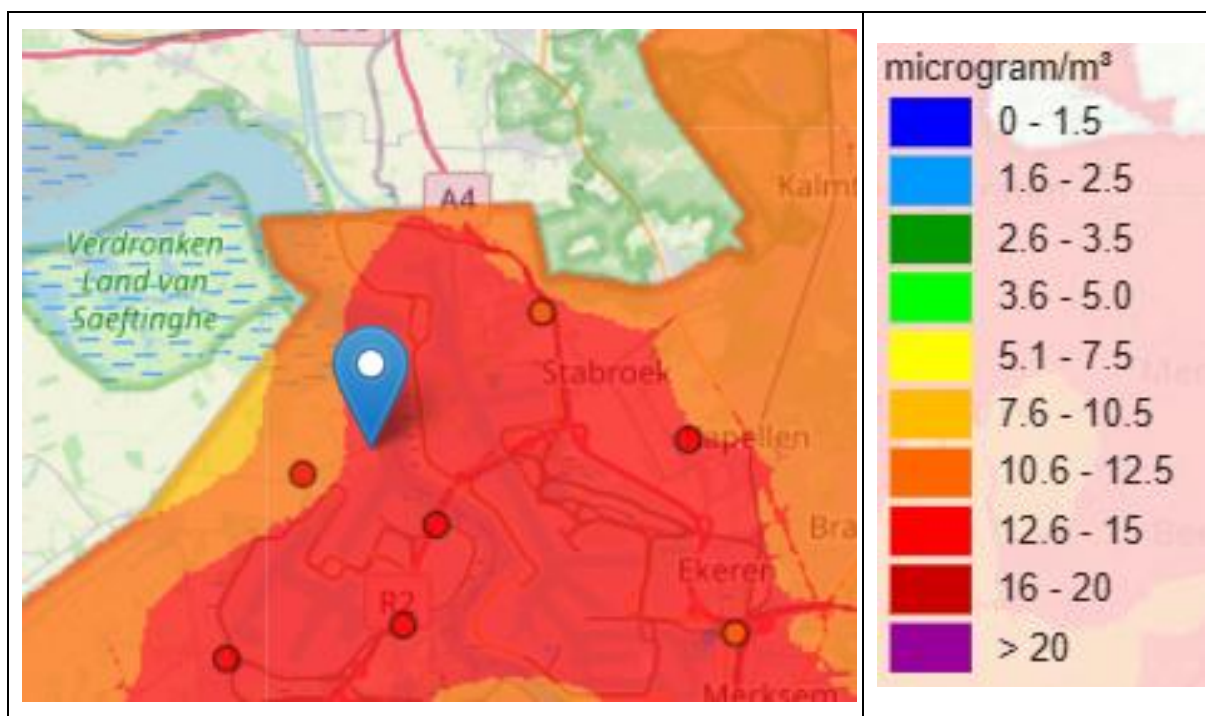
- Er is geen informatie beschikbaar over de uitstoot van het verkeer op wegen met weinig verkeer. Het verkeer op die wegen wordt toegewezen aan de grotere wegen waarop de kleinere wegen aansluiten. Hierdoor kan het model niet in elke straat een aparte berekening uitvoeren. Voor die straten worden de 'achtergrondconcentraties' getoond. Dat zijn de concentraties zoals die berekend werden voor een grotere zone met een gebied van 4x4 km²;
- Bovendien wordt het verkeer modelmatig toegewezen. Er zijn weinig tot geen verkeerstellingen op Vlaams niveau voor niet-snelwegen. De berekeningen gebeuren op basis van verkeerstellingen, gereden snelheden en informatie over het wagenpark. Door de combinatie van verkeerstellingen en gemodelleerde wegvakbelastingen wordt de verkeersintensiteit bepaald. Op de snelwegen heeft men hiervoor permanente intensiteits- en snelheidsmetingen. Voor het onderliggend wegennet zijn er heel wat minder metingen voorhanden. Voor het wagenpark wordt rekening gehouden met het gemiddelde Vlaamse wagenpark;
- Met tijdelijke verkeerssituaties (bv. omleidingen of files) wordt geen rekening gehouden;
- De impact van nieuwe verkeerssituaties (nieuwe wegen, mobiliteitsplannen in uitvoering,...) is niet onmiddellijk zichtbaar;
- Het herhaaldelijk opwaaien van stof door het verkeer en het effect van de aanwezigheid van groen (zoals bomen in een straat) worden niet in rekening gebracht;
- De lokale vervuiling die veroorzaakt wordt door onder andere houtkachels, open haarden en grote veeteeltbedrijven is niet zichtbaar op de kaarten. De vervuiling van deze bronnen wordt wel mee opgenomen in de 'achtergrondconcentratie' (met een lagere ruimtelijke resolutie van 4x4 km²).



Figuur 55: Jaargemiddelde PM₁₀ concentratie in 2019 (bron VMM).

Globaal gezien wordt op het vlak van PM₁₀ (fijnstof) ruimschoots voldaan aan de wettelijke grenswaarde van 40 µg/m³. Grote delen van het studiegebied situeren zich in een gebied met concentraties van 16 tot 20 en van 21 tot 25 µg/m³. Enkel ter hoogte van enkele specifieke locaties zoals in de haven van Antwerpen en enkele specifieke stedelijke locaties, worden relevant hogere waarden vastgesteld. Deze gebieden strekken zich over een beperkte oppervlakte uit.

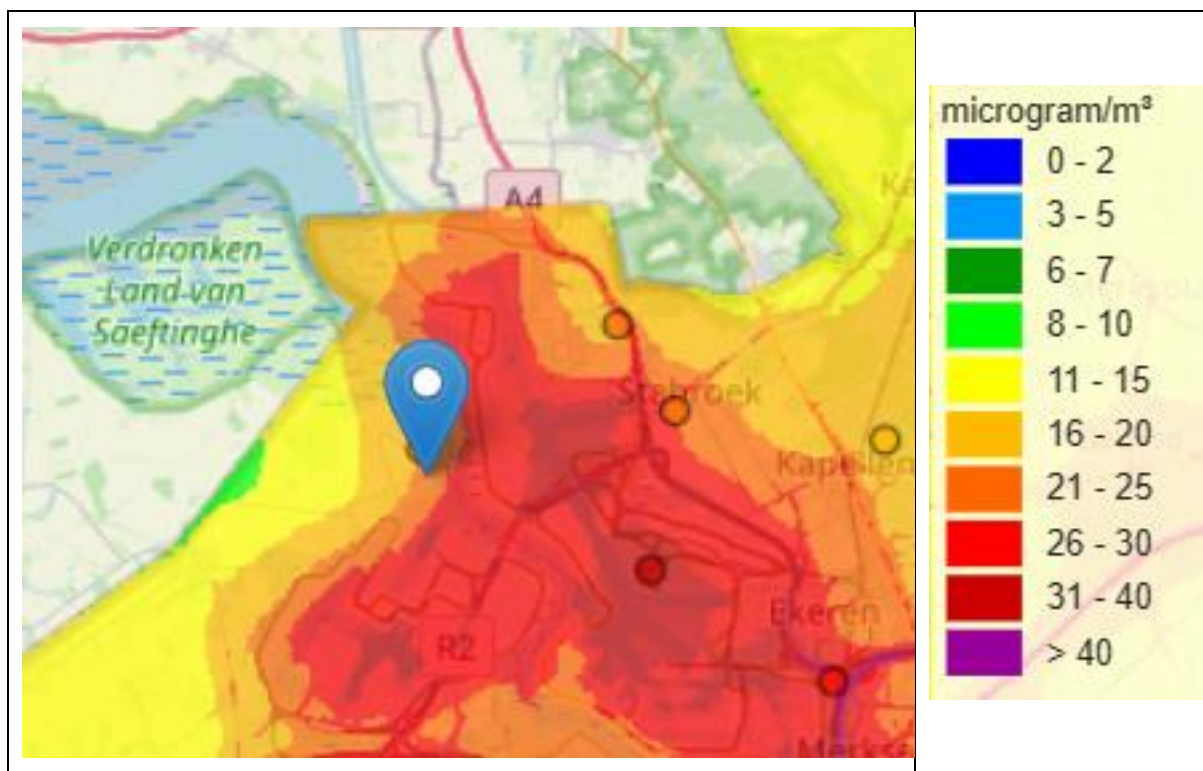
Gezondheidskundige advieswaarden worden wel overschreden in een groot deel van het studiegebied.



Figuur 56: Jaargemiddelde $PM_{2.5}$ concentratie in 2019 (bron VMM).

Globaal gezien wordt inzake $PM_{2.5}$ ruimschoots voldaan aan de wettelijke (indicatieve) grenswaarde van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Grote delen van het studiegebied situeren zich in een gebied met concentraties van 11 tot 12 en van 13 tot $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Enkel ter hoogte van enkele zeer specifieke locaties (zeer drukke (snel)wegen) worden iets hogere waarden berekend. Deze locaties strekken zich over een uitermate beperkte oppervlakte uit.

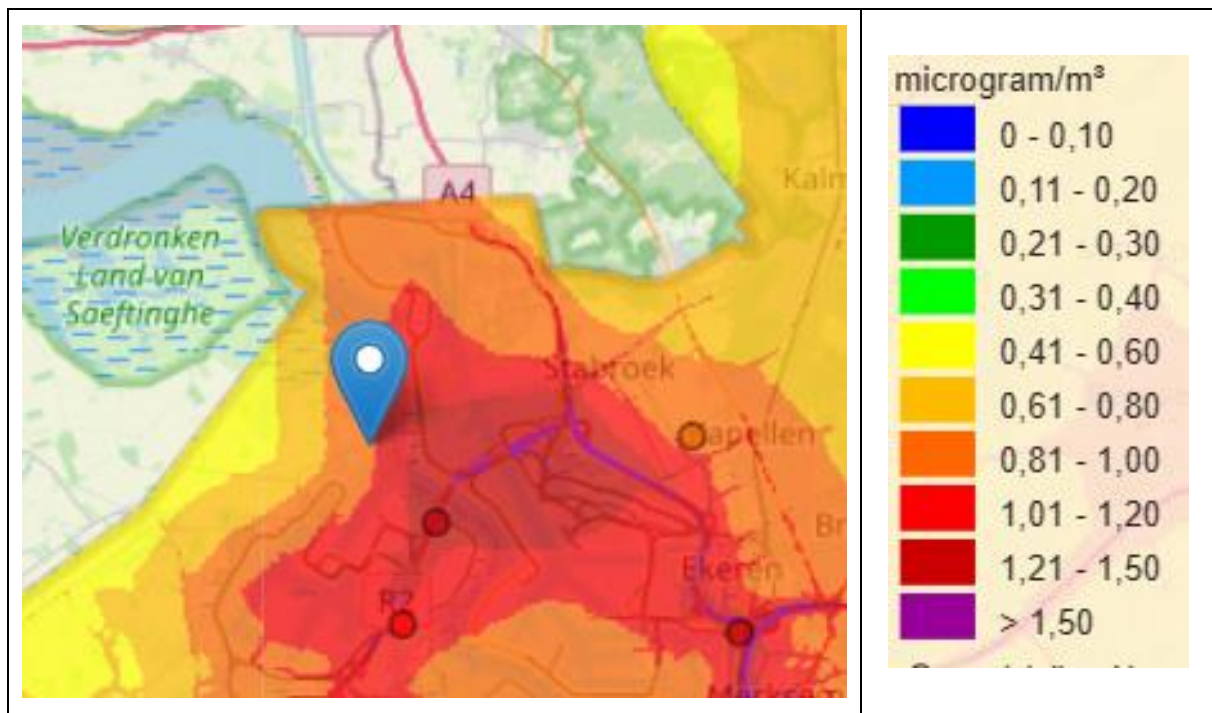
Gezondheidskundige advieswaarden worden wel overschreden in een groot deel van het studiegebied.



Figuur 57: Jaargemiddelde NO₂ concentratie in 2019 (bron VMM).

Op het vlak van NO₂ wordt een zeer sterke ruimtelijke variatie vastgesteld. Globaal gezien wordt ruimschoots voldaan aan de wettelijke grenswaarde van 40 µg/m³. Grote delen van het studiegebied situeren zich in een gebied met concentraties van 11 tot 15, 16 tot 20 en 21 tot 25 µg/m³. Een groot deel van de haven van Antwerpen kent aanzienlijk verhoogde concentraties, in belangrijke mate veroorzaakt door scheepvaart, wegverkeer en industriële emissies. Stedelijke agglomeraties worden ook aanzienlijk negatief beïnvloed door gebouwverwarming. Enkel ter hoogte van zeer drukke (snel)wegen worden dermate hoge waarden berekend dat een overschrijding optreedt (bv. langs Ring van Antwerpen). Hierbij dient wel opgemerkt dat op de wegen zelf en de bermen ervan de wettelijke grenswaarden niet van toepassing zijn. Verder worden er ook ter hoogte van tunnelmonden en langs (drukkere) wegen met aaneengesloten bebouwing aan beide zijden van de weg aanzienlijk hogere concentraties berekend, die ook kunnen leiden tot overschrijdingen van de grenswaarde.

Gezondheidskundige advieswaarden worden overschreden in een groot deel van het studiegebied.



Figuur 58: Jaargemiddelde EC concentratie in 2019 (bron VMM).

Ook voor elementaire koolstof (EC) (parameter die kan aanzien worden als maat voor zwarte koolstof (BC: black Carbon) en voor het roetgehalte) wordt een sterke ruimtelijke variatie vastgesteld, voornamelijk veroorzaakt door gebruik van fossiele brandstof. Voor wat betreft EC en BC zijn er geen grens- noch streefwaarden van toepassing. Grote delen van het studiegebied situeren zich in een gebied met concentraties van 0,5 à 1 µg C/m³. Binnen grotere stedelijke agglomeraties en binnen de haven van Antwerpen worden nog hogere waarden berekend, tot ca 1,5 µg C/m³. Langs de drukste wegen lopen deze concentraties nog hoger op.

Conclusies actuele luchtkwaliteit

De huidige luchtkwaliteit in de omgeving van het projectgebied werd geëvalueerd. Voor de parameters waarvoor geen meetgegevens in of nabij het studiegebied gekend zijn werd op basis van literatuur- en/of modelgegevens een inschatting van de plaatselijke luchtkwaliteit uitgevoerd.

Voor de emissies/impact van de vast opgestelde installaties en transporten is NO_x/NO₂ de belangrijkste parameter. Op het vlak van NO₂ kunnen voor de omgeving van het studiegebied volgende conclusies geformuleerd worden:

- Er wordt een grote ruimtelijke variatie van de NO₂-concentraties vastgesteld, die in belangrijke mate bepaald wordt door wegverkeer, scheepvaart, industriële emissies en gebouwverwarming;
- De hoogste NO₂-concentraties worden berekend in de onmiddellijke omgeving van de drukste (snel)wegen. Op deze locaties treden overschrijdingen van de jaargemiddelde grenswaarde van 40 µg/m³ op (en van de WHO-richtwaarde);
- De impact van het wegverkeer neemt wel relatief snel af met de afstand tot de weg;
- De VMM-metwaarden wijzen erop dat wel voldaan wordt aan de uurgemiddelde grenswaarde (van 200 µg/m³) die 18 keer per kalenderjaar mag overschreden worden;
- Scheepvaart blijkt naast industriële emissies binnen de Haven van Antwerpen een zeer belangrijke bron te zijn van de globaal verhoogde NO₂ concentraties die er vastgesteld worden.

Voor fijnstof (PM₁₀ en PM_{2,5}) wordt wel voldaan aan de wettelijke grenswaarden, maar zijn er wel overschrijdingen van de WHO-advieswaarden. De concentraties van fijnstof vertonen wel veel minder ruimtelijke spreiding.

Belangrijke lokale bronnen zijn ook hier industrie en scheepvaart.

3.4.3.2 Luchtkwaliteit in de referentiesituatie

Voor het in kaart brengen van de luchtkwaliteit in de referentiesituatie wordt verwezen naar de resultaten van de modelmatig aanwezige achtergrondconcentraties ter hoogte van een aantal beoordelingspunten in de omgeving van het projectgebied. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de gegevens van 2025.

Tabel 28: Concentraties 2025 ter hoogte van een aantal beoordelingspunten in de omgeving van het projectgebied ter hoogte van omliggende bewoning, meetposten VMM en Nederlandse grens (modeloutput IMPACT).

				AG2025	AG2025	AG2025
				NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
		X	Y	avg	avg	avg
n°	beoordelingspunt	m	m	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
12	Zandvliet	146100	227500	23,5	19,2	12,7
13	Berendrecht-Hoefbladstraat	147100	226200	23,7	19,2	12,6
14	Berendrecht	145540	225450	30,1	20,4	14,1
15	Lillo	144510	221650	34,0	20,4	15,3
16	Fort Liefkenshoek	144160	220390	33,6	20,2	15,2
17	Doel	142710	222380	28,8	19,5	14,4
18	Saftingen	140490	221730	19,1	18,4	12,8
19	Kieldrecht	136300	220400	13,4	18,4	11,7
20	Verrebroek	137500	216100	17,1	17,6	12,1
21	Vrasene	137600	212400	13,1	17,0	11,0
29	Zwijndrecht	147100	212000	23,3	17,8	11,6
30	Burcht	148500	210900	26,0	18,3	11,8
31	L.O.	151000	213300	29,9	18,8	12,2
32	Antwerpen	152200	211500	32,2	18,8	11,8
45 -MP	Antwerpen-Linkeroever	150865	214046	29,6	18,9	12,3
51 -MP	Zandvliet-Scheldelaan	148139	215578	27,7	19,7	13,1
53 -MP	Berendrecht-Hoefbladstraat	147976	226558	21,1	18,5	11,8
54 -MP	Beveren-Meerminnendam	141037	211484	16,2	17,0	11,0
57 -MP	Kallo-sluis	143727	217020	31,8	19,5	14,1
58 -MP	Kapellen Fortstraat	155302	223403	21,3	17,0	10,7
60 -MP	Stabroek Laageind	149541	224212	24,8	19,1	12,3
NI-1	Nederlandse grens	137700	222700	15,2	16,8	13,0
NI-2	Nederlandse grens	140500	226400	19,8	17,1	13,5
NI-3	Nederlandse grens	142800	229500	21,1	18,4	13,1
NI-4	Nederlandse grens	147500	229700	16,3	17,2	11,0

De conclusies voor 2025 zijn gelijkaardig aan deze van de actuele situatie: er wordt voldaan aan de wettelijke grenswaarden op het vlak van NO₂, PM₁₀ en PM_{2.5}. De gezondheidkundige advieswaarden worden doorgaans wel overschreden.

Verder in de tijd (2030/2035) kan ervan uit gegaan worden dat globaal gezien de achtergrondconcentraties nog verder zullen afnemen omwille van beleidsmatige randvoorwaarden en de te verwachten aanscherpingen van emissienormen.

3.4.4 Beschrijving van de effecten

De niet-nucleaire impact op de luchtkwaliteit bij de uitbating van de site wordt voornamelijk veroorzaakt door:

- vast opgestelde verbrandingsinrichtingen (geleide emissies);
- mogelijke emissies bij onderhoudswerken (diffuse en geleide emissies);
- transport / verplaatsingen werknemers (diffuse emissies).

In eerste instantie worden de actuele emissies in kaart gebracht. Aansluitend worden op basis van prognoses voor de geplande situatie de te verwachten emissies na 2025 in kaart gebracht en beoordeeld.

3.4.4.1 Actuele emissies

Vast opgestelde installaties

Vast opgestelde installatie die in rekening gebracht worden zijn:

- Verbrandingsinrichtingen;
- Machines gebruikt voor onderhoudswerken;
- Koelinstallaties;
- Koeltoren.

De actuele impact van de volledige site wordt voornamelijk beïnvloed door de aanwezigheid van vast opgestelde verbrandingsinstallaties. De geleide emissies zijn hierbij afkomstig uit verschillende verbrandingsinstallaties: hulpstoomketels, noodgroepen en verwarmingsinstallaties. Deze installaties worden gevoed door gasolie.

Afgaande op de vergunningstoestand (vergunning met vervaldatum 30 maart 2031 met kenmerk M03/46003/46/2/M/4/CW) gaat het hier om:

- **71 vast opgestelde motoren** met een totaal nominaal thermisch ingangsvermogen van 247,943 MWth, als volgt opgedeeld: • D12: 75,6 MWth (4 x 6,2 MWth, 2 x 4,3 MWth, 2 x 6,1 MWth, 5 x 6,0 MWth) • D3: 72,3 MWth (4 x 12,6 MWth, 2 x 2,4 MWth, 3 x 5,7 MWth) • D4: 59,7 MWth (3 x 12,6 MWth, 2 x 2,4 MWth, 3 x 5,7 MWth) • Site: 40,343 MWth (1 x 0,020 MWth, 1 x 0,025 MWth, 1 x 0,033 MWth, 1 x 0,034 MWth, 4 x 0,044 MWth, 2 x 0,066 MWth, 1 x 0,103 MWth, 2 x 0,125 MWth, 5 x 0,234 MWth, 5 x 0,5 MWth, 4 x 4 MWth, 11 x 1,7 MWth, 3 x 0,4 MWth)

- **2 verbrandingsinrichtingen voor hulpstoomketels** met een thermisch vermogen van 43,26 MWth elk en **1 verwarmingsinstallatie** met een thermisch vermogen van 0,204 MWth (totaal 86,724 MWth).

De hulpstoom wordt in normale omstandigheden geleverd door de in dienst zijnde eenheden. Als dat niet mogelijk is kunnen de 2 hulpstoomketels de functie overnemen.

De noodgroepen werken op gasolie en staan in voor een verzekerde elektrische voeding van de veiligheid-, nood- en hulpinstallaties in het geval de externe elektrische voeding niet beschikbaar zou zijn. Onder normale omstandigheden zijn deze installaties niet in werking. Periodiek worden ze wel getest om hun beschikbaarheid te controleren. Hierdoor zijn de draaiuren van al deze installaties beperkt, alsook hun uitstoot.

Overeenkomstig titel II van het VLAREM zijn er geen emissiegrenswaarden van toepassing voor stookinstallaties die niet gevoed worden met vaste brandstof, als het aantal bedrijfsuren minder dan 100 per kalenderjaar bedraagt.

Van deze installaties zijn geen gevalideerde resultaten van emissiemetingen beschikbaar. De wettelijke verplichting voor dergelijke metingen hangt af van het vermogen van de individuele installaties (met elk een eigen emissiepunt waarvan door de vergunningverlener niet werd aangegeven dat dit om een samenstelling van installaties gaat), en het aantal werkingsuren op jaarbasis. Ook de van toepassing zijnde emissiegrenswaarden zijn hieraan gelinkt.

Van de hulpstoomketel zijn meetgegevens beschikbaar, bekomen bij een technisch onderhoud van de installatie. Alhoewel niet uitgevoerd door een erkend labo wordt bij de impactbeoordeling met deze meetgegevens rekening gehouden, gezien de hieruit berekende emissie als nauwkeuriger kan aanzien worden in vergelijking met het gebruik van emissiekengetallen.

Tabel 29: Resultaten emissies hulpstoomketel bij testen na afstelling van de branders (verslag Saacke dd 19/10/2021) met beide branders simultaan in bedrijf

Testen Saacke		bij actueel O ₂		bij 3% O ₂		
	O ₂	CO	NOx	CO	NOx	temp.
belasting	%-vol	mg/Nm ³ dr	mg/Nm ³ dr	mg/Nm ³ dr	mg/Nm ³ dr	°C
0%	7.2	0	179	0	233	162
10%	7.3	0	232	0	305	172
20%	6	0	252	0	302	175
30%	6.2	0	241	0	293	176
40%	5.8	8	300	9	355	177
50%	6.4	4	218	5	269	179
60%	6.2	20	211	24	257	181
70%	5.3	34	263	39	302	188
80%	4.7	73	273	80	301	187
85%	4.3	76	274	82	295	185
gemiddeld	5.9	21	244	24	291	178

De frequentie en de testduur van de motoren is afhankelijk van de functie van de diesलगenerator (hulpdiesel, veiligheidsdiesel, nooddiesel, diesलगeneratoren GUM).

De werkingsduur van de hulpstoomketels is, gezien de aanwezigheid van meerdere reactoren, op jaarbasis eveneens beperkt.

De impact van deze installaties situeert zich quasi uitsluitend op het vlak van NO_x/NO₂, en in veel mindere mate ook op het vlak van SO₂, CO en stof.

De actuele impact zit vervat in de huidige luchtkwaliteit zoals door VMM in kaart gebracht op basis van metingen en berekeningen. De uitstoot van de installaties is dermate beperkt dat op de modelkaarten van VMM er geen aantoonbare impact kan vastgesteld worden.

Gezien in de geplande situatie het merendeel van deze installaties niet meer in dienst zal zijn, wordt het weinig zinvol geacht om op basis van emissie- en impactberekeningen de impact van deze installaties in de huidige situatie modelmatig in kaart te brengen. Dit gebeurt wel voor de situatie bij uitvoering van het project.

Naast stookinstallaties kan er ook nog melding gemaakt worden van een aantal machines met potentieel optredende emissies die gebruikt worden bij onderhoudswerken. Dit betreft in principe slechts kleinere werken. Grotere werken op het vlak van hout- en metaalbewerking worden uitbesteed.

Het onderhoudsatelier is voorzien van kleinere machines voor het mechanisch behandelen van metalen en het vervaardigen van voorwerpen uit metaal (smederij), zoals las- straalcabine, draaibank, boormachine, zaagmachines. De emissies van dergelijke installaties komen in principe diffuus vrij in de werkplaats, behoudens de lasdampen, die afgezogen worden. Grotere laswerken worden wel uitbesteed.

De werkplaatsen omvatten ook inrichtingen voor het mechanisch behandelen en het vervaardigen van artikelen van hout (Schrijnwerkerij met o.a. boormachines, freesmachines, paneelmachines, afkortmachines, kantenaanlijmmachines). Ook vanuit deze installaties kunnen diffuse emissies optreden die via een afzuiging kunnen geëmitteerd worden. Het totaal vermogen / capaciteit van deze installaties is dermate laag, en het gebruik ervan dermate beperkt, dat van deze installaties geen aantoonbare impact ter hoogte van de perceelsgrenzen verwacht wordt, zelfs niet indien de afzuigingen niet voorzien zouden zijn van stoffilters.

Van deze installaties zijn geen emissiemeetwaarden beschikbaar. De vermogens en capaciteiten zijn dermate beperkt, en de inzet ervan is dermate sporadisch, dat er bij deze mechanische hout- en metaalbewerkingen geen

emissies optreden waarvan verwacht worden dat deze de drempels overschrijden waarboven de algemene Vlareml-emissiegrenswaarden van toepassing worden.

Gezien deze installaties maar zeer beperkt in werking zijn (in kader van onderhoudswerken), gezien de zeer beperkte vermogens / capaciteit, en gezien het feit dat de relatieve emissies van dergelijke installaties zeer beperkt zijn, wordt van deze installaties buiten de perceelsgrenzen dan ook geen aantoonbare impact verwacht, zelfs niet als de afzuigingen niet voorzien zouden zijn van stoffilters. Temeer daar bij de mechanische activiteiten vnl. grover stof ontstaat dat snel in de werkplaats neerslaat, waardoor slechts een beperkt deel via de gebouwventilatie kan geëmitteerd worden.

Ook bij het ontvetten van metalen of voorwerpen van metaal door middel van organische oplosmiddelen kunnen emissies optreden. Ook deze emissies ontstaan diffuus in de werkplaats en kunnen door de gebouwventilatie geëmitteerd worden. Het totaal verbruik aan organische oplosmiddelen is dermate beperkt dat hiervan buiten de perceelsgrenzen geen aantoonbare impact verwacht wordt.

Ontvetten van grote inrichtingen gebeurt extern. In de werkhuizen zijn er lokale ontvettingstoestellen aanwezig op basis van biocircle L en biocircle L ultra CMS 34627. Van deze laatste is in 2022 2 * 200 l aangekocht. Deze producten bevatten slechts relatief beperkte hoeveelheden aan organische stoffen, dan nog met een beperkte dampspanning, zodat de hoeveelheid vluchtige organische stoffen (VOS) die in de lucht terecht komen als verwaarloosbaar te beschouwen is.

Er is ook een werkplaats voor het herstellen van motorvoertuigen (met inbegrip van carrosseriewerkzaamheden) aanwezig. Bij dergelijke herstellingen zijn emissies van stof en vluchtige organische oplosmiddelen mogelijk. Het gebruik van deze installaties is echter dermate beperkt dat hiervan geen aantoonbare impact ter hoogte van de perceelsgrenzen verwacht wordt.

Vanuit koelinstallaties kunnen er ook accidentele lekemissies ontstaan. Op basis van de wettelijke verplichtingen tot registratie van de bijvullingen van de koelvloeistoffen kunnen de lekemissies begroot worden.

Tabel 30: Overzicht lekverliezen.

Datum bijvulling	PKD code toestel	type koelgas	kg bijvulling in periode 2020-2022	In dienst tot
15/01/2020	Scaldis CIAT rechts kant B	R410A	88,4 kg	2038
1/04/2020	D3/CF-ML0029	R134A	1,2 kg	2025
2/04/2020	D3/CF-ML1020	R134A	33 kg	2025
1/04/2020	D0/OVE-FA4	R407C	15kg	2029
23/06/20	D4/CF-ML0026	R134A	4,9kg	2038
17/09/2020	D3/CF-ML0018	R134A	14,12 kg	2025
30/07/2020	D3/CF-ML0019	R134A	13,7 kg	2025
5/11/2020	D4/VK-PP0090	R134A	2 kg	2038
20/01/2020	D4/CF-ML0029	R134A	13,59 kg	2038
29/10/2020	D4/CF-ML0029	R134A	5,5 kg	2038
5/06/2020	CGB - koeling keuken	R410A	11kg	2038
14/07/2020	MAG - brandweer garage	R410A	0,6kg	2025
17/12/20	D4/CF-ML1010	R134A	15,4 kg	2038
20/05/20	MAG - 034	R410A	1,7 kg	2025
18/01/21	D3/CF-ML0027	R134A	19,4 kg	2025
27/01/21	D4/CF-ML0026	R134A	4,51 kg	2038
02/03/21	D3/CF-ML0018	R134A	2,8 kg	2025
16/02/21	D3/CF-ML0019	R134A	1,9 kg	2025

Datum bijvulling	PKD code toestel	type koelgas	kg bijvulling in periode 2020-2022	In dienst tot
12/04/21	D4/CF-ML0019	R134A	6,5 kg	2038
06/05/21	D3/CF-ML0019	R134A	9,71 kg	2025
17/03/21	D4/CF-ML1010	R134A	50,5kg	2038
04/11/21	WPG - 135 (Vinçotte) (DS/VOG006)	R410A	2,9 kg	2025
03/01/21	D0/OVE-FA4	R407C	10 kg	2029
16/12/21	D3/CF-ML1020	R134A	1,8 kg	2025
11/01/22	DS/VAG-ML0825	R410A	1,8 kg	2038
11/04/2022	D3/CF-ML0026	R134A	3,12 kg	2025
9/04/2022	D4/CF-ML0023	R134A	3,4 kg	2038
9/05/2022	D3/CF-ML0019	R134A	3,7 kg	2025
16/05/22	SOC-103	R410A	3,5 kg	2038
02/06/22	D4/CF-ML0018	R134A	5,93 kg	2038
26/07/2022	D4/CF-ML0018	R134A	1,42 kg	2038
25/07/2022	D3/CF-ML0018	R134A	20 kg	2025
15/06/22	Koelkast keuken	R134A	0,25 kg	2038
22/08/22	D4/CF-ML1020	R134A	23,92 kg	2038
08/09/22	D4/CF-ML0019	R134A	20,06 kg	2038
17/10/2022	DT/CFV-ML0003	R410A	21,3 kg	2038
24/10/2022	D0/CF0E87B	R134A	107,75 kg	2029
10/11/2022	D3/AF-ML0100	R410A	18,17 kg	2025
16/11/2022	D0/OVE-FA3	R407C	26,9 kg	2029
8/12/2022	DT/CFV-ML0003	R410A	21,3 kg	2038
06/12/22	WDG serverroom	R410A	0,46 kg	2038

Van de geregistreerde lekmissies wordt geen aantoonbare impact ter hoogte van de perceelsgrenzen verwacht.

Op de site wordt ook hydrazine gebruikt. Bij emissies ervan zou een geurimpact (NH₃-achtige geur) kunnen ontstaan, gezien de relatief lage geurdrempel (ca 2 à 3 ppm). Levering gebeurt volgens een welbepaalde procedure waarbij steeds gegarandeerd wordt dat de opgeslagen concentratie niet hoger komt dan 5 % (eerst water en nadien 15 % levering erbij). Op de tanks zijn ook watersloten aanwezig die het ademen van de tanks opvangen. Deze watersloten worden op welbepaalde periodes ververs, zodat de concentratie erin niet te hoog wordt. Het gebruik van N₂H₂ is beperkt in een lichte overconcentratie. In aanwezigheid van lucht desintegreert het product in stikstof en water. In het afvalwater reageren de kleinere resten eveneens weg. Bij conditionering van de stoomgeneratoren bij stilstand worden hogere concentraties gebruikt. Van deze lozingen kan men eventueel resten terugvinden in het afvalwater. Naast hydrazine wordt eveneens ammonia gedoseerd. De concentraties zijn eveneens laag. Gezien de genomen maatregelen en de aard van het verbruik kan een mogelijke emissie van hydrazine en NH₃ naar de lucht als verwaarloosbaar aanzien worden. Buiten de perceelsgrenzen wordt dan ook geen (geur)impact verwacht.

Van het zeer beperkte verbruik van andere stoffen zoals bv. H₂SO₄ (bv. in de waterzuivering) wordt evenmin een aantoonbare impact op de luchtkwaliteit verwacht.

Een emissiebron met mogelijke impact op de luchtkwaliteit is de koeltoren, en de mogelijke emissies van zoutaerosolen die ermee gepaard kunnen gaan.

De koelkringen van de eenheden Doel 3 en 4 zijn deels gesloten koelkringen, wat wil zeggen dat koelwater circuleert tussen de koeltoren en de condensor. Er gebeurt ook een aanvulling (en bijkomende koeling) door de continue aanvoer (en lozing) van Scheldewater. In de koeltoren verdampt een gedeelte van het koelwater. Met deze verdamping en verneveling komen er ook aerosolen in de lucht terecht. Deze aerosolen bevatten ook

zoutconcentraties afkomstig van het brakke water van de Zeeschelde. De mogelijke impact van deze zoutaerosolen zal zich in feite verspreiden in de omgevingslucht en lokaal mogelijk tot een toename van de zoutconcentraties leiden. Door de zeer aanzienlijke emissiehoogte (meer dan 140 m), zullen deze zoutaerosolen echter zeer sterk verdund zijn vooraleer een deel ervan zich op leefniveau zou bevinden. Er worden door de dispersie hierbij in de onmiddellijke omgeving geen jaargemiddelde concentraties verwacht die hoger zullen liggen dan de fijnstof-gebonden zoutconcentraties zoals deze aan de kust optreden. Aan de kust ligt het aandeel PM₁₀ afkomstig van zouten op ca 4 à 6 µg/m³. Deze concentratie neemt landinwaarts stelselmatig af. Op basis van eerdere studies waarnaar ook in het MER van Arcadis (2021) gerefereerd wordt is er dan ook sprake van een aanvaardbare impact.

In het MER van Arcadis wordt trouwens gerekend met een zoutgehalte van het circulatiewater in de koeltorens (dat uit de Schelde opgepompt wordt) van 20 g/l, wat een pessimistisch ingeschat jaarlijks gemiddelde is, gezien metingen over de periode 2010-2019 een maximaal zoutgehalte van het opgepompte Scheldewater van ca. 10,8 g/l aantonen (Arcadis, 2021). Een gemiddelde waarde van 10 g/l zou dan ook als meer realistische kunnen beoordeeld worden.

Actuele impact verkeer van en naar de site

In totaal wordt het aantal transporten per vrachtwagen op 2370/jaar geschat. Gemiddeld per kalenderdag betekent dit hooguit 14 transportbewegingen. Zelfs indien dit allemaal zware vrachtwagens zouden zijn, en ze allemaal dezelfde route zouden volgen, wordt van dit aantal transporten geen aantoonbare impact op de luchtkwaliteit verwacht.

Het aantal werknemers op de site van Electrabel nv Kerncentrale Doel bedraagt ca. 1000 eigen personeelsleden. Daarbij komen nog 1000 permanente contractors.

Het gaat hier om mensen die overdag en in een volcontinu ploegensysteem werken. Tijdens revisiewerken kan het aantal externe werknemers 2.000 mensen bedragen.

Er wordt collectief vervoer georganiseerd via bussen die de eigen werknemers via ophaalrondes ophalen. Het gebruik van de fiets wordt gepromoot. De externe werknemers verplaatsen zich meestal met collectief vervoer georganiseerd door hun werkgever.

Al deze bewegingen hebben hooguit tijdelijk een beperkte impact op de luchtkwaliteit in de onmiddellijke omgeving van de weg van en naar de site t.h.v. de site zelf (langs die wegsegmenten waar al het verkeer langs komt). Van zodra dit verkeer zich over verschillende richtingen verdeeld wordt hiervan geen aantoonbare impact meer verwacht op de luchtkwaliteit.

3.4.4.2 Emissies en impact in de geplande situatie

Als tijdshorizon voor de geplande situatie wordt in eerste instantie 2025 gehanteerd.

De gebouwen worden verwarmd met hulpstoom, opgewekt door de centrales die in dienst zijn (of door hulpstoomketels als geen enkele centrale in dienst is). In het kader van DECOM-programma (niet LTO-programma) worden nieuwe manieren van verwarmen van de gebouwen voorzien. Aangezien hierover nog geen gegevens beschikbaar zijn wordt dit ook niet verder mee opgenomen in dit rapport.

Bij het in kaart brengen van de emissies in de geplande situatie worden niet enkel de installaties gekoppeld aan de exploitatie van Doel 4 in rekening gebracht maar worden ook alle andere installaties die nog op de site operationeel zullen zijn, mee in kaart gebracht. In die zin wordt de totale gecumuleerde impact gekoppeld aan de afbouw van de andere centrales beoordeeld, en niet enkel de specifieke impact van Doel 4. In feite kan men er zelfs vanuit gaan dat indien Doel 4 stilgelegd wordt, dat de meeste van de emissies die voor de geplande situatie berekend worden ook op dat ogenblik nog zullen optreden, gezien veel van de aanwezige installaties nog operationeel dienen te zijn, en bijgevolg ook nog steeds periodiek getest moeten worden zoals dit na stilleggen van Doel 3, en de verwachte stillegging van Doel 1- 2 voor de installaties die hieraan gekoppeld zijn het geval is (zie overzicht prognoses werking van de verschillende installaties). Het tijdelijk in dienst houden van Doel 4 zal dan ook tot ca. 2035/2037 (veel) minder extra emissies veroorzaken dan de emissies die voor de geplande situatie in kaart gebracht worden. Ook de

impact die berekend wordt uitgaande van de emissies in de geplande situatie is dan ook niet louter het gevolg van het open houden van Doel 4.

Impact vast opgestelde installaties in de geplande situatie

In de geplande situatie blijven nog slechts een beperkt aantal installaties in dienst.

Voor wat betreft de noodgroepen kan ervan uit gegaan worden dat ze aan een gelijkaardige frequentie en duur in dienst zullen zijn.

Van hulpstoomketels daarentegen kan verwacht worden dat ze frequenter en langer in dienst zullen zijn dan in de actuele situatie (tijdens de revisie van Doel 4, waarvan de frequentie op 1 x per jaar ligt). De relatieve emissies van hulpstoomketels liggen wel aanzienlijk lager dan de emissies van motoren met inwendige verbranding.

Op korte termijn wordt niet verwacht dat één of meerdere van de in dienst blijvende installaties zal vervangen worden door nieuwe. Bij het in kaart brengen van de emissies kan dan ook uitgegaan worden van emissiekaracteristieken zoals deze ook in het verleden werden toegepast.

Wegens ontbreken van resultaten van emissiemetingen wordt de impact beoordeeld op basis van het brandstofverbruik en emissiefactoren. Voor de emissiefactoren zal terug gegrepen worden naar de emissiefactoren zoals deze ook reeds in vorig MER (Arcadis, 2021: MER Kerncentrale Doel t.b.v. levensduurverlenging Doel 1 en 2) werden toegepast.

Zoals eerder beschreven wordt er, om de nodige zekerheid te voorzien dat geen onderschatting bekomen wordt, wel uitgegaan van iets meer uren werking van de dieselmotoren in vergelijking met de situatie in 2022.

Tabel 31: Overzicht stookinstallaties in geplande situatie (vanaf 2025).

Evolutie installaties die in dienst zijn (v = installatie in dienst in dat jaar)																				
	Functioneel element	Omschrijving	Vermogen [MWth]	Type	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Doel 1 / 2	PKD-D1/DG11	DIESELALTERNATORGROEP 11 (CONTAINER DG)	4.3	dieselmotor	v	v	v	v	v	v										
	PKD-D2/ED22	DIESELALTERNATORGROEP 21 (CONTAINER DG)	6.1	dieselmotor	v	v	v	v												
	PKD-D2/DG21	NOODDIESEL 12 D1/GNS	4.3	dieselmotor	v	v	v	v	v	v										
	PKD-D1/ED12	NOODDIESEL 22 D2/GNS	6.1	dieselmotor	v	v	v	v												
	PKD-D0/DGS12	PACKAGE DIESELGRP DGG POLARI 12	6.79	dieselmotor	v	v	v	v												
	PKD-D0/DGS22	PACKAGE DIESELGRP DGG POLARI 22	6.79	dieselmotor	v	v	v	v												
	PKD-D0/DGS24	PACKAGE DIESELGRP DGG POLARI 24	6.79	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-D0/DGS99	PACKAGE DIESELGRP DGG POL 99(PHI)	6.79	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Doel 3	PKD-D3/ES-DG0012	HULPDIESEL GMH	2.4	dieselmotor	v	v	v	v	v	v										
	PKD-D3/ES-DG0022	HULPDIESEL GMH	2.4	dieselmotor	v	v	v	v	v	v										
	PKD-D3/ES-DG0001	VEILIGHEIDSDIESEL R	12.6	dieselmotor	v	v	v													
	PKD-D3/ES-DG0004	VEILIGHEIDSDIESEL PHI	12.6	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v				
	PKD-D3/KE-DG0001	BUNKERDIESEL R	5.7	dieselmotor	v	v	v													
	PKD-D3/KE-DG0003	BUNKERDIESEL B	5.7	dieselmotor	v	v	v													
Doel 4	PKD-D4/ES-DG0022	HULPDIESEL GMH	2.4	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-D4/ES-DG0012	HULPDIESEL GMH	2.4	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-D4/ES-DG0001	VEILIGHEIDSDIESEL R	12.6	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-D4/ES-DG0002	VEILIGHEIDSDIESEL G	12.6	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v			
	PKD-D4/ES-DG0003	VEILIGHEIDSDIESEL B	12.5	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v			
	PKD-D4/KE-DG0001	BUNKERDIESEL R	5.7	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-D4/KE-DG0002	BUNKERDIESEL G	5.7	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v			
	PKD-D4/KE-DG0003	BUNKERDIESEL B	5.7	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
WAB	PKD-DT/ABN	hulpstoomketel	43.126	stoomketel	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DT/ABZ	hulpstoomketel	43.126	stoomketel	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Divers	PKD-DS/FU-ML0010	BRANDER VERWARMING MAI	0.204	stookketel	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-D0/FE0P2	DIESELBRANDWEERPOMP	0.125	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-D0/FE0P12004	DIESELBRANDWEERPOMP FEG202	0.400	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-D0/FE0P12005	DIESELBRANDWEERPOMP FEG203	0.400	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-D0/FE0P12006	DIESELBRANDWEERPOMP FEG204	0.400	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	-	-	-	-																
	PKD-DS/SIT-PP0002	POMP. MOB. BIJVUL.DOKKEN GNH EN RWST D12	0.044	dieselmotor	v	v	v	v												
	PKD-DS/SIT-PP0031	POMP. MOB. BIJVUL.PRIM.KRING EN SP DOEL3	0.234	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v					
	PKD-DS/SIT-PP0041	POMP. MOB. BIJVUL.PRIM.KRING EN SP DOEL4	0.234	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v					

Evolutie installaties die in dienst zijn (v = installatie in dienst in dat jaar)																				
	Functioneel element	Omschrijving	Vermogen [MWth]	Type	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
	PKD-DS/SIT-PP0044	POMP. MOB. BIJVUL.STOOMGENERATOREN DOEL4	0.234	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v				
	PKD-DS/SIT-PP0051	RESERVE POMP MOB.BIJVUL. 200M³/H	0.044	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-PP0052	RESERVE POMP MOB.BIJVUL. 130M³/H	0.234	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0031	BEST DIESELGROEP D34 GEH-BKR 500kVA	1.700	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0032	BEST DIESELGROEP D34 GEH-BKR 500kVA	1.700	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0041	BEST DIESELGROEP D34 GEH-BKR 500kVA	1.700	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0042	BEST DIESELGROEP D34 GEH-BKR 500kVA	1.700	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0050	BEST DIESELGROEP D34 GEH-BKR 500kVA	1.700	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0006	BEST DIESEL NPK-OTSC 400kVA	0.500	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0007	BEST DIESEL NPK-OTSC 400kVA	0.500	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0008	BEST RESERVE DIESELGROEP 400kVA	0.500	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/NPD-PK0002	NOODDIESELGROEP V DS/B-LVS-LVG0004	0.103	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0001	BEST DIESELGROEP D12 GNS 500kVA	1.700	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0011	BEST DIESELGROEP D12 GEH 500kVA	1.700	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0021	BEST DIESELGROEP D12 GEH 500kVA	1.700	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
	PKD-DS/SIT-DG0002	BEST DIESEL COMPUTERLOKAAL ADG032 10kVA	0.010	dieselmotor	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

Tabel 32: Te verwachten werkingsuren en brandstofverbruik in 2022 en extrapolatie naar geplande situatie in 2025.

	Functioneel element	Draaiuren [h] 2022	Draaiuren [h] max. gepland	gasolie verbruik [m ³] 2022	gasolie verbruik m ³ max.gepland
Doel 1 / 2	PKD-D1/DG11	4.0	5	0.91	1.1
	PKD-D2/ED22	1.1	2	0.33	0.6
	PKD-D2/DG21	7.4	10	1.69	2.3
	PKD-D1/ED12	54.0	65	16.98	20.5
	PKD-D0/DGS12	33.3	40	11.67	14.0
	PKD-D0/DGS22	23.3	30	8.16	10.5
	PKD-D0/DGS24	25.6	30	9.00	10.5
	PKD-D0/DGS99	25.0	30	8.77	10.5
Doel 3	PKD-D3/ES-DG0012	18.4	25	1.75	2.4
	PKD-D3/ES-DG0022	176.7	210	16.80	20.0
	PKD-D3/ES-DG0001	31.7	40	22.15	28.0
	PKD-D3/ES-DG0004	79.9	100	55.91	70.0
	PKD-D3/KE-DG0001	66.0	80	18.75	22.7
	PKD-D3/KE-DG0003	35.4	45	10.07	12.8
Doel 4	PKD-D4/ES-DG0022	17.0	20	1.62	1.9
	PKD-D4/ES-DG0012	17.0	20	1.62	1.9
	PKD-D4/ES-DG0001	39.2	50	27.43	35.0
	PKD-D4/ES-DG0002	33.4	40	23.37	28.0
	PKD-D4/ES-DG0003	87.3	105	61.08	73.5
	PKD-D4/KE-DG0001	86.4	105	24.56	29.8
	PKD-D4/KE-DG0002	1.1	2	0.31	0.6
	PKD-D4/KE-DG0003	102.0	120	29.00	34.1
WAB	PKD-DT/ABN	0.0	0	0.00	0.0
	PKD-DT/ABZ	79.5	156	179.96	353.1
Diverse	PKD-DS/FU-ML0010	nvt		1.61	1.9
	PKD-D0/FE0P2	10.0	15	0.20	0.3
	PKD-D0/FE0P12004	119.2	145	3.55	4.3
	PKD-D0/FE0P12005	7.0	10	0.21	0.3
	PKD-D0/FE0P12006	8.1	10	0.24	0.3
	PKD-DS/SIT-PP0002	1.3	2	0.01	0.01
	PKD-DS/SIT-PP0031	1.4	2	0.04	0.1
	PKD-DS/SIT-PP0041	5.4	10	0.17	0.3
	PKD-DS/SIT-PP0044	1.7	2	0.05	0.1
	PKD-DS/SIT-PP0051	1.3	2	0.01	0.01
	PKD-DS/SIT-PP0052	1.1	2	0.03	0.1
	PKD-DS/SIT-DG0031	2.0	5	0.14	0.3
	PKD-DS/SIT-DG0032	2.0	5	0.14	0.3
	PKD-DS/SIT-DG0041	3.0	5	0.20	0.3
	PKD-DS/SIT-DG0042	3.0	5	0.20	0.3

	Functioneel element	Draaiuren [h] 2022	Draaiuren [h] max. gepland	gasolie verbruik [m ³] 2022	gasolie verbruik m ³ max.gepland
	PKD-DS/SIT-DG0050	3.0	5	0.20	0.3
	PKD-DS/SIT-DG0006	3.0	5	0.16	0.3
	PKD-DS/SIT-DG0007	3.0	5	0.16	0.3
	PKD-DS/SIT-DG0008	3.0	5	0.16	0.3
	PKD-DS/NPD-PK0002	0.6	2	0.01	0.03
	PKD-DS/SIT-DG0001	3.0	5	0.20	0.3
	PKD-DS/SIT-DG0011	3.0	5	0.20	0.3
	PKD-DS/SIT-DG0021	4.0	5	0.27	0.3
	PKD-DS/SIT-DG0002	0.0	2	0.00	0.003

De emissies worden berekend met behulp van de emissiefactoren zoals opgenomen in het MER van Arcadis en NRG m.b.t. het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en Doel 2 (2021).

Aangezien er geen zicht is op het al of niet voldoen van de emissies van de meest recente installaties aan de strengere emissiekengetallen die gehanteerd werden in het MER van Arcadis, worden zekerheidshalve de emissies van alle noodgeneratoren en dieselmotoren berekend met de emissiekengetallen zoals gehanteerd voor de oudste installaties.

Bijkomend argument om één set kengetallen te gebruiken zit in feite ook vervat in het feit dat de werkelijke emissies bij het testen van motoren aanzienlijk afwijken van emissies bij normale en langdurige werking. De verbrandingstemperatuur is hierbij een belangrijke factor. Zo dient bij het opstarten van deze installaties steeds rekening gehouden te worden met aanzienlijk hogere PM en CO-emissies, en met lagere NO_x-emissies in vergelijking met de emissies bij normale werking. Met toenemende temperatuur nemen de NO_x-emissies stelselmatig toe, en de PM en CO-emissies stelselmatig af.

Aangezien de emissies van deze installaties quasi enkel verband houden met testfases, kan er wel vanuit gegaan worden dat de werkelijke NO_x-emissies hoogstwaarschijnlijk relevant lager kunnen liggen dan de gehanteerde aannames.

Ook de impact op NO₂ en op de verzurende en vermestende depositie zal dan ook hoogstwaarschijnlijk overschat worden.

Enkel op basis van emissiemetingen wordt het mogelijk geacht om een duidelijker beeld te bekomen van de werkelijke emissies. De in kaart gebrachte emissies zijn dan ook louter te aanzien als indicatieve waarden.

Tabel 33: Emissiefactoren gehanteerd voor het (indicatief) in kaart brengen van de emissies van de vast opgestelde dieselmotoren (bron: Arcadis/NRG 2021)

Polluent	Dieselmotoren	
Bouwjaar	1982, 1984 ¹³	Eenheid
CO	12,2	kg/m ³ diesel
NO _x	56,2	kg/m ³ diesel
SO _x	3,74	kg/m ³ diesel
PM ₁₀	4,01	kg/m ³ diesel
PM _{2,5}	4,01	kg/m ³ diesel

Voor SO₂ wordt evenwel niet uit gegaan van de hierboven vermelde emissiefactor, gezien deze nog gebaseerd is op het gebruik van gasolie met een hoger S-gehalte. De emissies worden wel in kaart gebracht op basis van het maximaal S-gehalte aanwezig in de brandstof, wat dan ook als een worst case inschatting kan beschouwd worden.

Een deel van de S zal nl. niet naar SO₂ omgezet worden maar kan o.a. als SO₄ in de stofemissie terecht komen. In de mate dat er S-arme gasolie gebruikt zou worden zal de SO₂-emissie nog significant lager liggen.

De emissies van de (hulp)stoomketels worden berekend op basis van de hierboven opgenomen meetgegevens, bekomen bij technisch onderhoud van de installatie.

Voor de verdere tijdshorizon (na 2025) wordt rekening gehouden met een afname van de emissies wegens het systematisch verder uit dienst nemen van de installaties. De resultaten van de berekeningen worden weergegeven in Tabel 34 tot en met Tabel 36.

Tegenover de actuele situatie wordt, om een bijkomende zekerheid in te bouwen dat de emissies niet onderschat worden, wel uitgegaan van meer werkingsuren dan deze welke voor 2022 werden opgetekend. Dit wordt toegepast gezien ook in het verleden het aantal werkingsuren aan schommelingen onderhevig waren.

Voor de hulpstoomketels wordt uitgegaan van een bijna verdubbeling van het aantal werkingsuren t.o.v. 2022. Door het wegvallen van Doel 1, 2 en 3 wordt namelijk verwacht dat de iets frequenter in werking zullen zijn.

De totale emissies in 2025 en 2026 kunnen als zeer beperkt beschouwd worden.

Tegenover de van toepassing zijnde rapportageverplichtingen in Vlaanderen (IMJV) blijkt er enkel inzake NO_x een enigszins relevante emissie op te treden van iets meer dan 50 % van de drempel. Zelfs als de werkelijke emissies van CO en PM dubbel zo hoog zouden zijn als geraamd (omwille van de hogere emissies die optreden bij elke opstart van de installatie) zijn deze emissies nauwelijks relevant te noemen.

In 2026 worden slechts beperkt lagere emissies berekend in vergelijking met 2025.

Verder in de tijd zullen de emissies verder afnemen. Als er bepaalde van de motoren zouden vervangen moeten worden door nieuwe, dan zullen de emissies nog verder afnemen.

Tabel 34: Raming te verwachten emissies verbrandingsgassen vast opgestelde installaties voor 2026

2026	CO	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
hulpstoomketels	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar
	0.1	1.02	0.025	0.018	0.018
generatoren	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar
Doel 1/2	0.86	3.94	0.01	0.28	0.28
Doel 3	1.90	8.76	0.01	0.62	0.62
Doel 4	2.50	11.51	0.02	0.82	0.82
diverse	0.11	0.53	0.00	0.04	0.04
totaal generatoren	5.4	24.7	0.04	1.8	1.8
Totaal	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar
totaal	5.5	25.8	0.1	1.8	1.8
IMJV-drempel	200	50	100	20	10
Aandeel tov IMJV-drempel	%	%	%	%	%
	2.7	51.5	0.1	8.9	17.8

Tabel 35: Raming te verwachten emissies verbrandingsgassen vast opgestelde installaties voor 2030

2030	CO	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
hulpstoomketels	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar
	0.1	1.02	0.025	0.018	0.018
generatoren	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar
Doel 1/2	0.43	1.97	0.00	0.14	0.14
Doel 3	1.13	5.19	0.01	0.37	0.37
Doel 4	2.50	11.51	0.02	0.82	0.82
diverse	0.11	0.53	0.00	0.04	0.04
totaal generatoren	4.2	19.2	0.0	1.4	1.4
Totaal	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar
	4.3	20.2	0.1	1.4	1.4
IMJV-drempel	200	50	100	20	10
aandeel in IMJV-drempel	%	%	%	%	%
	2.1	40.4	0.1	6.9	13.9

Tabel 36: Raming te verwachten emissies verbrandingsgassen vast opgestelde installaties voor 2035

2035	CO	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}
hulpstoomketels	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar
	0.1	1.02	0.025	0.018	0.018
generatoren	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar
Doel 1/2	0.26	1.18	0.00	0.08	0.08
Doel 3	0.85	3.93	0.01	0.28	0.28
Doel 4	2.50	11.51	0.02	0.82	0.82
diverse	0.11	0.53	0.00	0.04	0.04
totaal generatoren	3.7	17.2	0.0	1.2	1.2
Totaal	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar
	3.8	18.2	0.1	1.2	1.2
IMJV-drempel	200	50	100	20	10
aandeel in IMJV-drempel	%	%	%	%	%
	1.9	36.3	0.1	6.2	12.4

Tegen 2035 wordt in vergelijking met 2025 een afname van de NO_x, CO en PM-emissies verwacht van meer dan 30 %, toe te schrijven aan het systematisch uit dienst nemen van diverse dieselmotoren.

De impact van de vast opgestelde verbrandingsinstallaties wordt voor 2026 berekend met behulp van het dispersiemodel IMPACT van de Vlaamse overheid. Bij de impactberekeningen wordt rekening gehouden met de modelmatig aanwezige achtergrondconcentraties van 2025.

Gezien niet van alle installaties de schouwkaracteristieken bekend zijn, en gezien het niet mogelijk is om elke installatie als een aparte bron in het model in te voeren (omwille van het zeer beperkt aantal werkingsuren per installatie), wordt bij de modelberekening uitgegaan van vereenvoudigde bronconfiguraties (qua ligging, hoogte,...). Bij het vastleggen van de modelmatige emissiehoogte wordt ook rekening gehouden met het feit dat de site van KC Doel zowat 6 m hoger ligt dan de omgeving.

Er werden ook aannames gehanteerd inzake afgastemperatuur, i.c. 178 °C voor de stoomketels, op basis van meetgegevens van Saacke na uitgevoerd onderhoud), en 350 °C voor de dieselmotoren. (bij langdurige werking van deze installaties kan uitgegaan worden van hogere temperaturen, maar gezien de installaties quasi enkel bij testen effectief in werking zijn dient uitgegaan te worden van een lagere gemiddelde temperatuur).

Bijkomend worden voor de emissiebronnen een hypothetische verdeling van effectieve werkingsuren gespreid over het jaar gehanteerd, omdat de werkelijke emissieperioden niet gekend zijn. Hierdoor wordt het ook niet mogelijk geacht om de impact op de hogere percentielwaarden op een verantwoorde manier te berekenen. De impact wordt dan ook enkel beoordeeld op basis van jaargemiddelde impact. Deze wordt berekend ter hoogte van een aantal geselecteerde beoordelingspunten in de omgeving van het projectgebied (woongebieden, VMM-meetstations, en beoordelingspunten ter hoogte van de Nederlandse grens).

Ten behoeve van de discipline biodiversiteit worden ook de deposities berekend. Voor een bespreking hiervan wordt verwezen naar het hoofdstuk biodiversiteit.

Ten behoeve van de discipline biodiversiteit worden ook de deposities berekend. Voor een bespreking hiervan wordt verwezen naar het hoofdstuk biodiversiteit.

Tabel 37: Gehanteerde modelkarakteristieken bij impact- en depositieberekeningen

	X	Y	h	Equivalente diameter	Temp.	Model uren
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	°C	<i>aantal/j</i>
Doel 1/2	142447	223502	27	0.5	350	261
Doel 3	142311	223866	40	0.5	350	521
Doel 4	142247	224048	37	0.6	350	521
diverse 1	142430	223600	20	0.15	350	261
diverse 2	142200	224150	20	0.15	350	261
hulpstoomketel	142048	223916	46	1.2	178	156

De hoogste impact doet zich voor in NO-richting, omwille van de overheersende W-ZW winden.

Ter hoogte van de Nederlandse grens wordt geen aantoonbare/relevante impact verwacht. Ook op de andere beoordelingspunten kan de impact op de luchtkwaliteit als verwaarloosbaar aanzien worden (minder dan 1 % van de grens- of toetswaarde gehanteerd bij de impactbeoordeling).

Merk op dat bij de NO₂-impactberekeningen, waarbij rekening gehouden wordt met de chemische omzetting van NO naar NO₂, en waarbij de impact inzake NO₂ berekend wordt uitgaande van het verschil in berekende impact in de geplande situatie, min de impact in de referentiesituatie, er verhoogde modelonzekerheden optreden in vergelijking met bv. de berekening van de NO_x-impact (als som NO + NO₂ uitgedrukt als NO₂). Dit verklaart de verwaarloosbaar negatieve impact die ter hoogte van enkele beoordelingspunten wordt berekend.

Tabel 38: Berekening impact in de geplande situatie op basis van geraamde emissies 2026

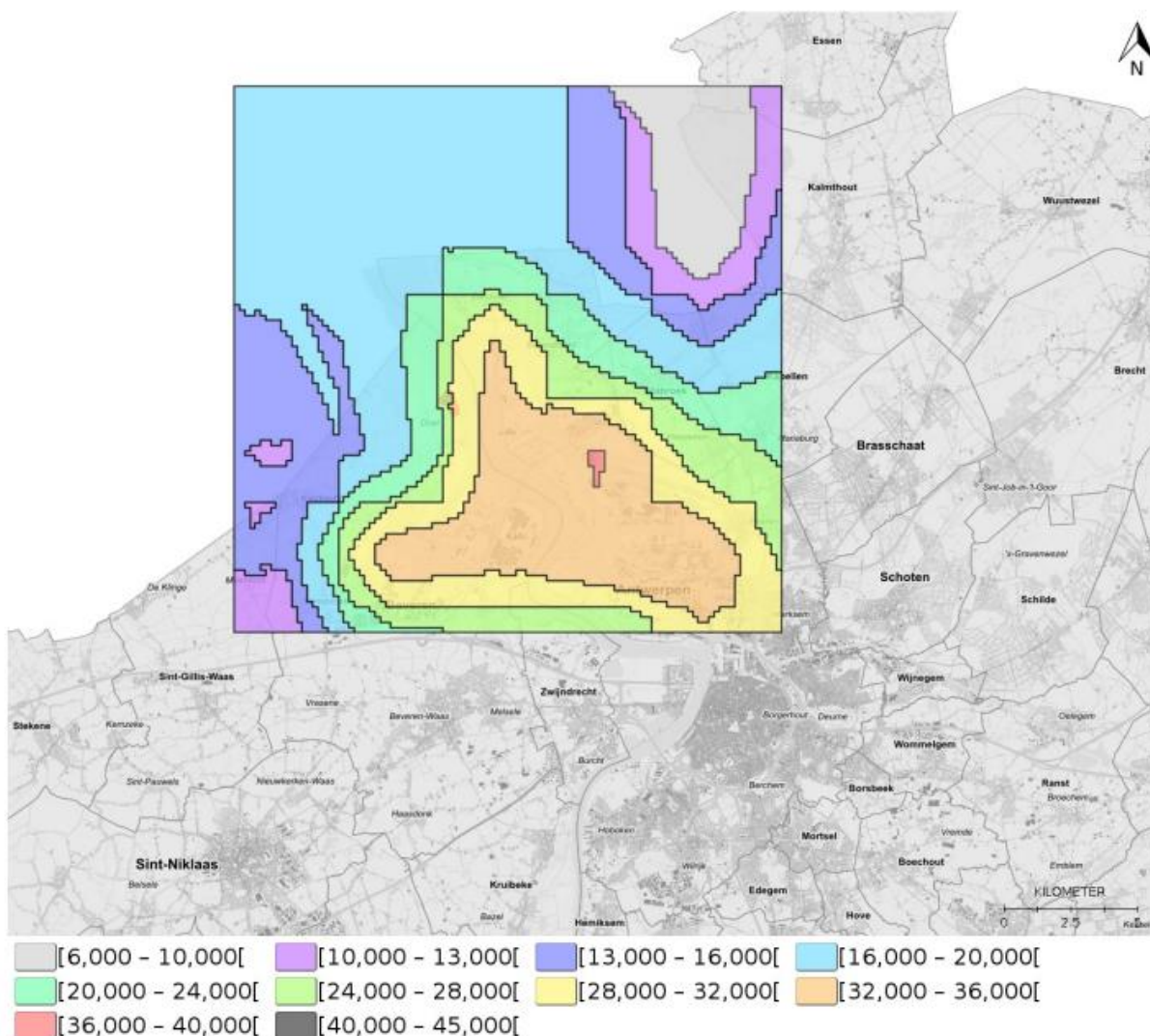
				AG2025	AG2025	AG2025	project +AG2025	project +AG2025	project +AG2025	project	project	project	project	project
				NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	SO ₂
		X	Y	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	P99.9	avg
n°	beoordelingspunt (BP)	m	m	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
1	Putte-1	152100	227500	13.0	13.8	9.6	13.0	13.8	9.6	0.0	0.000	0.000	0	0.000
3	Kalmthout	157200	231300	14.4	15.3	9.9	14.4	15.3	9.9	0.0	0.000	0.000	0	0.000
4	Maria Ter Heide	160600	223700	17.8	15.8	10.0	17.8	15.8	10.0	0.0	0.000	0.000	0	0.000
5	Kapellen-1	154500	221100	24.2	18.0	11.1	24.1	18.0	11.1	-0.1	0.000	0.000	0	0.000
7	Stabroek-1	149800	224700	23.3	18.6	11.9	23.1	18.6	11.9	-0.2	0.000	0.000	0	0.000
9	Hoevenen-1	152700	221900	25.2	18.0	11.3	25.1	18.0	11.3	-0.1	0.000	0.000	0	0.000
11	Ekeren	153280	219290	30.2	19.4	11.9	30.1	19.4	11.9	-0.1	0.000	0.000	0	0.000
12	Zandvliet	146100	227500	23.5	19.2	12.7	23.4	19.2	12.7	-0.1	0.002	0.002	2	0.000
14	Berendrecht	145540	225450	30.1	20.4	14.1	29.9	20.4	14.1	-0.1	0.001	0.001	2	0.000
15	Lillo	144510	221650	34.0	20.4	15.3	33.8	20.4	15.3	-0.1	0.001	0.001	3	0.000
16	Fort Liefkenshoek	144160	220390	33.6	20.2	15.2	33.5	20.2	15.2	-0.1	0.001	0.001	2	0.000
17	Doel	142710	222380	28.8	19.5	14.4	28.8	19.5	14.4	0.0	0.003	0.003	5	0.000
18	Sattingen	140490	221730	19.1	18.4	12.8	19.1	18.4	12.8	0.0	0.001	0.001	3	0.000
19	Kieldrecht	136300	220400	13.4	18.4	11.7	13.4	18.4	11.7	0.0	0.001	0.001	1	0.000
20	Verrebroek	137500	216100	17.1	17.6	12.1	17.2	17.6	12.2	0.1	0.000	0.000	0	0.000
21	Vrasene	137600	212400	13.1	17.0	11.0	13.1	17.0	11.0	0.1	0.000	0.000	0	0.000
22	Beveren	142300	211500	15.7	17.1	10.9	15.8	17.1	10.9	0.1	0.000	0.000	0	0.000
23	Kallo-1-centrum	143700	215900	27.9	19.0	13.3	28.2	19.0	13.3	0.3	0.000	0.000	0	0.000
29	Zwijndrecht	147100	212000	23.3	17.8	11.6	23.5	17.8	11.6	0.2	0.000	0.000	0	0.000
30	Burcht	148500	210900	26.0	18.3	11.8	26.2	18.3	11.8	0.2	0.000	0.000	0	0.000
31	L.O.	151000	213300	29.9	18.8	12.2	30.3	18.8	12.2	0.3	0.000	0.000	0	0.000
32	Antwerpen	152200	211500	32.2	18.8	11.8	32.4	18.8	11.8	0.2	0.000	0.000	0	0.000
43 -MP	Ekeren-Ekersedijk	151187	219057	33.1	21.0	13.1	33.1	21.0	13.1	0.0	0.000	0.000	0	0.000
45 -MP	Antwerpen-Linkeroever	150865	214046	29.6	18.9	12.3	29.6	18.9	12.3	0.0	0.000	0.000	0	0.000
51 -MP	Zandvliet-Scheldelaan	148139	215578	27.7	19.7	13.1	27.7	19.7	13.1	0.0	0.000	0.000	0	0.000

				AG2025	AG2025	AG2025	project +AG2025	project +AG2025	project +AG2025	project	project	project	project	project
				NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	SO ₂
		X	Y	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	P99.9	avg
n°	beoordelingspunt (BP)	m	m	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
53 -MP	Berendrecht-Hoefbladstraat	147976	226558	21.1	18.5	11.8	21.1	18.5	11.8	0.0	0.001	0.001	1	0.000
54 -MP	Beveren-Meerminnendam	141037	211484	16.2	17.0	11.0	16.2	17.0	11.0	0.0	0.000	0.000	0	0.000
57 -MP	Kallo-sluis	143727	217020	31.8	19.5	14.1	31.8	19.5	14.1	0.0	0.000	0.000	0	0.000
58 -MP	Kapellen Fortstraat	155302	223403	21.3	17.0	10.7	21.3	17.0	10.7	0.0	0.000	0.000	0	0.000
60 -MP	Stabroek Laageind	149541	224212	24.8	19.1	12.3	24.8	19.1	12.3	0.0	0.000	0.000	1	0.000
NI-1	Nederlandse grens	137700	222700	15.2	16.8	13.0	15.3	16.8	13.0	0.0	0.000	0.000	1	0.000
NI-2	Nederlandse grens	140500	226400	19.8	17.1	13.5	19.8	17.1	13.5	0.0	0.001	0.001	3	0.000
NI-3	Nederlandse grens	142800	229500	21.1	18.4	13.1	21.1	18.4	13.1	0.0	0.001	0.001	1	0.000
NI-4	Nederlandse grens	147500	229700	16.3	17.2	11.0	16.3	17.2	11.0	0.0	0.001	0.001	1	0.000
	maximum berekend thv BP			35.2	22.2	15.3	35.2	22.2	15.3	0.3	0.003	0.003	5	0.000
	GW/TW			40.0	40.0	20.0	40	40.0	20.0	40.0	40.0	20.0	10000	50.0

Tabel 39: Relatieve impact in de geplande situatie op basis van geraamde emissies 2026 berekend als procentuele bijdrage t.o.v. de grens- of toetsingswaarden

				AG2020	AG2020	AG2020	project	project	project	project	project	project	project	project
				NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	+AG2020	+AG2020	+AG2020	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	SO ₂
				avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg
	relatieve impact tov GW/TW			%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW
1	Putte-1	152100	227500	32	34.4	48.1	32	34.4	48.1	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
3	Kalmthout	157200	231300	36	38.3	49.7	36	38.3	49.7	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
4	Maria Ter Heide	160600	223700	44	39.6	49.9	44	39.6	49.9	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
5	Kapellen-1	154500	221100	61	44.9	55.5	60	44.9	55.5	-0.2	0.0	0.0	0.00	0.0
7	Stabroek-1	149800	224700	58	46.4	59.5	58	46.4	59.5	-0.5	0.0	0.0	0.00	0.0
9	Hoevenen-1	152700	221900	63	45.1	56.5	63	45.1	56.5	-0.3	0.0	0.0	0.00	0.0
11	Ekeren	153280	219290	75	48.4	59.7	75	48.4	59.7	-0.3	0.0	0.0	0.00	0.0
12	Zandvliet	146100	227500	59	48.1	63.6	59	48.1	63.6	-0.3	0.0	0.0	0.02	0.0
14	Berendrecht	145540	225450	75	51.0	70.6	75	51.0	70.6	-0.4	0.0	0.0	0.02	0.0
15	Lillo	144510	221650	85	51.1	76.4	85	51.1	76.4	-0.3	0.0	0.0	0.03	0.0
16	Fort Liefkenshoek	144160	220390	84	50.6	75.8	84	50.6	75.8	-0.2	0.0	0.0	0.02	0.0
17	Doel	142710	222380	72	48.8	71.9	72	48.8	71.9	0.0	0.0	0.0	0.05	0.0
18	Sattingen	140490	221730	48	45.9	64.0	48	46.0	64.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.0
19	Kieldrecht	136300	220400	33	46.0	58.4	34	46.0	58.5	0.1	0.0	0.0	0.01	0.0
20	Verrebroek	137500	216100	43	43.9	60.7	43	43.9	60.8	0.3	0.0	0.0	0.00	0.0
21	Vrasene	137600	212400	33	42.4	54.8	33	42.4	54.8	0.2	0.0	0.0	0.00	0.0
22	Beveren	142300	211500	39	42.6	54.4	40	42.6	54.4	0.3	0.0	0.0	0.00	0.0
23	Kallo-1-centrum	143700	215900	70	47.4	66.4	70	47.4	66.4	0.6	0.0	0.0	0.00	0.0
29	Zwijndrecht	147100	212000	58	44.6	58.2	59	44.6	58.2	0.4	0.0	0.0	0.00	0.0
30	Burcht	148500	210900	65	45.9	58.8	66	45.9	58.8	0.6	0.0	0.0	0.00	0.0
31	L.O.	151000	213300	75	47.1	60.8	76	47.1	60.8	0.9	0.0	0.0	0.00	0.0
32	Antwerpen	152200	211500	80	46.9	59.1	81	46.9	59.1	0.5	0.0	0.0	0.00	0.0
43 -MP	Ekeren-Ekersedijk	151187	219057	83	52.4	65.5	83	52.4	65.5	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
45 -MP	Antwerpen-Linkeroever	150865	214046	74	47.1	61.4	74	47.1	61.4	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
46 -MP	Antwerpen-Luchtbal	153884	216790	77	48.6	59.4	77	48.6	59.4	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0

				AG2020	AG2020	AG2020	project +AG2020	project +AG2020	project +AG2020	project	project	project	project	project
				NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	SO ₂
				avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg	avg
	relatieve impact tov GW/TW			%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW	%-GW/ TW
51 -MP	Zandvliet-Scheldelaan	148139	215578	69	49.3	65.5	69	49.3	65.5	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
53 -MP	Berendrecht-Hoefbladstraat	147976	226558	53	46.2	58.8	53	46.2	58.8	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0
54 -MP	Beveren-Meerminnendam	141037	211484	40	42.5	54.9	40	42.5	54.9	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
57 -MP	Kallo-sluis	143727	217020	79	48.8	70.7	79	48.8	70.7	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
58 -MP	Kapellen Fortstraat	155302	223403	53	42.5	53.6	53	42.5	53.6	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
60 -MP	Stabroek Laageind	149541	224212	62	47.8	61.4	62	47.8	61.4	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0
NI-1	Nederlandse grens	137700	222700	38	42.0	64.9	38	42.0	64.9	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0
NI-2	Nederlandse grens	140500	226400	49	42.8	67.7	49	42.8	67.7	0.0	0.0	0.0	0.03	0.0
NI-3	Nederlandse grens	142800	229500	53	46.1	65.7	53	46.1	65.7	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0
NI-4	Nederlandse grens	147500	229700	41	42.9	55.1	41	42.9	55.2	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0
	maximum berekend thv BP			88	55.5	76.4	88	55.5	76.4	0.9	0.0	0.0	0.05	0.0



Figuur 60: Jaargemiddelde NO₂ concentratie in µg/m³ in geplande situatie (impact 2026 + achtergrondconcentraties 2025).

Van de installaties aanwezig in het **onderhoudsatelier** kan ervan uit gegaan worden dat er na 2025 geen relevante wijzigingen verwacht worden t.o.v. de actuele situatie. De impact van mogelijke emissies buiten de perceelsgrenzen wordt als verwaarloosbaar beoordeeld, en zal dan ook niet verder meer aan bod komen.

Met betrekking tot de **koelinstallaties**, en mogelijke lekverliezen, kan de prognose van mogelijke emissies uitgevoerd worden op basis van de registraties van 2022. Bij gedegen onderhoud wordt niet verwacht dat de lekemissies significant kunnen toenemen na 2025. Ook van deze emissies kan de impact buiten de perceelsgrenzen als verwaarloosbaar beoordeeld, en zal dan ook niet verder meer aan bod komen (behoudens onderstaand overzicht van de raming van de emissies uitgaande van de gegevens van de periode 2020-2022).

Tabel 40: Overzicht mogelijke lekverliezen na 2025.

Datum bijvulling	PKD code toestel	type koelgas	kg bijvulling in 2020-2022	In dienst tot
15/01/2020	Scaldis CIAT rechts kant B	R410A	88,4 kg	2038
1/04/2020	D0/0VE-FA4	R407C	15kg	2029
23/06/20	D4/CF-ML0026	R134A	4,9kg	2038
5/11/2020	D4/VK-PP0090	R134A	2 kg	2038
20/01/2020	D4/CF-ML0029	R134A	13,59 kg	2038
29/10/2020	D4/CF-ML0029	R134A	5,5 kg	2038
5/06/2020	CGB - koeling keuken	R410A	11kg	2038
17/12/20	D4/CF-ML1010	R134A	15,4 kg	2038
27/01/21	D4/CF-ML0026	R134A	4,51 kg	2038
12/04/21	D4/CF-ML0019	R134A	6,5 kg	2038
17/03/21	D4/CF-ML1010	R134A	50,5kg	2038
03/01/21	D0/0VE-FA4	R407C	10 kg	2029
11/01/22	DS/VAG-ML0825	R410A	1,8 kg	2038
9/04/2022	D4/CF-ML0023	R134A	3,4 kg	2038
16/05/22	SOC-103	R410A	3,5 kg	2038
02/06/22	D4/CF-ML0018	R134A	5,93 kg	2038
26/07/2022	D4/CF-ML0018	R134A	1,42 kg	2038
15/06/22	Koelkast keuken	R134A	0,25 kg	2038
22/08/22	D4/CF-ML1020	R134A	23,92 kg	2038
08/09/22	D4/CF-ML0019	R134A	20,06 kg	2038
17/10/2022	DT/CFV-ML0003	R410A	21,3 kg	2038
24/10/2022	D0/CF0E87B	R134A	107,75 kg	2029
16/11/2022	D0/0VE-FA3	R407C	26,9 kg	2029
8/12/2022	DT/CFV-ML0003	R410A	21,3 kg	2038
06/12/22	WDG serverroon	R410A	0,46 kg	2038

Van de verwachte lekemissies wordt geen aantoonbare impact ter hoogte van de perceelsgrenzen verwacht.

Een emissiebron met mogelijke impact op de luchtkwaliteit is betrekking op de koeltoren, en de mogelijke emissies van zoutaerosolen. Gezien er in het verleden ook bij het in dienst zijn van Doel 3 via de koeltoren emissies van zoutaerosolen optraden, zal de impact in de geplande situatie sowieso (aanzienlijk) lager liggen dan vroeger. Gezien de impact vroeger reeds als aanvaardbaar werd beoordeeld zal dit uiteraard dan ook zo zijn in de geplande situatie.

Impact verkeer van en naar de site in de geplande situatie

In totaal wordt het aantal transporten per vrachtwagen op 970/jaar geschat. Gemiddeld per kalenderdag betekent dit hooguit 6 transportbewegingen. Zelfs indien dit allemaal zware vrachtwagens zouden zijn, en die allemaal dezelfde route zouden volgen, wordt van dit aantal transporten geen aantoonbare impact op de luchtkwaliteit verwacht.

Het aantal werknemers op de site van Electrabel nv Kerncentrale Doel zal bij enkel in dienst houden van Doel 4 lager liggen dan in de actuele situatie. We gaan voor de werking van Doel 4 uit van ca. 370 eigen personeelsleden en ca. 160 permanente contractors.

Voor de uitfasering en ontmanteling van de andere eenheden zullen er uiteraard ook extra eigen personeelsleden en contractors zijn. Dit aantal is momenteel evenwel nog niet te begroten, zodat het niet mogelijk geacht wordt om de cumulatieve impact te beoordelen.

Gezien er in de toekomst kan vanuit gegaan worden dat de emissies van de voertuigen nog aanzienlijk zullen afnemen (ook door de versnelde uitfasering van fossiele brandstoffen), wordt echter niet verwacht dat het woon-werk verkeer een relevante impact zal hebben op de luchtkwaliteit langs de wegen van en naar de site, zelfs niet op die wegsegmenten waarlangs al het verkeer dient te passeren.

3.4.5 Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen

De emissies die optreden, zowel actueel, als de lagere emissies in de geplande situatie, zijn dermate laag dat deze zeker niet de haalbaarheid van de emissiedoelstellingen 2030 in het gedrang kunnen brengen. Met enkel Doel 4 in werking kan trouwens in de toekomst met een systematische afname van de emissies rekening gehouden worden.

Zoals hierboven reeds vermeld wordt tegen 2035 een verdere afname van de emissies verwacht met ca. 30 % t.o.v. de geraamde emissies voor 2025.

In de mate dat bij niet in dienst zijn van Doel 4 elektriciteit dient geleverd te worden door (deels) verbranding van fossiele brandstoffen of biobrandstoffen, dan zullen er hierbij emissies ontstaan die vele malen hoger liggen dan de emissies die door de site van Doel geëmitteerd worden bij in werking zijn van Doel 4.

Om de mate van de **vermeden emissies** te ramen wordt een vergelijking gemaakt met de emissies die zouden optreden in geval gebruik zou gemaakt worden van de nieuwste types aardgasgestookte STEG-centrales, zoals deze waarvoor in het kader van CRM in het Vlaamse Gewest MER-rapporten werden opgemaakt (voor de sites Vilvoorde en Tessenderlo). Bij deze berekeningen wordt er in eerste instantie rekening gehouden met de emissies die zouden optreden bij het net voldoen aan de sectorale emissiegrenswaarden (EGW) zoals deze in het Vlaamse Gewest van toepassing zijn. Omwille van de zeer aanzienlijke emissies werden in de loop van de MER- en vergunningstrajecten voor beide dossiers nagegaan tot welk niveau deze emissies nog kosteneffectief kunnen gereduceerd worden. Ook voor deze situatie (na mildering : MM) wordt een raming gemaakt van de vermeden emissies.

Voor deze berekening wordt ook uitgegaan van een aanname van een jaargemiddelde elektriciteitsproductie die dan dient opgevangen te worden door de STEG-centrales. Deze hoeveelheid wordt geraamd op basis van de gemiddelde productie van Doel 4 in de laatste jaren.

Tabel 41: Historische elektriciteitsproductie Doel 4

Jaar	GWh	Load factor
2012	7.819	89%
2013	8.477	97%
2014	4.887	56%
2015	7.744	88%
2016	8.782	100%
2017	7.461	85%
2018	5.514	63%
2019	8.730	100%
2020	7.270	83%
2021	7.953	91%
Gem.	7.464	85%

Tabel 42: Raming vermeden emissies t.o.v. het gebruik van de nieuwste generatie aardgasgestookte STEG-centrales

Type	EF	NO _x	NH ₃	SO ₂
STEG-EGW (1)	kg NOX/GWhe	140	46	1.5
STEG-MM (2)	kg NOX/Gwhe	50	5	1.5
	MWh/jaar	ton/jaar	ton/jaar	ton/jaar
STEG-EGW (1)	7 500 000	1050	345	11
STEG-MM (2)	7 500 000	375	38	11

(1): uitgaande van het net voldoen aan de emissiegrenswaarden

(2): uitgaande van relevant lagere haalbare emissieniveaus dan de sectorale grenswaarden

Op basis van de uitgevoerde raming kan dan ook besloten worden dat de vermeden emissies in zeer aanzienlijke mate hoger liggen dan de emissies gekoppeld aan het langer open houden van Doel 4.

In de mate dat een deel van de elektriciteit niet zou ingevuld worden door gasgestookte centrales maar door alternatieven zonder verbrandingsemissies, zullen de vermeden emissies uiteraard wel in dezelfde mate lager liggen. Maar dan nog blijven deze substantieel hoger dan de emissies bij het langer open houden van Doel 4.

3.4.6 Samenvatting van de voornaamste bevindingen

De belangrijkste bronnen met een mogelijke impact op de luchtkwaliteit zijn stoomketels en dieselmotoren. Deze vast opgestelde installaties zijn echter slechts zeer beperkt in werking.

Bij louter in dienst zijn van Doel 4 zal het aantal werkingsuren van de stoomketels aanzienlijk toenemen (quasi verdubbelen), maar zelfs dan blijft het totaal aantal effectieve werkingsuren beperkt.

Op basis van diverse aannames en ophoging van het aantal werkingsuren van 2022, worden de emissies in de geplande situatie geraamd. De emissies die berekend worden kunnen hierbij als (zeer) beperkt ingeschat worden.

De hoogste berekende emissies (voor 2026) worden hierbij gebruikt als modelinput om de impact op de luchtkwaliteit te berekenen. Wegens niet beschikbaar zijn van de modelkarakteristieken van alle installaties worden bij deze berekeningen een aantal aannames gehanteerd. Uit de impactberekeningen blijkt de impact op de luchtkwaliteit in de omgeving verwaarloosbaar te zijn (kleiner dan 1 % van de gehanteerde grens- of toetsingswaarden). Er worden evenmin overschrijdingen van grenswaarden berekend rekening houdend met de te verwachten achtergrondconcentraties. Er is dan ook geen noodzaak om onderzoek te doen naar milderende maatregelen.

In de mate dat bij niet in dienst zijn van Doel 4 elektriciteit dient geleverd te worden door (deels) verbranding van fossiele brandstoffen of biobrandstoffen, dan zullen er hierbij emissies ontstaan die vele malen hoger liggen dan de emissies die door de site van Doel 4 geëmitteerd worden bij in werking zijn van Doel 4.

Naast de verbrandingsinrichtingen kan er ook gewezen worden op stofemissies in de werkplaatsen (bij hout- en metaalverwerking), mogelijke lekverliezen bij koelinstallaties, emissies van o.a. organische stoffen bij herstellen van motorvoertuigen, en ontvetting van metalen, en emissies uit de koeltoren (zouten). Van geen van deze bronnen wordt evenwel een relevante impact verwacht.

Van de transporten en verkeer van en naar de site wordt evenmin een relevante impact op de luchtkwaliteit verwacht langs de relevante wegen.

Globaal gezien is er dan ook sprake van een verwaarloosbare impact op de luchtkwaliteit.

3.4.7 Milderende maatregelen

Er worden geen milderende maatregelen noodzakelijk geacht.

3.4.8 Leemten in de kennis en monitoring

De belangrijkste leemten in de kennis situeren zich op het vlak van de emissies van de verbrandingsinrichtingen, aangezien er geen meetwaarden noch modelkarakteristieken bekend zijn. Door het hanteren van emissiefactoren uit de literatuur en aannames worden deze leemten ingevuld. Dit leidt echter wel tot een verhoogde onzekerheid ten aanzien van de resultaten van de impactberekeningen. Maar zelfs rekening houdend hiermee kan de impact als verwaarloosbaar beoordeeld worden.

3.5 Thema Klimaat

3.5.1 Relevante beleidsdoelstellingen

Op het vlak van broeikasgasemissies wordt in Europa een onderscheid gemaakt tussen enerzijds emissies die onder het Europees Emissietradingsstelsel (ETS) vallen en anderzijds de andere (niet-ETS) emissies.

In 2016 heeft de Europese Unie in het kader van haar Nationally Determined Contribution (NDC) het engagement aangegaan om tegen 2030 een reductie van minstens 40 % in haar totale broeikasgasemissies te realiseren, in vergelijking met de emissies in het jaar 1990⁶⁷. Om dit doel te bereiken werd uitgegaan van enerzijds een reductie van 43 % in de ETS-sector en anderzijds een reductie van 30 % in de niet-ETS-sector, beide in vergelijking met het jaar 2005.

Op het niveau van de lidstaten gelden enkel doelstellingen voor wat betreft de *niet-ETS-emissies* (transport, gebouwen, afval en landbouw). Via de Effort Sharing Regulation werd de EU-doelstelling van 30 % reductie voor België vertaald naar een reductie van 35 % (in 2030, t.o.v. 2005). Dit percentage werd overgenomen door Vlaanderen in het Vlaamse Energie- en Klimaatplan (VEKP) 2021-2030⁶⁸.

In het kader van de Europese Green Deal heeft de Europese Unie echter recent haar ambities verhoogd tot een reductie van de broeikasgasemissies met 55 % tegen 2030; tegen 2050 zou klimaatneutraliteit moeten behaald worden. De verhoging van de Europese 2030-reductiedoelstelling van 40 naar (ten minste) 55 % heeft uiteraard ook gevolgen voor de doelstellingen van de lidstaten. In juli 2021 publiceerde de Commissie een voorstel voor aanpassing van de "Effort Sharing Regulation" waarin nieuwe reductiedoelstellingen voor de verschillende lidstaten worden voorgesteld. Voor België komt dit neer op een verhoging van de oorspronkelijke doelstelling van 35 % tot 47 % reductie (in 2030 tegenover 2005).

Voorliggend project wordt echter niet gevat door de 35 % reductiedoelstelling opgenomen in het VEKP (of door een andere reductiedoelstelling op basis van de Effort Sharing Regulation), aangezien deze enkel betrekking hebben op de niet-ETS-sector.

Het *ETS-systeem* wordt geregeld door richtlijn 2003/87/EG tot vaststelling van een regeling voor de handel in broeikasgasemissierechten binnen de Gemeenschap, oorspronkelijk gepubliceerd op 13 oktober 2003, maar sinds zijn vaststelling regelmatig aangepast. ETS is onder meer van toepassing op "Verbranden van brandstof in installaties met een totaal nominaal thermisch ingangsvermogen van meer dan 20 MW" (cfr. Bijlage I aan de Richtlijn 2003/87/EG), dus ook op voorliggend project. De concrete uitwerking van deze Richtlijn is geregeld door verschillende (Europese) Besluiten en Verordeningen. Deze zijn ook (deels) omgezet in Vlaamse regelgeving, o.m.

⁶⁷ Zie Europese Klimaat- en energiekader 2030.

⁶⁸ Opmaak van het VEKP kadert in Artikel 3 van Verordening (EU) 2018/1999 van het Europees Parlement en de Raad van 11 december 2018 inzake de governance van de energie-unie en van de klimaatactie, die vereist dat elke lidstaat uiterlijk op 31 december 2019 een geïntegreerd Nationaal Energie- en Klimaatplan indient bij de Commissie dat betrekking heeft op de periode van 2021 tot en met 2030.

in Vlarem, DABM en het Omgevingsvergunningdecreet. Het Departement Omgeving is in Vlaanderen aangeduid als bevoegde autoriteit i.h.k.v. het EU ETS.

Sinds 2005 is het Europees emissiehandelssysteem de hoeksteen van de EU-strategie om de emissies van broeikasgassen door de industrie en door opwekking van elektriciteit en warmte terug te dringen. Ongeveer 45 % van alle door de EU uitgestoten broeikasgassen valt tegenwoordig onder dit systeem. Het systeem gaat ervan uit dat via marktwerking (met de inzet van verhandelbare emissierechten) onder een vastgelegde 'cap' (emissieplafond) aan rechten), de broeikasgasemissies van de betrokken installaties op de meest efficiënte manier kunnen worden teruggedrongen. Door geleidelijk aan meer "schaarste" te creëren op de markt van de emissierechten (door afbouw van de "cap") stijgen deze in waarde en ontstaat er een incentive om te zoeken naar de meest kosteneffectieve manier om de broeikasgasemissies te verminderen. Verdeling van de emissierechten gebeurt in de eerste plaats via veilingen, maar deels ook nog via gratis toewijzing, dat laatste vooral om "carbon leakage" te vermijden. Gratis toewijzing is sinds 2013 echter niet meer van toepassing op de elektriciteitssector.

Zoals hoger aangegeven beoogde het Europese Klimaat- en energiekader 2030 om tegen 2030 een reductie voor de ETS-sector van 43 % in 2030 (in vergelijking met de emissies in het jaar 2005) te bekomen, voor de hele Unie. Er zijn dus geen specifieke doelstellingen op het niveau van de lidstaten voor de ETS-sectoren. De bedoeling is dat de ETS-sectoren in een gelijk speelveld op EU-niveau aangezet worden om de broeikasgasemissies te reduceren. Een recente grondige herziening van de Richtlijn 2003/87/EG (via Richtlijn (EU) 2018/410), van toepassing op de periode 2021-2030 (Vierde handelsperiode), is erop gericht deze ETS-doelstelling te halen. Dit houdt onder meer een strikter reductiepad in, waarbij vanaf 2021 het aantal emissierechten wordt afgebouwd met 2,2 % per jaar (in de derde handelsperiode was dit 1,74 %).

Op 11 december 2019 kondigde de Europese Commissie haar "Green Deal" aan, die de ambitie bevat het reductiedoel van 40 % (zie hoger) op te trekken tot minstens 55 %, en klimaatneutraal te zijn tegen 2050. Een reductie van deze orde is (wereldwijd) ook nodig als men de opwarming van de aarde wil beperken tot 1,5°C boven de pre-industriële periode. Het Europees Parlement sprak op 15 januari 2020 haar steun uit voor de voorstellen van de Commissie. Op 11 december 2020 schaarde ook de Europese Raad zich achter een bindende doelstelling om in de EU een netto-reductie van uitgestoten broeikasgassen met ten minste 55 % te bereiken in 2030, ten opzichte van 1990.

Het ligt voor de hand dat, als deze beleidsambities worden omgezet in regelgeving, dit ook consequenties zal hebben voor de doelstellingen binnen het ETS-systeem. De ambities op dat vlak werden vastgelegd in een voorstel van het EP en de Raad ter wijziging van 2003/87/EG. Dit voorstel houdt onder meer een verdere verhoging in van de jaarlijkse lineaire reductiefactor (tot 5,1 % vanaf 2024 en tot 5,38 % vanaf 2028), en een uitbreiding van het systeem tot de sectoren Transport en Gebouwen. De verwachting is dat dit aangepaste ETS-systeem van start zal gaan in 2027.

Naast het beleid op het vlak van broeikasgasemissies moet ook rekening gehouden worden met de nood aan klimaatadaptatie. Op Europees vlak bestaan hiervoor geen algemeen toepasbare operationele doelstellingen, wat niet hoeft te verbazen gezien het feit dat de behoeften aan adaptatie bij uitstek op een lokaal niveau moeten gedefinieerd worden. Vlaanderen beschikt wel over een adaptatieplan voor de periode 2021-2030, dat recent werd goedgekeurd door de Vlaamse Regering.

Eveneens relevant is MEB-richtlijn 2011/92/EU zoals gewijzigd door Richtlijn 2014/52/EU. Zoals eerder aangegeven stelt Bijlage IV bij die (gewijzigde) richtlijn dat een milieueffectbeoordeling naast een beschrijving van het effect van het project op het klimaat ook een beoordeling moet bevatten van de *kwetsbaarheid van het project voor klimaatverandering*.

Samengevat gebeurt in het kader van voorliggende MEB binnen de discipline Klimaat een toetsing aan de volgende criteria:

- De mate waarin als gevolg van het project broeikasgasemissies gereduceerd worden;

- De mate waarin het project gevolgen heeft voor de weerbaarheid van de omgeving aan de gevolgen van klimaatverandering;
- De mate waarin het project zelf robuust is in een context van klimaatverandering.

3.5.2 Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties

Het Project dat het voorwerp van de milieubeoordeling uitmaakt heeft een aantal potentiële relaties met het al dan niet bereiken van de hoger samengevatte beleidsdoelstellingen.

Samengevat gaat het hierbij om de volgende relaties:

1. De site Doel bevat een aantal installaties die aan de basis van broeikasgasemissies liggen. Het gaat daarbij in de eerste plaats om noodpompen en -generatoren op diesel. Deze zijn in normale omstandigheden niet operationeel, maar hun werking wordt wel regelmatig getest. Bij die testen wordt CO₂ gegenereerd. Een deel van deze installaties zijn specifiek aan Doel 4 toe te wijzen.
2. Naast deze emissies moet ook uitgegaan worden van emissies aan broeikasgassen die door het uitstel van de desactivatie vermeden worden, in de zin dat als de desactivatie niet uitgesteld zou worden de productiecapaciteit zou moeten vervangen worden door andere bronnen (die minstens deels fossiel zouden geweest zijn).
3. Door haar aanzienlijke oppervlakte kan de centrale een effect hebben op de weerbaarheid van haar omgeving aan de gevolgen van klimaatverandering, in termen van bijvoorbeeld hittefenomenen of hevige neerslag.
4. De centrale zelf kan gevoelig zijn voor de effecten van klimaatverandering zoals overstromingen, wateroverlast of hitte.

Punt 1 en 2 hebben betrekking op de beleidsdoelstelling “reductie van broeikasgasemissies”, punt 3 op de beleidsdoelstelling “verhogen van de weerbaarheid van de omgeving” en punt 4 op de beleidsdoelstelling “verlagen van de kwetsbaarheid van het project”.

Op de volgende bladzijden wordt verder ingegaan op elk van deze punten.

3.5.3 Afbakening studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie

Het projectgebied komt overeen met de som van alle locaties waar ingrepen plaatsvinden of situaties gewijzigd dan wel bestendigd worden. Binnen dit projectgebied wordt bekeken of de gevoeligheid van de omgeving aan de gevolgen van de klimaatverandering wijzigt, en of er zich wijzigingen voordoen in emissies (dan wel vastlegging) van CO₂ en, voor zover relevant, andere broeikasgassen. De aandacht gaat daarbij in de eerste plaats naar de emissies van installaties binnen de perimeter van de site Doel. Emissies te wijten aan bv. verkeer van en naar de centrale worden op dit strategisch niveau niet mee in beschouwing genomen. Binnen het projectgebied wordt ook de kwetsbaarheid aan de gevolgen van klimaatverandering in beeld gebracht.

Voor wat de emissies van broeikasgassen betreft wordt geen studiegebied afgebakend in termen van impactreceptoren, aangezien de klimaatverandering die veroorzaakt wordt door broeikasgasemissies een mondiaal fenomeen is en de impact ervan zich ook mondiaal laat voelen.

Vermeden broeikasgasemissies kunnen in principe gelijk waar in België of, in geval van invoer van elektriciteit, zelfs in het buitenland plaatsvinden. Vermits het effect van deze emissies niet bepaald wordt door de plaats waar ze gegenereerd worden is dit niet relevant voor de effectbespreking.

3.5.4 Beschrijving van de effecten

3.5.4.1 Emissies van de centrale

Zoals gezegd zijn de broeikasgasemissies van de centrale in de eerste plaats afkomstig van de werking van een aantal dieselmotoren (voor aandrijving van noodpompen en noodgeneratoren) en van stoom- en stookketels.

Daarnaast moet ook rekening gehouden met het vrijkomen van diverse koelgassen via lekken; deze koelgassen zijn ook broeikasgassen.

De broeikasgasemissie-inventaris van Kerncentrale Doel onderscheidt 59 dieselmotoren en stookinstallaties met een totaal geïnstalleerd thermisch vermogen van 316 MW. Het aantal uren dat deze installaties in werking zijn is echter (zeer) beperkt; in 2022 schommelde dit (afhankelijk van de installatie) tussen 0 en 120 uren, met een gemiddelde van ongeveer 52h per installatie.

De inventaris maakt het onderscheid tussen de verschillende reactoren op de site, zodat het mogelijk is de aan Doel 4 te relateren broeikasgasemissies apart te begroten. Het gaat daarbij om 8 dieselmotoren met een totaal geïnstalleerd vermogen van bijna 60 MW (zie Tabel 43).

Tabel 43: Motoren op fossiele brandstof die eenduidig toe te wijzen zijn aan de werking van Doel 4.

Naam	Vermogen (MWth)	Functie
PKD-D4/ES-DG0022	2,4	HULPDIESEL GMH
PKD-D4/ES-DG0012	2,4	HULPDIESEL GMH
PKD-D4/ES-DG0001	12,6	VEILIGHEIDSDIESEL R
PKD-D4/ES-DG0002	12,6	VEILIGHEIDSDIESEL G
PKD-D4/ES-DG0003	12,5	VEILIGHEIDSDIESEL B
PKD-D4/KE-DG0001	5,7	BUNKERDIESEL R
PKD-D4/KE-DG0002	5,7	BUNKERDIESEL G
PKD-D4/KE-DG0003	5,7	BUNKERDIESEL B

Samen hebben deze installaties in 2022 ongeveer 383 uren gedraaid.

Naast installaties die eenduidig kunnen toegewezen worden aan Doel 1 en 2, Doel 3 of Doel 4 zijn er nog een aantal installaties waarvoor dit niet het geval is. Afgaande op de emissie-inventaris voor 2022 zijn deze samen verantwoordelijk voor 30 % van de totale broeikasgasemissies van de centrale. We wijzen deze emissies toe aan de verschillende reactoren a rato van hun relatief vermogen. Voor Doel 4 betekent dit dat 35 % van de niet rechtsreeks toewijsbare emissies bijkomend worden toegewezen aan deze reactor.

De cijfers met betrekking tot de koelgasemissies gelden voor de centrale als geheel; ook hier passen we dus een factor van 35 % toe om het aandeel van Doel 4 aan deze emissies te begroten.

Tabel 44 toont de broeikasgasemissies voor de site en voor Doel 4 voor de jaren 2015-2021, zoals af te leiden uit de emissie-inventaris van de verschillende verbrandingsinstallaties en uit de rapportage van de koelgaslekken. Het aandeel van Doel 4 schommelt van jaar tot jaar, met een maximum aandeel van 43 % op de totale emissies van de site.

Tabel 44: Broeikasgasemissies (ton CO₂eq/jaar) voor Kerncentrale Doel (KC Doel) en reactor Doel 4 voor de periode 2015-2021.

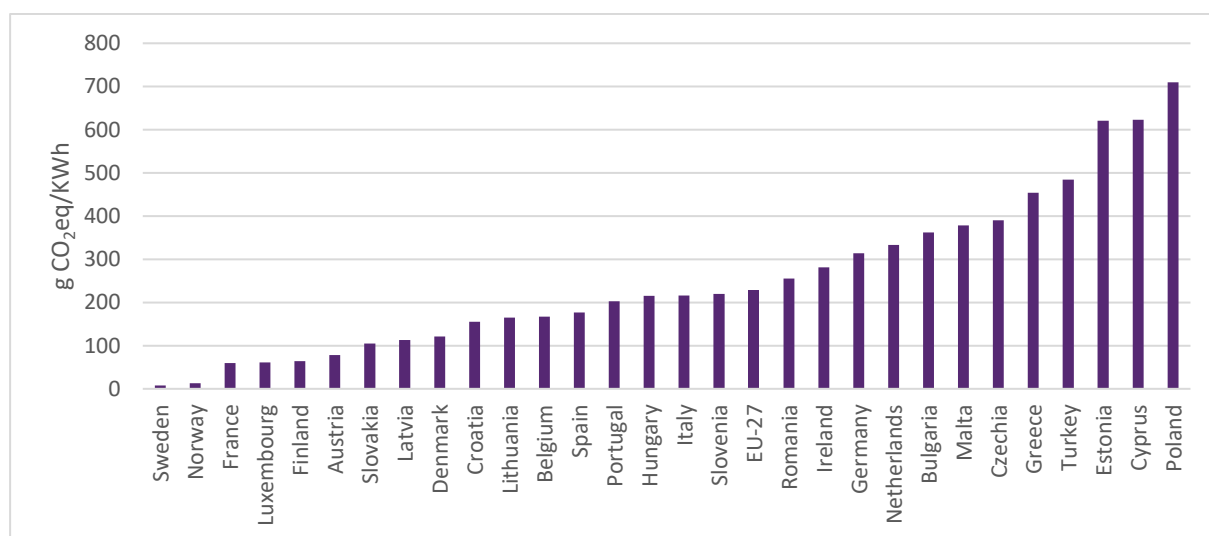
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Broeikasgasemissies KC Doel (verbranding)	1.887	1.420	1.414	1.675	1.272	1.294	1.523
Broeikasgasemissies KC Doel (koelgassen)	151	570	55	76	83	360	163
Broeikasgasemissies Doel 4 (*)	604	622	428	570	578	497	653
Aandeel broeikasgasemissies D4 op KCD	30 %	31 %	29 %	33 %	43 %	30 %	39 %
Productie Doel 4 (GWh)	7.744	8.782	7.461	5.515	8.730	7.270	7.953
Relatieve broeikasgasemissies Doel 4 (gCO ₂ eq/kWh)	0,0780	0,0708	0,0574	0,1033	0,0662	0,0684	0,0821

(*) Inclusief 35 % van de niet toegijsbare verbrandingsemissies en van de totale emissies toe te schrijven aan koelgassen.

Als we de emissies uitdrukken tegenover de geproduceerde elektriciteit krijgen we een waarde die voor de besproken jaren grosso modo schommelt tussen 0,060 en 0,1 gram CO₂ per kWh. De berekende specifieke emissie is relatief hoger bij een lagere productie, wat logisch is, aangezien de emissies zelf relatief constant zijn en niet gerelateerd aan de geproduceerde capaciteit.

Ter vergelijking: een STEG-centrale van de nieuwste generatie heeft een emissie van ongeveer 320 g CO₂ per kWh, en de specifieke broeikasgasemissie van de Belgische elektriciteitsproductie als geheel bedroeg 154 g CO₂ eq./kWh in 2021 (EEA, 2022).

In Figuur 61 wordt dit laatste getal vergeleken met andere lidstaten van de EU. Hieruit blijkt duidelijk dat de specifieke emissie van het Belgische elektriciteitspark voor 2021 veel lager is dan bijvoorbeeld Nederland (418 g CO₂eq/kWh) en Duitsland (402 g CO₂eq/kWh), beide landen met in 2021 nog een aanzienlijk deel fossiele energie (waaronder ook steenkool en, in het geval van Duitsland, bruinkool) in hun energiemix. Landen die het beter doen dan België zijn landen met een aanzienlijke nucleaire capaciteit en/of een aanzienlijke capaciteit aan waterkracht.



Figuur 61: Broeikasgasemissie-intensiteit (g CO₂eq/kWh) van de elektriciteitssector voor de verschillende lidstaten van de EU, in 2020.

We kunnen besluiten dat de CO₂-emissies per eenheid van productie van Doel 4 over de besproken periode drie ordes van grootte kleiner zijn dan de gemiddelde emissies van het productiepark voor elektriciteit in België. Dit hoeft, gezien de ingezette technologie, uiteraard niet te verbazen. De emissies die er wel zijn, zijn niet te wijten aan de normale werking van de centrale, maar aan de testcycli van installaties die enkel in noodsituaties worden ingezet.

Ook als we kijken naar de levenscyclusemissies van kernenergie steken die gunstig af tegen de emissies van de meeste andere vormen van energieproductie. IPCC⁶⁹ raamt op basis van een literatuurstudie de broeikasgasemissies van kernenergie over de volledige levensduur van een centrale op tussen 3,7 en 110 g CO₂-e/kWhe, met een mediaanwaarde van 12 g CO₂-e/kWhe. Lenzen⁷⁰ (2008) schat de CO₂-intensiteit van kernenergie op tussen 10 en 130 g CO₂-e/kWhe, met een gemiddelde van 65 g CO₂-e/kWhe. De cijfers van Lenzen brengen onder meer ook de emissies verbonden aan de winning van uranium en de ontmanteling van de centrale in rekening. De levenscyclusemissies van een kerncentrale zijn minstens 10 tot 20 maal lager dan die van een thermische centrale, iets lager dan fotonvoltaïsche energie, en iets hoger dan die van windturbines.

Om te weten hoe de emissies zullen evolueren tijdens de periode van levensduurverlenging van Doel 4 moeten we weten over welke periode elk van de verbrandingsinstallatie op de site nog blijft draaien. Het zijn immers niet enkel de rechtstreeks aan Doel 4 verbonden installaties die actief blijven; ook een deel van de niet specifiek toe te wijzen installaties blijven operationeel, en zullen dan ook regelmatig getest worden.

De nodige informatie hiervoor werd aangeleverd door Engie en is terug te vinden in Tabel 31 (discipline Lucht). Hieruit blijkt dat van de 63 verbrandingsinstallaties die in 2022 aanwezig zijn op de site er 31 gedurende de hele termijn van de levensduurverlenging actief blijven. Om de jaarlijkse emissies van die installaties te berekenen werd aan elke installatie het gemiddelde van de emissies over de periode 2011-2022 toegekend voor elk jaar dat die installatie nog actief was. Voor beide hulpstoomketels wordt aangenomen dat de werking ervan verdubbelt vanaf het moment dat enkel Doel 4 nog in werking is, zoals beargumenteerd in de discipline Lucht.

Bij de verbrandingsemissies werden de emissies van de koelgaslekken geteld. Hiervoor werd uitgegaan van de gemiddelde emissies over de periode 2004-2021, die 377 ton per jaar bedroegen. Op dit getal werd een jaarlijkse reductiefactor toegepast die overeenkwam met de procentuele reductiefactor van de verbrandingsemissies voor dat jaar.

Het verloop van de resulterende emissies voor de volledige site wordt voorgesteld in onderstaande figuur. Als gevolg van de hogere werking van de hulpstoomketels vanaf het moment dat enkel Doel 4 nog in werking is zien we na een initiële afname een lichte verhoging in de jaren 2026-2027, die in de jaren erna echter weer ongedaan gemaakt wordt door het progressief uit dienst nemen van de andere installaties.

⁶⁹ Steffen Schlömer (ed.), Technology-specific Cost and Performance Parameters, Annex III of Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2014).

⁷⁰ Lenzen, M. Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review. Energy Conversion and Management 49 (2008) 2178–2199.



Figuur 62: Geraamde evolutie van de directe broeikasgasemissies van de kerncentrale Doel tussen 2023 en 2040.

Aangezien over de periode 2027-2036 enkel de reactor Doel 4 nog actief zal zijn kan aangenomen dat alle broeikasgasemissies over deze periode op een of andere manier toe te schrijven zijn aan de werking van deze reactor. De totale emissies over die periode bedragen 13.857 ton CO₂eq, wat neerkomt op bijna 0,08 % van de totale emissies van de energiesector in België in het jaar 2021 (18.200 kton). Het gaat hier om de rechtstreekse emissies die het gevolg zijn van het tien jaar langer openhouden van de reactor Doel 4.

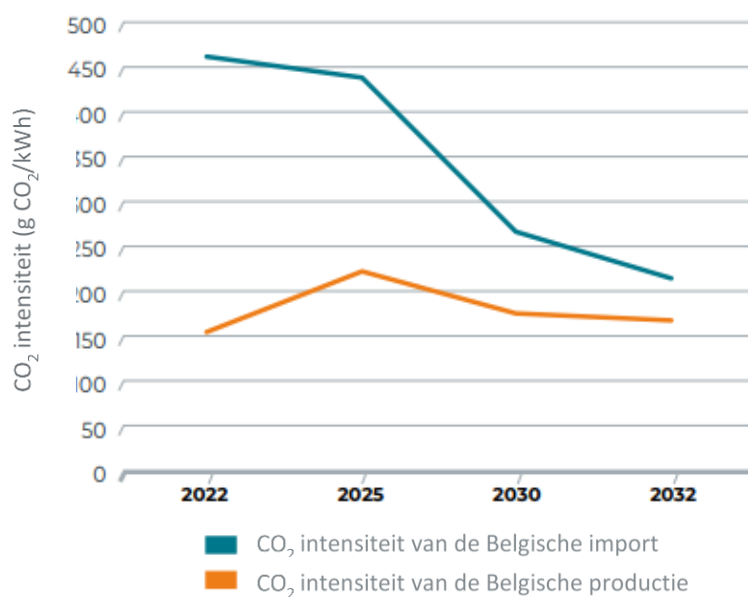
3.5.4.2 Vermeden emissies van de centrale

Onder deze hoofding bespreken we de emissies die zouden gegenereerd worden als de reactor Doel 4 in 2025 definitief zou gesloten worden.

Het is duidelijk dat het wegvallen van de nucleaire capaciteit in België minstens deels zal moeten opgevangen worden door gascentrales. Ember⁷¹ schatte in 2020 in dat de koolstofintensiteit van de Belgische elektriciteitsvoorziening in 2030 229 g CO₂eq/kWh zou bedragen, wat een stijging met bijna 71 % inhoudt tegenover de situatie vandaag. België is daarbij een van de weinige Europese landen waarbij de koolstofintensiteit zou toenemen in plaats van afnemen. De reden hiervoor is uiteraard dat het aandeel hernieuwbare energie ook in 2030 nog te laag zal zijn om de snel weggevalen nucleaire productie te compenseren. EMBER gaat uit van een aandeel van 57 % aardgas en 40 % hernieuwbare energie in 2030. Merk op dat Energyville in een update van de vooruitblik op de Belgische elektriciteitsvoorziening in 2030 en 2050 (2020) uitgaat van een merkelijk lager aandeel van 44 % aardgas in 2030, en dus ook een lagere koolstofintensiteit (zie verder).

Figuur 63 toont een prognose van de Belgische elektriciteitsproductie en -import tussen 2022 en 2032, zoals opgenomen in het meest recente 'Adequacy and Flexibility Report' van Elia (2021).

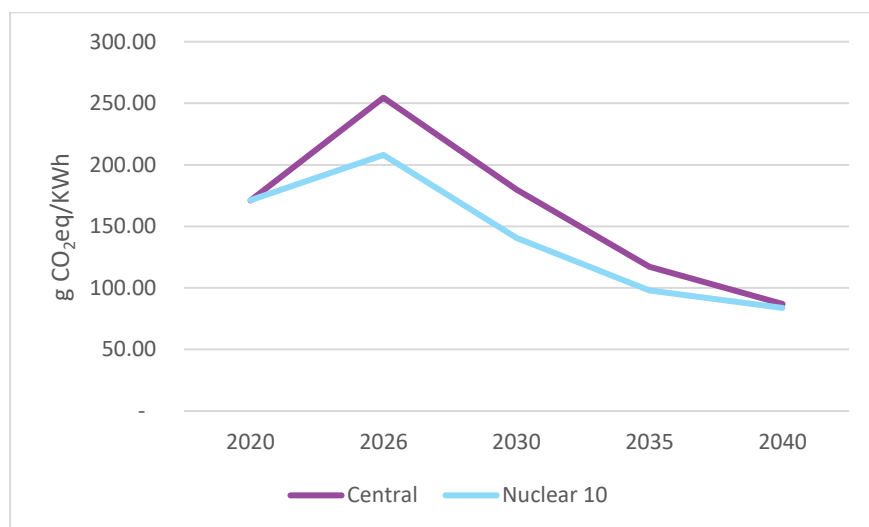
⁷¹ Vision or division? What do National Energy and Climate Plans tell us about the EU power sector in 2030? EMBER, November 2020.



Figuur 63: Prognose van de koolstofintensiteit van de Belgische elektriciteitsproductie en -import (Elia).

Zoals blijkt uit deze figuur moet men, om de koolstofintensiteit van het elektriciteitsgebruik te kennen, in feite ook rekening houden met de koolstofintensiteit van de ingevoerde elektriciteit. Hier zijn we echter geïnteresseerd in de koolstofintensiteit van de productie. Zoals ook blijkt uit deze figuur is Elia op dit vlak een stuk optimistischer (en waarschijnlijk ook realistischer) dan Ember. De reden is dat Elia net zoals Energyville uitgaat van een merkelijk lager aandeel gas dan Ember. In 2032 gaat Elia uit van een aandeel gas op de elektriciteitsproductie van tussen de 33 % en 44 %, bij een aandeel windenergie van minstens 37 %. Volgens de cijfers van Elia piekt de koolstofintensiteit in 2025 (na sluiten van alle kerncentrales) op ongeveer 225 g CO₂eq/kWh, maar neemt ze daarna weer gestaag af.

Vergelijkbare informatie kan gevonden worden in de vermelde studie van Energyville uit 2020. Met de gegevens van deze studie kan onderstaande grafiek opgesteld worden, die het verwachte verloop van de koolstofintensiteit weergeeft in enerzijds een 'Central'-scenario (zonder kernenergie na 2025) en anderzijds een 'Nuclear 10'-scenario, met behoud van 2 GW aan kernenergie gedurende 10 jaar na 2025. Dat laatste scenario komt overeen met het scenario dat we in deze MEB beoordelen.



Figuur 64: Evolutie van de koolstofintensiteit van de elektriciteitsproductie in een scenario van volledige kernuitstap in 2020 (Central) en in een scenario met een verlenging van de levensduur met 10 jaar voor 2 GW aan capaciteit.

Het verloop van deze figuur is, voor het 'central'-scenario goed vergelijkbaar met de figuur uit het Elia-rapport, al gaat Energyville uit van een hogere piek in 2026. Vergelijkbaar aan beide grafieken is de snelle afname in koolstofintensiteit na 2025/2026, waarbij vanaf ongeveer 2030 opnieuw een koolstofintensiteit bereikt wordt die vergelijkbaar is met die vandaag.

Via een interpolatie van de cijfers die de basis vormen van Figuur 64 verkrijgen we de gegevens uit volgende tabel.

De tabel bevat, per jaar van 2020 tot 2040, de broeikasgasemissies (in kton CO₂eq) die overeenkomen met een jaarproductie van 7.500 GWh aan elektriciteit, wat equivalent is aan (afgerond) de gemiddelde productie van Doel 4 over de periode 2012-2021) aan de koolstofintensiteit van de elektriciteitsproductie in datzelfde jaar.

Tabel 45: Geraamde CO₂ emissies (in een scenario van volledige kernuitstap in 2025 veroorzaakt door de productie van 7500 GWh elektriciteit per jaar, aan de gemiddelde koolstofintensiteit van de elektriciteits-productie voor elk jaar.

	Central	
	gram CO₂eq/KWh	Kton CO₂eq
2020	171,12	1.283,43
2021	185,02	1.387,67
2022	198,92	1.491,90
2023	212,82	1.596,13
2024	226,72	1.700,36
2025	240,61	1.804,60
2026	254,51	1.908,83
2027	235,87	1.768,99
2028	217,22	1.629,16
2029	198,58	1.489,33
2030	179,93	1.349,49
2031	167,40	1.255,54
2032	154,88	1.161,58
2033	142,35	1.067,62
2034	129,82	973,66
2035	117,29	879,71
2036	112,24	841,77
2037	107,18	803,84
2038	102,12	765,90
2039	97,06	727,97
2040	86,95	652,10

De gecumuleerde emissies over de periode 2027-2036 komen overeen met de emissies die niet zouden uitgestoten worden (en dus 'vermeden' zijn) als er over die periode jaarlijks 7500 GWh elektriciteit op basis van nucleaire

productie (Doel 4) zou geproduceerd worden. De waarde die zo bekomen wordt bedraagt 12.417 kton of 12,42 Mton.

Als we de vergelijking maken de emissies die vrijkomen bij de werking van Doel 4 over ongeveer dezelfde periode (bijna 14 kton) dan kunnen we vaststellen dat de emissies van Doel 4 over de periode waarop het uitstel van de desactivatie van toepassing is slechts 0,11 % uitmaken van de vermeden emissies over dezelfde periode. De emissies toe te schrijven aan het langer open houden van de centrale zijn dus verwaarloosbaar tegenover de emissies die er door vermeden worden.

De levensduurverlenging van Doel 4 met 10 jaar leidt dus tot 12.417 kton minder CO₂-emissies, of gemiddeld ongeveer 1242 kton/jaar. Dit komt neer op een jaarlijkse besparing van equivalent aan bijna 10 % van de emissies in de sector productie van elektriciteit en warmte⁷² in België in het jaar 2021⁷² (12,88 Mton). De jaarlijks bespaarde hoeveelheid neemt jaar na jaar af over de periode van de levensduurverlenging, zoals duidelijk af te leiden valt uit Tabel 45.

Het is duidelijk dat het belang van de 'vermeden emissies' in hoge mate afhangt van de aangenomen koolstofintensiteit van de energieproductie, en dus onder meer van het aandeel hernieuwbare energie. In de berekeningen werd dit opgevangen via het inbrengen van een dalende trend in de koolstofintensiteit vanaf 2026.

3.5.4.3 Impact op de kwetsbaarheid van de omgeving

De vraag die onder deze hoofding moet beantwoord worden is in welke mate het langer openhouden van Doel 4 de kwetsbaarheid van de omgeving tegen de gevolgen van klimaatverandering kan beïnvloeden. Effecten die in deze in theorie relevant kunnen zijn hebben enerzijds betrekking op het hemelwaterbeheer en anderzijds op het ontstaan een hitte-eiland.

Voor wat het effect van het **hemelwaterbeheer** betreft kan verwezen worden naar aan aanzienlijke verharde oppervlakte die gevormd wordt door de zone van de kerncentrale Doel. Water dat op dit gebied valt zal niet infiltreren in de bodem en zal dus moeten opgevangen en afgevoerd worden. Dit gebeurt op dit moment uiteraard ook (zie beschrijving in de discipline Water). Als gevolg van klimaatverandering kunnen buien intenser worden, wat als gevolg kan hebben dat het opvang- en afvoersysteem niet meer in staat is de neerslag altijd te verwerken. Dit kan plaatselijk tot wateroverlast leiden. Wat dit betekent voor de site van de centrale zelf wordt verderop besproken onder de hoofding 'Kwetsbaarheid van het Project aan de gevolgen van klimaatverandering'. De vraag is of er ook effecten kunnen zijn naar de omgeving van de centrale. We kunnen stellen dat dit niet het geval zal zijn, aangezien het hemelwater afgevoerd wordt in de richting van de Schelde (waarvan de buffercapaciteit aanzienlijk is in verhouding tot de geloosde volumes), en niet in de richting van de polders. Bovendien is het weinig waarschijnlijk dat de locatie van Doel 4 in geval van desactivatie niet meer verhard zou zijn in de periode 2027-2037, vermits de volledige ontmanteling van de centrale minstens 15 jaar kan duren.

De centrale vormt ook een **hitte-eiland** in relatie tot haar omgeving. Dit effect ontstaat doordat de site voor een groot deel verhard is en weinig bomen bevat dit schaduw kunnen even of door verdamping voor afkoeling kunnen zorgen. De verhardingen en gebouwen slaan overdag warmte op en geven die 's nachts geleidelijk aan terug af. Als gevolg hiervan kan de temperatuur op de site tot enkele graden hoger liggen dan in de omliggende polders. Dit effect wordt versterkt als de zomers warmer worden. Deze opwarming kan tot op een afstand van (maximaal) enkele honderden meters van de centrale voelbaar zijn. In de praktijk maakt het voor de periode 2027-2037 overigens niet uit of Doel 4 al dan niet nog in bedrijf is, aangezien de site Doel in haar geheel als gevolg van de ontmantelingsactiviteiten nog steeds verhard zal zijn tijdens deze periode, en dus in gelijke mate zal bijdragen aan het hitte-eilandeffect.

Tenslotte kan ook naar de **droogteproblematiek** verwezen worden, die als gevolg van de klimaatverandering prangender zal worden. Op de site van de centrale gaat vandaag weinig aandacht naar buffering en infiltratie.

⁷² De meest recent beschikbare gevalideerde gegevens dateren van 2020, maar dat was een Coronajaar, met merkelijk lagere emissies.

Nochtans zullen die praktijken belangrijker worden naarmate het klimaat droger wordt; ze laten toe hemelwater te hergebruiken en/of het te gebruiken om het grondwater te voeden, in plaats van het af te voeren naar de Schelde.

3.5.4.4 Kwetsbaarheid van het Project aan de gevolgen van klimaatverandering

Onder deze hoofding worden twee verschillende zaken besproken:

- enerzijds de impacts die het project zelf kan ondergaan als gevolg van klimaatverandering (in termen van bv. droogte, overstromingen, ...). Een voorbeeld hiervan is de beschikbaarheid van koelwater, die kan afnemen als de omgevingstemperatuur en de temperatuur van het oppervlaktewater te hoog oplopen;
- anderzijds de mate waarin de effecten van het project, die elders in deze MEB besproken worden, zouden kunnen wijzigen (versterkt of gemilderd worden) als gevolg van klimaatverandering. Bij toenemende droogte kunnen de debieten in de waterlopen bijvoorbeeld sterk afnemen, en dit kan de gevolgen van een lozing verergeren, doordat veel minder verdunning optreedt dan aangenomen.

Hoewel dit twee verschillende soorten effecten zijn behandelen we ze hier toch samen, omdat de oorzaken die aan de basis ervan liggen (hitte, droogte, wateroverlast, ...) in beide gevallen dezelfde zijn.

Het voorliggende Project heeft betrekking op een duidelijk afgebakende tijdsperiode, die in 2037 ten einde loopt. De tekenen van een veranderend klimaat zijn de laatste decennia en vooral de laatste jaren steeds duidelijker geworden. De voorspelde en reeds vastgestelde evoluties zullen verderzetten en ook intenser zullen worden. Binnen de referentieperiode van het Project moet dus rekening gehouden worden met:

- Hogere gemiddelde temperaturen, met zachtere winters en warmere zomers;
- Frequentere hittegolven, die ook intenser kunnen zijn en langer kunnen duren;
- Een stijging van de totale jaarneerslag, met meer regen in de winter (en mogelijk ook meer overstromingen), maar ook merkbaar drogere zomers;
- Een toename van de piek-neerslagintensiteit van korte, felle buien, die kunnen aanleiding geven tot wateroverlast;
- Een stijging van de zeespiegel, met als gevolg een groter risico op overstromingen langs de kust en de estuaria;
- Hogere windsnelheden.

De meeste prognoses hebben betrekking op toekomstige situaties, in bv. het jaar 2050 of zelfs 2100. Dergelijke richtjaren zijn uiteraard niet relevant voor voorliggend project. Het klimaatportaal van de VMM (<https://klimaat.vmm.be/>) bevat informatie per gemeente, voor een aantal parameters ook voor het jaar 2030, wat wel als representatief kan beschouwd worden voor de gemiddelde situatie over de periode 2027-2037. De kanttekening die hierbij gemaakt moet worden is wel dat de VMM-prognoses uitgaan van het zogenaamde "hoge" Vlaamse klimaatscenario, wat in de praktijk neerkomt op een evolutie gelijkaardig aan de evolutie van RCP 8.5, wat een eerder pessimistische aanname is.

Hieronder vatten we de op het Klimaatportaal beschikbare informatie met betrekking tot de (maximale) te verwachten wijzigingen in de gemeente Beveren tegen het jaar 2030 samen. De vergelijking heeft steeds betrekking op de situatie in het jaar 2017:

- In 2030 zal het aantal personen binnen de kwetsbare leeftijdsgroepen (0-4 jaar en 65+) die getroffen kunnen worden door hitteverschijnselen met 52 % toegenomen zijn tegenover 2017;
- In 2030 zal het aantal droge dagen per jaar toegenomen zijn van 171 in 2017 tot 193;
- In 2030 zal het aantal hittegolfdagen toegenomen zijn van 4 in 2017 tot 10.

Voor de kerncentrale Doel hebben de belangrijkste gevolgen van de klimaatverandering echter niet te maken met hitte of droogte, maar met overstromingsgevaar, enerzijds vanuit de Schelde (als gevolg van zeespiegelstijging) en anderzijds als gevolg van toegenomen piekintensiteit van de neerslag. Beide effecten en een aantal andere werden besproken in het rapport van de weerstandstesten uitgevoerd in het kader van de bijkomende veiligheidsherziening van de installaties (Electrabel nv, 2011). In wat volgt vatten we de voornaamste bevindingen hiervan samen. Het is belangrijk er op te wijzen dat de mate van klimaatverandering waarmee in dat rapport wordt rekening gehouden

verder gaat dan wat aannemelijk is in het jaar 2037. Niettemin is het toch nuttig de resultaten ervan kort voor te stellen, omdat ze een beeld geven van de bovengrens van de effecten die te verwachten zijn.

Overstromingen

Om het overstromingsgevaar te minimaliseren, werden twee belangrijke maatregelen voorzien bij het ontwerp van de site: één, de hele site inclusief alle installaties rust op een verhoogd platform, en twee, de Scheldepolder die de site afschermt, werd nog eens met een extra meter opgehoogd. Het hoogste Scheldepeil dat ooit in ons land werd opgetekend, bedraagt 8,10 m TAW (tweede algemene waterpassing). Het platform van de site werd bij opbouw opgehoogd tot 8,86 m TAW. De dijk langs de site werd opgehoogd tot 12,08 m. Een waterpeil van 9,13 m TAW werd vastgelegd als Design Basis Flood (DBF). Deze DBF werd, op basis van studies bekend bij ontwerp, gekozen als peil met terugkeerperiode 10.000 jaar. Later werd de waterstand met een terugkeertijd van 10.000 jaar gerevalueerd op (gemiddeld) +9,35 m TAW ter hoogte van de site. Dit is echter nog steeds ruim beneden de dijkkrui. Alle structuren, systemen en componenten, waaronder ook de interne stroomvoorziening in geval van nood, zijn zonder onderscheid beschermd tegen de DBF.

Overstroming van de dijk is dus uiterst weinig waarschijnlijk, zelf bij een doorgedreven stijging van de zeespiegel (waarvan de gevolgen waarschijnlijk pas in de tweede helft van deze eeuw mogelijk relevant zullen worden). Dijkfaling op het meest kritische punt van de dijk zou wel al kunnen voorkomen met een terugkeerperiode van 1.700 jaar. In zo'n situatie zouden op de site gemiddeld waterpeilen van 20 cm kunnen optreden, met plaatselijk ook waterdieptes tot 60 cm.

Golfoverslag van de dijk kan optreden met een terugkeerperiode van 200 à 300 jaar. Dit kan bij een terugkeerperiode van 10.000 jaar aanleiding geven tot gemiddeld een tiental cm water op de site, met lokaal ook hogere of lagere waarden. In de studie waarvan sprake werd nagekeken wat de gevolgen hiervan op de veilige exploitatie van de site waren. In een drietal gebouwen bleek waterinsijpeling mogelijk, zij het zonder gevolgen voor de veiligheidsfuncties. Bij een dijkbreuk zou het aantal locaties waar wateroverlast zou kunnen optreden toenemen. Ook hier blijft het tweede veiligheidsniveau in alle omstandigheden behouden. In het rapport van de weerstandstesten werden niettemin een aantal bijkomende maatregelen gesuggereerd om de veiligheid tegen overstromingen nog te verhogen, zoals het voorzien van permanente barrières aan de kritische gebouwingangen. Het gaat daarbij in de praktijk om het aanbrengen van perimetrische bescherming van enkele tientallen centimeter hoogte aan de ingangen van de betrokken veiligheidsgebouwen.

Het platform waarop de hele site is gebouwd wordt omringd door 5 meter lager gelegen polders. In het geval van een dijkbreuk is de kans reëel dat deze polders onder water lopen. In zo'n situatie wordt de site Doel een eiland. Bij een dergelijke overstroming zijn onder meer evacuatie en toegang van personen en de toevoer van brandstof voor veiligheidssystemen en nooddiesels uiteraard van groot belang. De maatregelen om hier mee om te gaan staan beschreven in de noodplanprocedures van de site.

Hevige regenval

In het rapport van de weerstandstesten wordt m.b.t. hevige regenval gesteld dat uit de 'huidige' neerslaggegevens (i.e. anno 2011) geen significante verhoging van de neerslagintensiteiten sinds de ontwerpfasen kon afgeleid worden, en dat de neerslagintensiteiten die als basis dienden bij ontwerp bijgevolg nog steeds geldig waren. De vraag is of die conclusie in 2037 nog steeds geldig zal zijn. Er zijn immers duidelijke indicaties dat de piekneerslagintensiteiten intussen wel degelijk zijn toegenomen.

Uit de evaluatie van het rioleringsnet bleek ook dat de afvoercapaciteit van de riolering lokaal overschreden werd bij hevige regenval (terugkeerperiode 100 jaar), op een beperkt aantal plaatsen en gedurende een beperkte periode. Op die bepaalde plaatsen kan er tijdelijk enige wateroverlast zijn, tot het moment dat de regenintensiteit afneemt en de riolering het overtollige water afvoert.

Als we er van uitgaan dat de intensiteiten sindsdien (en zeker tegen 2037) inderdaad verhoogd zijn, kunnen zowel de kans dat dergelijke situaties zich voordoen als de omvang van de gevolgen uiteraard ook toenemen. Gezien de

relatief hoge terugkeerperiode die bij de berekeningen werd gebruikt en het feit dat door eventuele wateroverlast geen kritieke functies bedreigd worden kan gesteld worden dat het belang van dit effect in de praktijk klein is.

Hevige wind

De maximum windsnelheid van 49 m/s, die als ontwerpbasis voor alle gebouwen op de site diende, werd in werkelijkheid nog nooit gemeten in België. Bovendien zijn de veiligheidsgebonden gebouwen voor zwaardere belastingsgevallen berekend dan deze maximale windsnelheid. Extreme windsnelheden zouden aanleiding kunnen geven tot gedeeltelijke of gehele LOOP. Het scenario LOOP⁷³ maakt deel uit van de ontwerpbasis van de eenheden. Een dergelijke situatie brengt de koeling van de splijtstof niet in gevaar, noch in normale uitbating noch in stilstand.

Tornado's

Een zware tornado kan een gedeeltelijke of volledige LOOP tot gevolg hebben, al dan niet gecombineerd met een Station Black Out (SBO) 1ste niveau en een verlies van de primaire koudebron.

Het ontwerp van Doel 4 houdt rekening met een referentietornado die in deze streek ongekend is. Aangezien het fenomeen doorgaans niet het bepalende criterium is bij het ontwerp van de gebouwen, zullen belangrijke veiligheidsgebonden gebouwen ook zwaardere tornado's aankunnen dan de referentietornado.

Hogere gemiddelde temperaturen

Als de omgevingstemperatuur hoger is zal ook de temperatuur van het geloosde koelwater hoger zijn. Als gevolg van de klimaatverandering zullen de gemiddelde luchttemperaturen toenemen, met enerzijds mildere winters en anderzijds langere en meer intense hittegolven in de zomer.

Dit heeft als gevolg dat de temperatuur van het geloosde koelwater gemiddeld gezien zal oplopen, en dat er dus bijkomende maatregelen zullen nodig zijn om de lozingsnormen voor elektriciteitscentrales te kunnen respecteren. De temperatuur van geloosd koelwater mag normaal gezien de 30 °C niet overschrijden, maar voor elektriciteitscentrales geldt een aparte emissiegrenswaarden van maximum 33 °C (als ogenblikkelijke waarde). Weliswaar stelt VlareM ook dat deze grenswaarde niet van toepassing is (mits het respecteren van een aantal voorwaarden) als bij uitzonderlijke meteorologische omstandigheden (en met name een hittegolf), de netveiligheid in het gedrang komt. Hittegolven die aanleiding geven tot hogere lozingstemperaturen zullen echter in de toekomst vaker voorkomen; de "uitzonderlijke meteorologische omstandigheden" zullen dus een stuk minder uitzonderlijk worden.

Daarnaast zullen de temperaturen van het ingenomen oppervlaktewater uiteraard ook toenemen door een toegenomen gemiddelde temperatuur van de omgevingslucht. Volgens de huidige VlareM-wetgeving moeten thermische centrales met koeltorens bij een daggemiddelde temperatuur van het opgenomen oppervlaktewater van 25 °C of meer gradueel de geloosde thermische vracht verminderen, onder meer om negatieve ecologische effecten te voorkomen. Zo moet bijvoorbeeld bij een gemiddelde dagtemperatuur van het gecapteerde water van 28 °C de dagelijks geloosde thermische vracht beperkt worden tot 10 % of minder van de maximale thermische vracht per dag (artikel 4.2.4.1 van VlareM II). Een dergelijke situatie zal zich in de toekomst onder invloed van klimaatverandering ongetwijfeld vaker voordoen.

Beide hierboven beschreven fenomenen (hogere temperatuur van het te lozen koelwater en hogere temperatuur van het water in het ontvangende waterlichaam) kunnen negatieve gevolgen op de elektriciteitsproductie van de

⁷³ LOOP = loss of off site power, of het volledige verlies van het externe net, wat neerkomt op het gelijktijdig verlies van de externe 400 kV- en 150 kV-netten. In een dergelijke situatie wordt de turbogeneratorgroep via de elektrische beveiligingen automatisch in eilandbedrijf geschakeld. Hierbij voedt de turbogeneratorgroep de eigen hulpsystemen. Dit is het eerste beschermingsmechanisme om de voeding van de hulpsystemen van de eenheid te garanderen. Wanneer minstens één van de vier eenheden in Doel met succes in eilandbedrijf is geschakeld bestaat ook de mogelijkheid om deze eenheid via het 400 kV-station van Doel aan de andere eenheden te koppelen.

centrale. Het is echter niet te verwachten dat dit effect voor de Schelde en binnen de (verlengde) levensduur van Doel 4 tot problemen zou leiden.

Extreme temperaturen

Ook met extreme temperaturen werd rekening gehouden bij de ontwerpbasis en bij het dimensioneren van de uitrustingen. De normen op dit vlak werden bepaald op basis van statistieken en in functie van de geografische ligging van de nucleaire site. Een periode van extreme temperaturen of van extreme droogte is geen plots natuurverschijnsel. Het gaat om evoluties die tijdig voorspeld worden, wat meteen ook toelaat om tijdig actie te ondernemen. Doel beschikt trouwens over procedures om de veilige uitbating te garanderen in geval van hittegolf of vriestemperaturen.

In het kader van de voorbereiding van de levensduurverlenging van Doel 4 werd vastgesteld dat het beheer van mogelijke hittegolven (en de bijhorende temperaturen, die hoger kunnen liggen dan voorzien in het initieel ontwerp) kan leiden tot ontwerpverbeteringen (bv. bijkomende luchtkoelers of bevochtigers van lokalen). Een verhogen van de weerstand van de installaties tegen de gevolgen van extreme temperaturen die volgen uit de klimaatverandering is dus a priori geïntegreerd in het project.

3.5.5 Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen

Voor de verschillende hoge gedefinieerde voor de discipline Klimaat relevante beleidsdoelstellingen (zie §6.5.1) wordt hieronder weergegeven of het Project al dan niet bijdraagt aan het bereiken van die doelstellingen:

Doelstelling "Een zo groot mogelijke reductie aan broeikasgasemissies"

Over de hele periode genomen resulteert het uitstel van de desactivatie van Doel 4 in het vermijden van de emissie van ongeveer 12.417 kton CO₂eq. Als we de vergelijking maken de emissies die vrijkomen bij de werking van Doel 4 over dezelfde periode (14 kton) dan kunnen we vaststellen dat de emissies van Doel 4 over de periode waarop het uitstel van de desactivatie van toepassing is slechts 0,11 % uitmaken van de vermeden emissies over dezelfde periode. De emissies toe te schrijven aan het langer open houden van de centrales zijn dus verwaarloosbaar tegenover de emissies die er door vermeden worden. Het Project draagt dus bij aan het bereiken van deze doelstelling en de score is dan ook **positief**.

Doelstelling "Maximale weerbaarheid van omgeving en samenleving aan de gevolgen van klimaatverandering"

Over de referentieperiode 2027-2037 zal het Project geen bijkomende invloed hebben op de weerbaarheid van de omgeving aan de gevolgen van klimaatverandering. Potentieel relevante impacts zullen niet toenemen bij levensduurverlenging, in de eerste plaats als gevolg van het feit dat de site Doel ook bij desactivatie in 2025 verhard zal blijven tijdens de hele referentieperiode. Het Project draagt dus niet merkbaar bij aan het bereiken van de doelstelling, maar gaat er ook niet merkbaar tegen in. De beoordeling is dan ook **neutraal** voor dit aspect.

Doelstelling "Een zo laag mogelijke kwetsbaarheid van het project aan de gevolgen van Klimaatverandering"

Uit de analyse die in deze MEB wordt gerapporteerd blijkt duidelijk dat de site bestand is tegen gevolgen van een klimaatverandering die veel verder gaat dan de te verwachten situatie in 2037. Het feit of Doel 4 over de referentieperiode 2027-2037 al dan niet in werking zijn, verandert daar niets aan. De beoordeling is dus **neutraal**.

3.5.6 Samenvatting van de voornaamste bevindingen

De broeikasgasemissies die kunnen toegewezen worden aan Doel 4 zijn over de periode 2027-2036 van de orde van 14 kton (cumulatief). Als we de emissies uitdrukken tegenover de geproduceerde elektriciteit krijgen we een waarde die voor de besproken jaren schommelt tussen 0,06 en 0,1 gram CO₂ per kWh, wat zeer laag is.

De *vermeden* broeikasgasemissies bij het langer open houden van Doel 4 zijn van een andere orde. Over de hele periode genomen resulteert het uitstel van de desactivatie van Doel 4 in het vermijden van de emissie van ongeveer 12.417 kton CO₂eq. Dit komt neer op een besparing van ongeveer 0,97% van de emissies in de sector "productie

van elektriciteit en warmte” in België in het jaar 2021 (12,8 Mton). Als we de vergelijking maken met de emissies die vrijkomen bij de werking van Doel 4 over dezelfde periode (14 kton) dan kunnen we vaststellen dat de emissies van Doel 4 over de periode waarop de levensduurverlenging van toepassing is slechts 0,11 % uitmaken van de vermeden emissies over dezelfde periode. De emissies toe te schrijven aan het langer open houden van de centrales zijn dus verwaarloosbaar tegenover de emissies die er door vermeden worden.

Doel 4 heeft tijdens de referentieperiode geen invloed op de weerbaarheid van de omgeving aan de gevolgen van klimaatverandering gezien het feit dat zowel in de referentiesituatie als bij uitvoering van het Project de site verhard blijft. Binnen het tijdsperspectief van de levensduurverlenging is de site Doel zelf evenmin kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering, en deze situatie is onafhankelijk van het feit of de desactivatie van Doel 4 al dan niet wordt uitgesteld.

3.5.7 Milderende maatregelen

Er zijn geen milderende maatregelen nodig vanuit de discipline Klimaat.

3.5.8 Leemten in de kennis en monitoring

Er zijn geen leemten in de kennis die van dien aard zijn dat ze tot andere besluiten zouden kunnen leiden. Monitoring van de effecten is niet nodig.

3.6 Mens en Gezondheid

3.6.1 Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties

Gezondheidseffecten die gepaard (kunnen) gaan met de uitbating van nucleaire centrales zijn in de eerste plaats toe te wijzen aan (mogelijke) radiologische effecten. Daarop wordt elders in dit document ingegaan. Daarnaast moet echter ook rekening gehouden worden met de eventuele gezondheidseffecten die te relateren zijn aan de niet-nucleaire kenmerken van de centrale en haar werking.

De Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) definieert gezondheid als: “Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity”. Deze brede definitie impliceert dat bij milieueffecten-inschattingen, naast de directe impact van stressoren, ook rekening moet worden gehouden met de bestaande situatie, de effecten op langere termijn, de sociale context, met indirecte psychosomatische effecten en de publieke perceptie.

Onderstaande tabel (Tabel 46) bevat een beknopt overzicht van de potentieel relevante milieustressoren, aangepast op basis van Arcadis (2021). Van een aantal wordt geargumenteed waarom ze niet verder meegenomen worden. Verderop wordt meer in detail ingegaan op de potentiële impact van de in blauw aangeduid stressoren, waarvoor betekenisvolle impacts niet a priori kunnen uitgesloten worden. Ook deze bespreking is grotendeels gebaseerd op het MER van Arcadis uit 2021, aangevuld met informatie uit de strategische Milieueffectbeoordeling voor het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en Doel 2 (SCK en KENTER, 2021).

Tabel 46: Overzicht van de potentieel relevante milieustressoren.

Stressoren	Specifieke omschrijving stressor en/of bron, gezondheidsimpact	Argumentatie waarom stressor, indien aanwezig, niet wordt opgenomen
Chemische stressoren		
Luchtverontreiniging	Emissies ten gevolge van de exploitatie van Doel 4	Uit de discipline lucht blijkt dat de impact op de luchtkwaliteit verwaarloosbaar is. Er worden dan ook geen relevante gezondheidseffecten verwacht.

Stressoren	Specifieke omschrijving stressor en/of bron, gezondheidsimpact	Argumentatie waarom stressor, indien aanwezig, niet wordt opgenomen
Verontreiniging bodem en grondwater	Accidentele emissie	Bij eventuele accidentele emissie dient cfr. het Bodemdecreet onmiddellijk te worden ingegrepen. Binnen de site Doel worden de nodige maatregelen genomen om een aantasting van de bodem- en grondwaterkwaliteit te vermijden. Bovendien legt de bodemwetgeving op dat er bij accidentele verontreiniging onmiddellijk wordt ingegrepen. Blootstelling aan een accidentele bodem- of grondwaterverontreiniging wordt dan ook niet verder onderzocht in de discipline Mens gezondheid.
Verontreiniging oppervlaktewater	Lozing van afvalwater	Sanitair afvalwater wordt na zuivering in 5 biorotoren in de Schelde geloosd. Het industrieel afvalwater wordt apart opgevangen en afgevoerd en al dan niet na behandeling in de Schelde geloosd. Gezien het Scheldewater niet gebruikt wordt voor drinkwaterwinning, noch als recreatiewater, is blootstelling aan verontreiniging via oppervlaktewater niet relevant en wordt het niet verder onderzocht in deze discipline.
Geur	Emissies van stoffen met een geurimpact/	De voornaamste verbrandingsgassen die geëmitteerd worden zijn geurloos (CO, NO en CO ₂) of slechts waarneembaar bij hoge concentraties (NO ₂). Andere stoffen met een typerende geur bij KCD zijn ammoniak en hydrazine, maar hun opslagkarakteristieken vermijden de geuremissies (zie ook discipline Lucht). Geurhinder wordt dan ook niet verder onderzocht in de discipline Mens gezondheid.
Fysische stressoren		
Geluid	Geluidsemissies ten gevolge van de exploitatie van Doel 4.	De geluidsemissies van de centrale zijn beperkt (zie ook discipline Biodiversiteit), zeker als ze afgezet worden tegen de huidige en toekomstige geluidsbronnen in de omgeving (ECA, Ineos, ...). Bovendien zal geluidsimpact van de normale werking afnemen naarmate de andere reactoren gesloten worden, en zullen de ontmantelingsactiviteiten (die buiten de scope van deze MEB vallen) allicht een veel grotere bron van geluidsverstoring vormen voor de omgeving van de site. Tenslotte moet er op gewezen worden dat de bewoning in de buurt van de centrale beperkt is.
Trillingen		De levensduurverlenging van Doel 4 brengt geen activiteiten met zich mee die aanleiding zouden kunnen geven tot trillingen.
Wind		Ondanks de aanwezigheid van hoge constructies (koeltorens), is er geen relevante windhinder te verwachten, gezien de afstand tot bewoning.

Stressoren	Specifieke omschrijving stressor en/of bron, gezondheidsimpact	Argumentatie waarom stressor, indien aanwezig, niet wordt opgenomen
Licht, schaduw	Schaduw van de stoompluim	Uit Frans onderzoek (Méry, 1989) bleek dat vermindering in uren zon als gevolg van schaduw van de stoompluim zich grotendeels beperkt tot een afstand van 1,5 à 3 km van een centrale. De meeste bewoning bevindt zich op meer dan 3 km van de kerncentrale van Doel, en de afname van het aantal zonne-uren is daar dus verwaarloosbaar. Uitzondering is de kern van Doel die op ca. 1,3 km ten zuiden van de koeltorens ligt. Bij een noordelijke windrichting is hier kans op schaduw van de damppluimen. Deze windrichting komt in België echter slechts ca. 12 % van de tijd voor (Arcadis, 2021).
Warmte	Lozing van koelwater in de Schelde	Er zijn voor de mens geen gezondheidseffecten te verwachten van de thermische effecten van de lozing van koelwater in de Schelde.
Elektromagnetische straling		Er worden geen effecten van elektromagnetische straling buiten de terreingrenzen van KCD verwacht.
Biologische stressoren		
Infectiegevaar	Koeltorens vormen mogelijk een risico op de ontwikkeling van Legionella.	Het risico op blootstelling aan Legionella zal worden beoordeeld op basis van de historiek van eventuele besmettingen en de bestaande preventieve maatregelen.
Acute vergiftiging door toxines		Er zijn geen relevante bronnen van toxines verbonden aan de werking van Doel 4.
Chronische toxiciteit		Er zijn geen relevante bronnen van biologische toxines verbonden aan de werking van Doel 4.
Allergenen		Er zijn geen relevante bronnen van allergenen verbonden aan de werking van Doel 4.
Andere		
Stofhinder		De levensduurverlenging van Doel 4 brengt geen activiteiten met zich mee die aanleiding zouden kunnen geven tot stofhinder.
Nabijheid van groene ruimte	Inname van groene ruimte	Het project speelt zich af binnen de grenzen van KC Doel. De site is afgesloten met een omheining. Dit maakt dat het terrein momenteel geen publieke functie heeft. Nabijheid van groene ruimte is dan ook verder niet relevant in de discipline Mens gezondheid.
Psychosomatische aspecten	Bezorgdheid bij omwonenden omwille van de activiteiten in de KCD (exploitatiefase)	Er zal onderzocht worden of er mogelijks psychosomatische effecten optreden ten gevolge van de exploitatie van de Doel 4.
	Bezorgdheid bij de bevolking omwille van bevoorradingsonzekerheid	Bevoorradings(on)zekerheid wordt behandeld als een thema in dit MER.
Effecten van blackouts		Het mogelijke (gezondheids)effect van stroomtekorten wordt besproken.

3.6.2 Afbakening studiegebied

Het studiegebied in het kader van deze discipline wordt gedefinieerd door een zone van 5 km rondom de site Doel. Als uit de analyse blijkt dat de potentiële effecten verder reiken, zal een grotere zone bestudeerd worden. Voor wat betreft perceptie, vermeden emissies, effecten van een stroompanne en verspreide hinder nemen we Vlaanderen als studiegebied.

3.6.3 Beschrijving van de referentiesituatie

Tabel 47 geeft een overzicht van diverse aspecten van het ruimtegebruik in het studiegebied.

Tabel 47: Ruimtegebruik in het studiegebied van de inrichting.

Ruimtegebruik & bevolking	Eenheid	Invloedsgebied		Verduidelijking
		Aantal of % van gebied	Afstand & windrichting tot bron	
Ruimtegebruik				Bron: Geopunt, gewestplan, orthofoto
Kinderdagverblijven	aantal	6	2 op 4,5 km – NO 4,7 km - NO 4,8 km - NO 4,9 km - NO 4,9 km – ZW	
Kleuterscholen	aantal	3	4 km – NO 4,4 km - NO 4,9 km – NO	
Basisschool	aantal	3	4 km – NO 4,4 km - NO 4,9 km – NO	
Secundair onderwijs	aantal	0		
Speelterreinen, vakantieverblijven	aantal	0		
Sportterreinen, scoutsterrein, speelbos, ...	aantal	10	4,2 km – NO 4,3 km – NO 4,5 km – NO 4,6 km - NO 4,7 km - NO 2 op 5 km – NO 3,7 km – O 500 m – Z 3 km - Z	
Ziekenhuizen	aantal	0		
Bejaardentehuizen/woonzorgcentra	aantal	2	4,6 km – NO 4,7 km - NO	
Woonzone	% van studiegebied	2 %	900 m - Z	Doel
Landbouwactiviteit	% van studiegebied	25 %	100 m - W	Poldergebied

Ruimtegebruik & bevolking	Eenheid	Invloedsgebied		Verduidelijking	
		Aantal of % van gebied	Afstand & windrichting tot bron		
Ruimtegebruik				Bron: Geopunt, gewestplan, orthofoto	
Waterwinningsgebied: oppervlakte water + grondwater	% van studiegebied	17 %	800 m - O	Schelde	
Groenzone/natuur	% van studiegebied	19 %	600 m - O	Paardenschor, Ouden Galgenschoor	Schor Doel,
Industriegebied	% van studiegebied	36 %	1,5 km - Z		
Andere: recreatiegebied, autosnelwegen, gebied voor gemeenschapsvoorzieningen en openbaar nut	% van studiegebied	0,4 %			

De KC Doel wordt begrensd door poldergebieden. Binnen een straal van 5 km rond het projectgebied, is de bevolkingsdichtheid vrij beperkt. Deze perimeter omvat een omvangrijk deel van de haven van Antwerpen, de Schelde en de dunbevolkte polders. Het aantal mensen in de nabije omgeving van de centrale (in een straal van 2 000 m rond de inrichting) is zeer beperkt. Maximaal 150 mensen wonen op zo een korte afstand van de centrale.

Tabel 48: Bevolkingsaantal in een straal van 2 en 5 km rond de kerncentrale van Doel (bron: Statbel).

	Bevolkingsaantal statistische sectoren in een straal van 2 km rond KCD	Bevolkingsaantal statistische sectoren in een straal van 5 km rond KCD
2014	146	10.445
2015	141	10.486
2016	136	10.521
2017	121	10.557
2018	110	10.680
2019	110	10.685

In de dorpskern van het polderdorp Doel, op ongeveer 900 m ten zuiden van KCD, wonen een 20-tal inwoners. De bevolking in het dorp Doel is gedurende vele jaren afgenomen onder invloed van de havenontwikkelingen en de woononzekerheid. Recent is er, naar aanleiding van het ECA-project, wel terug perspectief gekomen op het voortbestaan van het dorp, dat planologisch nog steeds woongebied is. Wat dit betekent in termen van toekomstige bewonersaantallen is op dit moment moeilijk te voorspellen. De hinder die gepaard zal gaan met het Tweede Getijdendok dat vlak naast het dorp komt te liggen zal de aantrekkelijkheid ervan allicht beperken.

Verder bevinden er zich geen woongebieden in de directe omgeving van KCD. Wel liggen er verspreid in de polders verschillende wooneenheden en woonclusters, onder meer de poldergehuchten Ouden Doel, Rapenburg, Saftingen en Prosperpolder. In de verspreide bewoning van de Grote Doelpolder wonen nog ca. 100 personen. Lillo bevindt zich aan de overzijde van de Schelde op ongeveer 2,5 km, met een residentiële populatie van een 40-tal personen. In een straal van 5 km bevinden zich de meeste inwoners in Zandvliet (ca. 3500 personen) en Berendrecht (ca. 6000 personen).

Ten slotte kan het Havencentrum Lillo (Scheldelaan 444 – Haven 621, Lillo) vermeld worden. Het Havencentrum is gelegen in het havengebied, ter hoogte van Lillo-Fort (2,5 km in zuidoostelijke richting t.a.v. KCD). Hier worden opleidingen gegeven en kunnen zich er tijdens de werkuren grote groepen mensen (scholen, ...) bevinden.

De ruime omgeving van de kerncentrale wordt gekenmerkt door een sterke industrialisering (havengebied). KCD ligt vlakbij het Antwerps havengebied. Dit havengebied bevat uitgestrekte industrieterreinen aan weerszijden van de Schelde. De industriële ondernemingen in de Antwerpse havenzone stellen rechtstreeks meer dan 60.000 personen tewerk. Daarnaast zijn er nog de vele onderaannemers die dagelijks aan het werk zijn in de Antwerpse havenzone. De aanwezigheid van deze industrie zorgt voor een gevoelige verhoging van de populatie binnen het studiegebied, zowel overdag als 's nachts, aangezien een belangrijk deel van de bedrijven volcontinu produceert.

De Antwerpse havenzone wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een (petro)chemische cluster enerzijds en containerterminals anderzijds. Voorbeelden van (petro)chemische installaties rondom de site zijn BASF, Ineos Manufacturing Belgium, Invoy Manufacturing Belgium, Gunvor Petroleum Antwerpen en Bayer Agriculture. Op linkeroever zijn er bedrijven zoals Borealis Kallo, Ineos Phenol Belgium en Ashland Specialities Belgium. Globaal genomen gaat het om de installaties die onderworpen zijn aan de zogenaamde SEVESO-richtlijn betreffende de preventie van de risico's van zware ongevallen die zouden kunnen worden veroorzaakt door bepaalde industriële activiteiten.

De dichtstbijzijnde Sevesobedrijven situeren zich t.a.v. de KCD op ca. 1,5 km. Het gaat om de bedrijven langs de Scheldelaan die zich op de rechteroever bevinden van het Antwerpse havengebied (waaronder Gunvor Petroleum Antwerpen, Ineos Manufacturing Belgium, Inovyn Manufacturing Belgium, Vesta Terminal Antwerp, Bayer Agriculture).

3.6.4 Effectbespreking

3.6.4.1 Infectiegevaar voor Legionella

Legionella is een bacterie die in watersystemen voorkomt. Onder de juiste groeiomstandigheden kan de bacterie zich vermenigvuldigen. Lage hoeveelheden kunnen uitgroeien tot hoge concentraties als groeibevorderende factoren (ijzeren leidingen, rubberen afdichtingen) aanwezig zijn.

Een besmetting met legionellakiemen kan leiden tot legionellose. Een besmetting kan gebeuren via de longen na het inademen van de bacterie in kleine druppeltjes water. Aerosolvorming treedt op bij het douchen, sproeien en bij onder meer verneveling in een koeltoren. De legionellakiemen groeien in water bij een temperatuur tussen de 20 en de 50 °C, met een maximale piek tussen de 35 °C en de 40 °C. Onder de 20 °C is er inhibitie, boven de 50 °C sterft de kiem af. Hoe hoger de temperatuur, hoe vlugger de afdoding. De essentiële voedingsstoffen voor de groei kunnen zich onder andere in een biofilm bevinden.

Andere omstandigheden die een groei van de Legionella-bacteriën bevorderen, zijn:

- Stagnerend water;
- Zuurtegraad tussen 5 en 8,5;
- Sediment dat aanleiding geeft tot vorming van een biofilm;
- Aanwezigheid van micro-organismen, zoals algen, flavobacteriën, Pseudomonas, amoeben.

Ter beheersing van Legionella werd in Vlaanderen een wettelijk kader opgesteld met normen en beheersvoorschriften alsook een richtlijn heropstart koelcircuits na een periode van inactiviteit.

Er zijn op de site van KCD vandaag volgende koeltorens aanwezig:

- 2 open recirculerende koeltorens (CW) van Doel 3 en Doel 4;
- diverse hulpkoeltorens van D3 / D4 en WAB;
- koeltorens van D1/2.

De koeltoren van Doel 3 is echter niet meer actief, aangezien die reactor in september 2022 werd stilgelegd.

Door de aanwezigheid van open koeltorens is het legionellabesluit (Besluit Vlaamse Regering van 09/02/2007) van toepassing bij KCD. Dit besluit bepaalt maatregelen tegen *Legionella pneumophila* ter voorkoming van de veteranenziekte.

Volgens het besluit dient KCD een beheerplan op te stellen dat een beschrijving van de installatie, een risicoanalyse en preventiemaatregelen omvat. Bij iedere wijziging van de installatie die een invloed kan hebben op de kans op ontwikkeling van *Legionella* en minstens om de vijf jaar wordt dit beheerplan geëvalueerd en eventueel bijgesteld.

De open recirculerende koeltorens van Doel 4 en de hulpkoeltorens van D3 / D4 en WAB maken gebruik van Scheldewater. Gelet op het feit dat dit brak water is, vormen deze koeltorens geen risico voor Legionellabesmetting ten gevolge van het hoge zoutgehalte.

Enkel de hulpkoeltorens van Doel 1/2 worden met stadswater op peil gehouden. Overeenkomstig het beheerplan worden deze hulpkoeltorens minstens 2 maal per jaar bemonsterd en geanalyseerd op de aanwezigheid van *Legionella*. Indien, uitzonderlijk, de grenswaarde van het besluit wordt overschreden, dan worden de nodige maatregelen genomen (reinigen, biocide verhogen) en opnieuw controles uitgevoerd.

Voor zover bekend hebben zich nog nooit *Legionella* besmettingen voorgedaan als gevolg van de exploitatie van de koeltorens bij KCD. Er kan dan ook besloten worden dat mits toepassing van het beheerplan het risico voor besmetting met *Legionella* vanuit de koeltorens in de huidige situatie verwaarloosbaar is.

In een situatie van levensduurverlenging zijn enkel de koeltoren van Doel 4 en de bijhorende hulpkoeltorens nog actief. Zoals hoger beschreven is het infectiegevaar voor *Legionella* voor deze koeltorens onbestaande, aangezien hij gevoed wordt met brak Scheldewater. Er is dan ook geen verschil tussen de situatie met en zonder levensduurverlenging van Doel 4.

3.6.4.2 Psychosomatische aspecten en risicoperceptie

Met risicoperceptie kunnen psychosomatische klachten samengaan. Met 'psychosomatische' effecten wordt bedoeld op mogelijke lichamelijke klachten die een psychische ofwel geen medische oorzaak hebben. Bij 'psychosomatische' effecten is de rechtstreekste oorzaak niet altijd duidelijk. Er ligt altijd een combinatie van factoren aan de basis. Psychische problemen zijn veelal begrijpelijke menselijke reacties op specifieke situaties en zijn niet zomaar enkel een biomedische, genetische, neurologische reactie of een ziekte van de hersenen.

Gegevens over het voorkomen van psychosomatische klachten als gevolg van specifiek de exploitatie van de kerncentrale van Doel zijn niet beschikbaar. Wel zijn er gegevens beschikbaar van bevestigingen en enquêtes naar de houding (incl. risicoperceptie) van kernenergie, nucleaire technologie en de kerncentrales van België bij de algemene Belgische bevolking.

Een studie door IPSOS in November 2011 in opdracht van Greenpeace (representatief voor de Belgische bevolking) toont aan dat 76 % van de respondenten 'akkoord tot zeer akkoord' zijn met de keuze om te investeren in hernieuwbare energiebronnen in plaats van een levensduurverlenging van de kerncentrales. 14 % was het oneens met deze keuze. 66 % ging akkoord tot zeer akkoord met het sluiten van de oudste kerncentrales in 2016, zoals voorzien, en 22 % was hier niet mee akkoord.

SCK CEN onderzoekt sinds 2002 de publieke perceptie van stralingsrisico's en de houding tegenover nucleaire energie. Het onderzoek gebeurt vooral via de "SCK CEN Barometer". Dit is een brede bevestiging van de bevolking (meer dan 1.000 personen), representatief voor volwassen Belgen (18+), verdeeld over de provincies, gewesten, urbanisatieniveau, geslacht, leeftijd en tewerkstellingsstatus.

De SCK CEN Barometers omvatten terugkerende onderwerpen zoals perceptie van diverse stralingsrisico's, vertrouwen in de actoren in de nucleaire sector en meningen over het gebruik van kernenergie, maar ook meer gedetailleerde vragen over specifieke onderwerpen.

De SCK CEN Barometer toont aan dat in 2018 milieuvervuiling en het niet conform gebruik van nucleaire technologie de hoogste bezorgdheid wegdraagt bij de bevolking: 61 % beschouwt milieuvervuiling als een groot of zeer groot risico in de volgende 20 jaar, en 54 % beschouwt het potentieel misbruik van nucleaire technologieën door

terroristen als een groot tot zeer groot risico. In dezelfde studie beschouwt de helft van de bevolking een potentieel nucleair ongeval en radioactief afval als een groot tot zeer groot risico voor haar gezondheid in de volgende 20 jaar. Algemeen is er consensus om het aantal kerncentrales te reduceren. Het vertrouwen in de autoriteiten voor de maatregelen die ze neemt om de bevolking te beschermen tegen risico's van een nucleair ongeval neemt af tussen 2013 en 2018.

Wat betreft de toekomst van kernenergie in België vindt de meerderheid van de bevolking de vermindering van het aantal kerncentrales in België een goede zaak (71 % akkoord tot zeer akkoord) en vinden zij dat kerncentrales een gevaar vormen voor de toekomst van hun kinderen (64 %). Anderzijds denkt meer dan de helft van de bevolking dat hernieuwbare energie niet voldoet om te voorzien in de huidige energienoden. Eén op vier Belgen is in 2018 van mening dat kernenergie een klimaatvriendelijke technologie is, maar de helft van de Belgen is de tegengestelde mening toegedaan.

In 2015 geeft 38 % van de Belgische bevolking aan dat ze bereid is meer te betalen om het gebruik van hernieuwbare energie te promoten en 45 % van de bevolking is hiertoe niet bereid (SCK CEN Barometer 2015); in 2018 49 % was hiertoe bereid en 40 % niet. Aanvullend geeft 42 % aan dat ze niet denken dat hernieuwbare energie voldoet om te voorzien in de huidige energienoden en 35 % denkt dat dit wel mogelijk is; in 2018 was dit respectievelijk 55 % en 29 %.

Gelijkaardig aan de resultaten betreffende de meningen over kernenergie, is 37 % van mening dat de voordelen van kernenergie opwegen tegen de nadelen. 36 % van de bevolking was de tegenovergestelde mening toegedaan.

In 2018 (SCK CEN Barometer, representatieve data 18+ van de Belgische bevolking) was ongeveer 33 % voorstander van de uitbating van bestaande kerncentrales zonder vervanging aan het einde van hun operatie (vs. 40 % in 2015 en 57 % in 2013). Het aandeel van de bevolking dat voorstander is van het bouwen van nieuwe centrales en het behouden of sluiten van de bestaande is gelijk (ongeveer 30 %) aan het aandeel van de bevolking dat vindt dat alle kerncentrales zo snel als mogelijk gesloten moeten worden zonder vervangen te worden. Meer precies is 11 % van mening dat België zijn kerncentrales moet sluiten en nieuwe moet bouwen, en 19 % geeft aan dat België de huidige kerncentrales moet uitbaten en nieuwe bouwen om de oude te vervangen.

Ongeveer de helft van de Belgische bevolking de risico's gelinkt aan nucleaire ongevallen als hoog tot zeer hoog beschouwen. Een groot deel van de bevolking (75 %) vindt dat zelfs een lage dosis ten gevolge van een nucleair ongeval schadelijk is voor de volksgezondheid.

Meningen over het gebruik van kernenergie voor elektriciteitsproductie zijn gelijk verdeeld in 2018 tussen gunstig en ongunstig. In vergelijking met vorige jaren, zijn de meningen in 2018 meer gepolariseerd (met minder onbesliste respondenten). Eén op de twee Belgen (49 %) toont zich bereid meer te betalen voor elektriciteit ten voordele van het gebruik van hernieuwbare energie. Een gelijkaardig deel van de bevolking (55 %) denkt dat hernieuwbare energie niet kan voldoen in de huidige energienoden.

Uit bovenstaande beschouwingen blijkt een gemengd beeld; er kan alleszins niet uit opgemaakt worden of het gebruik van kernenergie of het bestaan van de nucleaire centrales tot specifieke psychosomatische of psychosociale klachten aanleiding geeft. Wel kan aangenomen worden dat als dergelijke klachten er zouden zijn die vooral verband zouden houden met nucleaire elektriciteitsproductie in het algemeen, en niet zozeer met het al dan niet functioneren van de specifieke reactoreenheid Doel 4.

Hoewel een belangrijk deel van de bevolking bezorgd is over een nucleair ongeval, zijn er zoals gezegd geen gegevens die aantonen dat dit als hoog gepercipieerde risico ook psychosomatische effecten veroorzaakt. Over de specifieke situatie met betrekking tot de site van KC Doel, laat staan Doel 4, is niets geweten. Er kan wel aangenomen worden dat bij een levensduurverlenging van Doel 4 de risicoperceptie (bij de omwonenden en ruimer) ook tien jaar langer zal blijven bestaan; weliswaar zal die risicoperceptie zijn afgenomen omdat drie van de vier reactoren in Doel (en twee van de drie in Tihange) gesloten zullen zijn. Aangezien er geen concrete aanwijzingen zijn dat de risicoperceptie ook concreet tot psychosomatische klachten aanleiding geeft, die specifiek zijn toe te wijzen aan de werking van de kerncentrales, kunnen we aannemen dat het effect van de risicoperceptie bij levensduurverlenging geen aanleiding geeft tot toewijsbare psychosomatische klachten.

Het is duidelijk dat bij de bevolking ook bezorgdheid leeft om het niet of niet voldoende beschikbaar zijn van energie. In de hogervermelde studie van IPSOS (2011) gaf 31 % van de respondenten aan dat zij bezorgd waren over een mogelijke black-out indien de nucleaire reactoren geleidelijk zouden gesloten worden tussen 2015 en 2025, een meerderheid (55 %) deelde deze bezorgdheid echter niet. Voor zover we weten zijn vergelijkbare gegevens niet beschikbaar voor de huidige situatie. Aangezien de kans op tekorten sindsdien echter veel concreter is geworden, onder meer ook door de geopolitieke context, kan wel aangenomen worden dat het aandeel mensen dat bezorgd is om de bevoorradingszekerheid vandaag hoger is dan in 2011.

3.6.4.3 Externe veiligheid (niet-nucleaire ongevallen)

De kerncentrale van Doel is een lage drempel-Seveso-inrichting. Dit betekent dat er gevaarlijke stoffen aanwezig zijn in hoeveelheden die de lage drempel overschrijden, maar de hoge drempel onderschrijden. Met aanwezigheid wordt bedoeld: zowel de feitelijke of voorziene aanwezigheid in opslaginstallaties, in procesinstallaties, in leidingen, in ... (als grondstof, tussenproduct, katalysator, solvent, eindproduct, ...), als de aanwezigheid die kan ontstaan wanneer een industrieel chemisch proces buiten controle geraakt. Uit de Seveso-toetsing blijkt de kerncentrale van Doel een lagedrempel inrichting is ten gevolge van de hoeveelheid opgeslagen gasolie.

In het kader van het MER voor de hervergunning werd in 2010 een beoordeling van de externe mensrisico's en milieurisico's voor de aanwezige Seveso-stoffen opgemaakt (Tractebel Engineering, 9/07/2010). De voornaamste bevindingen worden hieronder samengevat.

Volgende installaties bevatten gevaarlijke stoffen (i.c. Seveso-stoffen):

- gasolie installaties: voorraadtanks voor de veiligheids- en noodinstallaties van de productie-eenheden Doel 1, 2, 3 en 4, voor de verwarmingsinstallatie van het magazijn, voor de hulpstoomketels en voor de garage;
- waterstof installaties: waterstofkoelkring van alternatoren van productie-eenheden Doel 1, 2, 3 en 4;
- hydrazine (4,9 %) installaties: voorraadtanks voor de productie-eenheden Doel 1, 2, 3 en 4;
- installaties met waterige oplossing van kaliumchromaat⁷⁴, als conditioneringsmiddel in de gesloten koelkring: buffertanks voor de productie-eenheden Doel 1/2, 3 en 4 en voor de waterconditioneringseenheid WAB.

De externe mensrisico's van een zwaar ongeval werden op een kwantitatieve wijze begroot middels een kwantitatieve risicoanalyse (QRA). Enkel producten met eigenschappen (toxisch, brandbaar, ontplofbare) die een invloed kunnen hebben op het externe mensrisico werden meegenomen in deze analyse. Zo worden de oplossingen van kaliumchromaat niet in deze paragraaf behandeld aangezien ze milieugevaarlijk zijn.

De maximale effectafstanden (grootste afstand tot 1 % letaliteit) werden berekend voor:

- warmtestraling;
- overdrukeffecten;
- toxische dampen.

De berekende maximale effectafstand bedroeg voor de waterstofinstallaties 84 m voor een explosie; de maximale effectafstand voor brand in de inkuiping van een gasolietank werd berekend als 30 m.

Deze effectafstanden reiken niet tot buiten de terreingrenzen. Het externe mensrisico (risico voor personen aanwezig buiten de inrichting) is in de huidige situatie daarom verwaarloosbaar klein.

De niet-nucleaire externe veiligheidsrisico's zullen bij een levensduurverlenging van Doel 4 een stuk lager liggen dan vandaag, aangezien veel van de voorraden van gevaarlijke stoffen sterk verminderd zullen worden. Zo leidt de

⁷⁴ In 2010 omvatten de buffertanks nog concentraties tot 16,8 % kaliumchromaat. Onder REACH is sinds 21/9/2017 is het gebruik van kaliumchromaat echter verboden (tenzij men een autorisatie of uitzondering krijgt). Om deze reden worden de installaties niet meer bijgevuld met deze concentraties en blijven de concentraties onder 1 % (oplossing onder 1 % vallen niet onder de regels).

sluiting van de drie andere reactoren op de site bijvoorbeeld tot het uit gebruik nemen van een aanzienlijk deel van de verbrandingsinstallaties, en daarmee ook tot een vermindering van de opgeslagen voorraden diesel.

Uiteraard zal het externe mensrisico theoretisch hoger liggen tijdens een eventuele levensduurverlenging van Doel 4 dan zonder die levensduurverlenging, hoewel ook bij een volledige sluiting van alle reactoren uiteraard nog veel gevaarlijke stoffen op de site aanwezig zullen blijven, bijvoorbeeld in het kader van de ontmanteling. Aangezien echter werd aangetoond dat ook in de huidige situatie het externe mensrisico verwaarloosbaar is geldt dit uiteraard ook (en des te meer) voor een situatie bij levensduurverlenging van Doel 4. We besluiten dat externe veiligheid geen onderscheidende factor is bij een eventuele levensduurverlenging van Doel 4.

3.6.4.4 (Vermeden) gezondheidseffecten van een black-out.

Levensduurverlenging van Doel 4 is gericht op het verzekeren van de bevoorradingszekerheid, in afwachting van een situatie waarbij die bevoorradingszekerheid kan gegarandeerd worden met behulp van andere energiebronnen.

De levensduurverlenging vermindert het gevaar van een black-out (en van de ermee gepaard gaande gezondheidseffecten) dus drastisch. Het uitvallen van de stroomvoorziening brengt inderdaad potentieel een aanzienlijke economische en maatschappelijke kost met zich mee.

In een studie uit 2014 van het Federaal Planbureau gebeurde een kwantitatieve evaluatie van het effect van stroompannes in België, op basis van een Oostenrijks model (Black-out Simulator). Een stroompanne op Belgisch grondgebied van één uur tijdens een werkdag op een tijdstip dat alle Belgische bedrijven actief zijn, zou een totale maatschappelijke economische schade veroorzaken van ongeveer 120 miljoen euro (zowel in de winter als in de zomer). Enkele alternatieve methodes werden eveneens doorgerekend en leverden een vork op tussen 61 miljoen (de "bbp-methode") en 278 miljoen euro (de "RTE-methode"). In de vermelde economische schade zit ook de schade vervat die door de gezinnen wordt geleden, die echter "maar" 8 miljoen euro per uur bedraagt. De industriële sector heeft met 49 % het grootste aandeel in de totale kost; de tertiaire sector is verantwoordelijk voor ongeveer 40 % van de kost. Het gebruikte model liet ook toe de berekende schade ruimtelijk toe te wijzen. Hieruit bleek dat veruit het grootste verlies werd opgetekend in de provincie Antwerpen (24,74 miljoen euro, of bijna 21 % van het totaal), op enige afstand gevolgd door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (15,67 miljoen euro of 13 %).

Belangrijk is nog op te merken dat in deze inschatting steeds gekeken werd naar een 1 uur durende onderbreking. De impact van een 2 uur durende panne is niet noodzakelijk dubbel zo groot. Dat blijkt ook uit de Simulatorcijfers: de schade van een 2 uur durende panne voor heel België belooft 'slechts' 170 miljoen euro (of 42 % meer dan een 1 uur durende panne). Bij het langer duren van een verstoring nemen de gevolgen echter terug lineair toe met de tijd, en na om en bij 8 uur zal de schade exponentieel toenemen. Bij een uitval van meer dan 8 uur kan gesproken worden van een rampentoestand: het aantal, maar vooral de ernst van de gevolgen zal dan nog moeilijk te overzien (en in te schatten) zijn.

Het is duidelijk dat met bovenstaande economische verliezen ook gezondheidsrisico's gepaard gaan.

Stroomuitval kan een invloed hebben op de werking van de hulpdiensten. Alle ziekenhuizen hebben noodstroomsystemen om de meest kritieke activiteiten te ondersteunen, zoals operatiekamers, intensive care-afdelingen, spoedeisende hulpdiensten, enz. Afhankelijk van de faciliteit kunnen hulpstroomsystemen mogelijk sommige andere diensten niet ondersteunen, waaronder röntgenstraling, airconditioning, koeling, liften, etc. Bovendien kunnen technische problemen ontstaan met de hulpgeneratoren, zoals bleek tijdens de black-out van New York in 1977. Sommige ziekenhuizen hadden moeite om generatoren online te brengen en werden geconfronteerd met generatoren die oververhit raakten.

De factoren die dit effect bepalen zijn onder meer directe parameters als de duurtijd of de frequentie, en anderzijds contextuele parameters als daar zijn de buitentemperatuur en de schaal. Veiligheidsproblemen ontstaan eveneens bij een stroompanne, doch deze zijn niet het voorwerp van de discipline gezondheid. Klassieke veiligheidsproblemen kunnen ontstaan in hospitalen, liften, files, enz. ... Een belangrijke studie (Dominianni 2018), rapporteert de gezondheidseffecten van een stroomonderbreking gebaseerd op drie gebeurtenissen. Bij twee van de drie stroomonderbrekingen is de context mee bepalend; de stroomonderbrekingen vonden namelijk plaats

tijdens een hittegolf. De effecten gebaseerd op dit onderzoek omvatten ademhalingsproblemen en waarschijnlijk een verhoogde mortaliteit. Stroomonderbrekingen bij hittegolven kunnen tot nierfalen leiden. Bij extreme koude leidt dit tot meer algemene doodsoorzaken en hartziekten.

Casey et al. (2020) komen op basis van een uitgebreide meta-analyse tot het besluit dat stroomuitval belangrijke gevolgen heeft voor de gezondheid, variërend van koolmonoxidevergiftiging, temperatuurgerelateerde ziekte, gastro-intestinale ziekte en mortaliteit tot ziekenhuisopnames met alle oorzaken, cardiovasculaire, ademhalings- en nierziekten, vooral voor personen die afhankelijk zijn van elektriciteitsafhankelijke medische apparatuur.

Het is dus duidelijk dat de vermindering van de kans op stroomonderbrekingen die met het project gepaard gaat ook de kans op de bijhorende negatieve gezondheidseffecten vermindert, en dus positief beoordeeld kan worden.

3.6.5 Samenvatting van de voornaamste bevindingen

Het project (de levensduurverlenging van reactor Doel 4 met 10 jaar) heeft geen betekenisvolle gevolgen voor de gezondheid. Op basis van een voorafgaande screening werden enkel de effecten met betrekking tot Legionella, eventuele psychosomatische aspecten die gepaard gaan met risicoperceptie, en de vermeden gezondheidseffecten die met een black out gepaard kunnen gaan als mogelijk relevant zouden kunnen worden beschouwd.

Uit bovenstaande analyse blijkt dat Legionella geen probleem kan vormen, gezien het brakke water waarmee de koeltorens van Doel 4 worden gevoed. Wat betreft risicoperceptie met betrekking tot nucleaire ongevallen kan gesteld worden dat die risicoperceptie er wel degelijk is, maar dat er geen aantoonbaar verband is met psychosomatische effecten. Tenslotte kan bevestigd worden dat de levensduurverlenging van Doel 4 de kansen op een black-out gevoelig vermindert (vooral in de eerste jaren van de levensduurverlenging), met dus een positief effect op het vermijden van de gezondheidseffecten die met stroomonderbrekingen kunnen gepaard gaan.

3.6.6 Milderende maatregelen

Milderende maatregelen zijn voor deze discipline niet aan de orde.

3.6.7 Leemten in de kennis en monitoring

Er zijn geen belangrijke leemten in de kennis. De verschillende dosis-effectrelaties, en de oorzaken die aan de basis kunnen liggen van mogelijke gezondheidseffecten, zijn voldoende gekend.

3.7 Grensoverschrijdende effecten

De meeste niet-radiologische effecten toe te schrijven aan de levensduurverlenging van Doel 4 beperken zich tot de onmiddellijke omgeving van de kerncentrale, zijn beperkt in omvang en geven dus geen aanleiding tot grensoverschrijdende effecten. Enkel voor het thema Water kan er wel sprake zijn van (beperkte) grensoverschrijdende effecten.

Op basis van monitoring (2012^{lxii}) van de temperatuurinvloed van het koelwater van KC Doel op de Schelde ter hoogte van de Nederlandse grens (op ca. 3,4 km afstand van het lozingspunt), is de invloed van de lozing van het koelwater hoogstens als beperkt negatief te beschouwen (i.e. de temperatuurstijging ten gevolge van de lozing zal kleiner zijn dan 1 °C). Deze temperatuurstijging zal stroomafwaarts op Nederlands grondgebied verder langzaam afnemen.

Op te merken valt dat diverse grensoverschrijdende effecten niet uit te sluiten zijn in de referentiesituatie, als er geen levensduurverlenging plaatsvindt en er dus andere productiemiddelen moeten ingezet worden om de capaciteit van Doel 4 in te zetten. Het belang en de aard van die grensoverschrijdende effecten zal sterk afhangen van de locaties waar de (theoretische) vervangcapaciteit wordt voorzien, van de technische kenmerken van die installaties en van hun vergunningskenmerken.

4 Radiologische effecten Doel 4

4.1 Directe straling en lozingen tijdens normale uitbating

4.1.1 Huidige situatie

Zoals besproken in de algemene methodologie (zie §2.3.3) zijn de potentiële blootstelling aan straling voor mens en milieu bij normale uitbating gerelateerd aan directe straling van radioactiviteit aanwezig op en straling afkomstig van de site en de gasvormige en vloeibare lozingen van effluënten die bepaalde concentraties aan radioactiviteit bevatten. We beschrijven hier de huidige situatie voor KC Doel.

Directe straling

Het TELERAD-netwerk uitgebaat door het FANC-AFCN meet continu de straling die in de omgeving aanwezig is (zie §2.3.5). Specifiek voor de site van KC Doel bestaat het TELERAD-netwerk uit 18 ringstations geplaatst langs de perimeter van de site en zo'n 16 stations in de bredere omgeving van KC Doel (agglomeratie stations). De ringstations zijn spectroscopische stations die naast het dosistempo ook gammaspectra registreren (ze meten eveneens de energie van de gammastraling). Dit laat toe om specifieke/typische radionucliden gelinkt aan de uitbating van KC Doel te identificeren als ze aanwezig zijn. Alle stations meten dosistempo (omgevingsdosisequivalenttempo $H^*[10]$) en zijn in staat zowel achtergrondniveaus nauwkeurig te meten, waarbij de variatie in de natuurlijke achtergrondstraling in functie van de tijd waargenomen kan worden (bijvoorbeeld bij regen zal een verhoging optreden in achtergrondstraling door het uitwassen van de dochternucliden van het natuurlijke radioactieve radon in de lucht), evenals een inschatting te maken van de jaarlijkse dosis aan externe gammastraling op de locatie van elk station, alsook nauwkeurige metingen te doen bij sterk verhoogde dosistempi (ongevalssituaties).

De ringstations kunnen, naast natuurlijke straling uit de omgeving, zowel de rechtstreekse straling (directe straling) oppikken van de radioactiviteit op en de straling afkomstig van de site als deze van de radioactieve lozingen. In Figuur 65 wordt de jaarlijkse dosis⁷⁵ getoond die geregistreerd werd door de ringstations. In Tabel 49 zijn de data voor alle beschouwde jaren opgenomen. We zien dat gemiddelde waarden variëren tussen 0,66 en 0,80 mSv per jaar voor de verschillende ringstations. Deze waarden komen overeen met de typische waarden aan achtergrondstraling in Vlaanderen, die rond de 0,7 mSv/jaar bedraagt (0,3 mSv/jaar kosmische straling en 0,4 mSv/jaar aardstraling). De variaties kunnen toegeschreven worden aan natuurlijke radioactiviteit in de directe omgeving van elk station. Daar deze stations zowel natuurlijke als kunstmatige straling meten kan het niet uitgesloten worden dat een bijdrage, die echter zeer klein is en binnen de variaties van de natuurlijke achtergrond valt, afkomstig is van de uitbating van KC Doel. De aandachtige lezer zal het opgevallen zijn dat de jaarlijkse dosissen aan de oostkant van de site in het algemeen iets lager zijn dan aan de westkant van de site. Dit is met grote waarschijnlijkheid toe te schrijven aan het feit dat de stations aan de oostkant grenzen aan de Schelde. Rivier- en zeewater bevat veel minder radioactiviteit dan de natuurlijke radioactiviteit die aanwezig is op land. De stations met de hoogste dosiswaarde (0,85 en 0,77 mSv) liggen nabij het water- en afvalbehandelingsgebouw (WAB). Verhoging door de opslag van radioactiviteit is mogelijk, maar is niet te onderscheiden van natuurlijke variaties op die locaties.

Deze metingen tonen in elk geval dat de dosis door externe straling veel kleiner is dan de wettelijke limiet van 1 mSv/jaar en niet te onderscheiden van lokale variaties in de natuurlijke achtergrond.

⁷⁵ De gemiddelde jaarlijkse dosis werd berekend voor elk TELERAD ringstation door voor elk jaar uit de periode het gemiddelde dosisdebiet van de 10-minutendata te bepalen en dat met een factor $(365,25 \times 24)$ te vermenigvuldigen voor het gemiddeld aantal uren in een jaar en dan het gemiddelde te nemen over de verschillende jaren.



Figuur 65: Jaarlijkse dosis in mSv (gemiddelde over periode 2015 tot en met 2022) zoals gemeten door de TELERAD stations uitgebaat door het FANC-AFCN rondom de site van KC Doel (Figuur gemaakt op basis van 10-minuten data bekomen van het FANC-AFCN).

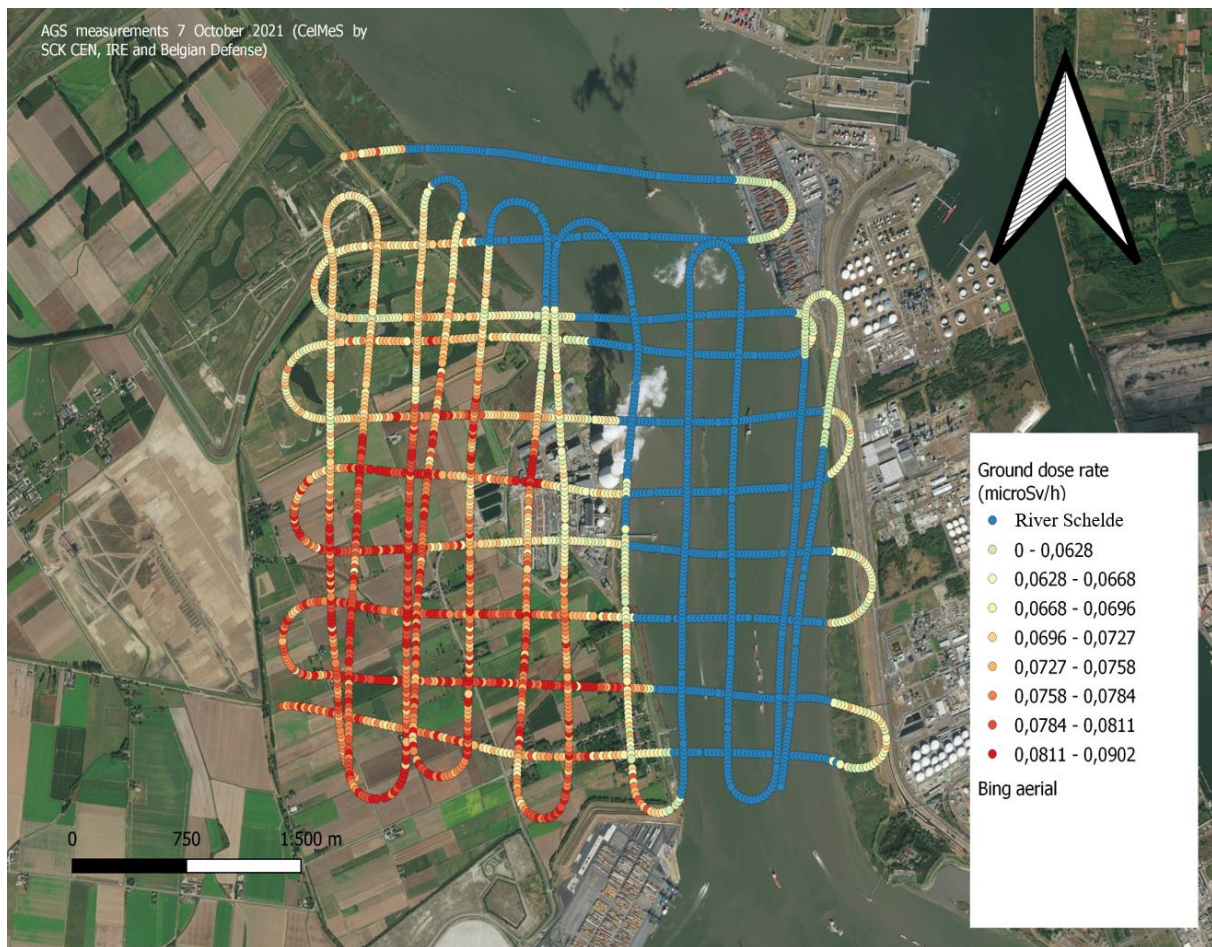
Tabel 49: Jaarlijkse dosis in mSv van externe straling zoals geregistreerd door de 18 TELERAD stations rondom de site van Doel (Data op basis van 10-minuten gegevens FANC-AFCN). Ook het gemiddelde en de standaardafwijking zijn gegeven.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Ge- middelde	Standaard- afwijking
BE401	0,724	0,731	0,736	0,752	0,761	0,750	0,736	0,719	0,739	0,014
BE402	0,726	0,723	0,727	0,721	0,707	0,705	0,715	0,706	0,716	0,008
BE403	0,728	0,748	0,746	0,743	0,732	0,722	0,709	0,703	0,729	0,016
BE404	0,836	0,839	0,846	0,861	0,856	0,850	0,843	0,845	0,847	0,008
BE405	0,745	0,720	0,723	0,734	0,743	0,741	0,731	0,730	0,733	0,009
BE406	0,690	0,687	0,693	0,714	0,711	0,703	0,708	0,713	0,702	0,010
BE407	0,738	0,767	0,760	0,756	0,796	0,794	0,766	0,747	0,765	0,019
BE408	0,731	0,736	0,742	0,745	0,733	0,732	0,730	0,733	0,735	0,005
BE409	0,714	0,718	0,728	0,750	0,760	0,764	0,759	0,760	0,744	0,019

BE410	0,822	0,762	0,751	0,749	0,748	0,760	0,721	0,729	0,755	0,029
BE411	0,719	0,717	0,712	0,723	0,705	0,692	0,689	0,689	0,706	0,013
BE412	0,722	0,726	0,731	0,747	0,728	0,726	0,725	0,728	0,729	0,007
BE413	0,683	0,689	0,689	0,693	0,700	0,734	0,740	0,729	0,707	0,022
BE414	0,693	0,699	0,699	0,710	0,685	0,674	0,674	0,676	0,689	0,013
BE415	0,695	0,732	0,728	0,728	0,712	0,702	0,698	0,696	0,711	0,015
BE416	0,708	0,786	0,717	0,725	0,722	0,698	0,693	0,696	0,718	0,028
BE417	0,704	0,713	0,714	0,720	0,718	0,711	0,703	0,701	0,710	0,007
BE418	0,685	0,667	0,665	0,652	0,653	0,653	0,650	0,653	0,660	0,011

In het kader van een federale noodplan oefening werd op 7 oktober 2021 in een samenwerking tussen SCK CEN, IRE, Defensie, FANC-AFCN en in overleg met de uitbater van KC Doel een helikoptervlucht uitgevoerd boven KC Doel en omgeving met radiologische apparatuur aan boord die specifiek bedoeld is om de besmetting na een ongeval in kaart te brengen. Deze apparatuur, bestaande uit 4x4 liter NaI(Tl) detectoren, is voldoende gevoelig om variaties in de natuurlijke achtergrond te detecteren of artificiële bronnen van radioactiviteit op te sporen. De resultaten van deze metingen (twee vluchten in twee richtingen: noord-zuid en oost-west over KC Doel en de nabije omgeving) zijn getoond in Figuur 66. Deze figuur toont het dosistempo in microSv/uur ($\mu\text{Sv/h}$) zoals elke seconde geregistreerd langs het pad van de helikopter, gecorrigeerd voor de hoogte boven het terrein, zodat dit dosistempo overeenkomt met de waarde waaraan een persoon aan de grond is blootgesteld. Boven de Schelde zijn geen waarden gegeven, gezien het een brede rivier is, is de gemeten waarde –die overal erg laag was– vanuit de helikopter niet representatief voor de waarde van een persoon nabij het wateroppervlak (bv. op boot). Gezien water veel minder natuurlijke radioactiviteit bevat dan grond, is het dosistempo boven een wateroppervlak bijna alleen afkomstig van kosmische straling en bedraagt typisch $0,03 \mu\text{Sv/h}$. Ook boven land zie je nog een effect van de Schelde, de waarden zijn lager langs de oever van de Schelde, dan deze op grotere afstand van de Schelde. De dosistemporen boven land en de site van KC Doel variëren tussen $0,053 \mu\text{Sv/h}$ en $0,090 \mu\text{Sv/h}$. Dit komt overeen met een dosis aan externe straling van $0,46 \text{ mSv}$ tot $0,79 \text{ mSv/jaar}$ als we deze waarde als representatief voor een volledig jaar beschouwen. De spreiding is hier wat groter in vergelijking met de TELERAD-metingen daar het hier gaat om data gemeten gedurende slechts 1 seconde, terwijl de TELERAD-data gemiddelden zijn over verschillende jaren. Er was geen regen op het ogenblik van de helikoptermetingen en alle vier de reactoren werkten op het moment van de vlucht. De range aan waarden is consistent met typische achtergrondwaarden, de gebruikte kleuren en schaal zijn gekozen om kleine verschillen te visualiseren. Er wordt dus geen enkele verhoging bij overvliegen van de reactoren gemeten, de gemiddelde waarde over de site is niet hoger dan de gemiddelde waarde buiten de site. De maximaal gemeten waarde bevindt zich wel boven de site van KC Doel en de locatie komt overeen met een gebouw waar radioactieve effluenten/afval wordt behandeld. Hoewel de apparatuur naast het meten van het dosistempo ook toelaat een identificatie te doen en dus uit te maken of het hier gaat om natuurlijke dan wel artificiële straling, kon gezien de erg beperkte verhoging in dosistempo niet met zekerheid aangetoond worden dat het hier om straling afkomstig van artificiële radioactiviteit gaat.

Samen met de TELERAD-metingen tonen deze helikoptermetingen dat de radioactiviteit en straling in de verschillende reactoren en hulpgebouwen op de terreinen van KC Doel zeer goed afgeschermd zijn.



Figuur 66: Resultaat van helikoptermetingen boven de site van KC Doel en omgeving. Getoond wordt het dosistempo zoals gemeten vanuit de helikopter, maar gecorrigeerd voor de hoogte boven de grond om zo de blootstelling (dosistempo) aan de grond te krijgen. Meer uitleg: zie tekst, de kleuren en schaal zijn gekozen om kleine verschillen duidelijk zichtbaar te maken. De variaties passen binnen de natuurlijke variaties aan achtergrondstraling die verwacht kunnen worden in deze omgeving.

Atmosferische lozingen

De atmosferische lozingen vinden hun oorsprong en/of zijn toe te schrijven aan de volgende processen:

- Gasvormig afval (GW)
 - Ontgassing van de primaire kring wordt opgeslagen in verval tanks van het afgasverwerkingssysteem, deze worden na een periode van verval geloosd;
- Reactorgebouw of ringvormige ruimte (RGI)
 - Afvoer van het gas dat aanvankelijk door een luchtzuiveringssysteem wordt overgebracht vanuit het reactorgebouw of de ringvormige ruimte;
- Intermitterende ontlasting (DIS)
 - Intermitterende, voornamelijk onvrijwillige of gedwongen lozing die plaatsvindt via een nucleaire ventilatie-uitlaat. Het betreft geplande lozingen (met uitzondering van de proeflozingen van I-131). Het gebruik van deze categorie is voor pieken boven continue lozingen waarvan de oorsprong moeilijk of niet te achterhalen is;
- Continue afvoer
 - Continue afvoer uit verschillende niet-controleerbare bronnen die plaatsvindt via de nucleaire ventilatie;

- Jodiumtesten
 - Lozingen van I-131 tijdens jodiumtesten. Alle koolstoffilters worden periodiek getest met radioactief jodium, namelijk met I-131.

De atmosferische lozingen worden continu gemonitord. Deze monitoring bestaat uit:

- Edelgassen:
 - Integratie van continuumetingen of spectrometrie voor vrijwillige lozingen;
 - Spectrometrie voor % aandeel van Kr-85;
- I-131 en aerosolen:
 - Spectrometrie op de wekelijkse verzamelfilter
 - Analyse alfa-globaal en Sr-89 en Sr-90 op de maandelijkse verzamelfilter
- Tritium: maandelijkse analyse van een representatief monster

Zoals beschreven in §2.3.3.2 zijn er lozingslimieten voor de site van KC Doel voor verschillende groepen van radionucliden. In Tabel 50 zijn de lozingslimieten voor de hele site KC Doel in jaarlijkse totale activiteit (zijnde 12 glijdende maanden) voor de verschillende groepen en/of individuele radionucliden gegeven, zoals ook gespecificeerd in de uitbatingsvergunning van KC Doel^{lxiii}. De uitbater moet ook maandelijks een overzicht van de lozingen overmaken aan het FANC-AFCN. Daarnaast zijn er ook specifieke uitbatingslimieten voor ogenblikkelijke concentraties voor de verschillende eenheden (zie Tabel 51).

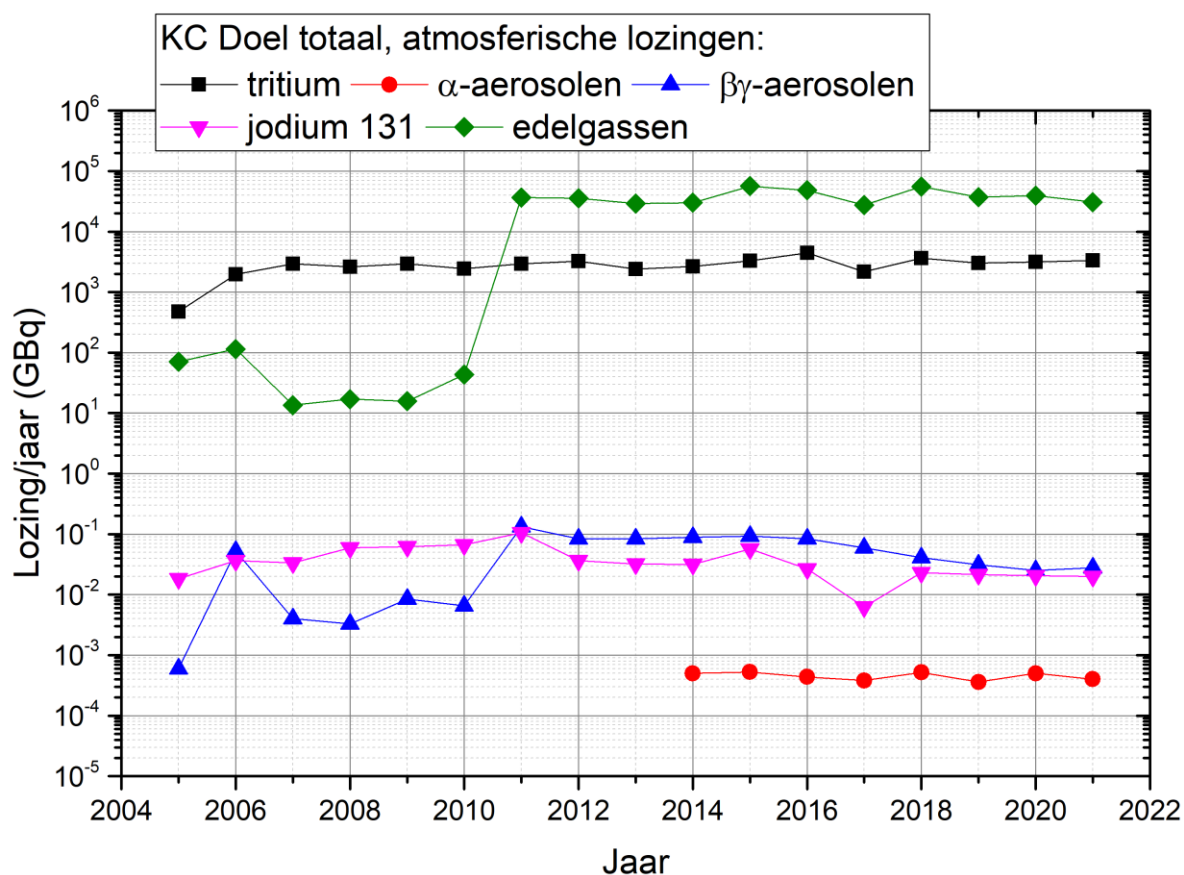
Tabel 50: Lozingslimieten voor de hele site KC Doel in jaarlijkse totale activiteit (12 glijdende maanden) voor verschillende groepen of individuele radionucliden die gemonitord worden (uitbatingsvergunning KC Doel).

Type	Lozingslimieten technische specificaties
Edelgassen	2.960 TBq
I-131	14,8 GBq
Aerosolen (bèta-gamma en alfa)	148 GBq
Tritium	88,8 TBq

Tabel 51: Ogenblikkelijke atmosferische lozingslimieten voor de eenheden Doel 1 en 2, Doel 3 en 4 en het water- en afvalbehandelingsgebouw (WAB).

Type	Doel 1 en 2	Doel 3 & 4		WAB
		Main vent	Reactor vent	
Edelgassen (MBq/m ³)	148	111	185	148
Aerosolen (MBq/m ³)	$7,4 \cdot 10^{-3}$	$1,11 \cdot 10^{-1}$	$2,22 \cdot 10^{-1}$	$1,48 \cdot 10^{-2}$
Jodium-131 (MBq/m ³)	$2,59 \cdot 10^{-6}$	$1,85 \cdot 10^{-4}$	$3,70 \cdot 10^{-4}$	$2,59 \cdot 10^{-6}$

Er dient opgemerkt te worden dat lozingen van koolstof-14 (¹⁴C) en argon-41 (⁴¹Ar) niet worden gemonitord omdat deze moeilijk meetbaar zijn, en conservatief bepaald worden op basis van het vermogen van de reactor (zie §2.3.3.2). Desondanks enkel jodium-131 wordt gemonitord en gerapporteerd, worden andere jodium-isotopen, met name jodium-133 (¹³³I) berekend op basis van de jodium-131 metingen.



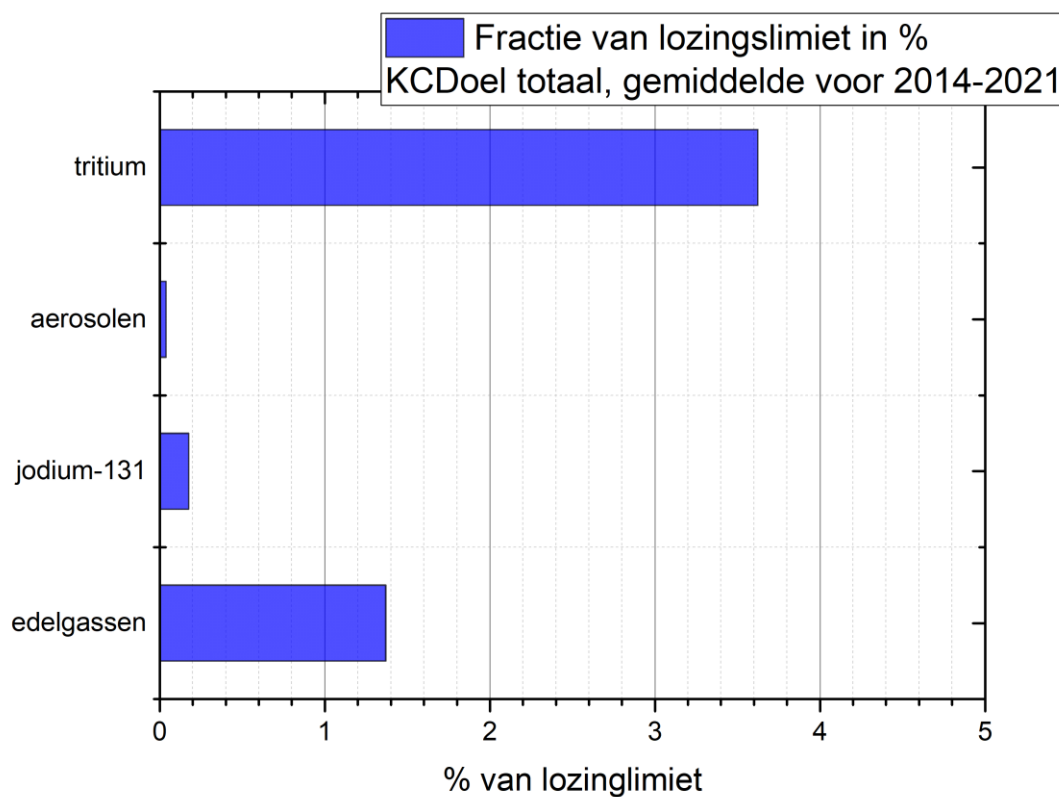
Figuur 67: Gasvormige lozingen per jaar voor de totale site van KC Doel⁷⁶.

De atmosferische lozingen per jaar voor de verschillende groepen radionucliden zoals gerapporteerd aan de autoriteiten en onder andere terug te vinden in de RADD database van de Europese Commissie (<https://europa.eu/radd/index.dox>) zijn weergegeven in Figuur 67 voor de jaren 2005-2021. Deze lozingen zijn de atmosferische lozingen voor de hele site van KC Doel. Ze zijn uitgezet op een logaritmische schaal gezien de belangrijke verschillen in grootteorde van de lozingen tussen de verschillende groepen radionucliden. De schijnbaar verhoogde waarden vanaf 2011, in het bijzonder van de edelgassen en de bèta-gamma aerosolen, zijn toe te schrijven aan een nieuwe richtlijn m.b.t. het rapporteren^{lxiv}. Iedere geloosde activiteit kleiner dan de detectielimiet van de meetketens wordt uit conservatief oogpunt voor 25 % van de detectielimiet in de lozing in rekening gebracht. De variaties (afgezien van de sprong in 2011, dus te evalueren vanaf 2011) in de atmosferische lozingen per jaar zijn toe te schrijven aan variaties in het werkingsregime van de reactoren. De globale trend is dat lozingen constant zijn over langere periode, de laatste jaren is echter een daling zichtbaar in de lozing van jodium-131, en aerosolen. Alfa-aerosolen worden vanaf 2014 apart gerapporteerd en vormen slechts een zeer kleine fractie van de aerosolen.

Deze atmosferisch reëel geloosde waarden kunnen getoetst worden aan de lozingslimieten volgens de uitbatingsvergunning van KC Doel. De resultaten van deze vergelijking zijn te vinden in Figuur 68 als percentage van de lozingslimiet per groep en dit voor de periode van 2014-2021. De bèta-gamma en alfa-aerosolen

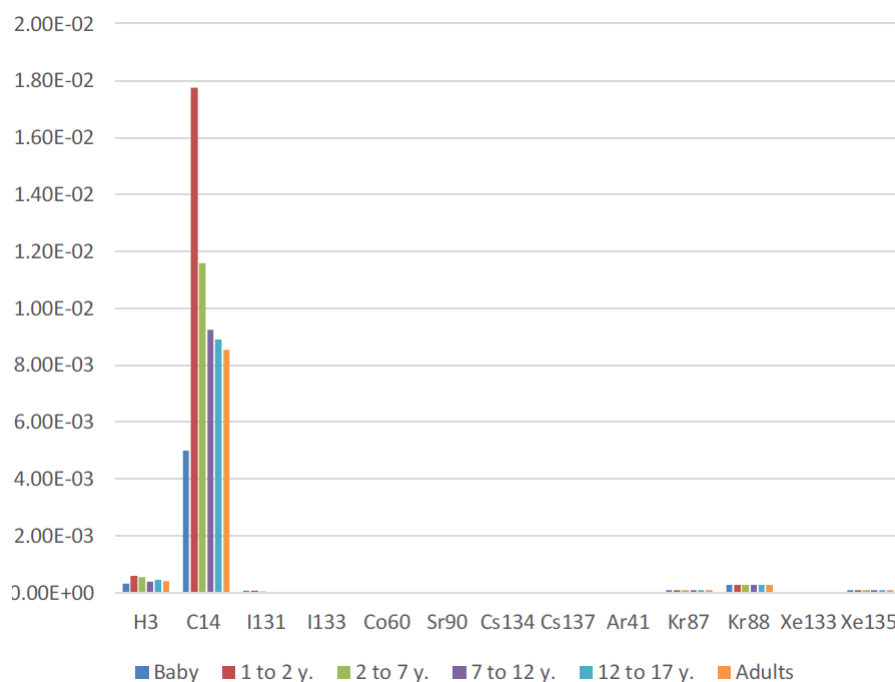
⁷⁶ Alle informatie over lozingen van Klasse 1 installaties waaronder KC Doel zijn terug te vinden op de website van het FANC-AFCN: <https://fanc.fgov.be/nl/professionals/nucleaire-inrichtingen-klasse-i/toezicht-van-radioactieve-lozingen-van-klasse-i>.

(afzonderlijke rapportage sinds 2014) worden hier samengenomen. De reële atmosferisch geloosde hoeveelheden zijn slechts een fractie van de lozingslimieten.



Figuur 68: De reële lozingen op jaarbasis voor de hele site van KC Doel, gemiddelde voor periode 2014 tot en met 2021, als percentage van de lozingslimiet voor verschillende (groepen van) radionucliden.

De impact (dosisbelasting kritiek individu) van de atmosferische lozingen wordt verder samen met de impact van de vloeibare lozingen besproken, maar in Figuur 69 wordt de effectieve dosis per leeftijdscategorie en per geloosd radionuclide getoond. De belangrijkste bijdrage aan de effectieve dosis voor het kritieke individu komt van de lozingen van koolstof 14 (C-14).



Figuur 69: Verdeling van de effectieve dosis voor de verschillende leeftijdscategorieën in mSv per jaar voor KC Doel voor de reële atmosferische lozingen van de belangrijkste radioactieve effluënten (gemiddelde voor periode 2009-2018). Het overwicht in de bijdrage aan de effectieve dosis van koolstof 14 (C-14) is hier duidelijk zichtbaar^{lxv}.

Vloeibare lozingen

De vloeibare radioactieve effluënten zijn hoofdzakelijk afkomstig van de proceskringen, bijvoorbeeld de kringen voor de behandeling van primair koelwater in de kerncentrales. Ze worden tevens gevormd door het afvalwater ontstaan tijdens decontaminatie van werktuigen, het sanitair afvalwater en het water gebruikt voor het schoonmaken van de vloeren in de nucleaire zones zoals de splijtstofopslagdokken, schoonmaken van desactiveringsdokken voor verbruikte splijtstof, waterlekken.

De lozingslimieten van de kerncentrale in operationele werking zijn gebaseerd op de reglementaire jaarlijkse limiet van 1 mSv voor de meest blootgestelde bevolking zodat de lozingen niet kunnen resulteren in een overschrijding van de dosislimiet. De lozingsvergunning bevat naast de maximale hoeveelheden die jaarlijks mogen worden geloosd ook de aard van de geloosde radioactieve stoffen. Door de kerncentrales In Doel en Tihange wordt er voornamelijk tritium geloosd, de hoeveelheden geloosde fissie- en activatieproducten zijn veel lager zijn (< 1 % van de lozingslimiet in Doel, tot 4,2 % van de lozingslimiet in Tihange over de laatste 10 jaar). De lozingslimieten voor de radioactieve stoffen zijn weergegeven in Tabel 52.

De belangrijkste radionucliden in de vloeibare effluënten zijn:

- Tritium onder de vorm van getritieerd water. Tritium wordt hoofdzakelijk geproduceerd in het primair koelwater van de kernreactoren wanneer deze circuleert in de kern. Het bestaat in de vorm van getritieerd water (HTO) of tritium gas (HT) en kan dus tegelijkertijd in de vloeibare en gasvormige effluënten worden aangetroffen.
- Bèta-, gammastralers; ⁵⁸Co, ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ^{110m}Ag. De meeste van deze radionucliden worden geproduceerd door de splijting van de kernbrandstof in de kern van de reactoren en kan zowel in de vloeibare en gasvormige effluënten worden aangetroffen.
- Alfa-straler; Am-241 wordt geproduceerd in kernreactoren uit plutonium 241 door bètaverval en kan ook in de vloeibare en gasvormige effluënten worden aangetroffen.

De effluënten worden eerst behandeld in het WAB-gebouw om zoveel mogelijk radioactiviteit te verwijderen alvorens het afvalwater wordt geloosd in de Schelde.

Tabel 52: Lozingslimieten voor vloeibare effluënten.

Radionuclide categorie	
Tritium	104 TBq/jaar
Bèta, gamma, en alfastralers (exclusief tritium en opgeloste edelgassen)	1,48 TBq/jaar

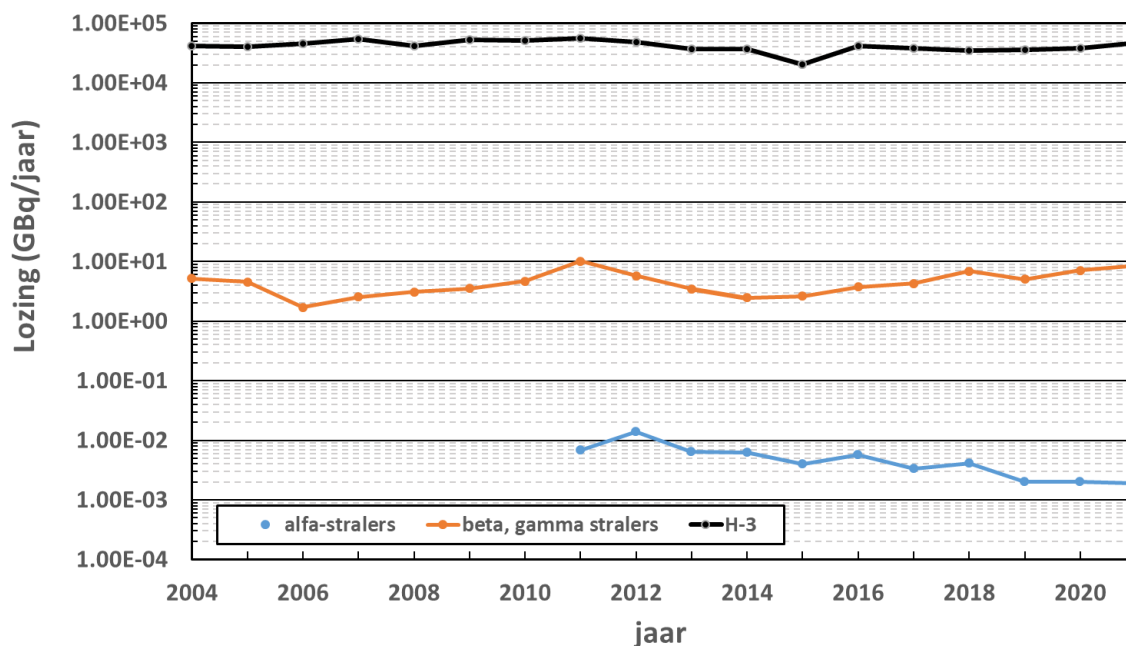
Door het stroming en het debiet van het Scheldewater wordt de geloosde radioactiviteit verspreid en verdund. De getijden zorgen voor een betere vermenging van de effluënten. Het gemiddeld volume dat wordt geloosd bedraagt $1.750 \text{ m}^3/\text{jaar}$ of $0,2 \text{ m}^3/\text{h}^{\text{bvi}}$ wat zeer laag is in vergelijking met het debiet van de Schelde.

De mogelijke impact van de lozingen op mens en milieu worden door FANC-AFCN geëvalueerd door regelmatig stalen van het water, het sediment, de waterplanten, vissen en schaaldieren te nemen en de gehalten aan radioactiviteit te meten (verslagen staan op <https://fanc.fgov.be/nl/publicaties/verslagen-van-het-radiologisch-toezicht-belgie>). Complementair aan het toezichtsprogramma van FANC-AFCN heeft de kerncentrale van Doel sedert 2014 ook een beperkt monitoringsprogramma waarbij de focus ligt op bio-indicatoren zoals waterplanten en mossen. Ook bodem en sedimentstalen worden genomen omdat deze radionucliden kunnen accumuleren.

De lozingen voor KC Doel zijn veel lager dan de lozingslimieten weergegeven in Tabel 52. Gedurende de periode 2014-2021 werd er minder dan 0,5 % van de jaarlimiet van de bèta en gammastralers geloosd door de site (Figuur 72). De tritiumlozingen zijn ook beneden de jaarlimiet en bedroegen gemiddeld 35 % van de jaarlimiet in de periode 2014-2021. Voor de alfastralers werd er geen dosislimiet gegeven omdat deze voor 2011 niet geloosd werden. Sedert 2011 is dit veranderd, maar lozingen zijn zeer klein vergeleken met de lozingen van de andere radionucliden.

De lozingen van tritium en bèta gamma stralers in de Schelde voor KC Doel blijft nagenoeg stabiel over de periode 2004-2021, terwijl de lozingen van de alfa stralers met een factor 5 dalen over de periode 2011-2021 (Figuur 67). Tritium is het belangrijkste radionuclide dat wordt geloosd, de tritiumlozingen maken 99,9 % uit van de geloosde activiteit en tritium levert ook de belangrijkste bijdrage aan de dosis ten gevolge van de vloeibare lozingen (Figuur 68).

Uit Figuur 70 blijkt duidelijk dat de lozingshoeveelheden veel lager zijn dan de lozingslimieten (Tabel 52). Over de laatste 8 jaar werd er gemiddeld 35 % van de lozingslimiet voor tritium en 0,3 % van de lozingslimiet van de andere radionucliden geloosd.



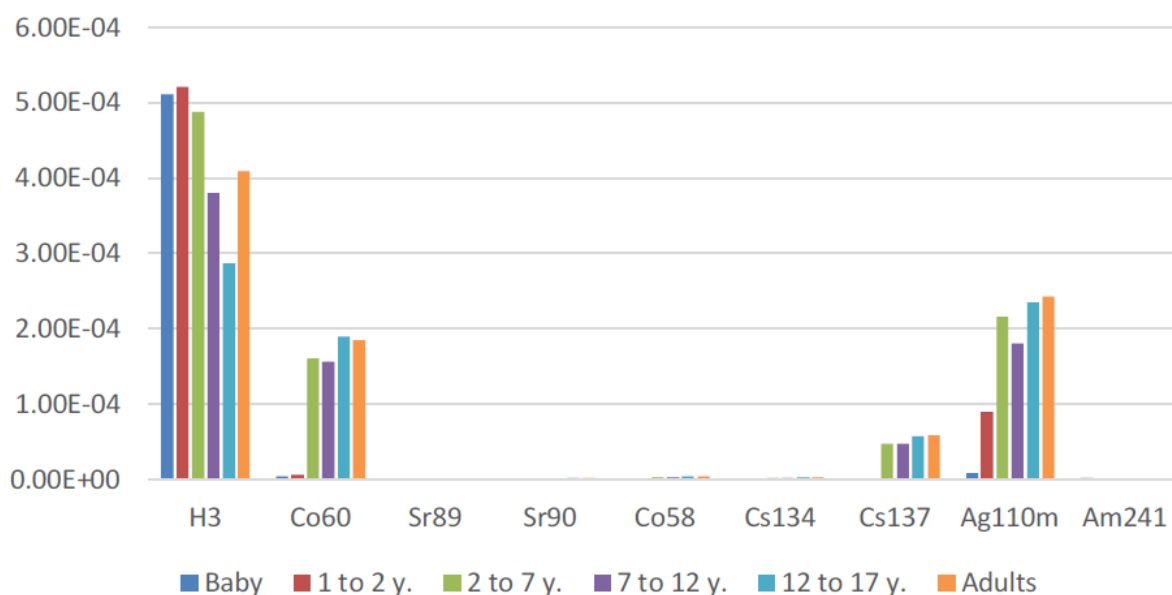
Figuur 70: Evolutie van de vloeibare lozingen van Kerncentrale Doel in de Schelde voor de periode 2004-2021.^{lxvii}

Voor de berekening van de dosis naar de representatieve persoon ten gevolge van lozingen in de Schelde worden de volgende blootstellingswegen beschouwd;

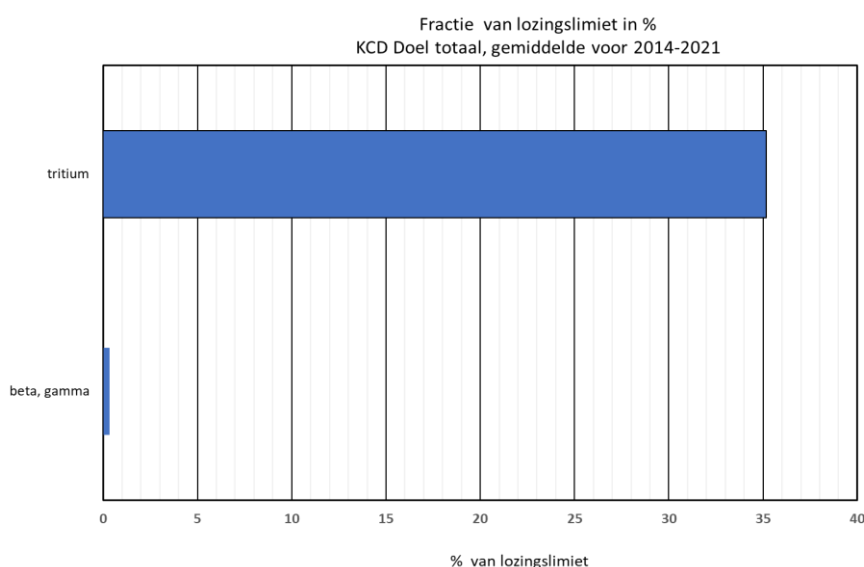
- Interne bestraling door:
 - consumptie van rivierwater als drinkwater;
 - consumptie van vis.
- Externe blootstelling door verblijf op oevers, door scheepvaart, door verblijf op bodem besmet met uitgebaggerd bedsediment.

Het gebruik van het rivierwater voor irrigatie van voedingsgewassen, gras en voor het drenken van de veeteelt wordt niet beschouwd voor het rivierwater van de Schelde wegens het te hoge zoutgehalte van het water.

Vermits voornamelijk tritium wordt geloosd in de Schelde is de effectieve dosis ook voornamelijk te wijten aan dit isotoop. Andere isotopen die bijdragen aan de dosis zijn: ^{110m}Ag , ^{60}Co , ^{137}Cs (Figuur 71).



Figuur 71: Verdeling van de effectieve dosis (in mSv/jaar) per radionuclide en leeftijdscategorie ten gevolge van de vloeibare lozingen in de Schelde voor de periode 2009-2018.



Figuur 72: Vloeibare lozingen in % van de lozingslimiet voor vloeibare lozingen in de Schelde.

Metingen in de omgeving

De metingen in de omgeving bestaan uit het toezichtprogramma georganiseerd door het FANC-AFCN en een specifiek monitoring programma door de uitbater. Daarnaast zijn ook nog ad-hoc metingen beschikbaar die uitgevoerd worden in kader van wetenschappelijk onderzoek en/of tijdens oefeningen m.b.t. het voorbereid zijn op noodsituaties. Het toezichtprogramma voor het Belgische grondgebied georganiseerd door het FANC-AFCN, dat gelijkaardig is voor de omgeving van Doel en Tihange werd reeds besproken in deel methodologie. De resultaten van de continue metingen (TELERAD) en helikoptermetingen werden reeds gegeven in de beschrijving van de huidige situatie betreffende de blootstelling aan directe straling in de omgeving van KC Doel.

De discontinue metingen (monstername en analyse in laboratoria) rond Doel bepalen de radioactiviteitsniveaus van de stofdeeltjes in de lucht, afzetting in depositiebakken (droge en natte afzetting), bodem en gras, water en sedimenten nabij KC Doel (stroomafwaarts), en tenslotte garnalen, mosselachtigen en algen (estuarium stroomafwaarts van Doel te Kieldrecht en Noordzee, Hoofdplaat & Kloosterzande). Een uitvoerige beschrijving van dit programma (genomen stalen, frequentie, geanalyseerde radionucliden, ...) kan gevonden worden in de jaarlijkse synthesesrapporten te vinden op de website van het FANC-AFCN vanaf het jaar 1996^{bviii}. Details van het aan KC Doel gelinkt toezichtsprogramma van FANC-AFCN kunnen teruggevonden worden in Tabel 53. Er worden stalen stroomopwaarts en stroomafwaarts genomen.

Tabel 53: Toezichtsprogramma van FANC-AFCN in de omgeving van KC Doel.

Compartment	Type meting	Frequentie
Atmosfeer – radioactieve stofdeeltje in de lucht	Gamma spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb Bèta totaal op papierfilters na 5 dagen verval	om de 4 weken dagelijks
Atmosfeer – oppervlakte afzetting (droog en via neerslag)	Gamma spectrometrie (onbehandeld water): ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I Bèta totaal, alfa totaal, ^3H , ^{90}Sr (gefilterd water) Bèta totaal en alfa totaal (filterneerslag)	om de 4 weken
Bodem – grond en gras	Gamma spectrometrie: ^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 Alfa spectrometrie: $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238+(239+240)}\text{Pu}$	jaarlijks
Schelde - water	Gamma spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra Bèta totaal, alfa totaal, ^3H , ^{40}K	om de 2 weken
Schelde – sedimenten	Gamma spectrometrie: ^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 ^{90}Sr , $^{234-235-238}\text{U}$, $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am	om de 4 weken
Schelde estuarium stroomafwaarts - garnalen Schelde estuarium/Noordzee (Hoofdplaat en Kloosterzande) – schaaldieren, mosselachtigen en algen	Gamma spectrometrie: ^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 ^{90}Sr , $^{238-(239+240)}\text{Pu}$, ^{241}Am organisch ^3H	driemaandelijks
Effluenten (vloeibare lozingen) van de nucleaire site	Gamma spectrometrie: ^7Be , ^{51}Cr , ^{55}Fe , ^{95}Nb , ^{95}Zr , $^{101-106}\text{Ru}$, $^{141-144}\text{Ce}$, ^{131}I , ^{113}Sn , $^{123\text{m}}\text{Te}$, $^{124-125}\text{Sb}$, $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ Bèta spectrometrie: ^3H	om de 2 weken

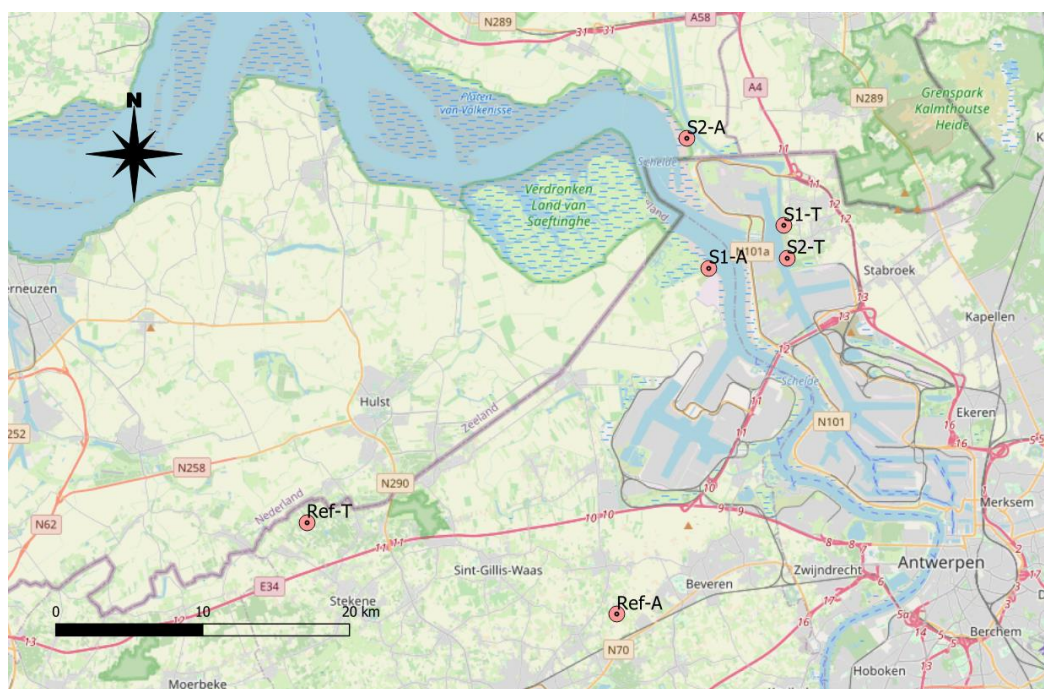
Naast het toezichtprogramma van het grondgebied uitgevoerd door FANC-AFCN organiseert de exploitant van KC Doel een eigen monitoringsprogramma dat bestaat uit:

- Dosismetingen m.b.v. 18 Thermo Luminescentie Detectoren (TLDs) die aan de perimeter van de site geplaatst zijn (één per sector van 20°). Zij geven de geïntegreerde dosis door externe straling;
- Een monitoringsprogramma aanvullend op het toezichtprogramma van het FANC-AFCN waarbij éénmaal per jaar monsters worden genomen en geanalyseerd. Voor Doel is dit sinds 2014 gestart. Dit programma heeft een beperkte frequentie t.o.v. het staalnameprogramma maar de focus ligt enerzijds volledig op artificiële radionucliden potentieel gelinkt aan de uitbating van KC Doel en anderzijds worden specifieke

stalen onderzocht zoals deze van bio-indicatoren, dit zijn organismen die in het bijzonder bepaalde radionucliden concentreren. Als vergelijkingspunt worden er in het complementaire monitoring programma van de exploitant ook stalen stroomopwaarts genomen. De stroomopwaartse locaties zijn niet geïmpacteerd door de lozingen en geven dus een beeld van de activiteitsniveaus zonder inbreng van de kerncentrale en het dus mogelijk maken om eventuele evoluties in de tijd te volgen. Dit programma is weergegeven in Tabel 54.

Tabel 54: Monitoringsprogramma exploitant.

Specifieke staalname	Locatie en frequentie	Meetspecificaties
Bio-indicator: korst(mos) Bodem Gras	Jaarlijks op 2 locaties (S1-T en S2-T) in dominante windrichting en 1 referentielocatie (R1-T)	Gamma spectroscopie (Cs-134 en Cs-137, I-131, Co-60), H-3, C-14
Aquatic bio-indicator (fucus, zeewier, mosselen)	Jaarlijks op 2 locaties S1-A stroomafwaarts en 1 referentielocatie stroomopwaarts	Gamma spectroscopie (Cs-134 en Cs-137, I-131, Co-60, Nb-95, Ag-110m), H-3, C-14
Sediment	Jaarlijks op 2 locaties stroomafwaarts en 1 referentielocatie stroomopwaarts	Gamma spectroscopie (Cs-134 en Cs-137, I-131, Co-60, Nb-95, Ag-110m),



Figuur 73: Locaties van staalname voor aanvullend programma uitgevoerd door de exploitant van KC Doel (benamingen zie Tabel 53, achtergrondmap: OpenStreetMap).

Het discontinue programma dat via staalname en laboanalyse een hogere gevoeligheid heeft voor het detecteren van potentiële artificiële radionucliden rondom KC Doel toont:

- in de eerste plaats het ruime overzicht van de natuurlijke radioactiviteit (voornamelijk ^{40}K en in mindere mate ^{226}Ra en ^{228}Th);

- dat wat de artificiële radioactiviteit betreft, sporen van Cs-137 kunnen gemeten worden in de bodem (3,3 Bq/kg in bodem in 2022⁷⁷) die quasi volledig toe te schrijven zijn aan het ongeval in Tsjernobyl en aan de fall-out van de kernproeven in de atmosfeer (die een hoogtepunt kenden in de jaren 1960). De concentraties gemeten in omgeving van Doel zijn gemiddeld voor deze in België. Door verschillen in meteorologische omstandigheden (regen) bij het overtrekken van de radioactieve wolk na het ongeval in Tsjernobyl zijn er ruimtelijke verschillen waarneembaar in België.
- dat de artificiële transurane alfastralers (Pu en Am) van hun kant niet meetbaar zijn.

Als besluit kan gesteld worden dat de kerncentrale van Doel geen significant meetbare radiologische impact op de omgeving heeft via de atmosferische lozingen en evenmin een significante meetbare radiologische impact op de Schelde. Een analyse van de meetresultaten in de omgeving van KC Doel is altijd representatief voor alle activiteiten op de site. De conclusies gelden dus in het bijzonder ook voor de uitbating van Doel 4.

Impact op de mens

De huidige radiologische toestand en de invloed van de activiteiten van de site KC Doel is erg goed gekarakteriseerd door de combinatie van het monitoren van de lozingen gekoppeld aan berekeningen van de dosisimpact en het monitoren van radioactiviteit en straling in de omgeving van KC Doel.

Eenzijds kunnen we kijken naar de radiologische impact van de vergunde lozingslimieten voor KC Doel als geheel (4 eenheden) voor de gasvormige en vloeibare lozingen. De conservatief ingeschatte dosis volgens de methodologie beschreven in §2.3.3.3 wordt gegeven in Tabel 55. Het betreft de effectieve dosis per jaar voor een representatief persoon per leeftijdscategorie. Hierbij herinneren we eraan dat een representatief persoon, de meest blootgestelde persoon is, iemand die o.a. constant (het volledige jaar) verblijft nabij de sitegrens waar de impact het hoogst is en enkel voedsel consumeert dat geproduceerd wordt nabij de kerncentrale. De maximale effectieve dosis per jaar van gasvormige en vloeibare lozingen die gelijk zouden zijn aan de lozingslimieten per jaar bedraagt zo'n 0,36 mSv voor het kritieke individu (leeftijdscategorie tiener). Dit is ruim onder de effectieve dosislimiet voor het publiek van 1 mSv/jaar. We zien dat voor de lozingslimieten er een bijzonder grote variatie is in de effectieve dosis per leeftijdscategorie als gevolg van de vloeibare lozingen, dit heeft vnl. met het dieet te maken.

Tabel 55: Effectieve dosis per jaar voor het kritieke individu per leeftijdscategorie ten gevolge van gasvormige, vloeibare en het totaal van lozingen corresponderend met de huidige lozingslimieten voor de totale site van KC Doel.

Effectieve dosis in mSv/jaar voor de gasvormige en vloeibare lozingslimieten; site KC Doel voor de verschillende leeftijdscategorieën. De maximale totale effectieve dosis is in het vet weergegeven.						
	Baby	1 tot 2 jaar	2 tot 7 jaar	7 tot 12 jaar	Tiener	Volwassene
Atmosferisch	0,131	0,168	0,135	0,123	0,128	0,118
Vloeibaar	0,008	0,005	0,199	0,181	0,227	0,228
Totaal	0,139	0,173	0,334	0,304	0,355	0,346

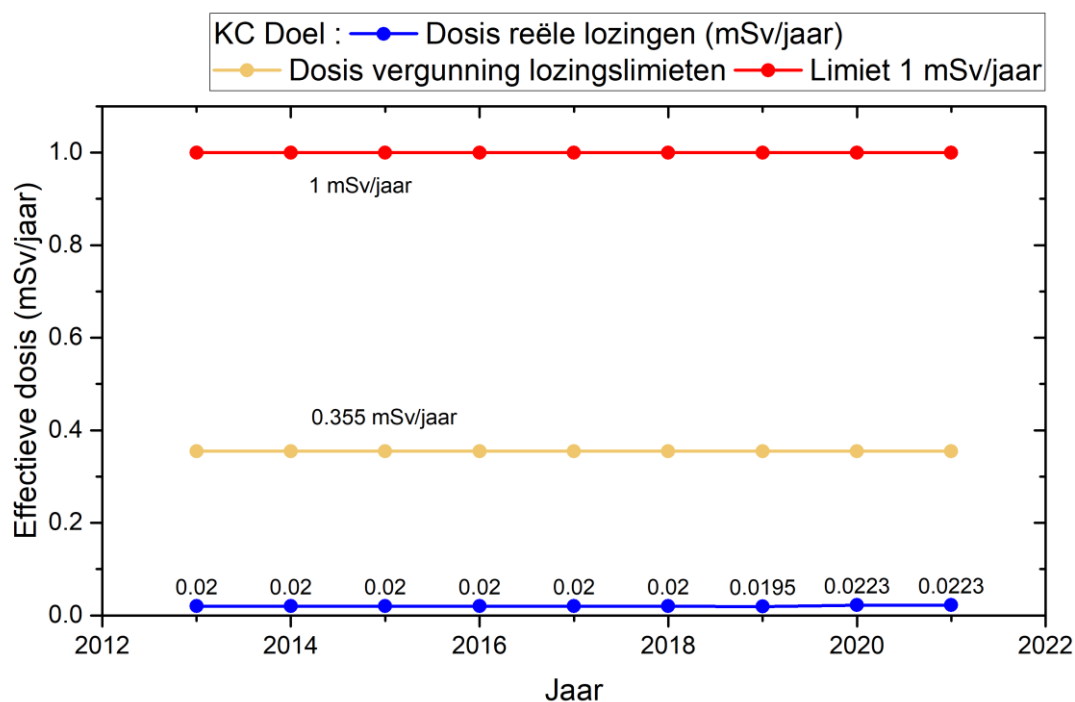
De reële lozingen liggen zoals we eerder beschreven hebben ruim onder de lozingslimieten en dus de reële dosis die een kritiek individu ontvangt als gevolg van de uitbating van de gehele site KC Doel is veel kleiner. De effectieve dosis per jaar (gemiddeld over de jaren 2012-2021) voor een kritiek individu van de verschillende leeftijdscategorieën voor de reële gasvormige en vloeibare lozingen kan teruggevonden worden in Tabel 56.

⁷⁷ Radiological monitoring in the vicinity of the nuclear power plant at Doel : Results of the monitoring campaign of 2022. SCK CEN report.

Tabel 56: Effectieve dosis per jaar voor het kritieke individu per leeftijdscategorie ten gevolge van de reële gasvormige, vloeibare en het totaal van lozingen voor de totale site van KC Doel.

Effectieve dosis KC Doel in mSv/jaar voor de reële gasvormige en vloeibare lozingen voor de periode 2012-2021 voor de verschillende leeftijdscategorieën. Ook het totaal is gegeven en de maximale effectieve dosis is in het vet aangegeven.						
	Baby	1 tot 2 jaar	2 tot 7 jaar	7 tot 12 jaar	Tiener	Volwassene
Atmosferisch	0,0068	0,0217	0,0146	0,0117	0,0114	0,0109
Vloeibaar	0,0005	0,0006	0,0008	0,0007	0,0007	0,0008
Totaal	0,0073	0,0223	0,0154	0,0124	0,0121	0,0117

De berekeningen op basis van het monitoren van de lozingen tonen dus een maximale impact, dit wil zeggen een effectieve dosisbelasting voor de meest blootgestelde kritische persoon van ongeveer 0,02 mSv/jaar^{lxix} (maximaal 0,0223 mSv/jaar) en deze blootstelling is ook stabiel over de jaren zoals getoond in Figuur 74. Deze conservatief berekende effectieve dosis voor de meest blootgestelde persoon is minstens 15 keer lager dan de dosis overeenkomstig de lozingslimieten voor KC Doel en 50 keer kleiner dan de dosislimiet voor het publiek die 1 mSv/jaar bedraagt. Dit illustreert ook dat het concept van dosioptimalisatie voor publieke blootstelling, één van de pijlers in de stralingsbescherming en besproken in §2.3.2, toegepast wordt bij de uitbating van KC Doel.



Figuur 74: Effectieve dosis voor meest kritische individu in de omgeving van KC Doel berekend op basis van de gerapporteerde reële lozingen^{lxix}. Ter vergelijking is de dosislimiet voor het publiek weergegeven en de dosis die overeenkomt met de lozingslimieten.

Ook de monitoring van de omgeving toont dat KC Doel geen meetbare radiologische impact heeft op zijn omgeving. De blootstelling in de omgeving van Doel wordt dan ook volledig gedomineerd door de blootstelling aan natuurlijke radioactiviteit zoals in andere delen van het land. De blootstelling van de radioactieve lozingen is bijgevolg ook veel kleiner dan de lokale ruimtelijke variaties in de natuurlijke radioactiviteit en blootstelling. De heel erg beperkte bijdrage van artificiële of kunstmatige radioactiviteit in de omgeving van KC Doel komt voornamelijk

nog van de radioactieve fall-out van de bovengrondse atoombomproeven (1950-60) en het ongeval van Tsjernobyl (1986).

Impact op de biodiversiteit (fauna en flora)

Van de radionucliden, met name ^3H , ^{14}C , ^{60}Co , ^{95}Nb , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs beschouwd in de bijkomende monitoring campagne van Electrabel nv zijn enkel de ^{14}C en ^{137}Cs concentraties boven de detectielimiet. De gemeten concentraties voor de bodem, sediment en bio-indicatoren (mos en fucus) die radioactiviteit accumuleren tonen aan dat de contaminatie van het ecosysteem zeer klein is, meer bepaald 3,3 Bq/kg ^{137}Cs in bodem en 4,5 Bq/kg ^{137}Cs in riviersediment in 2022. Maximum gemeten concentraties zijn 0,23 Bq/kg ^{14}C voor fucus. Deze gemeten concentraties zijn vooral te wijten aan het natuurlijk voorkomend ^{14}C en het van Tsjernobyl afkomstige ^{137}Cs . In 2013 werd er een uitvoerige milieurisicobeoordeling uitgevoerd om de impact van de atmosferische en vloeibare lozingen op fauna en flora in te schatten⁷⁸. Voor de Doel site werden veel voorkomende referentieorganismen geselecteerd en werd met behulp van de ERICA-beoordelingstool de impact van de reële lozingen en lozingslimieten op deze organismen berekend. Er werd aangetoond dat het maximale dosistempo voor de lozingslimieten 0.24 $\mu\text{Gy/h}$ bedraagt en dus veel kleiner is dan de drempelwaarde van 10 $\mu\text{Gy/h}$, waaronder er geen schadelijke effecten optreden. Er kan dus geconcludeerd worden dat de huidige lozingslimieten voor de beschouwde Belgische kerncentrales niet leiden tot schadelijke effecten voor het milieu. Ook de meetresultaten van de monitoring programma van FANC-AFCN en de exploitant in de omgeving van KC Doel leiden tot dezelfde conclusies.

4.1.2 Effecten bij desactivatie van Doel 4 (nulalternatief)

De eenheid Doel 4 heeft momenteel een vergunning voor de industriële productie van elektriciteit tot ten laatste 1 juli 2025. Bij niet-verlenging (desactivatie, definitieve stopzetting) zal op de site van KC Doel volgens de huidige kalender enkel eenheid Doel 2 nog in gebruik zijn voor de industriële elektriciteitsproductie en dit nog voor een beperkte tijd (tot 1 december 2025). De andere eenheden zullen zich dan in de post-operationele fase bevinden. De situatie voor de volledige site van KC Doel bij niet-verlenging van Doel 4 is er dus één waarbij nog voor maximaal een half jaar één reactor (Doel 2) operationeel is en de andere definitief stopgezet zijn.

De stopzetting van Doel 4 geeft op zich aanleiding tot het wegvallen van een aantal radioactieve gasvormige en vloeibare lozingen naar de omgeving. De lozingen die direct gelinkt zijn aan de werking van de reactoren (zoals productie van koolstof 14) zullen wegvallen. Koolstof 14 heeft ook de belangrijkste bijdrage aan de dosis ten gevolge van de gasvormige en vloeibare lozingen. Anderzijds zullen bepaalde gasvormige en vloeibare lozingen doorgaan in de post-operationele fase. Over hoeveelheden en impact op de dosis is er betrekkelijk weinig informatie beschikbaar. Enerzijds kunnen we kijken naar wat theoretisch verwacht kan worden:

- Vloeibaar tritium: tritiumproductie is gelinkt aan de nucleaire elektriciteitsproductie, een theoretische afname tot praktisch nul is mogelijk, maar gezien lange halveringstijd zijn restlozingen mogelijk;
- Vloeibare bèta-gamma-radionucliden: theoretisch kan men een reductie verwachten van lozingen, waarbij restlozingen als gevolg van de POP bij de verschillende installaties kunnen bestaan. De vloeibare lozingen gebeuren voornamelijk vanuit het Water en Afvalbehandelingsgebouw (WAB);
- Edelgassen: een theoretische daling tot praktisch nul kan worden verwacht daar edelgassen splijtingsproducten zijn die niet meer geproduceerd zullen worden. De historische gegevens laten een lichte daling zien van de uitstoot van edelgassen in de jaren dat er minder stroom wordt geproduceerd (MWh-tekort);
- Jodium: theoretische daling tot praktisch nul na de productiestop, maar deze daling wordt deels gecompenseerd door jodiumresiduen in het brandstofbad en er zijn ook de tests van de filters. Kortom, een daling kan verwacht worden;

⁷⁸ Vandehove H., Sweeck I., Vives i Batlle, Wannijn J., Van Hees M., Camps J., Olyslaegers G., Miliche C., Lance B., 2013. Predicting the environmental risks of radioactive discharges from Belgian nuclear power plants. Journal of environmental radioactivity, 126, 61-76.

- Aerosolen: er wordt geen duidelijke impact verwacht; gebaseerd op de gerapporteerde waarden uit het verleden, is het duidelijk dat de gerapporteerde waarden voornamelijk gebaseerd zijn op detectielimieten en niet puur op reële lozingen; omwille van deze detectielimieten zal de orde van grootte van de releases hetzelfde blijven. Een beperkte toename, afhankelijk van POP-activiteiten, is niet helemaal uit te sluiten; ·
- Tritium (gas): een afname is verwacht;
- Koolstof-14: afhankelijk van de productie, daarom zou er een afname moeten zijn van de geproduceerde koolstof-14 tot praktisch nul.

Anderzijds kan gekeken worden naar effectieve ervaring met de post operationele fase in het buitenland⁷⁹ (deze is echter eerder beperkt). Op basis van ervaring in Duitsland kan geschat worden dat de dosis t.g.v. gasvormige en vloeibare lozingen als het gevolg van de stopzetting van 1 reactor-eenheid in het eerste jaar na stopzetting daalt tot 25 % van het niveau bij werking en in de jaren daarna verder daalt tot zo'n 10 % (gegevens beschikbaar tot 7 jaar na definitieve stopzetting).

Op basis van deze informatie kan conservatief ingeschat worden dat de effectieve dosis als gevolg van gasvormige en vloeibare lozingen voor de hele site van KC Doel bij niet-verlenging van Doel 4, waarbij er geen reactoren meer in dienst zijn (dus vanaf 2026), zal dalen tot een niveau **van de orde van 0,007 mSv /jaar** en in de jaren nadien – we beschouwen een periode van 10 jaar) **verder zal dalen tot beneden de 0,003 mSv/jaar**.

Voor 2025, het jaar waarin Doel 1 en 2 en bij niet-verlenging Doel 4 stilgelegd worden, kunnen we conservatief uitgaan van een effectieve dosis, die van de orde van of iets lager dan 0,02 mSv/jaar zal zijn, een effectieve dosis gelijkaardig aan de huidige toestand.

4.1.3 Effecten bij verlenging van Doel 4 voor 10 jaar na 2025 (Het project)

De gasvormige en vloeibare lozingen gerelateerd aan de uitbating van Doel 4 zullen tijdens verlenging doorgaan op het niveau gelijkaardig aan het huidige niveau, daar we veronderstellen dat de reactor op eenzelfde vermogen zal werken en dat ook alle gasvormige en vloeibare effluënten op eenzelfde wijze zullen behandeld worden. Een conservatieve schatting van de effectieve dosis door uitbating van Doel 4 geeft **0,01 mSv/jaar of lager en dit constant over de 10 jaar van verlengde uitbating**. Deze komt nog steeds vnl. door de koolstof-14 gasvormige lozingen, die direct gerelateerd zijn aan het vermogen van de reactor. Voor de gehele site van KC Doel moeten we nu naast de uitbating van Doel 4, ook de lozingen in de post-operationele fase nemen zoals we die in vorige paragraaf betreffende het nulalternatief, namelijk de niet-verlenging, geschat hebben. Tabel 57 geeft een overzicht van de effectieve dosis door uitbating van Doel 4 en voor de hele site KC Doel bij verlenging en niet-verlenging.

Tabel 57: Effectieve dosis door gasvormige en vloeibare lozingen conservatief geschat voor kritiek individu bij normale uitbating voor het project. De range gegeven in de effectieve dosis voor het geheel van de site is de evaluatie in functie van de tijd in een periode van 10 jaar op basis van ervaring met de post-operationele fase bij reactoren in Duitsland.

	Conservatief geschatte effectieve dosis kritiek individu gasvormige en vloeibare lozingen
Uitbating Doel 4	0,010 mSv/jaar
Geheel van site KC Doel bij verlenging Doel 4	0,017-0,013 mSv/jaar
Geheel van site KC Doel bij niet-verlenging Doel 4 (alle reactoren buiten dienst)	0,007-0,003 mSv/jaar*
Verschil van project t.o.v. nulalternatief	0,010 mSv/jaar voor 10 jaar

⁷⁹ Gebaseerd op Periodic Safety Review Tihange Unit 2 and TEF - SF14-2: Radiological impact to the public. PSR3/4NT/0791625/000/01, Tractebel Engineering S.A., 2022

*Deze dosis range is ook representatief als conservatieve schatting van de effectieve dosis ten gevolge van gasvormige en vloeibare lozingen voor de hele site in de post-operationele fase van Doel 4 na 10 jaar verlenging.

De geschatte effectieve dosis per jaar van het project is bijgevolg ruim beneden de huidige uitbatingsvergunning en ook ruim (factor 100) beneden de wettelijke limiet van 1 mSv/jaar. Om deze dosis in perspectief te plaatsen kunnen we deze vergelijken met een natuurlijke blootstelling. Een effectieve dosis van 0,01 mSv komt overeen met de extra dosis die een Belg ontvangt door verhoogde kosmische straling als hij of zij twee weken in de bergen gaat skiën⁸⁰. De effectieve dosis bij normale uitbating van het project zorgt bijgevolg voor een triviale impact.

4.2 Accidentele lozingen

Gezien het gelijkaardige karakter van de beschouwde ongevallen voor Doel 4 en Tihange 3 is een beschrijving van deze ongevallen en de methodologie voor het berekenen van de impact volledig gegeven in hoofdstuk 2 (§2.3.4). We geven hier de resultaten van de effectbeoordeling en bespreken de resultaten.

4.2.1 Ontwerpbasisongeval

De radiologische impact van de twee beschouwde ontwerpbasisongevallen, nl. een LOCA en FHA werd beoordeeld op basis van de algemene gegevens in het kader van Artikel 37 van het Euratom verdrag en het veiligheidsdossier van Doel 4. Daarnaast werd ook een analyse uitgevoerd op basis van een Tractebel studie⁸¹ in kader van de FANC-AFCN/Bel-V richtlijnen uit 2017 voor nieuwe Klasse 1 installaties. Deze laatste analyse is strikt gezien niet van toepassing voor Doel 4, gezien het de levensduurverlenging van een bestaande klasse 1 installatie betreft. Naast de consequenties tijdens de atmosferische lozingen als gevolg van de beschouwde ongevallen voor Doel 4 laat deze analyse ook toe de consequenties op langere termijn naar mens, voedselketen en milieu te beoordelen. Bij het **LOCA ongeval** wordt verondersteld dat 25 % van de kerninventaris aan jodium en 100 % van de edelgassen naar het reactorgebouw wordt vrijgezet, 91 % van het jodium is aanwezig in elementaire (moleculaire) vorm, 5 % in aerosol vorm en de overige 4 % in organische vorm. De edelgas concentratie wordt bepaald door radioactief verval en het lektempo van het reactorgebouw. De jodiumconcentratie wordt eveneens bepaald door radioactief verval en het lektempo, maar ook door de veiligheidsinjectie (berekening) en de recirculatie voor koeling (zie §2.3.4.1). Beperkte hoeveelheden van bèta(-gamma) aerosolen. De lozing naar de omgeving wordt beschouwd voor 30 dagen.

Bij het **FHA ongeval** wordt verondersteld dat 30 % van de activiteit van Kr-85 in de ruimte tussen behuizing en de verbruikte brandstofpellets en 10 % van de andere radionucliden wordt vrijgezet vanuit de brandstofelementen, waarbij 99,75 % van het jodium in de elementaire vorm aanwezig is en 0,25 % in de organische vorm. Verder wordt rekening gehouden met een decontaminatiefactor van 133 voor moleculair jodium en 1 voor organisch gebonden jodium vanuit het splitsstofbad (water) naar het gebouw. Voor lozing naar de atmosfeer langs de schouw wordt verondersteld dat de filters werken en een efficiëntie van 90 % hebben voor alle jodium. Een lozingsduur van 2 uur wordt verondersteld.

De dosisresultaten van beide analyses voor beide ongevallen zijn gegeven in Tabel 58. Beide analyses geven de effectieve dosis ten gevolge van het overtrekken van de radioactieve wolk, inclusief de daarbij horende inhalatie van radioactiviteit en de equivalente schildklierdosis door inhalatie van jodium radio-isotopen voor het kritieke individu.

⁸⁰ Vergelijking op basis van <https://fanc.fgov.be/nl/dossiers/medische-toepassingen/vergelijking-stralingsdosis>.

⁸¹ LTO D4 - ELP - KCD4 - Radiological consequences of a Loss of Coolant Accident and a Fuel Handling Accident", CNT-KCD/4NT/29657/000/01, Tractebel Engineering S.A., 2023

Tabel 58: Effectieve dosis en de equivalente schildklierdosis aan de terreingrens van KC Doel (300 meter van lozingspunt) als gevolg van het optreden van een LOCA en FHA voor Doel 4, vergeleken met de dosislimieten zoals beschreven in de algemene gegevens in het kader van artikel 37 van het Euratomverdrag, die een onderdeel zijn van de vergunning, in mSv. Eveneens toegevoegd ter informatie zijn de resultaten van een impactanalyse volgens de richtlijnen voor nieuwe Klasse 1 installaties.

Doel 4	Veiligheidsdossier/Art 37		Analyse volgens richtlijnen voor nieuwe Klasse 1 installaties	
	Dosis	Limiet	Dosis	Criterium
Effectieve dosis				
LOCA	20,4 mSv	20,4 mSv	2,0 mSv	5 mSv
FHA	5,7 mSv	20,4 mSv	2,8 mSv	5 mSv
Equivalente schildklierdosis				
LOCA	38,5 mSv	38,5 mSv	36,70 mSv	10 mSv
FHA	24,7 mSv	38,5 mSv	33,28 mSv	10 mSv

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de effectieve dosissen en equivalente schildklierdosissen resulterend uit beide referentie-ontwerpbasisongevallen voor Doel 4 binnen de gestelde limieten blijven, in context van de Artikel 37 analyse. Er dient opgemerkt te worden dat verschillende analyses van eenzelfde ongeval belangrijke verschillen kunnen vertonen naargelang de gebruikte veronderstellingen. De analyse volgens de richtlijnen voor nieuwe Klasse 1 installaties toont beduidend lagere effectieve dosissen, dit heeft te maken met het feit dat een erg pessimistische (conservatieve) analyse is gebruikt voor de inschatting hiervan in het veiligheidsdossier en een minder, maar nog steeds conservatieve, inschatting in deze voor nieuwe Klasse 1 installaties. Equivalente schildklierdosissen zijn volgens de analyse voor nieuwe Klasse 1 installaties gelijkaardig als deze in het veiligheidsdossier. Het criterium voor de equivalente schildklierdosis is voor de twee ontwerpbasisongevallen overschreden. Het is bijgevolg mogelijk dat in beide ongevalsscenario's in het kader van de richtlijnen betreffende tegenmaatregelen (KB federaal nucleair en radiologische noodplan) de inname van stabiel jodium voor het beschermen van de schildklier door alle leeftijdsgroepen behalve de niet-zwangere volwassenen aangeraden wordt (10 mSv equivalente schildklierdosis criterium). Bij deze maatregel is dan ook schuilen aangeraden, ondanks het criterium hiervoor (effectieve dosis van 5 mSv in 24 uur) niet overschreden is.

Onder de erg conservatieve veronderstellingen (inclusief regen tijdens lozing), gemaakt in de Tractebel analyse zullen de maximale depositieniveaus van het totaal aan jodium isotopen de afgeleide richtwaarden voor de voedselketen ruim overschrijden (zie Tabel 17) in beide ongevalsscenario's (zo'n 220.000 Bq/m² I-131 bij het LOCA ongeval en zo'n 925.000 Bq/m² I-131 bij het FHA ongeval). Tegenmaatregelen voor de voedselketen kunnen in deze scenario's dus nodig zijn. De implicaties zullen echter steeds beperkt zijn in de tijd door de relatief korte halveringstijd van de belangrijkste jodium isotopen (8,02 dagen voor I-131). Voor de aerosolen (van toepassing op LOCA, niet geloosd bij het FHA), waaronder het langlevende Cs-137 (halveringstijd 30,05 jaar) zullen de depositieniveaus de afgeleide waarde voor impact op de voedselketen niet overschrijden (maximale depositie Cs-137 is slechts rond de 9 Bq/m²).

De levenslange effectieve dosis (Lifetime Effective Dose) als gevolg van afgezette radioactiviteit op de bodem en de consumptie van voedsel vanaf 1 jaar na het ongeval is voor alle leeftijdscategorieën (volwassenen 50 jaar, tieners

en kinderen tot 70 jaar) van de orde van maximaal 5 mSv⁸² en dus veel kleiner dan het criterium van 1 Sv voor beide ongevalsscenario's.

4.2.2 Ontwerpuitbreidingsongeval

De radiologische impact van het omhullende ontwerpuitbreidingsongeval voor Doel 4, nl. een Complete Station Blackout (CSBO) werd beoordeeld op basis van de analyse uitgevoerd door Tractebel in kader van de FANC-AFCN/Bel-V richtlijnen uit 2017 voor nieuwe Klasse 1 installaties. De resultaten zijn gegeven in Tabel 59.

Tabel 59: Effectieve dosis en de equivalente schildklierdosis aan de terreingrens van KC Doel als gevolg van het optreden van een CSBO voor Doel 4.

Doel 4 CSBO		
	Dosis	Vergunningslimiet
Effectieve dosis	8,89 mSv	geen
Equivalente schildklierdosis	0,24 mSv	geen

De effectieve dosis is bijna uitsluitend afkomstig van de directe blootstelling aan straling van de overtrekkende radioactieve wolk als gevolg van de verschillende gecontroleerde ontluchtingen via het Containment Filter Venting Systeem (op 65 meter hoogte). Door dit filtersysteem (CFVS) worden bijna uitsluitend edelgassen vrijgezet naar de atmosfeer, andere groepen van radionucliden worden in grote mate tegengehouden. Er zijn ook beperkte lekken vanuit het containment (op typische hoogte van 30 meter). De hoeveelheid jodium vrijgezet is bijgevolg beperkt, wat zorgt voor een beperkte equivalente schildklierdosis en beperkte besmettingsniveaus. Voor ontwerpuitbreidingsongevallen zijn er geen limieten in de vergunning gespecificeerd. Schuilen zou een effectieve tegenmaatregel kunnen zijn in dit geval om de dosis verder te beperken (richtlijn gedefinieerd in het Belgische nucleaire noodplan voor schuilen is 5 mSv, zie §9.2.1). De equivalente schildklierdosis, berekend voor het kritieke individu, zit beneden de richtlijn voor de inname van stabiele jodiumtabletten (10 mSv voor kinderen en zwangeren).

Beperkte contaminatie met jodium isotopen is niet uit te sluiten met mogelijke impact op de voedselketen (afzetting groter dan 4000 Bq/m²), maar dit zal door het radioactief verval kortstondig zijn. Na 1 jaar (volgende oogst) zijn er geen effecten op de voedselketen te verwachten.

4.2.3 Impact van beschouwde ongevallen op biodiversiteit

De referentieorganismen besproken in Vandenhove et al, 2013⁸³ voor routinelozingen werden ook gebruikt voor de berekening van de impact van de accidentele lozingen op het milieu ten gevolge van een LOCA en FHA accident. De referentieorganismen representatief voor de ecosystemen rondom Doel zijn o.a. een amfibie, reptiel, vliegende insect, mol, konijn, muis, vogels, mos, gras, boom, vleermuis, das. De impactberekeningen werden uitgevoerd met de milieubeoordelingstool ERICA die het radioactief verval van de radionucliden mee in rekening brengt. In de berekeningen wordt alleen de maximale depositie beschouwd, niet de gemiddelde depositie. Hetgeen leidt tot eerder conservatieve berekeningen aangezien flora en fauna niet beperkt zijn tot de locatie van maximale depositie. Ook wordt de ERICA-tool gebruikt voor chronische blootstelling waarbij de concentraties gedurende een lange tijd constant blijven. De tool is dus vooral geschikt voor routinelozingen of een bestaande toestand. In geval van

⁸²We wijken hier af van de resultaten in de Tractebel nota omdat we in de totale lifetime effectieve dosis de dosis aan externe straling als gevolg van de besmetting van de bodem (vnl. besmetting door jodium) in het eerste jaar na het ongeval meenemen.

⁸³ Vandehove H., Sweeck I., Vives i Batlle, Wannijn J., Van Hees M., Camps J., Olyslaegers G., Miliche C., Lance B., 2013. Predicting the environmental risks of radioactive discharges from Belgian nuclear power plants. Journal of environmental radioactivity, 126, 61-76.

accidentele lozingen, met vooral kortlevende radionucliden die vrijkomen, neemt de afgezette radioactiviteit in de bodem snel af met de tijd en bijgevolg ook het dosistempo waaraan flora en fauna zijn blootgesteld. Om een idee te krijgen van de chronische blootstelling na een accidentele lozing wordt het gemiddeld dosistempo berekend over de eerste maand en het eerste jaar na het accident.

De berekeningen met de milieurisico tool tonen aan dat de radiologische doses voor fauna en flora voor het LOCA-accident variëren met meer dan een factor 17 tot 59, naargelang de tijd die is verstreken na het accident (onmiddellijk tot 1 jaar na maximale depositie), waarbij de meest blootgestelde organismen de zoogdieren zijn.

De dosiswaarden voor de maximum depositie variëren van 0.1 tot 1.74 $\mu\text{Gy/h}$ (waarbij de externe dosis de interne dosis) domineert en zijn alle lager dan de screeningwaarde van 10 $\mu\text{Gy/h}$ waaronder er geen schadelijke effecten op fauna en flora worden waargenomen. Het gemiddeld dosistempo over de eerste maand na het accident is te verwaarlozen, nl. lager dan 4.5E-02 $\mu\text{Gy/h}$ en daalt verder over 1 jaar tot minder dan 5E-03 $\mu\text{Gy/h}$. Op basis van deze dosistempo's kunnen we dus concluderen dat er geen sprake is van chronische blootstelling aan radioactiviteit en dus de schadelijke impact van de blootstelling van de fauna en flora aan de geloosde accidentele radioactiviteit te verwaarlozen is.

De radiologische doses voor fauna en flora voor de FHA variëren van 19 tot 159 $\mu\text{Gy/h}$ voor de maximale depositie, waarbij de meest blootgestelde organismen de geleedpotige detritivore ongewervelden, ringwormen, kleine zoogdieren en muizen. De blootstellingen zijn hoger dan bij de LOCA-casus. Bij het FHA accident komen echter alleen kortlevende jodiumisotopen vrij, met name ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I en ^{135}I waarvan ^{131}I de grootste halveringstijd heeft, nl. 8 dagen. De andere jodiumisotopen hebben halveringstijden van 2 (^{132}I) tot 20 uren (^{133}I). De radionucliden die het meest bijdragen aan de dosis zijn ^{131}I en ^{133}I (in dalende volgorde), waarbij de externe dosis de interne dosis domineert. Dat deze jodiumisotopen het meest bijdragen, is te verklaren door hun langere halveringstijd waardoor ze langer in het milieu aanwezig blijven dan ^{132}I en ^{135}I . De dosistempo's dalen echter met de tijd. Over 1 maand varieert het gemiddeld dosistempo tussen 9 en 46 $\mu\text{Gy/h}$ en is enkel voor gras lager dan de drempelwaarde van 10 $\mu\text{Gy/h}$. Over 1 jaar liggen de gemiddelde dosistempo's tussen 0.9 en 4.2 $\mu\text{Gy/h}$ en zijn dus lager dan de drempelwaarde voor alle referentieorganismen.

Voor een aantal organismen is het dosistempo dus hoger dan 10 $\mu\text{Gy/h}$ bij blootstelling gedurende de eerste maand na het accident. In dit specifieke scenario is de volgende logische stap om de dosistempo's rechtstreeks te vergelijken met de door ICRP afgeleide referentieniveaus (DCRL's) voor referentiedieren en -planten, waaronder het onwaarschijnlijk is dat er enige kans op het optreden van schadelijke effecten zal optreden, dit op basis van de beste beschikbare wetenschappelijke kennis. Elke DCRL vormt een bandbreedte van dosistempo's voor elke referentieorganisme waarbinnen er waarschijnlijk enige kans is op het optreden van schadelijke effecten.

Uit informatie uit ICRP-publicatie 108 (ICRP, 2008) blijkt dat voor herten, ratten, pijnbomen en eenden de onderste band van de DCRL's 0,1 mGy/d (4 $\mu\text{Gy/h}$) is. Voor gras en kikker is het lage niveau van de band 1 mGy/d (40 $\mu\text{Gy/h}$). Voor regenwormen en bijen is de onderste band van de DCRL's 10 mGy/d (400 $\mu\text{Gy/h}$). De berekende doses overschrijden deze lagere niveaus voor een aantal referentieorganismen, met als meest relevante geval de geleedpotige detritivore ongewervelden. Maar hoewel het niet mogelijk is om te zeggen dat er absoluut geen enkel risico bestaat voor populaties van fauna en flora in het geval van een dergelijk ongeval, is het duidelijk dat sommige planten en dieren veerkrachtiger zijn dan andere, vooral op niveau van populaties. We concluderen dat de overschrijding van de drempelwaarde van 10 $\mu\text{Gy/h}$ kan leiden tot een aantal schadelijke effecten zoals verminderde voortplanting en een verhoogde morbiditeit. In dit specifieke scenario daalt het gemiddeld dosistempo over 1 jaar onder de drempelwaarde van 10 $\mu\text{Gy/h}$ voor alle organismen. Er is dus geen sprake van een langdurige chronische blootstelling. We kunnen dus concluderen dat de schadelijke impact van de blootstelling van de fauna en flora aan de geloosde accidentele radioactiviteit zeer matig tot te verwaarlozen is.

Er dient hierbij ook opgemerkt te worden dat de berekeningen conservatief zijn. Het is dan ook heel goed mogelijk dat een herziene beoordeling met vermindering van het conservatisme van sommige van zijn aannames (zoals de aanname dat de fauna ter plaatse blijft op de locatie met de hoogste bodemconcentraties) sommige dosistempo's verder zouden kunnen verlagen.

Voor het CSBO-accident kan worden verwacht op basis van de geloosde radionucliden en deposities dat hooguit matige tot te verwaarlozen schadelijk effecten op flora en fauna mogelijk zijn.

4.2.4 Bespreking accidentele lozingen

Indien geen levensduurverlenging plaatsvindt zal Doel 4 definitief worden stopgezet (DSZ). Voor de afvoer van de warmte veroorzaakt door het radioactief verval zullen de splijtstofelementen nog altijd gekoeld moeten worden, in eerste instantie met de koelkring van de reactor. De reactoren zullen definitief ontladen worden. De splijtstofelementen worden overgebracht naar het splijtstofbekken en gekoeld met de koelkringen van dit bekken. Deze overgangsfase –de post operationele fase– tot het begin van de ontmanteling zal zowel plaatsvinden bij het Nul-alternatief (geen Project) als bij het Project. De hoeveelheid radioactiviteit in de kern zal echter snel dalen (verval van kortlevende radionucliden), waardoor minder koeling vereist is en ook de inventaris aan radioactief materiaal dat vrijgezet kan worden in deze ongevallen snel daalt met de tijd na stopzetting, waardoor de impact van een ongeval als het zich zou voordoen eveneens daalt. Het is duidelijk dat het risico (risico = kans x impact), dat reeds klein is bij verlenging (omwille van kleine kans op ongeval en beperkte radiologische impact) nog kleiner is bij niet-verlenging gezien minstens de impact kleiner is. Het project brengt dus een beperkt risico gerelateerd aan ongeval (zowel ontwerpbasis – als ontwerpuitbreidingsongeval) met zich mee. Voor de hele site van KC Doel zal echter het risico dalen gezien volgens de huidige kalender in de periode van het project (periode van 10 jaar na 2025) enkel Doel 4 zal uitgebaat worden voor industriële elektriciteitsproductie.

4.3 Operationeel radioactief afval

4.3.1 Afvalbehandeling op de site

De uitbating van de kerncentrale (normaal bedrijf) gaat gepaard met de productie van verschillende soorten radioactief afval, waarbij het volume zoveel als mogelijk geminimaliseerd wordt door behandeling in het Water- en Afvalbehandelingsgebouw (WAB) op de site van KC Doel:

- Brandbaar afval

Het brandbaar afval wordt na volumereductie in het WAB, als niet-geconditioneerd afval voor verbranding afgevoerd naar Belgoprocess. Bij Belgoprocess wordt het afval nog eens sterk gereduceerd door verbranding. De restfractie (de as), met daarin de verzamelde radioactieve stoffen, wordt geconditioneerd.

- Niet-brandbaar afval

Het niet-brandbaar afval of compacteerbaar afval wordt opgesplitst in verschillende afvalstromen. Zo zullen onder andere de diverse metalen gescheiden worden van het andere diverse compacteerbaar afval met steeds de doelstelling elke individuele afvalstroom maximaal te kunnen reduceren. In de installaties van KC Doel wordt het compacteerbaar afval een eerste maal geperst (met een 16 ton of 100 ton pers), waarna het wordt afgevoerd als niet-geconditioneerd afval naar Belgoprocess. Daar wordt het voor een tweede maal geperst in hun installaties met een 2000 ton pers. Het gecompacteerd afval wordt nadien geconditioneerd.

- Filters

Om zo veel als mogelijk de eventuele aanwezige radioactieve deeltjes uit de lucht te verwijderen wordt de lucht uit de gecontroleerde zone continu gefilterd door middel van voorfilters, actieve koolfilters (voor jodium) en absoluutfilters. De ventilatiefilters afkomstig van deze installaties worden, in functie van hun fysische eigenschappen, eveneens verwerkt als brandbaar of compacteerbaar afval en afgevoerd naar Belgoprocess als niet-geconditioneerd afval.

De vloeistoffilters uit de kringen van het nucleaire gedeelte van de installaties worden, indien mogelijk, ook geperst en samen geconditioneerd in een betonmengsel.

- Vloeibaar afval

Het volume radioactief vloeibaar afval wordt voornamelijk gereduceerd door verdamping. De aanwezige radioactieve stoffen in de vloeistof worden verzameld in het 'concentraat' en het niet-radioactieve aandeel van de vloeistoffen, de condensaten, kunnen na voorafgaandelijke controles geloosd worden. Het 'concentraat' wordt in

de conditioneringsinstallatie van Doel verder verwerkt tot geconditioneerd afval. Het geconditioneerd afval wordt na acceptatie⁸⁴ door NIRAS getransporteerd naar Belgoprocess voor berging.

- Harsen

Radioactieve harsen uit ionenwisselaars, voor het zuiveren van kringen, worden niet gecompacteerd maar net zoals het concentraat, verwerkt tot geconditioneerd afval. De harsen worden gemengd met een betonmengsel.

- Beschermkledij

Het gebruik van wegwerpbaar beschermkledij (radioactief afval) wordt, in de nucleaire gedeeltes van de installaties, zoveel mogelijk beperkt door gebruik te maken van wasbare beschermkledij. Deze herbruikbare persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) worden gereinigd in de gespecialiseerde wasserij van het WAB-gebouw. Het wasserijwater wordt na filtering en voorafgaande controles geloosd.

4.3.2 Hoeveelheden laag- en middelactief afval

Na behandeling van de verschillende afvalstromen in het WAB wordt het operationele afval van KC Doel voor verdere verwerking en/of opslag naar Belgoprocess (BP) afgevoerd. Een overzicht van de hoeveelheden laag- en middelactief afval (zowel geconditioneerd (GA) als niet-geconditioneerd afval (NGA)), en de resulterende te bergen volumes na verwerking te BP, worden weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 60. Deze gegevens werden gecompileerd op basis van de milieuverklaring van KC Doel, die jaarlijks geactualiseerd wordt^{boxi}. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen categorie A- of categorie B-afval. Merk op dat in 2020 het volume geconditioneerd afval (GA) na verwerking te BP hoger ligt dan vorige jaren omdat ook eerder opgeslagen afvalstoffen werden afgevoerd, en er bijkomende opruimacties georganiseerd werden. Bovendien werd meer persbaar afval afgevoerd, dat een kleinere volumereductiefactor heeft dan brandbaar afval.

In kolom 4 wordt het volume GA uitgedrukt per TWh netto geproduceerde elektriciteit in KC Doel in het overeenkomstige jaar weergegeven, resulterend in een langjarig gemiddelde van **6,11 m³/TWh laag-en middelactief geconditioneerd afval**. Rekening houdend met het aandeel van de Doel 4 reactor in de elektriciteitsproductie komen we uit op een langjarig gemiddelde van **45,9 m³ laag-en middelactief geconditioneerd afval** per jaar voor Doel 4 (kolom 5). Hierbij schommelde het werkelijk aandeel van Doel 4 ten opzichte van de totale elektriciteitsproductie op de site rond de 40 % in de periode 2011-2020. Dat is iets hoger dan de verhouding op basis van het vermogen (36 %), aangezien andere reactoren (voornamelijk Doel 3 in de periode 2012-2015) enkele malen langdurig hebben stilgelegen.

⁸⁴ Acceptatie is het geheel aan controles uitgevoerd door NIRAS waarbij wordt nagegaan of het afval voldoet aan de daarvoor geldende acceptatiecriteria.

Tabel 60: Jaarlijkse volumes laag- en middelactief afval vanuit KC Doel afgevoerd naar Belgoprocess, en de resulterende te bergen volumes na verwerking aldaar. GA: geconditioneerd afval; NGA: niet-geconditioneerd afval; NB: gegevens niet beschikbaar. In 2014 werd een correctie uitgevoerd op de cijfers van voorgaande jaren; de gecorrigeerde waarden werden hier overgenomen. Vanaf 2015 wordt het volume met een andere methodologie berekend: de volumes ongeconditioneerde harsen worden mee in rekening gebracht.

	Hoeveelheid (m ³) laag- en middelactief afval afgevoerd naar BP (GA + NGA, KC Doel)	Volume (m ³) laag- en middelactief afval (GA, KC Doel)	Volume laag- en middelactief afval (GA) per netto geproduceerde elektriciteit te KC Doel (m ³ /TWh)	Volume laag- en middelactief afval voor Doel 4 (m ³)
2011	NB	196	8,62	68,6
2012	NB	124,7	6,84	53,5
2013	NB	125,9	6,08	51,3
2014	NB	46,8	3,33	16,3
2015	NB	108,2	9,68	75,0
2016	NB	100,5	4,54	39,9
2017	NB	95,1	4,60	34,3
2018	183,9	91,1	7,64	42,2
2019	372	61,9	2,96	24,9
2020	293	132	6,85	53,2
Langjarig gemiddelde		108	6,11	45,9

4.3.3 Effecten van LTO en implicaties voor afvalbeheer

Op basis van Tabel 60 wordt verwacht dat uitstel van desactivatie van kernreactor Doel 4 aanleiding zal geven tot een bijkomende hoeveelheid laag- en middelradioactief afval van ongeveer **460 m³** voor een productieperiode van 10 jaar. Deze schatting is vrij conservatief, door een brede tijdsperiode uit te middelen (2011-2020) waarin jaren met hogere afvalproductie vervat zijn. Aangenomen dat de impact van de werken ter voorbereiding van de LTO relatief beperkt is voor wat betreft ontstaan van radioactief afval, kan deze schatting als representatief beschouwd worden voor de beide periodes/aspecten LTO voorbereidingswerken + LTO uitbating. Dit is voornamelijk afval van categorie A, met slechts een beperkte hoeveelheid categorie B-afval, waaronder mogelijk bepaalde harsen en filters. Vergeleken met de ~50.000 m³ categorie A-afval die momenteel is opgenomen als bronterm in het veiligheidsdossier van de oppervlakteberging^{boxii} betekent dit een marginale toename (<1 %).

In de veronderstelling dat de bijkomende hoeveelheid categorie B-afval verwaarloosbaar is, komt het bijkomend volume afval overeen met ongeveer **287 monolieten** of **0,31 modules** in de bergingsinrichting voor categorie A-afval. De (volumetrische) capaciteit van de berging bedraagt 34 modules^{boxiii}, gebaseerd op:

- ramingen van de hoeveelheden bestaand en toekomstig categorie A-afval uit 2013 (dus geen rekening houdend met een mogelijke LTO van reactoreenheden te Doel en Tihange): 28,6 modules;
- een reserve van ~20 % (5,4 modules), waarvan een beslissing tot verlenging van de uitbating van Doel 4 (naast andere beslissingen die reeds genomen zijn) dus 0,31 modules of ~5,7 % consumeert.

Daarbij wordt verondersteld dat dit afval voldoet aan de acceptatiecriteria vooropgesteld door NIRAS, die onder meer rekening houden met de conformiteitscriteria uit het veiligheidsrapport. Die laatste betreffen radiologische

criteria (criteria qua splijtstoffen en kritikaliteit, alsook beperkingen van activiteitsconcentratie op radionuclideniveau) en een aantal vereisten qua fysicochemische conformiteit. Aangezien het gaat om de verlenging van een bestaande activiteit, wordt er aldus geen (bijkomend) effect verwacht op de (korte en lange termijn) veiligheid van de bergingsinrichting voor categorie A-afval, buiten de effecten die sowieso met de installatie van deze bergingsinrichting verband houden.

4.4 Verbruikte splijtstoffen

In de kerncentrale wordt elektriciteit opgewekt met de energie die vrijkomt bij kernsplijting van het uranium-235 aanwezig in de splijtstofelementen. Na drie à vier jaar in de reactorkern is een splijtstofelement uitgeput, wat betekent dat alle bruikbare energie eruit verdwenen is. Deze uitgeputte splijtstofelementen worden onder water afgekoeld (minstens 2 jaar) en nadien afgevoerd naar het opslaggebouw voor gebruikte splijtstoffen (SCG of SF²) waar ze droog opgeslagen worden in containers van het Dual Purpose Cask (DPC) type. Dit type van verpakkingen worden reeds gebruikt sinds eind van de jaren 1970, en werken volgens een passief koelingssysteem. In het geval van de kerncentrale van Doel worden de verpakkingen uitgerust met een primair deksel en raketbescherming. Uit weerstandtests is gebleken dat de extreme natuurverschijnselen (aardbevingen of overstromingen) die zich in België zouden kunnen voordoen de veiligheid van de opslaginstallaties niet in het gedrang kunnen brengen.

4.4.1 Hoeveelheden

De hoeveelheid hoogactief afval die een kerncentrale voortbrengt, is sterk afhankelijk van de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit en de herladingscyclus van de eenheid. In Tabel 61 wordt het aantal splijtstofelementen dat jaarlijks definitief ontladen werd in de verschillende reactoreenheden weergegeven, op basis van gegevens in de milieuverklaring van KC Doel^{boxi}. Dezelfde informatie is weergegeven in Tabel 62, uitgedrukt in tHM (tonnes Heavy Metal).

Tabel 61: Aantal splijtstofelementen dat definitief ontladen werd in de verschillende reactoreenheden van KC Doel.

	Doel 1	Doel 2	Doel 3	Doel 4	Totaal KC Doel
2011	32	28	44	52	156
2012	32	32	44	60	168
2013	0	32	0	0	32
2014	36	28	0	56	120
2015	60	0	44	52	156
2016	28	40	40	0	108
2017	28	32	0	60	120
2018	0	28	40	56	124
2019	24	28	40	0	92
2020	24	28	44	52	148
Langjarig gemiddelde				39	122

Tabel 62: Aantal ton splijtstoffen (tHM of tonnes Heavy Metal) dat definitief ontladen werd in de verschillende reactoreenheden van KC Doel.

	Doel 1	Doel 2	Doel 3	Doel 4	Totaal KC Doel
2011	8,6	7,5	20,2	28,1	64,5
2012	8,6	8,6	20,2	32,5	69,9
2013	0,0	8,6	0,0	0,0	8,6
2014	9,7	7,5	0,0	30,3	47,5
2015	16,1	0,0	20,2	28,1	64,5
2016	7,5	10,8	18,4	0,0	36,7
2017	7,5	8,6	0,0	32,5	48,6
2018	0,0	7,5	18,4	30,3	56,2
2019	6,5	7,5	18,4	0,0	32,4
2020	6,5	7,5	20,2	28,1	62,4
Langjarig gemiddelde				21,0	49,1

Bovenstaande tabellen tonen dat de jaarlijkse productie in de eenheid Doel 4 neerkomt op een gemiddelde van 39 splijststofelementen, of 21,0 tHM splijtstoffen.

4.4.2 Effecten van LTO en implicaties voor afvalbeheer

Op basis van bovenstaande tabellen kan verwacht worden dat de verlenging van de uitbating van Doel 4 voor 10 jaar een bijkomende hoeveelheid van ongeveer **390 verbruikte splijststofelementen** zal genereren. Dit vertegenwoordigt een **toename van 3,5 %** t.o.v. de gehele Belgische splijststofinventaris in het geval van definitieve stopzetting. Het betreft hier UOX 14ft-assemblies met een initiële U massa van 0,541 tHM/assembly, die in karakteristieken niet verwacht worden te verschillen van de reeds geproduceerde splijststofelementen te Doel 4.

Opslag

In KC Doel worden splijststofelementen tijdelijk droog opgeslagen in containers in het SCG (Splijststof Container Gebouw), en vanaf 2025 tevens in het SFB gebouw van de opslagfaciliteit SF² (zie §2.3.7.3). De desactivatiebekkens fungeren als buffer, waarin de splijststofbundels kunnen afkoelen. Meer gedetailleerde informatie rond het SF²-project kan teruggevonden worden in het desbetreffende MER rapportⁱⁱⁱ. Door het uitstel van desactivatie van Doel 4 zal de afkoppeling van het net van de 4 eenheden meer gespreid worden, waar dit anders gecondenseerd zou verlopen in enkele jaren.

Het IAEA heeft een internationaal onderzoeksprogramma^{xxxiv} uitgevoerd (project SPAR: Spent Fuel Performance and Research Program, 1997-2001) naar het gedrag van bestraalde kernbrandstof en van de materialen gebruikt voor de langdurige (100 jaar en langer) opslag ervan. Op basis van de programma's die zijn uitgevoerd, heeft men een aantal afbraakmechanismen kunnen blootleggen voor splijststofelementen. Na een gedetailleerde analyse is men tot het besluit gekomen dat het weinig aannemelijk is dat die mechanismen op lange termijn de integriteit van de elementen zullen aantasten. Het in stand houden van de integriteit van bestraalde splijtstoffen heeft op lange termijn als doel om alle opties open te kunnen houden voor het beheer van die verbruikte kernbrandstof.

Berging

Er zal voor deze splijststofelementen een langetermijn beheersoplossing dienen uitgewerkt te worden, die neerkomt op geologische berging indien splijtstoffen als afval worden aangemerkt (zie §2.3.7.4). In de veronderstelling dat

berging zal gebeuren in weinig verharde klei, met supercontainers als primaire verpakking, zou bovenstaand meerverbruik overeenkomen met **98 bijkomende supercontainers** (Type SC-4) en een extra benodigde bergingsgalerijlengte van ongeveer 600 m.

De implicaties voor de langetermijnveiligheid van een dergelijk bergingssysteem zullen beperkt blijven. Langetermijnveiligheidsevaluaties van bergingssystemen zijn complexe analyses waarbij schattingen van de radiologische impact of het radiologisch risico gebeuren aan de hand van scenario's waarbij verwachte, mogelijke of hypothetische gebeurtenissen de performantie in termen van insluiting en afzondering⁸⁵ van de SSC's⁸⁶ bepalen. De impact of het risico is het gevolg van zeer kleine fracties radionucliden die op zeer lange termijn (enkele tienduizenden tot honderdduizenden jaren) uit het bergingssysteem zouden kunnen vrijkomen in het grondwater. Het gebruik van dat water voor allerlei toepassingen (bv. drinkwater, drenken van vee, irrigatie van gewassen) zou dan kunnen leiden tot een mogelijke radiologische blootstelling. Een bijkomende hoeveelheid te bergen spent fuel zal geen evenredige toename van de geschatte dosis of risico veroorzaken aangezien lokale piekconcentraties in de biosfeerreceptor beschouwd worden, en deze concentraties voornamelijk afhangen van andere factoren: bergingsconfiguratie, snelheid van vrijkomen uit het afval, migratiesnelheid – voornamelijk door diffusie- doorheen kunstmatige en natuurlijke barrières, snelheid van waterstroming in omliggende watervoerende lagen, en snelheid van radioactief verval.

4.5 Ontmanteling

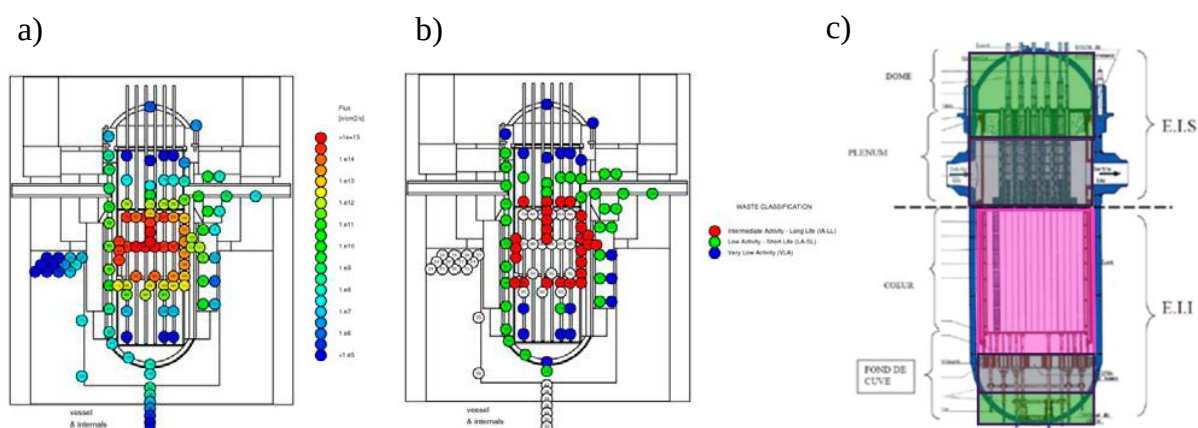
Radioactief materiaal dat vrijkomt bij de ontmanteling van de kerncentrales wordt zoveel mogelijk behandeld en gedecontamineerd, volgens strikte normen, waardoor de hoeveelheid radioactief afval maximaal beperkt wordt. Het overgrote deel (98 % volgens schattingen van Electrabel nv) is niet-radioactief of conventioneel afval dat maximaal gerecycleerd zal worden. De overige 2 % bestaat dan ook hoofdzakelijk uit categorie A-afval dat op de sites geconditioneerd en verpakt zal worden tot monolieten, om vervolgens overgedragen te worden aan NIRAS voor oppervlakteberging. Onderdelen van de reactor, de reactor zelf en het betonnen omhulsel zullen vermoedelijk grotendeels als categorie B-afval in speciaal hiervoor ontworpen containers overgebracht worden naar de tijdelijke opslag op de sites (SF²) in afwachting van de finale diepe berging^{boxv}.

Een deel van het radioactief afval is te wijten aan de neutronenactivatie van grote (structuur)componenten. Deze activatie gebeurt tijdens de werking van de reactor en wordt meestal ingeschat via berekeningen, zoals deze gegeven in de volgende paragraaf. Materialen die zich dichtbij de neutronenbron bevinden (zoals de middelste sectie van het reactorvat) worden hierbij meer geactiveerd dan materialen die zich verder weg bevinden. De afvalclassificatie (categorie A of B) gebeurt op basis van de radioactiviteitsconcentratie van veiligheidsrelevante radionucliden en is derhalve afhankelijk van de neutronenflux tijdens de werking van een reactor en de bestralingsduur. Een langere blootstelling aan neutronen kan dus mogelijk leiden tot een verschuiving van de transitiezone van categorie A naar categorie B, waardoor het volume aan categorie B afval zou vergroten (zie schematische voorstelling in Figuur 75). Er zijn momenteel weinig tot geen meetgegevens beschikbaar om deze berekeningen te valideren⁸⁷.

⁸⁵ Insluiting van radionucliden en afzondering van afval zijn veiligheidsfuncties die het bergingssysteem moet vervullen om de langetermijnveiligheid te waarborgen.

⁸⁶ structuren, systemen en componenten, zoals gedefinieerd in artikel 1, 9° van het KB VVKI: alle elementen van een installatie of activiteit – met uitzondering van de menselijke factoren – die bijdragen tot de bescherming en de nucleaire veiligheid.

⁸⁷ Een voorbeeld van validatie van neutronenactivatieberekeningen kan gevonden worden in Annex IV van IAEA SRS-95^{boxvi}, waarin EDF-CIDEN de vergelijking maakt tussen berekeningen en metingen van activatieproducten in het reactorvat van Chooz A.



Figuur 75: Schematische voorstelling van a) de gesimuleerde neutronenflux in een reactorvat, b) de daaruit afgeleide indeling in afvalklassen en c) aanduiding van de transitiezone (in het grijs) voor de a priori indeling in categorie A- (groen) of B-afval (paars). a) en b) overgenomen uit. ^{boxvi}

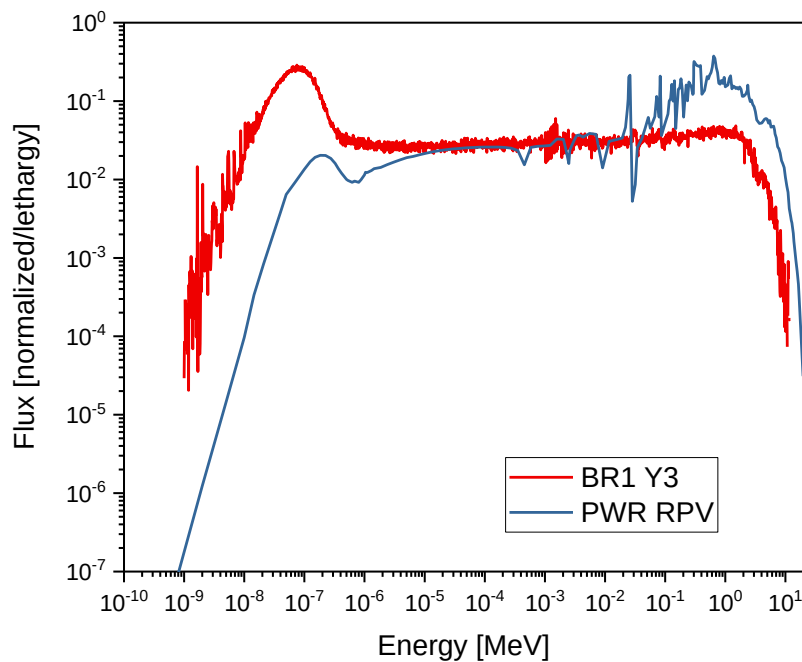
Teneinde kwantitatief een inschatting te kunnen maken van het effect van het uitstel van de desactivatie gedurende 10 jaar, werd een berekening gemaakt van de activatie op verschillende locaties in het reactorvat van Doel 4 met behulp van de activeringscode ALEPH2^{boxvii}.

4.5.1 Inputgegevens

Als input voor de berekeningen zijn er gegevens nodig met betrekking tot i) de neutronenflux, ii) het neutronenspectrum, iii) de bestralingshistoriek, en iv) de materiaalsamenstelling.

- i) Een constante energie-geïntegreerde neutron flux van $1,4 \times 10^{11} \text{ [n/cm}^2\text{s]}$ werd gebruikt, gebaseerd op de maximum design reactorvat fluentie van Doel 4 en Tihange 3 die overeenkomt met gemiddelde waarden ter hoogte van de bewakingscapsules⁸⁸ na 40 jaar uitbating.
- ii) Aangezien de werkelijke spectra van Doel 4 en Tihange 3 niet gegeven zijn, werd een typisch genormaliseerd neutronenspectrum voor thermische lichtwaterreactoren^{boxviii} gebruikt, 'PWR-RPV' in Figuur 76. Aangezien dit spectrum een aanzienlijke bijdrage van fissiëneutronen (met hogere energie) vertoont, wordt aangenomen dat dit representatief is voor de binnenkant van het reactorvat. Om de gevoeligheid aan de vorm van het spectrum te evalueren werd tevens een ander spectrum 'BR1 Y3' beschouwd, berekend voor kanaal Y3 in de BR1 reactor van SCK CEN, en waarvoor de locatie eerder representatief is voor de buitenkant van het reactorvat.

⁸⁸ Bewakingscapsules (surveillance capsules) zijn kleine staalmonsters met dezelfde materiaalsamenstelling als het reactorvat, die iets dichterbij de kern zijn geplaatst zodat ze aan een iets hogere neutronenflux onderhevig zijn dan het kuipstaal. Analyse van deze monsters biedt op een conservatieve manier inzicht in de verouderingsprocessen van het materiaal.



Figuur 76: Genormaliseerd neutronenspectrum per eenheid lethargie.

- iii) Om de activatie te berekenen werd enerzijds uitgegaan van de werkelijke bestralingshistoriek van Doel 4^{boxix}, met gegevens van 1985 tot 2021. Deze historiek bestaat uit alternerende perioden van bestraling (verondersteld op vol vermogen) en perioden van stillegging waarin verval van geproduceerde radionucliden kan optreden. Op basis hiervan werd een gemiddelde jaarlijkse belastingsfactor van 85 % voor Doel 4 geraamd, die voor de LTO periode geëxtrapoleerd werd. Dus, vanaf 2022 worden in het model jaarlijkse cycli van 310 dagen bestraling, en 55 dagen verval beschouwd. Anderzijds wordt ook een continue bestraling zonder periodes van stillegging toegepast, om conservatieve schattingen van de activiteiten te bekomen.
- iv) Voor de samenstelling van het materiaal wordt gesteund op gegevens die verstrekt werden voor de bewakingscapsules^{boxx}, en die gespecificeerd zijn voor de kernmantel, de overgangsring en de las voor het Doel 4 reactorvat. De chemische samenstelling in gewichtsprocent van de belangrijkste elementen (behalve ijzer) is gegeven in Tabel 63.

Tabel 63: Samenstelling van de belangrijkste elementen van delen van het reactorvat van Doel 4 (in gewichts%).

Unit	Materiaal	C	S	P	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	V
Doel 4	Kernmantel	0,20	0,0075	0,007	0,275	1,4	0,74	-	0,05	0,51	<0,01
	Overgangsring	0,215	0,005	0,007	0,285	1,46	0,77	-	0,04	0,49	<0,01
	Las	0,062	0,006	0,015	0,15	1,11	0,8	0,075	0,093	0,480	0,019

Deze elementen bepalen het thermochemisch gedrag van het staal. Echter, in de ertsen en tijdens het productieproces kunnen ook sporenelementen (of onzuiverheden) aanwezig zijn die in het uiteindelijke staal aanwezig zullen zijn. Deze elementen beïnvloeden het gedrag van het staal niet, maar kunnen wel belangrijk zijn in het licht van een veilig langetermijnbeheer. Aangezien er geen informatie beschikbaar is over de hoeveelheid sporenelementen in de reactorvaten van Doel 1 en 2, werd uitgegaan van de internationale richtlijn NUREG-3474^{boxxi}.

4.5.2 Resultaten

Aangezien een constante neutronenflux van $1,4 \times 10^{11}$ [n/cm²s] werd gebruikt voor alle berekeningen in deze studie en de totale fluentie hoger is voor het reactorvat van Tihange 3 door de veronderstelde hogere belastingsfactor, zullen de resultaten van de activatieberekeningen Tihange 3 enveloppe zijn aan deze voor Doel 4. Er wordt dan ook doorverwezen naar §7.5.2 voor een bespreking van de resultaten.

4.5.3 Conclusies

De conclusies met betrekking tot de activatieberekeningen zijn analoog aan deze uitgevoerd voor Tihange 3, zie §7.5.3.

4.6 Grensoverschrijdende effecten

4.6.1 Normaal bedrijf

De grens met Nederland ligt op kortste afstand op zo'n 3,15 km van de site van KC Doel. Gezien echter de verwaarloosbare en niet waarneembare radiologische impact (orde 0,02 mSv/jaar van gasvormige en vloeibare lozingen en eventueel beperkte dosis door directe straling, echter binnen lokale variaties aan natuurlijke straling) bij de uitbating van alle eenheden van KC Doel voor de meest blootgestelde persoon zich op Belgisch grondgebied bevindt net buiten de site van KC Doel en het feit dat de impact enkel afneemt met de afstand (verdunding voor lozingen en inverse kwadratenwet voor eventuele directe straling afkomstig van KC Doel) kan er gesteld worden dat er geen grensoverschrijdende effecten zijn op mens en milieu bij normaal bedrijf van KC Doel, m.a.w. ook niet bij het verlengen van Doel 4 voor een periode van 10 jaar.

4.6.2 Ongevallen

Voor de beoordeling van de grensoverschrijdende effecten bij de twee overkoepelende ontwerpbasisongevallenscenario's (LOCA en FHA) en het buitenontwerpongevallenscenario maken we gebruik van enerzijds de Tractebel berekeningen die de methodologie volgt op basis van de nieuwe richtlijnen van het FANC-AFCN/BEL-V voor nieuwe Klasse 1 installaties voor de impact op Nederland (gezien de korte afstand is de atmosferische modellering gebruikt hiervoor geschikt) en voor de andere buurlanden op grotere afstand de Flexpart methodologie, beiden besproken in het deel methodologie §2.3.4.

Beide methodologieën doen een conservatieve inschatting voor het kritieke individu. Zo hebben we voor de Flexpart berekeningen de bronterm voor de LOCA (duur 720 uur) conservatief beschouwd als een 6 uur durende lozing (dit geeft minder verspreiding), voor het FHA 2 uur (reële duur van lozing) en voor het CSBO eveneens 6 uur (lozingen gedurende verschillende ontluchtingen en continue lozing over 10 dagen). We beschouwen in de Flexpart berekening ook alle jodium in de elementaire vorm (I₂).

De geloosde hoeveelheden naar de omgeving die verondersteld worden in deze scenario's zijn gegeven in Tabel 64.

Tabel 64: Geloosde activiteit van de verschillende groepen radionucliden die voor de impact belangrijk zijn.

	Ontwerpbasisscenario's		Buitenontwerp-scenario
	LOCA	FHA	CSBO
Edelgassen	2,5 PBq	8,89 PBq	13,7 PBq
Jodium	64,5 TBq (74,4 % I-131)	7,23 TBq (43 % I-131)	0,49 TBq (14,6 % I-131)
Aerosolen (Cs-137 + Cs-134)*	1,88 GBq	-	58,3 GBq

*Cs-134 enkel van toepassing voor het CSBO-ongeval

De berekende radiologische impact, met name de totale effectieve dosis, de equivalente schildklierdosis en het depositieniveau I-131 zijn gegeven in Tabel 65. Deze zijn bepaald voor Nederland op een afstand van zo'n 3 kilometer van de site van Doel, volgens de nieuwe richtlijnen van FANC-AFCN/Bel-V (studies Tractebel⁸⁹, geschikt voor korte afstanden), voor de andere landen (en depositie Nederland) met de Flexpart methode (langere afstanden: zie methodologie §2.3.4.3). Beide methoden gebruiken dezelfde totale bronterm. In de Flexpart methode worden de maximale luchtconcentraties en depositieniveaus in de betreffende landen gebruikt die bepaald werden voor een reeks van simulaties met de start van de lozing elk uur van een volledig jaar (meteorologische data ECMWF 2020 –) voor de beschouwde duur van de lozing (6 uur of 2 uur, afhankelijk van scenario) en beschouwde groepen radionucliden. Ook de maximale waarden op zee werden bepaald. Op basis van deze luchtconcentraties en deposities werden dan voor de verschillende leeftijdscategorieën de totale effectieve dosis, de equivalente schildklierdosis en depositiesniveaus bepaald. Voor de dosissen werd het maximum over alle leeftijdscategorieën getabuleerd (kritieke individu).

Tabel 65: Totale effectieve dosis (TED), equivalente schildklierdosis (beide voor kritieke individu) en maximale afzetting van I-131 voor de verschillende buurlanden en voor de verschillende ongevalsscenario's beschouwd bepaald met de Flexpart methodologie. Voor Nederland zijn er twee waarden gegeven. De eerste waarde werd bepaald met de methodologie voor de lokale impact, de waarde tussen haakjes met de Flexpart methodologie (zie tekst), . Voor de beoordeling gebruiken we voor Nederland (voor de dosissen) de lokale methode en voor de andere landen de Flexpart methode.

Doel 4	LOCA			FHA			CSBO		
	TED (mSv)	Schildklier-dosis (mSv)	Dep. I131 (Bq/m ²)	TED (mSv)	Schildklier-dosis (mSv)	Dep. I131 (Bq/m ²)	TED (mSv)	Schildklier-dosis (mSv)	Dep. I131 (Bq/m ²)
Nederland	0,22 (0,55)	4,05 (16,0)	(3,4 10 ⁵)	0,44 (0,14)	4,79 (1,46)	(33202)	0,44 (12,5)	0,011 (0,51)	(5980)
Duitsland	0,01	0,26	8400	0,01	0,04	992	0,99	0,009	190
Luxemburg	0,00	0,05	4970	0,00	0,01	380	0,12	0,002	61
Frankrijk	0,03	0,90	12700	0,02	0,15	1600	1,11	0,032	289
Verenigd Koninkrijk	0,01	0,29	5330	0,01	0,03	410	0,56	0,009	70
Zee	0,37	10,62	-	0,10	1,03	-	8,57	0,340	-

We zien dat dosissen in Nederland, gezien de nabijheid, het hoogst zijn, maar beneden de typische richtwaarden voor directe tegenmaatregelen zoals schuilen of het nemen van jodiumtabletten om opstapeling van radioactief jodium in de schildklier te vermijden (zie deel noodplanning §9.4.1). De radiologische impact in de buurlanden zal bijgevolg erg beperkt blijven. De afzetting van aerosolen (Cs-137 en ook Cs-134 voor het CSBO-ongeval) is voor alle buurlanden en alle scenario's beneden de waarde waarbij enige impact op de voedselketen kan verwacht worden. Voor jodium isotopen en met name I-131 kan de laagste afgeleide waarde voor de bodemconcentratie (4000 Bq/m² I-131) waarbij er mogelijk een impact op de voedselketen is (bv. besmetting van melk) overschreden worden in alle buurlanden voor het LOCA-ongeval. Het betreft weliswaar, met Nederland als uitzondering wegens de nabijheid, een erg beperkte overschrijding. De berekende depositiewaarden zijn, conform de gebruikte methodologie, voor het meest ongunstige moment dat het ongeval kan plaatsvinden (betreffende de

⁸⁹ LTO D4 - ELP - KCD4 - Radiological consequences of a Loss of Coolant Accident and a Fuel Handling Accident" CNT-KCD/4NT/29657/000/01, Tractebel Engineering, 2023 & DEC B: RC-1.5 - D4 - Radiological consequences off-site – Assessments DEC/4NT/0606802/150/04, Tractebel Engineering, 2022

meteorologische omstandigheden in het jaar 2020), voor elk buurland specifiek. Verder zal gezien de halveringstijd van I-131 (8,02 dagen) deze besmetting ook geen lange termijn consequenties hebben.

4.7 Milderende maatregelen: noodplanning

Dit wordt gezamenlijk beschreven voor Doel 4 en voor Tihange 3: zie §9.4.1

4.8 Leemten in de kennis

Dit wordt gezamenlijk beschreven voor Doel 4 en Tihange 3: zie §9.4.2

4.9 Aanbevelingen

In het kader van de beoordeling van de radiologische effecten willen we hierbij een aantal aanbevelingen formuleren bij uitvoering van het Project:

1. De dosis als gevolg van de gasvormige en vloeibare lozingen bij uitbating van Doel 4 wordt in belangrijke mate bepaald door de gasvormige lozingen van koolstof-14, een radionuclide dat ook natuurlijk voorkomt. De lozing is gebaseerd op berekeningen en werd enkel via metingen voor Tihange 2 geverifieerd. Hierbij werd vastgesteld dat reële lozingen van koolstof-14 bij Tihange 2 lager zijn dan de (conservatief) berekende. In deze context zou het bij verlenging van Doel 4 aangewezen zijn de lozingen van koolstof-14 te kwantificeren aan de hand van metingen, via een methode analoog aan deze die bij Tihange 2 werd toegepast om zo een betere en realistische inschatting te krijgen van de dosissen bij normale uitbating;
2. Bij verlenging van Doel 4 voor 10 jaar zal de uitbating samenlopen met de post-operationele en eventueel ontmantelingsfase van de andere reactoren en een aantal hulpgebouwen op de site van KC Doel. Het lijkt aanbevolen om de radiologische blootstellingen die potentieel voortkomen uit de ontmanteling en deze door exploitatie voor verdere elektriciteitsproductie van Doel 4 in de mate van het mogelijke te onderscheiden en apart publiek te rapporteren zodat impact van exploitatie voor industriële elektriciteitsproductie van Doel 4 apart van de eventuele ontmantelingsactiviteiten kan geanalyseerd worden.

5 Synthese en besluit site Doel – Doel 4

5.1 Synthese van de effecten

5.1.1 Niet-radiologische effecten

Het verlengen van de levensduur van Doel 4 houdt in dat gedurende een bijkomende periode van 10 jaar (gezuiverd) sanitair afvalwater, behandeld bedrijfsafvalwater en (opgewarmd) koelwater zal geloosd worden. Tijdens die periode zal de overstortproblematiek, die eigen is aan de gemengde riolering op de site, ook bestendig worden. Dit zal niet leiden tot een achteruitgang van de ecologische toestand van de Zeeschelde, mits blijvend aandacht aan monitoring en tijdige bijsturing blijft gebeuren. Het project hypothekeert evenmin het bereiken van het goed ecologisch potentieel van het waterlichaam. Het verdient wel aanbeveling om de thermische lozingen meer af te stemmen op de evolutie van de temperatuursgradiënt tussen de Nederlandse grens en Antwerpen.

Vanuit het thema biodiversiteit werd de effecten van het plan bestudeerd in termen van de oppervlakte-waterkwaliteit, barrièrewerking, mortaliteit, verstoring, direct ruimtebeslag, en eutrofiëring en verzuring. Voor barrièrewerking en direct ruimtebeslag bleek dat er geen effecten te verwachten zijn. Voor mortaliteit is er mogelijk een (beperkt) effect omwille van de aanzuiging van koelwater. Op het vlak van verstoring zijn enkel wijzigingen te verwachten op vlak van geluidsverstoring. Het belang hiervan is eerder beperkt, aangezien tijdens de periode van levensduurverlenging de verstoring nog enkel van Doel 4 zal afkomstig zijn. Bovendien gaat het om een bestaand geluid dat continu en voorspelbaar is; een belangrijke impact op de soorten in de omgeving wordt dan ook niet verwacht.

De effecten van de werking van de kerncentrale op het vlak van verzurende en eutrofiërende deposities zijn verwaarloosbaar. Bovendien zijn andere factoren zoals de kwaliteit van het Scheldewater veel bepalender voor de trofische toestand op die locatie. Wel kunnen er positieve effecten verwacht worden van de 'vermeden emissies' die samengaan met 10 jaar aan bijkomende nucleaire productie.

De lozing van koelwater, sanitair water en industrieel water zorgt voor een verslechtering van de waterkwaliteit, die echter beperkt blijft tot de zone binnen de strekdam. Betekenisvolle effecten op het ecosysteem van de Schelde als geheel worden daardoor voorkomen. Ook lokaal zijn er geen aanwijzingen dat de effecten nadelig zouden zijn voor de aanwezige organismen. Gezien de aanduiding van de Schelde zelf als habitatrictlijngebied en het mogelijke belang van deze zone voor de vogels van het vogelrichtlijngebied is dit een belangrijke conclusie.

De werking van KC Doel kan ook een impact hebben op de luchtkwaliteit. De belangrijkste bronnen met een mogelijke impact zijn stoomketels en dieselmotoren, die jaarlijks echter maar een beperkt aantal werkingsuren hebben. Als enkel Doel 4 nog in werking is zal het aantal werkingsuren van de stoomketels quasi verdubbelen, maar zelfs dan blijft het totaal aantal effectieve werkingsuren beperkt. De emissies van de installaties zijn dan ook zeer beperkt, en zullen verder afnemen naarmate meer verbrandingsinstallaties uit dienst worden genomen.

De hoogste berekende emissies (voor 2026) werden gebruikt als modelinput om de impact op de luchtkwaliteit te berekenen. Omdat niet van alle installaties de modelkarakteristieken beschikbaar waren werden voor deze berekeningen een aantal aannames gehanteerd. Uit de impactberekeningen blijkt de impact op de luchtkwaliteit in de omgeving verwaarloosbaar te zijn (kleiner dan 1% van de gehanteerde grens- of toetsingswaarden). Er worden evenmin overschrijdingen van grenswaarden vastgesteld, rekening houdend met de te verwachten achtergrondconcentraties. Er is dan ook geen noodzaak aan milderende maatregelen.

Als de levensduur van Doel 4 niet verlengd wordt zal in de plaats ervan elektriciteit gegenereerd moeten worden met (deels) behulp van fossiele brandstoffen. De emissies die hierbij ontstaan (en die bij levensduurverlenging van Doel 4 als 'vermeden' kunnen beschouwd worden) liggen veel hoger dan de emissies die bij de werking van Doel 4 ontstaan.

De broeikasgasemissies die kunnen toegewezen worden aan Doel 4 zijn over de periode van de levensduurverlenging van de orde van 14 kton (cumulatief). De *vermeden* broeikasgasemissies bij het langer open houden van Doel 4 zijn van een andere orde. Over de hele periode genomen resulteert het uitstel van de desactivatie van Doel

4 in het vermijden van de emissie van ongeveer 12.417 kton CO₂eq. Jaarlijks komt dit neer op een besparing equivalent aan bijna 10% van de emissies in de sector "productie van elektriciteit en warmte" in België in het jaar 2021 (12,8 Mton). Als we de vergelijking maken met de emissies die vrijkomen bij de werking van Doel 4 over dezelfde periode (14 kton) dan kunnen we vaststellen dat de emissies van Doel 4 over de periode waarop de levensduurverlenging van toepassing is slechts 0,11% uitmaken van de vermeden emissies over dezelfde periode.

Doel 4 heeft tijdens de referentieperiode geen invloed op de weerbaarheid van de omgeving aan de gevolgen van klimaatverandering gezien het feit dat zowel in de referentiesituatie als bij uitvoering van het Project de site verhard blijft. Binnen het tijdsperspectief van de levensduurverlenging is de site Doel zelf evenmin kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering, en deze situatie is onafhankelijk van het feit of de levensduur van Doel 4 al dan niet wordt verlengd.

Het project heeft geen betekenisvolle gevolgen voor de gezondheid. Op basis van een voorafgaande screening werden enkel de effecten met betrekking tot Legionella, psychosomatische aspecten (die gepaard gaan met risicoperceptie), en de vermeden gezondheidseffecten van een black out gepaard als mogelijk relevant beschouwd. Uit de analyse uitgevoerd in dit MER blijkt dat Legionella geen probleem kan vormen, gezien het brakke water waarmee de koeltorens van Doel 4 worden gevoed. Wat betreft risicoperceptie met betrekking tot nucleaire ongevallen kan gesteld worden dat die risicoperceptie er wel degelijk is, maar dat er geen aantoonbaar verband is met psychosomatische effecten. Tenslotte kan bevestigd worden dat de levensduurverlenging van Doel 4 de kansen op een black-out gevoelig vermindert (vooral in de eerste jaren van de levensduurverlenging), met dus een positief effect op het vermijden van de gezondheidseffecten die met stroomonderbrekingen kunnen gepaard gaan.

5.1.2 Radiologische effecten

De potentiële blootstelling aan straling bij normale uitbating van de centrale is voor mens en milieu gerelateerd aan directe straling van radioactiviteit aanwezig op de site, en van de gasvormige en vloeibare lozingen die bepaalde concentraties aan radioactiviteit bevatten.

Metingen van het TELERAD-netwerk uitgbaat door het FANC-AFCN tonen aan dat de dosis door externe straling in de omgeving van KC Doel veel kleiner is dan de wettelijke limiet van 1 mSv/jaar, en niet te onderscheiden is van lokale variaties in de natuurlijke achtergrond.

De kerncentrale van Doel heeft in de huidige situatie geen significant meetbare radiologische impact op de omgeving via de atmosferische lozingen, en evenmin een significante meetbare radiologische impact op de Schelde. Deze conclusie geldt uiteraard ook als enkel wordt rekening gehouden met de uitbating van Doel 4.

Een berekening op basis van de huidige lozingslimieten toont aan dat ook voor (hypothetische) 'meest blootgestelde persoon' de dosis als gevolg van atmosferische en vloeibare lozingen ruim minder bedraagt dan de effectieve dosislimiet voor het publiek van 1 mSv per jaar. Aangezien in de praktijk de reële lozingen maar een fractie bedragen van de vergunde limieten is de reële dosis (voor de volledige site KC Doel) uiteraard nog kleiner; ze bedraagt (maximaal) slechts zo'n 2,2% van de dosislimiet.

In 2013 werd er een uitvoerige milieurisicobeoordeling uitgevoerd om de impact van de atmosferische en vloeibare lozingen op fauna en flora in te schatten⁹⁰. Er werd aangetoond dat de dosistempowaarden ook voor de lozingslimieten veel kleiner zijn dan de drempelwaarde van 10 µGy/h, waaronder er geen schadelijke effecten optreden. De huidige lozingslimieten leiden dus niet tot schadelijke effecten voor het milieu, wat ook bevestigd wordt door de meetresultaten van het monitoringprogramma van FANC-AFCN en de exploitant in de omgeving van de site.

⁹⁰ Vandehove H., Sweeck I., Vives i Batlle, Wannijn J., Van Hees M., Camps J., Olyslaegers G., Miliche C., Lance B., 2013. Predicting the environmental risks of radioactive discharges from Belgian nuclear power plants. Journal of environmental radioactivity, 126, 61-76.

De stopzetting van Doel 4 geeft aanleiding tot het wegvallen van een deel van de radioactieve gasvormige en vloeibare lozingen naar de omgeving. De lozingen die direct gelinkt zijn aan de werking van de reactoren (en die ook de belangrijkste bijdrage hebben aan de dosis die het gevolg is van de gasvormige en vloeibare lozingen) zullen wegvallen. Anderzijds zullen bepaalde gasvormige en vloeibare lozingen doorgaan in de post-operationele fase.

Op basis van ervaring in Duitsland kan conservatief ingeschat worden dat de effectieve dosis als gevolg van gasvormige en vloeibare lozingen bij niet-verlenging van Doel 4 (waarbij er dus op de site Doel geen enkele reactor meer in dienst is) in het eerste jaar na stopzetting zal dalen tot een niveau van de orde van 0,007 mSv /jaar en in de jaren nadien verder zal afnemen tot beneden de 0,003 mSv/jaar. Dit kan vergeleken worden met een effectieve dosis in 2025, die van de orde van (maximaal) 0,02 mSv/jaar zal zijn, en met de norm van 1 mSv/jaar.

Als het project wordt uitgevoerd en de levensduur van Doel 4 dus wordt verlengd kan aangenomen worden dat de gasvormige en vloeibare lozingen die gerelateerd zijn aan de uitbating van Doel 4 gedurende 10 jaar zullen doorgaan op hetzelfde niveau als vandaag, in de veronderstelling dat de reactor aan hetzelfde vermogen zal blijven werken en dat de behandeling van de gasvormige en vloeibare effluënten ongewijzigd blijft. Een conservatieve schatting van de effectieve dosis door uitbating van enkel Doel 4 geeft een waarde van 0,01 mSv/jaar of lager, en dit constant over de 10 jaar van verlengde uitbating. Dit is ruim beneden de huidige uitbatingsvergunning en ook een factor 100 beneden de wettelijke limiet van 1 mSv/jaar. Een effectieve dosis van 0,01 mSv komt overeen met de extra dosis die een Belg ontvangt door verhoogde kosmische straling als hij of zij twee weken in de bergen gaat skiën⁹¹. De effectieve dosis bij normale uitbating van het project zorgt dus voor een triviale impact.

In voorliggend MER werden ook de effecten van het project bestudeerd op de dosis die het gevolg zou zijn van twee ontwerpbasisongevallen en van een ontwerpuitbreidingsongeval. Uit een analyse op basis van het veiligheidsdossier van Doel 4 blijkt dat de effectieve dosissen en equivalente schildklierdosissen resulterend uit beide ontwerpbasisongevallen voor Doel 4 binnen de gestelde limieten blijven. Als de analyse gebeurt op basis van de FANC-richtlijnen voor nieuwe klasse 1-installaties wordt het criterium voor de equivalente schildklierdosissen wel overschreden, wat betekent dat in een dergelijk geval het innemen van stabiel jodium voor het beschermen van de schildklier zou aangeraden worden. Bij een ontwerpuitbreidingsongeval blijkt de effectieve dosis van dezelfde orde te zijn als die van beide ontwerpbasisongevallen, maar is de equivalente schildklierdosis lager. In alle 3 de ongevalsscenario's zou er ook een besmetting van de voedselketen kunnen optreden, met typisch overschrijdingen van activiteitsniveaus in melk, bladgroenten en vlees, met radioactieve jodium isotopen. Gezien de relatief korte halveringstijd van deze isotopen (8,02 dagen voor I-131) zou deze besmetting beperkt zijn in de tijd.

De lange termijn-impacten van beide referentieongevallen zijn verwaarloosbaar: de berekende levenslange effectieve dosis (als gevolg van afgezette radioactiviteit op de bodem en de consumptie van voedsel vanaf 1 jaar na het ongeval) is voor alle leeftijdscategorieën veel kleiner dan het criterium van 1 Sv. Dat geldt ook voor de lange termijn-impact van het ontwerpuitbreidingsongeval.

Het project brengt dus een beperkt risico gerelateerd aan een ongeval (zowel ontwerpbasis – als ontwerp-uitbreidingsongeval) met zich mee. Voor de hele site van KC Doel zal het risico echter dalen, aangezien tijdens de periode van 10 jaar dat de levensduur wordt verlengd enkel Doel 4 nog zal uitgebaat worden op de site.

Er wordt verwacht dat uitstel van desactivatie van kernreactor Doel 4 aanleiding zal geven tot een bijkomende hoeveelheid laag- en middelradioactief afval van ongeveer 460 m³ voor een productieperiode van 10 jaar. Dit is voornamelijk afval van categorie A, met slechts een beperkte hoeveelheid categorie B-afval. Vergeleken met de ongeveer 50.000 m³ categorie A-afval die momenteel is opgenomen als bronterm in het veiligheidsdossier van de oppervlakteberging betekent dit een marginale toename (<1 %).

In de veronderstelling dat de bijkomende hoeveelheid categorie B-afval verwaarloosbaar is, komt het bijkomend volume afval overeen met ongeveer 287 monolieten of 0,31 modules in de bergingsinrichting voor categorie A-afval. De (volumetrische) capaciteit van die berging bedraagt 34 modules

⁹¹ Vergelijking op basis van <https://fanc.fgov.be/nl/dossiers/medische-toepassingen/vergelijking-stralingsdosis>

Daarnaast zal de verlenging van de uitbating van Doel 4 voor 10 jaar een bijkomende hoeveelheid van ongeveer 390 verbruikte splijtstofelementen zal genereren. Dit vertegenwoordigt een toename van 3,5 % t.o.v. de gehele Belgische splijtstofinventaris in het geval van definitieve stopzetting.

Er zal voor deze splijtstofelementen een langetermijn beheersoplossing moeten uitgewerkt te worden, die neerkomt op geologische berging als splijtstoffen als afval worden aangemerkt. In de veronderstelling dat berging zal gebeuren in weinig verharde klei, met supercontainers als primaire verpakking, zou bovenstaand meerverbruik overeenkomen met 98 bijkomende supercontainers (Type SC-4) en een extra benodigde bergingsgalerijlengte van ongeveer 600 m. Een bijkomende hoeveelheid te bergen spent fuel zal echter geen evenredige toename van de geschatte dosis of risico veroorzaken.

5.2 Synthese van de grensoverschrijdende effecten

De meeste niet-radiologische effecten toe te schrijven aan de levensduurverlenging van Doel 4 beperken zich tot de onmiddellijke omgeving van de kerncentrale en zijn beperkt in omvang; ze geven dus geen aanleiding tot grensoverschrijdende effecten. Enkel voor het thema Water kan er sprake zijn van (beperkte) grensoverschrijdende effecten. Op basis van monitoring van de temperatuur van de Schelde ter hoogte van de Nederlandse grens (op ca. 3,4 km afstand van het lozingspunt), is de invloed van de lozing van het koelwater hoogstens als beperkt negatief te beschouwen, wat inhoudt dat de temperatuurstijging ten gevolge van de lozing kleiner zal zijn dan 1°C. Deze temperatuurstijging zal stroomafwaarts op Nederlands grondgebied verder langzaam afnemen.

Als de levensduur van Doel 4 niet wordt verlengd zullen uiteraard andere productiemiddelen moeten ingezet worden om de weggevallen productiecapaciteit te vervangen. Grensoverschrijdende effecten kunnen in zo'n geval niet a priori uitgesloten worden. Het belang en de aard van die grensoverschrijdende effecten zal echter sterk afhangen van de locaties waar de (theoretische) vervangcapaciteit wordt voorzien, van de technische kenmerken van die installaties en van hun vergunningskenmerken.

De gasvormige en vloeibare radiologische lozingen bij de uitbating van *alle* eenheden van KC Doel hebben zoals gezien een verwaarloosbare en niet waarneembare impact (orde 0,02 mSv/jaar) voor de hypothetische meest blootgestelde persoon die zich net buiten de site van KC Doel bevindt. De dosis die afkomstig zou kunnen zijn van de directe straling van de site blijft binnen de marges van de natuurlijke variaties. Rekening houdend met het feit dat de impact enkel kan afnemen met de afstand (verdunding voor lozingen en inverse kwadratenwet voor eventuele directe straling) kan gesteld worden dat bij normaal bedrijf van KC Doel, en dus ook bij verlenging van de levensduur van Doel 4, er geen grensoverschrijdende effecten op mens en milieu te verwachten zijn.

Uit berekeningen van de grensoverschrijdende radiologische impact van diverse ongevalsscenario's blijkt dat de dosissen in Nederland, en ook de andere buurlanden, beneden de typische richtwaarden voor directe tegenmaatregelen (zoals schuilen of het nemen van jodiumtabletten) vallen. Tegenmaatregelen voor de voedselketen kunnen in Nederland noodzakelijk zijn voor jodiumisotopen, gelijkaardig gezien de nabijheid, aan deze in België. In de andere buurlanden zijn deposities waar tegenmaatregelen voor de voedselketen noodzakelijk zijn heel erg onwaarschijnlijk maar in zeer ongunstige meteorologische omstandigheden ook niet helemaal uit te sluiten voor het LOCA-ongeval. Indien er een impact is op de voedselketen, ook in Nederland, zal deze echter kort van duur zijn (geen belangrijke afzetting van langlevende radionucliden zoals Cs-137). De radiologische impact in de buurlanden zal bijgevolg beperkt blijven.

Deel III. Milieueffectbeoordeling uitstel desactivatie kerncentrale Tihange 3

6 Niet-radiologische effecten Tihange 3

6.1 Algemeen

De volgende structuur wordt gebruikt om het effect van de verschillende disciplines in dit hoofdstuk te beschrijven en te beoordelen:

Relevante beleidsdoelstellingen

Een beschrijving van de verschillende beleidsdoelstellingen die zullen worden beoordeeld. De bron van deze doelstellingen zijn de verschillende relevante beleidsdocumenten. Het gaat om doelstellingen op strategisch niveau.

Relevante effecten en oorzakelijke verbanden

Een beschrijving van de effecten die relevant zijn voor een oordeel over de mate waarin het project bijdraagt tot de verwezenlijking van de beleidsdoelstellingen en het oorzakelijk verband met het project.

Afbakening van het studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie

Het uitgangspunt is in principe de situatie in 2025, het jaar waarin Tihange 3 volgens de wet op de kernuitstap zou worden stilgelegd. We beschrijven hier ook eventuele (autonome of gecontroleerde) ontwikkelingen die de situatie in 2025 (fundamenteel) anders kunnen maken dan de huidige situatie (2023), alsmede ontwikkelingen die de ontwikkeling van de referentiesituatie over de periode van de levensduurverlenging kunnen beïnvloeden. Indien dergelijke ontwikkelingen zich voordoen, houden wij daarmee rekening bij de beschrijving van de effecten (ontwikkelingsscenario of tweede referentiescenario).

Beschrijving van de effecten

Hier beschrijven we de effecten die relevant zijn voor de beoordeling in de volgende stap. Waar mogelijk en relevant geven we ook een indicatie van de cumulatieve effecten over de tien jaar (bijvoorbeeld cumulatieve emissies; eventueel rekening houdend met jaarlijkse schommelingen in de emissies).

Toetsing van de effecten aan de beleidsdoelstellingen

Hier wordt beoordeeld in hoeverre het project al dan niet bijdraagt aan de verwezenlijking van de verschillende beleidsdoelstellingen (via de effecten).

6.2 Water

6.2.1 Relevante beleidsdoelstellingen

Richtlijn 2000/60/EG tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid, gewoonlijk de "kaderrichtlijn water" genoemd, is op 23 oktober 2000 aangenomen (Publicatieblad van 22 december 2000).

De richtlijn heeft enerzijds tot doel het aquatisch milieu te beschermen en te verbeteren en anderzijds bij te dragen tot een duurzaam, evenwichtig en billijk gebruik van water.

Het uiteindelijke doel van de kaderrichtlijn is het bereiken van een "goede toestand" van alle EU-wateren. Er zijn afzonderlijke milieudoelstellingen vastgesteld voor oppervlaktewateren, grondwater en beschermde gebieden.

Voor oppervlaktewateren zijn de belangrijkste doelstellingen:

- De achteruitgang van de toestand van alle oppervlaktewaterlichamen voorkomen;
- Een goed ecologisch potentieel en een goede chemische toestand van alle kunstmatige en sterk veranderde waterlichamen bereiken;

- Geleidelijk verminderen van de verontreiniging door prioritare stoffen en stopzetten of geleidelijk verminderen van emissies, lozingen en verliezen van prioritare gevaarlijke stoffen⁹².

Stroomgebiedbeheerplannen

Op 23 oktober 2000 heeft de Europese Unie de kaderrichtlijn Water (KRW) aangenomen, waarin een wettelijk kader voor het waterbeheer in heel Europa is vastgesteld. De doelstelling is om tegen 2016 de kwantitatieve en chemische toestand van alle Europese wateren te verbeteren. Wallonië maakt deel uit van vier internationale stroomgebieden of stroomgebiedsdistricten (Maas, Schelde, Rijn en Seine) en heeft de grenzen van vijftien natuurlijke onderverdelingen, de deelstroomgebieden, duidelijk vastgelegd. Bovendien heeft het zelf het kader van zijn eigen hydrografische deelstroomgebieden opnieuw gedefinieerd (decreet van 13 september 2001).

De uitvoering van deze richtlijn omvat de opstelling van beheerplannen om de oppervlakte- en grondwaterlichamen te beschermen, te verbeteren en te herstellen. Deze beheerplannen moeten regelmatig worden bijgewerkt.

De eerste beheerplannen (2009-2015) werden in hun definitieve versie goedgekeurd op 27 juni 2013 door de Waalse regering, die de bevoegde autoriteit is voor de uitvoering van de kaderrichtlijn Water in de Waalse delen van de internationale stroomgebiedsdistricten van de Maas, Schelde, Rijn en Seine. Ook de tweede beheerplannen (2016-2021) zijn in hun definitieve versie goedgekeurd op 28 april 2016. De ontwerpen van de derde beheerplannen (2022-2027) zijn op 29 september 2022 door de Waalse regering goedgekeurd. Zij zijn momenteel onderworpen aan een openbaar onderzoek dat eindigt op 02 mei 2023. Daarna zouden ze in hun definitieve versie moeten worden aangenomen en in juli 2023 in het Belgisch Staatsblad moeten worden gepubliceerd.

Het scenario "goede toestand" brengt de voor de verschillende fysisch-chemische parameters en voor de verschillende sectoren die van invloed zijn op de ecologische toestand van de waterlichamen geschatte doelfstand tot nul terug. Deze doelfstand vertegenwoordigt voor een bepaalde fysisch-chemische parameter het verschil tussen de in het waterlichaam gemeten concentratie en de aanvaarde concentratie (norm) in dit waterlichaam. Een waterlichaam kan door verschillende fysisch-chemische parameters worden gedegradeerd. In het kader van het scenario "goede toestand" worden verschillende maatregelen voorgesteld om de verschillen in elk van de waterlichamen te verkleinen. Samen zouden deze maatregelen het mogelijk maken om voor 72% van de oppervlaktewaterlichamen een goede toestand/potentieel te bereiken.

Het voorgestelde maatregelenprogramma bevat niet alle maatregelen van het scenario "goede toestand" voor het bereiken van een goede toestand van de oppervlaktewaterlichamen. Met dit voorgestelde scenario kan echter voor 69% van de oppervlaktewaterlichamen een goede toestand worden bereikt, op voorwaarde dat de landbouwmaatregelen, met name die welke via het gemeenschappelijk landbouwbeleid zullen worden uitgevoerd, een maximaal nalevingspercentage (dat met name afhangt van de uitvoeringsvoorwaarden) kunnen bereiken in de waterlichamen die onder de druk van de landbouw staan. Indien deze maatregelen daarentegen slechts in beperkte mate worden toegepast of alleen in waterlichamen met een goede toestand/potentieel, of die niet onder druk van de landbouw staan, zou het aantal waterlichamen dat een goede toestand bereikt, beperkt kunnen blijven tot 58%.

Dit programma van maatregelen is uitgewerkt in de volgende stappen, die de verschillende hoofdstukken van deze beheerplannen vormen:

- Beoordeling van de druk en de effecten van menselijke activiteiten op de kwaliteit van de watervoorraden.
- Vergelijking van de druk met de declasseringsparameters.
- Raming van de inspanning die per sector nodig is om een goede status te bereiken.
- Voorstel voor een maatregelenprogramma dat specifiek is voor elk waterlichaam en in verhouding staat tot het belang van de doelfstand.

⁹² De lijst van 45 prioritare of prioritare gevaarlijke stoffen staat in bijlage X van Richtlijn 2000/60/EG.

De centrale van Tihange ligt in het stroomgebied van de Maas en meer bepaald in het deelstroomgebied Meuse-Aval.

Het Waalse deel van het internationale Maasdistrict omvat 257 waterlichamen verdeeld over 8 deelstroomgebieden. De oppervlaktewaterlichamen werden gedefinieerd door het besluit van de Waalse regering van 13 september 2012 (M.B. 12 oktober 2012) betreffende de identificatie, de karakterisering en de vaststelling van drempelwaarden voor de ecologische toestand van oppervlaktewaterlichamen en tot wijziging van boek II van de milieuwet, dat de watercode bevat.

De elektriciteitscentrale van Tihange ligt naast het oppervlaktewaterlichaam "Maas II" (code: MV35R)93. Dit is een zogenaamd "sterk veranderd" waterlichaam met een oppervlakte van 425 km² (336,6 km² in het benedenstroomse deelstroomgebied van de Maas en 87,9 km² in het bovenstroomse deelstroomgebied van de Maas). Het omvat de Maas vanaf de samenvloeiing met de Ruisseau de Tailfer tot aan de Nederlandse grens. De typologie van dit waterlichaam komt overeen met "zeer grote rivieren uit de Condroz met een beperkte helling". Het is een sterk veranderd waterlichaam.

Beschermde gebieden

Volgens de kaderrichtlijn water hebben beschermde gebieden betrekking op :

- Gebieden die zijn aangewezen voor de onttrekking van water voor menselijke consumptie;
- Waterlichamen die uit hoofde van Richtlijn 76/160/EEG zijn aangewezen als recreatieve wateren, met inbegrip van zwemwatergebieden;
- Voor nutriënten kwetsbare gebieden, waaronder gebieden die als kwetsbaar zijn aangewezen krachtens de nitraatrichtlijn 91/676/EEG en gebieden die als kwetsbaar zijn aangewezen krachtens Richtlijn 91/271/EEG inzake de behandeling van stedelijk afvalwater;
- Gebieden die zijn aangewezen als beschermingszone voor habitats en soorten waar het behoud of de verbetering van de watertoestand een belangrijke factor is voor die bescherming, met inbegrip van relevante Natura 2000-gebieden die zijn aangewezen uit hoofde van Richtlijn 92/43/EEG en Richtlijn 79/409/EEG;
- Gebieden die zijn aangewezen voor de bescherming van economisch belangrijke aquatische soorten.

Het oppervlaktewaterlichaam MV35R bevat geen gebieden die bestemd zijn voor menselijke consumptie of badzones. Derhalve zijn stroomafwaarts van de centrale van Tihange geen badzones toegestaan.

Het gebied van het "Krijt van Haspengouw" en het gebied "Ten noorden van de geul van Samber en Maas" zijn aangewezen als "kwetsbare gebieden". Ongeveer 1,8% (4.918 ha) van de oppervlakte van de zone "Krijt van Haspengouw" en ongeveer 5,15% (200.966 ha) van de oppervlakte van de zone "Ten noorden van de geul van Samber en Maas" liggen in het stroomgebied van het waterlichaam MV35R. Bovendien is het hele grondgebied van Wallonië aangeduid als "kwetsbaar gebied".

Ongeveer 50,1% (246,3 ha) van de oppervlakte van het Natura 2000-gebied "BE33010 vallée de la Meuse à Huy et vallon de la Solières" ligt in het stroomgebied van het waterlichaam MV35R. Dit waterlichaam bevat geen wetlands van internationaal belang die bekend staan als "Ramsar", noch visrijke watergebieden.

In Wallonië zijn geen gebieden aangewezen voor de bescherming van economisch belangrijke aquatische soorten.

Overstromingsrisicobeheerplannen

De Europese richtlijn over beoordeling en beheer van overstromingsrisico's (2007/60/EG), die is omgezet in de Watercode, heeft tot doel een kader voor de beoordeling en het beheer van overstromingsrisico's vast te stellen. Zij heeft ten doel de negatieve gevolgen van overstromingen voor de menselijke gezondheid, het milieu, het cultureel erfgoed en de economische bedrijvigheid te beperken. Elke lidstaat wordt verzocht in drie fasen te werk

⁹³ Beheerplan 2016-2021 - Karakteriseringsblad waterlichaam MV35R Maas II V 2.1, Directie Oppervlaktewater, 2016.

te gaan: het overstromingsrisico op haar grondgebied beoordelen, in kaart brengen, en vervolgens beheren door maatregelen uit te voeren die zijn opgenomen in strategische plannen, de overstromingsrisicobeheerplannen (Plans de Gestion des Risques d'Inondation - PGRI (Schelde, Maas, Rijn, Seine)). Het doel van deze plannen is de lidstaten in staat te stellen om op basis van voorafgaande analyses (kaart van de overstromingsgebieden en kaart van de overstromingsrisico's) en met inachtneming van met name de kosten en baten, doelstellingen voor het overstromingsbeheer vast te stellen.

De ' PGRI's omvatten globale doelstellingen voor het hele Waalse Gewest, die voortvloeien uit het 'Plan PLUIES', en specifieke doelstellingen voor elk deelstroomgebied. Om deze doelstellingen te bereiken worden talrijke projecten gepland en uitgevoerd door een groot aantal actoren die actief zijn op het gebied van overstromingsbeheer in Wallonië.

In 2016 werden de eerste beheerplannen goedgekeurd door de Waalse regering. In 2021 heeft Wallonië, na een uitgebreid en transversaal raadplegingsproces, zijn ' PGRI's geactualiseerd. De ontwerp-' PGRI's voor 2022-2027, die in maart door de regering werden goedgekeurd, werden van 3 mei tot 3 november 2021 ter openbare raadpleging voorgelegd. Vervolgens werden ze aangepast op basis van de opmerkingen die uit het openbaar onderzoek naar voren kwamen. Zodra de plannen door de Waalse regering zijn gevalideerd, zullen zij aan de Europese Unie worden toegezonden.

De algemene doelstellingen van deze plannen zijn :

- Minimale schade aan mensen en eigendommen;
- De negatieve gevolgen van overstromingen voor de volksgezondheid, het milieu, het cultureel erfgoed en de economische bedrijvigheid verminderen.

Voor Wallonië zijn operationele doelstellingen vastgesteld:

- Verbetering van de kennis van overstromingsverschijnselen door een multidisciplinaire aanpak;
- De afstroomsnelheid verminderen en de infiltratie in het stroomgebied verhogen;
- De natuurlijke dynamiek van rivieren respecteren en overstromingsuitbreiding en wateropslag in hun hoofdbedding bevorderen;
- De kwetsbaarheid voor overstromingen van gebieden die onderhevig zijn aan rivieroverstromingen en modderstromen verminderen;
- De ontwikkeling van lokale noodplannen en een doeltreffend waarschuwingssysteem bevorderen;
- De financiële en maatschappelijke last van de gevolgen van schade verminderen.

In het kader van de eerste cyclus van ' PGRI's zijn tussen 2016 en 2021 42 globale maatregelen en 491 projecten met een meer lokale reikwijdte uitgevoerd. Deze projecten hadden meestal betrekking op de "beschermingsfase". Voor het district van het stroomgebied van de Maas (DH) bedraagt het aandeel voltooide projecten ten opzichte van geplande projecten 21,4%.

Dankzij het raadplegingsproces hebben de leden van de technische comités voor de deelstroomgebieden de strategische richtsnoeren kunnen vaststellen voor de verschillende deelstroomgebieden waartoe zij behoren. De strategische richtsnoeren zijn niet gedefinieerd als acties, maar als specifieke doelstellingen voor elk deelstroomgebied. Uit deze strategische richtsnoeren volgt een hele reeks acties die moeten worden uitgevoerd om ze te verwezenlijken.

De 2e cyclus van de PGRI's, die loopt van 2022 tot 2027, sluit aan bij de 1e cyclus. De globale doelstellingen van het PLUIES-plan en de nog niet voltooide projecten blijven behouden. De tweede cyclus omvat nieuwe doelstellingen die specifiek zijn voor elk deelstroomgebied, 41 globale maatregelen (nieuw of uitgebreid) en 929 projecten (waaronder 103 voor het stroomafwaarts gelegen deelstroomgebied van de Maas), waarvan de meeste nieuwe projecten zijn.

Voor de Maas heeft 79% van de plaatselijke projecten tot doel een probleem van overloop van de rivier op te lossen, terwijl de overige 21% over het grondgebied zijn verspreid en betrekking hebben op de afvoer. Bij de "overloop"-projecten gaat het vooral om werkzaamheden aan de zomerbedding en de uiterwaarden of om werkzaamheden ter regulering van het debiet. De "afstroomprojecten" hebben hoofdzakelijk betrekking op het natuurlijk beheer van

overstromingen, van afstroming en van de stroomgebieden, maar ook op de regulering van het debiet en het beheer van het oppervlaktewater in een verstedelijkte omgeving.

Doelstellingen

Op basis van de hierboven beschreven plannen en beleidsdoelstellingen kunnen de volgende doelstellingen voor het riviersysteem worden gebruikt in het kader van de effectbeoordeling van het project om Tihange 3 10 jaar langer open te houden:

- Een goede ecologische toestand van het oppervlaktewater handhaven en bereiken en achteruitgang ervan voorkomen;
- Een goede fysische en chemische toestand van het oppervlaktewater handhaven en bereiken en achteruitgang ervan voorkomen;
- Het risico van overstromingen beperken.

6.2.2 Relevante effecten en oorzaak-gevolgrelaties

Om te beoordelen of het Project al dan niet bijdraagt tot de verwezenlijking van de beleidsdoelstellingen voor het riviersysteem en om het verband van het Project met eventuele milieueffecten in beeld te brengen wordt hieronder een overzicht gegeven van de meest relevante voorzienbare effecten van het Project (het uitstel van de deactivering van Tihange 3) op het riviersysteem.

Na de splijtstof is water waarschijnlijk de tweede belangrijkste grondstof of hulpbron van de kerncentrale. De kerncentrale van Tihange is voor haar werking sterk afhankelijk van het watersysteem, aangezien het tertiaire circuit wordt gevoed met water uit de Maas om de condensoren van het tweede circuit te koelen. De kerncentrale van Tihange gebruikt koeltorens, ook wel luchtkoelers genoemd, om de temperatuur van het koelwater te verlagen door natuurlijke luchtcirculatie. Het verwarmde water wordt aan de voet van de toren in de vorm van druppels gespreid en door de stijgende luchtstroom afgekoeld. Het grootste deel van dit water keert terug naar de condensor, terwijl de rest in de Maas wordt geloosd. Slechts een klein deel, ongeveer 3%, verdampst in de atmosfeer: dit is de condensatiepluim (witte pluim) die uit de toren ontsnapt. Elke eenheid heeft zijn eigen watercircuit bestaande uit een waterinlaat uit de Maas, een koeltoren en een koelwaterafvoer.

In de centrale zijn twee tertiaire watercircuits aanwezig: het ruwwatercircuit (RWC) en het circulatiewatercircuit (CWC). Het ruwwatercircuit (CEB) haalt water uit het aanvoerkanaal, dat rechtstreeks gevoed wordt door water uit de Maas en levert koelwater (Maaswater gefilterd tot 1 mm) aan de nucleaire en conventionele hulpapparatuur (dieselmotoren, koelmachines, enz.) van de centrale.

Het circulatiewatercircuit (CWC) is de koudebron die zorgt voor de condensatie van de stoom die de turbines verlaat. Het haalt water uit het toevoerkanaal, dat direct gevoed wordt door water uit de Maas stroomopwaarts van de centrale. Het water van het CWC wordt naar de condensoren gestuurd. Na de koeltoren wordt een deel van het CWC-water teruggevoerd naar de Maas. Het lozingsdebiet in de Maas is regelbaar om te voldoen aan de in de vergunning vastgestelde opwarmingslimieten. Het hangt dus af van het debiet van de Maas, maar ook van de luchttemperatuur. Wanneer de hydro-meteorologische omstandigheden dit vereisen, kan een deel van het koelwater dat de koeltoren verlaat, in het circuit worden gerecirculeerd, hetgeen tot gevolg heeft dat het opgenomen debiet, het afgevoerde debiet en de in het ontvangende watermilieu geloosde thermische belasting worden verminderd. Wanneer het recirculatie-debiet toeneemt, nemen het opgenomen debiet, het geloosde debiet en de thermische belasting aanzienlijk af: door het recirculatie-debiet aan te passen kan de installatie dus de effecten op het aquatisch milieu beperken en voldoen aan de voorgeschreven lozingsvoorwaarden wanneer de beschikbaarheid van oppervlaktewater afneemt of wanneer de temperatuur gedurende het jaar hoog is. Er zij op gewezen dat de recirculatie van het koelwater leidt tot een vermindering van de efficiëntie van de interne thermodynamische cyclus van de centrale en derhalve tot een vermindering van de energie-efficiëntie van de elektriciteitsproductie.

Er zij aan herinnerd dat een thermische centrale, zowel een nucleaire als een conventionele, het Carnot-principe volgt en dat het rendement een functie is van de temperatuur van de warme bron (de temperatuur van de reactor, die om redenen van mechanische sterkte vastligt) en de koude bron (de temperatuur van het water aan de inlaat

van de condensor). Volgens het Carnot-principe is het totale rendement van de eenheid hoger naarmate de koude bron kouder is. Met de centrale van Tihange wordt dus gestreefd naar optimalisering van het totale rendement van de drie eenheden, met inachtneming van de vergunning voor het lozen van water en dus naar de productie van nucleaire eenheden die minder luchtverontreinigend zijn dan conventionele eenheden.

Daardoor wordt een grote hoeveelheid oppervlaktewater aangevoerd, verwarmd en gedeeltelijk verdampt in de koeltorens, en vervolgens bij een iets hogere temperatuur in de Maas geloosd.

Het water van de tertiaire kringloop wordt behandeld via de Water Treatment Circuit (WTC). Het doel van het WTC is de ontwikkeling van algen, weekdieren en pathogene organismen tegen te gaan, om te voorkomen dat er productieverlies optreedt door verstopping of verminderde warmte-uitwisseling. Dit circuit maakt de injectie mogelijk van :

- Zwavelzuur (H_2SO_4) in het CWC om aanslag op condensoren en atmosferische koelers te voorkomen;
- Natriumhypochloriet ($NaOCl$), in het CWC- en RWC-circuit om de proliferatie van micro- en macro-organismen te voorkomen (weekdieren: risico van verstopping van de buizen en verlies van koelcapaciteit).

Daarom heeft het koelwater, naast het effect van de temperatuur, ook een verhoogd gehalte aan chloriden en sulfaten als gevolg van de toevoeging van producten ter voorkoming van microbiële groei en schuimvorming.

Oppervlaktewater wordt soms ook gebruikt voor de productie van proceswater (demineralisatiewater) of voor het reinigen van installaties, dat na gebruik en zuivering weer op de Maas wordt geloosd.

De kerncentrale verbruikt ook stadswater (drinkwater) voor uitsluitend huishoudelijk gebruik (sanitair, enz.). Het afvalwater van de sanitaire voorzieningen wordt behandeld in 16 zuiveringsinstallaties voordat het wordt geloosd op de interne riolering en vervolgens op de Maas.

Huishoudelijk en industrieel afvalwater en koelwater moeten voldoen aan de lozingsnormen opgelegd door de milieuvergunning van 09/05/2008.

Bij een incident wordt via 15 pompinstallaties grondwater onttrokken om de (nood)koeling van de installaties te waarborgen. Dit water kan ook worden gebruikt om gedemineraliseerd water te produceren (alleen als back-up).

Regenwater wordt niet gebruikt. Sommige kleine deelgebieden van Tihange 3 liggen in een overstroombaar gebied langs de Maas. Deze deelgebieden bevatten geen kritieke gebouwen, installaties of opslagplaatsen. Voor de beoordeling van de effecten wordt er daarom van uitgegaan dat de installatie van Tihange 3 niet in een overstromingsgevoelig gebied ligt. Ook worden in de toekomst geen grote problemen verwacht als gevolg van de klimaatverandering (met hogere waterstanden en intensievere regenval).

Ter hoogte van de captatiepunten kunnen vissen sterven doordat ze opgezogen worden door de pompen. Dit effect en de secundaire effecten van (thermische) lozingen op het aquatisch milieu worden onderzocht en beoordeeld in het kader van de discipline biodiversiteit.

De belangrijkste verwachte gevolgen voor het oppervlaktewater zijn derhalve de hoeveelheden water die als grondstof worden verbruikt (hydrologische balans), de gevolgen voor het debiet en de gevolgen voor de temperatuur en de kwaliteit van het water in de Maas.

Er zij op gewezen dat het in de Maas geloosde water niet in contact komt met het primaire circuit (het nucleaire gedeelte van de installatie). Er is dus geen risico van radioactieve besmetting (onder normale bedrijfsomstandigheden).

Aangezien er geen werkzaamheden zijn gepland aan bestaande lozings- of captatiepunten in de Maas, worden de gevolgen voor de structurele kwaliteit van de Maas niet significant geacht.

6.2.3 Afbakening van het studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie

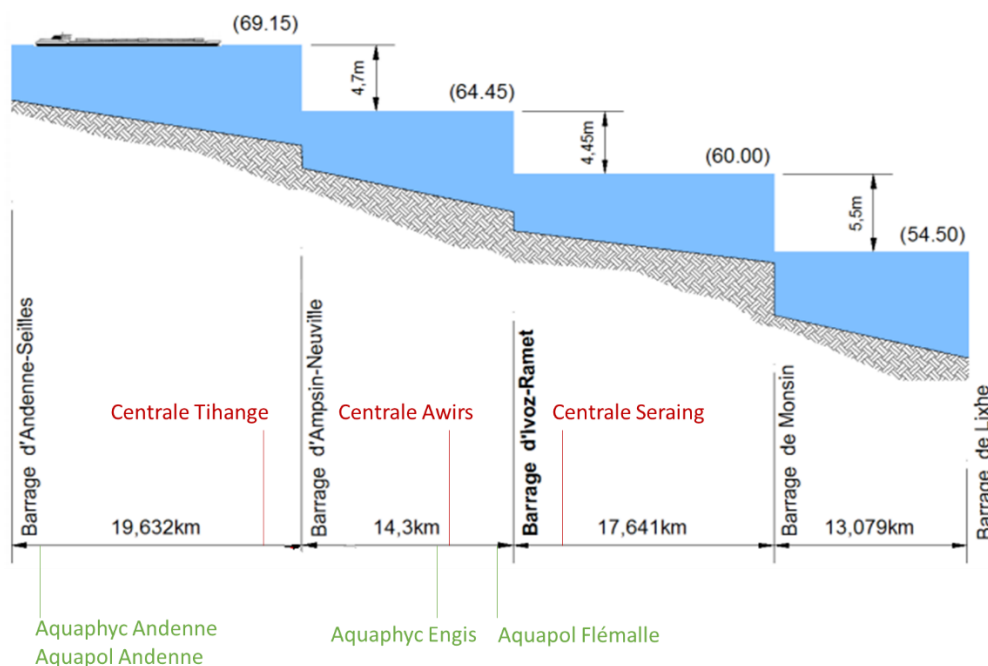
Het studiegebied voor de discipline Water omvat alle oppervlaktewateren die behoren tot het openbare hydrografisch netwerk en waarvan de kwaliteit, de kwantiteit en/of de structuur zouden kunnen worden beïnvloed door het uitstel van de deactivering van Tihange 3. De precieze afbakening van het studiegebied hangt af van de

omvang van de effecten, die het onderwerp zijn van de studie. Meer bepaald wordt het studiegebied bepaald door de invloedszone waarin de effecten op de waterkwaliteit ten gevolge van thermische lozingen en afvalwater zich kunnen voordoen. Gezien het bovenstaande kan het gedeelte van de Maas tussen de dam van Andenne-Seilles, gelegen stroomopwaarts van de centrale van Tihange, en de centrale van Seraing, gelegen stroomafwaarts van de lozingspunten van de kerncentrale, bij benadering als het studiegebied worden omschreven.

Vertaald naar de in het stroomgebiedbeheerplan gedefinieerde waterlichamen komt de toestand van het oppervlaktewaterlichaam Meuse-Aval aan bod.

De *referentiesituatie* is de situatie in 2025 (jaar van de start van de levensduurverlenging). Mogelijke autonome of gestuurde ontwikkelingen die ertoe kunnen leiden dat de situatie in 2025 (fundamenteel) verschilt van die in 2023, zijn voor het waterlichaam van de Beneden-Maas enerzijds een verdere verbetering van de waterkwaliteit (door extra saneringsinspanningen in het stroomgebied); anderzijds kan men ook denken aan mogelijke waarneembare effecten van klimaatverandering in deze periode (temperatuurgerelateerde effecten of veranderingen in het debiet).

In de loop der eeuwen zijn talrijke ontwikkelingen en verschillende omleidingen en kanaalsystemen uitgevoerd om de scheepvaart over de Maas mogelijk te maken of te vergemakkelijken. Zo is de Maas vanaf de bron tot aan de monding (met uitzondering van het gedeelte op de grens tussen Vlaanderen en Nederland) over een lengte van ongeveer honderd kilometer bevaarbaar gemaakt via civieltechnische werken en een reeks sluizen en stuwen. De Maas is dus gekanaliseerd en bestaat uit een opeenvolging van door dammen of stuwen gescheiden delen. Door deze ontwikkelingen zijn het natuurlijke karakter en de morfologie van de rivier op vele trajecten aanzienlijk veranderd, met name op het traject Namen - Lixhe (Visé), dat schematisch is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 77: Dammen in de Maas tussen Andenne en Lixhe en ligging van de centrale van Tihange (Bron: SPW).

Deze structuren wijzigen de relatie tussen debiet en peil en maken zo de scheepvaart op de rivier en een adequaat beheer tijdens overstromingsperiodes mogelijk. Het meest nabijgelegen kunstwerk, de dam van Ampsin-Neuville, bevindt zich ongeveer 1 km stroomafwaarts van de centrale.

Bovendien is de Maas een rivier die hoofdzakelijk door regenval wordt gevoed. Het debiet is onregelmatig en kan van dag tot dag en binnen één dag aanzienlijk schommelen. Het debiet varieert aanzienlijk van seizoen tot seizoen en van jaar tot jaar.

Neerslag kan aanleiding geven tot aanzienlijke afstromingen en plotselinge stijgingen van het debiet veroorzaken. Deze debietschommelingen kunnen abrupt zijn en leiden tot piekdebieten tot 1.500 m³/s gedurende meerdere dagen. Omgekeerd kent de Maas in bepaalde perioden van het jaar (meestal de zomer en de herfst) langdurige perioden van laag debiet (laagwater). Het debiet kan dan gedurende meerdere weken dalen tot waarden van 20 tot 30 m³/s (gemiddelde dagdebieten).

Het debiet van de Maas wordt op verschillende punten langs de rivier gemeten. Het dichtst bij de centrale van Tihange gelegen meetpunt is het station van Ampsin Bief Amont, 1 km stroomafwaarts (ten oosten) van de locatie. Het debiet van de Maas wordt continu gemeten met een ultrasoon toestel (meetstation SETHY 7.137 voor Ampsin).

Volgens het SPW-DGH⁹⁴ bedraagt het gemiddelde debiet van de Maas, gemeten over de periode 1996-2021 te Amay, 205,05 m³/s, met een minimum van 18,57 m³/s en een maximum van 1.933 m³/s.

Er zij op gewezen dat tussen de meetpost van Amay en de centrale van Tihange nog andere rivieren in de Maas uitmonden, zodat bovenstaande debieten voor de onderstaande analyse een maximalistisch uitgangspunt vormen.

Voor de beschrijving en karakterisering van de oppervlaktewaterkwaliteit van de Maas in de referentiesituatie (2025) kan worden verwezen naar de beoordeling van de situatie in de tweede en derde stroomgebiedbeheerplannen voor de benedenloop van de Maas, overeenkomstig de kaderrichtlijn water.

De beoordeling in het kader van het tweede stroomgebiedbeheerplan (2016-2021) is gebaseerd op de resultaten van metingen uit de jaren 2005-2013. De toestand van het waterlichaam is beschreven in de "Karakterisatiefiche waterlichaam MV35R Maas II" (SPW-ARNE, 2016) en samengevat in de volgende tabel.

Tabel 66: Ecologische en chemische toestand van het waterlichaam MV35R (2013).

MV35R	Elementen van ecologische kwaliteit		Ecologische status	Chemische status	
Maas II	Biologie	Goed	Matig	Kwaliteit zonder PBT***	Goed
	Fysico-chemie (algemene parameters*)	Goed			
	Fysico-chemie (specifieke verontreinigende stoffen**)	Slecht		Kwaliteit met PBT	Niet goed.
	Hydromorfologie	Ontoereikend			

* O₂ opgelost, BOD₅, COD, SS, NH₄⁺, NTK, NO₂⁻, NO₃⁻, P_{TOT}, Orthofosfaat, T°, pH, Anionogene oppervlakteactieve stoffen, Cl⁻ en SO₄²⁻

**Metalen en metalloïden, landbouwpesticiden, gemengde pesticiden, monocyclische aromatische koolwaterstoffen, chloorfenolen, organochloorverbindingen

***ubiquitaire PBT's: persistente, bioaccumulerende en toxische stoffen

Zoals uit deze tabel blijkt, kan de toestand van het waterlichaam worden gekarakteriseerd als matig, met vinylchloride als vastgestelde verslechterende parameter. Volgens bijlage V van de kaderrichtlijn water wordt de toestand van een waterlichaam als matig gekarakteriseerd wanneer: "De waarden van de biologische kwaliteitselementen die op het type oppervlaktewaterlichaam van toepassing zijn, wijken matig af van de waarden die normaal met dat type oppervlaktewaterlichaam worden geassocieerd onder onverstoorde omstandigheden. De waarden vertonen matige tekenen van verstoring door menselijke activiteiten en zijn aanzienlijk meer verstoord dan in omstandigheden van goede kwaliteit.

Op de karakteriseringskaart staat dat, op basis van de analyse van de toestand van het waterlichaam en in de prognose van de toepassing van het maatregelenprogramma van de tweede beheerplannen, de ecologische en chemische doelstellingen niet worden gehaald.

De beoordeling in het kader van het derde stroomgebiedbeheerplan (2022-2027) is gebaseerd op de resultaten van de metingen uit de jaren 2016-2018.

⁹⁴ SPW - DGH : Openbare dienst van Wallonië - Directoraat Hydrologisch Beheer.

Tabel 67: Ecologische en chemische toestand van waterlichaam MV35R (2018).

MV35R	Elementen van ecologische kwaliteit		Ecologische status	Chemische status	
Maas II	Biologie	Ontoereikend	Ontoereikend	Niet-PBT* kwaliteit	Niet goed.
	Macropolluenten (BOD ₅ , COD, SS, N _{TOT} en P _{TOT})	Goed		Kwaliteit met PBT	Niet goed.
	Fysico-chemie (specifieke verontreinigende stoffen)	Goed			

Er zijn overschrijdingen voor Bifenox, Cypermethrine, alomtegenwoordige PBT's: Kwik (in biota), Heptachloor/heptachloorepoxide (in biota), PBDE (in biota)⁹⁵.

De algemene ecologische toestand van de Maas II is licht verslechterd van matig in 2013 naar ontoereikend in 2018. Bijlage V van de Kaderrichtlijn Water definieert waterlichamen met een ontoereikende toestand als volgt: "Wateren die tekenen vertonen van significante veranderingen in de waarden van de biologische kwaliteitselementen die van toepassing zijn op het type oppervlaktewaterlichaam en waarin de relevante biologische gemeenschappen significant afwijken van die welke normaliter worden geassocieerd met het type oppervlaktewaterlichaam in onverstoorde omstandigheden, worden ingedeeld als ontoereikend."

Er is echter een fysisch-chemische verbetering opgetreden voor specifieke verontreinigende stoffen.

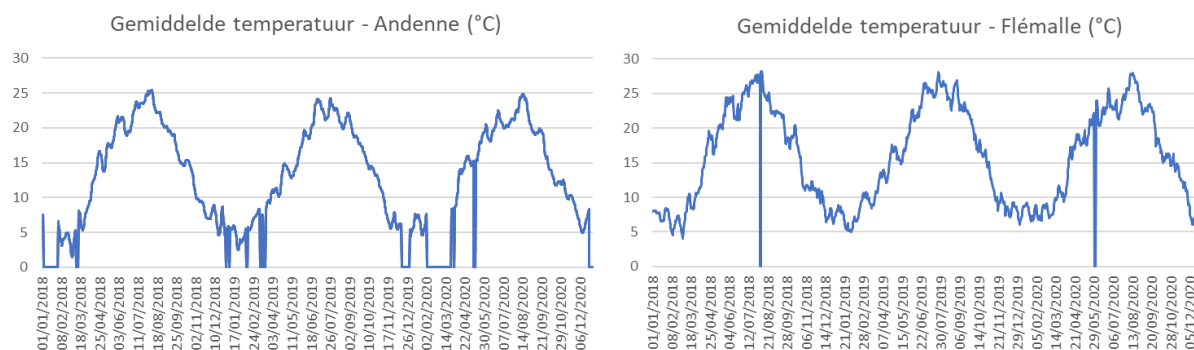
Aangezien het project gevolgen kan hebben voor een lozing van industrieel afvalwater, moet een meer gedetailleerde studie worden verricht om het effect op de toestand van het betrokken waterlichaam te beoordelen. De situatie mag niet verslechteren.

De dienst Aquaphyc van de SPW beschikt over 6 maandelijkse meet- en analysestations op de Maas, waaronder het station Andenne (code 3260) op ongeveer 13 km bovenstrooms van de locatie en het station Engis (code 3290) op ongeveer 10 km stroomafwaarts van de locatie (zie bovenstaande figuur). Uit een vergelijking van de analyseresultaten voor 2021 (het laatste beschikbare jaar) met de ondergrenzen van de toestandsklassen (bijlage Xter.B.I van de Watercode) blijkt dat de toestand van het Maaswater over het algemeen zeer goed is, zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts van de centrale van Tihange. Alleen de gehalten aan stikstofhoudende stoffen (Kjeldahl-stikstof, ammoniumstikstof, nitraten, nitrieten) en fosfaathoudende stoffen (oplosbare orthofosfaten en totaal fosfor) worden als goed geclassificeerd. Er is echter een lichte verslechtering van de waterkwaliteit van stroomopwaarts naar stroomafwaarts met betrekking tot chloriden en sulfaten.

Het SPW beschikt ook over een tweede meetnet, Aquapol⁹⁶ genaamd. Dit is een netwerk voor continue meting van de fysisch-chemische kwaliteit van de Waalse waterlopen. Alleen geleidbaarheid, pH, opgeloste O₂, zuurstofverzadiging en temperatuur worden gecontroleerd. De dichtstbijzijnde meetstations zijn Andenne, stroomopwaarts van het project, en Flémalle, stroomafwaarts. De evolutie van de gemiddelde dagtemperaturen in de twee meetstations (Andenne stroomopwaarts van het project en Flémalle stroomafwaarts) wordt weergegeven in de onderstaande figuren.

⁹⁵ Project van de derde beheerplannen van de districten van het Waalse stroomgebied, DEE - SPWARNE.

⁹⁶ <http://environnement.wallonie.be/aquapol/#/aquapol/home>.



Figuur 78: Temperatuurverloop (2018-2020) stroomopwaarts (Andenne) en stroomafwaarts (Flémalle) van de centrale van Tihange.

Uit de studie van deze grafieken blijkt dat de temperatuur van het Maaswater in Flémalle over het algemeen hoger is dan in Andenne. De gemiddelde dagtemperatuur in Andenne schommelt immers tussen 3°C en 25°C, terwijl die in Flémalle tussen 5°C en 27°C ligt. Men kan dus vaststellen dat de Maas tussen deze twee stations opwarmt. Bovendien lijkt het erop dat de watertemperatuur van de Maas in de loop der jaren licht toeneemt.

De onderstaande tabel toont, voor de jaren 2018 tot en met 2020, het aantal dagen waarvoor de daggemiddelde temperaturen van de Maas gemeten in Flémalle stroomafwaarts van de centrale van Awirs (continu meetnet van het Waalse Gewest) hoger zijn dan 24, 25, 26, 27, 28 en 29 °C, waarbij de ondergrens van de statusklassen (RIV_19) voor de temperatuur is vastgesteld op 24 °C.

Tabel 68: Aantal dagen waarop bepaalde temperatuurdrempels worden overschreden - station ANDENNE.

Jaar	T>24 °C	T>25 °C	T>26 °C	T>27 °C	T>28 °C	T>29 °C
2018	22	11	1	0	0	0
2019	11	0	0	0	0	0
2020	14	4	0	0	0	0

Tabel 69: Aantal dagen waarop bepaalde temperatuurdrempels worden overschreden - Station Flémalle.

Jaar	T>24 °C	T>25 °C	T>26 °C	T>27 °C	T>28 °C	T>29 °C
2018	49	25	4	0	0	0
2019	92	65	30	7	3	0
2020	70	48	30	20	6	0

Deze tabellen lijken te bevestigen dat het water in de Maas elk jaar warmer wordt en dat de watertemperatuur stroomafwaarts hoger is dan stroomopwaarts.

Hydromorfologische veranderingen of gevolgen voor het grondwaterlichaam zijn niet van toepassing op het project.

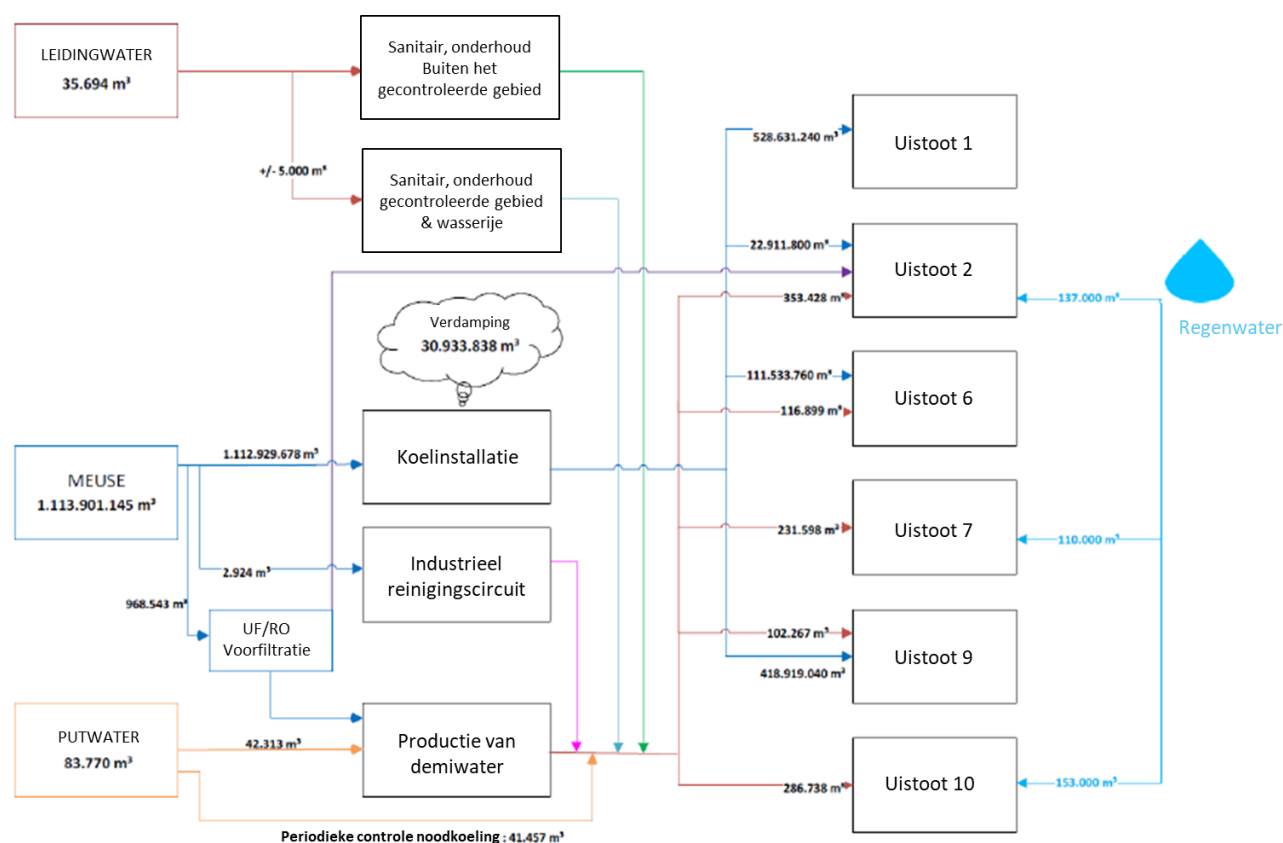
Er moet een beoordeling gebeuren voor de specifieke verontreinigende stoffen die de ecologische toestand mede bepalen en de verontreinigende stoffen die de chemische toestand bepalen voor die parameters waarvoor de milieukwaliteitsnorm in de huidige toestand wordt overschreden of waarvoor de concentratie zou toenemen. Tenslotte moeten (indien mogelijk) de biologische kwaliteitselementen worden beoordeeld.

Beschrijving van de effecten

Deze beschrijving is gebaseerd op de beschikbare gegevens en informatie in de verschillende jaarverslagen van de exploitant van de centrale (PISOE, milieuverklaringen, exploitatieverslagen) en de verschillende milieueffectbeoordelingen die in de periode 2018-2019 zijn uitgevoerd (MER van het SF²-project - Opslagfaciliteit voor verbruikte splijtstof). Opgemerkt zij dat alleen gegevens voor de gehele centrale van Tihange beschikbaar waren. Bij gebrek aan gegevens voor Tihange 3 is ten behoeve van deze studie besloten de bijdrage van deze eenheid te ramen op basis van het elektrisch vermogen van de drie eenheden waaruit de kerncentrale bestaat.

Eenheid	Tihange 1	Tihange 2	Tihange 3	Totaal
Elektrische energieproductie (MWe)	962	1.008	1.045,8	3.015,8
Bijdrage van elke eenheid (%)	31,9 %	33,4 %	34,7 %	100 %

Het uitstel van de deactivering met 10 jaar betekent dat gedurende deze periode door de centrale Tihange 3 water verbruikt en geloosd blijft worden. De centrale gebruikt drinkwater/stedelijk water (als proceswater, voor onderhoud en in de sanitaire voorzieningen) en water uit de Maas (als koelwater). Grondwater wordt alleen gebruikt in geval van een incident en regenwater wordt ter plaatse niet opgevangen of gebruikt. De Figuur 79 illustreert het waterverbruik voor het jaar 2019 voor de gehele centrale van Tihange.



Figuur 79: Waterbalans van de site CN Tihange voor 2019.

De watervoorziening wordt voornamelijk gebruikt voor sanitaire doeleinden.

Huishoudelijk afvalwater is uitsluitend afkomstig van sanitaire voorzieningen (toiletten, douches, wastafels, enz.) en onderhoud (schoonmaakwater van gebouwen, enz.). Het huishoudelijk afvalwater wordt behandeld in zuiveringsinstallaties voordat het op de interne riolering en vervolgens op de Maas wordt geloosd. Het station beschikt over 16 zuiveringsinstallaties (van 5 tot 700 IE) voor een totaal van 1.469 IE.

In 2021 bedraagt het drinkwaterverbruik op de locatie van de elektriciteitscentrale 30.877 m³. Bij toepassing van de bijdrage van 34,7% zou ongeveer 10.714 m³ worden verbruikt in Tihange 3. Het verbruik van de site schommelt volgens het aantal uren dat het personeel (intern en extern) werkt. Drinkwater is bijna uitsluitend bestemd voor de sanitaire behoeften van het personeel. Er wordt van uitgegaan dat al het verbruikte water na zuivering in de Maas wordt geloosd.

Oppervlaktewater, afkomstig uit de Maas, wordt vrijwel uitsluitend gebruikt voor de koeling van de eenheden. Het oppompen van water uit de Maas is variabel om de opwarming van de Maas te beperken in overeenstemming met de bepalingen van de lozingsvergunning. Het opgepompte debiet kan variëren tussen 2 m³/s (totale recirculatie van de centrales en compensatie van de verdamping door de koeltorens) en ongeveer 110 m³/s voor alle 3 de eenheden (theoretische maximale lozingswaarde zonder recirculatie).

Een deel ervan wordt ook gebruikt voor de productie van gedemineraliseerd water en de reiniging van installaties. Bijna 97% wordt rechtstreeks in de rivier geloosd, de rest in de vorm van waterdamp via de koeltorens. In 2021 bedraagt de hoeveelheid uit de Maas opgepompt water 1.453 miljoen kubieke meter ($\pm 500 \text{ Mm}^3$ voor Tihange 3 door toepassing van de bijdragefactor), waarvan $\pm 1.020 \text{ Mm}^3$ ($\pm 355.000 \text{ m}^3$ voor Tihange 3) wordt gebruikt voor de productie van gedemineraliseerd water en de reiniging van de installaties. Wat de in de koeltorens verdampte hoeveelheid betreft, hebben de drie atmosferische koelers in 2021 in totaal 24.989 uur gewerkt. Dit resulteert in een berekende verdamping van 36,5 miljoen kubieke meter Maaswater ($\pm 20 \text{ Mm}^3$ voor Tihange 3).

Het *koelwater* bestaat uit circulatiewater (CWC - water voor de koeling van de turbogroepen) en ruw water (RWC - water voor de koeling van een reeks hulpapparatuur in open circuit). Dit water wordt rechtstreeks in de Maas geloosd.

Industrieel afvalwater bestaat voornamelijk uit :

- Regeneratie-effluent van de demineralisatie-installaties van de drie eenheden;
- Spuien van de machinekamers van de drie eenheden;
- Effluenten uit het gecontroleerde gebied van de drie eenheden;
- De blowdowns van de stoomgenerator (secundaire circuitzijde) van de drie eenheden.

Dit water wordt geloosd op het interne drainagesysteem van het terrein en vervolgens op de Maas.

Door de hoeveelheid water die in de koeltorens wordt verdampt af te trekken van het water dat uit de Maas wordt gehaald, kan de lozing van koelwater en industrieel afvalwater worden geraamd op 1.417 Mm³ in 2021 ($\pm 500 \text{ Mm}^3$ voor Tihange 3). Aangenomen wordt dat al het gedemineraliseerde water in de Maas wordt geloosd en de lozing van industrieel afvalwater vormt (1.020 Mm³ waarvan $\pm 355.000 \text{ m}^3$ voor Tihange 3).

Het *regenwater* bestaat uit afstromend water van de daken van de gebouwen en water dat op de asfaltwegen van het fabrieksterrein stroomt. Uitgaande van een gemiddelde neerslag van 850 liter per vierkante meter per jaar (bron: www.meteo.be) en een opvanggebied van ongeveer 382.000 m² (daken, voetpaden, parkeerplaatsen, enz.) wordt de hoeveelheid afgevoerd regenwater geschat op 325.000 m³ per jaar.

Aangezien de deactivering en ontmanteling van Tihange 1 en 2 over verscheidene jaren zullen worden gespreid, wordt geraamd dat er in de periode 2025-2037 geen substantieel verschil in bedekkingsgraad wordt verwacht. Daarom geldt de hierboven geraamde jaarlijkse hoeveelheid regenwater ook voor de komende 10 jaar (onder voorbehoud van de schommelingen in de jaarlijkse neerslag).

De elektriciteitscentrale mag via haar milieuvergunning van 09/05/2008 haar afvalwater en regenwater via 6 directe lozingspunten op de Maas lozen voor koelwater, industrieel afvalwater en gezuiverd huishoudelijk afvalwater (lozingspunten nr. 1, 2, 6, 7, 9 en 10 van de milieuvergunning).

De hoeveelheid koelwater die in de bestudeerde periode (2025-2037) wordt geloosd, zal ongeveer gelijk zijn aan de geraamde hoeveelheid voor de werking van Tihange 3 alleen ($\pm 500 \text{ Mm}^3/\text{jaar}$). Ter herinnering: dit volume is geraamd door toepassing van een factor die is berekend op basis van het vermogen van elke eenheid, en is dus een orde van grootte. Bovendien wordt verwacht dat dit jaarlijkse volume zal schommelen afhankelijk van de bedrijfsuren van de eenheid, de behoefte aan koeling en het al dan niet recirculeren van het water vóór lozing om

te voldoen aan de thermische normen van de vergunning. Dit is nog steeds een vermindering met ongeveer een derde in vergelijking met de situatie waarin alle drie de installaties in bedrijf zouden zijn.

Voor industrieel afvalwater kan dezelfde verhouding worden toegepast als voor koelwater. Daarom wordt geschat dat de jaarlijkse hoeveelheid industrieel afvalwater die in de Maas wordt geloosd ongeveer 355.000 m³/jaar zal bedragen.

Ter herinnering: het water in het distributiesysteem wordt hoofdzakelijk gebruikt voor sanitaire doeleinden en voor het schoonmaken van installaties. De hoeveelheid gebruikt water is dus sterk afhankelijk van het aantal personen dat op de site aanwezig is. Bij de opstelling van deze studie was noch de duur van de ontmantelingsperiode van Tihange 1 en Tihange 2, noch het aantal mensen dat tijdens die periode op de site aanwezig zal zijn, bekend. Daarom kan het verbruik van stadswater in de komende jaren niet nauwkeurig worden geraamd. In het kader van deze studie wordt aangenomen dat het verbruik gedurende de 10 jaar van de uitbreiding hetzelfde zal zijn als het huidige verbruik (de 3 Tihange-eenheden in bedrijf).

Uit het bovenstaande kan worden afgeleid dat het belangrijkste effect van de exploitatie van de kerncentrale op het watersysteem de lozing van afvalwater en koelwater in de Maas is. Effecten op de kwantiteit (debiet) en de kwaliteit van de Maas zijn te verwachten.

Hoeveelheid

Onder normale omstandigheden wordt ongeveer 120.000 m³/h ($\pm$ 50.000 m³/h voor Tihange 3) water uit de Maas naar het tertiaire circuit gepompt voor koeldoeleinden (gemiddelde van de laatste 5 jaar). Dit komt overeen met 17% (7% voor Tihange 3) van het gemiddelde debiet van de Maas, dat in Tihange ongeveer 198,55 m³/s bedraagt (gemiddelde van de laatste 5 jaar).

In 2021 gebruikte de kerncentrale van Tihange 1.143.000.000 m³ Maaswater. Ongeveer 36.500.000 m³ werd verdampt in de koeltorens en 1.106.500.000 m³ werd in de Maas geloosd. Naast dit volume werd huishoudelijk afvalwater (ongeveer 30.877 m³ in 2021), industrieel afvalwater (1.020.036 m³ in 2021) en regenwater (5.785 m³) geloosd, voor een totaal volume van 1.056.698 m³. Dit volume compenseert het grootste deel van het verdampingswaterverlies in de koeltorens (ongeveer 97% compensatie), hoewel het verwaarloosbaar wordt geacht in vergelijking met het koelwaterdebiet (ongeveer 1.120 keer kleiner).

Voor het jaar 2022 wordt een vergelijkbare jaarlijkse hoeveelheid in orde van grootte verwacht (1 143 miljoen m³, zie hierboven). Vanaf 2023, na de stillegging van Tihange 2, zal, door toepassing van de hierboven berekende bijdragefactor van deze eenheid, naar schatting ongeveer 761 miljoen m³ worden onttrokken. Er zij op gewezen dat tijdens de buitenbedrijfstelling van Tihange 2 nog water zal worden gebruikt en dat de hoeveelheid uit de Maas onttrokken water naar schatting met ongeveer 1/6 zal worden verminderd tot 952 miljoen m³. Dezelfde logica kan worden toegepast na de voor 2025 geplande stillegging van Tihange 1.

Hoewel het effect op het riviersysteem in termen van debiet groter zal zijn dan in het referentiescenario waarin Tihange 1 en 3 vanaf 2025 en Tihange 2 vanaf 2023 niet meer in bedrijf zijn, wat betekent dat er geen afvalwater wordt geloosd, blijft het effect beperkt. Het effect met alleen het uitstel van Tihange 3 wordt geraamd op 34,7% op jaarbasis, maar is hoe dan ook verwaarloosbaar wat het effect op het debiet van de Maas betreft.

Kwaliteit

Wat de chemische kwaliteit van *het afvalwater betreft*, genereren de dagelijkse activiteiten van de werknemers van de fabriek en de werking van de circuits afvalwater dat wordt gemonitord op basis van conventionele niet-radioactieve parameters. Bij de lozing van dit afvalwater in de Maas worden de voorschriften strikt nageleefd. Via een permanent controleprogramma wordt nagegaan of de fysische, chemische en biologische kenmerken van dit water voldoen aan de lozingsnormen die de kerncentrale van Tihange in haar milieuvergunning zijn opgelegd.

Ter herinnering: de belangrijkste bronnen van chemische lozingen zijn :

- Waterbehandeling voor de behoeften aan gedemineraliseerd water van de circuits. Deze produceert effluënten geladen met zouten afkomstig van de regeneratie van de ionenwisselharsen en zwevende stoffen uit de effluënten van de demineralisatie-installatie (concentratie en lozing van zwevende stoffen uit het Maaswater);
- Behandeling van koelcircuits:
 - door injectie van zwavelzuur, waardoor sulfaten vrijkomen om aanslag te voorkomen;
 - door chloorbehandelingen van het koelwater, die ten doel hebben de kolonisatie van de circuits door gefixeerde organismen (algen, mosselen, enz.) die de werking van het circuit in gevaar kunnen brengen, alsmede legionella te elimineren. Het thans toegepaste procédé is chlorering door injectie van natriumhypochloriet (bleekwater).
- De lozing van secundair afvalwater (stoomgeneratorafvoer en afvalwater van de afvoerputten van de machinekamer - CEM) geconditioneerd met ammoniak en hydrazine (anticorrosiebehandeling).

Volgens de milieuverklaringen van de centrale van Tihange heeft het geaccrediteerde laboratorium voor de periode 2019-2021 slechts 6 overschrijdingen van de lozingsnormen vastgesteld. De drie overschrijdingen in 2019 hadden betrekking op sedimentatiemateriaal. Voor twee daarvan was de overschrijding te wijten aan de ophoping van slib op de bodem van watertanks vóór de lozing. Beide tanks werden gereinigd. In 2020 kon een eerste overschrijding van stikstof in verband worden gebracht met een proef om hydrazine te vervangen door een minder schadelijk conditioneringsmiddel, carbohydrazide. De tweede overschrijding, van nitriet, hield verband met een te grote toevoer van waswater in de tanks vóór de lozing. In 2021 werd slechts één BZV-overschrijding vastgesteld op het riool ten oosten van eenheid 1. Er werd een inspectie van de riolering stroomopwaarts van de hydrocollector van eenheid 1 uitgevoerd en er werd een gedeeltelijke verstopping in het riool stroomafwaarts van de zuiveringsinstallatie geconstateerd en opgeruimd. Bij de volgende monsters waren er geen verdere overschrijdingen.

Opgemerkt zij dat in 2021 een overschrijding van de norm voor bezinkbare stoffen in de CEM-put van Tihange 3 is geconstateerd. Er is toen een aanvulling van Maaswater in de CEM-put vastgesteld, waardoor het resultaat voor bezinkbare stoffen uit de Maas voor dit monster kan worden verklaard. De vergunningsnormen werden niet overschreden en deze overschrijding mag niet in aanmerking worden genomen.

Er zij op gewezen dat al deze overschrijdingen niet rechtstreeks betrekking hebben op de activiteiten die specifiek zijn voor Tihange 3. Bovendien hebben zij betrekking op verschillende verontreinigende stoffen en zijn zij niet terugkerend of constant in de tijd. Elk van de overschrijdingen kon in verband worden gebracht met een specifieke en geïsoleerde gebeurtenis. Zodra de oorzaak van de overschrijding was vastgesteld, werden corrigerende maatregelen genomen en uit latere analyses bleek dat opnieuw aan de normen werd voldaan. Hoewel zich op de locatie "incidenten" kunnen voordoen die leiden tot sporadische overschrijdingen van specifieke verontreinigende stoffen ten opzichte van de in de geldende vergunning vastgestelde normen, blijven deze vrij zeldzaam en worden zij door de exploitant relatief snel aangepakt, waardoor het optreden van dergelijke overschrijdingen in de tijd wordt beperkt.

Ter herinnering: de ecologische toestand van het waterlichaam MV35R Maas II is van 2013 tot 2018 licht verslechterd (van matig naar ontoereikend), hoewel er een fysisch-chemische verbetering was voor de specifieke verontreinigende stoffen. Volgens de gegevens van de dienst Aquaphyc van het SPW is de toestand van het water van de Maas bovendien globaal zeer goed stroomopwaarts (Andenne) en stroomafwaarts (Engis) van de centrale, en wordt slechts een lichte verslechtering van de waterkwaliteit van stroomopwaarts naar stroomafwaarts met betrekking tot chloriden en sulfaten waargenomen. Er zij op gewezen dat veel industrieën zoals de suikerfabriek van Wanze, Recyfuel, Hydrométal, Revatech, Knauf en Prayon in dit gedeelte van de Maas gevestigd zijn. Deze industrieën lozen ook afvalwater in de Maas en zouden kunnen bijdragen tot de verslechtering van de kwaliteit van het oppervlaktewater, hoewel de bijdrage van elke industrie apart niet kan worden bepaald bij gebrek aan cijfers.

Aangezien de kwaliteit van het Maaswater van 2013 tot 2018 in het algemeen niet slechter was, kan worden aangenomen dat voor deze periode geen significant effect van het afvalwater op de waterkwaliteit van de Maas is waargenomen. Voor de toekomstige periode (2025-2037) wordt bij normale omstandigheden en dezelfde exploitatiewijze geen significant effect op de waterkwaliteit verwacht. De geplande sluiting van de eenheid Tihange

1 in 2025 en de eenheid Tihange 2 in 2023 houdt in dat de afvalwaterlozingen van deze eenheden worden stopgezet. Hoewel de kwaliteit van het in de Maas geloosde water waarschijnlijk ongewijzigd zal blijven, wordt verwacht dat de hoeveelheid afvalwater, en dus de verontreinigende belasting, de komende jaren zal afnemen. Het effect van de installatie op de waterkwaliteit van de Maas zal derhalve te verwaarlozen zijn.

Wat de kwaliteit betreft moet verder onderscheid worden gemaakt tussen geloosd koelwater, huishoudelijk afvalwater en industrieel afvalwater.

Het *koelwater* heeft een thermisch effect op de Maas, heeft een verhoogd chloridegehalte door de dosering van NaOCl om microbiële groei te voorkomen en heeft een verhoogd zuurstofgehalte door de beluchting in de koeltorens. Voordat het koelwater naar de rivier terugkeert, wordt het gekoeld in de koeltorens, waar de stijgende luchtstroom de zuurstofconcentratie in het water verhoogt en de temperatuur verlaagt. De milieuvergunning stelt voorwaarden aan de immissie:

1. Temperatuur stroomafwaarts van de Maas ;
 - 1.1. De temperatuur van de Maas stroomafwaarts, gemeten na menging bij de stuw van Ampsin-Neuville, mag door de thermische lozingen van de centrale niet hoger zijn dan 28°C. Deze limiet mag echter gedurende 2% van de tijd worden overschreden zonder dat de 29°C wordt overschreden;
 - 1.2. De mediane jaarlijkse temperatuurwaarde stroomafwaarts van de centrale, gemeten na menging van de stuw van Ampsin-Neuville, is lager dan of gelijk aan 25°C;
2. Verwarming van het water in de Maas:

De maximale dagelijkse gemiddelde temperatuurstijging is 4°C met uitzondering van :

 - 2.1. Van 01/07 tot en met 31/03:
 - 2.1.1. De maximale daggemiddelde temperatuurstijging bedraagt 5°C indien het debiet van de Maas minder dan 300 m³/s bedraagt en de stroomopwaartse temperatuur lager is dan of gelijk is aan 21°C, als daggemiddelde. Deze limiet mag echter gedurende 2% van de tijd worden overschreden;
 - 2.1.2. Bij debieten van minder dan 28 m³/s en een stroomopwaartse temperatuur van ten hoogste 21 °C bedraagt de momentane verwarming 5 °C, maar de maximale verwarming in gemiddelde dagwaarde 4 °C. Deze limiet mag echter gedurende 2% van de tijd worden overschreden;
 - 2.2. Van 01/04 tot en met 30/06:

Tijdens de paaiperiode van de vissen bedraagt de maximale dagelijkse gemiddelde temperatuurstijging 5°C als het debiet van de Maas tussen 28 en 50 m³/s ligt. Deze limiet mag echter gedurende 2% van de tijd worden overschreden.

Periodes van grote hitte en droogte of lage debieten vereisen daarom een verhoogde waakzaamheid bij het beheer van thermische lozingen.

De opwarming van de Maas waarvan sprake wordt bepaald door het verschil tussen de stroomafwaartse en stroomopwaartse temperaturen van de Maas ten opzichte van de locatie van de centrale. Deze temperaturen worden gemeten in 5 meetstations die worden beheerd door Electrabel nv en gecontroleerd door een onafhankelijke organisatie die door de Waalse Overheidsdienst is erkend.

Daartoe bestaat er een protocol tussen de Waalse Overheidsdienst, Electrabel nv en de onderneming Luminus met betrekking tot de controle van de temperatuur van de Maas tussen Hoei en Luik. Dit protocol is op 12 november 1997 ondertekend voor een periode van 10 jaar en wordt elke 10 jaar stilzwijgend verlengd.

De 5 meetstations vormen het zogenaamde "Temperatuurnetwerk", gelegen op het gedeelte van de Maas tussen Hoei en de brug van Val Benoit, één stroomopwaarts (Hoei) en 4 stroomafwaarts van de centrale (stuw van Ampsin-Neuville, Amay, Serain en Luik).

Om na te gaan of aan de vergunningsnormen wordt voldaan, wordt de totale thermische lozing geraamd door de berekende thermische lozing van elke installatie bij elkaar op te tellen. Deze totale thermische lozing, uitgedrukt in MJ/s, mag ten hoogste 4 maal het debiet van de Maas bedragen.

De jaarlijkse mediane temperatuurwaarde stroomafwaarts van de kerncentrale van Tihange bedroeg 15,40°C in 2019, 16,25°C in 2020 en 14,85°C in 2021 bij een maximaal toegestane waarde van 25°C. De jaarlijkse gemiddelde

temperatuurstijging in de Maas ten gevolge van de kerncentrale bedroeg 2,29°C in 2019, 2,01°C in 2020 (Tihange 1 meer dan 11 maanden stilgelegd; Tihange 2 en 3 stilgelegd voor periodieke revisie) en 2,61°C in 2021.

In 2018, 2019 en 2020 zijn geen overschrijdingen van de grenswaarde voor de temperatuur van de locatie Maas benedenstrooms waargenomen. De maximaal toegestane temperatuur is 28°C op een drie-uursgemiddelde. Daarnaast zijn er geen overschrijdingen van de toegestane opwarming waargenomen. Ter informatie wordt de evolutie van het 98e percentiel van de temperatuurstijging van de Maas ter hoogte van de centrale van Tihange sinds 2006 weergegeven in onderstaande tabel. Te zien is dat de opwarming relatief constant is in de tijd.

Ontwikkeling van het 98e percentiel van de CNT-verwarming sinds 2006 :

Jaren	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
°C	4,78	4,75	4,68	4,59	4,54	4,59	4,24	4,28	4,03	4,46	4,61	4,33	3,47	4,06	3,74

Zoals gezegd worden de milieukwaliteitsnormen voor de temperatuur in de Maas niet altijd nageleefd, noch stroomopwaarts (station van Andenne), noch stroomafwaarts (station van Flémalle) van de centrale van Tihange, hoewel de overschrijdingen stroomafwaarts frequenter en signifikanter zijn. Een bijdrage van de koelwaterlozingen van de centrale aan de opwarming van het Maaswater kan niet worden uitgesloten.

Aangezien de drie eenheden van de centrale van Tihange hun thermische lozingen (via het gebruik, soms in recirculatie, van atmosferische koelmiddelen) zodanig moduleren dat de in de lozingsvergunning gegeven koelmogelijkheden maximaal worden benut, en aangezien de thermische lozingen ook afhangen van de bedrijfsuren van de eenheden, was het niet mogelijk de specifieke thermische lozing van de eenheid Tihange 3 te bepalen. Met de sluiting van Tihange 1 en 2 zal het in de Maas geloosde koelwatervolume echter uitsluitend toe te schrijven zijn aan Tihange 3 en *de facto* kleiner zijn dan het momenteel geloosde volume. Derhalve kan worden geraamd dat, bij een lozingstemperatuur die vergelijkbaar is met de huidige, maar met een lager debiet, de opwarming van de Maas geringer zal zijn, terwijl de koelcapaciteit ongewijzigd blijft.

Er dient echter te worden vermeld dat het Waals Gewest, op basis van het politieke kader van de geleidelijke afschaffing van kernenergie en de doelstellingen inzake de vermindering van het verbruik van primaire energie die in het PACE 2030 zijn vastgesteld, vergunningen heeft verleend aan de onderneming Luminus voor de bouw van een nieuwe gascentrale met gecombineerde cyclus - STEG en de ombouw van de bestaande STEG-centrale tot een gascentrale met open circuit - OCGT in Seraing en aan de onderneming Engie voor de bouw van een STEG in Flémalle (Les Awirs). Deze twee centrales lozen ook grote hoeveelheden koelwater in de Maas en dragen bij en zullen bijdragen aan de opwarming van de Maas. Hoewel verwacht wordt dat de opwarming van de Maas als gevolg van de activiteiten van de centrale van Tihange de komende jaren zal afnemen na de sluiting van twee van de drie eenheden, zal de omvang van deze afname beperkt blijven door de werking van de twee thermische centrales.

Het temperatuurnet van de Maas maakt het ook mogelijk de thermische lozingen van de centrale van Les Awirs te beheren in het kader van haar vergunningsvoorwaarden voor de lozing van oppervlaktewater. Het maakt het ook mogelijk om aan de centrale van Seraing bepaalde gegevens te verstrekken die essentieel zijn voor het beheer van haar thermische lozingen overeenkomstig de voorwaarden van haar lozingsvergunning voor afvalwater. De STEG-vergunningen bevatten immers bepalingen betreffende de temperatuur en verwijzen naar het meetnet van de Maas. Het effect is in de milieuvergunningen zodanig ingekaderd dat een aanvaardbare temperatuurstijging in de Maas (voor de biodiversiteit) wordt gewaarborgd. Ter herinnering: de STEG's waren bedoeld om de totale sluiting van het nucleaire park gedeeltelijk te compenseren. Indien de levensduur van sommige van de nucleaire eenheden wordt verlengd, kan worden verwacht dat de STEG-centrales minder zullen werken. In ieder geval kan op basis van de wettelijke beperkingen die in de verschillende vergunningen van de drie centrales (Tihange, Les Awirs en Seraing) worden opgelegd, worden geconcludeerd dat het milieu niet zal worden aangetast. Bovendien is volgens de door Tihange verstrekte gegevens in 2020 aan alle thermische voorwaarden voor de lozingen van deze twee centrales voldaan.

De mogelijke gevolgen van de opwarming van het Maaswater voor de aquatische fauna en flora worden besproken in het hoofdstuk over het biologisch milieu.

Op langere termijn zou de klimaatverandering negatieve gevolgen kunnen hebben voor de Maas. Zij veroorzaakt een reeks veranderingen in alle milieucompartimenten, waaronder de watercyclus. In het algemeen zullen de gevolgen betrekking hebben op de aanvulling van het grondwater, het overstromingsrisico, de temperatuur van de rivier en, in mindere mate, eventueel het waterverbruik. Uit gegevens van de European Climate Assessment & Dataset⁹⁷ blijkt dat :

- De maximum- en minimumtemperaturen zijn tegenwoordig hoger dan in de 19e eeuw, met een stijging die ten minste sinds het begin van de jaren zestig constant lijkt te zijn;
- De totale neerslag is op lange termijn toegenomen, vooral in de zomer. Momenteel regent het ongeveer 100 mm meer per jaar dan aan het eind van de 19e eeuw. Er is dus eerder sprake van een gemiddelde toename van de neerslagintensiteit dan van het aantal regendagen.

Deze veranderingen zullen waarschijnlijk de seizoensgebondenheid van het hydrologische regime van de Maas accentueren, met inbegrip van overstromingen, laag water en waterkwaliteit⁹⁸.

Er zijn geen aanwijzingen voor een toename van de frequentie van laagwater in het stroomgebied van de Maas gedurende de 20^e eeuw. Toch lijkt het erop dat het ernstigste laagwater in het stroomgebied van de Maas voorkomt in jaren waarin een droge zomer wordt voorafgegaan door een droge winter.

Overstromingen en lage waterstanden wijzigen de kwaliteit van het water rechtstreeks door verdunning of concentratie van opgeloste stoffen. Er moet ook rekening worden gehouden met de luchttemperatuur, die bijna alle fysisch-chemische evenwichten en biologische reacties beïnvloedt. Tijdens droogteperiodes wordt in de Maas een algemene verslechtering van de waterkwaliteit geconstateerd, waarbij de watertemperatuur, eutrofiëring, de hoofdelementen en bepaalde zware metalen een rol spelen. Deze achteruitgang van de waterkwaliteit is hoofdzakelijk te wijten aan de gunstige omstandigheden die ontstaan voor de ontwikkeling van algen en aan een afname van de verdunningscapaciteit in de lozingszones van het effluent ten gevolge van de afname van de zomerdebieten.

Volgens de Europese studie "Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment" (Europees Milieuagentschap, 2008) is de watertemperatuur van verschillende Europese rivieren en meren in de loop van de 20e eeuw met 1 tot 3°C gestegen, voornamelijk als gevolg van de stijging van de luchttemperatuur, maar ook door het effect van waterlozingen in verband met antropogene activiteiten, waaronder koelwater van thermische centrales, dat een aanzienlijke lokale impact kan hebben. Deze tendens wordt bevestigd door de analyse van de metingen van het in 2012 opgezette Aqualim-netwerk, dat de watertemperatuur van onbevaarbare waterlopen continu registreert in 240 stations verspreid over heel Wallonië⁹⁹.

Wat betreft het debiet van de Maas en de hoeveelheid water die beschikbaar is voor onttrekking en gebruik als koelwater, moet, aangezien de Maas een bevaarbare waterweg is, te allen tijde een minimaal debiet worden gewaarborgd. Het debiet van de Maas laat echter de beoogde onttrekkingen toe. Bovendien werd geraamd dat bijna al het onttrokken water wordt teruggevoerd naar de Maas, hetgeen ook het geval zal zijn na de sluiting van Tihange 1 en 2 (vermindering van de hoeveelheid onttrokken en teruggevoerd water).

Als de temperatuur van de Maas door de klimaatverandering stijgt, zal de temperatuur van het geloosde koelwater evenredig stijgen, met de mogelijkheid dat de dagelijks maximaal te lozen thermische belasting vaker wordt beperkt (zie vergunningsvoorwaarden), vooral in de zomer. Met betrekking tot het effect van klimaatverandering op de temperatuur van oppervlaktewateren geeft het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek van de Vlaamse Overheid

⁹⁷ Klein Tank, A.M.G. en coauteurs, 2002. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment, Int. J. of Climatol, 22, 1441-1453.

⁹⁸ A. Bauwens, C. Sohier en A. Degré, Impacts of climate change on hydrology and water resources management in the Meuse River basin (literature review), BASE Volume 17 (2013), 22 mei 2012.

⁹⁹ B. Georges, A. Michez en X. Rollin, Suivi de la température des cours d'eau wallons : potentiels et contraintes du réseau Aqualim, Forêt Nature : Outils pour une gestion résiliente des espaces naturels N°153, Octobre-décembre 2019.

(2015)¹⁰⁰ aan dat voor "oppervlaktewateren in het algemeen" rekening moet worden gehouden met een stijging van 0,5 tot 0,6 °C per 10 jaar. Dit zou theoretisch betekenen dat de watertemperatuur van de Maas gedurende de extra 10 jaar met 0,5 tot 0,6 °C kan toenemen. Ervan uitgaande dat dit als een maximum voor de Maas moet worden beschouwd, zal dit verlies aan koelcapaciteit waarschijnlijk geen grote problemen veroorzaken (verhoogde warmtelast, overschrijding van de lozingsnormen, hogere thermische barrière in de zomer tijdens de meest gevoelige periode - de laagwaterperiodes) dankzij een betere bewaking van de temperatuur van de Maas en een adequate beheersing van de aanwezige koelcapaciteit. Bovendien worden Tihange 1 en 2 in 2023 en 2025 buiten bedrijf gesteld, wat betekent dat de thermische belasting reeds verminderd zal zijn.

Als Tihange 3 nog tien jaar langer in bedrijf blijft, betekent dit dat gedurende deze extra tien jaar van exploitatie een volume afvalwater zal worden geloosd dat met ongeveer een derde afneemt, maar een vergelijkbare samenstelling heeft (en dus een lagere totale jaarlijkse verontreinigingsbelasting). Gezien het bovenstaande wordt geraamd dat de verlenging van de exploitatie van Tihange 3 een verwaarloosbaar effect op de Maas zal hebben.

In vergelijking met het basisscenario (Tihange 2 sluit in 2023 en Tihange 1 en 3 sluiten in 2025) zullen de *concentraties* van verontreinigende stoffen in het koelwater, waaronder temperatuur en chloriden, naar verwachting vergelijkbaar zijn met die van de huidige situatie en die van 2013-2014. In het nieuwe scenario (alleen Tihange 3 wordt verlengd tot 2037) zullen de eenheden Tihange 1 en 2 en hun koelcircuit niet langer in bedrijf zijn, hetgeen betekent dat het gebruik van Maaswater als koelwater eveneens zal afnemen tot ongeveer 397 miljoen m³ (zie hierboven). De lozingen van verontreinigende stoffen en de thermische belasting van het koelwater zouden derhalve in het basisscenario ook moeten afnemen in vergelijking met het project met uitgestelde buitenbedrijfstelling.

Structurele kwaliteit

Aangezien er in het kader van de uitbreiding van Tihange 3 geen werkzaamheden zijn gepland aan de bestaande afvoer- of opvangpunten in de Maas, worden de gevolgen voor de structurele kwaliteit van de Maas niet relevant geacht.

Overstroming

Het risico van externe overstroming houdt verband met een sterke overstroming van de Maas ten noorden van de site van Tihange, met een accidentele doorbraak van de dam van Ampsin-Neuville of met een overstroming van de luchtkoelers van Tihange 2 en Tihange 3.

Om het risico van overstromingen te voorkomen, werd een beschermende dijk gebouwd langs de oevers van de Maas en stroomopwaarts van het overstromingsbeschermingssysteem voor de locatie van de elektriciteitscentrale van Tihange (waterkering). Bovendien wordt de locatie van Tihange, met inbegrip van de lagere delen, volledig beschermd door een overstromingsbeschermingssysteem (waterkering, dijk, terugslagkleppen).

Er zij ook op gewezen dat de fabriek voornemens is regenwater op te vangen en te hergebruiken.

Toetsing van de effecten aan de beleidsdoelstellingen

Vervolgens kan worden beoordeeld in hoeverre de hierboven beschreven effecten, die kunnen optreden als gevolg van het nog 10 jaar in bedrijf houden van Tihange 3, in meer of mindere mate bijdragen aan het bereiken of eventueel belemmeren van de beleidsdoelstellingen die voor het riviersysteem van belang worden geacht. De relevante beleidsdoelstellingen die bij dit project in het geding zijn, zijn het bereiken van een goede oppervlaktewatertoestand, het streven naar een duurzaam waterketenbeheer, het beperken van overstromingsrisico's en het streven naar een duurzame watervoorziening.

¹⁰⁰ Van der Aa B., Vriens L., Van Kerckvoorde A., De Becker P., Roskams P., De Bruyn L., Denys L., Mergeay J., Raman M., Van den Bergh E., Wouters J., Hoffmann M. (2015). Effecten van klimaatverandering op natuur en bos. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2015 (INBO.R.2015.9952476). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.

Het bereiken van een goede oppervlaktewatertoestand

Tihange 3 nog 10 jaar in bedrijf houden betekent dat gedurende 10 jaar (behandeld) huishoudelijk afvalwater, behandeld industrieel afvalwater en (verwarmd) koelwater zal worden geloosd. Aangezien de lozingsnormen voor de verschillende parameters goed worden nageleefd en de berekende bijdrage aan de toename van de concentratie (plaatselijk) te verwaarlozen is, betekent dit dat gedurende 10 jaar restverontreiniging in de Maas terecht zal komen. Het waterlichaam waarin de lozing plaatsvindt verkeert momenteel nog in een "ontoereikende" ecologische toestand en voldoet niet aan alle milieukwaliteitsnormen. In termen van totale vervuiling kan de kerncentrale hoe dan ook worden aangemerkt als een belangrijke vervuiler. Het zelfreinigend vermogen van de Maas is nog niet voldoende hersteld.

Gezien de beperkte effecten van de kerncentrale op de waterkwaliteit en de lopende inspanningen die zullen worden geleverd om de effecten in de periode 2025-2037 verder te verminderen, kan worden gesteld dat het Project het bereiken van een goed ecologisch potentieel van de oppervlaktewateren niet in gevaar brengt. Sinds de ingebruikneming van de kerncentrale is de toestand van de Maas niet verslechterd; de inspanningen die zijn en worden geleverd om aan de lozingsnormen te voldoen, zullen ervoor zorgen dat de kwaliteit van het Maaswater niet wordt aangetast. Er is geen reden om te vrezen dat de huidige (weliswaar ontoereikende) toestand van de Maas zal verslechteren als gevolg van de verdere exploitatie van Tihange 3 gedurende nog eens tien jaar. De deactivering (basisscenario) zal uiteraard een positieve bijdrage leveren, maar het is niet zeker dat dit voldoende zal zijn om de ontoereikende toestand van de Maas te veranderen in een goede toestand.

Beperking van het overstromingsrisico

Wat het overstromingsrisico betreft, zijn er in de huidige situatie geen problemen en worden er op korte of middellange termijn geen problemen verwacht. De kerncentrale ligt niet in een overstromingsgevoelig gebied en is ook voldoende beschermd tegen mogelijke toekomstige overstromingsrisico's ten gevolge van intensievere regenval (als gevolg van de klimaatverandering). Er zijn ook geen aanwijzingen dat de centrale stroomafwaarts ongewenste overstromingsrisico's zal veroorzaken of in stand houden. Daarom zal het langer openhouden van Tihange 3 niet significant bijdragen tot het verminderen of veroorzaken van overstromingsrisico's.

Samenvatting van de belangrijkste bevindingen

De toetsing aan de doelstellingen voor het riviersysteem is samengevat in Tabel 70.

Tabel 70: Samenvatting van de beoordeling van de doelstellingen met betrekking tot het riviersysteem.

Doelstelling	Projectbijdrage (overdracht over 10 jaar)	Score
Goede oppervlaktewatersituatie	Geen verslechtering van de toestand.	Neutraal
Beperking van het overstromingsrisico	Geen significante bijdrage	Neutraal
Duurzame watervoorziening	Geen inspanningen/plannen voor circulair watergebruik	Negatief

6.2.4 Milderende maatregelen

- Scheid regenwater van sanitair afvalwater en hergebruik regenwater als sanitair water en vermijd zoveel mogelijk stadswaterverbruik.
- Ontharding (infiltratie), groene daken of waterpartijen (buffering) op het terrein om het hitte-eilandeffect te verminderen en water meer lokaal vast te houden en te bewaren;
- Precieze aanpassing vooraf van het koelvermogen op basis van de bewaking van de temperatuur van de Maas.

6.2.5 Leemten in kennis en monitoring

Er zijn geen leemten in de kennis waardoor de beoordeling van de effecten op het riviersysteem niet nauwkeurig genoeg zou zijn. Er is echter een gebrek aan informatie over het aandeel van het afvalwater van de verschillende eenheden en dus over de exacte bijdrage van de exploitatie van Tihange 3 aan de resterende verontreiniging in de Maas gedurende de extra tien jaar van exploitatie.

Aanvullende monitoring naast het bestaande monitoringprogramma wordt niet nodig geacht.

6.3 Biodiversiteit

6.3.1 Relevante beleidsdoelstellingen

De Natuurbeschermingswet (Loi sur la Conservation de la Nature, LCN) van 12 juli 1973 beoogt het karakter, de diversiteit en de integriteit van het natuurlijk milieu te beschermen door middel van maatregelen ter bescherming van flora en fauna, hun gemeenschappen en habitats. In dit verband is het van belang ervoor te zorgen dat projecten, waaronder het besluit om de levensduur van de reactor Tihange 3 te verlengen, niet onverenigbaar zijn met de bescherming van deze soorten (doden, verstoren van nesten, vernielen/beschadigen/verstoren/etc. van nesten, vasthouden, verkopen, plukken, kappen, enz.) of met de natuurreservaten die zijn ingesteld ter bescherming van gebieden die van belang zijn voor de bescherming van de flora en fauna, ecologische milieus en de natuurlijke omgeving.

Het besluit van de Waalse regering van 6/12/2001 (Natura 2000-decreet) zet de richtlijn 79/409/EEG inzake het behoud van de vogelstand en bijlage II van het Verdrag van Bern inzake het behoud van wilde dieren en planten en hun natuurlijk leefmilieu in Waals recht om.

Daarnaast zorgt de implementatie van de EU-richtlijnen in de LCN ervoor dat voor Natura2000-gebieden, d.w.z. gebieden die onder de Habitat- en Vogelrichtlijn vallen, niet alleen moet worden aangetoond dat significante negatieve effecten worden voorkomen ten opzichte van de huidige situatie, maar ook dat de voortzetting van de exploitatie van de installatie geen belemmering vormt voor het bereiken van de voor deze gebieden vastgestelde natuurdoelstellingen. Deze kwestie wordt behandeld in een passende beoordeling.

Het besluit van de Waalse Gewestelijke Executieve van 8 juni 1989 betreffende de bescherming van watergebieden van biologisch belang (ZHIB) beoogt de bescherming van gebieden met moerassen, vennen, venen of natuurlijke of kunstmatige wateren, permanent of tijdelijk, waar het water stilstaat of stroomt, en waarvan de ecologische en wetenschappelijke waarde is erkend bij besluit van de minister belast met het natuurbehoud, op advies van de Waalse Hoge Raad voor het Natuurbehoud (zoals omschreven in artikel 1 van het besluit). Ook in dit verband is het belangrijk ervoor te zorgen dat de uitbreiding van de reactor Tihange 3 de in de 'ZHBI's' aanwezige soorten niet verstoort. Deze doelstellingen lijken niet relevant te zijn in de context van het onderhavige uitbreidingsproject, aangezien het gebied niet in een ZHIB ligt. Zij worden niettemin in herinnering gebracht omdat op minder dan 3 km van de onderzoekslocatie een ZHIB wordt aangetroffen.

Het besluit van de Waalse regering van 26 januari 1995 met betrekking tot de bescherming van ondergrondse holtten van wetenschappelijk belang (CSIS) beoogt de CSIS te beschermen tegen vernietiging, zelfs gedeeltelijk, of aantasting door rechtstreekse exploitatie van grondstoffen, door toeristische of sportieve exploitatie, door vervuiling of door elke andere vorm van vrijwillige interventie die leidt tot een aanzienlijke vermindering van het belang ervan. Ook deze doelstellingen lijken niet relevant voor het huidige uitbreidingsproject, aangezien het gebied geen onderdeel uitmaakt van een CSIS. Zij worden niettemin in herinnering gebracht omdat binnen een straal van 3 km van het studiegebied een CSIS wordt aangetroffen.

Een andere doelstelling is het ontwerp van Derde Waalse Stroomgebiedbeheerplannen (PGDH3 - Cyclus 2022-2027)¹⁰¹ dat de Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG) omzet in Waalse wetgeving. In punt 6.2.2 van dit ontwerp worden de verschillende milieudoelstellingen voor oppervlaktewater, grondwater en beschermde gebieden opgesomd. Een van de doelstellingen voor oppervlaktewateren is het bereiken van een "goede" ecologische toestand voor de verschillende waterlichamen, terwijl een van de doelstellingen voor beschermde gebieden het bereiken van een goede ecologische toestand (of een goed ecologisch potentieel) van de waterlichamen in alle Natura 2000-gebieden is. Daarom is het relevant te onderzoeken of de uitbreiding van Tihange 3 gevolgen zal hebben voor het bereiken van de doelstellingen inzake de ecologische toestand van waterlichaam MV35R Maas II en de Natura 2000-gebieden - met hun soorten en habitats van communautair belang – die er deel van uitmaken.

De verschillende onderdelen van het project van levensduurverlenging zullen aan deze doelstellingen worden getoetst aan de hand van onderstaande vragen:

- In hoeverre kan worden verwacht dat het project verstoring van beschermde soorten (cf. LCN) voorkomt?
- In hoeverre kan worden verwacht dat het project verstoring van natuurgebieden (cf. LCN) voorkomt?
- In hoeverre kan worden verwacht dat het project significante effecten met betrekking tot Natura 2000-gebieden (cf. LCN) zal vermijden?
- In hoeverre kan worden verwacht dat het project verstoring van het HIBZ voorkomt (vgl. besluit van de Waalse Gewestelijke Executieve van 8 juni 1989)?
- In hoeverre kan worden verwacht dat het project significante effecten met betrekking tot CSIS zal voorkomen (zie AGW van 26 januari 1995)?
- In hoeverre kan worden verwacht dat de uitvoering van het project de verwezenlijking van de doelstellingen die zijn geformuleerd in het ontwerp van de derde stroomgebiedbeheerplannen voor de cyclus 2022-2027 (cf. Richtlijn 2000/60/EG) niet zal belemmeren?

6.3.2 Bespreking van de te bestuderen effecten

Het project voor de levensduurverlenging van de reactor Tihange 3 kan het biologische milieu op verschillende manieren beïnvloeden. Het doel van de impactstudie is een inschatting te maken van de gevolgen die de levensduurverlenging van de activiteit Tihange 3 zou kunnen hebben voor de doelstellingen in verband met het behoud van de biodiversiteit in de Waalse wetgeving, die zelf bepaalde doelstellingen uit Europese richtlijnen omzet. De verenigbaarheid van het project met het beleid inzake natuurbehoud kan dan worden bepaald.

In de context van de studie van de effecten van het project op de biodiversiteit houden de meeste verwachte effecten indirect verband met de effecten die de levensduurverlenging van de reactor zal hebben op het water, het akoestische milieu of de lucht. Het is echter belangrijk op te merken dat, indien de effecten van het project op deze gebieden onbeduidend worden geacht, zij in dit hoofdstuk niet worden behandeld.

Verscheidene potentiële effecten op de biodiversiteit houden verband met de waterinlaten en -lozingen in de Maas. Aangezien de locatie van de elektriciteitscentrale direct tegenover een insteekdok ligt dat deel uitmaakt van een Natura 2000-gebied, is het namelijk mogelijk dat de uitbreiding van Tihange 3 gevolgen heeft voor de habitats en soorten van communautair belang die onder dit gebied vallen. Bovendien zou deze uitbreiding ook van invloed kunnen zijn op de doelstellingen die zijn geformuleerd in het beheerplan van het stroomgebiedsdistrict waarin de Maas is opgenomen.

Het effect van de verlenging van de levensduur van Tihange 3 is op verschillende belangrijke gebieden zichtbaar:

¹⁰¹ SPW ARNE (2022) Ontwerp van de derde beheerplannen van de Waalse stroomgebiedsdistricten. Uitvoering van de Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG). eau.wallonie.be.

- Warmtelozingen in de Maas: een stijging van de temperatuur van de Maas als gevolg van warmtelozingen kan leiden tot een daling van de verzadigingsconcentratie van opgeloste zuurstof in het water, waardoor het gebied minder gunstig wordt voor bepaalde soorten (bijv. zalmachtigen);
- veranderingen in de kwaliteit van het oppervlaktewater door lozingen van afvalwater. Er zij op gewezen dat in dit hoofdstuk niet wordt ingegaan op de gevolgen die radioactiviteit kan hebben voor het Maaswater. Deze aspecten vallen buiten het bestek van de klassieke milieu-effectbeoordeling. Zij worden besproken in het hoofdstuk over radiologische effecten;
- Fysiek effect van het pompen op vissen, weekdieren, schaaldieren en andere ongewervelden door de rechtstreekse onttrekking van koelwater aan de Maas. De sterke stroming die door het pompen wordt opgewekt, kan vissen naar de pompen slepen, waardoor ze sterven.

Naast de mogelijke effecten van de uitbreiding van Tihange 3 op de Maas, zullen in deze studie ook de effecten in verband met lawaai, licht en andere menselijke effecten worden besproken.

Indirect zal het uitbreidingsproject waarschijnlijk ook verzurende en eutrofiërende deposities veroorzaken als gevolg van de emissies van de verbrandingsinstallaties en het verkeer binnen de locatie. Er zij op gewezen dat de emissies van zwaveldioxide, stikstofoxide en ammoniak bij de exploitatie van een kernreactor onder normale omstandigheden gering zijn; het lijkt derhalve relevanter het vermeden effect te bestuderen in verhouding tot de emissies van een SGT-centrale (Stoom-Gasturbine) met een gelijkwaardig vermogen. Gezien echter de aanwezigheid van noodgeneratoren die in grotere mate verbrandingsgassen kunnen uitstoten wanneer hun gebruik noodzakelijk blijkt, lijkt het toch relevant om deze in deze effectstudie te bespreken.

Effecten op het directe landgebruik kunnen in beginsel in aanmerking worden genomen, aangezien de langdurige exploitatie van elektriciteitscentrales betekent dat de bezette ruimte niet kan worden gebruikt voor natuurontwikkeling.

Er wordt geen verandering in de hydrologie van de Maas verwacht. Het opgevangen koelwater wordt bijna volledig in de rivier geloosd, zodat er geen gevolgen voor de biodiversiteit worden verwacht als gevolg van veranderingen in het debiet of het peil van de Maas.

6.3.3 Afbakening van het studiegebied

Het studiegebied dat doorgaans voor alle biodiversiteitsgerelateerde aspecten in effectstudies wordt gebruikt, is de straal van 3 km rond de studieplaats. Buiten deze straal kunnen de gevolgen van het uitbreidingsproject als onbeduidend worden beschouwd.

Bijgevolg worden alle beschermingszones die ten minste gedeeltelijk in het studiegebied liggen, in deze effectbeoordeling in aanmerking genomen.

De binnen het studiegebied aangetroffen natuurbeschermingsgebieden zijn de volgende: het Natura 2000-gebied "Vallée de la Meuse à Huy et vallon de la Solières" (code: BE33010) gelegen ter hoogte van het insteeddok op de tegenoverliggende oever, recht tegenover het terrein van de elektriciteitscentrale. Er zij op gewezen dat het studiegebied ook beboste gebieden en Maashellingen met habitats van communautair belang omvat.

Op 785 m ten noordoosten van de site ligt het natuurreservaat "Carrière d'Ampsin" (code: 6033) dat eigendom is van de staat. Deze groeve bevat een verscheidenheid aan biotopen: blootgestelde rotsen, puinkegels, waterpartijen, grasland onderbroken door meer open en rotsachtige gebieden, bosrijke en beboste gebieden. Deze milieus zijn van groot entomologisch belang en de vijvers herbergen een rijke gemeenschap van odonaten (libellen) en amfibieën.

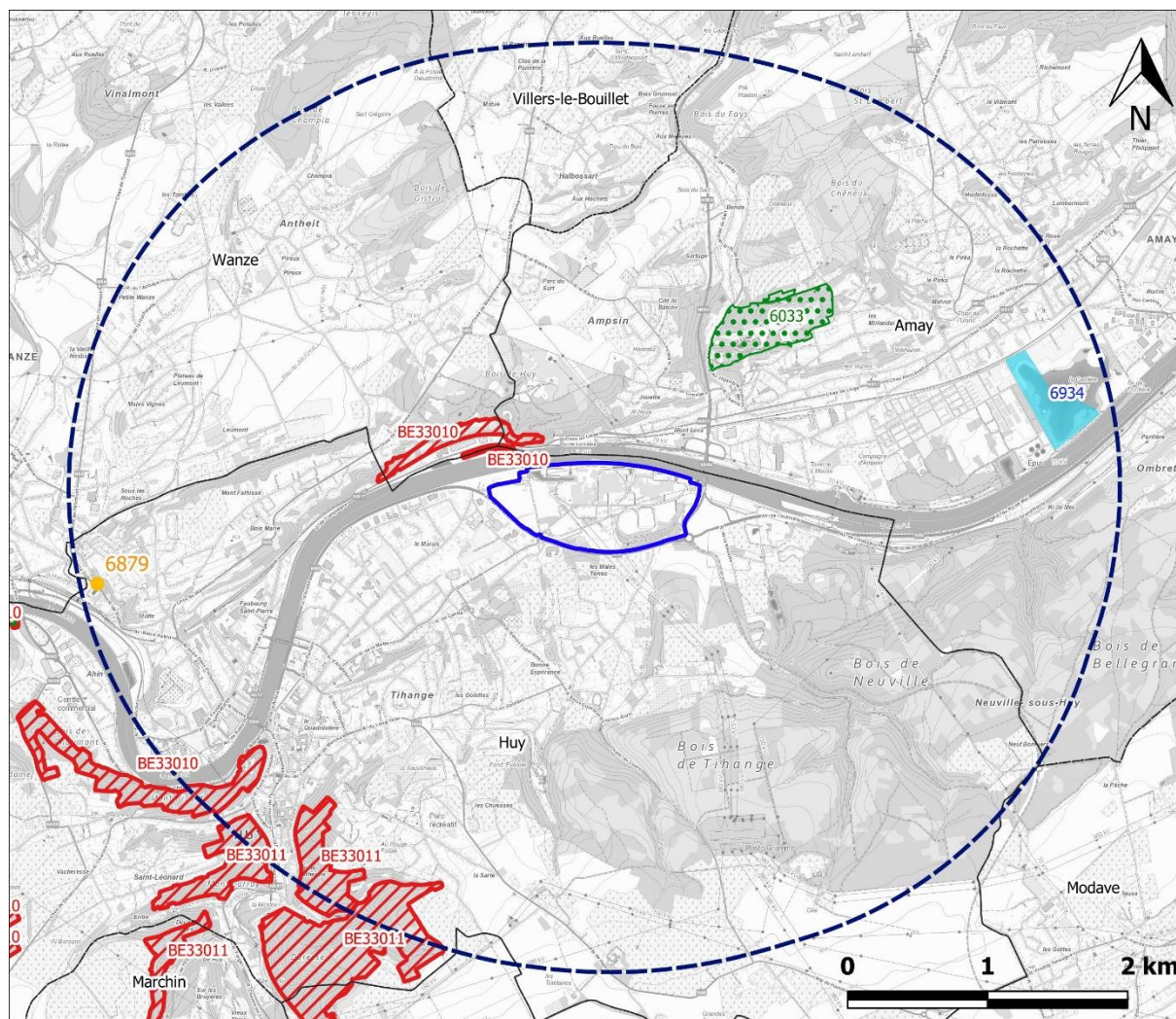
Ongeveer 2,4 km ten oosten van de centrale bevindt zich ook een gebied van biologisch belang, namelijk de "Gravière d'Amay" (code: 6934), dat van ornithologisch belang is omdat het een broedplaats, tussenstop of overwinteringsplaats is voor verschillende soorten met erfgoedwaarde. Het gebied herbergt ook een rijke fauna van amfibieën en odonaten.

Een tweede Natura 2000-gebied ligt ongeveer 2,4 km ten zuidwesten van het gebied van Tihange: "Valleien van de Hoyoux en Triffoy" (code: BE33011). Hier bevindt zich een massief met verschillende soorten bos (kalkhoudend, neutrofiel, zuurhoudend, thermofiel, gebonden aan geulen en alluviaal). *"Het gebied wordt ook gekenmerkt door een reeks rotsachtige milieus en graslanden, en herbergt verschillende schrale graslanden van communautair belang [...] de aanwezigheid van verschillende grotten en holtes maakt het een belangrijk gebied voor vleermuizen"* (SPW)¹⁰². Het is ook van groot ornithologisch belang.

De ondergrondse holte van wetenschappelijk belang "Galerie minière de Statte à Huy" (code: 6879) bevindt zich op ongeveer 2,8 km ten oosten van de locatie van de elektriciteitscentrale. Deze galerij is geclassificeerd als een CSIS met het oog op het behoud van de vleermuispopulaties en de integratie van dit gebied in het netwerk van overwinteringsplaatsen in het Waalse Gewest.

De ligging van deze verschillende locaties is weergegeven in de volgende figuur.

¹⁰² biodiversiteit.wallonie.be.



Legende

- Grens van het terrein
- 3 km omtrek rond het terrein
- Gemeentegrens
- Natura 2000-gebied
- "Staatsnatuureservaat" (RND - WAL)
- "Wetland van biologisch belang" (ZHIB - WAL)
- "Ondergrondse holte van wetenschappelijk belang" (CSIS - WAL)

Figuur 80: Natuurbeschermingsgebieden.

6.3.4 Beschrijving van de referentiesituatie

Natura 2000-gebieden

Zoals hierboven beschreven ligt het projectgebied in een regio waar verschillende speciale beschermingszones van het Natura 2000-netwerk liggen. De natuurdoelstellingen die voor deze gebieden zijn vastgesteld, vormen derhalve een belangrijke referentie voor de effectbeoordeling. De Tabel 71 illustreert de doelsoorten voor de twee in het studiegebied gelegen Natura 2000-gebieden binnen een straal van 3 km van de reactorlocatie Tihange 3.

Tabel 71: Doelsoorten voor Natura 2000-gebieden binnen 3 km van de locatie van de elektriciteitscentrale van Tihange.
x: soort expliciet vermeld als doel; /: soort is geen doel.

Doelsoorten	Vallei van de Maas bij Huy en de vallei van Solières BE33010	Valleien van Hoyoux en Triffoy BE33011
Vogels		
Zwarte ooievaar (<i>Ciconia nigra</i>)	/	X
Honingbuiser (<i>Pernis apivorus</i>)	X	/
Bosuil (<i>Bubo Bubo</i>)	X	X
Roodborsttapuit (<i>Mergellus albellus</i>)	X	/
Europese ijsvogel (<i>Alcedo atthis</i>)	X	X
Rode wouw (<i>Milvus milvus</i>)	/	X
Zwarte specht (<i>Dryocopus martius</i>)	X	X
Grauwe Klauwier (<i>Lanius collurio</i>)	/	X
Zoogdieren		
Mopsvleermuis (<i>Barbastellus barbastellus</i>)	/	X
Europese bever (<i>Castor fiber</i>)	X	/
Vale vleermuis (<i>Myotis myotis</i>)	X	/
Grote hoefijzerneus (<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>)	X	/
Bechstein's vleermuis (<i>Myotis bechsteinii</i>)	X	/
Meervleermuis (<i>Myotis dasycneme</i>)	X	/
Ingekorven vleermuis (<i>Myotis emarginatus</i>)	X	X
Kleine hoefijzerneus (<i>Rhinolophus hipposideros</i>)	X	X
Vis		
Rivierdonderpad (<i>Cottus gobio</i>)	/	X
Beekprik (<i>Lampetra planeri</i>)	/	X
Insecten		
Spaanse vlag (<i>Callimorpha quadripunctaria</i>)	X	X
Vliegend hert (<i>Lucanus cervus</i>)	/	X

Naast soorten vallen ook habitats onder de twee bovengenoemde Natura 2000-gebieden. Er zij echter op gewezen dat niet alle in de fiche van deze twee gebieden genoemde habitats relevant zijn voor dit MER, aangezien zij niet voorkomen binnen de straal van 3 km rond het projectgebied. Alleen de Natura 2000-habitats binnen het studiegebied worden hier behandeld.

- Habitattype 6110: Kalkrijke of baofiele rotsgraslanden ;
- Habitattype 91E0: Alluviale bossen ;
- Habitattype 8160: Kalksteenstruweel ;
- Habitattype 9180: Geul- en hellingbossen;
- Habitat Type 9150: Kalkrijk Beukenbos;
- Habitattype 8210: Kalksteenellingen.

In Wallonië zijn de habitats van Natura 2000 gegroepeerd in beheereenheden (MU) die maatregelen vereisen om ze in een gunstige staat van instandhouding te behouden.

De verschillende beheerseenheden waarmee de habitats van communautair belang binnen de twee Natura 2000-gebieden in de 3 km-omtrek rond de centrale van Tihange zijn geassocieerd, alsmede hun belangrijkste doelstelling¹⁰³, worden hieronder opgesomd:

- UG2 "Prioritaire open gebieden": Deze gebieden worden steeds zeldzamer in ons landschap. De beheermaatregelen zijn erop gericht de samenstelling van de vegetatie niet te wijzigen - **Habitattypes: 6110, 8160 en 8210**;
- UG7 "Prioritaire alluviale bossen": Deze boshabitat langs rivieren behouden en versnippering ervan voorkomen - **Habitattype: 91E0**;
- UG8 "Inheemse bossen van groot biologisch belang": Instandhouding van deze boshabitat door elke wijziging van de structuur en de samenstelling ervan te voorkomen - **Habitattype: 9150**.

Natuurreservaat

De site van de kerncentrale van Tihange ligt op 786 m ten zuiden van een natuurreservaat dat eigendom is van de staat. Ter herinnering: dit is de "Carrière d'Ampsin" (code: 6033). Deze voormalige steengroeve kreeg de status van natuurreservaat door het besluit van de Waalse regering van 21 mei 2015 tot oprichting van het staatsnatuurreservaat "La Carrière d'Ampsin" in Ampsin (Amay).

Voor dit natuurgebied geldt een speciaal beheerplan dat bij ditzelfde besluit is goedgekeurd.

De belangrijkste doelstellingen van dit beheerplan zijn het bevorderen van biologische diversificatie door gebruik te maken van het natuurlijke en kunstmatige potentieel van het milieu¹⁰⁴:

1. Behoud van de diversiteit van de habitats die voortvloeien uit de winningsactiviteiten en die bijdragen tot het biologisch belang van de steengroeven (verticale wanden, puinkegels, braakliggende terreinen, waterpartijen, enz.), die gunstig zijn voor diverse soorten en zeldzaam of opmerkelijk zijn in de regio, bijvoorbeeld waterrijke gebieden voor amfibieën;
2. Het ecologisch belang van het gebied verbeteren door het beheer of de gedeeltelijke reconversie van de meer algemene zones (braakland met brandnetels, struikgewas, enz.), waarbij erop wordt toegezien dat de zones die getuigen van deze vegetaties behouden blijven; een maximum aan open zones behouden die gunstig zijn voor de oorspronkelijke soorten van de pionierplantengroepen en de graslanden, enz;
3. Ontwikkeling van nieuwe milieus die nodig zijn voor de ontwikkeling van bepaalde dier- en plantensoorten (permanente of tijdelijke poelen, holtes in rotswanden, reactivatie van zandige of aardachtige kliffen, enz);
4. De groeve behouden als getuige van de geschiedenis.

Wetland van biologisch belang

Ter herinnering: het besluit van de Waalse Gewestelijke Executieve van 8 juni 1989 beoogt de bescherming van het aquatisch en waterrijk milieu in de waterrijke gebieden van biologisch belang. Daartoe werd een overeenkomst ondertekend tussen de gemeente Amay en de SPW Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement (SPW ARNE) voor het beheer van de site "Gravière d'Amay" (code: 6934) gelegen op 2.357 m ten oosten van de site van

¹⁰³ Natagriwal vzw & SPW ARNE (2021) Beheersmaatregelen in het Natura2000 netwerk in landbouw- en bosgebieden. natagriwal.be.

¹⁰⁴ Amay.be.

de centrale van Tihange. Daarom moet ervoor worden gezorgd dat de levensduurverlenging van de reactor geen significante gevolgen heeft voor de aangewezen ZHIB-milieus en de soorten die er voorkomen.

Ter informatie: de grindgroeve van Amay is vooral van ornithologisch belang en er zijn voorzieningen aangebracht die gunstig zijn voor het nestelen van de Oeverzwaluw, een soort van communautair belang.

Ondergrondse holte van wetenschappelijk belang

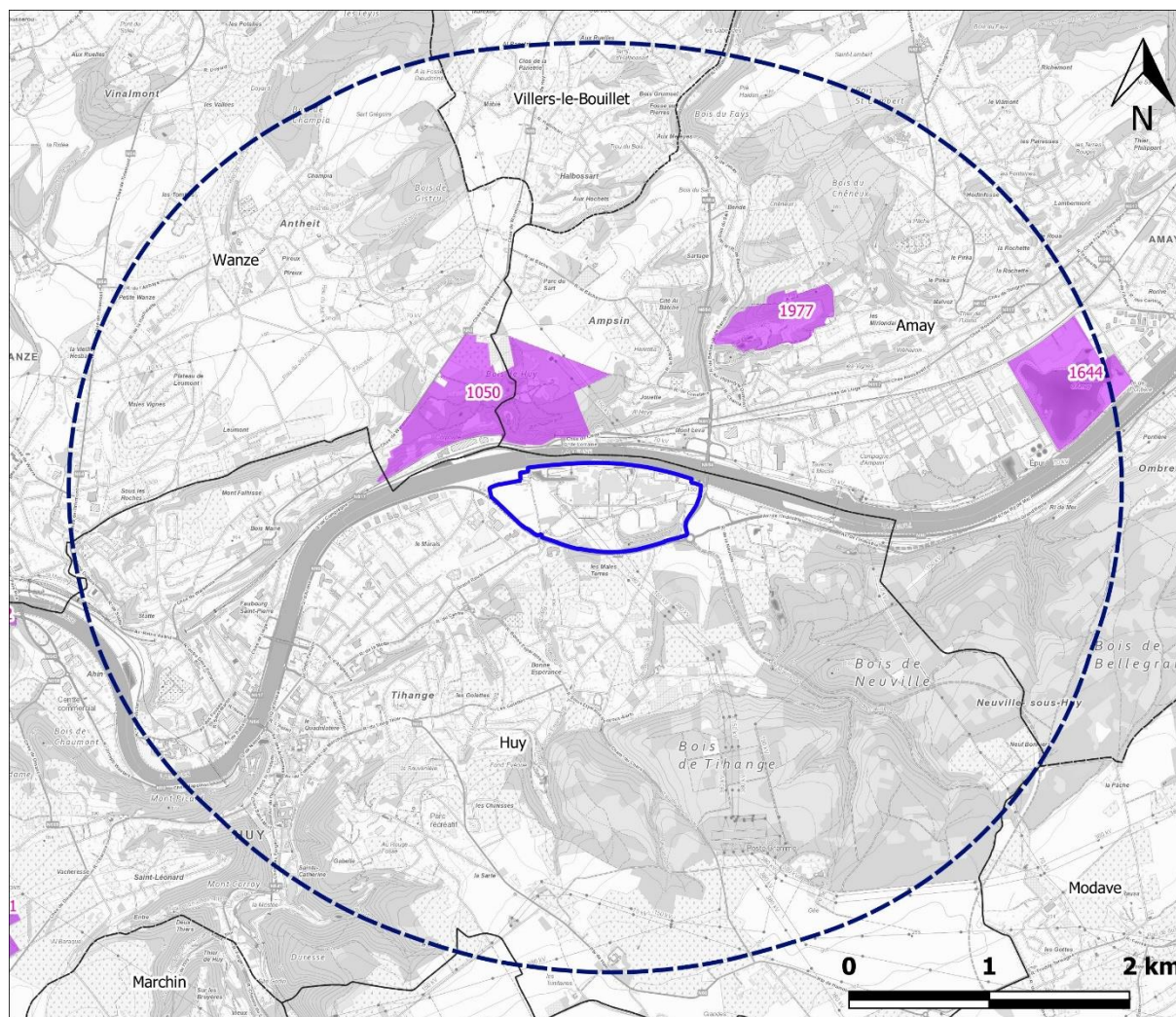
De mijngang van Statte in Huy, gelegen op 2,8 km ten oosten van de centrale van Tihange, werd aangewezen bij het ministerieel besluit van 10 oktober 2008 tot oprichting van het CSIS. Dit besluit impliceert de uitvoering van specifieke beschermings- en beheersmaatregelen voor de mijngang. Deze beschermings- en beheersmaatregelen bestaan in de ontwikkeling van het gebied om het vanuit biologisch oogpunt in stand te houden en de aantrekkelijkheid ervan voor vleermuizen te vergroten (art. 1 & 2).

Gebied van groot biologisch belang

De inventaris van plaatsen van groot biologisch belang (SGIB) heeft tot doel opmerkelijke natuurlijke of halfnatuurlijke terrestrische of aquatische gebieden in Wallonië te identificeren, te lokaliseren en te beschrijven. Ze rationaliseert de verzameling en het beheer van talrijke biologische gegevens (fauna, flora, habitats) en vormt een fundamenteel instrument voor de wetenschappelijke kennis van het natuurlijke erfgoed in Wallonië. Het verstrekt technische informatie over de natuur aan de beheerders van het grondgebied en vormt een denkbasis voor de ontwikkeling van een natuurbeschermingsbeleid, met name voor de meest kwetsbare milieus.

Het doel van de databank is alle informatie over het biologisch belang van de gebieden in één systeem samen te brengen. Daartoe worden alle gegevens van de begin 1990 opgestelde beschrijvende fiche overgenomen en andere gegevens toegevoegd om een zo volledig mogelijke standaardfiche te verkrijgen. Dit wordt toegepast op alle bestaande inventarissen, zodat deze in één gegevensbank kunnen worden verzameld. Sommige inventarissen zijn echter te weinig gedetailleerd, te oud of te groot om rechtstreeks als SGIB-fiches te worden opgenomen. Zij worden dan opgeslagen in specifieke bestanden waarnaar de gedetailleerde SGIB-fiches kunnen verwijzen.

Ook hier houden de SGIB's geen wettelijke beperkingen in, zodat deze SGIB's in een straal van 3 km rond het fabrieksterrein ter informatie zijn opgenomen (zie volgende figuur). Er zij echter op gewezen dat sommige van deze gebieden soorten bevatten die zijn opgenomen in bijlage I van Richtlijn 79/409 of bijlage XI van het besluit inzake de instandhouding van Natura 2000-gebieden.



Légende :

- Grens van het terrein
- 3 km omtrek rond het terrein
- Gemeentegrens
- "Gebied van groot biologisch belang" (SGIB - WAL)

Figuur 81: Gebieden van groot biologisch belang in het projectgebied.

Binnen een straal van 3 km van de centrale van Tihange worden drie SGIB's aangetroffen (zie vorige figuur), namelijk

- De "Corphalie" (code: 1050), gelegen op 150 m ten noorden van de site. *"Het ligt op een zeer steile, naar het zuiden gerichte rotsachtige helling. Er zijn kalkgraslanden en braakliggende terreinen, zinkgraslanden, tijdelijke poelen, een oud decanteringsbekken, hellingbossen, een buxusbos, blootliggende rotsen, enz. Dit verbazingwekkende mozaïek van milieus is de bron van een uitzonderlijk rijke flora en entomofauna, waaronder vele opmerkelijke soorten en vaak aanwezig in hoge dichtheden (vlinders, orthoptera, enz.)."*¹⁰⁵ ;
- "Carrière d'Ampsin" (code: 1977), gelegen op 967 m ten noorden van het gebied, een kalksteengroeve waarvan de exploitatie is stopgezet en die is ingericht als staatsnatuursreservaat (zie hierboven);
- De "grindgroeve van Amay" (code: 1644), gelegen op 2,4 km ten oosten van het gebied, waarvan het belang vooral ligt in de aanwezigheid van interessante wetlands en aquatische milieus en die gedeeltelijk is opgenomen in het ZHIB (zie hierboven).

¹⁰⁵ biodiversiteit.wallonie.be

Gemeentelijk natuurontwikkelingsplan

Volgens artikel D.48. van het decreetale deel van de milieucode kan de gemeenteraad een gemeentelijk milieu- en natuurontwikkelingsplan opstellen. Dit plan wordt vastgesteld voor een periode van vijf jaar en blijft van kracht tot het wordt vervangen. Het gemeentelijk natuurontwikkelingsplan (PCDN) is een instrument dat aan de gemeenten wordt aangeboden om op duurzame wijze de inachtneming van de natuur op hun grondgebied te organiseren door de economische en sociale ontwikkeling te integreren. Het PCDN heeft tot doel de biodiversiteit op gemeentelijk niveau te behouden, te ontwikkelen of te herstellen door alle lokale belanghebbenden erbij te betrekken, na een diagnose van het ecologische netwerk te hebben uitgevoerd en een gezamenlijke visie op de natuur en de toekomst ervan op lokaal niveau te hebben ontwikkeld (biodiversité.wallonie.be).

De opstelling van dit CNDP legt geen wettelijke verplichtingen op, maar engageert de gemeente ertoe om het natuurlijke en landschappelijke erfgoed op haar grondgebied te bevorderen en te herstellen.

Het doel van het CNDP is *"het natuurlijke en landschappelijke erfgoed van een gebied in zijn fysieke en biologische componenten te behouden of te verbeteren, met inachtneming en bevordering van de economische en sociale ontwikkeling van de inwoners. Het doel is de ontwikkeling van natuurlijke en landschappelijke waarden te bevorderen en een ecologisch netwerk op gemeentelijk niveau in stand te houden of te herstellen door alle betrokken lokale actoren erbij te betrekken"* (SPW ARNE).

De gemeente Huy heeft een PCDN dat in 2012 is ingevoerd en sindsdien niet is vervangen, zodat ervan kan worden uitgegaan dat het nog steeds van toepassing is op het gemeentelijke grondgebied.

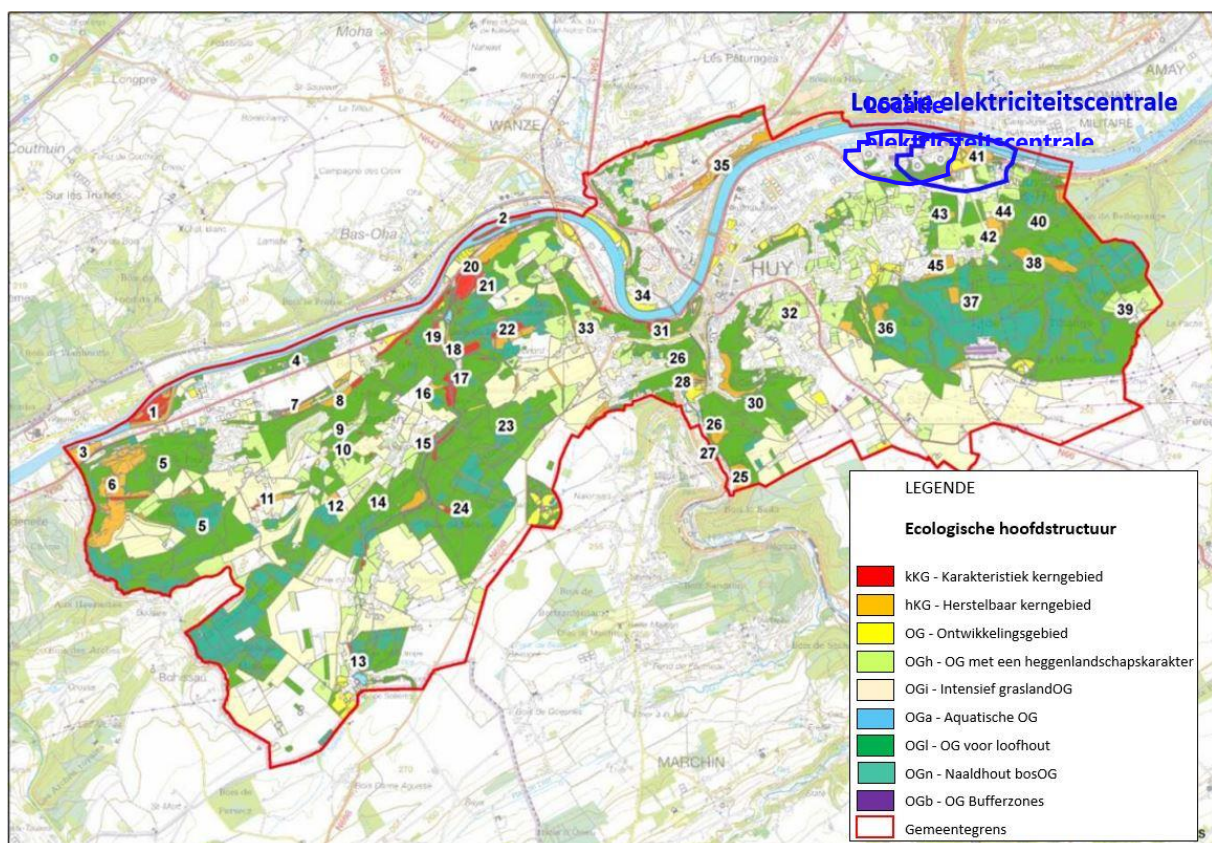
In zijn toepassing op het beheer van de biologische diversiteit wordt het begrip ecologisch netwerk veeleer beschouwd als een instrument voor ruimtelijke ordening dat gericht is op een verdeling van het grondgebied in zones met specifieke doelstellingen die het behoud van de biologische diversiteit mogelijk maken. In het algemeen worden ten minste drie soorten zones aangehouden die overeenkomen met drie functies¹⁰⁶ :

- Kerngebieden (ZC) zijn gebieden met populaties van soorten en habitats met een hoge erfgoedwaarde die nog in een goede staat van instandhouding verkeren. De instandhouding van het natuurlijk erfgoed is een prioriteit en deze gebieden verdienen een sterke instandhoudingsstatus. Bij deze kerngebieden wordt ook een onderscheid gemaakt tussen karakteristieke instandhoudingsgebieden (ZCc), d.w.z. gebieden met populaties van soorten of habitats in goede staat van instandhouding, en herstelbare instandhoudingsgebieden (ZCr), waar populaties van soorten of aangetaste habitats voorkomen waarvoor herstelmaatregelen moeten worden uitgevoerd om een gunstige staat van instandhouding te bereiken;
- Ontwikkelingszones (ZD's) (of geassocieerde zones) zijn gebieden van minder groot biologisch belang, maar met een aanzienlijk biodiversiteitspotentieel. Het zijn gebieden die minder bescherming behoeven dan de kerngebieden en waar het naast elkaar bestaan van verschillende doelstellingen verenigbaar is. In het kader van onze studie van het ecologisch netwerk van Hoei zullen deze ontwikkelingszones in 4 subcategorieën worden onderverdeeld:
 - Loofbosgebieden (ZDff) - Dit zijn loofbosgebieden die een integrerend deel uitmaken van de Ecologische Hoofdstructuur, maar geen bijzonder zeldzame habitats of soorten bevatten. Niettemin spelen zij een belangrijke rol binnen de Ecologische Hoofdstructuur. Hier kan traditionele bosbouw worden bedreven, aangevuld met biodiversiteitsvriendelijke maatregelen;
 - ZD voor naaldbossen (ZDfr) - Deze gebieden komen overeen met naaldbosomgevingen. Deze aanplantingen van exotische soorten zijn ecologisch minder interessant dan loofbossen, maar herbergen niettemin een aantal interessante soorten. Vertrekkende van deze naaldbosaanplantingen kunnen ook loofboshabitats of soms open semi-natuurlijke habitats worden hersteld;

¹⁰⁶ Taymans J. (2012) Studie van het ecologisch netwerk in het kader van het Gemeentelijk Natuurontwikkelingsplan van de gemeente Hoei. Eindverslag. Eenheid Biodiversiteit & Landschap Gembloux Agro-Bio Tech.

- Bocage grasland (ZDb) - Deze zones komen overeen met graslanden met een relatief hoge biologische waarde, hetzij vanwege bijzonderheden die geen excessieve intensivering toelaten (helling, bodemvochtigheid, enz.), hetzij vanwege de aanwezigheid van bocage-elementen die de verticale structuur van het grasland diversifiëren (hagen, knotwilgen, bomenrijen, enz.). Deze twee parameters zijn ook vaak met elkaar verbonden;
- Intensief beheerde grasland ZDp - Dit zijn graslanden met een lage biologische waarde, aangezien zij sterk bemest, begrast en/of kunstmatig bewerkt worden. Niettemin onderscheiden zij zich van een landbouwmatrix van bewerkte percelen, waardoor zij een zeker belang krijgen binnen het ecologische netwerk;
- ZD's met andere intrinsieke biologische waarde (ZDa) - Deze gebieden bevatten soorten of habitats die niet strikt bos- of grasland zijn en een significante biologische waarde hebben, maar geen kerngebiedstatus rechtvaardigen omdat de voor hun instandhouding vereiste maatregelen niet bijzonder stringent zijn. Deze gebieden kunnen kasteelparken, openbaar groen, hoogstamboomgaarden enz. omvatten.

De kerngebieden en ontwikkelingsgebieden vormen de Ecologische Hoofdstructuur (SEP). De ligging van de centrale ten opzichte van het ecologische netwerk van de gemeente Huy is weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 82: Ecologische hoofdstructuur (Bron: GxABT 2012).

Een deel van de site van de kerncentrale van Tihange is opgenomen in het ecologisch netwerk van de gemeente Huy. Het gaat om gebieden die zijn opgenomen in de ontwikkelingszone voor loofbossen (ZDff).

In het kader van de milieueffectstudie die Vinçotte Environnement in oktober 2007 heeft uitgevoerd in het kader van een aanvraag voor een omgevingsvergunning voor de site van de centrale van Tihange, zijn biologische veldonderzoeken uitgevoerd die het mogelijk hebben gemaakt verschillende plantensoorten aan te wijzen die binnen de site de ZDff vormen:

- *Cotoneaster franchetii* ;
- *Cotoneaster* 'Coral Beauty' ;
- *Viburnum plicatum* 'mariesii' ;
- *Viburnum rhytidophyllum* ;
- *Spiraea arguta* ;
- *Paulownia tomentosa* ;
- *Lonicera nitida* 'Elegant' ;
- *Weigelia* 'Eva Rathke' ;
- *Osmanthus burkwoodi* ;
- *Deutzia gracilis* ;
- *Prunus glandulosa* ;
- *Prunus serotina* ;
- *Corylus maxima* 'Purpurea' ;
- *Sambucus racemosa* ;
- *Fagus sylvatica* ;
- *Fagus purpurea tricolor* ;
- *Pinus nigra* "Nigra" ;
- *Pinus nigra* "Austriaca" ;
- *Rosa nitida* ;
- *Pyracantha rogersiana* 'Orange glow' ;
- *Pinus mugo*.

Er zij op gewezen dat de gemeente Amay, die aan de andere kant van de Maas ligt dan de site van Tihange, een CNDP heeft waarvan het handvest in 2008 is ondertekend. De gemeentelijke dienst van Amay kon de desbetreffende documenten echter niet verstrekken.

Ontwikkelingen in en rond het gebied

Zoals uitgelegd in de milieueffectenstudie die CSD Ingénieurs Conseils SA en SCK-CEN SA op 24 april 2019 hebben opgesteld, heeft Electrabel nv in samenwerking met Natagora een herinrichtingsproject uitgevoerd om de biodiversiteit te bevorderen. Twee hectare grond naast de elektriciteitscentrale en gelegen langs de N90 richting Namen werd ingericht om bloemenweiden, hagen, wetlands en bosgebieden te herstellen. Het doel van dit project was de biodiversiteit van dit gebied te vergroten en de ontwikkeling van fauna en flora te bevorderen. In totaal werden bijna 4.000 bomen en struiken geplant.



Figuur 83: Zicht op de twee gesaneerde hectaren langs de N90 (Bron: Electrabel nv 2018).

Er werden ook andere ontwikkelingen uitgevoerd: installatie van bijenkorven op het Natagora-perceel en nestkasten. In 2014 werden op verschillende plaatsen op het terrein van de centrale een vijftiental nestkasten geplaatst en een vijftigtal jonge vogels geringd.

In 2015 bracht Electrabel nv de groenzones op de site in kaart en bepaalde voor elk perceel een aangepaste onderhoudsmethode. Er werden ook twintig extra nestkasten geplaatst en er werd een kilometer meidoornhaag geplant langs de muur langs de Maas. In deze haag leven de bijen die, in samenwerking met een plaatselijke imker, op het Natagora-perceel worden gehouden.



Figuur 84: Foto's van de ontwikkelingen op de site van de elektriciteitscentrale en op het perceel van Natagora (Bron: Electrabel nv 2017)

Er zij op gewezen dat deze ontwikkelingen niet werden opgelegd door de vergunningsvoorwaarden of door enig wettelijk voorschrift.

Stroomgebiedbeheerplan

De centrale van Tihange ligt in het stroomgebied van de Maas en meer bepaald in het deelstroomgebied "Meuse Aval".

Het waterlichaam waarop het project een impact kan hebben, is de "Maas II" (code: MV35R). Vanaf de samenvloeiing met de Ruisseau de Tailfer stroomt de Maas tot aan de Nederlandse grens.

In het kader van het van de stroomgebiedbeheerplannen (PGDH), die de Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG) omzetten in Waalse wetgeving, wordt om de 6 jaar een beoordeling van de biologische toestand uitgevoerd. In het kader van het tweede PGDH is in 2013 een beoordeling van de kwaliteit van deze waterlichamen uitgevoerd. Een samenvatting van deze beoordeling staat in de volgende tabellen.

De ecologische toestand van de wateren wordt beoordeeld aan de hand van biologische indicatoren zoals macro-invertebraten, diatomeeën, vissen en macrofyten, fysisch-chemische indicatoren (zuurstofbalans, pH, stikstof- en fosforhoudende stoffen, specifieke verontreinigende stoffen) en hydromorfologische indicatoren zoals de continuïteit van de waterlopen en de aard van de oevers. De chemische toestand wordt beoordeeld aan de hand van de milieukwaliteitsnormen voor 45 prioritaire stoffen.

Uit onderstaande tabel blijkt dat het sterk veranderde waterlichaam Maas II een matige kwaliteit heeft. Ook kan worden opgemerkt dat uit de vergelijking van de ecologische toestand van dit waterlichaam tussen de beoordelingen van 2007 en 2013 blijkt dat de matige kwaliteit gehandhaafd blijft.

Ter herinnering: de doelstelling van het ontwerp van derde stroomgebiedbeheerplan is het bereiken van een "goede" ecologische toestand voor dit waterlichaam. Ten tijde van de opstelling van deze studie is dit derde ontwerp-stroomgebiedbeheerplan in openbaar onderzoek.

Tabel 72: Beoordeling van de ecologische en chemische toestand van de waterlichamen in de nabijheid van de locatie in 2013 (Bron: eau.wallonie.be).¹⁰⁷

Waterlichaam MV35R - Maas II	Ecologische toestand PGDH 2		
	Medium		
	Biologische kwaliteit	Fysisch-chemische kwaliteit	Hydromorfologische kwaliteit
	Goed en meer.	Algemene parameters	Ontoereikend
		Goed	
		Specifieke verontreinigende stoffen	
		Slecht	
	Chemische status PGDH 2		
	Kwaliteit zonder PBT		
	Goed		
	Kwaliteit met PBT		
	Niet goed.		

Legenda: PBT = persistente, bioaccumulerende, toxische en ubiquitaire stoffen

Rivier contract

Een riviercontract (contrat de rivière) is het resultaat van een vrijwillige aanpak door de belanghebbenden bij de rivier, met als doel een geïntegreerd beheer van het stroomgebied, de waterlopen en de watervoorraden door middel van overleg, bewustmaking en participatie.

De rol van de riviercontracten (waarvan er 14 zijn in het Waalse Gewest) bestaat erin alle actoren die betrokken zijn bij het beheer van de watervoorraden in een stroomgebied samen te brengen om een actieprogramma op te stellen.

Daartoe hebben de riviercontracten meerdere opdrachten: inventarisatie van de schade aan waterlopen, opstelling van een actieprogramma op basis van deze inventarisatie, bevordering van en bijdrage tot een globaal en geïntegreerd waterbeheer (met name door voorlichting en bewustmaking van de plaatselijke belanghebbenden en de bevolking), maar ook bijdragen tot de uitvoering van waterbeheerplannen door de hydrografische districten, beheerplannen voor overstromingsrisico's en medewerking aan gemeentelijke initiatieven zoals PCDN, PCDR of CRIE. De procedures voor het opstellen van riviercontracten staan in het Waterwetboek, waarvan boek II is gewijzigd bij het besluit van de Waalse regering van 13 november 2008 betreffende riviercontracten.

De kerncentrale van Tihange ligt aan de oevers van de Maas. Deze is opgenomen in het riviercontract "Meuse en aval", waarvoor onlangs een lokaal comité voor de Maas is opgericht. Uit de raadpleging over het actieprogramma voor 2023-2025 blijkt echter dat er geen acties zijn op het deel van de rivier waar de site van Tihange zich bevindt.

¹⁰⁷ SPW ARNE (2016) Karakterisatiefiche voor het waterlichaam MV35R Maas II. Internationaal stroomgebieddistrict van de Maas. Implementatie van de Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG). Beheerplan 2016-2021.

6.3.5 Beschrijving van de effecten

Gevolgen voor aquatische ecosystemen

De exploitatie van kerncentrales kan op verschillende manieren gevolgen hebben voor organismen in de Maas. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen sanitair afvalwater/regenwater, industrieel afvalwater en koelwater. Al deze lozingen worden in detail besproken in de effectbeoordeling voor het thema Water (§6.2.2) en hun effect op de waterkwaliteit wordt behandeld.

▪ **Waterkwaliteit**

Ter herinnering: de kerncentrale van Tihange loost huishoudelijk en industrieel afvalwater in de Maas. Via een permanent controleprogramma wordt nagegaan of de fysische, chemische en biologische kenmerken van dit water voldoen aan de lozingsnormen opgelegd in de milieuvergunning die het Waalse Gewest in 2008 heeft afgegeven.

Voor alle parameters wordt over het algemeen aan de lozingsnorm voldaan, hoewel de afgelopen vijf jaar in de milieuverklaringen voor de gehele centrale van Tihange reële overschrijdingen zijn gemeld voor bezinksel (2018 en 2019), vrij chloor (2018), nitriet (2020), stikstofconcentratie (2020) en CZV (chemisch zuurstofverbruik) (2021)¹⁰⁸. Elk van deze overschrijdingen werd gemeld aan de verantwoordelijke voor de monitoring van de centrale en de oorzaken werden systematisch onderzocht om herhaling te voorkomen.

Vanwege de complexiteit van de factoren die van invloed kunnen zijn op de organismen die in het insteeddok in het Natura 2000-gebied voorkomen, is het moeilijk om precies te bepalen of de lozingen een significant lokaal effect hebben. Er kan evenwel van worden uitgegaan dat de verlenging van de levensduur van de reactor Tihange 3 in een normale situatie waarschijnlijk geen water met een hogere concentratie aan verontreinigende stoffen dan nu in de Maas zal lozen, hetgeen gevolgen zou hebben voor de aquatische fauna en meer bepaald voor de fauna die in het insteeddok in het Natura 2000-gebied wordt aangetroffen. De verlenging van de levensduur van Tihange heeft in dit opzicht geen extra gevolgen voor de Maas. In geval van sluiting van Tihange 3 zullen de emissies en de daarmee samenhangende effecten daarentegen geleidelijk afnemen totdat de onvermijdelijke ontmanteling van de installatie is voltooid.

▪ **Koelwater**

Als gevolg van de biomassasterfte die wordt veroorzaakt door de passage van het water door de circuits van de centrale, bevat het in de rivier teruggevoerde water minder levend en actief fytoplankton, hetgeen leidt tot een daling van de zuurstofproductie in het gebied stroomafwaarts van de lozing. Bovendien bevat het naar de rivier teruggevoerde water dode biomassa, die een extra hoeveelheid organisch materiaal vormt waarvan de afbraak door het microbiële compartiment tot zuurstofverbruik leidt. De twee effecten - verminderde productie en verhoogd verbruik van opgeloste zuurstof - werken samen en leiden tot een verlaging van het gehalte aan opgeloste zuurstof in de Maas, die in bepaalde perioden van het jaar merkbaar kan zijn in het gebied stroomafwaarts van de centrale¹⁰⁹. Sommige vissoorten zijn bijzonder gevoelig voor de beschikbaarheid van zuurstof en kunnen schaars worden. Er zijn geen vissoorten die zeer hoge eisen stellen aan de beschikbaarheid van zuurstof (zoals zalmachtigen): dergelijke soorten kunnen alleen leven in snelstromende rivieren of in een oligotrofe omgeving. Alleen migrerende vissen (zoals Atlantische zalm of Europese paling) zouden het stuk rivier waaraan de centrale is gelegen, kunnen passeren.

¹⁰⁸ Engie Electrabel nv (2018 tot 2022). Milieuverklaring. Kerncentrale van Tihange.

¹⁰⁹ Everbecq, E.; Bourouag, M.T.; Delière, J.F.; Grard, A.; Smits, J.; Descy, J.P.; Viroux, L. (2007) Etude d'incidence de la centrale de Tihange. Impact op het aquatisch milieu (de Maas). C.E.M.E - Aquôle - Universiteit van Luik. URBO. - Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix Namen.

Deze vissen lijken echter koelwaterlozingen te kunnen detecteren en vermijden¹¹⁰, zodat het onwaarschijnlijk is dat de levensduurverlenging van de reactor Tihange 3 de migratie van gevoelige vissoorten aanzienlijk zal beïnvloeden.

Deze soorten worden eerder bedreigd door dammen en waterkrachtcentrales. In de Maas is melding gemaakt van ernstige verstoringen van de stroomafwaartse migratie van schieraal, zalmsmolt en zeeforel. Volgens deskundigen is de verstoring van de stroomafwaartse migratie momenteel een van de belangrijkste obstakels voor een duurzaam herstel van de trekvispopulaties in het Maasbekken stroomafwaarts van de Ourthe¹¹¹. Daarom heeft Luminus - de exploitant van verschillende waterkrachtcentrales op de Maas - in samenwerking met SPW-ARNE¹¹² het project Life4Fish opgezet. In het kader van dit project werden verschillende maatregelen genomen om het herstel van de zalm- en palingpopulaties te bevorderen (afwerende barrières, overlaten, viscompatibele turbines, ...). De levensduurverlenging van de reactor Tihange 3 zal geen invloed hebben op de doeltreffendheid van deze maatregelen, aangezien het project geen structuren vereist die de stroomafwaartse migratie van deze soorten zouden kunnen verstoren.

De aanwezige soorten zijn cypriniden, die minder behoefte hebben aan opgeloste zuurstof. Soorten als karper, zeelt, brasem, snoekbaars, voorn, ruisvoorn, baars en riviergrondel, die in de wateren van de Maas voorkomen, kunnen omgaan met matig zuurstofrijk water en hebben een zekere tolerantie voor temperatuurstijgingen.

In de milieuverklaringen van de centrale van Tihange staat dat de temperatuur van het geloosde water strikt wordt gecontroleerd om te voldoen aan de geldende normen. De milieuvergunning stelt een drempel vast die varieert naargelang de tijd van het jaar: een maximale temperatuurstijging van 4 of 5°C is toegestaan tussen stroomopwaarts en stroomafwaarts van de centrale. Toch mag de temperatuur van de Maas stroomafwaarts nooit de piek van 28°C overschrijden. Periodes van grote hitte en droogte of lage debieten vereisen dus een verhoogde waakzaamheid bij het beheer van de thermische lozingen. Een softwareprogramma maakt een optimaal beheer van de thermische lozingen mogelijk door zich voortdurend aan te passen aan de debietomstandigheden in de Maas en aan de bedrijfsgebeurtenissen van de drie eenheden. De resultaten van de continue metingen zijn in real time beschikbaar in de controlekamers, zodat onmiddellijk passende maatregelen kunnen worden genomen wanneer de temperatuur de toegestane drempel nadert. Deze bewaking wordt ook aan de Waalse autoriteiten meegedeeld. In de afgelopen vijf jaar is geen enkele overschrijding van de in de milieuvergunning van de centrale vastgestelde drempelwaarde gemeld.

De gevolgen voor macro-invertebraten en fytoplanktonpopulaties zijn niet bestudeerd. Binnen deze populaties zijn lokale veranderingen te verwachten ten gunste van minder gevoelige of thermofiele soorten en ten koste van andere, wellicht meer typische soorten. De meeste van deze effecten zullen echter alleen plaatselijk optreden, ter hoogte van de lozing van het water van de elektriciteitscentrale in de Maas, en zullen niet van invloed zijn op de rest van het riviersysteem. Bovendien komen in dit deel van de Maas weinig veeleisende soorten voor, aangezien het gaat om een rivier die door menselijke activiteiten sterk is veranderd; de aangetroffen soorten zijn over het algemeen veel voorkomende die niet worden niet gestoord door kleine veranderingen in hun omgeving. De mogelijkheid van belangrijke veranderingen in de soortensamenstelling is hier dus beperkter dan in andere ecosystemen.

Het is ook belangrijk op te merken dat sommige studies suggereren dat thermische verontreiniging een lokale broedplaats kan vormen voor uitheemse soorten. Er bestaat altijd een risico dat soorten een meer invasief karakter ontwikkelen (b.v. door aanpassing aan koude) en zich verder verspreiden via thermische lozingen. Aangezien veel soorten planktonische larvenstadia hebben, kan deze verspreiding zeer snel en op grote schaal plaatsvinden.

¹¹⁰ 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. Rijkswaterstaat.

¹¹¹ Baudouin, J-M; Burgun V.; Chanseau, M.; Larinier, M.; Ovidio, M.; Sremski, W.; Steinbach P.; Voegtli B. (2014) Ecological Continuity Information - ECI -Evaluatie van het oversteken van barrières door vissen. Principes en methoden. ONEMA.

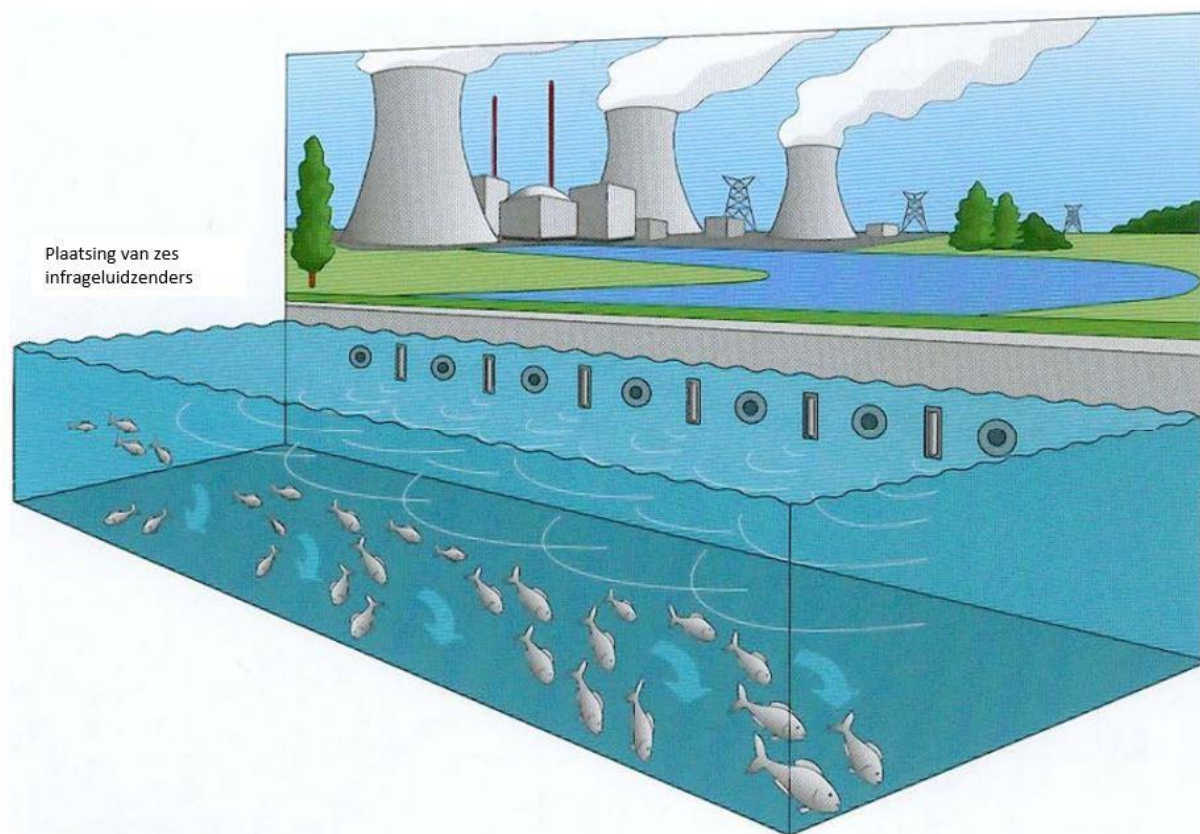
¹¹² <https://www.life4fish.be/fr>.

Na de deactivering van Tihange 1 en 2 zal er nog steeds een thermisch effect zijn als gevolg van het koelwater van Tihange 3 indien de levensduur van deze laatste wordt verlengd, ook al zal het thermisch effect kleiner zijn dan de afgelopen jaren bij gelijktijdige exploitatie van de drie reactoren. Hoewel het thermische effect van de centrale op de Maas na de verlenging van de exploitatie van de centrale nog steeds aanwezig zal zijn, zal het sterk verminderen in vergelijking met de situatie waarin de drie reactoren in bedrijf zijn (alleen Tihange 3 zal nog in bedrijf zijn).

■ Waterinlaten in de Maas

De kerncentrale onttrekt koelwater aan de Maas via een inlaat. Er moet rekening worden gehouden met het fysieke effect van het pompen op vissen. De door het pompen opgewekte stroming zal waarschijnlijk vissen naar de pompen voeren, waar zij worden onderschept door de afschermingsvoorzieningen. Dit is vooral belangrijk voor inlaten in estuaria of aan de kust. In zoet water worden minder vissen onderschept. Volgens een door de ULiège uitgevoerde studie bij de waterinlaten van Tihange¹¹³ is tussen 2001 en 2004 gemiddeld ongeveer 1 vis per 1.000 m³ in de waterinlaat terechtgekomen, d.w.z. 1,5 tot 2 miljoen individuen, wat overeenkomt met een biomassa van 15 tot 20 ton vis gedurende 4 jaar toezicht. Daarom is in de voorwaarden van de exploitatievergunning van de centrale, bij de verlenging ervan in 2008, bepaald dat de exploitant van de centrale een infrageluidafstotend systeem bij deze inlaten moet installeren (zie onderstaande figuur).

Aangezien alleen water zal worden gepompt voor de reactor van Tihange 3 en het afstootsysteem door de exploitant is geïnstalleerd, zal de resterende vissterfte ten gevolge van deze inlaten niet significant zijn. Derhalve kan worden geconcludeerd dat de verlenging van de exploitatie van Tihange 3 niet zal leiden tot een significante toename van de vissterfte in de Maas.



Figuur 85: Afstotingssysteem (6 infrageluidzenders) bij de waterinlaten in de Maas (Bron: ULiège 2009).

¹¹³ Philippart, J.C. & Ovidio M. (2009) De impact van industriële waterinlaten en hydro-elektrische turbines op de dynamiek van de vispopulatie en de kwaliteit van de habitat in bevaarbare rivieren. Het geval van de Maas en de Ourthe in Wallonië. Universiteit van Luik.

Verstoring

Kerncentrales kunnen verstoringen veroorzaken in de vorm van licht, lawaai en menselijke aanwezigheid. Veel van deze factoren zijn moeilijk te herleiden tot de exploitatie van Tihange 3 alleen.

▪ Verlichting

De vzw ASCEN heeft een document gepubliceerd¹¹⁴ over het effect van terreinverlichting op vleermuizen. Deze vzw gebruikt de term "ecologische put", zoals gedefinieerd door de DNF, wat een "kunstmatige omgeving is waar zich bepaalde ecologische verschijnselen voordoen. De soorten in de aangrenzende omgeving verdwijnen in grotere aantallen omdat ze onderhevig zijn aan een verhoogde predatie". Volgens de ASCEN snijdt openbare en particuliere verlichting de vliegroutes van vleermuizen af, die vluchten voor het licht, en verstoort het bovendien hun prooi en verkleint het hun jachtgebied. Voor ASCEN tolereert alleen de ingekorven vleermuis (*Myotis emarginatus*) licht in zijn slaapplek, de andere soorten verlaten klokkentorens, gebouwen en holtes waar ze hun toevlucht zoeken zodra de in- of uitgangen verlicht zijn. Sommige soorten lijken zich plaatselijk aan de verlichting te hebben aangepast. De dwergvleermuis (*Pipistrellus pipistrellus*) heeft plaatselijk geleerd om rond straatlantaarns te jagen, maar met het risico dat zijn prooi afneemt. De meest getroffen soorten zijn de Grote en Kleine hoefijzerneus (*Rhinolophus ferrumequinum* en *Rhinolophus hipposideros*) en de Grootoorvleermuizen (*Plecotus sp.*).

Leefmilieu Brussel spreekt over een "stofzuigereffect" als gevolg van lichtvervuiling: "*Nachtverlichting werkt als een stofzuiger die een deel van de dieren aantrekt die in zijn omgeving leven. Kunstmatige nachtverlichting, die soms van veraf zichtbaar is, ontdoet het niet rechtstreeks verlichte gebied dus letterlijk van alle dieren die door het licht worden aangetrokken.*"¹¹⁵

In de centrale van Tihange, waar verschillende wegen aan de site grenzen (N90, N684, interne wegen van Tihange) en gezien de ligging van de centrale tussen de steden Huy en Amay, zal de mogelijke lichthinder in de omgeving niet veranderen als alleen de reactor Tihange 3 wordt uitgeschakeld.

▪ Lawaai

Wat lawaai betreft, zijn in 2010 in een akoestisch onderzoek van de locatie van de kerncentrale van Tihange en haar directe omgeving de belangrijkste bronnen van door de activiteiten van de centrale voortgebracht lawaai geïdentificeerd. Naar aanleiding van dit onderzoek heeft de exploitant in 2012 en 2013 werkzaamheden verricht om de voor de omwonenden merkbare geluidsoverlast te verminderen.

Volgens de milieuverklaring van 2022 van de centrale in Tihange zullen de specifieke geluiden (motorgebrom) waarschijnlijk waarneembaar blijven en altijd verschillen van het omgevingsgeluid dat door de centrale en het wegverkeer wordt voortgebracht. Zij zouden echter geen geluidshinder meer mogen veroorzaken voor de omwonenden, zelfs indien de reserve- en nooddieselinstallaties 's nachts in werking worden gesteld. Het is dan ook onwaarschijnlijk dat de levensduurverlenging van de Tihange 3-reactor tot vogelafschrikking zal leiden, aangezien de locatie van de centrale al vele jaren onafgebroken lawaai produceert. Het gaat niet om plotselinge, harde geluiden die bijvoorbeeld zouden kunnen optreden bij ontploffingen in steengroeven en die dan de plaatselijke fauna zouden kunnen doen opschrikken.

¹¹⁴ Association pour la Sauvegarde du Ciel et de l'Environnement Nocturnes (ASCEN) asbl (Publicatiedatum niet vermeld). Effecten van verlichting op vleermuizen.

¹¹⁵ Leefmilieu Brussel (2022) Lichtvervuiling in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Collection Fiches Documentées (n°24) - Thema: Groene ruimten en Biodiversiteit.

- **Ontwikkelingen ten gunste van de biodiversiteit**

Daarnaast is het belangrijk erop te wijzen dat ten westen van het terrein voorzieningen ter bevordering van de biodiversiteit zijn aangelegd in de vorm van bloemenweiden, heggen, wetlands en bosgebieden. Ook zijn er nestkasten en bijenkorven geplaatst. Deze voorzieningen zijn op vrijwillige basis door de exploitant aangelegd en zullen na de levensduurverlenging van de Tihange 3-reactor in stand worden gehouden. Ze zijn gunstig voor het nestelen van verschillende vogelsoorten en voor de jacht door vleermuizen.



Figuur 86: Biodiversiteitsvoorzieningen (Bron: Engie 2022).

Gezien het bovenstaande wordt van de uitbreiding van de reactor geen verstoring van de plaatselijke fauna door licht, geluid en menselijke aanwezigheid verwacht.

Zure en eutrofiërende depositie

De hoofdininstallaties van de kerncentrale van Tihange, die uranium als brandstof gebruiken, genereren niet rechtstreeks verbrandingsgassen die verantwoordelijk zijn voor zure regen. De installaties voor de productie van hulpstoom en de noodgeneratoren worden echter gevoed met stookolie (lichte stookolie). Het gebruik van deze installaties, die rookgassen uitstoten, is relatief beperkt. Wanneer de eenheden in bedrijf zijn, produceren zij namelijk hun eigen stoombehoefte, maken zij geen gebruik van hulpketels en produceren zij dus geen rookgassen. Wanneer een eenheid wordt stilgelegd, profiteert die, indien mogelijk, van de hoofdstoom van de andere eenheden alvorens een beroep te doen op de hulpketels. In 2021 was de beschikbaarheid van de eenheden zeer goed. De reactoren van Tihange 1 en 3 draaiden het hele jaar op 100% vermogen. Tihange 2 werd in 2021 gedurende twee korte periodes stilgelegd voor onderhoudswerkzaamheden (van 1 januari tot en met 21 januari en van 14 mei tot en met 29 mei). Daardoor werden de hulpketels weinig gebruikt.

Het blijkt derhalve dat de levensduurverlenging van de kernreactor Tihange 3 niet alleen geen toename van de frequentie van zure regen in de regio zal veroorzaken, maar dat, indien men rekening houdt met de emissies van

NO_x en NH₃ die door de nieuwe STEG-centrale van Les Awirs (met een theoretisch totaal vermogen van 875 MW elektriciteit) zullen vrijkomen, de levensduurverlenging van deze reactor als positief kan worden beschouwd aangezien de elektriciteit die door de reactor zal worden geproduceerd niet door de STEG-centrales zal moeten worden geproduceerd.

Zelfs indien de uitbreiding van Tihange 3 zou leiden tot hogere rookgasemissies (door een frequenter gebruik van de noodgeneratoren), moet bovendien worden opgemerkt dat matig tot sterk zure bodems (met een pH van minder dan 5,5) het meest kwetsbaar zijn, met het risico van vrijstelling van aluminium en verwelking van planten¹¹⁶. De habitats van communautair belang met lage vegetatie in de enige twee Natura 2000-gebieden in het projectgebied hebben echter bodems met een doorgaans hogere pH, aangezien zij zich bevinden op kalkhoudende bodems (pH > 7). Voor deze Europees beschermde habitats (6110, 91E0, 8160, 9180, 9150 en 8210) worden derhalve geen gevolgen van verzurende neerslag verwacht.

Direct landgebruik

Theoretisch zou de beslissing om de kerncentrale van Tihange 3 langer open te houden negatieve gevolgen kunnen hebben voor het grondgebruik. Als de centrale zou verdwijnen, zou er een gebied vrijkomen dat potentieel voor natuurontwikkeling kan worden bestemd, gezien de nabijheid van de Maas en de verschillende natuurontwikkelingsgebieden (PCDN). Deze redenering is echter twijfelachtig.

Het terrein van Tihange ligt namelijk in een industriegebied dat wordt omringd door verstedelijkte gebieden (Huy, Amay). Daarom is er na de stillegging een reële mogelijkheid dat er nieuwe industriële ontwikkeling zal plaatsvinden, in plaats van ontwikkeling voor de natuur. Derhalve kan worden gesteld dat het besluit om de stillegging uit te stellen geen gevolgen heeft in termen van rechtstreeks landgebruik.

6.3.6 Beoordeling van de effecten met betrekking tot de beleidsdoelstellingen

In hoeverre kan worden verwacht dat het project verstoring van beschermde soorten (cf. LCN) voorkomt?

De captatie van water uit de Maas en de lozing van koelwater worden aangemerkt als de operaties met de grootste gevolgen voor de plaatselijke soorten. Dankzij de maatregelen die de exploitant op basis van de voorwaarden van de geldende milieuvergunning heeft genomen, kunnen de effecten van deze activiteiten echter drastisch worden beperkt.

De andere potentiële verstoringen die een invloed zouden kunnen hebben op beschermde soorten (verlichting, lawaai, enz.) werden onbelangrijk geacht wegens de locatie van de centrale (verstedelijkte omgeving, geen gevoelige habitats in de buurt, enz.). De levensduurverlenging van de reactor Tihange 3 is niet in strijd met de natuurbehoudswet (LCN) en er worden geen aanbevelingen gedaan.

In hoeverre kan worden verwacht dat het project verstoring van natuurgebieden (cf. LCN) voorkomt?

Gezien de afstand van het dichtstbijzijnde natuurgebied tot de locatie van de elektriciteitscentrale (bijna 800 meter) en gezien het feit dat het belang ervan voornamelijk botanisch is, kunnen de activiteiten van de elektriciteitscentrale van Tihange geen gevolgen hebben voor de habitats en de soorten van dit natuurgebied, behalve indirect via de verhoogde frequentie van verzurende neerslag.

De uitbreiding van de kernreactor zou er echter toe moeten leiden dat er minder snel STEG-centrales nodig zijn om elektriciteit te produceren (bijvoorbeeld de Centrale van Les Awirs). Het project heeft dus eerder positieve effecten op dit punt. De levensduurverlenging van de reactor zal de natuureservaten dus niet verstoren.

¹¹⁶ SPW DPS (2012) Factsheet 7: Bodemverzuring. <https://sol.environnement.wallonie.be/home/sols/autres-menaces/acidification.html>.

In hoeverre kan worden verwacht dat het project significante effecten met betrekking tot Natura 2000-gebieden (cf. LCN) zal voorkomen?

Evenmin als de door het LCN beschermde soorten mogen de soorten van communautair belang die onder de Natura 2000-gebieden in de regio vallen, door de uitbreiding van de reactor worden beïnvloed. De habitats in en rond het terrein van de centrale zijn niet gunstig voor de aanwezigheid van de meeste van deze soorten.

Ook hier kunnen de activiteiten van de centrale alleen indirecte gevolgen hebben voor habitats van communautair belang door zure regen. Afgezien van het feit dat de levensduurverlenging van de reactor de frequentie van dergelijke neerslag waarschijnlijk niet zal doen toenemen, zij eraan herinnerd dat de habitats van communautair belang met lage vegetatie in het projectgebied er niet gevoelig voor zijn.

De voorgestelde uitbreiding heeft derhalve geen gevolgen voor het Europees beschermingsnetwerk.

In hoeverre kan worden verwacht dat het project verstoring van het ZHIB voorkomt (vgl. besluit van de Waalse Gewestelijke Executieve van 8 juni 1989)?

In het algemeen werden in deze studie geen significante effecten op aquatische ecosystemen of op de soorten die er voorkomen, vastgesteld.

Als daarbij komt dat het enige ZHIB in de regio in de eerste plaats gericht is op de bescherming van de Oeverwaluw, die niet frequent voorkomt in de milieus die direct in en rond de locatie van de elektriciteitscentrale van Tihange worden aangetroffen, zou het project geen verstoring mogen veroorzaken.

In hoeverre kan worden verwacht dat het project significante effecten met betrekking tot CSIS zal voorkomen (zie AGW van 26 januari 1995)?

Het project brengt de integratie van het enige CSIS in de regio in het netwerk van overwinteringsplaatsen voor vleermuizen en de doelstelling van het behoud van vleermuizensoorten niet in gevaar.

Het potentiële effect van de installatie op vleermuizen is gering, aangezien het gebied reeds sterk verstedelijkt is en de door de exploitant aangebrachte biodiversiteitskenmerken positief zijn voor de jacht op vleermuizen. Er wordt dan ook geen significant effect verwacht op de CSIS en de instandhoudingsdoelstellingen ervan; er worden geen aanbevelingen gedaan.

In hoeverre kan worden verwacht dat de uitvoering van het project de verwezenlijking van de doelstellingen die zijn geformuleerd in het ontwerp van de derde beheerplannen voor de Waalse stroomgebiedsdistricten voor de cyclus 2022-2027 (cf. Richtlijn 2000/60/EG) niet zal belemmeren?

De exploitant van de centrale moet de lozingsnormen van zijn milieuvergunning naleven en alle overschrijdingen die de afgelopen vijf jaar zijn geconstateerd, zijn systematisch gecorrigeerd. Wat de thermische lozingen betreft, zullen de stromen verminderen als gevolg van de komende sluiting van de reactoren Tihange 1 en 2. Derhalve wordt de levensduurverlenging van de reactor Tihange 3 niet beschouwd als een belemmering voor het bereiken van de doelstellingen inzake een goede ecologische toestand van het Maaswater in 2027.

6.3.7 Conclusies

In de omgeving van de elektriciteitscentrale van Tihange bevinden zich verscheidene beschermde natuurgebieden. Deze gebieden zijn wettelijk beschermd om de instandhoudingsdoelstellingen te bereiken. Deze doelstellingen, die zijn vastgelegd in de Waalse wetgeving, beogen de bescherming van internationaal beschermde soorten en habitats. Het is dan ook belangrijk na te gaan of de uitbreiding van de reactor Tihange 3 geen belemmering vormt voor het nastreven van deze instandhoudingsdoelstellingen. Daarom is in deze studie getracht de mogelijke effecten van het project op deze beschermde soorten en habitats zo goed mogelijk in te schatten.

Vastgesteld werd dat het project gevolgen kan hebben voor deze soorten en habitats door het pompen van water uit de Maas, het lozen van koelwater en veranderingen in de kwaliteit van de Maas, geluids- en lichthinder, indirecte

effecten van zure regen en het feit dat het gebied zich bevindt op grond die mogelijk kan worden gebruikt voor natuurbehoud.

De verschillende analyses leidden tot de conclusie dat de effecten van het project op het aquatisch milieu niet van dien aard zijn dat zij de instandhoudingsstrategieën van deze ecosystemen in gevaar brengen, gezien de maatregelen die de exploitant van de centrale heeft genomen, vrijwillig of in het kader van de door zijn milieuvergunning opgelegde normen (controle op de lozingen, afvoersysteem, enz.). Aangezien de rivier waaraan de centrale ligt niet van grote ecologische waarde is (alomtegenwoordige soorten) en in de komende jaren slechts één van de drie reactoren in stand zal worden gehouden, wordt geen negatieve ontwikkeling van het milieu verwacht.

De overlast in verband met de aanwezigheid van mensen (lawaai, verlichting, enz.), zou niet significant moeten zijn, aangezien de installatie zich in een reeds sterk verstedelijkt gebied bevindt en de exploitant ook maatregelen heeft getroffen om het akoestische effect ervan te verminderen. Bovendien zijn op het terrein maatregelen ter bevordering van de biodiversiteit aangebracht.

Ten slotte zal de bijdrage van de levensduurverlenging van Tihange 3 aan zure regen niet significant zijn. Bovendien blijkt dat het project een positief effect zal hebben aangezien de elektriciteit die door de reactor zal worden geproduceerd, niet hoeft te worden opgewekt door de STEFG-centrales die aanzienlijk meer verbrandingsgassen uitstoten die verantwoordelijk zijn voor de toename van zure depositie.

Rekening houdend met alle bovengenoemde elementen, kan worden gesteld dat de levensduurverlenging van de reactor Tihange 3 niet onverenigbaar lijkt met de instandhoudingsdoelstellingen van de Waalse wetgeving, die zelf de Europese doelstellingen ter bescherming van soorten en habitats van belang omzet.

6.3.8 Milderende maatregelen

Aangezien het project geen significante effecten heeft op de beleidsdoelstellingen, worden geen milderende maatregelen aanbevolen.

6.4 Lucht

6.4.1 Relevante beleidsdoelstellingen

De meest relevante beleidsdoelstellingen die voor deze milieueffectbeoordeling van belang zijn, zijn de emissiereductiedoelstellingen zoals die op Europees niveau ten opzichte van het federale niveau zijn vastgesteld en verder op regionaal niveau zijn verdeeld.

Europese richtlijn inzake nationale emissieplafonds

Richtlijn 2001/81/EG, algemeen bekend als de NEC-richtlijn (nationale emissieplafonds), die op 23 oktober 2001 is aangenomen, heeft betrekking op de vermindering van de nationale emissies van bepaalde luchtverontreinigende stoffen. Deze richtlijn stelt voor verschillende verbindingen emissieplafonds vast die vanaf 2010 niet meer mogen worden overschreden, namelijk

- Zwaveldioxide (SO₂);
- Stikstofoxiden (NO_x);
- Andere vluchtige organische stoffen (VOS) dan methaan ;
- Ammoniak (NH₃).

Deze richtlijn is ingetrokken bij Richtlijn 2016/2284/EU, die doelstellingen voor 2020 en 2030 bevat, geformuleerd als relatieve verminderingen ten opzichte van de emissies van 2005.

Deze richtlijn breidt de lijst van verbindingen waarvoor maxima zijn vastgesteld uit tot PM_{2,5}.

De in de richtlijn vastgestelde emissiereductiedoelstellingen voor de jaren 2020 en 2030 staan in onderstaande tabel.

Tabel 73: Emissiereductieplafonds gedefinieerd in Richtlijn 2016/2284/EU voor België (Bron: Air Climate Energy Plan 2030).

	Herziene NEC-richtlijn - 2020	Herziene NEC-richtlijn - 2030	Emissies 2005
	% ten opzichte van 2005	% ten opzichte van 2005	kton/jaar
SO _x	43 %	66 %	142,1
GEEN _x	41 %	59 %	303,5
NMVOCS	21 %	35 %	145,8
NH ₃	2 %	13 %	75,2
PM _{2,5}	20 %	39 %	34,8

De richtlijn verplichtte de lidstaten om uiterlijk op 31 maart 2019 een nationaal programma ter bestrijding van luchtverontreiniging vast te stellen. In Wallonië is op 19 november 2020 het besluit aangenomen tot instemming met het samenwerkingsakkoord van 24 april 2020 tussen de federale staat en de gewesten (Vlaams Gewest, Waals Gewest en Brussels Hoofdstedelijk Gewest) betreffende de uitvoering van verscheidene bepalingen van Richtlijn 2016/2284 van het Europees Parlement en de Raad van 14 december 2016.

Aangezien de te beoordelen periode 2027-2036 is, zal de beoordeling gebaseerd zijn op de 2030-doelstellingen die momenteel op Belgisch federaal niveau van toepassing zijn.

Naast emissiedoelstellingen wordt ook verwezen naar luchtkwaliteitsdoelstellingen. Deze doelstellingen zijn eveneens gebaseerd op Europese regelgeving.

Lucht Klimaat Energie Plan (PACE)

Als onderdeel van haar energie- en klimaatvisie voor 2030 heeft de Europese Commissie in 2016 het wetgevingspakket gepubliceerd dat het klimaat- en energiebeleid van de lidstaten tussen 2020 en 2030 moet sturen. Dit pakket heet het Clean Energy Package. Volgens dit pakket moeten de lidstaten een strategisch energie- en klimaatplan opstellen, waarin 5 dimensies worden geïntegreerd, namelijk:

- Decarbonatie ;
- Energie-efficiëntie ;
- Voorzieningszekerheid ;
- Marktorganisatie en energie; en
- Onderzoek en innovatie.

Gezien de belangrijke synergieën tussen lucht, energie en klimaat heeft Wallonië beslist om de drie beleidslijnen te integreren in een gemeenschappelijke visie. Om te voldoen aan de vereisten van de richtlijn betreffende de vermindering van de nationale emissies van bepaalde luchtverontreinigende stoffen (zie *Europese richtlijn inzake nationale emissieplafonds* hierboven) en de vereisten van het "Clean Energy Package", heeft Wallonië zijn eigen Air Climate Energie Plan (PACE) opgesteld. Dit Plan wil dus bijdragen tot het Nationaal Energie- en Klimaatplan van België en het Nationaal Programma ter bestrijding van de luchtverontreiniging om de klimaat- en luchtkwaliteitsdoelstellingen voor 2030 te halen.

Het PACE 2021-2030 is op 4 april 2019 door de Waalse regering aangenomen en de definitieve Waalse bijdrage aan het Nationaal Energie- en Klimaatplan van België is op 28 november 2019 door de Waalse regering goedgekeurd.

Het PACE is geactualiseerd, rekening houdend met de aanbevelingen van de Europese Commissie. Het geactualiseerde PACE is op 16 december 2022 door de Waalse regering in eerste lezing aangenomen en wordt momenteel door belanghebbenden geraadpleegd met het oog op definitieve vaststelling in maart 2023.

Het plan omvat 255 acties rond 10 thema's, met als doel alle sectoren en delen van de samenleving te mobiliseren door te anticiperen op de noodzakelijke veranderingen en deze te plannen, alle actoren te informeren over de termijnen, bedrijven en huishoudens te ondersteunen en te investeren in duurzame alternatieven. De thema's zijn de volgende:

- Afstappen van fossiele brandstoffen;
- Massale invoering van hernieuwbare energie ;
- De toegang tot energie verbeteren en de energietransitie ondersteunen ;
- De renovatie van gebouwen versnellen en masseren;
- Verbetering van de energie- en klimaattransitie van het bedrijfsleven en de industrie;
- De duurzaamheid van landbouw, bodem en bossen waarborgen;
- Transformatie van gebieden en mobiliteit ;
- Zorgen voor de aanvaardbaarheid van de PACE-maatregelen ;
- Ondersteuning van lokaal energie- en klimaatbeleid;
- De luchtkwaliteit verbeteren.

Er zij op gewezen dat de PACE 2030 uitgaat van een nucleaire stopzetting in Wallonië in 2025.

Het PACE wijst de in de richtlijn inzake nationale emissieplafonds vastgestelde emissieplafonds toe aan de gewesten. De doelstellingen voor Wallonië en België staan in onderstaande tabel.

Tabel 74: Verdeling van de Belgische emissieplafonds voor 2030 over de gewesten (Bron: PACE 2030)

Verontreinigende stof	Emissies België 2005 [kt/jaar]	2030 emissieplafonds voor België [kt/jaar]	Emissieplafonds 2030 voor Wallonië [kt/jaar]
GEEN _x	303,5	124,4 (-59 %)	49,4
SO _x	142,1	48,3 (-66 %)	15,4
PM _{2,5}	34,8	21,1 (-39 %)	8,8
NMCOV	145,8	94,8 (-35 %)	32,1
NH ₃	75,2	65,4 (-13 %)	27

Europese richtlijn betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa

Een van de belangrijkste elementen waarin grenswaarden voor verontreinigende stoffen in Europa worden vastgesteld, is de Europese Richtlijn 2008/50/EG betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa. In deze richtlijn staat dat de luchtkwaliteit moet worden gehandhaafd waar deze goed is en anders moet worden verbeterd.

De richtlijn stelt grenswaarden en streefcijfers vast voor de volgende verbindingen:

- Zwaveldioxide ;
- Stikstofdioxide en stikstofoxiden ;
- Zwevende deeltjes (PM /PM_{102,5});
- Lood ;
- Benzeen;
- Koolstofmonoxide.

Ook is bepaald dat wanneer de vastgestelde norm voor een of meer verontreinigende stoffen wordt overschreden, de periode van overschrijding zo kort mogelijk moet zijn.

IED-richtlijn

Richtlijn 2010/75/EU, of de richtlijn inzake industriële emissies, heeft betrekking op industriële emissies en is van toepassing op Europese bedrijven met een grote potentiële impact op het milieu. Zij beoogt een hoog niveau van bescherming van de menselijke gezondheid en het milieu. Deze bescherming wordt bereikt door de toepassing van bestaande beste beschikbare technieken voor een reeks sectoren.

De richtlijn inzake industriële emissies is gebaseerd op verschillende pijlers, te weten

- Een geïntegreerde aanpak die rekening moet houden met de gehele milieuprestatie van de industrie;
- De vergunningsvoorwaarden, met inbegrip van de emissiegrenswaarden, zijn gebaseerd op de beste beschikbare technieken (BBT);
- Flexibiliteit voor de bevoegde autoriteiten met betrekking tot de emissiegrenswaarden die zij opleggen;
- Het uitvoeren van milieu-inspecties;
- Inspraak van het publiek in de besluitvorming.

De richtlijn inzake industriële emissies is relevant voor deze studie omdat de centrale van Tihange valt onder de activiteit IPPC/IED-1.1 - Grote stookinstallaties in installaties met een nominaal thermisch vermogen van 50 MW of meer. Als we namelijk de verbrandingsinstallaties (ketels, generatoren) in aanmerking nemen die verband houden met de werking van reactor 3, is het gecumuleerde vermogen van de installaties groter dan 50 MW. Het is belangrijk te specificeren dat de in de niet-radiologische exploitatievergunning (milieuvergunning) van de installatie vastgestelde emissiegrenswaarden gebaseerd zijn op de toepasselijke BBT's en de bijbehorende grenswaarden.

Doelstellingen

Samengevat zijn de in dit MER te beoordelen luchtgerelateerde beleidsdoelstellingen

- Handhaving of verbetering van de luchtkwaliteit ;
- Bijdragen tot het bereiken van de nationale emissieplafonds voor 2030.

6.4.2 Relevante effecten en oorzaak-gevolgrelaties

Om te beoordelen of het Project al dan niet bijdraagt tot de beleidsdoelstellingen inzake luchtemissies en de oorzaak-gevolgrelatie van het Project, wordt hieronder een overzicht gegeven van de meest relevante voorzienbare effecten van het Project op luchtemissies.

Voor een kerncentrale van het type van de centrale van Tihange houden de emissies in de lucht voornamelijk verband met de aanwezigheid van verbrandingsinstallaties op het terrein die nodig zijn voor het onderhoud en de veiligheid van de centrale. Deze installaties werken met tussenpozen en worden niet gebruikt wanneer de centrale normaal in bedrijf is.

Op het terrein zijn verschillende soorten verbrandingsinstallaties aanwezig die een specifieke rol vervullen:

- **Hulpketels** worden gebruikt om stoom te produceren voor het opstarten van nucleaire installaties en om bepaalde gebouwen te verwarmen wanneer de stoomgeneratoren niet beschikbaar zijn. Zij werken alleen tijdens de opstartfasen van de eenheden (in principe eenmaal per 18 maanden na onderhoud), of als back-up wanneer de stoomtransformatoren in de nucleaire installaties niet beschikbaar zijn;
- De functie van de **hulpgeneratoren (HG's)** is de energie te leveren die nodig is om de veiligheid van de installaties van de centrale te waarborgen wanneer de externe stroomvoorziening volledig wegvalt;
- De **noodgeneratoren (NG's)** worden gebruikt om de nood-back-upapparatuur aan te drijven die nodig is om de veiligheid van de installaties van de centrale te garanderen in geval van een ongeval waarbij de externe netwerken en de hulpdieselgeneratoren volledig uitvallen;

- De **noodstroomaggregaten** (NSA) worden op de hoogste punten van het terrein geplaatst om hun reservefunctie in geval van uitzonderlijke overstromingen (terugkeertijd 10.000 jaar) te kunnen garanderen;
- De **generatoren van het Operationeel Hulpcentrum** (GOH) dragen bij tot de versterking van het noodbeheer.

Om hun beschikbaarheid te garanderen, worden alle bovengenoemde voorzieningen maandelijks gedurende 1 uur getest en vindt er om de 54 maanden ook een 24-uurs test plaats.

De relevante effecten die in deze milieueffectbeoordeling in het kader van de discipline lucht worden onderzocht, betreffen voornamelijk de luchtemissies in verband met het gebruik en het testen van deze stookinstallaties, die voor de eenheid Tihange 3 functioneel zullen blijven omdat deze gedurende 10 jaar langer zal worden gebruikt.

In de context van deze studie kan het relevant zijn een raming te maken van de emissies die zouden worden gegenereerd ter compensatie van de verloren gegane elektriciteitsproductie indien het project niet wordt uitgevoerd (sluiting van Tihange 3). Als Tihange 3 wordt stilgelegd, zal de elektriciteitsproductie immers worden overgenomen door een andere technologie die gebruik maakt van andere energiedragers. Het kan derhalve relevant zijn de potentiële emissies van luchtverontreinigende stoffen in verband met de andere gebruikte technologieën te beoordelen. In Wallonië bijvoorbeeld zijn gasgestookte centrales gepland om kernenergie gedeeltelijk te vervangen, ondanks de toename van hernieuwbare elektriciteit. Indien de geraamde emissies van een andere technologie hoger blijken te zijn dan die van Tihange 3, wordt gesproken van "vermeden" emissies.

Potentiële effecten kunnen ook verband houden met het verkeer in de omgeving van het terrein, in verband met het verkeer van en naar het terrein. Deze effecten zullen echter beperkt blijven tot de rand van de weg en aanzienlijk afnemen met de afstand tot de weg.

Tenslotte konden effecten op de lucht worden verondersteld in de pluim die uit de reactorkoeltoren komt. Er zij aan herinnerd dat de pluim uitsluitend bestaat uit stoom van het water van het tertiaire circuit (de koeling van de reactor wordt toegelicht in het hoofdstuk *Water*). Het is dus gewoon stoom uit de Maas, die behandeld is met zwavelzuur (H_2SO_4) om aanslag op de atmosferische condensoren en koelers te voorkomen en met natriumhypochloriet ($NaOCl$) om de verspreiding van micro- en macro-organismen tegen te gaan. Er zij op gewezen dat slechts een klein deel van het water van de tertiaire kringloop wordt geëvacueerd in de vorm van stoom; de rest wordt gecondenseerd en opnieuw in de kringloop geïnjecteerd of op de Maas geloosd.

De groep Electricité de France (EDF) heeft belangrijke studies ondernomen om de kennis van de werking van luchtkoelers te verbeteren¹¹⁷. Deze studies hebben het mogelijk gemaakt de invloed van luchtkoelerpluimen op de lokale lucht in te schatten. De belangrijkste conclusie is dat het enige waarneembare effect van de werking van luchtkoelers een kleine vermindering van de insolatie binnen enkele kilometers van een centrale is, en dat deze waarde kleiner is dan de natuurlijke interjaarlijkse schommeling van de insolatie.

Aangezien de effecten van het verkeer en de koeltoren op de lucht niet significant worden geacht, worden zij niet in detail geanalyseerd in het gedeelte over de beschrijving van de effecten.

6.4.3 Afbakening van het studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie

De handhaving van een goede luchtkwaliteit is een zaak van groot belang en is opgenomen in vele verordeningen. Aangezien verontreinigende stoffen risico's voor de volksgezondheid en ecosystemen kunnen opleveren, zijn er talrijke normen en meetinstrumenten.

De *luchtkwaliteitsnormen* waarnaar in verschillende Europese richtlijnen wordt verwezen, worden vastgesteld op basis van maximale luchtconcentraties van verschillende luchtverontreinigende stoffen die door de Wereldgezondheidsorganisatie zijn vastgesteld. In België wordt de BelAQi-index gebruikt om de luchtkwaliteit op

¹¹⁷ CNT - IED - Technisch dossier, Tractebel Engineering SA, 2019

een bepaald punt te classificeren op basis van de effecten van de luchtverontreiniging op de gezondheid. Deze index wordt berekend door het meten van de concentraties van 4 verontreinigende stoffen in de lucht, namelijk fijne deeltjes PM₁₀ en PM_{2,5}, ozon (O₃) en stikstofoxiden (NO_x). Gemiddeld geeft de site van het Waalse Agentschap voor Lucht en Klimaat¹¹⁸ de luchtkwaliteit in de gemeente Hoei aan als "vrij goed" op de BelAQi-indelingsschaal. Het is niet eenvoudig om te bepalen binnen welk gebied de atmosferische emissies van de centrale een significant effect op de luchtkwaliteit kunnen hebben; dit wordt geschat op enkele kilometers afstand. Het effect zal het grootst zijn in de directe omgeving van het terrein van de centrale en zal afnemen met de afstand.

De uitstoot van *verontreinigende stoffen* in de lucht wordt geraamd dankzij wettelijke voorschriften die analyses van de uitstoot in de industriële sector voorschrijven. Om deze emissies te karakteriseren worden emissieniveaus vastgesteld, niet alleen op het niveau van de industrie, maar ook op nationaal en Europees niveau. Vervolgens worden plafonds vastgesteld als stimulans om deze emissies te verminderen. Aangezien de emissies van de installatie door deze emissieniveaus worden beïnvloed, zal het effect ervan op federaal niveau worden beoordeeld om hun bijdrage aan de doelstellingen te analyseren.

De in aanmerking genomen *referentiesituatie* is de situatie net vóór 1^{er} september 2025, die overeenkomt met een stillegging van de eenheden Tihange 1 en Tihange 2 en de 'normale' exploitatie van de eenheid Tihange 3 ". Op 1^{er} september 2025 zal de ontmanteling van de eenheden 1 en 2 naar verwachting zijn begonnen (althans de voorbereidende fase), maar het is moeilijk in te schatten welk deel van de installaties nog in bedrijf zal zijn en waarschijnlijk emissies zal veroorzaken. Aangezien deze kwesties moeten worden behandeld in het kader van de ontmantelingsvergunningen, wordt in de referentiesituatie die in dit hoofdstuk wordt beschouwd, alleen rekening gehouden met de installaties die verband houden met de exploitatie van Tihange 3.

6.4.4 Beschrijving van de effecten

Het uitstel van de deactivering van Tihange 3 met 10 jaar houdt in dat gedurende deze periode emissies zullen blijven ontstaan voor activiteiten die verband houden met de exploitatie van de eenheid. Zoals gezegd houden de bronnen van luchtmissies in de installatie verband met verschillende activiteiten ter plaatse. De activiteiten en de soorten verontreinigende stoffen die worden uitgestoten staan in onderstaande tabel.

Tabel 75: Activiteiten en soorten verontreinigende stoffen die in de centrale van Tihange worden uitgestoten.

Activiteit	Type uitgestoten verontreinigende stoffen
Hulpketels	Rookgassen (CO ₂ , NO _x , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , CO)
Dieselmotoren	Rookgassen (CO ₂ , NO _x , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5})
Koeltoren	Zoute aerosolen
Verkeer van en naar het terrein	Rookgassen (CO ₂ , NO _x , SO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5})

Emissies van stationaire installaties (stookinstallaties)

Zoals gezegd zijn de verbrandingsinstallaties ter plaatse de hulpketels en de noodgeneratoren. Elke eenheid van de centrale heeft zijn eigen verbrandingsinstallaties. Voor de centrale van Tihange als geheel bedroeg het cumulatieve vermogen van de verbrandingsinstallaties in 2019 264,86 MWth.

De lijst van installaties die verband houden met de werking van Tihange 3 staat in Er zij op gewezen dat de huishoudelijke ketel, de COR-dieselunit en de brandpomp algemene installaties van de centrale van Tihange zijn, maar in de referentiesituatie, met de stillegging van de eenheden 1 en 2, worden zij geacht verband te houden met

¹¹⁸ Wallonair, [Home \(wallonair.be\)](http://Home.wallonair.be).

de activiteit van Tihange 3. Het gecumuleerde vermogen van de aan Tihange 3 gekoppelde installaties bedraagt 93,2 MWh.

Tabel 76: Beschrijving van de verbrandingsinstallaties die verband houden met de werking van Tihange 3.

Functioneel element	Type	Brandstof	Vermogen [MWth].	Bedrijfstijd (gemiddeld 2015-2019) [h]
PCT3-CVA-G19	Hulpketel	diesel	29,28	442,36
PCT3-GDS-M01	Nooddiesel	diesel	13,24	37,10
PCT3-GDS-M02	Nooddiesel	diesel	13,24	31,34
PCT3-GDS-M03	Nooddiesel	diesel	13,24	34,72
PCT3-GDU-M01	Nooddiesel	diesel	6,4	32,59
PCT3-GDU-M02	Nooddiesel	diesel	6,4	36,08
PCD3-GDU-M03	Nooddiesel	diesel	6,4	30,30
PCT3-GMU-G01	Uitme Diesel Eenheid	diesel	4,3	0,20
PCT3-OOO-Q01	Verwarmingsketel	diesel	0,08	n.b.
PCT3-COR-G01	Diesel	diesel	0,12	nog niet bestaand
PCT1-CEI-P02EI	Brandpomp	diesel	0,5	8,4
Totaal			93,2	

Volgens de specifieke voorwaarden van de milieuvergunning van 2008 voor de exploitatie van de elektriciteitscentrale moeten de luchtverontreinigende stoffen NO_x en CO om de drie jaar worden gemeten op de emissies van ketels die meer dan 360 uur per jaar in bedrijf zijn. De monitoring van de emissies van dieselmotoren en ketels die minder dan 360 uur per jaar in bedrijf zijn, vindt alleen plaats op verzoek van de toezichthoudende ambtenaar.

Voor de verbrandingsinstallaties die verband houden met de activiteit van Tihange 3 is de enige geanalyseerde emissiebron de hulpketel, die gemiddeld ongeveer 450 uur per jaar in bedrijf is. De laatste metingen van de ketel werden uitgevoerd door het ingenieursbureau Vinçotte in februari 2021. Er zijn echter geen bestaande meetresultaten voor de andere installaties. Dit is te wijten aan hun zeer lage jaarlijkse gebruikstijd van ongeveer 30 h, dat is minder dan 0,5% van de tijd. Het zal daarom niet mogelijk zijn de totale luchtverontreinigende emissies van de eenheid Tihange 3 nauwkeurig te beoordelen.

Ter informatie is het toch interessant om een orde van grootte van de emissies te schatten. Een hypothese kan worden overwogen om deze schatting te maken op basis van de ketelgegevens. Als we namelijk aannemen dat de concentraties van verontreinigende stoffen en het gasdebiet voor de hulpketel en alle generatoren met een vermogen van meer dan 1 MWth gelijk zijn, en als we alle generatoren met hetzelfde vermogen als de ketel in aanmerking nemen, kunnen de concentraties van verontreinigende stoffen worden uitgebreid tot alle installaties. De bedrijfsuren van de generatoren kunnen dan worden opgeteld bij die van de ketel, zodat er sprake is van één grote installatie. Zo kan een maximale raming van het verbruik en de emissies van alle installaties worden gemaakt.

Installaties van minder dan 1 MWth zijn bij de raming buiten beschouwing gelaten, omdat hun effect in verhouding tot de andere installaties niet erg significant is, vanwege hun lagere vermogen en hun zeer geringe gebruik (over het algemeen minder dan 10 h/jaar).

Er bestaat grote onzekerheid over de emissies van de generatoren. Door de generatoren uit te breiden tot een vermogen van bijna 30 MWth, d.w.z. een verdubbeling of vervijfvoudiging van hun oorspronkelijke vermogen, kan

een maximale raming worden gemaakt. Deze wordt geacht de onzekerheid in verband met de emissies van deze eenheden grotendeels te omvatten.

Aldus kan de geschatte verontreinigende belasting op basis van debietgegevens en ketelmetingen worden berekend op basis van een jaarlijkse werking van de installaties van 645 uur per jaar, hetgeen overeenkomt met de cumulatieve uren van de ketel en alle generatoren van meer dan 1 MWth.

Tabel 77 toont de berekening en raming van de belasting met verontreinigende stoffen voor de eenheid Tihange 3.

Tabel 77: Raming van de door de activiteit Tihange 3 gegenereerde jaarlijkse verontreinigende belasting.

Gegevens	Gasstroom [Nm ³ /h]	22 214
	Cumulatieve bedrijfsuren van de installaties [h/jaar]	645
	NO _x -concentratie [mg NO ₂ /Nm ³]	155,5
	Totaal stof [mg/Nm ³]	2
	SO ₂ -concentratie [mg/Nm ³]	< 29
	CO ₂ -concentratie [mg/Nm ³]	5
Berekeningen	NO _x -belasting [kg/jaar]	2 228
	Totale stofbelasting [kg/jaar]	28,7
	SO ₂ -belasting [kg/jaar]	415,5
	CO -belasting [kg/jaar]	71,6

De orde van grootte van de door de Tihange 3-activiteit veroorzaakte verontreinigende belasting is derhalve als volgt:

- NO_x : ~ 2.230 kg/jaar;
- Totaal stof: ~30 kg/jaar;
- SO₂ : ~ 416 kg/jaar;
- CO : ~ 72 kg/jaar.

De belangrijkste emissie op het terrein lijkt NO_x te zijn, met een jaarlijkse belasting van meer dan 2 ton. Dit vertegenwoordigt minder dan 0,05% van het emissieplafond van 50 kt/jaar voor Wallonië.

Hoewel de hulpketel en sommige generatoren op het terrein een aanzienlijk vermogen hebben, is de jaarlijkse verontreinigende belasting door het geringe gebruik van deze installaties laag. Als we uitgaan van een gebruik van 450 uur per jaar voor de hulpketel, vertegenwoordigt dit slechts 5% van de tijd, wat zeer laag is.

Vermeden emissies van de installatie

In het vorige punt is een orde van grootte van de verontreinigende emissies geraamd voor de exploitatie van Tihange 3. Indien Tihange 3 wordt ontmanteld, zal de verloren capaciteit op een andere manier moeten worden opgewekt. Afhankelijk van de gebruikte technologie en energiedrager zal dit verschillende gevolgen hebben voor de lucht en andere milieuaspecten. In de volgende paragrafen worden daarom de mogelijke directe emissies in verband met de productie van elektriciteit via andere vectoren beoordeeld.

Aangezien er een groot aantal mogelijkheden zijn om het productieverlies in Tihange 3 te compenseren (hernieuwbare energiebronnen, gasgestookte centrales, enz) en aangezien dit ook afhangt van de import van elektriciteit, heeft voorliggende studie enkel betrekking op onderstaande mogelijkheden:

- *Scenario 1:* capaciteit overgenomen door de Waalse energiemix¹¹⁹ Dit is het meest realistische scenario, maar het moet met de nodige voorzichtigheid worden gehanteerd, aangezien de energiemix de komende jaren, en dus in de periode 2027-2036, waarschijnlijk aanzienlijk zal evolueren door de ingebruikneming van nieuwe gascentrales en de toenemende ontwikkeling van hernieuwbare energiebronnen;
- *Scenario 2:* volledige overname van de capaciteit door een geavanceerde aardgascentrale (rekening houdend met de in de BBT-conclusies opgelegde emissiegrenswaarden). Dit scenario bestaat alleen in theorie, maar is indicatief voor ordes van grootte.

De berekeningen zijn gebaseerd op het gemiddelde van de bekende nettoproductie van Tihange 3 over de laatste tien jaar (2012-2021, waarin er zowel jaren van volledige werking waren als jaren met langere of kortere perioden van stillegging voor onderhoud van de installatie, zodat het gemiddelde relevant is voor de normale ontwikkeling van de activiteit. Deze gegevens staan in Tabel 82 met een gemeten gemiddelde van 7.500 GWh/jaar.

Scenario 1: Waalse energiemix

De emissiegegevens van de elektriciteitsproductie zijn voor Wallonië beschikbaar voor het jaar 2020. De berekeningen zullen derhalve op dit jaar gebaseerd zijn. Het zou relevanter zijn geweest de berekening te baseren op de niet-nucleaire energiemix, maar er zijn geen emissiegegevens zonder kernenergie gevonden. De berekening is alleen gebaseerd op Wallonië, zodat de resultaten kunnen worden vergeleken met de voor het gewest vastgestelde emissieplafonds.

Er zij op gewezen dat het de bedoeling is een orde van grootte van de emissies aan te geven, aangezien niet uit het oog mag worden verloren dat de situatie in 2020 niet dezelfde zal zijn als in de periode van de levensduurverlenging, gezien de ontwikkeling van de energiemix (gascentrales, ontwikkeling van hernieuwbare energie enz.).

De energieproductie in Wallonië voor 2020 bedroeg 28.983 GWh¹²⁰. De emissielasten voor de sector "energie" zijn beschikbaar op de website van AWAC (awac.be). Alle gegevens en de op basis daarvan gemaakte ramingen staan in Tabel 78.

¹¹⁹ Er is gekozen voor de Waalse energiemix om de resultaten te kunnen vergelijken met de voor het gewest vastgestelde plafonds. Bovendien werden geen recente emissiewaarden van de Belgische energiemix voor de verschillende verontreinigende stoffen gevonden.

¹²⁰ Bilan énergétique de la Wallonie 2020, SPW, mei 2022.

Tabel 78: Gegevens gebruikt voor de raming van de emissies die door de Waalse energiemix zouden worden gegenereerd (Bronnen: Energiebalans Wallonië 2020; AWAC, 2020).

	Parameter	
Gegevens	Netto-elektriciteitsproductie Wallonië [GWh]	28 983
	NO _x -emissies [kt]	2 587
	Stofemissies [kt]	0,647
	SO _x -emissies [kt]	0,268
	Netto-elektriciteitsproductie Tihange 3 [GWh/jaar]	7 500
	NO _x -emissiefactor [kg/GWh]	89
	Stofemissiefactor [kg/GWh]	0,02
	SO _x -emissiefactor [kg/GWh]	0,009
Berekeninge n	NO _x -emissies [t/jaar]	668
	Stofemissies [t/jaar]	0,15
	SO _x -emissies [t/jaar]	0,068

De hoogste en meest relevante emissies zijn die van stikstofoxiden. Om de "vermeden" emissies te ramen in het geval dat het project wordt uitgevoerd en de activiteit van Tihange 3 dus met 10 jaar wordt verlengd, moeten van de emissies die door de energiemix zouden worden gegenereerd, de emissies worden afgetrokken die door de exploitatie van Tihange 3 zouden worden gegenereerd.

Ter herinnering: de ordes van grootte van de door Tihange 3 veroorzaakte emissies die in het vorige punt zijn geraamd, zijn ongeveer 70 kg/jaar voor CO, 415 kg/jaar voor zwaveldioxide (SO₂), 2.225 kg/jaar voor stikstofoxiden (NO_x) en 30 kg/jaar voor totaal stof.

De "vermeden" emissies zouden dus van de volgende ordes van grootte zijn:

- NO_x : ~ 666 t/jaar;
- Stof: ~ 0,12 t/jaar;
- SO_x : geen vermeden emissies, de emissies zouden hoger zijn voor Tihange 3 (415 kg/jaar tegen 150 kg/jaar).

Scenario 2: STEG-centrale van de nieuwste generatie (type: centrale Les Awirs)

De ramingen van de vervanging door enkel de meest recente generatie aardgasgestookte STEG-centrales zijn weergegeven in¹²¹. Eigenlijk zijn alleen de emissies van NO_x en NH₃ relevant bij het gebruik van (aardgas)STEG-centrales. De wettelijke grenswaarden moeten hier in acht worden genomen, en daarom wordt aangenomen dat een denox-eenheid nodig zal zijn, hetgeen tot aanzienlijke NH₃ emissies kan leiden. Hoewel zich op basis van de grenswaarden ook aanzienlijke SO₂ emissies zouden kunnen voordoen, zijn deze niet opgenomen gezien het lage S-gehalte van aardgas dat Fluxys voortdurend controleert.

¹²¹ De in aanmerking genomen emissiefactoren zijn ontleend aan de milieueffectbeoordeling die het SCK CEN in 2021 heeft uitgevoerd in het kader van het uitstel van de desactivering van de kerncentrales Doel 1 en Doel 2.

Tabel 79: Geraamde emissies die zouden ontstaan als de capaciteit volledig wordt overgenomen door een geavanceerde aardgasgestookte STEG-centrale.

	Parameter	
Gegevens	Netto-elektriciteitsproductie Tihange 3 [MWh/jaar]	7 500 632
	NO _x -emissiefactor STEG [kg/MWh]	0,144
	NH ₃ -emissiefactor STEG [kg/MWh]	0,048
Berekeningen	Emissie STEG NO _x [t/jaar]	1 080
	Emissie STEG NH ₃ [t/jaar]	360

Om de "vermeden" emissies te ramen in het geval dat het project wordt uitgevoerd, en dus dat de activiteit van Tihange 3 met 10 jaar wordt verlengd, moeten van de emissies die door de STEG-centrale zouden worden gegenereerd, de emissies worden afgetrokken die voor de exploitatie van Tihange 3 zouden worden gehandhaafd.

Ter herinnering: de ordes van grootte van de door Tihange 3 veroorzaakte emissies die in het vorige punt zijn geraamd, zijn ongeveer 70 kg/jaar voor CO, 415 kg/jaar voor zwaveldioxide (SO₂), 2.225 kg/jaar voor stikstofoxiden (NO_x) en 30 kg/jaar voor totaal stof. NH₃ emissies van Tihange 3 worden verwaarloosbaar geacht.

De "vermeden" emissies zijn dus van de volgende ordes van grootte:

- NO_x: ~ 1 080 t/jaar;
- NH₃: ~ 360 t/jaar.

Rekening houdend met de volledige duur van de uitbreiding van de Tihange 3-reactor (10 jaar) zou dit neerkomen op een totale "vermeden" uitstoot van ongeveer 13.000 ton NO_x en 4.320 ton NH₃.

6.4.5 Toetsing van de effecten aan de beleidsdoelstellingen

Effect op de luchtkwaliteit" doelstelling

Indien het project wordt uitgevoerd, zal de invloed op de luchtkwaliteit van het milieu rond de fabriek niet groter zijn dan nu. De emissies van de eenheid Tihange 3 zullen gehandhaafd blijven, maar niet toenemen. Gezien de "vrij goede" luchtkwaliteit, zoals aangegeven door de BelAQi-index, zou het doel zijn deze goede luchtkwaliteit te handhaven of zelfs te verbeteren. Dit zal het geval zijn als het project wordt uitgevoerd en dus voldaan wordt aan de doelstellingen van de richtlijn luchtkwaliteit. Het project draagt bij tot de verwezenlijking van deze doelstelling.

Als we de luchtkwaliteit in de directe omgeving van de locatie bekijken, zal deze ten tijde van het project worden verbeterd door de desactivering van Tihange 1 en 2, die in hetzelfde gebied als de eenheid Tihange 3 lokale emissies genereren, en dat tot hun sluiting ook zullen doen. De levensduurverlenging van Tihange 3 zal echter nog steeds emissies genereren, die in geval van stillegging zouden worden vermeden.

Doelstelling "Bijdrage tot het bereiken van de emissieplafonds

Tabel 80 vergelijkt de hierboven berekende emissiecijfers met de NEC-doelstellingen voor Wallonië. De werking van Tihange 3 genereert zeer beperkte emissies als gevolg van de verbrandingsparameters. Dit is het gevolg van de lage werkingsgraad van de installaties (tussen 0,5% en 5% van de tijd voor installaties van meer dan 1 MWth). Deze emissies zijn verwaarloosbaar in verhouding tot de totale emissies en de emissieplafonds, zij zijn van de orde van maximaal 0,004% (voor stikstofoxiden). De emissies zijn ook zo beperkt dat zij weinig of geen invloed hebben op de gevolgen voor de luchtkwaliteit en de verzurende en vermestende deposities.

Tabel 80: Schatting van het relatieve aandeel van "vermeden" emissies ten opzichte van de NEC-doelstelling -2030.¹²²

Verontreinigende stof	Emissieplafonds 2030 voor Wallonië (PACE) [t/jaar]	Door de Tihange 3-activiteit gehandhaafde emissies [t/jaar]	Vermeden emissies door Tihange 3-activiteit - energiemix [t/jaar]	Vermeden emissies door de activiteit van Tihange 3 - STEG-centrale [t/jaar]
NO _x	49 900	~ 2 (0,004 %)	~668 (1,3 %)	~ 1 080 (2 %)
SO _x	15 400	~ 0,4 (0,003 %)	~ 0,068 (0,0004 %)	n.b.
Stof	8 800	~ 0,03 (0,0003 %)	~ 0,15 (0,002 %)	n.b.
NH ₃	27 000	n.b.	n.b.	~ 360 (1 %)

Met betrekking tot de emissies die het gevolg zouden zijn van de ontmanteling van Tihange 3, kan worden gesteld dat deze een signifikanter effect zouden hebben met betrekking tot de reductiedoelstellingen voor stikstofoxiden, stof en NH₃. In het algemeen kan het aandeel van deze emissies ten opzichte van de regionale emissieplafonds voor de meeste parameters als relatief beperkt worden beschouwd. Voor NO_x kunnen deze emissies echter als signifikanter worden beschouwd. In de periode 2025-2037 zou 1,3-2% van het nationale plafond voor NO_x worden vermeden.

Het effect op de luchtkwaliteit van mogelijke bronnen die verantwoordelijk zijn voor de "vervangende productie" van Tihange 3 kan worden beoordeeld als beperkt in de onmiddellijke nabijheid van deze bronnen (enkele kilometers). Op grotere afstanden worden de effecten als verwaarloosbaar beschouwd vanwege de toenemende dispersie.

Het is duidelijk dat indien Tihange 3 langer in bedrijf wordt gehouden, de emissies die in de periode van de levensduurverlenging zouden worden gegenereerd door de verbrandingsinstallaties die aan de reactor zijn gekoppeld, veel lager zouden zijn dan de emissies die in dezelfde periode zouden worden gegenereerd indien de reactor in 2025 zou worden gedesactiveerd, met uitzondering van de SO_x emissies (415 kg/jaar tegen 150 kg/jaar), die hoger zouden kunnen zijn. Voor de andere verontreinigende stoffen (NO_x, stof en NH₃) zijn de emissies die toe te schrijven zijn aan het langer in bedrijf houden van de installaties zeer laag in vergelijking met de vermeden emissies. Dit geldt uiteraard ook voor de daaruit voortvloeiende effecten op de luchtkwaliteit en op de verzurende en vermestende depositie (zie hoofdstuk 6.1.3).

6.4.6 Samenvatting van de belangrijkste bevindingen

De toetsing aan de luchtdoelstellingen is samengevat in Tabel 81.

Tabel 81: Samenvatting van de beoordeling van de doelstellingen in relatie tot de luchtkwaliteit.

Doelstelling	Projectbijdrage (overdracht over 10 jaar)	Score
Handhaving of verbetering van de luchtkwaliteit	Emissies gehandhaafd voor Tihange 3 Positieve bijdrage aan de directe omgeving als rekening wordt gehouden met de deactivering van Tihange 1 en 2	Neutraal tot positief
Bijdragen tot het bereiken van de emissieplafonds voor 2030	Positief voor NO _x , stof en NH ₃ , mogelijk negatief voor SO _x	Neutraal tot positief

¹²² Gebaseerd op de Europese richtlijn 2016/2284.

6.4.7 Milderende maatregelen

Milderende maatregelen worden niet nodig geacht.

6.4.8 Leemten in kennis en monitoring

Er zijn geen meetresultaten beschikbaar voor de op het fabrieksterrein aanwezige generatoren. Er zijn geen metingen verricht omdat de bedrijfstijd van deze installaties gering is (ongeveer 30 uur/jaar) en metingen in dit geval niet verplicht zijn. Gezien hun vermogen (soms meer dan 10 MW_{th}) zou het echter interessant zijn hun emissies te kennen om de totale uitstoot van luchtverontreinigende stoffen in verband met de reactor te berekenen.

6.5 Klimaat

6.5.1 Relevante beleidsdoelstellingen

EU-ETS - regeling voor de handel in emissierechten

De Europese Unie heeft een regeling voor de handel in emissierechten opgezet, genaamd "EU ETS". Sommige broeikasgasemissies vallen onder deze regeling, terwijl emissies die niet onder de regeling vallen "niet-ETS" worden genoemd. De ETS maakt deel uit van de doelstelling om tegen 2050 klimaatneutraliteit te bereiken, met een tussentijdse doelstelling om de uitstoot van broeikasgassen tegen 2030 met ten minste 40% te verminderen ten opzichte van de uitstoot in 1990.

Sinds 2005 heeft dit systeem dus een koolstofmarkt tot stand gebracht die tot doel heeft de uitstoot van broeikasgassen te verminderen door de hoeveelheid gas die mag worden uitgestoten door energie-intensieve industriële sectoren, elektriciteitsproducenten en luchtvaartmaatschappijen te beperken. Het ETS is van toepassing op "stookinstallaties met een nominaal thermisch vermogen van meer dan 20 MW" (zie bijlage I van Richtlijn 2003/87/EG), en dus ook op dit project. In 2016 heeft de Europese Unie zich er in haar Nationally Determined Contribution (NDC) toe verbonden haar totale broeikasgasemissies tegen 2030 met ten minste 40% te verminderen ten opzichte van de emissies van 1990¹²³.

De EU-ETS is geregeld bij Richtlijn 2003/87/EG, waarbij de regeling voor de handel in broeikasgasemissierechten van de Europese Unie is vastgesteld. Deze richtlijn, die op 13 oktober 2003 is bekendgemaakt, is gebaseerd op het "cap-and-trade"-beginsel en is sindsdien meermaals gewijzigd.

Om de doelstelling van ten minste 40% vermindering in 2030 (ten opzichte van de emissies van 1990) te halen, moeten de EU-ETS-sectoren hun emissies in 2030 met 43% hebben verminderd (ten opzichte van de emissies van 2005) voor de EU als geheel. Er zijn dus geen specifieke doelstellingen op lidstaatniveau voor de ETS-sectoren. Het doel is de ETS-sectoren aan te moedigen hun broeikasgasemissies te verminderen onder gelijke voorwaarden in de hele EU. Een ingrijpende herziening van Richtlijn 2003/87/EG (via Richtlijn (EU) 2018/410), die geldt voor de periode 2021-2030 (vierde fase), heeft tot doel deze ETS-doelstelling te verwezenlijken. Dit omvat een strenger reductietraject, waarbij vanaf 2021 het aantal emissierechten met 2,2% per jaar wordt verminderd (in de derde handelsperiode was dit 1,74%).

Op 18 december 2022 is overeenstemming bereikt over een substantieel onderdeel 'Fit for 55', dat in juli 2021 door de Commissie in de Green Deal naar voren is gebracht. De Green Deal bevat de ambitie om de reductiedoelstelling van 40% (zie hierboven) te verhogen naar minimaal 55% en in 2050 klimaatneutraal te zijn. Een reductie van deze orde is ook (mondiaal) noodzakelijk om de opwarming van de aarde te beperken tot 1,5°C boven het pre-industriële niveau.

¹²³ Zie het Europees actiekader voor klimaat en energie tot 2030.

Als gevolg daarvan zal het ETS worden versterkt en uitgebreid tot de bouwsector en het wegvervoer. Zo zal de vermindering in 2030 ten opzichte van 2005 toenemen van 43% tot 62%. De jaarlijkse vermindering van de hoeveelheid emissierechten zal derhalve stijgen van 2,2% tot 4,3% per jaar tussen 2024 en 2027 en tot 4,4% tussen 2028 en 2030.

Voor de niet-EU-sectoren is uitgegaan van een vermindering met 30%, eveneens ten opzichte van 2005.

Op het niveau van de lidstaten zijn alleen voor *niet-ETS-emissies* (vervoer, gebouwen, afval en landbouw) doelstellingen vastgesteld. Via de Effort Sharing Regulation is de EU-doelstelling van 30% reductie voor België vertaald in een reductie van 35% (in 2030, ten opzichte van 2005). Het is duidelijk dat de beschikbare (politieke) 'klimaatruimte' in de toekomst beperkter zal zijn dan nu, en dat na 2030 een nog strenger reductietraject moet worden gevolgd. In 2009 kwamen de EU-leiders overeen de Europese broeikasgasemissies tegen 2050 met 80-95% van het niveau van 1990 te verminderen. Deze ambitie werd in 2011 bekrachtigd met de publicatie van een "*Routekaart naar een concurrerende koolstofarme economie tegen 2050*", waarin ook een reeks mijlpalen voor de middellange termijn is vastgesteld. Zoals hierboven vermeld, verfijnen de voorstellen in de Europese Green Deal deze ambitie van klimaatneutraliteit in 2050 verder.

Richtlijn betreffende de milieueffectbeoordeling van bepaalde openbare en particuliere projecten

De MEB-richtlijn 2011/92/EU, zoals gewijzigd bij Richtlijn 2014/52/EU, is relevant voor deze studie. Bijlage IV van deze richtlijn (zoals gewijzigd) bepaalt namelijk dat een MEB, naast een beschrijving van het effect van het project op het klimaat (bijvoorbeeld *broeikasgasemissies*), een beoordeling van de *kwetsbaarheid van het project voor klimaatverandering moet bevatten*.

Convenant van burgemeesters

Het Burgemeestersconvenant is een Europees initiatief dat lokale en regionale overheden, meestal Europese, verenigt. De stad Hoei, waar de centrale van Tihange is gevestigd, heeft dit convenant ondertekend. Zij verbindt zich ertoe de uitstoot van CO₂ op haar grondgebied tegen 2030 met minstens 40% te verminderen en haar weerstand tegen de klimaatverandering te vergroten.

Volgens het Burgemeestersconvenant moet een onderdeel worden opgenomen waaruit blijkt dat de kwetsbaarheid van het gebied voor klimaatverandering is beoordeeld en dat er aanpassingsmaatregelen of -opties zijn gepland. Kwetsbaarheid voor klimaatverandering heeft ook betrekking op de energiesector, zodat het relevant is om die in deze studie te beoordelen.

Air Climate Energy Plan (PACE)

Zoals uiteengezet in het hoofdstuk Lucht, heeft het klimaat- en energieplan ook betrekking op het klimaat en beoogt het op geïntegreerde wijze de acties te beschrijven die worden uitgevoerd in de strijd tegen de uitstoot van broeikasgassen (BKG) om te streven naar een betere aanpassing aan het klimaat.

In het PACE 2016-2022 is een reeks maatregelen geformuleerd betreffende de aanpassing aan de klimaatverandering, namelijk:

- Een solide kennisbasis opbouwen ;
- Voortzetting van de strijd tegen bodemerosie en verhoogd overstromingsrisico;
- Initiatieven voor duurzame bosbouw die de natuurlijke werking van het ecosysteem respecteert, aanmoedigen;
- Verbetering van de kennis over effecten en kwetsbaarheid op het niveau van steden en gemeenten.

Doelstellingen

Samengevat zijn de in deze studie te beoordelen klimaatgerelateerde beleidsdoelstellingen

- De grootst mogelijke vermindering van de uitstoot van broeikasgassen;
- Maximale ecologische en maatschappelijke weerbaarheid tegen de gevolgen van de klimaatverandering bereiken;
- De kwetsbaarheid van het project voor de gevolgen van klimaatverandering tot een minimum beperken.

6.5.2 Relevante effecten en oorzaak-gevolgrelaties

Het project dat onderwerp is van de milieubeoordeling heeft een aantal potentiële relaties met het al dan niet bereiken van de hierboven samengevatte beleidsdoelstellingen.

Voor de opwekking van elektriciteit is een primaire bron nodig: kolen, gas, uranium, zon, wind of water. Door de manier waarop zij wordt geproduceerd, is elektriciteit de belangrijkste bron van wereldwijde CO₂ emissies. In het geval van kernenergieproductie is de werking van de centrales gekoppeld aan hulpinstallaties die broeikasgassen produceren, namelijk generatoren en ketels. Deze faciliteiten worden tijdens de normale werking van de centrale niet gebruikt. Zoals vermeld in het hoofdstuk *Lucht*, worden de ketels gebruikt voor het opstarten van de reactor en de stoomproductie, en worden de generatoren gebruikt in geval van storing. Deze installaties worden echter regelmatig ingeschakeld om de werking ervan te testen en tijdens deze tests of dit gebruik worden broeikasgasemissies gegenereerd. Met betrekking tot de doelstelling van een zo groot mogelijke vermindering van de broeikasgasemissies zijn twee effecten van belang.

De eerste is de fractie van de broeikasgasemissies van de installatie die zal worden gehandhaafd indien het project (verlenging van de eenheid Tihange 3 met 10 jaar) wordt gerealiseerd.

Het tweede effect betreft de geraamde emissies die zouden ontstaan ter compensatie van de verloren elektriciteitsproductie indien het project niet wordt uitgevoerd (uitschakeling van Tihange 3). De voor de productie van elektriciteit gebruikte technologie is immers een bepalende factor voor de beheersing van de CO₂ emissies. Indien Tihange 3 wordt stilgelegd, zal elektriciteit worden geproduceerd met behulp van andere energiedragers. Daarom kan het relevant zijn de potentiële emissies in verband met de andere gebruikte technologieën te beoordelen. In Wallonië bijvoorbeeld zijn gasgestookte centrales gepland om kernenergie gedeeltelijk te vervangen, ondanks de toename van hernieuwbare elektriciteit. Indien de geraamde emissies van een andere technologie hoger blijken te zijn dan die van Tihange 3, wordt gesproken van "vermeden" emissies.

Wat de kwetsbaarheid van het project voor klimaatverandering betreft, is de installatie onderhevig aan de mogelijke gevolgen van klimaatverandering, zoals overstromingen en hittegolven.

Ten slotte kan de locatie van de installatie zelf gevolgen hebben voor de weerbaarheid van de directe omgeving tegen de effecten van klimaatverandering, bijvoorbeeld doordat een groot gebied wordt afgesloten.

6.5.3 Afbakening van het studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie

De uitstoot van broeikasgassen heeft betrekking op een mondiaal probleem, namelijk de opwarming van de aarde. Het effect van de emissies wordt niet bepaald door de plaats waar zij ontstaan. De broeikasgasemissies die zouden ontstaan in het geval dat het project niet wordt uitgevoerd (in het geval dat Tihange 3 wordt ontmanteld), kunnen overal in België vandaan komen, of zelfs uit het buitenland in het geval dat elektriciteit wordt ingevoerd.

In termen van *kwetsbaarheid en veerkracht van het milieu komt* het projectgebied overeen met de site van de centrale en de onmiddellijke omgeving ervan, die kan worden getroffen door een milieueffect dat verband houdt met of versterkt wordt door de aanwezigheid van de fabriek.

De *referentiesituatie* is de situatie vlak vóór 1^{er} september 2025, die overeenkomt met een stillegging van de eenheden Tihange 1 en Tihange 2 en de 'normale' exploitatie van de eenheid Tihange 3. Op 1^{er} september 2025 zal de ontmanteling van de eenheden 1 en 2 naar verwachting zijn begonnen (althans in de voorbereidingsfase), maar het is moeilijk in te schatten hoeveel van de installaties op fossiele brandstoffen nog in bedrijf zullen zijn en waarschijnlijk

emissies zullen genereren. Aangezien deze kwesties moeten worden behandeld in het kader van de ontmantelingsvergunningen, wordt in de referentiesituatie die in dit hoofdstuk wordt beschouwd, alleen rekening gehouden met de installaties die verband houden met het gebruik van Tihange 3.

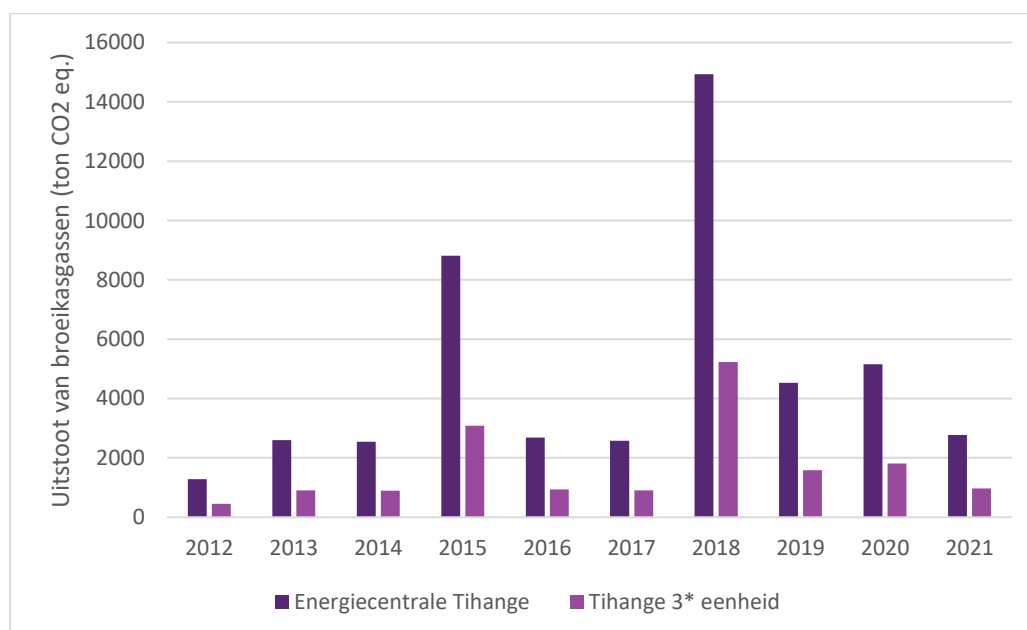
Mogelijke ontwikkelingen die ertoe kunnen leiden dat de situatie in 2025 (fundamenteel) verschilt van die in 2023 zouden betrekking kunnen hebben op de broeikasgasemissies van niet-nucleaire productie, die enerzijds zouden kunnen toenemen door het toegenomen gebruik van gasgestookte centrales, en anderzijds zouden kunnen afnemen door de ontwikkeling van hernieuwbare energiebronnen.

6.5.4 Beschrijving van de effecten

Emissies van installaties

Zoals hierboven vermeld zijn de broeikasgasemissies van de centrale afkomstig van de werking van een aantal generatoren (die de pompen en noodgeneratoren aandrijven) en lichte oliegestookte ketels. De inventaris van broeikasgasemitterende installaties in de kerncentrale van Tihange, in 2019 uitgevoerd door Tractebel Engineering, onderscheidt 4 lichte oliegestookte ketels met een totaal vermogen van 87,8 MWth, 23 noodgeneratoren met een totaal vermogen van 176,56 MWth en een bluspomp met een vermogen van 0,5 MWth.

Als we alleen kijken naar de installaties die gekoppeld zijn aan de eenheid Tihange 3, wat overeenkomt met de referentiesituatie, bedraagt de cumulatieve capaciteit 93,2 MWth, d.w.z. ongeveer 35% van de totale capaciteit voor de elektriciteitscentrale. Samen werkten deze installaties, zonder de verwarmingsketel mee te tellen, gemiddeld 653 h/jaar in de periode 2015-2019. Aangezien er alleen voor Tihange als geheel gegevens over broeikasgasemissies beschikbaar zijn, zal worden aangenomen dat de emissies die worden toegeschreven aan de werking van Tihange 3 (referentiesituatie) overeenkomen met 35% van de totale emissies van de centrale (aanneمة op basis van de vermogensverhouding). De broeikasgasemissies van de centrale van Tihange die kunnen worden toegeschreven aan Tihange 3 voor de afgelopen 10 jaar worden weergegeven in de grafiek in Figuur 87.



*Waarden berekend met bovenstaande aanname (35% van de emissies van de installatie)

Figuur 87: Broeikasgasemissies (ton CO₂/jaar) voor de centrale van Tihange en toegeschreven aan de eenheid Tihange 3.

Op basis van de aan Tihange 3 toegeschreven emissies en met kennis van de nettoproductie van de afgelopen jaren is het mogelijk de relatieve emissies in verband met de exploitatie van Tihange 3 te ramen. De Tabel 82 illustreert

de geraamde broeikasgasemissies voor de eenheid Tihange 3 (referentiesituatie voor het project) voor de jaren 2012-2021.

Tabel 82: Geschatte broeikasgasemissies (ton CO₂ eq./jaar) en emissie-intensiteit (g CO₂ eq./kWh) voor de eenheid Tihange 3 voor de periode 2012-2021 (Bron: milieuverklaringen 2013-2022, Engie).

	Broeikasgasemissies T3 (ton CO₂ eq. /jaar)	Nettoproductie T3 (MWh)	Relatieve emissies T3 (g CO₂ eq. /kWh)
2012	450,1	7 975 000	0,056
2013	908,95	8 094 000	0,11
2014	890,05	8 800 737	0,10
2015	3 085,25	7 336 436	0,42
2016	941,5	7 835 567	0,12
2017	901,6	8 963 786	0,10
2018	5 227,25	2 215 600	2,36
2019	1 586,2	8 945 120	0,18
2020	1 806,35	5 838 218	0,31
2021	971,6	9 001 857	0,11
Gemiddeld	1 676	7 500 632	0,39

De hoge broeikasgasemissies in 2018 voor de eenheid Tihange 3 zijn te wijten aan het feit dat de reactor bijna 9 maanden werd stilgelegd wegens werkzaamheden. Tegelijkertijd waren de emissies van de elektriciteitscentrale in dat jaar hoog. Aangezien de emissies van de stookinstallaties omgekeerd evenredig zijn met de productie (aangezien zij voornamelijk worden gebruikt wanneer de reactor is stilgelegd), verklaart dit waarom de emissiefactor (of relatieve emissies) bijzonder hoog is in vergelijking met andere jaren.

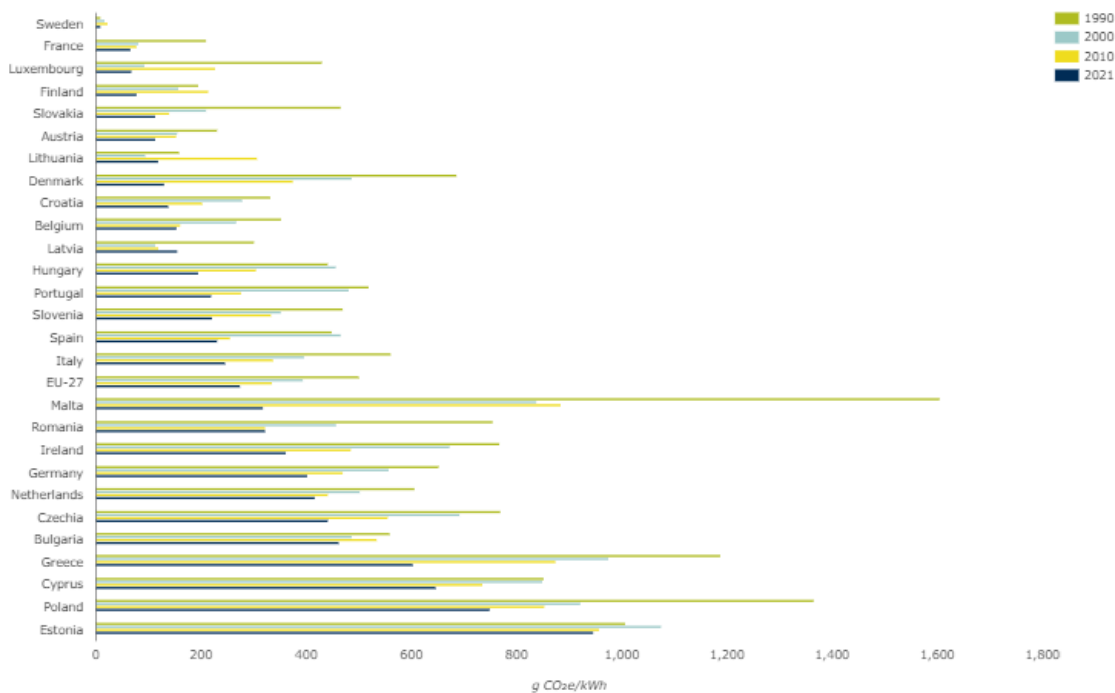
Als het gemiddelde van de afgelopen tien jaar als representatieve steekproef voor de werking van Tihange 3 wordt genomen, zouden de gemiddelde jaarlijkse broeikasgasemissies worden geraamd op 1.676 ton CO₂ /jaar, hetgeen zou neerkomen op cumulatieve emissies in de orde van grootte van 20.000 ton CO₂eq in de periode 2025-2037 als rechtstreeks gevolg van het uitstel van de desactivering van Tihange 3.

Als we de emissies uitdrukken in verhouding tot de geproduceerde elektriciteit, krijgen we een waarde die voor de beschouwde jaren schommelt tussen 0,10 en 2,35 g CO₂ eq./kWh, met een gemiddelde over de laatste 10 jaar van 0,39 g CO₂ eq./kWh.

Ter vergelijking: een geavanceerde STEG-centrale stoot ongeveer 320 g CO₂ eq./kWh uit¹²⁴. De specifieke broeikasgasemissies van de gehele Belgische elektriciteitsproductie bedroegen 154 g CO₂ eq./kWh in 2021 (EMA, 2022).

Ter indicatie wordt in Figuur 88 dit laatste cijfer vergeleken met dat van andere EU-lidstaten. Daaruit blijkt duidelijk dat de specifieke emissies van het Belgische elektriciteitsproductiepark lager zijn dan bijvoorbeeld die van Nederland (418 g CO₂ eq/kWh) en Duitsland (402 g CO₂ eq/kWh), twee landen die in 2021 nog een aanzienlijk aandeel fossiele energie (waaronder steenkool en, in het geval van Duitsland, bruinkool) in hun energiemix hebben. De landen die het beter doen dan België zijn landen met een aanzienlijke nucleaire en/of hydro-elektrische capaciteit.

¹²⁴ Milieueffectbeoordeling - Aanvraag voor een omgevingsvergunning voor een aardgasgestookte warmtekrachtcentrale en hoogspanningsverbinding te Les Awirs; Sertius SA; 2020.



Figuur 88: Broeikasgasemissie-intensiteit (g CO₂ eq./kWh) van de elektriciteitssector voor de verschillende EU-lidstaten (EMA, 2022).

We kunnen vaststellen dat de relatieve intensiteit van de broeikasgasemissies van de Tihange 3-activiteit bijna 400 keer lager is dan de gemiddelde emissies van de Belgische productievloot (0,39 g CO₂ eq./kWh tegen 154 g CO₂ eq./kWh). Het effect ervan in termen van broeikasgasemissies is dus beperkt in vergelijking met andere technologieën, zoals stoomgasturbines. Gezien de toegepaste technologie hoeft dit niet te verbazen. De emissies die wel optreden zijn niet te wijten aan de normale werking van de installatie, maar aan de testcycli van installaties die alleen in noodgevalen worden gebruikt. Deze installaties zijn 0,5 tot 5% van de tijd in bedrijf, wat erg weinig is.

Rekening houdend met de gemiddelde jaarlijkse emissie over de periode 2012-2021, zoals hoger berekend, zal de uitstoot die gegenereerd wordt door het verlengen van de levensduur van Tihange 3 met 10 jaar resulteren in een bijkomende emissie (in vergelijking met de referentiesituatie) van 16.760 ton CO₂ eq, wat neerkomt op 0,13 % van de totale emissies van de productie van elektriciteit en warmte in België in het jaar 2021 (12,8 Mton).

Vermeden emissies van de installatie

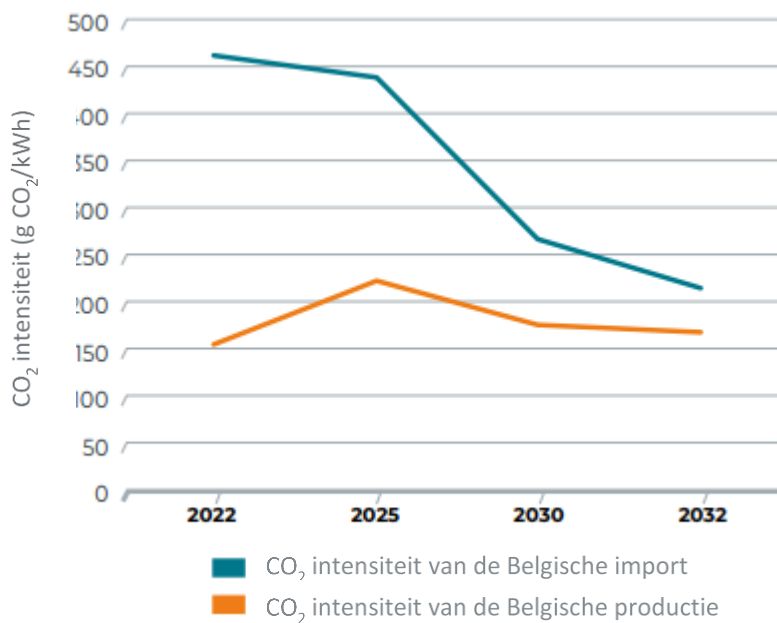
In het geval dat de reactor Tihange 3 wordt vervangen voor energieproductie op basis van een niet-nucleaire energiemix, is het relevant de emissies te bespreken die zouden worden gegenereerd voor de nucleaire productiecapaciteit die gedurende de voor de verlenging beoogde 10 jaar verloren zou gaan.

Het is duidelijk dat het wegvallen van de nucleaire capaciteit in België minstens deels zal moeten worden opgevangen door gebruik te maken van gascentrales. Ember¹²⁵ stelt dat de koolstofintensiteit van de Belgische elektriciteitsvoorziening in 2020 229 g CO₂ eq./kWh zal bedragen, wat een stijging is van 71% ten opzichte van de huidige situatie. België is een van de weinige Europese landen waar de koolstofintensiteit zou toenemen in plaats van afnemen. De reden hiervoor is uiteraard dat het aandeel hernieuwbare energie in 2030 nog te laag is om de

¹²⁵ Visie of verdeling? Wat vertellen de nationale energie- en klimaatplannen ons over de elektriciteitssector in de EU in 2030? EMBER, november 2020.

weggefallen nucleaire productie te compenseren. EMBER gaat uit van een aandeel van 57% aardgas en 40% hernieuwbare energie in 2030. Merk op dat Energyville in een update van de vooruitblik op de Belgische elektriciteitsvoorziening in 2030 en 2050 (2020) uitgaat van een merkkelijk lager aandeel van 44% aardgas in 2030, en dus ook een lagere koolstofintensiteit (zie verder).

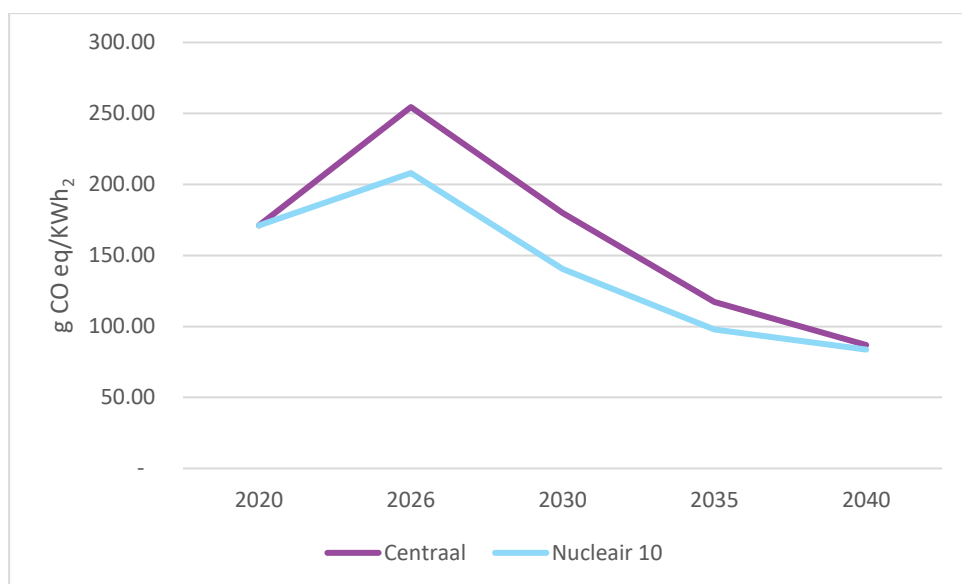
Figuur 89 toont een prognose van de Belgische elektriciteitsproductie en -invoer tussen 2022 en 2032, zoals opgenomen in het meest recente "Adequacy and Flexibility Report" van Elia (2021).



Figuur 89: Prognose van de koolstofintensiteit van de Belgische elektriciteitsproductie en -invoer (Elia).

Zoals blijkt uit deze figuur is Elia voor wat betreft de CO₂-intensiteit van de elektriciteitsproductie een stuk optimistischer (en waarschijnlijk ook realistischer) dan Ember. De reden is dat Elia net als Energyville uitgaat van een merkkelijk lager aandeel gas. In 2032 houdt Elia rekening met een aandeel gas op de elektriciteitsproductie van tussen de 33% en 44%, bij een aandeel windenergie van minstens 37%. Volgens de cijfers van Elia piekt de koolstofintensiteit in 2025 (na sluiten van alle kerncentrales) op ongeveer 225 g CO₂eq/kWh, maar neemt ze daarna weer gestaag af.

Vergelijkbare informatie kan gevonden worden in de vermelde studie van Energyville uit 2020. Met de gegevens van deze studie kan onderstaande grafiek opgesteld worden, die het verwachte verloop van de koolstofintensiteit weergeeft in enerzijds een 'Central'-scenario (zonder kernenergie na 2025) en anderzijds een 'Nuclear 10'-scenario, met behoud van 2 GW aan kernenergie gedurende 10 jaar na 2025. Dat laatste scenario komt overeen met het scenario dat we in deze MEB beoordelen.



Figuur 90: Evolutie van de koolstofintensiteit van de elektriciteitsproductie in een scenario van volledige kernuitstap in 2020 (Centraal) en in een scenario met een verlenging van de levensduur met 10 jaar voor 2 GW aan capaciteit (Nucleair 10)

Het verloop van deze figuur is, voor het 'central'-scenario goed vergelijkbaar met de figuur uit het Elia-rapport, al gaat Energyville uit van een hogere piek in 2026. Vergelijkbaar aan beide grafieken is de snelle afname in koolstofintensiteit na 2025/2026, waarbij vanaf ongeveer 2030 opnieuw een koolstofintensiteit wordt bereikt die vergelijkbaar is met die van vandaag.

Via een interpolatie van de cijfers die de basis vormen voor de 'Central'-curve uit Figuur 64 verkrijgen we de gegevens opgenomen in Tabel 83. De tabel bevat, per jaar van 2020 tot 2040, de broeikasgasemissies (in kton CO₂ eq) die overeenkomen met een jaarproductie van 7500 GWh aan elektriciteit (wat equivalent is aan (afgerond) de gemiddelde productie van Tihange 3 over de periode 2012-2021) aan de koolstofintensiteit van de elektriciteitsproductie in datzelfde jaar.

Tabel 83: Geraamde CO₂ -emissies (in een scenario van volledige kernuitstap in 2025 (Central)) veroorzaakt door de productie van 7500 GWh elektriciteit per jaar, aan de gemiddelde koolstofintensiteit van de elektriciteitsproductie in elk jaar.

	Centraal	
	gram CO ₂ eq/KWh	Kton CO ₂ eq
2020	171,12	1.283,43
2021	185,02	1.387,67
2022	198,92	1.491,90
2023	212,82	1.596,13
2024	226,72	1.700,36
2025	240,61	1.804,60
2026	254,51	1.908,83
2027	235,87	1.768,99

2028	217,22	1.629,16
2029	198,58	1.489,33
2030	179,93	1.349,49
2031	167,40	1.255,54
2032	154,88	1.161,58
2033	142,35	1.067,62
2034	129,82	973,66
2035	117,29	879,71
2036	112,24	841,77
2037	107,18	803,84
2038	102,12	765,90
2039	97,06	727,97
2040	86,95	652,10

De gecumuleerde emissies over de periode 2027-2036 komen overeen met de emissies die niet zouden uitgestoten worden (en dus 'vermeden' zijn) als er over die periode jaarlijks 7500 GWh elektriciteit op basis van nucleaire productie (Tihange 3) zou geproduceerd worden. De waarde die zo bekomen wordt bedraagt 12.417 kton of 12,42 Mton.

Als we de vergelijking maken van de emissies die vrijkomen bij de werking van Tihange 3 over ongeveer dezelfde periode (16,76 kton) dan kunnen we vaststellen dat de emissies van Tihange over de periode waarop het uitstel van de desactivatie van toepassing is slechts 0,13 % uitmaken van de vermeden emissies over dezelfde periode. De emissies toe te schrijven aan het langer open houden van de centrale zijn dus verwaarloosbaar tegenover de emissies die er door vermeden worden.

De levensduurverlenging van Tihange 3 met 10 jaar leidt tot 12.417 kton minder CO₂ -emissies, of gemiddeld ongeveer 1242 kton/jaar. Dit betekent dat de jaarlijkse vermindering gelijk is aan 10% van de emissies in de sector "productie van elektriciteit en warmte" in België in 2021 (12,8 Mton). De jaarlijks bespaarde hoeveelheid broeikasgasemissies neemt jaar na jaar af over de periode van de levensduurverlenging, zoals duidelijk af te leiden valt uit Tabel 83.

Gevolgen voor de kwetsbaarheid van het milieu

De vraag die in dit verband moet worden beantwoord is in hoeverre de verlenging van de exploitatie van Tihange 3 gevolgen kan hebben voor de kwetsbaarheid van de omgeving aan de effecten van klimaatverandering. De effecten die in theorie relevant kunnen zijn, hebben enerzijds betrekking op de regenwaterhuishouding en anderzijds de ontwikkeling van een hitte-eiland.

Wat het effect van **het regenwaterbeheer betreft**, kan worden gewezen op het aanzienlijke ondoordringbare oppervlak dat wordt gevormd door het gebied van de kerncentrale van Tihange. Het water dat op dit terrein valt, zal niet in de bodem infiltreren en zal dus moeten worden opgevangen en afgevoerd. Dit is natuurlijk wat er nu gebeurt (zie de beschrijving in het *hoofdstuk over water*). Door de klimaatverandering kan de regenval heviger worden, waardoor het opvang- en afvoersysteem de regenval mogelijk niet altijd aankan. De aanwezigheid van de centrale zou dus gevolgen kunnen hebben voor het ontstaan van plaatselijke overstromingen.

De centrale vormt ook een **hitte-eiland ten** opzichte van de omgeving. Dit effect is het gevolg van het feit dat het terrein grotendeels verhard is en weinig bomen heeft die voor schaduw of verdampingskoeling kunnen zorgen. De verhardingen en gebouwen slaan overdag warmte op en geven die 's nachts geleidelijk af. Daardoor kan de

temperatuur op het terrein enkele graden hoger zijn dan in de omliggende gebieden. Dit effect wordt versterkt wanneer de zomers warmer zijn. Deze opwarming is voelbaar tot op een afstand van (maximaal) enkele honderden meters van de installatie. Deze effecten zijn nu aanwezig en zullen aanwezig blijven, ongeacht of de centrale wordt ontmanteld of niet (vanwege de lange ontmantelingstijd).

Ten slotte kan ook worden gewezen op het **probleem van droogte**, dat door de klimaatverandering zal verergeren. Op het fabrieksterrein wordt momenteel weinig aandacht besteed aan buffering en infiltratie.

Er zij op gewezen dat de Waalse autoriteiten de volgende verlenging van de (niet-radiologische) vergunning voor de installatie in 2028 en de ontmantelingsaanvragen moeten aangrijpen om ervoor te zorgen dat de droogte- en regenwaterbeheersaspecten verder worden geïntegreerd in het milieubeheer van de site. Daarom is een geleidelijke aanpassing van de site aan haar kwetsbaarheid tegenover de omgeving gepland.

Kwetsbaarheid van het project voor de gevolgen van klimaatverandering

In deze rubriek worden twee verschillende kwesties behandeld:

- Enerzijds de gevolgen die het project zelf kan ondervinden van de klimaatverandering (in termen van droogte, overstromingen, enz.). Een voorbeeld is de beschikbaarheid van koelwater, die kan afnemen als de omgevings- en oppervlaktewatertemperaturen te hoog worden;
- Ten tweede de mate waarin de effecten van het project, die elders in dit MER worden besproken, zouden kunnen veranderen (worden vergroot of verzacht) als gevolg van de klimaatverandering. Bij toenemende droogte kunnen bijvoorbeeld de rivierstromen sterk afnemen, wat de effecten van een lekkage kan verergeren doordat er veel minder verdunning optreedt dan verwacht.

Hoewel deze twee soorten effecten verschillend zijn, worden ze hier samen behandeld omdat de onderliggende oorzaken (hitte, droogte, overstromingen, enz.) in beide gevallen dezelfde zijn.

Dit project bestrijkt een duidelijk afgebakende periode, die eindigt in 2036. Hoewel de tekenen van klimaatverandering de afgelopen decennia en vooral de laatste jaren steeds duidelijker zijn geworden, wordt niet verwacht dat deze veranderingen in de periode van de levensduurverlenging tot drastische veranderingen van de klimaatparameters zullen leiden. Wat zeker is, is dat de verwachte en reeds waargenomen ontwikkelingen zich zullen voortzetten en ook zullen intensiveren. Daarom moet in de context van de referentieperiode van het project rekening worden gehouden met de volgende elementen:

- Hogere gemiddelde temperaturen, met mildere winters en warmere zomers;
- Frequentere hittegolven, die ook intenser kunnen zijn en langer kunnen duren;
- Een toename van de totale jaarlijkse neerslag, met meer regen in de winter (en mogelijk meer overstromingen), maar ook aanzienlijk drogere zomers;
- Een toename van de piekintensiteit van de neerslag in de vorm van korte, hevige buien, die tot overstromingen kunnen leiden;
- Hogere windsnelheden.

De belangrijkste elementen die relevant zijn voor de centrale van Tihange zijn de risico's van overstromingen en de toename van de maximale neerslagintensiteit.

Overstroming

Zoals uiteengezet in het hoofdstuk over *water houdt* het risico van externe overstromingen verband met een sterke overstroming van de Maas ten noorden van de site van Tihange, met een accidentele doorbraak van de dam van Ampsin-Neuville of met een overstroming van de luchtkoelers van Tihange 2 en Tihange 3.

Om het risico van overstromingen te voorkomen, werd een beschermende dijk gebouwd langs de oevers van de Maas en stroomopwaarts van het overstromingsbeschermingssysteem voor de locatie van de elektriciteitscentrale van Tihange (waterkering). Bovendien wordt de locatie van Tihange, met inbegrip van de lagere delen, volledig beschermd door een overstromingsbeschermingssysteem (waterkering, dijk, terugslagkleppen).

In haar stresstestrapport van oktober 2011 stelt Electrabel dat een overstroming met een terugkeerperiode van 10.000 jaar de nieuwe ontwerpbasis is voor de centrale van Tihange, om te voldoen aan de internationale normen. De versterking van de verdedigingslinies werd toen dus opnieuw in overweging genomen, met het oog op de nodige aanpassingen. Een terugkeerperiode van 10.000 jaar wordt voldoende geacht om rekening te houden met de ontwikkeling van het risico in verband met de klimaatverandering.

De centrale van Tihange 3 ligt niet in een overstromingsgevoelig gebied. In de toekomst worden geen grote problemen verwacht als gevolg van de klimaatverandering, met hogere waterstanden en intensievere regenval.

Sterke winden

De maximale windsnelheid van 49 m/s, die als basis is gebruikt voor het ontwerp van alle gebouwen op het terrein, is in België nooit daadwerkelijk gemeten. Bovendien zijn de veiligheidsgebouwen ontworpen voor hogere belastingen dan deze maximale windsnelheid. Extreme windsnelheden zouden kunnen leiden tot een gedeeltelijke of volledige LOOP. Het LOOP-scenario¹²⁶ maakt deel uit van de ontwerpbasis van de eenheden. Een dergelijke situatie brengt de koeling van de splijtstof niet in gevaar, noch bij normaal bedrijf, noch bij uitschakeling.

Tornado's

Het ontwerp van Tihange 2 en 3 houdt rekening met een referentietornado die in deze regio ongekend is (107,3 m/s terwijl in België een maximum van 70 m/s wordt geacht voor te komen). Het ontwerp van Tihange 1 houdt rekening met een lagere intensiteit (70 m/s). Aangezien het verschijnsel doorgaans niet het doorslaggevende criterium is voor het ontwerp van gebouwen, zullen belangrijke veiligheidsgebouwen ook bestand zijn tegen tornado's die sterker zijn dan de referentietornado.

Een zware tornado kan leiden tot een gedeeltelijke of volledige LOOP, al dan niet gecombineerd met een verlies van het primaire koellichaam (uitschakeling van de Maaswatercircuitpompen - BHC). In geval van verlies van koudebron voor Tihange 3 blijven andere gebunkerde pompen beschikbaar en compenseren zij de storing.

Hogere gemiddelde temperaturen

Als de omgevingstemperatuur hoger is, zal ook de temperatuur van het geloosde koelwater hoger zijn. Door de klimaatverandering zullen de gemiddelde luchttemperaturen stijgen, met enerzijds mildere winters en anderzijds langere en intensere hittegolven in de zomer.

Als gevolg daarvan zal de temperatuur van het geloosde koelwater gemiddeld stijgen en kunnen aanvullende maatregelen nodig zijn om aan de lozingsnormen voor elektriciteitscentrales te voldoen. In de centrale Tihange 3 wordt het lozingsdebiet in de Maas gemoduleerd om de in de vergunning vastgestelde verwarmingsgrenswaarden in acht te nemen. Wanneer de hydrometeorologische omstandigheden dit vereisen, kan een deel van het koelwater dat de koeltoren verlaat, in het circuit worden gerecirculeerd, wat tot gevolg heeft dat het opgenomen debiet, het geloosde debiet en de in het ontvangende aquatische milieu geloosde thermische belasting worden verminderd.

Daarnaast zal de temperatuur van het geloosde oppervlaktewater uiteraard ook toenemen door een stijging van de gemiddelde luchttemperatuur. Indien de temperatuur van de Maas als gevolg van de klimaatverandering stijgt, zal de temperatuur van het geloosde koelwater evenredig stijgen, met de mogelijkheid dat de dagelijks maximaal te lozen thermische belasting vaker wordt beperkt (zie vergunningsvoorwaarden), vooral in de zomer.

¹²⁶ LOOP = verlies van vermogen buiten de locatie, dat wil zeggen het gelijktijdige verlies van het externe 380 kV- en 150 kV-net. In een dergelijke situatie wordt een turbineaggregaat via de elektrische beveiligingen automatisch in eilandmodus geactiveerd. Het generatoraggregaat voorziet in zijn eigen hulpsystemen. Het is het eerste beveiligingsmechanisme dat de hulpsystemen van de eenheid van stroom voorziet. Het is ook mogelijk de turbines van het station van Coo te starten (wateropslag in bassins die gekoppeld zijn aan een waterkrachteenheid eronder) die de hulpsystemen kunnen voeden (via de hoogspanningslijnen tussen Coo en Tihange).

De twee hierboven beschreven verschijnselen (hogere temperatuur van het te lozen koelwater en hogere temperatuur van het water in het ontvangende waterlichaam) kunnen een negatief effect hebben op de elektriciteitsproductie van de centrale. Er wordt echter niet verwacht dat dit effect problemen zal veroorzaken aan de Maas en tijdens de (verlengde) levensduur van Tihange 3.

Temperatuurextremen

In de ontwerpbasis en bij de dimensionering van de apparatuur is ook rekening gehouden met extreme temperaturen. De normen op dit gebied werden vastgesteld op basis van statistieken en de geografische ligging van de nucleaire locatie. Een periode van extreme temperaturen of extreme droogte is geen plotseling natuurverschijnsel. Het zijn ontwikkelingen die tijdig kunnen worden voorspeld, zodat tijdig kan worden ingegrepen. Tihange beschikt ook over procedures om bij een hittegolf of vorst een veilige exploitatie te waarborgen.

Het is niet bekend of en in hoeverre bij deze procedures reeds rekening is gehouden met de recente stijging van de gemiddelde temperatuur en het vaker en langer voorkomen van hittegolven. Aangezien zich de afgelopen jaren, met soms zeer warme perioden in de zomer, geen problemen op dit gebied hebben voorgedaan, wordt aangenomen dat dit ook het geval zal zijn voor de periode 2025-2037.

6.5.5 Toetsing van de effecten aan de beleidsdoelstellingen

Voor de verschillende beleidsdoelstellingen op hoog niveau met betrekking tot de klimaatdiscipline (zie § 6.5.1) wordt hieronder aangegeven of het project al dan niet bijdraagt tot het bereiken van deze doelstellingen:

Doelstelling "De grootst mogelijke vermindering van de uitstoot van broeikasgassen"

Over de gehele periode vermijdt het uitstel van de deactivering van Tihange 3 emissies van ongeveer 12.417 kton CO₂ eq. De emissies die toe te schrijven zijn aan het onderhoud van de eenheid Tihange 3 bedragen 16.760 ton CO₂eq., wat 0,13% van de vermeden emissies vertegenwoordigt, wat in verhouding daarmee verwaarloosbaar is. Het project draagt dus bij tot de verwezenlijking van deze doelstelling en de score is **positief**.

In ieder geval is duidelijk dat het uitstel van de deactivering van Tihange 3 tot de periode 2025-2037 leidt tot vermeden emissies in de orde van grootte van 2.417 kton, of ongeveer 242 kton/jaar. Dit vertegenwoordigt een besparing van ongeveer 1,5% van de totale broeikasgasemissies in België voor het jaar 2021 (110.800 kton).

Het is duidelijk dat de omvang van de "vermeden" emissies in grote mate afhangt van de veronderstelde koolstofintensiteit van de energieproductie, en dus in het bijzonder van het aandeel van hernieuwbare energie. Aangezien de oefening hoe dan ook slechts theoretisch en illustratief is, is het niet nodig te streven naar grote precisie in de veronderstellingen.

Doelstelling "Maximale ecologische en sociale weerbaarheid tegen de gevolgen van de klimaatverandering"

In de periode van de levensduurverlenging zal het project geen extra effect hebben op de weerbaarheid van het milieu tegen de effecten van klimaatverandering. De potentieel relevante effecten zullen niet toenemen indien de desactivering wordt uitgesteld, enerzijds vanwege de korte tijdshorizon (2037) waarin de klimaatverandering zich kan manifesteren, anderzijds omdat de locatie Tihange 3 tijdens de referentieperiode verhard zal blijven, zelfs in geval van desactivering in 2025. Het project draagt niet significant bij tot het bereiken van de doelstelling, maar gaat deze ook niet significant tegen. De beoordeling is derhalve neutraal voor dit aspect.

Doelstelling "Minimaliseren van de kwetsbaarheid van het project voor de gevolgen van klimaatverandering"

Uit de in dit MER gepresenteerde analyse blijkt duidelijk dat de locatie veel beter bestand is tegen de gevolgen van klimaatverandering dan in 2025 wordt verwacht. Of Tihange 3 in de referentieperiode 2025-2037 al dan niet in bedrijf is, verandert daar niets aan. De beoordeling is derhalve neutraal.

6.5.6 Samenvatting van de belangrijkste bevindingen

De toetsing aan de klimaatdoelstellingen is samengevat in Tabel 84.

Tabel 84: Samenvatting van de beoordeling van de doelstellingen in relatie tot het klimaat op

Doelstelling	Projectbijdrage (overdracht over 10 jaar)	Score
Grootst mogelijke vermindering van de uitstoot van broeikasgassen	Beperkt de CO ₂ -uitstoot voor de te produceren elektriciteit	Positief
Maximale ecologische veerkracht tegen de gevolgen van klimaatverandering	Het project zou de kwetsbaarheid van de omgeving kunnen beïnvloeden als er geen maatregelen worden genomen om zich aan te passen aan de gevolgen van de klimaatverandering, maar de bijdrage op termijn is gering	Neutraal
Minimalisering van de kwetsbaarheid van het project voor klimaateffecten	Geen significante bijdrage	Neutraal

6.5.7 Milderende maatregelen

Indien de geplande werkzaamheden om bestand te zijn tegen de gevolgen van de klimaatverandering worden uitgevoerd, zijn geen mitigerende maatregelen van de klimaatdiscipline vereist.

6.5.8 Leemten in kennis en monitoring

Er zijn geen leemten in de kennis die tot andere besluiten zouden leiden. Aanvullende monitoring naast het bestaande monitoringprogramma wordt niet nodig geacht.

6.6 Mens en veiligheid

6.6.1 Juridische en beleidscontext

In de context van dit project is er geen belangrijk algemeen beleidskader voor gezondheid voor niet-radiologische aspecten. De overheidsinstanties hebben echter wel milieu-gezondheidsplannen opgesteld.

Milieugezondheid is een begrip dat in 1993 door de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) is gedefinieerd: *"Milieugezondheid omvat die aspecten van de menselijke gezondheid, met inbegrip van de levenskwaliteit, die worden bepaald door fysische, biologische, sociale en psychosociale factoren in het milieu. Het omvat de theorie en de praktijk van het beoordelen, corrigeren, beheersen en voorkomen van milieufactoren die de gezondheid van de huidige en toekomstige generaties negatief kunnen beïnvloeden."*

De invloed van het milieu op de menselijke gezondheid is onweerlegbaar. De belastingen kunnen veelvoudig zijn (lucht, water, bodem, afval, voedsel, producten, straling, lawaai, enz.) evenals de gevolgen (kankers, ademhalingsziekten, allergieën, hormoonontregeling, enz.) De WHO schat dat milieustressoren verantwoordelijk zijn voor 15-20% van alle sterfgevallen in de 53 lidstaten van de Europese WHO-regio¹²⁷.

Volgens de OESO zal stedelijke luchtverontreiniging tegen 2050 wereldwijd de belangrijkste doodsoorzaak zijn¹²⁸.

¹²⁷ EMA, 2010. Het milieu in Europa: toestand en vooruitzichten 2010 - Samenvatting. Europees Milieuagentschap, Kopenhagen.

¹²⁸ Europese Unie, 2014, Algemeen milieuactieprogramma van de Unie voor 2020, Living Well, Within Our Planet, doi:10.2779/67203.

Milieu en gezondheid is het onderwerp van veel internationale werkzaamheden, met name op het niveau van de Verenigde Naties, de Europese Unie en de WHO. Tijdens de eerste ministeriële conferentie over milieu en gezondheid heeft België via het Europees Handvest over milieu en gezondheid erkend dat iedere burger recht heeft op "een milieu dat het bereiken van een zo hoog mogelijk niveau van gezondheid en welzijn mogelijk maakt". Dit punt wordt ook in artikel 23 van de Grondwet in herinnering gebracht.

In overeenstemming met de verbintenis die tijdens de tweede WHO-conferentie op 3 april 2003 is aangegaan, hebben de Belgische ministers van Volksgezondheid en Milieu een eerste Nationaal actieplan voor milieu en gezondheid (NEHAP) aangenomen, dat is gevolgd door een tweede editie, waarvan de evaluatie in de loop van 2017 is afgerond. Een derde editie is momenteel in voorbereiding.

Op regionaal niveau zijn aanvullende acties uitgevoerd, met name door de ontwikkeling van specifieke projecten en de aanneming door de Waalse regering, tijdens haar vergadering van 12 december 2008, van een regionaal actieprogramma voor milieu en gezondheid (PARES) voor de periode 2009-2013, gevolgd door de aanneming door de Waalse regering, op 6 december 2018, van het Waals plan voor milieu en gezondheid, bekend als het "ENVleS"-plan.

In aansluiting op de door de WHO voorgestelde richtsnoeren voor gezondheidsbescherming zijn in verschillende Europese richtlijnen luchtkwaliteitsnormen ontwikkeld voor SO_2 , NO_x , NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, lood, benzeen, CO, ozon, arseen, cadmium, nikkel, kwik en PAK's, waaraan de lidstaten moeten voldoen. Deze normen komen overeen met maximale concentraties in de lucht van de verschillende luchtverontreinigende stoffen en zijn gebaseerd op door de WHO vastgestelde richtnormen, zonder het door de WHO gewenste eiseniveau te bereiken. Zij zijn vooral bedoeld om de menselijke gezondheid en de ecosystemen te beschermen.

In Wallonië is het Waals Agentschap voor Lucht en Klimaat (AwAC) verantwoordelijk voor de luchtkwaliteit. Het gebruikt de luchtkwaliteitsnormen van de Europese richtlijnen en de WHO om emissiegrenswaarden te bepalen voor de verschillende industrieën, die als speciale voorwaarden in hun milieuvergunningen worden opgenomen.

Op het gebied van de veiligheid moet worden gewezen op de Code voor het welzijn op het werk, die alle uitvoeringsbesluiten omvat van de wet van 4 augustus 1996 betreffende het welzijn van de werknemers bij de uitvoering van hun werk. De code behandelt talrijke aspecten zoals de veiligheid op het werk en de bescherming van de gezondheid van de werknemer, maar ook explosieve omgevingen (ATEX-zones), brandpreventie in gebouwen in het algemeen en risico's in verband met chemische producten.

Bovendien brengt de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen op industrieterreinen risico's met zich mee voor de menselijke gezondheid en het milieu. Richtlijn 2012/18/EU ("SEVESO") heeft ten doel de gevaren van zware ongevallen waarbij dergelijke stoffen betrokken zijn, te beheersen.

Relevante effecten

Wat betreft de luchtverontreiniging die van invloed is op de menselijke gezondheid en met name de drie belangrijkste luchtverontreinigende stoffen ($\text{PM}_{2.5}$, NO_2 , O_3), is alleen stikstofdioxide opgenomen in de vermeden emissies van de opwekking van kernenergie. Het effect van de verlenging van de eenheid Tihange 3 op de luchtkwaliteit, met inbegrip van NO_x , wordt besproken in hoofdstuk 6.4, over het effect op de luchtkwaliteit.

De discipline "menselijke gezondheid" of "humane toxicologie" kan als volgt worden omschreven: het deel van de studie dat zich bezighoudt met het verzamelen, verwerken en interpreteren van informatie over veranderingen in de leefomgeving om de korte- en langetermijneffecten op de volksgezondheid in te schatten. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) definieert gezondheid als volgt: "Gezondheid is een toestand van volledig lichamelijk, geestelijk en sociaal welzijn en niet slechts de afwezigheid van ziekte of gebrek". Deze ruime definitie impliceert dat bij de raming van de milieueffecten niet alleen rekening moet worden gehouden met de directe gevolgen van stressfactoren, maar ook met de bestaande situatie, de effecten op langere termijn, de sociale context, indirecte psychosomatische effecten en de publieke perceptie.

Onderstaande tabel bevat een beknopt overzicht van de potentieel relevante milieustressoren, aangepast op basis van Arcadis (2021). Van een aantal wordt geargumenteed waarom ze niet verder meegenomen worden. Verderop wordt meer in detail ingegaan op de potentiële impact van de in blauw aangeduide stressoren, waarvoor betekenisvolle impacts niet a priori kunnen uitgesloten worden. Ook deze bespreking is grotendeels gebaseerd op het MER van Arcadis uit 2021, aangevuld met informatie uit de strategische Milieueffectbeoordeling voor het uitstel van de deactivatie van Doel 1 en Doel 2 (SCK CEN en KENTER, 2021).

Tabel 85: Overzicht van de potentieel relevante milieustressoren.

Stressoren	Specifieke omschrijving stressor en/of bron, gezondheidsimpact	Argument dat stressor, indien aanwezig, niet wordt opgenomen
Chemische stressoren		
Luchtverontreiniging	Emissies ten gevolge van de exploitatie van Tihange 3	Uit de discipline lucht blijkt dat de impact op de luchtkwaliteit verwaarloosbaar is. Er worden dan ook geen relevante gezondheidseffecten verwacht.
Verontreiniging bodem en grondwater	Accidentele emissie	Binnen de site Tihange worden de nodige maatregelen genomen om een aantasting van de bodem- en grondwaterkwaliteit te vermijden. Bij accidentele verontreiniging wordt onmiddellijk ingegrepen. Blootstelling aan een accidentele bodem- of grondwaterverontreiniging wordt dan ook niet verder onderzocht in de discipline Mens gezondheid.
Verontreiniging oppervlaktewater	Lozing van afvalwater	Sanitair en industrieel afvalwater worden opgevangen en behandeld vooraleer ze in de Maas worden geloosd. Gezien het water niet wordt gebruikt voor drinkwaterwinning, noch als recreatiewater, is blootstelling aan verontreiniging via oppervlaktewater niet relevant en wordt het niet verder onderzocht in deze discipline.
Geur	Emissies van stoffen met een geurimpact	De voornaamste verbrandingsgassen die geëmitteerd worden zijn geurloos (CO, NO en CO ₂) of slechts waarneembaar bij hoge concentraties (NO ₂). Andere stoffen met een typerende geur bij CNT zijn ammoniak en hydrazine, maar hun opslagkarakteristieken vermijden de geuremissies (zie ook discipline Lucht). Geurhinder wordt dan ook niet verder gezocht in de discipline Mens gezondheid.
Fysische stressoren		
Geluid	Geluidsemissies ten gevolge van de exploitatie van Tihange 3.	De geluidsemissies van de centrale zijn beperkt (zie ook discipline Biodiversiteit), zeker als ze afgezet worden tegen de omgevingskenmerken van de centrale. Bovendien zal geluidsimpact van de normale werking afnemen naarmate de andere reactoren gesloten worden, en zullen de ontmantelingsactiviteiten (die buiten de scope van deze MEB vallen) allicht een grotere bron van geluidsverstoring vormen voor de omgeving van de site.

Stressoren	Specifieke omschrijving stressor en/of bron, gezondheidsimpact	Argument dat stressor, indien aanwezig, niet wordt opgenomen
Trillingen		De levensduurverlenging van Tihange 3 brengt geen activiteiten met zich mee die aanleiding zouden kunnen geven tot trillingen.
Wind		Ondanks de aanwezigheid van hoge constructies (koeltorens), is er geen relevante windhinder te verwachten, gezien de afstand tot bewoning.
Licht, schaduw	Schaduw van de stoompluim	Uit Frans onderzoek (Méry, 1989) blijkt dat vermindering in uren zon als gevolg van schaduw van de stoompluim zich grotendeels beperkt tot een afstand van 1,5 à 3 km van een centrale.
Warmte	Lozing van koelwater in de Maas	Er zijn voor de mens geen gezondheidseffecten te verwachten van de thermische effecten van de lozing van koelwater in de Maas.
Elektromagnetische straling		Er worden geen effecten van elektromagnetische straling buiten de terreingrenzen van CNT verwacht.
Biologische stressoren		
Infectiegevaar	Koeltorens vormen mogelijk een risico op de ontwikkeling van Legionella.	Het risico op blootstelling aan Legionella wordt zeer klein geacht gezien de genomen voorzorgsmaatregelen, in overeenstemming met de regelgeving. In het verleden zijn er voor zover we weten ook nooit klachten geweest.
Acute vergiftiging door gifstoffen		Er zijn geen relevante bronnen van toxines verbonden aan de werking van Tihange 3.
Chronische toxiciteit		Er zijn geen relevante bronnen van biologische toxines verbonden aan de werking van Tihange 3.
Allergenen		Er zijn geen relevante bronnen van allergenen verbonden aan de werking van Tihange 3.
Andere		
Stofhinder		De levensduurverlenging van Tihange 3 brengt geen activiteiten met zich mee die aanleiding zouden kunnen geven tot stofhinder.
Nabijheid van groene ruimte	Inname van groene ruimte	Het project ligt binnen de grenzen van CN Tihange. De site is afgesloten met een omheining. Dit maakt dat het terrein momenteel geen publieke functie heeft. Nabijheid van groene ruimte is dan ook verder niet relevant in de discipline Mens gezondheid..
Psychosomatische aspecten	Bezorgdheid bij omwonenden omwille van de activiteiten in CNT (exploitatiefase)	Er zal worden onderzocht of er mogelijk psychosomatische effecten optreden ten gevolge van de exploitatie van de Tihange 3.
	Bezorgdheid bij de bevolking omwille van bevoorradingsonzekerheid	Bevoorradings(on)zekerheid wordt behandeld als een thema in deze MEB.
Effecten van black-outs		Het mogelijke (gezondheids)effect van stroomtekorten wordt besproken.

Bovendien achtte de deskundige het relevant om de mogelijke gevolgen op het gebied van industriële veiligheid en brandpreventie te bestuderen. De activiteit kan een bron van risico of stress zijn voor de bewoners of omwonenden.

SEVESO-inrichtingen worden onderscheiden volgens de hoeveelheid en de gevaarlijkheid van de stoffen die aanwezig zijn of kunnen ontstaan. Deze wetgeving vereist preventieve maatregelen, inspecties, de opstelling en indiening van een veiligheidsrapport door hogedrempelinrichtingen, dat door de overheid (DRIGM) kan worden geraadpleegd, en de opstelling van een intern noodplan en, voor hogedrempelinrichtingen, een extern noodplan. Het Seveso-risico heeft betrekking op de kans dat zich in een Seveso-bedrijf een zwaar ongeval voordoet.

Een groot ongeluk:

- Kan verschillende oorzaken hebben, bv. systeemfalen, menselijke fout, kettingreactie;
- Heeft ernstige gevolgen voor het milieu, de mensen die in het bedrijf aanwezig zijn of die in de omgeving wonen. Deze gevolgen kunnen onmiddellijk duidelijk zijn of pas later zichtbaar worden.

Er zijn vier verschillende soorten risico's in een Seveso-bedrijf:

- Brandgevaar ;
- Ontploffingsgevaar ;
- Risico van toxische emissies ;
- Ecotoxisch risico.

6.6.2 Afbakening van het studiegebied

Zoals hierboven vermeld, worden in dit hoofdstuk vooral de mogelijke veiligheidseffecten voor de ter plaatse aanwezige personen en de bevolking rond de centrale beoordeeld. Ter herinnering: dit is de niet-radiologische milieubeoordeling van het project; het doel is dus niet om de mogelijkheid van een nucleair ongeval te beoordelen. Om die reden is het studiegebied voor dit onderwerp beperkt tot een omtrek van 3 km rond de centrale, een omtrek die in Wallonië veel wordt gebruikt in milieu-effectstudies. Bovendien omvat deze perimeter de woongebieden van Tihange en Ampsin en de als Seveso aangemerkte bedrijven.

6.6.3 Beschrijving van de huidige situatie

De dichtst bij het project gelegen bewoonde gebieden bevinden zich in de entiteiten Tihange en Ampsin.

Het dichtstbijzijnde ziekenhuis is het ziekenhuis van Huy, dat op 3,7 km ten zuidwesten van het project ligt. De brandweerkazerne van Huy ligt ongeveer 650 meter ten westen van het project. Zij bevindt zich tegenover de ingang van de elektriciteitscentrale, aan de andere kant van de N90.

De dichtstbijzijnde scholen zijn

- De basisschool van Ampsin (Amay) ligt 1,1 km ten noordoosten van het project;
- De vrije basisschool "Saint-Pierre" (Amay) ligt 1,3 km ten noordoosten van het project;
- De lagere school en kleuterschool van Tihange liggen 1,4 km ten zuidwesten van het project;
- De gemeentelijke school van Bons-Enfants (Huy) ligt op 2 km ten westen/zuidwesten van het project.

De dichtstbijzijnde Seveso-vestiging van het project ligt ongeveer 1,3 km naar het noorden. Het gaat om het bedrijf EPC Belgium (voorheen Dynamichaines nv) gevestigd in de gemeente Amay, rue Bois de Huy 5d. Ze wordt aangeduid op onderstaande figuur. Het is een lage drempel-vestiging.

EPC België is voornamelijk actief in :

- De invoer van explosieven voor open groeven en bouwplaatsen;
- Het vervoer van explosieven tussen Frankrijk en België ;
- De opslag van explosieven in zijn opslagplaatsen in Amay;
- De opslag van matrix en ammoniumnitraat op zijn terrein in Amay;
- De verkoop en levering van explosieven, slagkoorden, ontstekers en alle toebehoren in verband met het gebruik van explosieven in steengroeven of dagbouwminen;

- De vervaardiging van speciale explosieven in steengroeven dankzij de mobiele explosievenproductie-eenheden (MEMU's).

Zoals blijkt uit onderstaande figuur lopen de kwetsbaarheidszones van de EPC Belgium site over het fabrieksterrein.

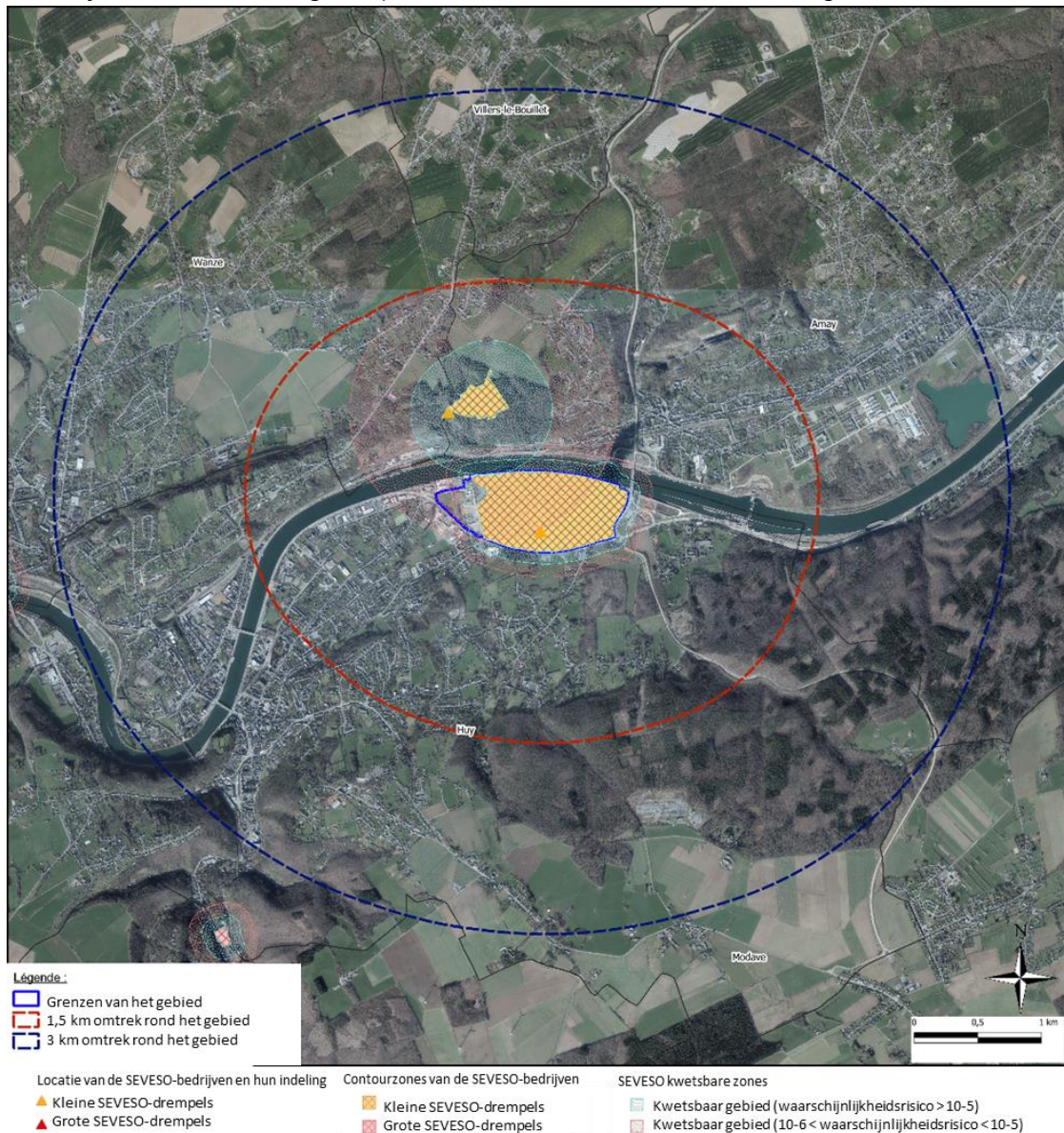


Figure 91 : Seveso-inrichtingen in een straal van 3 km rond de centrale van Tihange.

6.6.4 Beoordeling van de gevolgen van het project

6.6.4.1 Psychosomatische aspecten en risicoperceptie

Bij risicoperceptie kunnen psychosomatische effecten worden waargenomen. Het "psychosomatische" effect is niet altijd de belangrijkste factor. Er ligt altijd een combinatie van factoren aan ten grondslag. Psychische problemen worden meestal veroorzaakt door specifieke situaties en zijn niet noodzakelijk een gevolg van biomedische, genetische of neurologische reacties of van een bepaald soort gedrag.

Gegevens over het voorkomen van psychosomatische klachten als gevolg van specifiek de exploitatie van de kerncentrale van Tihange zijn niet beschikbaar. Wel zijn er gegevens beschikbaar van bevestigingen en enquêtes naar

de houding (incl. risicoperceptie) van kernenergie, nucleaire technologie en de kerncentrales van België bij de algemene Belgische bevolking.

Het SCK CEN onderzoekt sinds 2002 de publieke perceptie van stralingsrisico's en de houding tegenover nucleaire energie. De enquête wordt uitgevoerd via de "SCK CEN Barometer". Dit is een brede bevraging van de bevolking (meer dan 1000 personen), representatief voor volwassen Belgen (18+), verdeeld over de provincies, gewesten, urbanisatieniveau, geslacht, leeftijd en tewerkstellingsstatus.

De SCK CEN Barometers omvatten terugkerende onderwerpen zoals perceptie van diverse stralingsrisico's, vertrouwen in de actoren in de nucleaire sector en meningen over het gebruik van kernenergie, maar ook meer gedetailleerde vragen over specifieke onderwerpen.

De SCK CEN Barometer toont aan dat in 2018 milieuvervuiling en het niet conform gebruik van nucleaire technologie de hoogste bezorgdheid wegdraagt bij de bevolking: 61% beschouwt milieuvervuiling als een groot of zeer groot risico in de volgende 20 jaar, en 54% beschouwt het potentieel van nucleaire technologieën door terroristen als een groot tot zeer groot risico. In een afzonderlijke studie werd vastgesteld dat het potentieel voor het gebruik van kernwapens en radioactief afval de komende 20 jaar een groot en soms zelfs een groot risico vormt voor de volksgezondheid. Algemeen is er consensus om het aantal kerncentrales te verminderen. Het vertrouwen in de autoriteiten voor de maatregelen die ze neemt om de bevolking te beschermen tegen risico's van een nucleair ongeval neemt af tussen 2013 en 2018.

In 2018 (SCK CEN Barometer, representatieve data 18+ van de Belgische bevolking) beschouwt ongeveer de helft van de Belgische bevolking de risico's gelinkt aan nucleaire ongevallen als hoog tot zeer hoog. Een groot deel van de bevolking (75%) vindt dat zelfs een lage dosis ten gevolge van een nucleair ongeval schadelijk is voor de volksgezondheid.

Uit bovenstaande beschouwingen blijkt een gemengd beeld; er kan alleszins niet uitgemaakt worden of het gebruik van kernenergie of het bestaan van de nucleaire centrales tot specifieke psychosomatische of psychosociale klachten aanleiding geeft. Wel kan aangenomen worden dat als dergelijke klachten er zouden zijn die vooral verband zouden houden met nucleaire elektriciteitsproductie in het algemeen, en niet zozeer met het al dan niet functioneren van de specifieke reactoreenheid Tihange 3.

Hoewel een belangrijk deel van de bevolking bezorgd is over een nucleair ongeval, zijn er zoals gezegd geen gegevens die aantonen dat dit als hoog gepercipieerd risico ook psychosomatische effecten veroorzaakt. Over de specifieke situatie met betrekking tot de site van Tihange, laat staan Tihange 3, is niets geweten. Er kan wel aangenomen worden dat bij een levensduurverlenging van Tihange 3 de risicoperceptie (bij de omwonenden en ruimer) ook tien jaar langer zal blijven bestaan; weliswaar zal die risicoperceptie zijn afgenomen omdat twee van de drie reactoren in Tihange gesloten zullen zijn. Aangezien er geen concrete aanwijzingen zijn dat de risicoperceptie ook concreet tot psychosomatische klachten aanleiding geeft, die specifiek zijn toe te wijzen aan de werking van de kerncentrales, kunnen we aannemen dat het effect van de risicoperceptie bij levensduurverlenging geen aanleiding geeft tot toewijsbare psychosomatische klachten.

6.6.4.2 Beveiliging

De elektriciteitscentrale van Tihange is een lage drempel-Seveso-inrichting, voornamelijk vanwege het ecotoxiciteitscriterium van de op de locatie opgeslagen producten. De belangrijkste bijdragende producten zijn hydrazinehydraat¹²⁹ (4,95 en 15%), natriumhypochloriet met 14% en lichte stookolie.

De centrale beschikt over een strategische voorraad van 2.695 ton stookolie, verdeeld over een vijftigtal tanks. Het jaarlijkse verbruik is relatief laag, ongeveer 1.100 m³/jaar bij normaal bedrijf. Deze stookolie wordt voornamelijk gebruikt om de hulpketels voor de stoomproductie en de nooddieselgeneratoren te voeden wanneer de externe stroomvoorziening wegvalt. Met de geplande sluiting van Tihange 1 in 2025 en Tihange 2 in 2023, waarbij bepaalde

¹²⁹ Hydrazine: chemisch reagens gebruikt voor het conditioneren van water-stoomkringen.

installaties en depots zullen worden verwijderd, is het de vraag of de lage Sevesodrempel nog steeds zal worden overschreden na de uitvoering van het project (verlenging van Tihange 3 van 2025 tot 2037). Bij gebrek aan cijfers over de sluiting en ontmanteling van deze twee eenheden kon dit in het kader van deze milieueffectbeoordeling niet worden bepaald.

Elk Seveso-bedrijf moet een milieuvergunning hebben voordat het met zijn activiteiten kan beginnen. De regionale autoriteiten moeten kunnen vaststellen of de vestiging of uitbreiding van een Seveso-bedrijf een aanvaardbaar risico vormt voor het milieu, bijvoorbeeld voor woon- en natuurgebieden. De exploitant moet dus aantonen dat hij de risico's op zijn terrein kan beheersen en de gevolgen van een eventueel ongeval kan beperken.

Daartoe moet de exploitant van een Seveso-laagdrempelinrichting bij zijn vergunningsaanvraag een kennisgeving voegen waarin de selectie van gevreesde gebeurtenissen (op basis van risicoanalyses) wordt opgesomd en de getroffen risicobeheersingsmaatregelen worden gepresenteerd. Deze kennisgeving bevat ook een tabel met een overzicht van de inrichtingen die domino-effecten veroorzaken die andere Seveso-inrichtingen bereiken, en een beschrijving van de genomen maatregelen. Naast dit document, dat is opgesteld in het kader van de aanvragen voor niet-radiologische exploitatievergunningen (milieuvergunningen), heeft de centrale van Tihange een intern noodplan opgesteld dat moet worden geactiveerd in geval van een zwaar ongeval of een incident dat tot een zwaar ongeval kan leiden.

Er zij ook op gewezen dat de RAM-eenheid regelmatig inspecties van Seveso-locaties uitvoert.

Zoals hierboven vermeld, bevindt zich binnen een straal van 1,5 km van de centrale van Tihange een andere laagdrempelige Seveso-inrichting (EPC Belgium). De kwetsbare zones van deze inrichting reiken tot aan de centrale van Tihange.

Deze zones worden gedefinieerd door de RAM-cel in overeenstemming met art. 25 van het samenwerkingsakkoord, dat de gewesten verplicht om in hun urbanisatiebeleid rond Seveso-inrichtingen een controle uit te voeren op nieuwe inrichtingen of wijzigingen aan deze inrichtingen. Daartoe heeft de RAM-eenheid voor alle Seveso-industrieterreinen in Wallonië Buurtbeschermingsperimeters berekend (curve 10^{-6} /jaar die de kwetsbare zone afbakt). Deze curven worden gebruikt om nieuwe ontwikkelingen rond Seveso-inrichtingen te controleren. Voor elke vergunningsaanvraag moet dus de impact van het project op deze curves worden beoordeeld. Indien nodig worden deze curves herberekend. Elke toename van deze curven in de richting van reeds verstedelijkte gebieden kan leiden tot een negatief advies over de vergunningsaanvraag.

Aangezien de twee lage drempel Seveso-inrichtingen hun vergunning hebben verkregen en rekening houdend met bovenstaande elementen (opstelling van waarschuwingen voor gevaren, studie van domino-effecten, rekening houden met naburige inrichtingen, uitvoering van risicobeheersingsmaatregelen, intern noodplan), wordt ervan uitgegaan dat de niet-radiologische veiligheidsrisico's onder controle zijn en dat de uitbreiding van de exploitatie van Tihange 3 een verwaarloosbaar effect zal hebben.

Een ander veiligheidsrisico dat werknemers en omwonenden kan treffen, is het risico van brand. Met het oog op dit risico heeft de fabriek talrijke brandpreventiemaatregelen genomen en zijn er brandbestrijdingsmiddelen op het terrein aanwezig.

Interventiematerieel evolueert voortdurend om zich aan te passen aan brandbestrijdingstechnieken en om alle industriële risico's beter aan te kunnen.

De CN Tihange beschikt over een grote brandweerwagen. Dit materieel is beschikbaar bij de tegenover de CN Tihange gelegen regionale brandweer. Alle gebouwen met brandstoftanks zijn uitgerust met branddetectie- en sprinklerinstallaties.

Door gebruik te maken van twee leegstaande gebouwen na de bouw van het SF²-gebouw¹³⁰ beschikt de afdeling die belast is met brandpreventie en -bescherming sinds begin 2021 over een nieuwe brandweerkazerne. Deze

¹³⁰ SF²: Gebouw voor de tijdelijke opslag van verbruikte splijtstof.

nieuwe basis maakt een grotere efficiëntie mogelijk dankzij de organisatie en de centralisatie van de uitrusting: interventievoertuigen (brandweerwagens, pick-ups, logistieke voertuigen en specifieke aanhangwagens), uitrusting voor het beheer van klassieke incidenten (personeelsongevallen, brand, verontreiniging, enz.) en een laboratorium voor maskers om het onderhoud en de controle van aan specifieke risico's aangepaste ademhalingsbescherming te garanderen.

De centrale van Tihange beschikt over een interne brandweer die 24 uur per dag ter plaatse is. In geval van een incident treden zij op in samenwerking met de operationele teams (opgeleid tot leden van het eerste interventieteam) en met externe hulpdiensten (de brandweerkazerne van de HEMECO-noodzone¹³¹ bevindt zich tegenover de centrale). Een overeenkomst verbindt de kerncentrale van Tihange met de noodzone van HEMECO, waardoor een nauwe operationele samenwerking (opleiding, gezamenlijke oefeningen, delen van ervaring, enz.) tussen het ESI-team en de civiele veiligheid tot stand kan komen.

Gezien alle preventieve maatregelen en brandbestrijdingsmiddelen die in de centrale van Tihange aanwezig zijn en gezien het feit dat deze maatregelen en middelen van kracht zullen blijven tot de ontmanteling van Tihange 3, wordt ervan uitgegaan dat de verlenging van de exploitatie van deze eenheid tot 2037 geen extra risico's met zich meebrengt, temeer daar deze risico's onder controle zijn.

6.6.4.3 (Vermeden) gezondheidseffecten van een black-out.

Levensduurverlenging van Tihange 3 is gericht op het garanderen van de bevoorradingszekerheid, in afwachting van een situatie waarbij die garantie bekomen kan worden met behulp van andere energiebronnen.

De levensduurverlenging vermindert het gevaar van een black-out (en van de ermee gepaard gaande gezondheids-effecten) dus drastisch. Het uitvallen van de stroomvoorziening brengt inderdaad potentieel een aanzienlijke economische en maatschappelijke kost met zich mee.

In een studie uit 2014 van het Federaal Planbureau gebeurde een kwantitatieve evaluatie van het effect van stroompannes in België, op basis van een Oostenrijks model (Black-out Simulator). Een stroompanne op Belgisch grondgebied van één uur tijdens een werkdag op een tijdstip dat alle Belgische bedrijven actief zijn, zou een totale maatschappelijke economische schade veroorzaken van ongeveer 120 miljoen euro (zowel in de winter als in de zomer). Enkele alternatieve methoden werden eveneens doorgerekend en leverden een vork op tussen 61 miljoen (de "bbp-methode") en 278 miljoen euro (de "RTE-methode"). In de vermelde economische schade zit ook de schade vervat die door de gezinnen wordt geleden, die echter "maar" 8 miljoen euro per uur bedraagt. De industriële sector heeft met 49% het grootste aandeel in de totale kosten; de tertiaire sector is verantwoordelijk voor ongeveer 40% van de kosten. Het gebruikte model liet ook toe de berekende schade ruimtelijk toe te wijzen. Hieruit bleek dat het grootste verlies werd opgetekend in de provincie Antwerpen (24,74 miljoen euro, of bijna 21% van het totaal), op enige afstand gevolgd door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (15,67 miljoen euro of 13%).

Belangrijk is nog op te merken dat in deze inschatting steeds gekeken werd naar een 1 uur durende onderbreking. De impact van een 2 uur durende panne is niet noodzakelijk dubbel zo groot. Dit blijkt ook uit de simulatorcijfers: de kosten van een panne van 2 uur bedragen in België bijna 170 miljoen euro (of 42% meer dan een panne van 1 uur). Bij het langer duren van een verstoring nemen de gevolgen echter terug lineair toe met de tijd, en na om en bij 8 uur zal de schade exponentieel toenemen. Bij een uitval van meer dan 8 uur kan gesproken worden van een rampentoestand: het aantal, maar vooral de ernst van de gevolgen zal dan nog moeilijk te overzien (en in te schatten) zijn.

Het is duidelijk dat met bovenstaande economische verliezen ook gezondheidsrisico's gepaard gaan.

Stroomuitval kan een invloed hebben op de werking van de hulpdiensten. Alle ziekenhuizen hebben noodstroomsystemen om de meest kritieke activiteiten te ondersteunen, zoals operatiekamers, intensive care-afdelingen, spoedeisende hulpdiensten, enz. Afhankelijk van de faciliteit kunnen hulpstroomsystemen mogelijk

¹³¹ zone HEMECO: zone Haspengouw, Maas en Condroz.

sommige andere diensten niet ondersteunen, waaronder röntgenstraling, airconditioning, koeling, liften, etc. Bovendien kunnen technische problemen ontstaan met de hulpgeneratoren, zoals bleek tijdens de black-out van New York in 1977. Sommige ziekenhuizen hadden moeite om generatoren online te brengen en werden geconfronteerd met generatoren die oververhit raakten.

De factoren die dit effect bepalen zijn onder meer directe parameters als de duurtijd of de frequentie, en anderzijds contextuele parameters als daar zijn de buitentemperatuur en de schaal. Veiligheidsproblemen ontstaan eveneens bij een stroompanne, doch deze zijn niet het voorwerp van de discipline gezondheid. Klassieke veiligheidsproblemen kunnen ontstaan in ziekenhuizen, liften, files, enz... .

Een belangrijke studie (Dominianni 2018), rapporteert de gezondheidseffecten van een stroomonderbreking gebaseerd op drie gebeurtenissen. Bij twee van de drie stroomonderbrekingen is de context mee bepalend; de stroomonderbrekingen vonden namelijk plaats tijdens een hittegolf. De effecten gebaseerd op dit onderzoek omvatten ademhalingsproblemen en waarschijnlijk een verhoogde mortaliteit. Stroomonderbrekingen bij hittegolven kunnen tot nierfalen leiden. Bij extreme koude leidt dit tot meer algemene doodsoorzaken en hartziekten.

Casey et al. (2020) komen op basis van een uitgebreide meta-analyse tot het besluit dat stroomuitval belangrijke gevolgen heeft voor de gezondheid, variërend van koolmonoxidevergiftiging, temperatuurgerelateerde ziekte, gastro-intestinale ziekten en sterfte in alle gevallen van hart- en vaatziekten, ademhalingsziekten en nierziekten, vooral voor personen die afhankelijk zijn van elektriciteitsafhankelijke medische apparatuur

Het is dus duidelijk dat de vermindering van de kans op stroomonderbrekingen die met het project gepaard gaat ook de kans op de bijhorende negatieve gezondheidseffecten vermindert, en dus positief beoordeeld kan worden.

6.6.5 Evaluatie van beleidseffecten

Nu moet worden nagegaan of de hierboven beschreven effecten al dan niet kunnen bijdragen tot de verwezenlijking van de beleidsdoelstellingen.

De relevante en overheersende doelstelling voor dit thema is het waarborgen van de veiligheid van de bevolking. Aangezien de centrale van Tihange een Seveso-inrichting is en derhalve onderworpen is aan strenge voorschriften, met name op het gebied van brandpreventie, preventie van zware ongevallen en daarmee samenhangende domino-effecten en jaarlijkse inspecties, wordt ervan uitgegaan dat de voortzetting van de activiteiten gedurende een periode van 10 jaar geen belemmering vormt voor de verwezenlijking van de belangrijkste politieke doelstelling van dit thema. Evenmin worden psychosomatische effecten verwacht. Wel kan worden gesproken van een positief gezondheidseffect van het langer open houden van Tihange 3, in de mate dat de kans op een black-out en de potentiële gezondheidseffecten die hier mee samengaan aanzienlijk wordt verminderd.

6.6.6 Milderende maatregelen

Op projectniveau worden geen risicobeperkende maatregelen voorgesteld, behalve om na de sluiting van Tihange 1 en 2 de Seveso-status van de locatie te verifiëren. Ingeval de installatie niet langer als Seveso-inrichting wordt aangemerkt en derhalve niet langer aan de voorschriften is onderworpen, zal nog steeds bijzondere aandacht moeten worden besteed aan de preventie van ongevallen en incidenten teneinde de veiligheidsrisico's voor de bevolking onder controle te houden (het huidige veiligheidsniveau moet worden gehandhaafd, ook al is de locatie niet langer Seveso).

6.6.7 Leemten in kennis

Voor de beoordeling van de effecten van dit thema zijn er geen leemten in de kennis. De verlening van een vergunning aan de centrale van Tihange, een Seveso-inrichting met een lage drempel, en de regelmatige inspecties door de RAM-cel wijzen erop dat de centrale voldoet aan de wettelijke voorschriften en dat de mogelijke risico's van zware ongevallen onder controle zijn.

6.7 Grensoverschrijdende effecten

De meeste niet-radiologische gevolgen van het uitstel van de desactivering van Tihange 3 blijven beperkt tot de onmiddellijke omgeving van de kerncentrale. Zij zijn van beperkte omvang en leiden derhalve niet tot grensoverschrijdende effecten.

Alleen de lozing van koelwater, die de temperatuur van de Maas beïnvloedt, zou over een langere afstand van invloed kunnen zijn. Gezien de temperatuurgegevens van de Maas bij het laatste meetstation voor Nederland kan de invloed van de koelwaterlozing echter als verwaarloosbaar worden beschouwd (minder overschrijdingen van 25°C en geen overschrijdingen van gemiddeld 28°C gedurende de laatste 3 jaar).

Er zij op gewezen dat verscheidene grensoverschrijdende effecten in de uitgangssituatie niet kunnen worden uitgesloten indien de deactivering niet wordt uitgesteld. Het belang en de aard van deze grensoverschrijdende effecten zullen in hoge mate afhangen van de locaties waar (theoretische) vervangingscapaciteit is gepland, de technische kenmerken van deze faciliteiten en hun vergunningskenmerken.

7 Radiologische effecten Tihange 3

7.1 Directe straling en lozingen tijdens normale uitbating

7.1.1 Huidige situatie

Zoals besproken in de algemene methodologie (§2.3.3) zijn de potentiële blootstelling aan straling voor mens en milieu bij normale uitbating gerelateerd aan directe straling en de gasvormige en vloeibare lozingen van effluënten die bepaalde concentraties aan radioactiviteit bevatten. We beschrijven hier de huidige situatie voor CN Tihange.

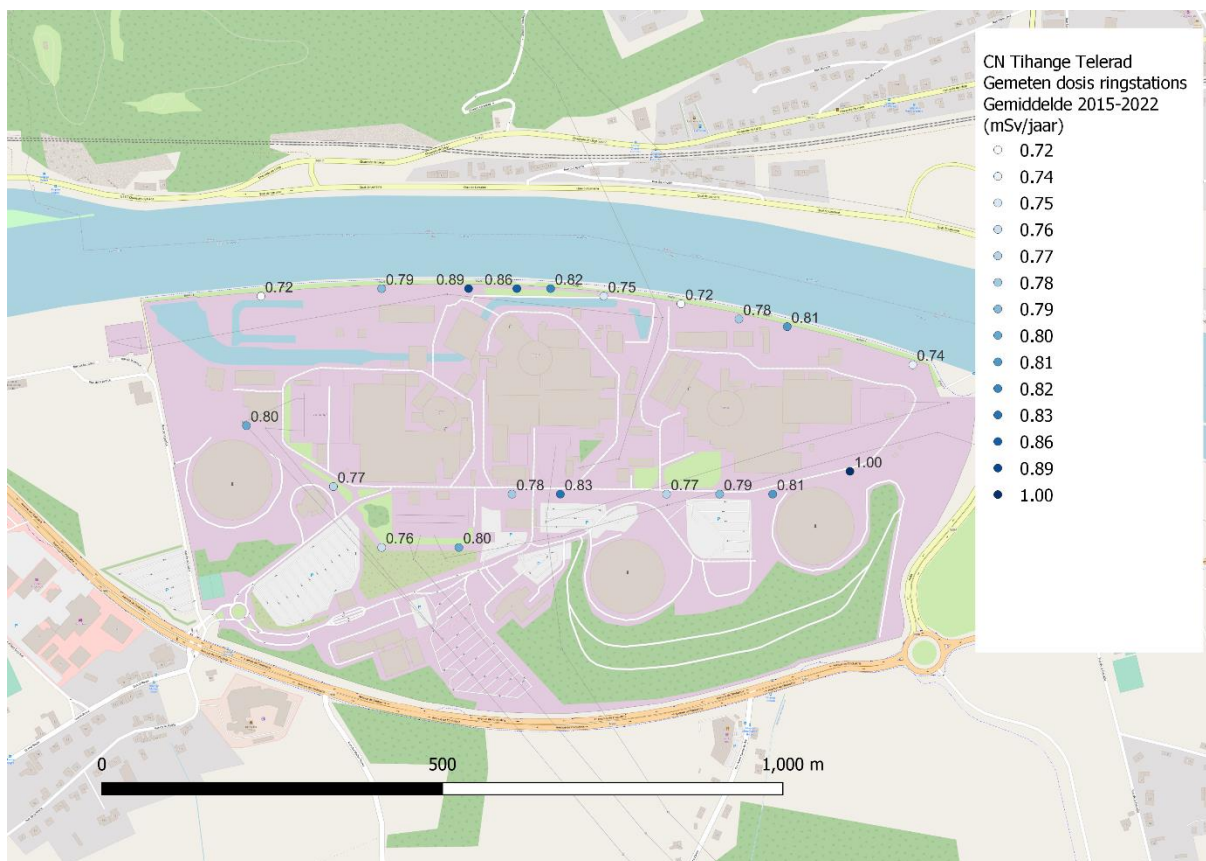
Directe straling

Het TELERAD-netwerk uitgerust door het FANC-AFCN meet continu de straling die in de omgeving aanwezig is (zie §2.3.5). Specifiek voor de site van CN Tihange bestaat het TELERAD-netwerk uit 20 ringstations geplaatst langs de perimeter van de site en zo'n 15 stations in de bredere omgeving van CN Tihange (agglomeratie stations). De ringstations zijn spectroscopische stations die naast het dosistempo ook gammaspectra registreren (ze meten eveneens de energie van de gammastraling). Dit laat toe om specifieke/typische radionucliden gelinkt aan de uitbating van CN Tihange te identificeren als ze aanwezig zijn. Alle stations meten dosistempo (omgevingsdosisequivalenttempo $H^*[10]$) en zijn in staat zowel achtergrondniveaus nauwkeurig te meten, waarbij de variatie in de natuurlijke achtergrondstraling in functie van de tijd waargenomen kan worden (bijvoorbeeld als er voldoende sneeuw ligt zal een lager dosistempo gemeten worden door afscherming van de natuurlijke straling afkomstig uit de bodem), evenals een inschatting te maken van de jaarlijkse dosis aan externe gammastraling op de locatie van elk station, alsook nauwkeurige metingen te doen bij sterk verhoogde dosistempo's (ongevalssituaties).

De ringstations kunnen, naast de natuurlijke straling uit de omgeving, zowel de rechtstreekse straling (directe straling) oppikken afkomstig van de radioactiviteit op en straling afkomstig van de site alsook deze van de radioactieve lozingen. In Figuur 92 wordt de jaarlijkse dosis¹³² getoond geregistreerd door de ringstations. In Tabel 86 zijn de data voor alle beschouwde jaren opgenomen. We zien dat gemiddelde waarden variëren tussen 0,72 en 1,00 mSv per jaar voor de verschillende ringstations. Deze waarden komen overeen met de typische waarden aan achtergrondstraling in de regio rond Hoei in Wallonië, die rond de 0,85-0,95 mSv/jaar bedraagt (0,3 mSv/jaar kosmische straling en 0,55-0,65 mSv/jaar aardstraling). De variaties kunnen toegeschreven worden aan natuurlijke radioactiviteit in de directe omgeving van elk station. Daar deze stations zowel natuurlijke als kunstmatige straling meten kan het niet uitgesloten worden dat een bijdrage, die echter zeer klein is en binnen de variaties van de natuurlijke achtergrond valt, afkomstig is van de uitbating van CN Tihange.

Deze metingen tonen in elk geval dat de dosis door externe straling veel kleiner is dan de wettelijke limiet van 1 mSv/jaar en niet te onderscheiden is van lokale variaties in de natuurlijke achtergrond.

¹³² De gemiddelde jaarlijkse dosis werd berekend voor elk Telerad ringstation door voor elk jaar uit de periode het gemiddelde dosisdebiet van de 10-minutendata te bepalen en dat met een factor $(365,25 \times 24)$ te vermenigvuldigen voor het gemiddeld aantal uren in een jaar en dan het gemiddelde te nemen over de verschillende jaren.



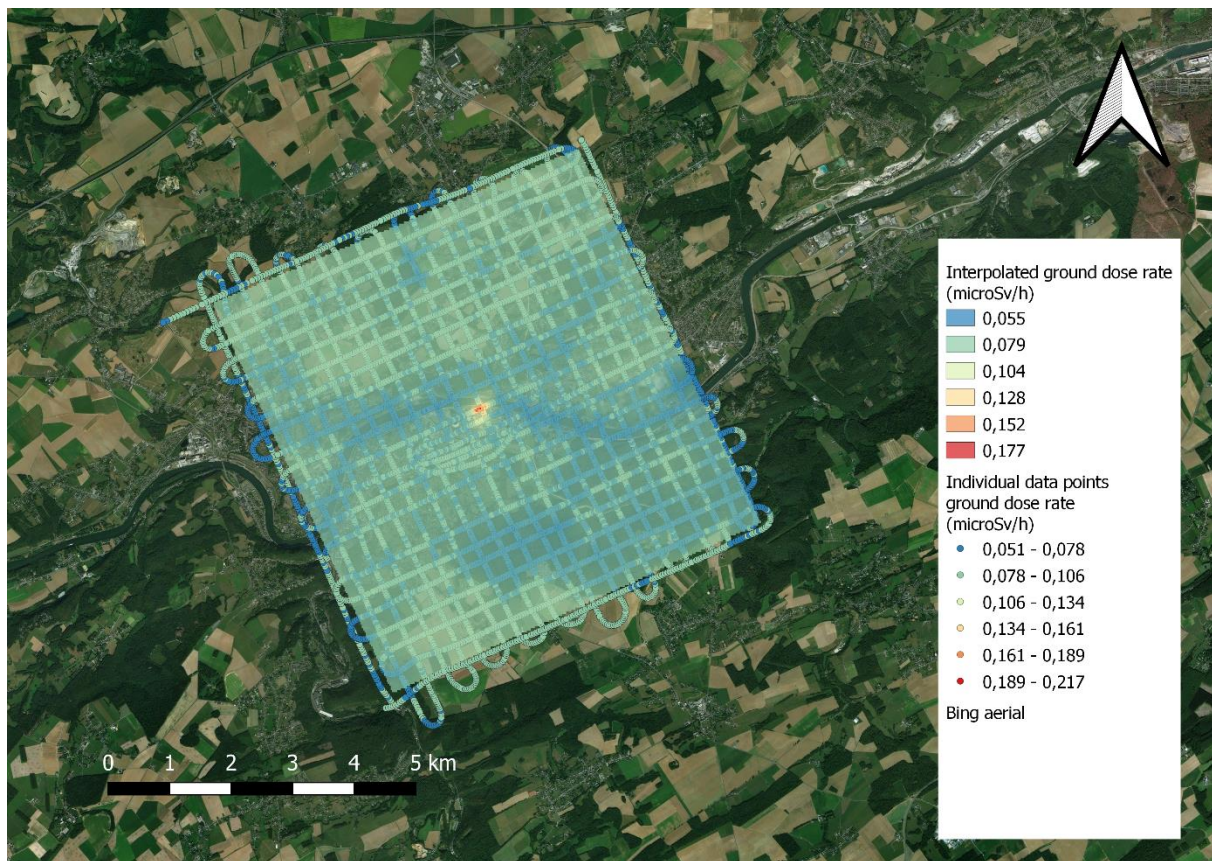
Figuur 92: Jaarlijkse dosis in mSv (gemiddelde over periode 2015 tot en met 2022) zoals gemeten door de Telerad stations uitgebaat door het FANC-AFCN rondom de site van CN Tihange (Figuur gemaakt op basis van 10-minuten data bekomen van het FANC-AFCN).

Tabel 86: Jaarlijkse dosis in mSv van externe straling zoals geregistreerd door de 20 Telerad stations rondom de site van CN Tihange (Data op basis van 10-minuten gegevens FANC-AFCN). Ook het gemiddelde en de standaardafwijking zijn gegeven.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	gem	stdv
BE501	0,790	0,796	0,793	0,809	0,807	0,811	0,778	0,777	0,795	0,013
BE502	0,757	0,770	0,753	0,781	0,780	0,762	0,757	0,752	0,764	0,011
BE503	0,781	0,784	0,781	0,782	0,764	0,760	0,758	0,763	0,772	0,011
BE504	0,790	0,817	0,818	0,807	0,818	0,796	0,783	0,784	0,802	0,014
BE505	0,748	0,725	0,755	0,754	0,706	0,697	0,693	0,695	0,722	0,026
BE506	0,817	0,782	0,792	0,807	0,802	0,774	0,777	0,768	0,790	0,016
BE507	0,967	0,860	0,878	0,918	0,899	0,885	0,871	0,853	0,891	0,035
BE508	0,917	0,858	0,853	0,889	0,857	0,832	0,850	0,838	0,862	0,026
BE509	0,848	0,820	0,823	0,843	0,823	0,832	0,801	0,793	0,823	0,018
BE510	0,804	0,766	0,774	0,766	0,760	0,725	0,725	0,719	0,755	0,028
BE511	0,757	0,732	0,733	0,732	0,699	0,696	0,696	0,696	0,718	0,022

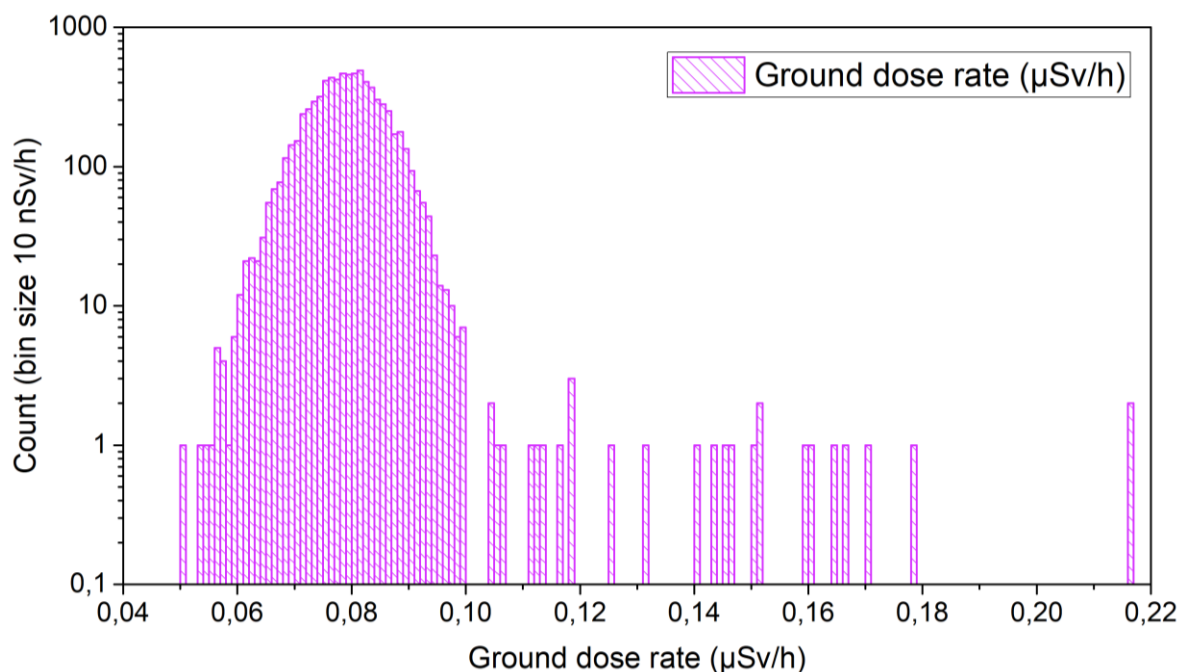
BE512	0,753	0,752	0,749	0,751	0,798	0,825	0,827	0,822	0,785	0,034
BE513	0,826	0,803	0,802	0,820	0,825	0,825	0,790	0,784	0,809	0,016
BE514	0,749	0,738	0,740	0,750	0,752	0,754	0,729	0,726	0,742	0,010
BE515	1,201	0,965	0,880	1,111	1,154	1,041	0,828	0,809	0,999	0,141
BE516	0,815	0,824	0,819	0,820	0,821	0,805	0,809	0,806	0,815	0,007
BE517	0,788	0,797	0,801	0,803	0,806	0,807	0,781	0,774	0,795	0,012
BE518	0,807	0,749	0,752	0,753	0,764	0,795	0,791	0,784	0,774	0,021
BE519	0,820	0,832	0,837	0,847	0,845	0,840	0,815	0,815	0,831	0,012
BE520	0,781	0,777	0,778	0,786	0,784	0,788	0,785	0,781	0,783	0,004

In het kader van een nucleaire noodplanoefening werd er op 8 juni 2021 in een samenwerking tussen SCK CEN, IRE, Defensie, FANC-AFCN en in overleg met de uitbater van CN Tihange een helikoptervlucht uitgevoerd boven CN Tihange en wijdere omgeving met radiologische apparatuur aan boord die specifiek bedoeld is om de contaminatie na een ongeval in kaart te brengen. Deze apparatuur bestaande uit 4x4 liter NaI(Tl) detectoren is ook voldoende gevoelig om variaties in de natuurlijke achtergrond te detecteren of artificiële bronnen van radioactiviteit op te sporen. De resultaten van deze metingen zijn getoond in Figuur 93. Figuur 94: De verdeling van het dosistempo voor alle metingen uitgevoerd boven CN Tihange en wijdere omgeving (7 km x 7 km). Slechts een heel klein aantal metingen toont waarden boven 0.100 $\mu\text{Sv/h}$. Deze figuur is het resultaat van 2 vluchten: één in parallelle vluchtpaden volgens de vallei van de Maas en één vlucht met vluchtpaden loodrecht op de vallei van de Maas. De figuur toont het dosistempo in $\mu\text{Sv/uur}$ ($\mu\text{Sv/h}$) elke seconde langs het pad van de helikopter, gecorrigeerd voor de hoogte boven het terrein, die sterk varieert omwille van de ligging van CN Tihange in de vallei van de Maas. De correctie voor hoogte boven de grond zorgt ervoor dat het bekomen dosistempo representatief is voor de blootstelling door externe straling aan de grond, eventueel voor een gemiddelde waarde over de oppervlakte van een cirkel met een straal die grofweg overeenkomt met de hoogte waarop de helikopter boven de grond vliegt daar de meetapparatuur vanuit de helikopter straling waarneemt die vanuit verschillende richtingen komt. De typische vlieghoogte bedraagt 150 meter.



Figuur 93: Het dosistempo in microSv per uur ($\mu\text{Sv/h}$) aan de grond bepaald op basis van helikoptermetingen na correctie voor hoogte boven grond boven de CN Tihange en wijdere omgeving. De schaal en kleuren zijn gekozen om kleine verschillen in het dosistempo zichtbaar te maken, zo kan je bv. heel duidelijk de loop van de Maas herkennen, door de lagere natuurlijke radioactiviteitsniveaus gemeten boven water. Een kleine verhoging is zichtbaar boven CN Tihange: zie ook Figuur 95 en tekst).

Het dosistempo varieert over de hele regio waar de helikoptervlucht werd uitgevoerd, inclusief de site van CN Tihange tussen 0,050 microSv/uur en 0,217 microSv/uur, waarbij echter op een klein aantal metingen na (boven de site van CN Tihange en waarop we verder terugkomen) alle resultaten tussen 0,05 microSv/uur en 0,10 microSv/uur liggen (Figuur 94). Dit komt overeen met een dosis aan externe straling van 0,44 mSv tot 0,88 mSv/jaar als we de helikopterwaarden als representatief voor een volledig jaar beschouwen. De spreiding is wat groter in vergelijking met de Telerad metingen, met vooral meer waarden aan de lagere kant. Dit is grotendeels toe te schrijven aan het feit dat water (de Maas) lagere natuurlijke concentraties aan radioactiviteit bevat als grond en dat de Maas steeds in het gezichtsveld ligt van de stralingsdetectoren in de helikopter boven het gebied van de Maasvallei (ook duidelijk zichtbaar in Figuur 93). Verder gaat het hier om data gemeten gedurende slechts 1 seconde, terwijl de TELERAD-data gemiddelden zijn over verschillende jaren. Er was geen regen op het ogenblik van de helikoptermetingen en alle drie de reactoren waren in gebruik voor elektriciteitsproductie op het moment van de vlucht. De range aan waarden is consistent met typische achtergrondwaarden, buiten de beperkte verhoging gemeten boven de site van CN Tihange (zie verder). De gebruikte schaal en kleuren zijn gekozen om kleine verschillen te visualiseren.

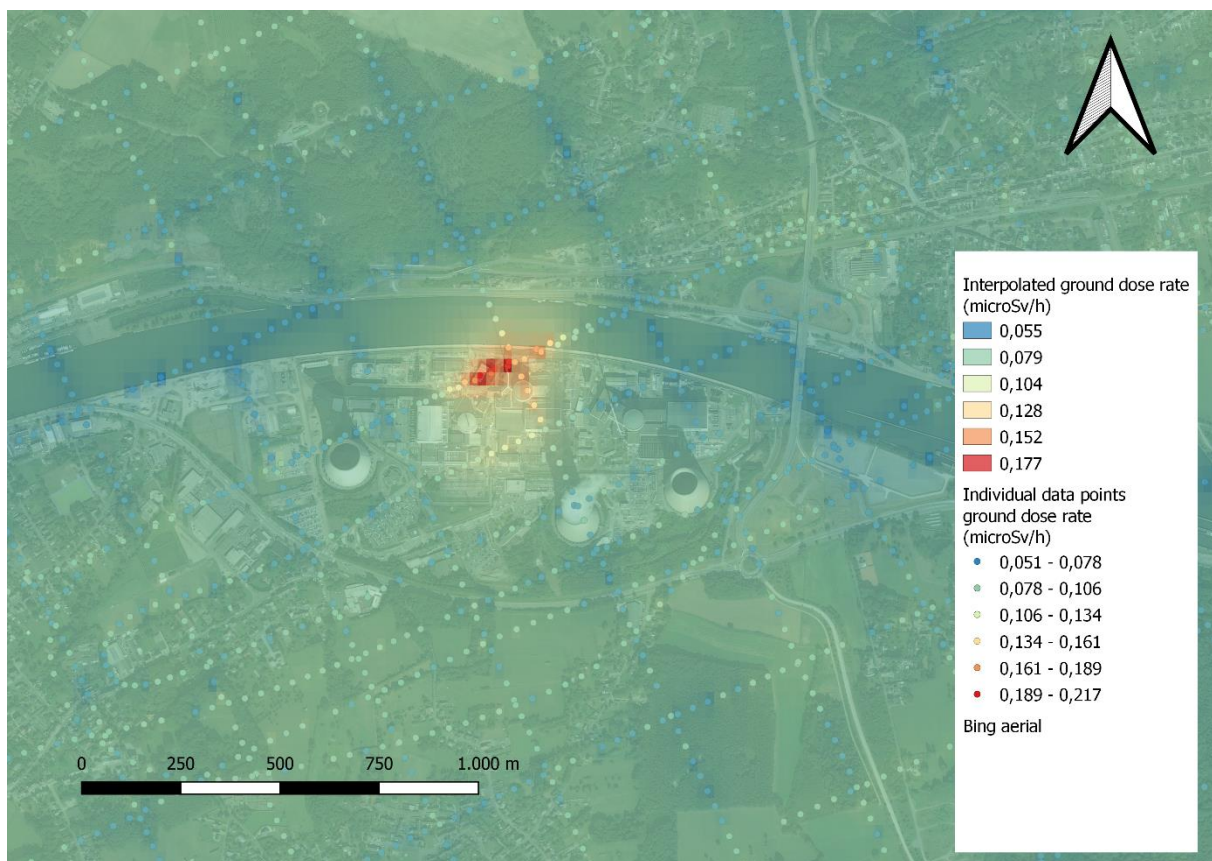


Figuur 94: De verdeling van het dosistempo voor alle metingen uitgevoerd boven CN Tihange en wijdere omgeving (7 km x 7 km). Slechts een heel klein aantal metingen toont waarden boven 0.100 $\mu\text{Sv/h}$.

Er werden een beperkt aantal metingen boven een dosistempo van 0.100 $\mu\text{Sv/h}$ geregistreerd. Deze waarden werden enkel gemeten boven de site van CN Tihange en meer bepaald boven een bepaalde locatie op de site, nl. een gebouw horende bij Tihange 2 waar radioactief afval wordt behandeld (zie Figuur 95). Op deze locatie kon ook éénduidig vastgesteld worden aan de hand van de analyse van de energie van de gemeten straling (spectroscopie) dat de gemeten verhoging komt van artificiële radioactiviteit die verbonden is met activiteiten op de site van CN Tihange. De verhoging in dosistempo zichtbaar bij het overvliegen van dit gebouw, is echter niet als een duidelijke verhoging zichtbaar door het TELERAD-ringstation dat op korte afstand van dit gebouw staat. Dit wil zeggen dat straling lateraal (voor mensen op de grond) zeer goed afgeschermd is, maar dat er minder afscherming voorzien is naar boven toe. Verder kan vastgesteld worden dat over het grootste deel van de site, inclusief bij het overvliegen van de reactoren, geen enkele verhoging t.o.v. de natuurlijke achtergrond meetbaar is, de waarden over de grootste delen van de site zijn niet hoger dan de gemiddelde waarde buiten de site.

Samen met de TELERAD-metingen tonen deze helikoptermetingen dat de radioactiviteit en straling in de verschillende gebouwen en op de terreinen van CN Tihange zeer goed afgeschermd zijn voor mensen in de omgeving. De gemeten waarde is ook veel kleiner dan de referentiewaarde van 10 $\mu\text{Gy/h}$ waaronder de gevolgen voor het milieu (fauna en flora) te verwaarlozen zijn¹³³ en ligt ook onder de range van 3-30 $\mu\text{Gy/h}$ gerapporteerd in ICRP-publicatie 136. Er zijn dan ook geen schadelijke effecten voor vogels die mogelijks verblijven op het dak.

¹³³ J. Garnier-Laplace & R. Gilbin (Eds.), *Derivation of Predicted No Effect Dose Rate values for ecosystems (and their sub-organisational levels) exposed to radioactive substances*, ERICA Deliverable D5, European Commission, 6th Framework, Contract N° FI6RCT-003-508847, 2006.



Figuur 95: Uitvergroting van de helikoptermetingen boven de site van CN Tihange. Meer uitleg: zie tekst, de schaal en kleuren zijn gekozen om kleine verschillen duidelijk zichtbaar te maken.

Atmosferische lozingen

De atmosferische lozingen vinden hun oorsprong en/of zijn toe te schrijven aan de volgende processen:

- Gasvormig afval (GW)
 - Ontgassing van de primaire kring wordt opgeslagen in verval tanks van het afgasverwerkingssysteem, deze worden na een periode van verval geloosd;
- Reactorgebouw of ringvormige ruimte (RGI)
 - Afvoer van het gas dat aanvankelijk door een luchtzuiveringssysteem wordt overgebracht vanuit het reactorgebouw of de ringvormige ruimte;
- Intermitterende ontlading (DIS)
 - Intermitterende, voornamelijk onvrijwillige of gedwongen lozing die plaatsvindt via een nucleaire ventilatie-uitlaat. Het betreft geplande lozingen (met uitzondering van de proeflozingen van I-131). Het gebruik van deze categorie is voor pieken boven continue lozingen waarvan de oorsprong moeilijk of niet te achterhalen is;
- Continue afvoer
 - Continue afvoer uit verschillende niet-controleerbare bronnen die plaatsvindt via de nucleaire ventilatie;

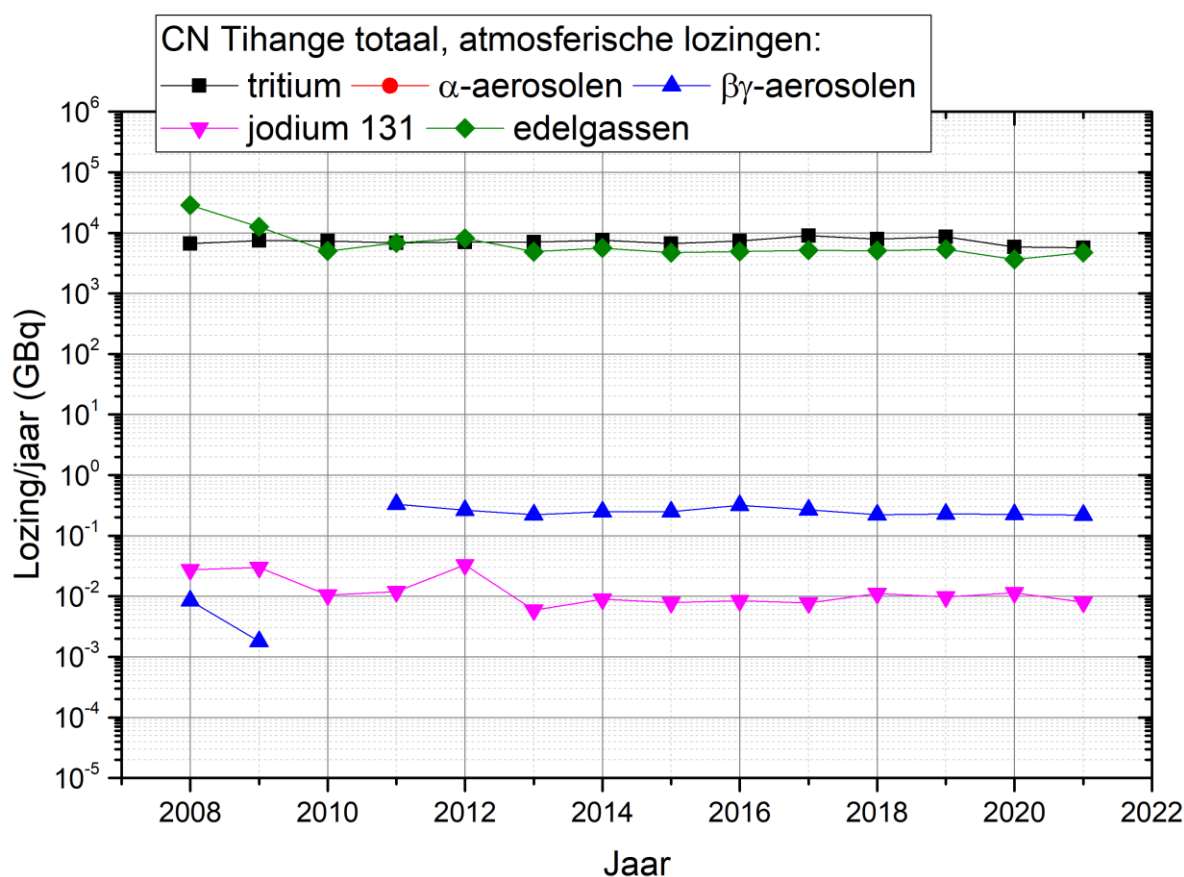
- Jodiumtesten
 - Lozingen van I-131 tijdens jodiumtesten. Alle koolstoffilters worden periodiek getest met radioactief jodium, namelijk met I-131.

In Tabel 87 zijn de lozingslimieten voor de hele site CN Tihange in jaarlijkse totale activiteit (zijnde 12 glijdende maanden) voor de verschillende groepen en/of individuele radionucliden gegeven. De uitbater moet ook maandelijks een overzicht van de lozingen overmaken aan het FANC-AFCN. Daarnaast zijn er ook specifieke uitbatingslimieten voor ogenblikkelijke concentraties aan lozingen voor de verschillende eenheden.

Tabel 87: Atmosferische lozingslimieten voor de volledige site van CN Tihange (uitbatingsvergunning CN Tihange)..

Type	Lozingslimieten technische specificaties
Edelgassen	2.220 TBq
I-131	14.8 GBq
Aerosolen (bèta-gamma en alfa)	111 GBq
Tritium	55,5 TBq

Er dient opgemerkt te worden dat lozingen van koolstof-14 (^{14}C) en argon-41 (^{41}Ar) niet worden gemonitord omdat deze moeilijk meetbaar zijn, en conservatief bepaald worden op basis van het vermogen van de reactor. Desondanks enkel jodium-131 wordt gemonitord en gerapporteerd, worden andere jodium-isotopen, met name jodium-133 (^{133}I) berekend op basis van de jodium-131 metingen.

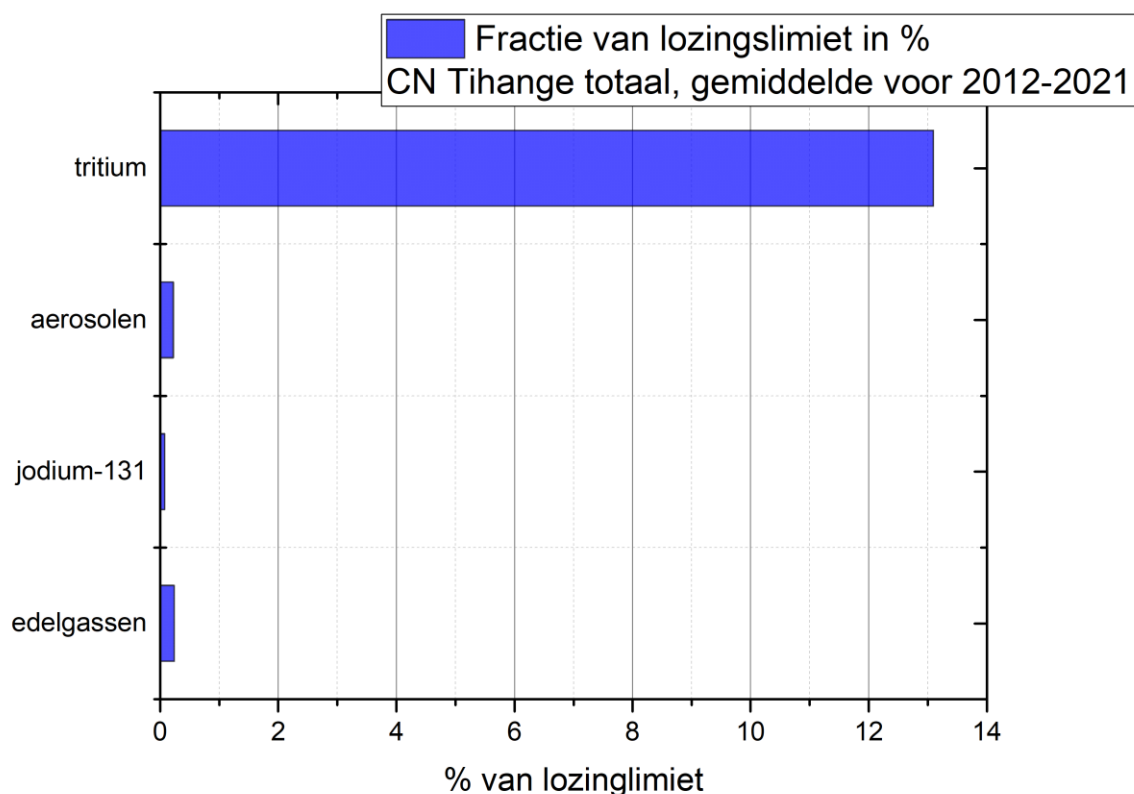


Figuur 96: Gasvormige lozingen per jaar voor de totale site van CN Tihange¹³⁴.

De atmosferische lozingen per jaar voor de verschillende groepen radionucliden zoals gerapporteerd aan de autoriteiten en o.a. ook terug te vinden in de RADD database van de Europese Commissie (<https://europa.eu/radd/>) voor de jaren 2008-2021 zijn weergegeven in Figuur 96. Deze lozingen zijn de atmosferische lozingen voor de hele site van CN Tihange. Ze zijn uitgezet op een logaritmische schaal gezien de belangrijke verschillen in lozingen tussen de verschillende groepen radionucliden. De schijnbaar verhoogde waarden vanaf 2011 van de bèta-gamma aerosolen zijn toe te schrijven aan een nieuwe richtlijn m.b.t. het rapporteren¹³⁴. Iedere geloosde activiteit kleiner dan de detectielimiet van de meetketens wordt uit conservatief oogpunt voor 25 % van de detectielimiet in de lozing in rekening gebracht. De variaties (afgezien van de sprong in 2011 voor bèta-gamma aerosolen) in de atmosferische lozingen per jaar zijn toe te schrijven aan variaties in het werkingsregime van de reactoren. De globale trend is dat lozingen constant zijn over een langere periode.

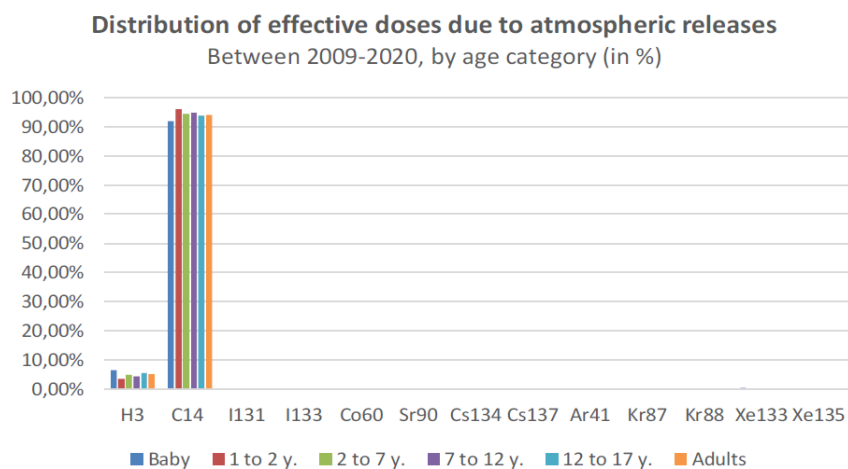
Deze atmosferisch reëel geloosde waarden kunnen getoetst worden aan de lozingslimieten volgens de uitbatingsvergunning van CN Tihange (zoals gegeven Tabel 87). De resultaten van deze vergelijking zijn te vinden in Figuur 97 als percentage van de lozingslimiet per groep en dit voor de periode van 2012-2021. De reële atmosferisch geloosde hoeveelheden zijn slechts een fractie van de lozingslimieten. Voor de meeste groepen aan radionucliden is dit ruim onder de 1 % van de lozingslimieten. Voor tritium is dit zo'n 13 % van de lozingslimieten.

¹³⁴ Alle informatie over lozingen van Klasse 1 installaties waaronder KC Doel zijn terug te vinden op de website van het FANC-AFCN: <https://fanc.fgov.be/nl/professionals/nucleaire-inrichtingen-klasse-i/toezicht-van-radioactieve-lozingen-van-klasse-i>



Figuur 97: Lozingen als percentage van de lozingslimiet voor verschillende categorieën van de gasvormige lozingen voor de volledige site van CN Tihange, gemiddelde over 10 jaar van 2012-2021.

De impact (dosisbelasting) van de gasvormige lozingen wordt verderop geanalyseerd samen met deze van de vloeibare lozingen. Figuur 98 toont echter het belang van koolstof 14 (C-14) voor de dosis in het geheel van de atmosferische lozingen voor de site van CN Tihange. Koolstof 14, eveneens een natuurlijk radionuclide, is voor meer dan 90 % verantwoordelijk voor de dosisbelasting ten gevolge van de atmosferische lozingen en dit voor alle leeftijdscategorieën.



Figuur 98: Verdeling van de effectieve dosis in percent voor de totale dosisimpact van de gasvormige lozingen per leeftijdscategorie en per geloosd radionuclide voor de periode 2009-2020^{boxiii}.

Vloeibare lozingen

Net zoals voor Doel 4 zijn de vloeibare radioactieve effluënten hoofdzakelijk afkomstig van de proceskringen, bijvoorbeeld de kringen voor de behandeling van primair koelwater in de kerncentrales en zijn in mindere mate afkomstig van allerlei afvalwater ontstaan onder andere tijdens decontaminatie van vloeren, materiaal in de nucleaire zone.

De belangrijkste radionucliden in de vloeibare effluënten zijn dezelfde als voor Doel, met name tritium onder de vorm van getritieerd water, bèta, gamma-stralers met name ^{58}Co , ^{60}Co , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ en alfa-stralers voornamelijk ^{241}Am .

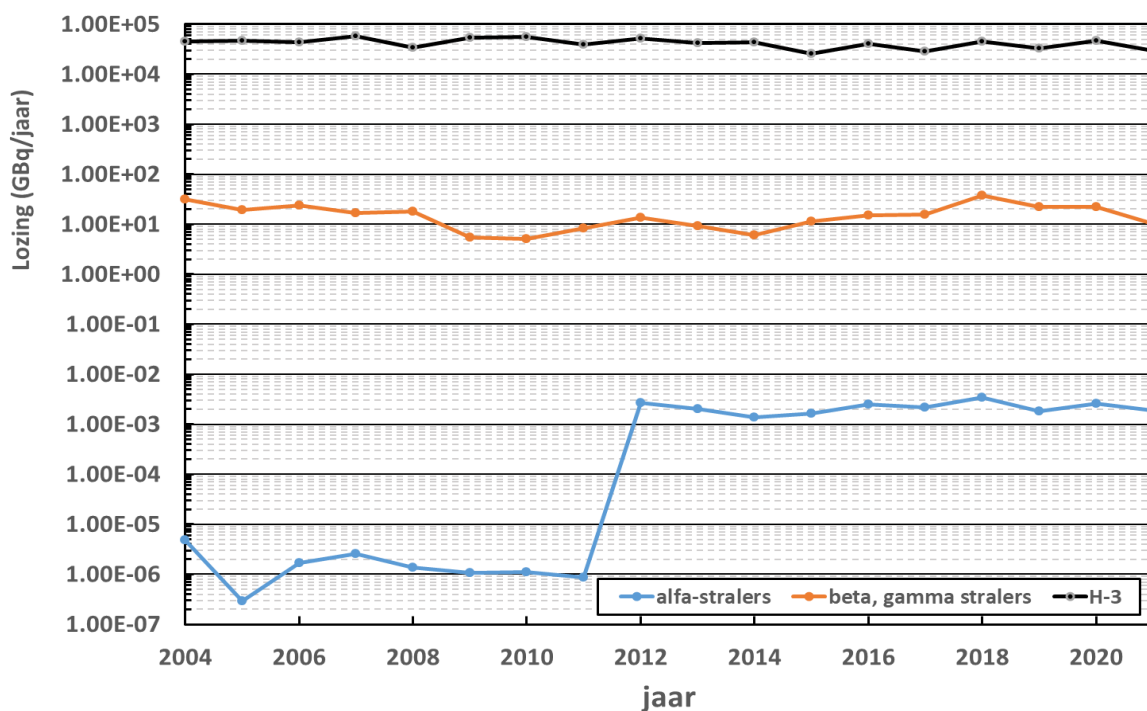
De mogelijke impact van de lozingen op mens en milieu worden door FANC-AFCN geëvalueerd door regelmatig stalen van het water, het sediment, de waterplanten, vissen en schaaldieren te nemen en de gehalten aan radioactiviteit te meten (verslagen staan op <https://fanc.fgov.be/nl/publicaties/verslagen-van-het-radiologisch-toezicht-belgie>). Complementair aan het toezichtsprogramma van FANC-AFCN heeft de kerncentrale van Tihange sedert 2012 ook een beperkt monitoringsprogramma waarbij de focus ligt op bio-indicatoren zoals waterplanten en mossen. Ook bodem en sedimentstalen worden genomen omdat deze radionucliden kunnen accumuleren.

De lozingen voor CN Tihange zijn veel lager dan de lozingslimieten weergegeven in Tabel 88. Gedurende de periode 2014-2021 werd er minder dan 3 % van de jaarlimiet van de bèta en gammastralers geloosd door de site (Figuur 97). De tritiumlozingen zijn ook beneden de jaarlimiet en bedroegen gemiddeld 25 % van de jaarlimiet in de periode 2014-2021. Voor de alfastralers werd er in die periode minder dan 0,2 % van de lozingslimiet geloosd.

De lozingen van tritium en bèta-gamma stralers in de Maas blijft nagenoeg stabiel over de periode 2004-2021, terwijl de lozingen van de alfa stralers met een factor 400 stijgen over de periode 2011-2012 om daarna terug te stabiliseren (Figuur 96). De tritiumlozingen maken 99,9 % uit van de geloosde activiteit (Tabel 88) en leveren de belangrijkste bijdrage aan de dosis (Figuur 97). Voor de site van Tihange zijn primaire vloeibare lozingen het meest radioactief. Deze effluënten worden evenwel verdund met "koude" effluënten van technische ruimten en lokalen, alsmede met condenswater dat uit de koeltorens wordt teruggewonnen. Ook wordt door voorbehandeling, de radioactiviteit verminderd. Op basis van deze resultaten kunnen geen radiologische problemen worden gemeld.

Tabel 88: Lozingslimieten voor vloeibare effluënten voor de totale CN Tihange site.

Radionuclide categorie	
Tritium	147 TBq/jaar
Bèta en gamma, (exclusief tritium en opgeloste edelgassen)	0,89 TBq/jaar
Alfastralers	2,2 GBq/jaar

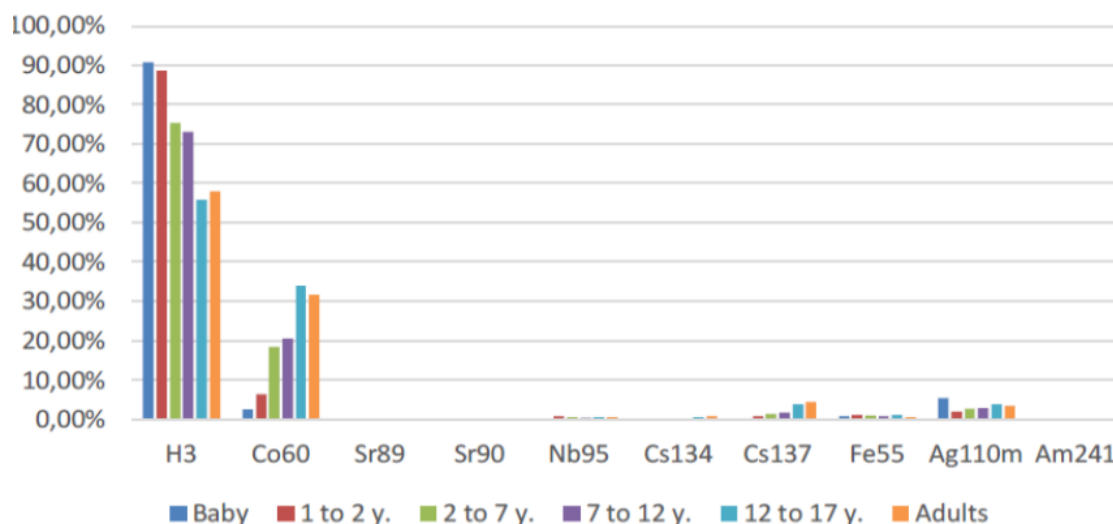


Figuur 99: Evolutie van de vloeibare lozingen van Kerncentrale Tihange in de Maas voor de periode 2004-2021^{bxvii}.

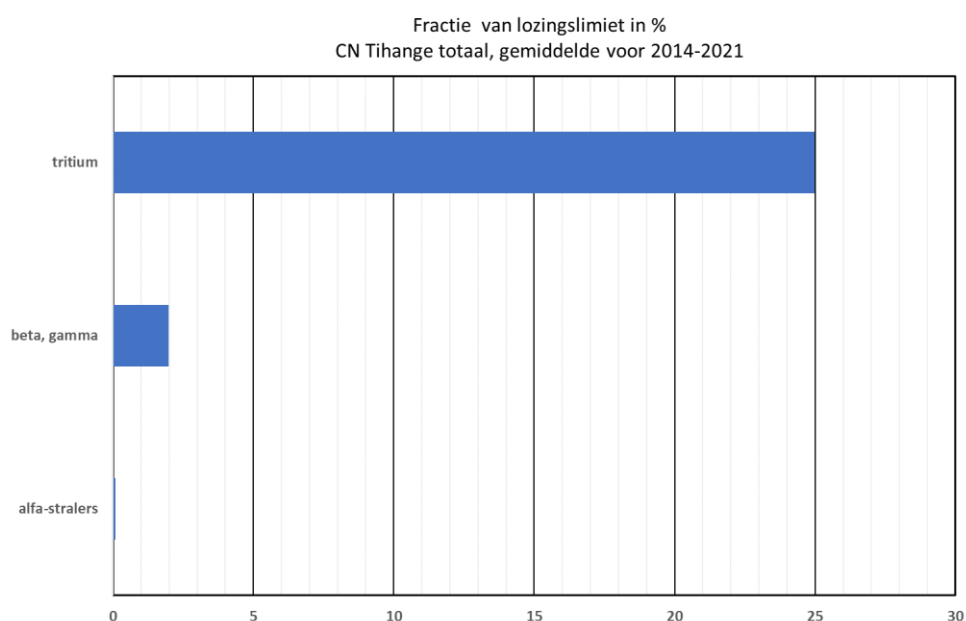
Voor de berekening van de dosis naar de representatieve persoon ten gevolge van lozingen in de Maas worden de volgende blootstellingswegen beschouwd:

- Interne bestraling door:
 - consumptie van rivierwater als drinkwater;
 - consumptie van vis.
- Externe blootstelling door verblijf op oevers, door scheepvaart, door verblijf op bodem besmet met uitgebaggerd bedsediment.
- Gebruik van het rivierwater voor irrigatie van voedingsgewassen, gras en voor het drenken van de veeteelt.

De dosis voor de representatieve persoon werd ook berekend voor de 6 leeftijdsklassen, rekening houdend met de consumptiewaarden vermeld in de richtlijn van FANC-AFCNi. Zoals voor de berekening van de dosis ten gevolge van de atmosferische lozingen wordt er een kritische persoon verondersteld die permanent aanwezig is op de plaats van maximale dosisbelasting en die zijn voedsel haalt uit een gebied waar de afzetting van de geloosde radionucliden maximaal is.



Figuur 100: Verdeling van de effectieve dosis per radionuclide en leeftijdscategorie ten gevolge van de vloeibare lozingen in de Maas.



Figuur 101: Vloeibare lozingen in % van het lozingslimiet voor vloeibare lozingen in de Maas.

Metingen in de omgeving

De metingen in de omgeving bestaan uit het toezichtprogramma georganiseerd door het FANC-AFCN en een specifiek monitoring programma door de uitbater. Daarnaast zijn ook nog ad-hoc metingen beschikbaar die uitgevoerd worden in kader van wetenschappelijk onderzoek en/of tijdens oefeningen m.b.t. het voorbereid zijn op noodsituaties. Het toezichtprogramma voor het Belgische grondgebied georganiseerd door het FANC-AFCN, dat gelijkaardig is voor de omgeving van Doel en Tihange werd reeds besproken in deel methodologie. De resultaten van de continue metingen (TELERAD) en helikoptermetingen werden reeds gegeven in de beschrijving van de huidige situatie betreffende de blootstelling aan directe straling in de omgeving van CN Tihange.

De discontinue metingen (monsternamen en analyse in laboratoria) rond CN Tihange bepalen de radioactiviteitsniveaus van de stofdeeltjes in de lucht, afzetting in depositiebakken (droge en natte afzetting), bodem en gras, water en sedimenten, waterplanten, mos en mosselachtigen nabij CN Tihange (stroomafwaarts). Er worden stalen genomen als vergelijkingspunt stroomopwaarts van Tihange in Andenne (en dus niet geïmpacteerd door de lozingen) en stroomafwaarts te Ampsin en Lixhe (grens België en Nederland). Een uitvoerige beschrijving van dit programma (genomen stalen, frequentie, geanalyseerde radionucliden, ...) kan gevonden worden in de jaarlijkse synthesesrapporten te vinden op de website van het FANC-AFCN vanaf het jaar 1996^{boxiv}. Details van het aan CN Tihange gelinkt toezichtsprogramma van FANC-AFCN kunnen teruggevonden worden in Tabel 89. Er worden stalen stroomopwaarts en stroomafwaarts genomen. Het water van de Maas na zuivering wordt als drinkwater gebruikt door een aanzienlijk deel van de Belgische en Nederlandse bevolking, daarom is de bemonstering en analyse van radionucliden vrij uitgebreid.

Tabel 89: Toezichtsprogramma van FANC-AFCN in de omgeving van CN Tihange.

Compartiment	Type meting	Frequentie
Atmosfeer – radioactieve stofdeeltje in de lucht	Gamma spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb Bèta totaal op papierfilters na 5 dagen verval	om de 4 weken dagelijks
Atmosfeer – oppervlakte afzetting (droog en via neerslag)	Gamma spectrometrie (onbehandeld water): ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I Bèta totaal, alfa totaal, ^3H , ^{90}Sr (gefilterd water) Bèta totaal en alfa totaal (filterneerslag)	om de 4 weken
Bodem – grond en gras	Gamma spectrometrie: ^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	jaarlijks
Maas - water	Gamma spectrometrie: ^7Be , $^{134-137}\text{Cs}$, $^{141-144}\text{Ce}$, $^{103-106}\text{Ru}$, ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{226}Ra , ^{131}I Bèta totaal, alfa totaal, ^3H , ^{40}K , ^{90}Sr	om de 2 weken
Maas – sedimenten	Gamma spectrometrie: ^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	om de 4 weken
Maas stroomafwaarts – waterplanten, mos, mosselachtigen (Andenne, Ampsin, Lixhe) –	Gamma spectrometrie: ^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 organisch ^3H	driemaandelijks
Effluenten (vloeibare lozingen) van de nucleaire site	Gamma spectrometrie: ^7Be , ^{51}Cr , ^{55}Fe , ^{95}Nb , ^{95}Zr , $^{101-106}\text{Ru}$, $^{141-144}\text{Ce}$, ^{131}I , ^{113}Sn , $^{123\text{m}}\text{Te}$, $^{124-125}\text{Sb}$, $^{134-137}\text{Cs}$, $^{(57)-58-60}\text{Co}$, ^{54}Mn , ^{65}Zn , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ Beta spectrometrie: ^3H	om de 2 weken

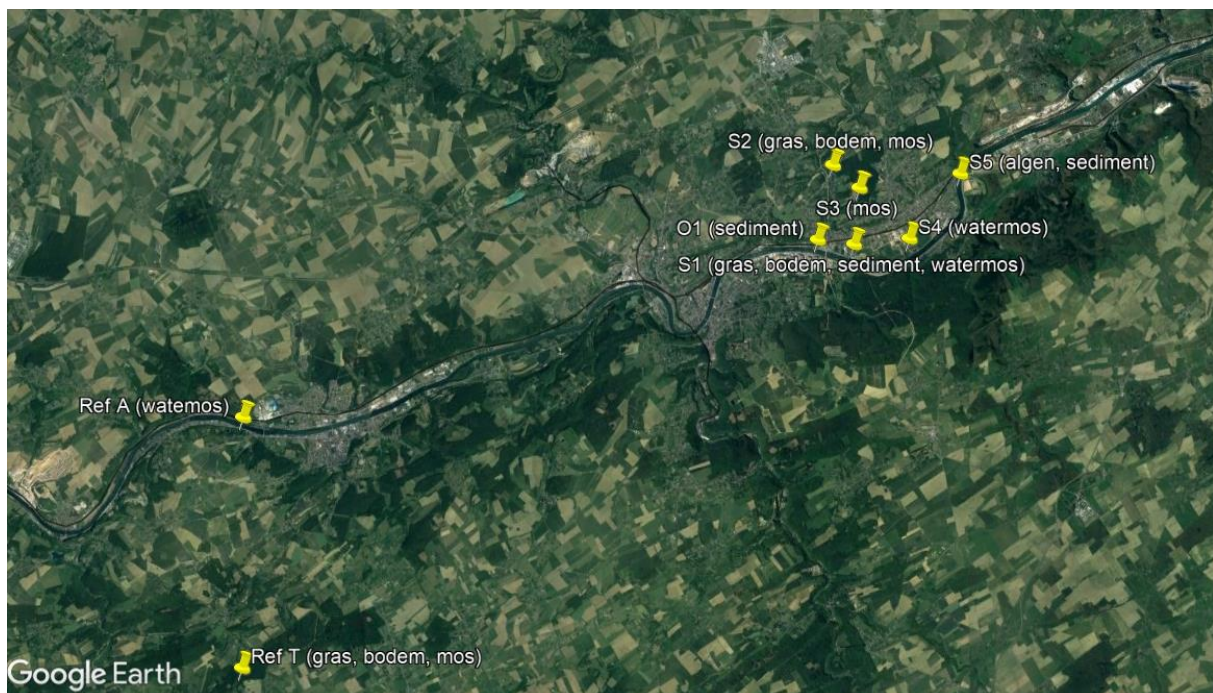
Naast het toezichtprogramma van het grondgebied uitgevoerd door FANC-AFCN organiseert de exploitant van CN Tihange een eigen monitoringsprogramma dat bestaat uit:

- Dosismetingen m.b.v. 18 Thermo Luminescentie Detectoren (TLDs) die aan de perimeter van de site geplaatst zijn (één per sector van 20°). Zij geven de geïntegreerde dosis door externe straling;
- Een monitoringsprogramma aanvullend op het toezichtprogramma van het FANC-AFCN waarbij éénmaal per jaar monsters worden genomen en geanalyseerd. Voor CN Tihange is dit sinds 2012 gestart. Dit programma heeft een

beperkte frequentie t.o.v. het staalnameprogramma maar focus ligt enerzijds volledig op artificiële radionucliden potentieel gelinkt aan uitbating CN Tihange en anderzijds worden specifieke stalen onderzocht zoals deze van bio-indicatoren, dit zijn organismen die in het bijzonder bepaalde radionucliden concentreren en het dus mogelijk maken om eventuele evoluties in de tijd te volgen. Dit programma is weergegeven in Tabel 90 voor het jaar 2021. Het programma werd in de loop van de jaren wat uitgebreid met extra locaties en een aantal keren extra sedimentbemonstering. Het sediment wordt nu ook bemonsterd aan het lozingspunt (O1 op onderstaande kaart).

Tabel 90: Monitoringsprogramma exploitant

Specifieke staalname	Locatie en frequentie	Meetspecificaties
Bio-indicator: korst(mos) Bodem Gras	Jaarlijks op 2 locaties (S1 en S2) in dominante windrichting en 1 referentielocatie (Ref T)	Gamma spectroscopie (^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}I , ^{60}Co , ^{95}Nb , $^{110\text{m}}\text{Ag}$), ^3H , ^{14}C (gras, mos)
Aquatiscche bio-indicator (mos, algen)	Jaarlijks op 2 locaties S1, S4 (watermos) en S5 (algen) stroomafwaarts en 1 referentielocatie (Ref A) stroomopwaarts	Gamma spectroscopie (^{134}Cs -en ^{137}Cs -, ^{131}I , ^{60}Co , ^{95}Nb -, $^{110\text{m}}\text{Ag}$), ^3H , ^{14}C
Sediment	Tweemaal per jaar op 3 locatie (O1, S1, S5) stroomafwaarts	Gamma spectroscopie (^{134}Cs -en ^{137}Cs -, ^{131}I , ^{60}Co , ^{95}Nb -, $^{110\text{m}}\text{Ag}$),



Figuur 102: Locaties van staalname voor aanvullend programma uitgevoerd door de exploitant van CN Tihange (benamingen zie Tabel 90, achtergrondmap: Google Earth Map).

Het discontinue programma dat via staalname en laboanalyse een hogere gevoeligheid heeft voor het detecteren van potentiële artificiële radionucliden rondom CN Tihange toont, net zoals voor Doel, aan:

- in de eerste plaats het ruime overzicht van de natuurlijke radioactiviteit (voornamelijk ^{40}K);

- dat wat de artificiële radioactiviteit betreft, sporen van Cs-137 kunnen gemeten worden in de bodem (3,8 Bq/kg in 2021¹³⁵) die quasi volledig toe te schrijven zijn aan het ongeval in Tsjernobyl en aan de fall-out van de kernproeven in de atmosfeer (die een hoogtepunt kenden in de jaren 1960). De concentraties gemeten in de omgeving van Tihange zijn gemiddeld voor deze in België. Door verschillen in meteorologische omstandigheden (regen) bij het overtrekken van de radioactieve wolk na het ongeval in Tsjernobyl zijn er ruimtelijke verschillen waarneembaar in België;
- dat de artificiële transurane alfastralers (Pu en Am) van hun kant niet meetbaar zijn.

Als besluit kan gesteld worden dat de kerncentrale van Tihange geen significant meetbare radiologische impact op de omgeving heeft via de atmosferische lozingen en evenmin een significante meetbare radiologische impact op de Maas. Een analyse van de meetresultaten in de omgeving van CN Tihange is altijd representatief voor alle activiteiten op de site. De impact van de Tihange 3 reactor zal kleiner zijn. Dit betekent dat de conclusies voor de gehele site dus in het bijzonder ook gelden voor de uitbating van Tihange 3.

Impact op de mens

De huidige radiologische toestand en de invloed van de activiteiten van de site CN Tihange is erg goed gekarakteriseerd door de combinatie van het monitoren van de lozingen gekoppeld aan berekeningen van de dosisimpact en het monitoren van radioactiviteit en straling in de omgeving van CN Tihange.

Eenzijds kunnen we kijken naar de radiologische impact van de vergunde lozingslimieten voor CN Tihange als geheel (3 reactor-eenheden¹³⁶ en alle bijkomende infrastructuur) voor de gasvormige en vloeibare lozingen. De conservatief ingeschatte dosis volgens de methodologie beschreven in §2.3.3.3 wordt gegeven in Tabel 91. Het betreft de effectieve dosis per jaar voor een representatief persoon per leeftijdscategorie. Hierbij herinneren we eraan dat een representatief persoon, de meest blootgestelde persoon is, iemand die o.a. constant (het volledige jaar) verblijft nabij de sitegrens waar de impact het hoogst is en enkel voedsel consumeert dat geproduceerd wordt nabij de kerncentrale. De maximale effectieve dosis per jaar van gasvormige en vloeibare lozingen corresponderend aan de lozingslimieten per jaar bedraagt zo'n 0,22 mSv voor het kritieke individu, met name de representatieve persoon van de leeftijdscategorie die de hoogste dosis ontvangt. Deze waarde is voor tieners, voor alle andere leeftijdscategorieën wordt een lagere effectieve dosis gevonden. Dit is ruim onder de effectieve dosislimiet voor het publiek van 1 mSv/jaar. We zien dat voor de lozingslimieten er een bijzonder grote variatie is in de effectieve dosis per leeftijdscategorie als gevolg van de vloeibare lozingen, dit heeft vnl. met het dieet te maken.

Tabel 91: Effectieve dosis per jaar voor het kritieke individu per leeftijdscategorie persoon ten gevolge van gasvormige, vloeibare en het totaal van lozingen corresponderend met de huidige lozingslimieten voor de totale site van CN Tihange.

Effectieve dosis in mSv/jaar voor de gasvormige en vloeibare lozingslimieten; site CN Tihange voor de verschillende leeftijdscategorieën, De maximale totale effectieve dosis is in het vet weergegeven,						
	Baby	1 tot 2 jaar	2 tot 7 jaar	7 tot 12 jaar	Tiener (12-17 j)	Volwassene (> 17)
Atmosferisch	0,134	0,185	0,145	0,132	0,143	0,130
Vloeibaar	0,014	0,017	0,050	0,042	0,077	0,081
Totaal	0,148	0,202	0,195	0,174	0,220	0,211

¹³⁵ Surveillance radiologique de l'environnement proche de la centrale nucléaire de Tihange. Résultats de la campagne de surveillance de 2021. IRE rapport, 2021.

¹³⁶ Gezien er drie reactoren operationeel waren op de site van CN Tihange tot en met 31 januari 2023 en we enkel gegevens beschikbaar hebben van voor de definitieve stopzetting van Tihange 2, beschouwen we hier CN Tihange met 3 operationele eenheden.

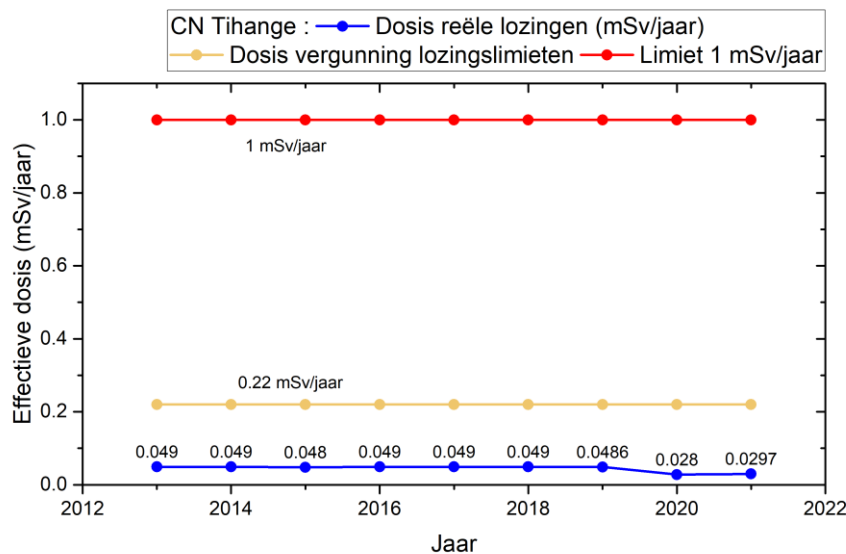
Zoals we eerder beschreven, liggen de reële gasvormige en vloeibare lozingen ruim onder de lozingslimieten en is de reële dosis die een kritiek individu ontvangt als gevolg van de uitbating van de gehele site CN Tihange veel kleiner. De effectieve dosis per jaar (gemiddeld over de jaren 2012-2021) voor een kritiek individu van de verschillende leeftijdscategorieën voor de reële gasvormige en vloeibare lozingen kan teruggevonden worden in Tabel 92. De hoogst gevonden effectieve dosis voor de reële lozingen bedraagt ongeveer 0,045 mSv/jaar, het kritieke individu zit nu in de leeftijdscategorie 1 tot 2 jaar. We zien dat de dosis voornamelijk het gevolg is van de atmosferische lozingen. Voor de periode 2009 tot 2020 is de totale effectieve dosis in hoge mate, voor meer dan 90 %, afkomstig van de lozing van koolstof-14.

Tabel 92: Effectieve dosis CN Tihange in mSv/jaar voor de reële gasvormige en vloeibare lozingen.

Effectieve dosis CN Tihange in mSv/jaar voor de reële gasvormige en vloeibare lozingen voor de periode 2009-2020 voor de verschillende leeftijdscategorieën. Ook het totaal is gegeven en de maximale effectieve dosis is in het vet aangegeven.						
	Baby	1 tot 2 jaar	2 tot 7 jaar	7 tot 12 jaar	Tiener	Volwassene
Atmosferisch	0,0125	0,0427	0,0283	0,0224	0,0219	0,0209
Vloeibaar	0,0011	0,0022	0,0017	0,0014	0,0016	0,0016
Totaal	0,0136	0,0449	0,0300	0,0238	0,0235	0,0225

Als we kijken naar de evolutie van de effectieve dosis voor het kritieke individu ten gevolge van de gasvormige en vloeibare lozingen, zoals gerapporteerd naar het FANC-AFCN, dan zien we dat deze redelijk constant blijft rond voornoemde waarde van 0.045 mSv/jaar (Figuur 103). In 2020 en 2021 zien we echter een aanzienlijke daling. Deze is het gevolg van het feit dat sinds 2019 koolstof-14 direct gemeten wordt gebruikmakend van een moleculaire zeef direct aan de schouw van Tihange 2, waarin het koolstof-14 getrapd wordt. Gemeten waarden zijn aanzienlijk lager dan deze die op basis van berekeningen geschat werden. In de analyses vanaf 2020 werden daarom de gemeten waarden voor koolstof-14 gebruikt voor Tihange 2 en Tihange 3 (gelijkaardig aan Tihange 2), terwijl voor Tihange 1 nog steeds de berekende (en dus hogere) waarden gebruikt worden. Door het gebruik maken van de reëel gemeten waarden voor koolstof-14 zijn de effectieve dosissen in 2020 en 2021 dus significant lager, en wat minder conservatief in vergelijking met het verleden. Vanaf 2019 werden ook metingen van gasvormig tritium uitgevoerd bij Tihange 2. Metingen leken ook beduidend lagere waarden te geven dan eerder conservatief bepaalde waarden. Voor 2020 en 2021 werden de resultaten van deze metingen van tritium ook in de bepaling van de effectieve dosis gebruikt voor Tihange 2 en Tihange 3, voor Tihange 1, werd net zoals bij de analyse voor koolstof 14 uitgegaan van conservatief berekende waarden. Tritium heeft echter en veel kleinere invloed op de totale effectieve dosis in vergelijking met koolstof 14.

De berekeningen op basis van het monitoren van de lozingen tonen dus een maximale impact, dit wil zeggen een effectieve dosisbelasting voor het kritieke individu van ongeveer 0,045 mSv/jaar^{xxxvi} indien we conservatief berekende waarden voor koolstof 14 beschouwen en eerder van rond of onder de 0.030 mSv/jaar indien we gemeten waarden voor koolstof-14 lozingen voor de eenheden Tihange 2 en Tihange 3 gebruiken. Deze conservatief berekende effectieve dosis voor de meest blootgestelde persoon is minstens 4,8 tot 7,3 (afhankelijk gebruikte waarde koolstof 14) keer kleiner dan de dosis overeenkomstig de lozingslimieten voor CN Tihange en 22 tot 33 keer kleiner dan de dosislimiet voor het publiek die 1 mSv/jaar bedraagt. Dit illustreert ook dat het concept van dosisoptimalisatie voor publieke blootstelling, één van de pijlers in de stralingsbescherming en besproken in §2.3.2, toegepast wordt bij de uitbating van CN Tihange.



Figuur 103: Effectieve dosis voor meest kritische individu in de omgeving van CN Tihange berekend op basis van de gerapporteerde reële lozingen^{boxvii}. Ter vergelijking is de dosislímiet voor het publiek weergegeven en de dosis die overeenkomt met de lozingslimieten.

Ook de monitoring van de omgeving toont dat CN Tihange geen meetbare radiologische impact heeft op zijn omgeving. De blootstelling in de omgeving van Tihange wordt dan ook volledig gedomineerd door de blootstelling aan natuurlijke radioactiviteit zoals in andere delen van het land. De blootstelling van de radioactieve lozingen is bijgevolg ook veel kleiner dan de lokale ruimtelijke variaties in de natuurlijke radioactiviteit en blootstelling. De heel erg beperkte bijdrage van artificiële of kunstmatige radioactiviteit in de omgeving van CN Tihange komt voornamelijk nog van de radioactieve fall-out van de bovengrondse atoombomproeven (1950-60) en het ongeval van Tsjernobyl (1986).

Impact op de biodiversiteit (fauna en flora)

Van de radionucliden, met name ^{60}Co , ^{95}Nb , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs beschouwd voor het riviersediment in de bijkomende monitoring campagne van Electrabel nv zijn enkel de ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ en ^{137}Cs concentraties boven de detectielímiet. De gemeten concentraties voor het riviersediment zijn laag. Voor ^{137}Cs bedraagt de concentratie in het riviersediment 7.4 Bq/kg dw (drooggewicht) -en is vergelijkbaar met de gemiddelde waarde van het monitoring programma van FANC-AFCN, nl. 9.4 Bq/kg dw. Voor ^{60}Co , respectievelijk $^{110\text{m}}\text{Ag}$ bedraagt de concentratie in het sediment 18.1 Bq/kg dw, respectievelijk 6.6 Bq/kg dw in het riviersediment in 2019. Voor de flora (gras en mossen) worden bijkomend ook de concentraties van de radionucliden ^3H en ^{14}C gemeten. Enkel ^{14}C en ^{137}Cs zijn meetbaar in deze planten (concentraties boven de detectielímiet). De concentraties in mossen (bio-indicator) zijn hoger dan deze in gras. Voor ^{137}Cs bedraagt de maximale concentratie 10.1 Bq/kg dw en voor ^{14}C bedraagt deze 0.82 Bq/kg dw in 2018. Ook in bodems is de ^{137}Cs concentratie meetbaar en bedraagt deze maximaal 28 Bq/kg dw in 2018.

In 2013 werd er een uitvoerige milieurisicobeoordeling uitgevoerd om de impact van de atmosferische en vloeibare lozingen op fauna en flora in te schatten. Voor de Tihange site werden veel voorkomende referentieorganismen geselecteerd en werd met behulp van de ERICA-beoordelingstool de impact van de reële lozingen en lozingslimieten op deze organismen berekend. Er werd aangetoond dat de dosistempi ook voor de lozingslimieten veel lager zijn dan de drempelwaarde van 10 $\mu\text{Gy/h}$, waaronder er geen schadelijke effecten optreden. Op basis van de resultaten kan er dus geconcludeerd worden dat de huidige lozingslimieten voor de beschouwde Belgische kerncentrales niet leiden tot schadelijke effecten voor het milieu. Ook de meetresultaten van de monitoring programma van FANC-AFCN en de exploitant in de omgeving van KC Doel leiden tot dezelfde conclusies.

7.1.2 Effecten bij niet-verlenging van Tihange 3

De eenheid Tihange 3 heeft momenteel een vergunning voor de industriële productie van elektriciteit tot ten laatste 1 september 2025. Bij niet-verlenging (desactivatie, definitieve stopzetting) zal op de site van CN Tihange volgens de huidige kalender enkel eenheid Tihange 1 nog in gebruik zijn voor de industriële elektriciteitsproductie en dit nog tot ten laatste 1 oktober 2025 (één maand later). Tihange 2 werd definitief afgeschakeld in de nacht van 31 januari en 1 februari 2023 en zal zich in 2025 dus reeds 2 jaar in de post-operationele fase bevinden. Bij niet-verlenging van Tihange 3 kunnen we bijgevolg de situatie na 2025 beschouwen als een situatie waarbij alle reactoren zich in de post-operationele fase bevinden. De lozingen die direct gelinkt zijn aan de werking van de reactoren (zoals productie van koolstof 14) zullen wegvallen, koolstof 14 heeft ook de belangrijkste bijdrage aan de dosis voor de gasvormige en vloeibare lozingen. Anderzijds zullen bepaalde gasvormige en vloeibare lozingen doorgaan in de post-operationele fase. Over hoeveelheden en impact op de dosis is er betrekkelijk weinig informatie beschikbaar. Enerzijds kunnen we kijken naar wat theoretisch verwacht kan worden:

- Vloeibaar tritium: tritiumproductie is gelinkt aan de nucleaire elektriciteitsproductie, een theoretische afname tot praktisch nul is mogelijk, maar gezien lange halveringstijd zijn restlozingen mogelijk; ·
- Vloeibare bèta-gamma-radionucliden: theoretisch kan men een reductie verwachten van lozingen, waarbij restlozingen vanuit de POP verschillende installaties kunnen bestaan; ·
- Edelgassen: een theoretische daling tot praktisch nul kan worden verwacht daar edelgassen splijtingsproducten zijn die niet meer geproduceerd zullen worden. De historische gegevens laten een lichte daling zien van de uitstoot van edelgassen in de jaren dat er minder stroom wordt geproduceerd (MWh-tekort);
- Jodium: theoretische daling tot praktisch nul na de productiestop, maar deze daling wordt deel gecompenseerd door jodiumresiduen in het brandstofbad en er zijn ook de tests van de filters. Kortom, een daling kan verwacht worden; ·
- Aerosolen: er wordt geen duidelijke impact verwacht; gebaseerd op de gerapporteerde waarden uit het verleden, is het duidelijk dat de gerapporteerde waarden voornamelijk gebaseerd zijn op detectielimieten en niet puur op reële lozingen; omwille van deze detectielimieten zal de orde van grootte van de releases hetzelfde blijven. Een beperkte toename, afhankelijk van POP-activiteiten, is niet helemaal uit te sluiten; ·
- Tritium (gas): een afname is verwacht;
- Koolstof-14: afhankelijk van de productie, daarom zou er een afname moeten zijn van de geproduceerde koolstof-14 tot praktisch nul.

Anderzijds kan gekeken worden naar effectieve ervaring met de post operationele fase in het buitenland (deze is echter eerder beperkt). Op basis van ervaring in Duitsland kan geschat worden dat de dosis t.g.v. gasvormige en vloeibare lozingen als het gevolg van de stopzetting van 1 reactor-eenheid in het eerste jaar na stopzetting daalt tot 25 % van het niveau bij werking en in de jaren daarna verder daalt tot zo'n 10 % (gegevens beschikbaar tot 7 jaar na definitieve stopzetting). Op basis van deze informatie kan conservatief ingeschat worden dat de effectieve dosis als gevolg van gasvormige en vloeibare lozingen voor de hele site van CN Tihange bij niet-verlenging van Tihange 3, en waarbij er dus geen reactoren meer in dienst zijn, zal dalen tot een niveau **kleiner dan 0,01 mSv/jaar** en in de jaren nadien –we beschouwen een periode van 10 jaar) **verder zal dalen tot beneden de 0,005 mSv/jaar**.

7.1.3 Effecten bij verlenging van Tihange 3 voor 10 jaar na 2025 (Het project)

De gasvormige en vloeibare lozingen gerelateerd aan de uitbating van Tihange 3 zullen tijdens verlenging doorgaan op het niveau gelijkaardig aan het huidige niveau, daar we veronderstellen dat de reactor op eenzelfde vermogen zal werken en dat ook alle gasvormige en vloeibare effluënten op eenzelfde wijze zullen behandeld worden bij de verlenging van Tihange 3. Een conservatieve schatting van de effectieve dosis door uitbating van Tihange 3 geeft **0,01 mSv/jaar en dit constant over de 10 jaar van verlengde uitbating**. Deze komt nog steeds vnl. door de koolstof-14 gasvormige lozingen, die direct gerelateerd zijn aan het vermogen van de reactor (Tihange 3). Voor de gehele site van CN Tihange moeten we nu naast de uitbating van Tihange 3, ook de lozingen in de post-operationele fase meenemen zoals we die in vorige paragraaf betreffende het nulalternatief, namelijk de niet-verlenging, geschat

hebben. Tabel 93 geeft een overzicht van de effectieve dosis door uitbating van Tihange 3 en voor de hele site CN Tihange bij verlenging en niet-verlenging.

Tabel 93: Effectieve dosis door gasvormige en vloeibare lozingen conservatief geschat voor kritiek individu bij normale uitbating voor het project. De range gegeven in de effectieve dosis voor het geheel van de site is de evolutie in functie van de tijd in een periode van 10 jaar op basis van ervaring met de post-operationele fase bij reactoren in Duitsland.

	Conservatief geschatte effectieve dosis kritiek individu gasvormige en vloeibare lozingen
Uitbating Tihange 3	0,010 mSv/jaar
Geheel van site CN Tihange bij verlenging Tihange 3	0,020-0,015 mSv/jaar
Geheel van site CN Tihange bij niet-verlenging Tihange 3 (alle reactoren buiten dienst)	0,010-0,005 mSv/jaar*
Verschil van project t.o.v. nulalternatief	0,010 mSv/jaar voor 10 jaar

*Deze dosis range is ook representatief als conservatieve schatting van de effectieve dosis ten gevolge van gasvormige en vloeibare lozingen voor de hele site in de post-operationele fase van Tihange 3 na 10 jaar verlenging.

De geschatte effectieve dosis van het project is bijgevolg ruim beneden de huidige uitbatingsvergunning en ook ruim (factor 100) beneden de wettelijke limiet van 1 mSv/jaar. Om deze dosis in perspectief te plaatsen kunnen we deze vergelijken met een natuurlijke blootstelling. Een effectieve dosis van 0,01 mSv komt overeen met de extra dosis die een individu ontvangt door verhoogde kosmische straling op een lijnvlucht van 5 uur (10 km hoogte). De effectieve dosis bij normale uitbating van het project zorgt bijgevolg voor een triviale impact.

7.2 Accidentele lozingen

Gezien het gelijkaardige karakter van de beschouwde ongevallen voor Doel 4 en Tihange 3 is een beschrijving van deze ongevallen en de methodologie voor het berekenen van de impact volledig gegeven in hoofdstuk 2. We geven hier de resultaten van de effectbeoordeling en bespreken de resultaten.

7.2.1 Ontwerpongeval

De radiologische impact van de twee beschouwde ontwerpbasisongevallen, nl. een LOCA en FHA werd beoordeeld op basis van de algemene gegevens in het kader van Artikel 37 van het Euratom verdrag en het veiligheidsdossier van Tihange 3. Daarnaast werd ook een analyse uitgevoerd op basis van een Tractebel studie¹³⁷ in kader van de FANC-AFCN/Bel-V richtlijnen uit 2017 voor nieuwe Klasse 1 installaties. Deze laatste analyse is strikt gezien niet van toepassing voor Tihange 3, gezien het de levensduurverlenging van een bestaande Klasse 1 installatie betreft. Naast de consequenties tijdens de atmosferische lozingen als gevolg van de beschouwde ongevallen voor Tihange 3 laat deze analyse ook toe de consequenties op langere termijn naar mens, voedselketen en milieu te beoordelen. De hoeveelheden radioactiviteit geloosd naar de atmosfeer uit deze analyse, de zogenaamde bronterm, gebruiken we ook om de impact op de buurlanden te berekenen.

Bij het LOCA-ongeval wordt verondersteld dat 25 % van de kerninventaris aan jodium en 100 % aan edelgassen naar het reactorgebouw wordt vrijgezet, 91 % van het jodium is aanwezig in elementaire (moleculaire) vorm, 5 % in aerosol vorm en de overige 4 % in elementaire vorm. De edelgas concentratie wordt bepaald door radioactief verval en de het lektempo van het reactorgebouw. De jodiumconcentratie wordt eveneens bepaald door radioactief verval en het lektempo, maar ook door de veiligheidsinjectie (berekening) en de recirculatie voor koeling (zie §2.3.4.1).

¹³⁷ CNT3: S2 – Radiological consequences of a Loss Of Coolant Accident and a Fuel handling Accident, 2020 CNT-KCD/4NT/0029611/000/01 Tractebel Engineering S.A.

Beperkte hoeveelheden van bèta(-gamma) aerosolen worden geloosd in dit scenario. De lozing naar de omgeving wordt beschouwd voor 30 dagen.

Bij het **FHA-ongeval** wordt verondersteld dat 30 % van de activiteit van Kr-85 in de ruimte tussen behuizing en de verbruikte brandstofpellets en 10 % van de andere radionucliden wordt vrijgezet vanuit de brandstofelementen, waarbij 99,75 % van het jodium in de elementaire vorm aanwezig is en 0,25 % in de organische vorm. Verder wordt rekening gehouden met een decontaminatiefactor van 133 voor moleculair jodium en 1 voor organisch gebonden jodium vanuit het splijtstofbad (water) naar het gebouw. Voor lozing naar de atmosfeer langs de schouw wordt verondersteld dat de filters werken en een efficiëntie van 90 % voor moleculair jodium en 70 % voor organisch jodium. Een lozingsduur van 2 uur wordt verondersteld.

Ondanks het om zeer gelijkaardige reactoren gaat zijn er verschillen in vrijzetting van radioactiviteit naar de omgeving tussen Doel 4 en Tihange 3. Deze zijn gerelateerd aan ontwerpverschillen. Het reactorgebouw van Tihange 3 is groter en ook het lektempo van het primair omhulsel is groter. Daarnaast zijn er ook verschillen in lozingskarakteristieken, zoals onder meer de schouwhoogtes voor beide reactoren.

De resultaten van beide analyses voor de gevolgen tijdens de beschouwde ongevallen zijn gegeven in Tabel 94. Beide analyses geven de effectieve dosis ten gevolge van het overtrekken van de radioactieve wolk, inclusief de daarbij horende inhalatie van radioactiviteit en de equivalente schildklierdosis door inhalatie van radioactief jodium voor het kritieke individu.

Tabel 94: Maximale effectieve dosis en de equivalente schildklierdosis buiten de terreingrens van CN Tihange als gevolg van het optreden van een LOCA en FHA voor Tihange 3, vergeleken met de dosislimieten zoals beschreven in de algemene gegevens in het kader van artikel 37 van het Euratomverdrag, die een onderdeel zijn van de vergunning, in mSv. Eveneens toegevoegd ter informatie zijn de resultaten van een impactanalyse volgens de richtlijnen voor nieuwe Klasse 1 installaties.

Veiligheidsdossier Tihange 3			Analyse volgens richtlijnen voor nieuwe Klasse 1 installaties	
	Dosis	Limiet	Dosis	Criterium
Effectieve dosis				
LOCA	5 mSv	5,8 mSv	0,89 mSv	5 mSv
FHA	1,16 mSv	5,8 mSv	0,35 mSv	5 mSv
Equivalente schildklierdosis				
LOCA	4,91 mSv	85,5 mSv	1,45 mSv	10 mSv
FHA	22,5 mSv	85,5 mSv	4,95 mSv	10 mSv

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de **effectieve dosissen en equivalente schildklierdosissen resulterend uit beide referentie-ontwerpbasisongevallen voor Tihange 3 binnen de gestelde limieten blijven**. De analyse volgens de richtlijnen voor nieuwe Klasse 1 installaties toont lagere effectieve dosissen en equivalente schildklierdosissen, dit heeft te maken met het feit dat een conservatieve analyse is gebruikt voor de inschatting hiervan in het veiligheidsdossier en een minder, maar nog steeds conservatieve, inschatting in deze voor nieuwe Klasse 1 installaties. Ook alle dosissen berekend volgens de nieuwe richtlijnen voor Klasse 1 installaties zijn beneden het dosiscriterium dat hiervoor gedefinieerd werd. Deze informatie is ter informatie opgenomen. De geschatte dosissen

zijn lager dan deze voor Doel 4, o.a. omwille van de hogere schouwhoogte waarbij de maximum concentratie aan radionucliden op grondniveau op een grotere afstand van het lozingspunt ligt. Zo zijn de waarden in bovenstaande tabel volgens de analyse voor nieuwe Klasse 1 installaties voor een afstand van 1000 m, omdat daar de effectieve dosis van de overtrekkende wolk, inclusief inhalatie, hogere waarden geeft dan aan de perimeter van de site (200 m). Volgens de recente analyse zouden bijgevolg geen directe beschermingsmaatregelen nodig zijn zoals schuilen (5 mSv effectieve dosis in 24 uur) of de inname van stabiel jodium (10 mSv equivalente schildklierdosis voor kinderen en zwangere vrouwen). Zie hiervoor ook Tabel 16 in §2.3.4.3.

Maatregelen voor de voedselketen kunnen, zoals voor Doel 4, noodzakelijk zijn in beide ongevalsscenario's, afhankelijk van de precieze omstandigheden van het ongeval. Zo worden maximale concentraties van ongeveer 20 500 Bq/m² I-131 voor het LOCA-ongeval en 65 000 Bq/m² I-131 voor het FHA-ongeval gevonden. Deze overschrijden duidelijk de afgeleide waarde voor voedselmaatregelen (melk, vlees, groenten). Er worden voor het LOCA-ongeval nog hogere waarden voor I-133 afzetting gevonden, maar door de beperkte halveringstijd (20.83 u) zal het enkel tijdens het ongeval en in de dagen na het ongeval belangrijk kunnen zijn. Ook voor I-131, met een halveringstijd van 8.02 dagen zal de besmetting beperkt zijn in de tijd en geen enkele invloed meer hebben op de oogst van het jaar na het ongeval. Het langlevende Cs-137 wordt ook beperkt geloosd en afgezet in het LOCA-ongeval, met een maximaal geschatte waarde volgens het ongevalsscenario van zo'n 23 Bq/m². Dit is ver beneden de afgeleide waarde voor maatregelen voor de voedselketen voor Cs-137.

De levenslange effectieve dosis (Lifetime effective dose) door blootstelling tijdens het event en in de volgende jaren (voor 50 jaar voor volwassenen en tot 70 jaar voor kinderen) bedraagt opnieuw hooguit enkele mSv, ver beneden de limiet van 1 Sv.

7.2.2 Ontwerpuitbreidingsongeval

De radiologische impact van het omhullende ontwerpuitbreidingsongeval voor Tihange 3, nl. een CSBO werd beoordeeld op basis van de analyse uitgevoerd door Tractebel¹³⁸ in kader van de FANC-AFCN/Bel-V richtlijnen uit 2017 voor nieuwe Klasse 1 installaties. De resultaten zijn gegeven in Tabel 95 en betreffen de effectieve dosis afkomstig van de overtrekkende radioactieve wolk, inclusief inhalatie en blootstelling aan externe straling door afzetting van radioactiviteit op de grond en de equivalente schildklierdosis door inhalatie van radioactief jodium, beide voor het kritieke individu.

Tabel 95: Effectieve dosis en de equivalente schildklierdosis aan de terreingrens van CN Tihange als gevolg van het optreden van een CSBO voor Tihange 3 (meest kritieke individu).

Tihange-3 CSBO		
	Dosis	Vergunningslimiet
Effectieve dosis	4,29 mSv	-
Equivalente schildklierdosis	0,033 mSv	-

De effectieve dosis is bijna uitsluitend afkomstig van de directe blootstelling aan straling van de overtrekkende radioactieve wolk als gevolg van de verschillende gecontroleerde ontluchtingen. Door het filtersysteem (CFVS) worden vnl. de edelgassen vrijgezet naar de atmosfeer, andere groepen van radionucliden worden in grote mate tegengehouden. De hoeveelheid jodium vrijgezet is beperkt, wat zorgt voor een beperkte equivalente schildklierdosis. Ook de afgezette radioactiviteit op de bodem is beperkt (edelgassen zetten zich niet af) wat resulteert in een zeer beperkte bijdrage aan de effectieve dosis afkomstig van blootstelling aan externe straling van besmetting bodem. Voor ontwerpuitbreidingsongevallen zijn er geen limieten in de vergunning gespecificeerd. De

¹³⁸ DEC B: RC-1.4 - T3 - Radiological consequences off-site – Assessments (DEC/4NT/0606802/140/04), Tractebel Engineering

effectieve dosis en equivalente schildklierdosis, beide berekend voor het kritieke individu, zit beneden alle richtlijnen gedefinieerd in het nucleaire noodplan (zie §9.2.1) voor directe tegenmaatregelen voor het beschermen van de bevolking zoals schuilen, evacueren of toedienen van stabiel jodium.

7.2.3 Impact van beschouwde ongevallen op biodiversiteit

De referentieorganismen besproken in Vandenhove et al, 2013 (zie KC Doel) voor routinelozingen werden ook gebruikt voor de berekening van de impact van de accidentele lozingen op het milieu ten gevolge van een LOCA en FHA.

De berekeningen met de milieurisico tool ERICA tonen aan dat de radiologische doses voor fauna en flora voor het LOCA-accident variëren van 0.3 tot 8 $\mu\text{Gy/h}$ voor de maximale depositie van de geloosde radionucliden op de bodem, waarbij de meest blootgestelde organismen (8 $\mu\text{Gy/h}$) de kleine zoogdieren zijn en gras het minst blootgesteld is. De belangrijkste radionucliden die zich afzetten zijn kortlevend. Dit betekent dat de radioactiviteit in de bodem en dus ook de dosistempo's waaraan de fauna en flora wordt blootgesteld snel zullen afnemen en er geen sprake is van een chronische blootstelling. Over de eerste maand na de accidentele lozing dalen de gemiddelde dosistempo's tot minder dan 0.3 $\mu\text{Gy/h}$ en na 1 jaar tot minder dan 0.02 $\mu\text{Gy/h}$ voor alle fauna en flora. Hieruit volgt dat er geen schadelijke effecten zullen zijn voor het milieu.

De radiologische doses voor fauna en flora voor de FHA variëren van 0,13 tot 11 $\mu\text{Gy/h}$, waarbij de meest blootgestelde organismen de geleedpotige detritivore ongewervelden, ringwormen, kleine zoogdieren en muizen ($> 7 \mu\text{Gy/h}$) zijn en voor de rest het dosistempo lager is dan 6,5 $\mu\text{Gy/h}$. De externe dosis domineert de interne dosis. De dosistempo's verminderen echter snel omdat de geloosde jodiumisotopen kortlevend zijn (halveringstijden van 2 uren tot 8 dagen). Over 1 maand varieert het gemiddeld dosistempo van 0,04 tot 3.2 $\mu\text{Gy/h}$ en bedraagt de bijdrage van ^{131}I meer dan 97% van het dosistempo, na 1 jaar zijn deze gemiddelde dosistempo's tot minder dan 0.3 $\mu\text{Gy/h}$ herleid.

Vermits de dosistempo's snel dalen en de organismen niet chronisch worden blootgesteld aan significante dosistempo's, kunnen we dus te concluderen dat het milieu geen schadelijke effecten ondervindt van een dergelijke blootstellingssituatie.

Voor het CSBO kan worden verwacht op basis van de geloosde radionucliden en de deposities in analogie met de ontwerpbasisongevallen dat de schadelijk chronische effecten op flora en fauna ook te verwaarlozen zijn.

7.2.4 Bespreking accidentele lozingen

Indien geen levensduurverlenging plaatsvindt zal Tihange 3 definitief worden stopgezet (DSZ). Voor de afvoer van de warmte veroorzaakt door het radioactief verval zullen de splijtstofelementen nog altijd gekoeld moeten worden, in eerste instantie met de koelkring van de reactor. De reactoren zullen definitief ontladen worden. De splijtstofelementen worden overgebracht naar het splijtstofbekken en gekoeld met de koelkringen van dit bekken. Deze overgangsfase –de post operationele fase– tot het begin van de ontmanteling zal zowel plaatsvinden bij het Nul-alternatief (geen Project) als bij het Project. De hoeveelheid radioactiviteit in de kern zal echter snel dalen (verval van kortlevende radionucliden), waardoor minder koeling vereist is en ook de inventaris aan radioactief materiaal dat vrijgezet kan worden in deze ongevallen snel daalt met de tijd na stopzetting, waardoor de impact van een ongeval als het zich zou voordoen eveneens daalt. Het is duidelijk dat het risico (risico = kans x impact), dat reeds klein is bij verlenging (omwille van kleine kans op ongeval en beperkte radiologische impact) nog kleiner is bij niet-verlenging gezien minstens de impact kleiner is. Het project brengt dus een beperkt risico gerelateerd aan een ongeval (zowel ontwerpbasis – als ontwerpuitbreidingsongeval) met zich mee. Voor de hele site van CN Tihange zal echter het risico hoe dan ook dalen gezien volgens de huidige kalender in de periode van het project (periode van 10 jaar na 2025) enkel Tihange 3 zal uitgebaat worden voor industriële elektriciteitsproductie.

7.3 Operationeel radioactief afval

7.3.1 Afvalbehandeling op de site

De behandeling van vloeibaar afval van de gehele site gebeurt in eenheid 2. Na behandeling wordt het afvalwater opgeslagen in opslag tanks van de eenheden 2 en 3 in afwachting van hergebruik of lozing naar de rivier^{xxxxviii}. De overeenkomstige vaste afvalstoffen (gebruikte harsen, verdampingsconcentraten, flocculanten en filters van de zuiveringsinstallatie) worden eveneens behandeld in eenheid 2.

Het enige vast afval dat in eenheid 3 wordt geproduceerd is gebruikte hars uit de hulpkringen, residuen van de magnetische filtratie van de stoomgeneratorafvoer, filters van hulpkringen en diverse vaste afvalstoffen. Deze afvalstoffen, met uitzondering van diverse vaste afvalstoffen, worden in geschikte containers naar eenheid 2 vervoerd voor behandeling of verwerkt in eenheid 3 door een bedrijf dat gespecialiseerd is in het conditioneren van afval. Divers vast afval wordt verwerkt in de eenheid Tihange 3^{xxxxix}. Na sortering en conditionering in 400L-vaten wordt het laag- en middelactief afval tijdelijk opgeslagen op de site in Tihange, en op regelmatige basis afgevoerd naar Belgoprocess.

7.3.2 Hoeveelheden laag- en middelactief afval

De hoeveelheden laag- en middelactief afval die jaarlijks geproduceerd worden in de kerncentrale van Tihange, worden weergegeven in de tweede kolom van Tabel 96. Deze gegevens werden gecompileerd op basis van de milieuverklaring van CN Tihange, die jaarlijks geactualiseerd wordt^{xc}. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen categorie A- of categorie B-afval. In kolom 3 wordt het volume geconditioneerd afval uitgedrukt per TWh netto geproduceerde elektriciteit in CN Tihange in het overeenkomstige jaar, resulterend in een langjarig gemiddelde van **5,54 m³/TWh laag- en middelactief geconditioneerd afval**. Rekening houdend met het aandeel van de Tihange 3 reactor in deze elektriciteitsproductie komen we uit op een langjarig gemiddelde van **40,5 m³ laag- en middelactief geconditioneerd afval** per jaar voor Tihange 3 (kolom 4). Hierbij schommelde het werkelijk aandeel van Tihange 3 ten opzichte van de totale elektriciteitsproductie op de site rond de 41 % in de periode 2011-2020. Dat is iets hoger dan de verhouding op basis van het vermogen (35 %), aangezien andere reactoren (voornamelijk Tihange 2 in de periode 2014-2015) enkele malen langdurig hebben stilgelegen.

Tabel 96: Jaarlijkse volumes laag- en middelactief afval geproduceerd op de site van Tihange, en specifiek voor reactoreenheid Tihange 3. GA: geconditioneerd afval.

	Volume (m ³) laag- en middelactief afval (GA)	Volume laag- en middelactief afval (GA) per netto geproduceerde elektriciteit te KCT (m ³ /TWh)	Volume laag- en middelactief afval voor Tihange 3 (m ³)
2011	121,0	5,24	47,1
2012	95,0	4,69	37,4
2013	97,0	4,87	39,4
2014	100,7	5,58	49,1
2015	98,0	7,18	52,7
2016	96,0	4,97	39,0
2017	110,0	5,64	50,6
2018	92,9	6,06	13,5
2019	75,6	3,68	32,9
2020	100,8	7,46	43,6
Langjarig gemiddelde	99	5,54	40,5

7.3.3 Effecten van LTO en implicaties voor afvalbeheer

Op basis van Tabel 96 wordt verwacht dat uitstel van desactivatie van kernreactor Tihange 3 aanleiding zal geven tot een bijkomende hoeveelheid laag- en middelradioactief afval van ongeveer **405 m³** voor een productieperiode van 10 jaar. Dit is voornamelijk afval van categorie A, met slechts een beperkte hoeveelheid categorie B-afval, waaronder mogelijk bepaalde harsen en filters. Vergeleken met de ~50.000 m³ categorie A-afval die momenteel is opgenomen als bronterm in het veiligheidsdossier van de oppervlakteberging^{xci} betekent dit een marginale toename (<1 %).

In de veronderstelling dat de hoeveelheid categorie B-afval verwaarloosbaar is, komt het bijkomend volume afval overeen met ongeveer **253 monolieten** of **0,27 modules** in de bergingsinrichting voor categorie A-afval. De (volumetrische) capaciteit van de berging bedraagt 34 modules^{xcii}, gebaseerd op:

- ramingen van de hoeveelheden bestaand en toekomstig categorie A-afval uit 2013 (dus geen rekening houdend met een mogelijke LTO van reactoreenheden te Doel en Tihange): 28,6 modules;
- een reserve van ~20 % (5,4 modules), waarvan een beslissing tot verlenging van de uitbating van Tihange 3 (naast andere beslissingen die reeds genomen zijn) dus 0,27 modules of ~5,0 % consumeert.

Daarbij wordt verondersteld dat dit afval voldoet aan de acceptatiecriteria vooropgesteld door NIRAS, die onder meer rekening houden met de conformiteitscriteria uit het veiligheidsrapport. Die laatste betreffen radiologische criteria (criteria qua splijtstoffen en kritikaliteit, alsook activiteitsconcentratielimieten op radionuclideniveau) en een aantal vereisten qua fysicochemische conformiteit. Aangezien het gaat om de verlenging van een bestaande activiteit, wordt er aldus geen (bijkomend) effect verwacht op de (korte en lange termijn) veiligheid van de bergingsinrichting voor categorie A-afval, buiten de effecten die sowieso met de installatie van deze bergingsinrichting verband houden.

7.4 Verbruikte splijtstoffen

Wanneer de verbruikte splijtstofelementen uit de reactor worden verwijderd na ongeveer 54 maanden in de kern te hebben gezeten, in cycli van 18 maanden, worden zij onder water gehouden in een voor de eenheid specifiek deactiveringsbassin. Door opslag in het deactiveringsbassin kan de verbruikte splijtstof een groot deel van zijn activiteit verliezen en afkoelen. Bij deze assemblages komt nog steeds thermische energie vrij door het verval van voornamelijk de splijttingsproducten van de brandstof; deze thermische afgifte neemt in de loop van de tijd af. Na een afkoelingsperiode van ten minste 2 jaar worden de splijtstofelementen in afgeschermd en verzegelde containers overgebracht naar het tussengebouw voor de opslag van verbruikte splijtstof (DE-gebouw) voor tijdelijke opslag in een van de 8 baden. Het DE-gebouw is gemeenschappelijk voor alle drie de eenheden en bevindt zich dicht bij de gebouwen van eenheid 3. Zoals hoger vermeld (§2.3.7.3) wordt er extra opslagcapaciteit voorzien via het recent vergunde SF² project^l. Meer gedetailleerde informatie rond het SF²-project kan teruggevonden worden in het desbetreffende MER rapport. Het nieuwe opslaggebouw zou in de loop van 2023 in gebruik genomen worden.

7.4.1 Hoeveelheden

In tegenstelling tot de milieuverklaringen van KC Doel bevatten deze van CN Tihange geen gegevens over het aantal splijtstofelementen dat jaarlijks ontladen wordt per eenheid. Volgens informatie verkregen van Elektrabel in de loop van het project worden gemiddeld 63 splijtstofelementen per cyclus van 18 maanden ontladen. Dit komt overeen met 42 elementen, of 22,7 tHM splijtstoffen per jaar.

7.4.2 Effecten van LTO en implicaties voor afvalbeheer

Op basis van het voorgaande verwachten we dat de verlengde uitbating van Tihange 3 voor 10 jaar dus ongeveer 420 bijkomende verbruikte splijtstofelementen zal genereren. Dit vertegenwoordigt een toename van 3,8 % t.o.v. de gehele Belgische splijtstofinventaris in het geval van definitieve stopzetting. Het betreft hier eveneens UOX 14ft-assemblies met een initiële U massa van 0,541 tHM/assembly, die in karakteristieken niet verwacht worden te verschillen van de reeds geproduceerde splijtstofelementen te Tihange 3. De implicaties voor het afvalbeheer zijn gelijkaardig aan wat in §4.4.2 werd vermeld.

Opslag

De bestaande en geplande opslagcapaciteiten moeten samen de verwerking van alle verbruikte splijtstof uit de desactivatiebekkens van de 3 eenheden na hun definitieve sluiting mogelijk maken. Door het uitstel van desactivatie van Tihange 3 zal de afkoppeling van het net van de 3 eenheden meer gespreid worden, waar dit anders zeer gecondenseerd zou verlopen in enkele jaren.

Berging

In de veronderstelling dat berging zal gebeuren in weinig verharde klei, met supercontainers als primaire verpakking, zou bovenstaand meerverbruik overeenkomen met **105 bijkomende supercontainers** (Type SC-4) en een extra benodigde bergingsgalerijlengte van ongeveer 650 m.

7.5 Ontmanteling

Analoog als voor Doel 4 (voor meer info, zie §4.5) werden er berekening gemaakt van de activatie op verschillende locaties in het reactorvat van Tihange 3 met behulp van de activeringscode ALEPH2.

7.5.1 Inputgegevens

Als input voor de berekeningen zijn er gegevens nodig met betrekking tot *i)* de neutronenflux, *ii)* het neutronenspectrum, *iii)* de bestralingshistoriek, en *iv)* de materiaalsamenstelling.

- i)* Een constante energie-geïntegreerde neutron flux van $1,4 \times 10^{11}$ [n/cm²s] werd gebruikt, gebaseerd op de maximum design reactorvat fluentie van Doel 4 en Tihange 3 die overeenkomt met gemiddelde waarden ter hoogte van de bewakingscapsules¹³⁹ na 40 jaar uitbating.
- ii)* Aangezien de werkelijke spectra van Doel 4 en Tihange 3 niet gegeven zijn, werd een typisch genormaliseerd neutronenspectrum voor thermische lichtwaterreactoren^{xci} gebruikt, 'PWR-RPV' in Figuur 76. Aangezien dit spectrum een aanzienlijke bijdrage van fissiëneutronen (met hogere energie) vertoont, wordt aangenomen dat dit representatief is voor de binnenkant van het reactorvat. Om de gevoeligheid aan de vorm van het spectrum te evalueren werd tevens een ander spectrum 'BR1 Y3' beschouwd, berekend voor kanaal Y3 in de BR1 reactor van SCK CEN, en waarvoor de locatie eerder representatief is voor de buitenkant van het reactorvat.
- iii)* Om de activatie te berekenen werd enerzijds uitgegaan van de werkelijke bestralingshistoriek van Tihange 3^{xci}, met gegevens van 1986 tot 2021. Deze historiek bestaat uit alternerende perioden van bestraling (verondersteld op vol vermogen) en perioden van stillegging waarin verval van geproduceerde radionucliden kan optreden. Op basis hiervan werd een gemiddelde jaarlijkse belastingsfactor van 88 % voor Tihange 3 geraamd, die voor de LTO periode geëxtrapoleerd werd. Dus, vanaf 2022 worden in het model jaarlijkse cycli van 322 dagen bestraling, en 43 dagen verval beschouwd. Anderzijds wordt ook een continue bestraling zonder periodes van stillegging toegepast, om conservatieve schattingen van de activiteiten te bekomen.
- iv)* Voor de samenstelling van het materiaal wordt gesteund op gegevens die verstrekt werden voor de bewakingscapsules^{xci}, en die gespecificeerd zijn voor de kernmantel, de overgangsring en de las voor het Tihange 3 reactorvat. De chemische samenstelling in gewichtsprocent van de belangrijkste elementen (behalve ijzer) is gegeven in Tabel 97.

¹³⁹ Bewakingscapsules (surveillance capsules) zijn kleine staalmonsters met dezelfde materiaalsamenstelling als het reactorvat, die iets dichterbij de kern zijn geplaatst zodat ze aan een iets hogere neutronenflux onderhevig zijn dan het kuipstaal. Analyse van deze monsters biedt op een conservatieve manier inzichten in de verouderingsprocessen van het materiaal.

Tabel 97: Samenstelling van de belangrijkste elementen van delen van het reactorvat van Tihange 3 (in gewichts%).

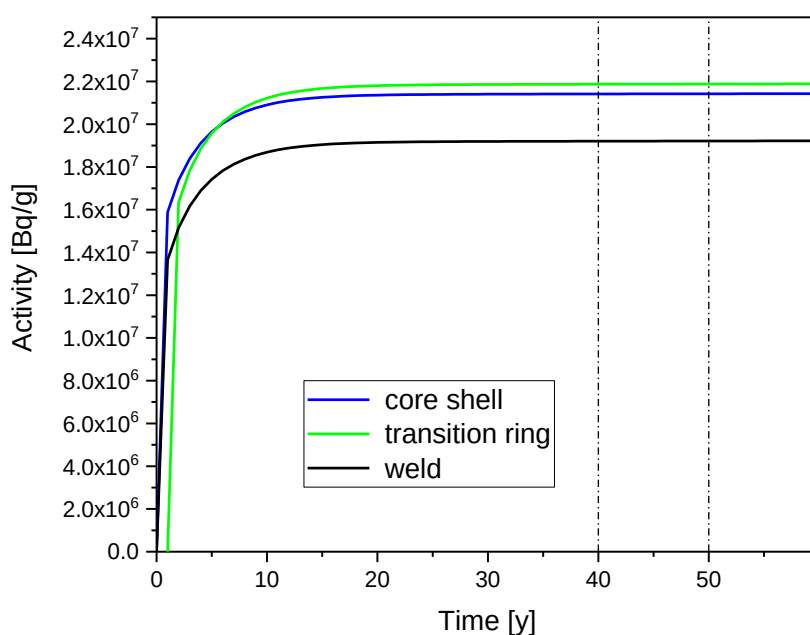
Unit	Materiaal	C	S	P	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	V
Tihange 3	kernmantel	0,20	0,006	0,008	0,27	1,39	0,765	-	0,04	0,485	<0,01
	overgangsring	0,185	0,006	0,006	0,23	1,41	0,765	-	0,04	0,505	<0,01
	las	0,062	0,006	0,015	0,15	1,11	0,8	0,075	0,093	0,480	

7.5.2 Resultaten

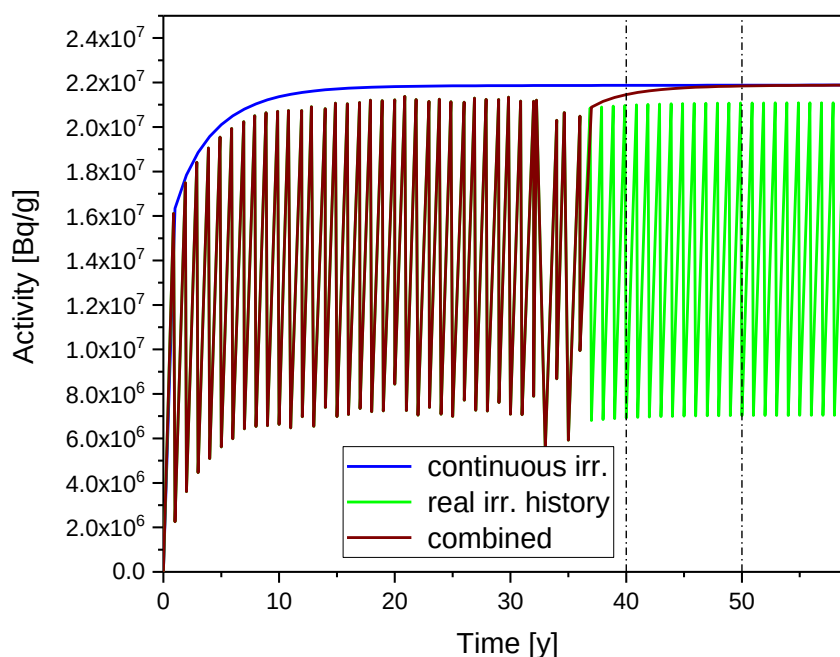
Figuur 104 toont een conservatieve schatting van de activiteit in de 3 materiaaltypes van het reactorvat van Tihange 3, op basis van een continue bestraling gedurende een totale uitbatingduur van 60 jaar. De hoogste activiteit situeert zich ter hoogte van de overgangsring. Daarom is het interessant de conservatieve schatting voor dit materiaalttype te vergelijken met meer realistische schattingen waarin rekening gehouden wordt met cycli van bestralingen en verval. Dit wordt weergegeven in Figuur 105, evenals een combinatiegeval met cycli tot 2021 gevolgd door continue bestraling van 2022 tot 2045.

Uit deze figuur volgt dat:

- een verlenging op basis van realistische bestralingscycli slechts een zeer beperkte toename veroorzaakt van de totale activiteit: maximum +0,05 % voor een verlenging van de uitbating van 40 jaar naar 50 jaar; en
- de totale activiteit zou toenemen met 4 % op basis van een continue bestraling, hetgeen geen realistische aanname is.



Figuur 104: Tijdsevolutie van conservatieve schattingen van de activiteit per massa voor de 3 materiaaltypes van het reactorvat van Tihange 3.

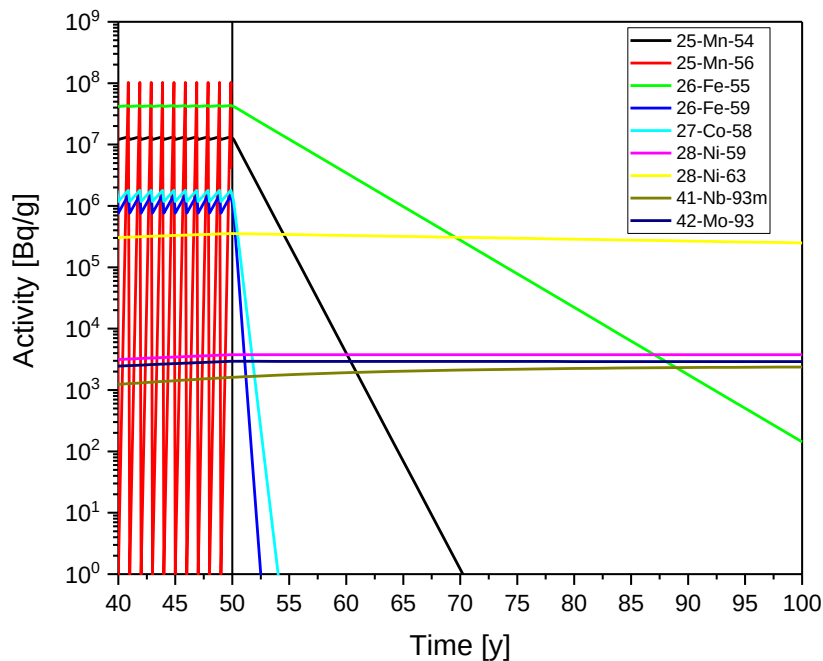


Figuur 105: Tijdsevolutie van de activiteit per massa voor de overgangsring van het reactorvat van Tihange 3: vergelijking tussen continue bestraling, realistische bestraling in cycli, en een combinatiegeval.

De evolutie van de belangrijkste activatieproducten voor de LTO periode en het verval daarna wordt weergegeven in Figuur 106. De hoogste activiteit is te wijten aan het zeer kortlevende ^{56}Mn ($T_{1/2}=2,58$ uur), dat snel verdwijnt na stopzetting. Andere isotopen met een aanzienlijke bijdrage zijn ^{55}Fe ($T_{1/2}=2,74$ jaar) en ^{54}Mn ($T_{1/2}=312$ dagen). Deze bepalen de activiteit na 20 jaar. Op langere termijn wordt de activiteit bepaald door ^{63}Ni ($T_{1/2}=101$ jaar), ^{59}Ni ($T_{1/2}=7,60 \times 10^4$ jaar), ^{93}Mo ($T_{1/2}=4,00 \times 10^3$ jaar) en $^{93\text{m}}\text{Nb}$ ($T_{1/2}=16,13$ jaar).

Voor langlevende nucliden geldt dat, gezien hun halfwaardetijden langer zijn dan de levensduur van de reactor, er geen evenwicht bereikt wordt. De activiteit van deze nucliden¹⁴⁰, die belangrijk zijn voor de veiligheid op lange termijn, neemt toe met 21-25 %. Hun bijdrage tot de totale activiteit bij stopzetting is echter beperkt (<0,25 %).

¹⁴⁰ i.h.b. ^{14}C ($T_{1/2} = 5,7 \times 10^3$ jaar), ^{36}Cl ($T_{1/2} = 3,01 \times 10^5$ jaar), ^{41}Ca ($T_{1/2} = 1,03 \times 10^5$ jaar), ^{59}Ni ($T_{1/2} = 7,60 \times 10^4$ jaar), ^{63}Ni ($T_{1/2} = 101$ jaar), ^{93}Zr ($T_{1/2} = 1,61 \times 10^6$ jaar), ^{94}Nb ($T_{1/2} = 2,00 \times 10^4$ jaar), ^{93}Mo ($T_{1/2} = 4 \times 10^3$ jaar), ^{99}Tc ($T_{1/2} = 2,14 \times 10^5$ jaar).



Figuur 106: Tijdsolutie van de belangrijkste activatieproducten tijdens de LTO periode en hun verval in de periode na stopzetting.

De bijdrage van de activatieproducten worden voor de verschillende materiaaltypen van het reactorvat vergeleken in Tabel 98. Zoals men kan zien zijn deze bijdragen gelijkaardig voor de verschillende materiaalsamenstellingen.

Tabel 98: Belangrijkste bijdragende nucliden (in %) tot de activiteit in de verschillende delen van het reactorvat na 50 jaar bestraling.

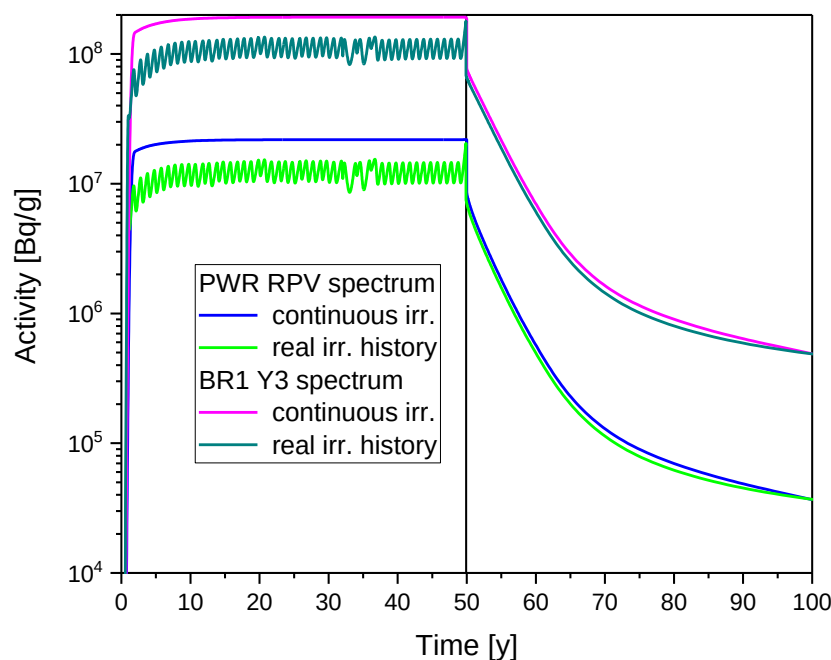
Nuclide	Kernmantel	Overgangsring	Las
⁵⁴ Mn	8,5	8,3	9,5
⁵⁶ Mn	57,7	58,8	52,0
⁵⁵ Fe	28,1	27,5	31,5
⁵⁹ Fe	0,9	0,9	1,0
⁵⁸ Co	1,0	1,0	1,2
⁶³ Ni	0,2	0,2	0,3
Overige	3,6	3,3	4,5

Als laatste onderdeel van de berekeningen werd de gevoeligheid aan de vorm van het neutronenspectrum geëvalueerd. Daartoe werden de voorgaande resultaten op basis van het PWR RPV spectrum vergeleken met resultaten voor het alternatieve spectrum BR1 Y3 uit Figuur 76. De berekende activiteitsevolutie voor beide spectra is weergegeven in Figuur 107.

Toepassing van het BR1 Y3 spectrum resulteert in een stijging van de activiteit met bijna één grootteorde. Dit is een gevolg van de toegenomen thermische flux en dus van de neutronenvangst, waardoor ⁵⁶Mn en ⁵⁵Fe ontstaan, die aan het eind van de bestraling de belangrijkste bijdragen tot de activiteit leveren. Hun aandeel neemt aanzienlijk

toe in het BR1 Y3-spectrum tot respectievelijk 59,3 % en 38,2 %. Anderzijds daalt de bijdrage van ^{54}Mn onder de 1 %, hetgeen betekent dat deze wordt geproduceerd via de $^{55}\text{Mn}(n,2n)$ -reactie in het snelle energiegebied.

Opgemerkt zij dat in beide gevallen dezelfde geïntegreerde neutronenfluxwaarde $1,4 \times 10^{11} \text{ [n/cm}^2\text{s]}$ is gebruikt, hoewel de thermische flux in werkelijkheid niet kan toenemen omdat de absorptiekans toeneemt met het vertragen van snelle neutronen. De resultaten in dit deel zijn dus alleen bedoeld om te bevestigen dat een verlenging van de bestralingstijd in geen enkel spectrum tot een toename van de activiteit leidt, omdat er geen langlevende nucliden met een halfwaardetijd van meer dan 10 jaar in grote hoeveelheden worden geproduceerd.



Figuur 107: Vergelijking van de berekende activiteiten ter hoogte van de overgangsring met verschillende neutronenspectra.

7.5.3 Conclusies

Uit deze modelberekening kan geconcludeerd worden dat een verlenging van de levensduur van 40 tot 50 jaar weinig tot geen effect zal hebben op de totale radioactiviteit veroorzaakt door activatie van aanwezige elementen in de structuurelementen van de reactor, aangezien de meeste van deze activatie isotopen slechts een korte levensduur hebben. Er is echter wel een significante stijging van het aantal langlevende isotopen in deze structuurelementen, a rato van de totale neutronenflux waaraan deze elementen tijdens de levensduurverlenging onderhevig zullen zijn. Uitgaande van eenzelfde regime als in de afgelopen 40 jaar, betekent dit dus een verhoging met (maximum) 25 % bij een levensduur van 50 jaar.

Het effect op de totale hoeveelheid afval van verschillende categorieën (onvoorwaardelijke vrijgave, voorwaardelijke vrijgave, categorie A, categorie B) is echter op dit moment moeilijk in te schatten omdat detailgegevens over de hoeveelheid spoorelementen in de structuurelementen van de centrales ontbreken (of ons onbekend zijn). De toename van de meeste langlevende isotopen met 25 % zou de transitiezone van categorie A naar categorie B kunnen verschuiven, waardoor het volume aan categorie B afval zou kunnen vergroten. Aangezien de neutronenflux in de extremiteten van de reactorkuip vlot 10 grootteordes kleiner kan zijn in vergelijking met deze in het midden van de reactorkuip, wordt ervan uitgegaan dat de – eerder beperkte- activiteitstoename door de LTO niet of weinig bepalend zal voor de afbakening van de transitiezone. Er worden dan ook geen significante verschuivingen verwacht met betrekking tot de volumes B afval.

7.6 Grensoverschrijdende effecten

7.6.1 Normaal bedrijf

CN Tihange ligt op een kortste afstand van 38 km respectievelijk 58 km van de Nederlandse en Duitse grens. Gezien echter de verwaarloosbare en niet waarneembare radiologische impact (orde 0,044 mSv/jaar van gasvormige en vloeibare lozingen en eventueel beperkte dosis door directe straling, echter binnen lokale variaties aan natuurlijke straling) bij de uitbating van alle eenheden van CN Tihange voor de meest blootgestelde persoon zich op Belgisch grondgebied bevindt net buiten de site van CN Tihange en het feit dat de impact enkel afneemt met de afstand (verdunding voor lozingen en inverse kwadratenwet voor eventuele directe straling afkomstig van CN Tihange) kan er gesteld worden dat er geen grensoverschrijdende effecten zijn op mens en milieu bij normaal bedrijf van KC Tihange, m.a.w. ook niet bij de verlenging van Tihange 3 voor 10 jaar.

7.6.2 Ongevallen

Voor de beoordeling van de grensoverschrijdende effecten bij de twee overkoepelende ontwerpbasisongevallenscenario's (LOCA en FHA) en het buitenontwerpongevallenscenario (CSBO) maken we gebruik van de Flexpart methodologie, zoals besproken in het deel methodologie §2.3.4.

De geloosde hoeveelheden naar de omgeving die verondersteld worden in deze scenario's zijn gegeven in Tabel 99. Tabel 99: Geloosde activiteit van de verschillende groepen radionucliden die voor de impact belangrijk zijn.

Tabel 99: Geloosde activiteit van de verschillende groepen radionucliden die voor de impact belangrijk zijn.

Tihange 3	Ontwerpbasisscenario's		Uitbreidingsontwerpscenario
	LOCA	FHA	CSBO
Edelgassen	16,1 PBq	8,39 PBq	53,2 PBq
Jodium	11,9 TBq (43,6 % I-131)	10,1 TBq (44,1 % I-131)	0,25 TBq (15,7 % I-131)
Aerosolen (Cs-137+Cs-134)*	11 GBq	-	0,38 TBq

* Cs-134 enkel van toepassing voor het CSBO-ongeval

Gezien de grotere afstand (enkele tientallen kilometers) is het gebruik van het Flexpart model te verkiezen boven een statisch Gaussiaans verspreidingsmodel dat erg geschikt is voor de lokale impact (zoals gebruikt voor beoordeling maximale impact buiten de site).

De inschattingen zijn verder erg conservatief:

- zo wordt voor de Flexpart berekeningen de bronterm voor de LOCA (duur lozing: 720 uur) beschouwd als een 1 uur lozing (minder verspreiding), voor het FHA 2 uur (wat de reële duur van de lozing is) en voor het CSBO 6 uur (lozingen gedurende verschillende ontluchtingen en continue lozing over 10 dagen).
- alle jodium wordt verondersteld voor te komen in de elementaire vorm (I₂)
- de maximale luchtconcentraties en depositieniveaus worden gebruikt die bekomen werden voor een reeks van simulaties met de start van de lozing op elk uur van een volledig jaar (meteorologische data ECMWF 2020 – zie methodologie) in de betreffende landen voor de beschouwde duur van de lozing (6 uur, 2 uur of 1 uur afhankelijk van scenario) en beschouwde groepen radionucliden (andere afzetting). Dit wil dus zeggen dat voor elk land de minst gunstige weerstoestand over een gans jaar (het jaar 2020) gebruikt wordt om de inschatting te maken.

Naast de impact in de verschillende landen werden ook de maximale waarden op zee bepaald. Op basis van deze luchtconcentraties en deposities werden dan voor de verschillende leeftijdscategorieën de totale effectieve en equivalente schildklierdosis bepaald. Het maximum over alle leeftijdscategorieën werd getabuleerd.

Tabel 100: Maximale effectieve dosis en schildklierdosis voor kritiek individu en depositiewaarde voor de verschillende ongevalsscenario's en voor de verschillende buurlanden (Flexpart methodologie).

Tihange 3	LOCA			FHA			CSBO		
	TED (mSv)	Schildklier-dosis (mSv)	Dep. I131 (Bq/m ²)	TED (mSv)	Schildklier-dosis (mSv)	Dep. I131 (Bq/m ²)	TED (mSv)	Schildklier-dosis (mSv)	Dep. I131 (Bq/m ²)
Nederland	0,03	0,23	6520	0,02	0,20	5197	0,59	0,002	315
Duitsland	0,02	0,18	5000	0,01	0,14	3886	0,49	0,002	242
Luxemburg	0,01	0,12	2430	0,01	0,08	1964	0,30	0,001	118
Frankrijk	0,03	0,28	3660	0,01	0,19	2751	0,64	0,003	177
Verenigd Koninkrijk	0,00	0,010	355	0,00	0,01	254	0,05	0,000	16
Zee	0,01	0,05	-	0,00	0,04	-	0,19	0,001	-

De beschouwde ongevallen voor Tihange 3 hebben een bijzonder kleine impact. De dosissen zijn van dien aard dat geen directe tegenmaatregelen zoals schuilen of toediening van stabiel jodium vereist zijn. Het is zeer onwaarschijnlijk maar niet helemaal uitgesloten dat de afzetting van jodiumisotopen (zoals I-131) voor korte tijd tegenmaatregelen zou vragen voor de voedselketen in Nederland en/of Duitsland. De maximaal gevonden waarden zijn net boven de afgeleide waarde voor grondbesmetting. Afzetting van langlevende radionucliden is zeer beperkt. De radiologische impact blijft bijgevolg voor deze ongevallen zeer klein.

7.7 Milderende maatregelen: noodplanning

Dit wordt gezamenlijk beschreven voor Doel 4 en voor Tihange 3: zie §9.4.1

7.8 Leemten in de kennis

Dit wordt gezamenlijk beschreven voor Doel 4 en Tihange 3: zie §9.4.2.

7.9 Aanbevelingen

In het kader van de beoordeling van de radiologische effecten willen we hierbij een aantal aanbevelingen formuleren bij uitvoering van het Project:

1. De dosis als gevolg van de gasvormige en vloeibare lozingen bij uitbating van Tihange 3 wordt in belangrijke mate bepaald door koolstof-14, een radionuclide dat ook natuurlijk voorkomt. De lozing is redelijk recent gebaseerd op metingen voor Tihange 2 (gelijkaardige reactor). Hierbij werd vastgesteld dat reële lozingen van koolstof-14 bij Tihange 2 lager zijn dan de (conservatief) berekende waarden. In deze context is het bij verlenging van Tihange 3 aangewezen om de lozingen van koolstof 14 te kwantificeren aan de hand van metingen bij Tihange 3 om een zo realistisch mogelijke inschatting van de dosissen bij normale uitbating te behouden;
2. Bij verlenging van Tihange 3 voor 10 jaar na 2025 zal de uitbating samenlopen met de post-operationele en eventueel ontmantelingsfase van de andere reactoren en een aantal hulpgebouwen op de site van CN Tihange. Het lijkt aanbevolen om de radiologische blootstellingen die potentieel voortkomen uit de ontmanteling en deze door exploitatie voor verdere elektriciteitsproductie van Doel 4 in de mate van het mogelijke te onderscheiden en apart publiek te rapporteren.

8 Synthese en besluit site Tihange – Tihange 3

8.1 Synthese van de effecten

8.1.1 Niet-radiologische effecten

Als Tihange 3 nog 10 jaar in bedrijf blijft, betekent dit dat gedurende 10 jaar (behandeld) huishoudelijk afvalwater, behandeld industrieel afvalwater en (verwarmd) koelwater zal worden geloosd. Aangezien de lozingsnormen voor de verschillende parameters goed worden nageleefd en de berekende bijdrage aan de toename van de concentratie (plaatselijk) te verwaarlozen is, is er geen reden om te vrezen voor een verslechtering van de ecologische toestand van de Maas als gevolg van de verlenging van de activiteit van Tihange 3 met nog eens 10 jaar, op voorwaarde dat bijzondere aandacht blijft uitgaan naar de monitoring en de uitvoering van corrigerende maatregelen binnen een redelijke termijn.

Gezien de beperkte effecten van de kerncentrale op de waterkwaliteit en de voortdurende inspanningen die zullen worden geleverd om de effecten in de periode 2025-2037 verder te verminderen, kan worden gesteld dat het project het bereiken van het goede ecologische potentieel van de oppervlaktewateren niet in gevaar brengt. De geleverde en te leveren inspanningen om te voldoen aan de lozingsnormen zullen de kwaliteit van het Maaswater niet veranderen. Er is geen reden om te vrezen dat de huidige (toegegeven) onbevredigende toestand van de Maas zal verslechteren als gevolg van de voortgezette exploitatie van Tihange 3 gedurende nog eens tien jaar. De deactivering (basisscenario) zal uiteraard een positieve bijdrage leveren, maar het is niet zeker dat dit voldoende zal zijn om de onbevredigende toestand van de Maas te veranderen in een goede toestand.

Wat het overstromingsrisico betreft, zijn er in de huidige situatie geen problemen en worden er op korte of middellange termijn geen problemen verwacht. De kerncentrale ligt niet in een overstromingsgevoelig gebied en is ook voldoende beschermd tegen mogelijke toekomstige overstromingsrisico's ten gevolge van intensievere regenval (als gevolg van de klimaatverandering). Er zijn ook geen aanwijzingen dat de centrale stroomafwaarts ongewenste overstromingsrisico's zal veroorzaken of in stand houden. Daarom zal het langer openhouden van Tihange 3 niet significant bijdragen tot het verminderen of veroorzaken van overstromingsrisico's.

Wateronttrekking uit de Maas en koelwaterlozingen worden aangemerkt als de meest impactvolle activiteiten voor plaatselijke soorten. Dankzij de maatregelen die de exploitant op basis van de voorwaarden van de geldende milieuvergunning heeft genomen, kunnen de effecten van deze activiteiten echter drastisch worden beperkt.

In het gebied van de centrale van Tihange bevinden zich verscheidene natuurbeschermingsgebieden. Deze gebieden zijn wettelijk beschermd om de instandhoudingsdoelstellingen te verwezenlijken. Deze doelstellingen, die zijn vastgelegd in de Waalse wetgeving, beogen de bescherming van internationaal beschermde soorten en habitats. Daarom moet worden nagegaan of de uitbreiding van de reactor Tihange 3 geen belemmering vormt voor het nastreven van deze instandhoudingsdoelstellingen.

Vastgesteld werd dat het project gevolgen zou kunnen hebben voor deze soorten en habitats door het pompen van water in de Maas, het lozen van koelwater en veranderingen in de kwaliteit van de Maas, geluids- en lichthinder, indirecte effecten van zure regen en het feit dat het terrein grond inneemt die mogelijk voor natuurbehoudsdoeleinden kan worden gebruikt.

De verschillende analyses leidden tot de conclusie dat de effecten van het project op de aquatische milieus niet van dien aard zijn dat zij de instandhoudingsstrategieën van deze ecosystemen in gevaar brengen, gezien de maatregelen die de exploitant van de centrale vrijwillig heeft genomen of in het kader van de normen die hem door de milieuvergunning zijn opgelegd (controle op de lozingen, afvoersysteem, enz.). Aangezien de rivier waaraan de centrale is gelegen geen grote ecologische waarde heeft (alomtegenwoordige soorten) en in de komende jaren slechts één van de drie reactoren zal worden onderhouden, wordt geen negatieve evolutie van het milieu verwacht.

De overlast in verband met de aanwezigheid van mensen (lawaai, verlichting, enz.) zou niet significant moeten zijn, aangezien de centrale zich in een reeds sterk verstedelijkt gebied bevindt en de exploitant ook maatregelen heeft

getroffen om de akoestische effecten ervan te verminderen. Bovendien zijn op de locatie biodiversiteitsvoorzieningen aangebracht.

Ten slotte zal de bijdrage van de uitbreiding van Tihange 3 aan zure regen niet significant zijn. Bovendien lijkt het project een positief effect te hebben aangezien de elektriciteit die door de reactor zal worden geproduceerd, niet hoeft te worden geproduceerd door de hogesnelheidscentrales, die aanzienlijk meer verbrandingsgassen uitstoten die verantwoordelijk zijn voor de toename van zure depositie.

Rekening houdend met alle bovenstaande elementen kan worden gesteld dat de uitbreiding van de reactor Tihange 3 niet onverenigbaar lijkt met de instandhoudingsdoelstellingen van de Waalse wetgeving, die zelf de Europese doelstellingen voor de bescherming van soorten en habitats van belang omzet.

Over de gehele periode vermijdt het uitstel van de deactivering van Tihange 3 emissies van ongeveer 12.417 kton CO₂eq. Dit is equivalent aan een jaarlijkse besparing van bijna 10% van de emissies in de sector "productie van elektriciteit en warmte" in België in het jaar 2021 (12,8 Mton). De emissies die toe te schrijven zijn aan het onderhoud van de eenheid Tihange 3 bedragen 16.760 ton CO₂eq, hetgeen 0,13% van de vermeden emissies vertegenwoordigt. Het project draagt derhalve bij tot de verwezenlijking van deze doelstelling en de score is positief.

Over de referentieperiode van 10 jaar zal het project geen extra effect hebben op de weerstand van het milieu tegen de effecten van klimaatverandering. De in deze MEB gepresenteerde analyse toont ook duidelijk aan dat het gebied veerkrachtig is ten aanzien van de gevolgen van klimaatverandering tot ver na wat in 2025 wordt verwacht. Of Tihange 3 in de referentieperiode 2025-2037 al dan niet in bedrijf is, verandert daar niets aan. De beoordeling is derhalve neutraal.

De relevante en overheersende doelstelling voor dit onderwerp is het waarborgen van de veiligheid van de bevolking. Aangezien de centrale van Tihange een Seveso-inrichting is en derhalve onderworpen is aan strenge voorschriften, met name op het gebied van brandpreventie, preventie van zware ongevallen en daarmee samenhangende domino-effecten en jaarlijkse inspecties, wordt ervan uitgegaan dat de voortzetting van de activiteiten gedurende een periode van 10 jaar geen belemmering vormt voor de verwezenlijking van de belangrijkste politieke doelstelling van dit thema. Evenmin worden psychosomatische effecten verwacht. Wel kan gesproken worden van een positief gezondheidseffect van het langer open houden van Tihange 3, in de mate dat de kans op een black-out en de potentiële gezondheidseffecten die hier mee samengaan aanzienlijk wordt vermindert.

8.1.2 Radiologische effecten

De potentiële blootstelling aan straling bij normale uitbating van de centrale is voor mens en milieu gerelateerd aan directe straling van radioactiviteit aanwezig op de site, en van de gasvormige en vloeibare lozingen die bepaalde concentraties aan radioactiviteit bevatten.

Metingen van het TELERAD-netwerk uitgebaat door het FANC-AFCN tonen aan dat de dosis door externe straling in de omgeving van CN Tihange veel kleiner is dan de wettelijke limiet van 1 mSv/jaar, en niet te onderscheiden is van lokale variaties in de natuurlijke achtergrond.

Metingen uitgevoerd tijdens een helikoptervlucht boven CN Tihange bevestigen dit beeld. Een verhoging in dosistempo is zichtbaar boven één van de gebouwen waar radioactief afval wordt behandeld en opgeslagen en bedraagt zo'n 2x de achtergrondwaarde. De straling is echter lateraal afgeschermd en dus enkel boven het gebouw meetbaar en ook veel kleiner dan de referentiewaarde van 10 µGy/h waaronder de gevolgen voor het milieu (fauna en flora) te verwaarlozen zijn (bv. voor vogels).

De kerncentrale van Tihange heeft in de huidige situatie geen significant meetbare radiologische impact op de omgeving via atmosferische lozingen, en evenmin een significante meetbare radiologische impact op de Maas. Deze conclusie geldt uiteraard ook als enkel wordt rekening gehouden met de uitbating van Tihange 3.

Een berekening op basis van de huidige lozingslimieten toont aan dat ook voor (hypothetische) 'meest blootgestelde persoon' de dosis als gevolg van atmosferische en vloeibare lozingen ruim minder bedraagt dan de

effectieve dosislimiet voor het publiek van 1 mSv per jaar. Aangezien in de praktijk de reële lozingen maar een fractie bedragen van de vergunde limieten is de reële dosis (voor de volledige site CN Tihange) uiteraard nog kleiner; ze bedraagt (maximaal) slechts zo'n 4,5% van de dosislimiet.

De stopzetting van Tihange 3 geeft aanleiding tot het wegvallen van een deel van de radioactieve gasvormige en vloeibare lozingen naar de omgeving. De lozingen die direct gelinkt zijn aan de werking van de reactoren (en die ook de belangrijkste bijdrage hebben aan de dosis die het gevolg is van de gasvormige en vloeibare lozingen) zullen wegvallen. Anderzijds zullen bepaalde gasvormige en vloeibare lozingen doorgaan in de post-operationele fase.

Op basis van ervaring in Duitsland kan conservatief ingeschat worden dat de effectieve dosis als gevolg van gasvormige en vloeibare lozingen bij niet-verlenging van Tihange 3 (waarbij er dus op de site Tihange geen enkele reactor meer in dienst is) in het eerste jaar na stopzetting zal dalen tot een niveau kleiner dan 0,01 mSv /jaar en in de jaren nadien verder zal afnemen tot beneden de 0,005 mSv/jaar.

Als het project wordt uitgevoerd en de levensduur van Tihange 3 dus wordt verlengd kan aangenomen worden dat de gasvormige en vloeibare lozingen die gerelateerd zijn aan de uitbating van Tihange 3 gedurende 10 jaar zullen doorgaan op hetzelfde niveau als vandaag, in de veronderstelling dat de reactor aan hetzelfde vermogen zal blijven werken en dat de behandeling van de gasvormige en vloeibare effluenten ongewijzigd blijft. Een conservatieve schatting van de effectieve dosis door uitbating van enkel Tihange 3 geeft een waarde van 0,01 mSv/jaar, en dit constant over de 10 jaar van verlengde uitbating. Dit is ruim beneden de huidige uitbatingsvergunning en ook een factor 100 beneden de wettelijke limiet van 1 mSv/jaar. Een effectieve dosis van 0,01 mSv komt overeen met de extra dosis die een individu ontvangt door verhoogde kosmische straling op een lijnvlucht van 5 uur op 10 kilometer hoogte. De effectieve dosis bij normale uitbating van het project zorgt bijgevolg voor een triviale impact.

In voorliggend MER werden ook de effecten van het project bestudeerd op de dosis die het gevolg zou zijn van twee ontwerpbasisongevallen en van een ontwerpuitbreidingsongeval. Uit een analyse op basis van het veiligheidsdossier van Tihange 3 blijkt dat de effectieve dosissen en equivalente schildklierdosissen resulterend uit beide ontwerpbasisongevallen voor Tihange 3 binnen de gestelde limieten blijven. Dat geldt ook als de analyse gebeurt op basis van de FANC-richtlijnen voor nieuwe klasse 1-installaties. Bij een ontwerpuitbreidingsongeval blijkt de effectieve dosis van dezelfde orde te zijn als die van beide ontwerpbasisongevallen, maar is de equivalente schildklierdosis lager.

Het project brengt dus een beperkt risico gerelateerd aan een ongeval (zowel ontwerpbasis – als ontwerp-uitbreidingsongeval) met zich mee. Voor de hele site van CN Tihange zal het risico echter dalen, aangezien tijdens de periode van 10 jaar dat de levensduur wordt verlengd enkel Tihange 3 nog zal uitgebaat worden op de site.

Er wordt verwacht dat uitstel van desactivatie van kernreactor Tihange 3 aanleiding zal geven tot een bijkomende hoeveelheid laag- en middelradioactief afval van ongeveer 405 m³ voor een productieperiode van 10 jaar. Dit is voornamelijk afval van categorie A, met slechts een beperkte hoeveelheid categorie B-afval. Vergeleken met de ongeveer 50.000 m³ categorie A-afval die momenteel is opgenomen als bronterm in het veiligheidsdossier van de oppervlakteberging betekent dit een marginale toename (< 1 %).

In de veronderstelling dat de bijkomende hoeveelheid categorie B-afval verwaarloosbaar is, komt het bijkomend volume afval overeen met ongeveer 253 monolieten of 0,27 modules in de bergingsinrichting voor categorie A-afval. De (volumetrische) capaciteit van die berging bedraagt 34 modules.

Daarnaast zal de verlenging van de uitbating van Tihange 3 voor 10 jaar een bijkomende hoeveelheid van ongeveer 420 verbruikte splijstofelementen zal genereren. Dit vertegenwoordigt een toename van 3,8 % t.o.v. de gehele Belgische splijstofinventaris in het geval van definitieve stopzetting.

Er zal voor deze splijstofelementen een langetermijn beheersoplossing moeten uitgewerkt te worden, die neerkomt op geologische berging als splijstoffen als afval worden aangemerkt. In de veronderstelling dat berging zal gebeuren in weinig verharde klei, met supercontainers als primaire verpakking, zou bovenstaand meerverbruik overeenkomen met 105 bijkomende supercontainers (Type SC-4) en een extra benodigde bergingsgalerijlengte van ongeveer 650 m. Een bijkomende hoeveelheid te bergen spent fuel zal geen evenredige toename van de geschatte dosis of risico veroorzaken.

8.2 Synthese van de grensoverschrijdende effecten

CN Tihange ligt op een kortste afstand van 38 km respectievelijk 58 km van de Nederlandse en Duitse grens.

De meeste niet-radiologische effecten als gevolg van het uitstel van de desactivering van Tihange 3 blijven beperkt tot de onmiddellijke omgeving van de kerncentrale. Zij zijn van beperkte omvang en leiden derhalve niet tot grensoverschrijdende effecten.

Alleen het vrijkomen van koelwater, dat de temperatuur van de Maas beïnvloedt, zou gevolgen kunnen hebben over een langere afstand. Gezien de temperatuurgegevens van de Maas bij het laatste meetstation voor Nederland kan de invloed van de koelwaterlozing echter als verwaarloosbaar worden beschouwd (minder overschrijdingen van 25°C en geen overschrijdingen van gemiddeld 28°C per dag in de afgelopen 3 jaar).

Er zij op gewezen dat verscheidene grensoverschrijdende effecten in de uitgangssituatie niet kunnen worden uitgesloten indien de deactivering niet wordt uitgesteld. Het belang en de aard van deze grensoverschrijdende effecten zullen in hoge mate afhangen van de locaties waar (theoretische) vervangingscapaciteit is gepland, de technische kenmerken van deze installaties en hun vergunningskenmerken.

De gasvormige en vloeibare radiologische lozingen bij de uitbating van *alle* eenheden van CN Tihange hebben zoals gezien een verwaarloosbare en niet waarneembare impact (orde 0,044 mSv/jaar) voor de hypothetische meest blootgestelde persoon die zich net buiten de site van CN Tihange bevindt. De dosis die afkomstig zou kunnen zijn van de directe straling van de site blijft binnen de marges van de natuurlijke variaties. Rekening houdend met het feit dat de impact enkel kan afnemen met de afstand (verdunning voor lozingen en inverse kwadratenwet voor eventuele directe straling) kan gesteld worden dat bij normaal bedrijf van CN Tihange, en dus ook bij verlenging van de levensduur van Tihange 3, er geen grensoverschrijdende effecten op mens en milieu te verwachten zijn.

De dosissen berekend voor de beschouwde ongevallen voor Tihange 3 voor de buurlanden zijn van dien aard dat geen directe tegenmaatregelen zoals schuilen of toediening van stabiel jodium vereist zijn. Het is niet helemaal uitgesloten dat zeer beperkte en kortstondige maatregelen nodig zijn met betrekking tot de voedselketen. De afzetting van langlevende radionucliden is heel erg beperkt en de radiologische impact van deze ongevallen blijft dus ook beperkt.

Deel IV. Synthese en algemeen besluit Milieueffectbeoordeling uitstel desactivatie Doel 4 en Tihange 3

9 Synthese van de effecten van het project

9.1 Beoordeling conventionele effecten

Het verlengen van de levensduur van Doel 4 en Tihange 3 houdt in dat gedurende een bijkomende periode van 10 jaar (gezuiverd) sanitair afvalwater, behandeld bedrijfsafvalwater en (opgewarmd) koelwater zal geloosd worden in respectievelijk de Zeeschelde en de Maas. Aangezien op beide sites de lozingsnormen gerespecteerd worden en de bijdrage van de lozingen aan de concentratie van de verschillende polluenten in het oppervlaktewater beperkt is zal dit niet leiden tot een achteruitgang van de ecologische toestand van de Zeeschelde (Doel) of de Maas (Tihange), mits blijvend aandacht wordt geschonken aan monitoring en tijdige bijsturing. Het project hypothekeert evenmin het bereiken van het goed ecologisch potentieel van beide waterlichamen.

Vanuit het thema biodiversiteit werden voor de site Doel effecten van het project bestudeerd in termen van de oppervlaktewaterkwaliteit, barrièrewerking, mortaliteit, verstoring, direct ruimtebeslag, en eutrofiëring en verzuring. Voor barrièrewerking en direct ruimtebeslag bleek dat er geen effecten te verwachten zijn. Voor mortaliteit is er mogelijk een (beperkt) effect omwille van de aanzuiging van koelwater. Op het vlak van verstoring zijn enkel wijzigingen te verwachten op vlak van geluidsverstoring. Het belang hiervan is eerder beperkt, aangezien tijdens de periode van levensduurverlenging de verstoring nog enkel van Doel 4 zal afkomstig zijn. Bovendien gaat het om een bestaand geluid dat continu en voorspelbaar is; een belangrijke impact op de soorten in de omgeving wordt dan ook niet verwacht.

De effecten van de werking van Doel 4 op het vlak van verzurende en eutrofiërende deposities zijn verwaarloosbaar. Bovendien zijn andere factoren zoals de kwaliteit van het Scheldewater veel bepalender voor de trofische toestand op die locatie. Wel kunnen er op het vlak van stikstofdeposities positieve effecten verwacht worden van de 'vermeden emissies' die samengaan met 10 jaar aan bijkomende nucleaire productie.

De lozing van koelwater, sanitair water en industrieel water zorgt voor een verslechtering van de waterkwaliteit, die in Doel echter beperkt blijft tot de zone binnen de strekdam. Betekenisvolle effecten op het ecosysteem van de Schelde als geheel worden daardoor voorkomen. Ook lokaal zijn er geen aanwijzingen dat de effecten nadelig zouden zijn voor de aanwezige organismen. Gezien de aanduiding van de Schelde zelf als habitatrichtlijngebied en het mogelijke belang van deze zone voor de vogels van het vogelrichtlijngebied is dit een belangrijke conclusie.

Voor Tihange volgt uit de analyse dat de effecten van het project op het aquatisch milieu niet van dien aard zijn dat ze de instandhoudingsstrategieën voor de gerelateerde ecosystemen zouden hypothekeren, rekening houdend met de maatregelen die door de exploitant van de inrichting werden genomen, al dan niet in het kader van de bepalingen van zijn milieuvergunning (lozingscontrole, afstotingssysteem, enz.). Gezien het feit dat de Maas ter hoogte van de centrale van Tihange geen grote ecologische waarde heeft (vooral alomtegenwoordige soorten) en dat slechts één reactor van de drie voorbestemd is om de komende jaren in gebruik te blijven, wordt geen negatieve evolutie van het aquatisch milieu verwacht.

Hinder voor fauna die kan toegeschreven worden aan de menselijke aanwezigheid (lawaaï, verlichting, enz.) wordt niet als significant aanzien, aangezien de installatie zich in een reeds sterk verstedelijkte regio bevindt en de exploitant ook maatregelen heeft genomen om de akoestische effecten van de installatie te verminderen. Daarnaast zijn op de site ook maatregelen genomen om de lokale biodiversiteit te versterken.

De bijdrage van de levensduurverlenging van Tihange 3 aan zure deposities zal niet significant zijn. Net zoals bij Doel 4 kan er zelfs uitgegaan worden van een positief effect, omdat de elektriciteit die door de reactor zal worden geproduceerd niet hoeft te worden geproduceerd door STEG-installaties, die aanzienlijk meer rookgassen uitstoten die verantwoordelijk zijn voor verzuring en stikstofdepositie.

Rekening houdend met alle bovenstaande elementen, kan gesteld worden uitgegaan dat de levensduurverlenging van Tihange 3 niet onverenigbaar is met de instandhoudingsdoelstellingen vastgelegd in de Waalse wetgeving.

De werking van KC Doel en CN Tihange kan ook een impact hebben op de luchtkwaliteit. De belangrijkste bronnen met een mogelijke impact zijn stoomketels en dieselmotoren, die jaarlijks echter maar een beperkt aantal werkingsuren hebben. Naarmate bij sluiting van de andere reactoren op beide sites meer verbrandingsinstallaties uit dienst worden genomen zal de impact van deze installaties verder afnemen.

Uit de impactberekeningen voor KC Doel blijkt dat de impact op de luchtkwaliteit in de omgeving verwaarloosbaar is (kleiner dan 1% van de gehanteerde grens- of toetsingswaarden). Er is dan ook geen noodzaak aan milderende maatregelen.

Als de levensduur van Doel 4 en Tihange 3 niet verlengd worden zal in de plaats ervan elektriciteit gegenereerd moeten worden met (deels) behulp van fossiele brandstoffen. De emissies die hierbij ontstaan (en die bij levensduurverlenging van Doel 4 en Tihange 3 als 'vermeden' kunnen beschouwd worden) liggen veel hoger dan de emissies die bij de werking van Doel 4 en Tihange 3 ontstaan, en de impact op de luchtkwaliteit zal dan ook groter zijn.

De broeikasgasemissies die kunnen toegewezen worden aan de werking van Doel 4 en Tihange 3 bedragen over de periode van de levensduurverlenging samen zo'n 31 kton (cumulatief). De *vermeden* broeikasgasemissies bij het langer open houden van Doel 4 en Tihange 3 zijn van een andere orde. Over de hele periode genomen resulteert het uitstel van de desactivatie van beide reactoren in het vermijden van de emissie van ongeveer 24.830 kton CO₂eq. Dit komt neer op een jaarlijkse besparing equivalent aan bijna 20% van de emissies in de sector "productie van elektriciteit en warmte" in België in het jaar 2021 (12,8 Mton). Als we de vergelijking maken met de emissies die vrijkomen bij de werking van Doel 4 en Tihange 3 over dezelfde periode (samen 31 kton) dan kunnen we vaststellen dat de emissies van beide reactoren over de periode waarop de levensduurverlenging van toepassing is samen slechts ongeveer 0,12% uitmaken van de vermeden emissies over dezelfde periode.

Noch Doel 4 noch Tihange 3 hebben tijdens de referentieperiode een invloed op de weerbaarheid van hun omgeving aan de gevolgen van klimaatverandering. Binnen het tijdsperspectief van de levensduurverlenging zijn beide sites evenmin kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering, en deze situatie is onafhankelijk van het feit of de levensduur van Doel 4 en Tihange 3 al dan niet wordt verlengd.

Het project heeft geen betekenisvolle gevolgen voor de gezondheid. Legionella heeft als gevolg van de genomen maatregelen en, in het geval van Doel, ook van de specifieke omstandigheden (brak voedingswater) in het verleden nooit een probleem gevormd, en er is geen reden om aan te nemen dat dit tijdens de periode van levensduurverlenging anders zou zijn. Wat betreft risicoperceptie met betrekking tot nucleaire ongevallen kan gesteld worden dat die risicoperceptie er wel degelijk is, maar dat er geen aantoonbaar verband is met psychosomatische effecten. Tenslotte kan bevestigd worden dat de levensduurverlenging van Doel 4 en Tihange 3 de kansen op een black-out gevoelig vermindert (vooral in de eerste jaren van de levensduurverlenging), met dus een positief effect op het vermijden van de gezondheids- en veiligheidseffecten die met stroomonderbrekingen kunnen gepaard gaan. Tenslotte kan aangegeven worden dat op het vlak van externe veiligheid geen betekenisvolle toename van het risico verwacht als gevolg van de levensduurverlenging.

9.2 Beoordeling van de radiologische aspecten

9.2.1 Impact op mens en milieu bij normale uitbating

Blootstelling aan ioniserende straling bij normale uitbating en de daaraan gekoppelde impact op mens en milieu is het gevolg enerzijds van directe straling afkomstig van de sites en de radioactieve gasvormige en vloeibare lozingen. De dosis door blootstelling aan directe straling aan de grens met en buiten de sites is erg klein en niet waarneembaar. Het is niet te onderscheiden van de natuurlijke variaties in de achtergrondstraling. Externe straling neemt verder ook sterk af met de afstand (inverse kwadratenwet).

Bij een verlenging van Doel 4 en Tihange 3 voor een periode van nog eens 10 jaar na 2025 zullen de vloeibare en gasvormige lozingen bij normale uitbating van eenzelfde niveau zijn als deze ten gevolge van de uitbating van

Doel 4 en Tihange 3 op dit ogenblik en in de afgelopen jaren. Gasvormige en vloeibare lozingen zijn een fractie van de lozingslimieten vastgelegd in de uitbatingsvergunningen van KC Doel en CN Tihange en de dosis wordt voornamelijk bepaald door de gasvormige lozingen van koolstof 14 (C-14). Dit, ook natuurlijk voorkomend, radionuclide wordt geproduceerd tijdens de werking van de reactoren door de neutronen vrijgezet bij kernsplijting.

De effectieve dosis ten gevolge van het Project (de verlenging van Doel 4 en Tihange 3 voor een periode van 10 jaar) ten gevolge van de gasvormige en vloeibare lozingen wordt voor de meest blootgestelde persoon (kritieke individu) geschat op 0.010 mSv/jaar en dit voor de periode van 10 jaar van verder uitbating. Dit is een triviale dosis, ver beneden de wettelijke limiet van 1 mSv/jaar. Deze dosis is bovendien een zeer conservatieve inschatting (kritiek individu: meest gevoelige leeftijdscategorie, op locatie van maximale blootstelling, voedsel van locatie met hoogste concentraties radionucliden, ...).

Gezien de definitieve stopzetting, volgens de huidige kalender, van de andere reactoren op beide sites wordt verwacht dat de blootstelling ten gevolge van de activiteiten op de sites van KC Doel en CN Tihange na 2025, ook bij verlenging van Doel 4 en Tihange 3, zal dalen ten opzichte van de situatie in de afgelopen jaren. De typische effectieve dosis voor het kritieke individu van de gasvormige en vloeibare lozingen werd voor de afgelopen jaren geschat rond de 0.02 mSv/jaar voor KC Doel en 0.03-0.05 mSv/jaar voor CN Tihange afhankelijk van beschouwde periode en aannames. Na 2025, en bij verlenging van Doel 4 en Tihange 3 zal de effectieve dosis in de beschouwde periode van het Project voor de hele site van KC Doel dalen van 0.017-0.013 mSv/jaar en voor CN Tihange van 0.020 naar 0.015 mSv/jaar. Deze daling is het gevolg van het feit dat een daling in functie van de tijd verwacht wordt in de lozingen na de stopzetting van Doel 1, 2 en 3 voor KC Doel en Tihange 1 en 2 voor CN Tihange. Ook de impact op het milieu is verwaarloosbaar en zal voor de hele sites van KC Doel en CN Tihange verder afnemen, ook bij verlenging van Doel 4 en Tihange 3. Het monitoren van de gasvormige en vloeibare lozingen en het monitoren van de omgeving in kader van het toezichtprogramma en een specifiek programma uitgevoerd door de exploitant zullen de impact op mens en milieu continu blijven bewaken. Gezien dosissen en impact op mens en milieu op site grens triviaal zijn, zijn er ook geen grensoverschrijdende effecten bij normale uitbating.

We willen ten slotte opmerken dat in de periode dat het Project loopt, gestart kan worden met de ontmanteling van één of meerdere van de andere reactoren. Dit kan eventueel een invloed hebben op de radiologische toestand, maar is niet het onderwerp van deze milieueffectbeoordeling. Hiervoor is een aparte milieueffectbeoordeling nodig.

9.2.2 Impact op mens en milieu bij een ongeval

Er werden twee ontwerpbasisongevallen, namelijk het Loss Of Coolant Accident (LOCA) en het Fuel Handling Accident (FHA) die als overkoepelend voor dit type van ongevallen kunnen beschouwd worden en één uitbreidingsontwerpongeval, een Complete Station Blackout (CSBO) met kernsmelt dat dan weer hiervoor als representatief mag beschouwd worden, bestudeerd voor beide reactoren Doel 4 en Tihange 3. De effecten van de twee ontwerpbasisongevallen vallen binnen de limieten van de algemene gegevens in het kader van Artikel 37 van het Euratom verdrag. Er werden echter ook evaluaties in het kader van de FANC-AFCN/Bel-V richtlijnen voor nieuwe Klasse 1 installaties gebruikt voor de effectbeoordeling. Ook de resultaten van deze analyse vallen binnen de limieten van de algemene gegevens in het kader van Artikel 37 van het Euratom verdrag. Strikt gezien is deze laatste evaluatie hier niet van toepassing daar Doel 4 en Tihange 3 reeds bestaande Klasse 1 installaties zijn. Het is echter de unieke analyse die gebruikt werd voor de beoordeling van de effecten voor het CSBO-ongeval en deze analyse geeft ook voor de ontwerpbasisongevallen (LOCA en FHA) een inzicht in een groter aantal effecten die met een ongeval gepaard kunnen gaan, zoals de bodembesmetting.

Ondanks Doel 4 en Tihange 3 reactoren van hetzelfde type en met eenzelfde vermogen zijn, kan er een verschil vastgesteld worden in de effecten voor hetzelfde ongevalsscenario. Dit heeft te maken met het precieze ontwerp (volume reactorgebouw, lektempo naar buiten, ...) en veiligheidssystemen wat betreft de geloosde hoeveelheden radioactiviteit naar de omgeving, maar ook met de hoogte van de lozing (schouwhoogte) voor de ongevallen op beide sites. Er dient verder opgemerkt te worden dat conservatieve schattingen gemaakt worden, zowel naar de geloosde hoeveelheden radioactiviteit bij de ongevallen (onder de beschouwde scenario's) en de berekening van

de impact. Dit wil zeggen dat bij een reëel ongeval dat volgens de beschouwde scenario's verloopt (inclusief de werking van de veiligheidssystemen) de effecten altijd, of bijna altijd kleiner zullen zijn.

Voor Tihange 3 zijn er voor de 3 beschouwde ongevallen volgens de richtlijnen voor nieuwe Klasse 1 installaties geen overschrijdingen van de effectieve dosis en equivalente schildklierdosis tijdens het ongeval ten opzichte van de specifieke referentieniveaus voor directe, dringende beschermingsmaatregelen zoals schuilen, evacueren of inname stabiel jodium (ingestie van besmet voedsel niet meegenomen, daar dat eenvoudig kan vermeden worden). De effectieve dosis is het grootst voor het ontwerpuitbreidingsongeval (CSBO) en bedraagt 4.29 mSv over de duur van het ongeval (5 mSv in 24u is het referentieniveau voor schuilen¹⁴¹). Deze dosis is vergelijkbaar met de dosis die een gemiddelde Belg krijgt per jaar door zowel natuurlijke straling als deze van medische diagnostische toepassingen. De schildklierdosis is bij dit ongeval beperkt omwille van het Containment Filter Venting Systeem (CFVS), dat volgens de uitbatingsvergunning dient gebruikt te worden in een dergelijk ongeval. Dit systeem filtert het aanwezige jodium en de aerosolen (waaronder het langlevende Cs-137) in belangrijke mate en de effectieve dosis is bijgevolg grotendeels het gevolg van de straling van de radioactieve edelgassen in de overtrekkende wolk. Het FHA-ongeval geeft van de beschouwde ongevallen de hoogste schildklierdosis (4.95 mSv voor Tihange voor de leeftijdscategorie 1-2 jarigen). Deze is het gevolg van de lozing van jodium isotopen. Bij dit ongeval en ook bij het LOCA-ongeval bestaat de mogelijkheid dat de voedselketen besmet zal raken, met het radioactieve jodium en tegenmaatregelen noodzakelijk zullen zijn. Gezien de beperkte halveringstijden van de jodiumisotopen zal de besmetting beperkt zijn in de tijd. Besmetting met langlevende radionucliden zoals Cs-137 is erg beperkt (enkel LOCA) en hiervoor wordt in de ongevalsscenario's dan ook geen impact op de voedselketen verwacht. De levenslange effectieve dosis (over 50 jaar voor volwassenen en tot 70 jaar voor andere leeftijdscategorieën) ten gevolge van de ongevallen is beperkt en ver beneden de 1 Sv. De grensoverschrijdende impact van alle beschouwde ongevallen voor Tihange 3 is wegens de afstand tot de buurlanden zeer beperkt. Dosissen zijn beperkt en besmetting met radioactief jodium is mogelijk, maar zal conservatief ingeschat op de rand zijn voor het nemen van tegenmaatregelen.

Voor de beschouwde Doel 4 ongevallen is equivalent met Tihange 3 volgens de analyse van de nieuwe Klasse 1 installaties de effectieve dosis het hoogst voor het CSBO-ongeval en bedraagt 8.89 mSv, wat dus een overschrijding is van het referentieniveau voor schuilen (5 mSv in 24 u) maar nog beduidend lager is in vergelijking met het referentieniveau voor evacuatie (50 mSv in 1 week). Equivalente schildklierdosissen zijn gelijkaardig voor het LOCA en het FHA-ongeval voor Doel 4 en bedragen rond de 35 mSv (leeftijdscategorie 1-2 jarigen). Deze waarden zijn hoger dan het referentieniveau voor de inname van stabiel jodium voor kinderen en zwangere vrouwen (10 mSv equivalente schildklierdosis). Ook voor de beschouwde ontwerpbasisongevallen voor Doel 4 zullen op basis van de conservatieve schattingen van de depositie van jodium isotopen de afgeleide waarden voor de voedselketen overschreden worden en kunnen bijgevolg tegenmaatregelen voor de voedselketen noodzakelijk zijn (typisch melk, bladgroenten en vlees). Ook voor het CSBO-ongevalsscenario voor Doel 4 is het niet uitgesloten dat het afgeleide niveau voor de bodemconcentratie van 4000 Bq/m² overschreden wordt en er dus maatregelen voor de voedselketen noodzakelijk zijn. In dit ongeval is de afzetting van jodium echter kleiner dan in de ontwerpbasisongevallen (LOCA en FHA). Voor alle ongevalsscenario's zal dit echter opnieuw, omwille van de beperkte halveringstijd van de belangrijkste jodium isotopen, beperkt zijn in de tijd (halveringstijd van 8.02 dagen voor I-131). De besmetting met langlevende radionucliden zoals Cs-137 zal zeer beperkt zijn en geen tegenmaatregelen vragen in de beschouwde scenario's. Eén jaar na het ongeval zijn er bijgevolg geen tegenmaatregelen meer te verwachten. Daarnaast zijn de levenslange effectieve dosissen ook voor de Doel 4 ongevalsscenario's veel lager dan 1 Sv.

De grensoverschrijdende impact van de ongevallen blijft beperkt, er zijn voor alle beschouwde ongevalsscenario's voor zowel Doel 4 als Tihange 3 geen directe tegenmaatregelen zoals schuilen, evacueren of de inname van stabiel jodium ter bescherming van de schildklier noodzakelijk in de buurlanden. Voornamelijk in Nederland, gezien de

¹⁴¹ De referentieniveaus mogen niet beschouwd worden als limieten. In een reële situatie zou schuilen misschien wel aangeraden worden, enerzijds omwille van de onzekerheid die bestaat in elke ongevalssituatie maar verder ook omdat een beperking van de blootstelling (dosisoptimalisatie) in kader van het voorzorgsprincipe kan afgewogen worden t.o.v. de nadelige effecten schuilen.

nabijheid van Doel 4, is een besmetting van de voedselketen met jodium isotopen waarbij tegenmaatregelen vereist kunnen zijn mogelijk. In de andere buurlanden is dit voor zowel Doel 4 als Tihange 3 erg onwaarschijnlijk, maar ook voor een aantal landen niet helemaal uitgesloten. De besmetting met jodium isotopen is echter van korte duur, gezien de beperkte halveringstijd. Besmetting met langlevende radionucliden zoals Cs-137 is heel erg beperkt en vereist geen tegenmaatregelen. De levenslange dosis ten gevolge van de beschouwde ongevalsscenario's is dan ook in alle buurlanden erg beperkt.

Voor de impact op fauna en flora kan op basis van de geloosde hoeveelheden en de daaraan gekoppelde deposities in de verschillende ongevalsscenario's een zeer matig tot te verwaarlozen effect verwacht worden voor Doel 4 en een te verwaarlozen effect voor Tihange 3. Dit zijn opnieuw conservatieve inschattingen.

Gezien na 2025, volgens de huidige kalender, Doel 4 en Tihange 3 beide de enige reactor zijn op de respectievelijke sites van KC Doel en CN Tihange die uitgebaat worden voor elektriciteitsproductie, neemt de kans op beide sites af voor een ernstig ongeval. Na de definitieve stopzetting van de andere reactoren daalt de radioactiviteit snel, een ongeval blijft mogelijk (door bv. het verlies van koeling), maar de potentiële radioactieve lozingen en dus ook de potentiële impact zal snel in functie van de tijd afnemen. De impact van eventuele Multi unit events op beide sites (ongevallen waarbij er meer installaties betrokken zijn, zoals in het Fukushima-Dai-ichi ongeval) zal daardoor na 2025 ook kleiner zijn. De kans op een gelijktijdig ongeval met Doel 4 en Tihange 3 is gezien de fysische afstand tussen de sites van beide reactoren nog veel kleiner dan Multi unit events op eenzelfde site.

9.2.3 Impact op de productie van afval en verbruikte splijtstoffen

Een verlenging van de uitbating van de eenheden Doel 4 en Tihange 3 zal aanleiding geven tot het ontstaan van een bijkomende hoeveelheid laag- en middelradioactief afval, die op basis van langjarige gemiddelden geschat wordt op een totaal van 864 m³ voor de huidige vooropgestelde LTO periode van 10 jaar. Dit is voornamelijk afval van categorie A, met slechts een beperkte hoeveelheid categorie B-afval, waaronder mogelijk bepaalde harsen en filters. Vergeleken met de ~50.000 m³ categorie A-afval die momenteel is opgenomen als bronterm in het veiligheidsdossier van de oppervlakteberging betekent dit een marginale toename (~1,7 %).

In de veronderstelling dat de hoeveelheid categorie B-afval verwaarloosbaar is, komt het bijkomend volume afval overeen met ongeveer 2.161 400L-colli die verpakt zullen worden in 540 bergingseenheden (monolieten) met als bestemming oppervlakteberging in de daartoe voorziene inrichting te Dessel, waarvoor de vergunningsprocedure lopende is. De (volumetrische) capaciteit van de berging bedraagt 34 modules, met een ruime reserve van 20% of 5,4 modules, om rekening te houden met onzekerheden rond toekomstige producties van categorie A afval. Het bijkomende afval dat door de LTO van Doel 4 en Tihange 3 geproduceerd zou worden zal daarvan 0,6 modules in beslag nemen. Aangezien het gaat om de verlenging van een bestaande activiteit, resulterend in afvalfamilies met gekende karakteristieken, worden verder geen effecten verwacht voor het afvalbeheer op zowel korte als lange termijn.

Er werd tevens een schatting gemaakt van het cumulatief aantal splijtstofelementen dat verbruikt zal worden gedurende een LTO periode van 10 jaar te Doel 4 en Tihange 3. Voor beide eenheden samen zal de LTO resulteren in een bijkomend verbruik van ongeveer 810 splijtstofelementen (type UOX 14ft). Afgewogen ten opzichte van het gehele Belgische reactorpark, komt dit overeen met een surplus van 7,3 % in aantal splijtstofbundels, of 8,9 % in tonne Heavy Metal (tHM).

Gezien deze relatief beperkte hoeveelheid en aangenomen dat deze in eigenschappen gelijkaardig zullen zijn aan de bestaande splijtstofelementen worden geen effecten op het verdere beheer ervan verwacht. Door het uitstel van desactivatie van Doel 4 en Tihange 3 zal de afkoppeling van het net van de eenheden op beide sites gespreid worden waar dit anders zeer gecondenseerd zou verlopen over enkele jaren. Door de in aanbouw zijnde opslaginstallaties van SF₂ te Doel en Tihange zal er voldoende capaciteit zijn voor veilige opslag op de sites, in afwachting van een beslissing met betrekking tot het langetermijnbeheer.

Tijdens ontmantelingswerkzaamheden worden grote hoeveelheden materiaalstromen gegenereerd, waarvan het grootste gedeelte kan worden vrijgegeven en gerecycleerd. Het hart van de installatie, d.w.z. de reactorkuip en de interne delen zijn echter te beschouwen als radioactief afval. De afvalclassificatie (categorie A of B) gebeurt op basis van de radioactiviteitsconcentratie van veiligheidsrelevante radionucliden en is derhalve afhankelijk van de neutronenflux tijdens de werking van een reactor en de bestralingsduur. Activatieberekeningen van de verschillende onderdelen van het kuipstaal toonden aan dat de totale activiteit nauwelijks toeneemt, en dat de kleine fractie van langlevende isotopen (die van belang zijn voor het beheer op lange termijn) zal toenemen met ongeveer 25 %, evenredig met de duur van de uitbatingsverlenging van 10 jaar. Er wordt verwacht dat deze beperkte activiteitstoename door de LTO niet of weinig bepalend zal voor de afbakening van de transitiezone tussen categorie A en categorie B afval. Er worden dan ook geen significante verschuivingen in volumes afval verwacht.

9.3 Milderende maatregelen en leemten in kennis voor de niet-radiologische effecten

9.3.1 Milderende maatregelen

Gezien de (zeer) beperkte niet-radiologische effecten van het project zijn milderende maatregelen niet aan de orde. Wel kunnen voor het thema Water enkele aanbevelingen geformuleerd worden.

Voor de site van Doel gaat het om het volgende:

1. Verhinderen van drainage van grondwater en koelwater naar de gemengde riolering en afkoppelen van hemelwater (bv. bij nieuwe projecten of onderhoudswerken) waardoor verdunning van het afvalwater en frequente overstortingen optreden;
2. Blijvende optimalisatie van de afvalwaterzuivering is aangewezen om voormalige knelpunten (nitriet, AOX) blijvend op te lossen; consistent meten van een aantal andere parameters zodat kan nagegaan worden of de lozingsnormen gerespecteerd worden;
3. Toekomstige verbouwingen en renovaties moeten voldoende overstromings- en klimaatrobuust zijn om de gevolgen van meer intense regenbuien in de toekomst op te vangen en geen wateroverlast af te wentelen op de omgeving;
4. Het stilleggen van Doel 3 (2022) en Doel 1 en 2 (2025) kan aangegrepen worden om de waterzuivering en het (hemel)waterbeheer voor Doel 4 te optimaliseren.

Voor zowel Doel als Tihange gelden volgende aanbevelingen:

1. Afkoppelen van hemelwater van het sanitair afvalwater en hergebruik van hemelwater als sanitair water, stadswatergebruik maximaal vermijden;
2. Ontharden (infiltratie), aanleggen van groendaken of waterpartijen (buffering) op het terrein om het hitte-eiland effect te verminderen, (hemel)water meer plaatselijk vast te houden en te bergen en verdroging te voorkomen;
3. Anticipatieve fijnregeling van de koelcapaciteit op basis van monitoring van de temperatuur van de Zeeschelde en Maas

9.3.2 Leemten in de kennis en monitoring

Voor het thema Water is er een leemte in het inzicht in het precieze aandeel van het afvalwater afkomstig van Doel 4 en Tihange 3, en dus van de exacte bijdrage van de werking van Doel 4 resp. Tihange 3 aan de restverontreiniging die in de Schelde en Maas terechtkomt.

Voor het thema Lucht situeert de voornaamste kennisleemte zich op het vlak van de emissies van de verbrandingsinrichtingen, aangezien er niet voor alle installaties meetwaarden of modelkarakteristieken bekend zijn. Door het hanteren van emissiefactoren uit de literatuur en aannames werden deze leemten ingevuld. Dit leidt tot

een verhoogde onzekerheid ten aanzien van de resultaten van de impactberekeningen, maar ook als dit in rekening gebracht wordt kan gesteld worden dat de impact verwaarloosbaar is.

Tenslotte is er nog de onzekerheid met betrekking tot de manier waarop de eventueel weggevallen capaciteit van Doel 4 en Tihange 3 (als het project niet wordt uitgevoerd) zou ingevuld worden. Dit maakt dat de effecten op onder meer de luchtkwaliteit en de stikstofdeposities in de referentiesituatie niet precies kunnen ingeschat worden.

Voor Tihange wordt voorgesteld het Seveso-statuuat van de site na stilleggen van Tihange 1 en 2 te verifiëren. Ook als de centrale in zo'n geval niet meer geklasseerd zou zijn als Seveso-installatie moet aandacht worden besteed aan het voorkomen van ongevallen om de mogelijke risico's op het gebied van veiligheid voor de bevolking onder controle te houden.

9.4 Milderende maatregelen en leemten in kennis betreffende radiologische effecten

9.4.1 Noodplanning

9.4.1.1 Doel en Basisconcepten

Het doel van nucleaire noodplanning bestaat erin ervoor te zorgen dat er binnen de operationele organisatie en op lokaal, regionaal en nationaal niveau en, in voorkomend geval, op internationaal niveau, voldoende capaciteit aanwezig is voor een doeltreffende reactie op een nucleaire noodsituatie. Deze capaciteit heeft betrekking op een geïntegreerd geheel van infrastructurele elementen die onder meer omvatten: bevoegde autoriteit en verantwoordelijkheden, organisatie en personeel, coördinatie, plannen en procedures, instrumenten, uitrusting en faciliteiten, opleiding, drills en oefeningen, en een beheersysteem^{xvii}.

In een nucleaire of radiologische noodsituatie zijn er volgende objectieven:

- d) de situatie weer onder controle krijgen en de gevolgen beperken;
- e) levens redden;
- f) ernstige deterministische effecten vermijden of tot een minimum beperken;
- g) eerste hulp verlenen, kritieke medische behandeling bieden en de behandeling van stralingsletsels beheren;
- h) het risico op stochastische effecten verminderen;
- i) de bevolking op de hoogte houden en het vertrouwen van het publiek behouden;
- j) de niet-radiologische gevolgen zoveel mogelijk beperken;
- k) eigendommen en het milieu zoveel mogelijk beschermen;
- l) zich zoveel mogelijk voorbereiden op de hervatting van de normale sociale en economische activiteit.

Wettelijk kader

Europese en internationale richtlijnen

Tabel 101 geeft de belangrijkste Europese en internationale richtlijnen met betrekking tot nucleaire noodplanning.

Tabel 101: Relevante Europese en internationale richtlijnen met betrekking tot nucleaire noodplanning.

Europese en internationale richtlijn	Relevante inhoud m.b.t. nucleaire noodplanning
2013/59/Euratom ^{xcvii}	De richtlijn verplicht de lidstaten tot het uitwerken van een rampenbestrijdingssysteem dat voorziet in noodplannen voor de verschillende soorten vastgestelde nucleaire en radiologische noodsituaties die zich kunnen voordoen. De richtlijn 2013/59/Euratom van 5 december 2013 is deels vertaald in het KB van 1 maart 2018 tot vaststelling van het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgisch grondgebied (zie Tabel 102).
IAEA Safety Standards Series No. GS-G-2.1 ^{xcviii}	In deze richtsnoeren worden passende reacties op een reeks nucleaire of radiologische noodsituaties beschreven.
IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7 ^{xcviii}	Deze publicatie stelt de vereisten vast voor een adequaat niveau van paraatheid voor een nucleaire of radiologische noodsituatie. De toepassing van deze vereisten is bedoeld om de gevolgen van een nucleaire of radiologische noodsituatie te milderen indien een dergelijke noodsituatie zich voordoet, ondanks alle inspanningen om deze te voorkomen.
ICRP Publication 63 ^{xcix}	In deze publicatie worden kwantitatieve richtsnoeren voor de interventieniveaus gegeven. Deze richtsnoeren hebben betrekking op de invoering van beschermende maatregelen op zeer korte termijn en de voortzetting ervan over een langere periode.
ICRP Publication 109 ^c	Dit rapport bevat richtsnoeren omtrent de paraatheid voor en de reactie op alle situaties van blootstelling aan straling in nucleaire of radiologische noodsituaties.
WENRA Safety Reference Level for Existing Reactors 2020 ^{ci}	Dit rapport bevat richtlijnen omtrent een geharmoniseerde benadering rond nucleaire veiligheid binnen de verschillende lidstaten.

Belgische wetgeving

Hieronder volgt een overzicht van de Belgische wetgeving die relevant is voor nucleaire noodplanning (Tabel 102).

Tabel 102: Belgische wetgeving, relevant voor nucleaire noodplanning.

Aard	Inhoud
Wet van 15 april 1994 betreffende de bescherming van de bevolking en van het leefmilieu tegen de gevaren van ioniserende stralingen en betreffende het FANC ^{cii}	Deze wet bevat bepalingen voor een doeltreffende bescherming van de bevolking, werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van ioniserende straling. De wet regelt tevens de oprichting van een openbare instelling met rechtspersoonlijkheid: het "Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle", afgekort FANC dat belast wordt met het toezicht op de naleving van deze wet en haar uitvoeringsbesluiten.
ARBIS (20/07/2001) ^{ciii}	Dit reglement is van toepassing op alle handelingen die een risico kunnen inhouden ten gevolge van de blootstelling aan ioniserende stralingen die worden uitgezonden, hetzij door een kunstmatige, hetzij door een natuurlijke stralingsbron, wanneer de natuurlijke radionucliden worden bewerkt of zijn bewerkt geweest omwille van hun radioactieve eigenschappen, hun splijtbaarheid of omwille van hun kweekeigenschappen. Dit KB stelt onder meer de basisnormen vast voor de bescherming tegen blootstelling aan ioniserende straling.

Ministeriële omzendbrief NPU-1 betreffende de nood- en interventieplannen (26/10/2006) ^{civ}	In deze omzendbrief wordt meer uitleg gegeven bij de bepalingen en de principes vervat in het KB van 16 februari betreffende de nood- en interventieplannen.
KB houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties (30/11/2011) ^{cv}	Dit besluit richt zich tot de exploitanten van de kerninstallaties van klasse 1 en in het bijzonder van kernreactoren voor de elektriciteitsproductie. Er wordt een reeks van veiligheidsvoorschriften in afgekondigd die de exploitant moet toepassen.
KB ter wijziging van het ARBIS (20/07/2020) ^{cvi}	Dit KB wijzigt diverse bepalingen van het ARBIS met het oog op de gedeeltelijke omzetting van richtlijn 2013/59/EURATOM. Daarnaast worden ook enkele bijkomende bepalingen ingevoegd.
KB tot vaststelling van het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgisch grondgebied, BS 6 maart 2018) ^{cvi}	Dit KB legt het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgische grondgebied vast. Dat plan strekt ertoe de coördinatie te verzekeren van de maatregelen ter bescherming van de bevolking en het milieu in geval van radiologische noodsituaties die het Belgische grondgebied rechtstreeks of onrechtstreeks bedreigen. Het plan legt de uit te voeren opdrachten en de bevoegdheden van alle betrokken partijen vast. België heeft sinds 1991 een nationaal nucleair en radiologisch noodplan. Sindsdien zijn er vele actualisaties doorgevoerd. Na overleg met alle betrokken (inter)nationale partners werd het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgisch grondgebied bijgewerkt in 2018.

9.4.1.2 Interne en externe noodplannen voor de nucleaire installaties van KC Doel en CN Tihange

Het noodplan van elke Belgische nucleaire eenheid wordt systematisch beschreven in het veiligheidsrapport en is goedgekeurd op het moment van de vergunningverlening. In aanvulling hierop bevat het 'intern' noodplan de instructies voor alle actoren.

In geval van een ongeval in een nucleaire eenheid in KC Doel of CN Tihange wordt de bedrijfskamer in de betreffende centrale (d.w.z. het Technisch Centrum ter plaatse) geactiveerd en beheert dit alle technische problemen om het ongeval onder controle te houden en de gevolgen ervan te beperken. Op het niveau van de site beheert de Noodplankamer (NPK – Doel/Tihange) de milieu-impact en onderhoudt het contact met het NCCN^{cvi}.

9.4.1.3 Harmonisatie tussen buurlanden voor KC Doel en CN Tihange

Het is wenselijk dat landen hun uitgangspunten voor de te volgen aanpak bij een grensoverschrijdend kernongeval op voorhand met elkaar afstemmen^{cix}. Dit voorkomt dat maatregelen aan de ene kant van de grens wezenlijk anders zijn dan aan de andere kant van de grens. In verband hiermee bevordert het Europees samenwerkingsverband HERCA-WENRA^{cx} harmonisatie in de grensgebieden rondom kerncentrales. Harmonisatie betekent in deze benadering dat het buurland geen maatregelen treft die conflicteren met of verder reiken dan de maatregelen van het bronland.

Nederland, Frankrijk, België en Duitsland hebben beleid geformuleerd om vergelijkbare beschermingsmaatregelen bij een kernongeval voor te bereiden (zie Tabel 103).

Tabel 103: Door België, Nederland, Duitsland en Frankrijk vastgestelde Interventie richtwaarden (IRW) en voorbereidings- of noodplanningszones (straal van de cirkels in km) (NPZ) rondom de kerncentrale van Doel en Tihange voor de directe beschermingsmaatregelen bij een nucleaire noodsituatie).

	Beleid België		Beleid Nederland		Beleid Duitsland		Beleid Frankrijk	
	IRW	NPZ	IRW	NPZ	IRW	NPZ	IRW	NPZ
Reflexzone	-	3,5 km ⁽¹⁴²⁾	-	-	-	5 km ⁽¹⁴³⁾	-	2 km ⁽¹⁴²⁾
Evacueren	50 mSv ⁽¹⁴⁴⁾	10 km	100 mSv	10 km	100 mSv ⁽¹⁴⁴⁾	10 km	50 mSv	(5 km ⁽¹⁴⁵⁾)
Schuilen	5 mSv ⁽¹⁴⁶⁾	20 km	10 mSv	20 km	10 mSv ⁽¹⁴⁴⁾	100 km	10 mSv	10 km (→ 20 km ⁽¹⁴⁵⁾)
Jodiumprofylaxis								
- ≤40 jaar ⁽¹⁴⁷⁾	50 mSv ⁽¹⁴⁸⁾	20 → 100 km ⁽¹⁴⁹⁾	100 mSv	20 km	250 mSv ⁽¹⁵⁰⁾	100 km	50 mSv	-
- ≤18 jaar en zwangeren	10 mSv ⁽¹⁴⁸⁾	20 → 100 km ⁽¹⁴⁹⁾	50 mSv	100 km	50 mSv ⁽¹⁵⁰⁾	Duitsland	50 mSv	-

Bron: <https://www.herca.org/download/4719/>, <https://www.herca.org/download/4735/>, <https://www.herca.org/download/4720/> en <https://www.herca.org/download/4712/>

9.4.1.4 Organisatie van noodplanoefeningen voor KC Doel en CN Tihange

KC Doel en CN Tihange houden verschillende malen per jaar interne oefeningen. Daarnaast bepaalt het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgische grondgebied dat jaarlijks een noodplanoefening wordt georganiseerd voor KC Doel en CN Tihange door het crisiscentrum. Om de 3 jaar moet voor 1 nucleaire site een oefening van grote omvang, in principe met betrokkenheid van alle disciplines, ingericht worden. Er zijn 2 soorten oefeningen^{cx}:

- theoretische oefeningen: de verschillende actoren zitten samen rond de tafel en bespreken hoe ze in werkelijkheid zouden optreden;
- terreinoefeningen: de oefening wordt geënceneerd op de plaats van de (gesimuleerde) noodsituatie. Er is in principe een reële ontplooiing van manschappen en middelen op die plaats, maar verschillende modaliteiten zijn mogelijk.

In overeenstemming met de beoogde doelstellingen betreft het crisiscentrum bij deze oefeningen de verschillende disciplines (brandweer, medische hulp, politie, civiele bescherming, meetploegen, ...).

In Tabel 104 en Tabel 105 worden de oefeningen voor KC Doel en CN Tihange weergegeven van de afgelopen 10 jaar. Er vond 2 maal een oefening plaats voor Doel 4 en 5 maal een oefening voor Tihange 3.

¹⁴² Onmiddellijke schuilen in geval van General Emergency – reflex mode.

¹⁴³ Onmiddellijke evacuatie in geval van General Emergency – reflex mode.

¹⁴⁴ Totale geïntegreerde effectieve dosis over 7 dagen (inhalatie en externe bestraling).

¹⁴⁵ In voorbereiding.

¹⁴⁶ Totale geïntegreerde effectieve dosis over 24 uur (inhalatie en externe bestraling).

¹⁴⁷ 45 jaar voor Duitsland.

¹⁴⁸ Totale geïntegreerde equivalent dosis voor de schildklier (inhalatie).

¹⁴⁹ Extensiezone.

¹⁵⁰ Totale geïntegreerde thyroïde dosis over 7 dagen (inhalatie).

Tabel 104: Oefeningen KC Doel van de afgelopen 10 jaar (Bron: NCCN).

Oefening	Datum	Installatie	Omvang van de oefening
Oefening KC Doel 2012	29 maart 2012	Doel 2	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Oefening KC Doel 2013	22 oktober 2013	Doel 3	Methodologisch begeleide oefening met ontplooiing op terrein.
Oefening KC Doel 2014	14 oktober 2014	Doel 2	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Oefening KC Doel 2015	26 maart 2015	Doel 4	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Oefening KC Doel 2016	15 maart 2016	Doel 1	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Oefening KC Doel (DoelEx) 2017	21 november 2017	Doel 3	Methodologisch begeleide oefening met ontplooiing op terrein.
Oefening KC Doel 2018	8 mei 2018	Doel 4	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Oefening KC Doel 2019	21 maart 2019	Doel 2	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Oefening KC Doel 2020	14 september 2020	Doel 1	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Oefening KC Doel 2021	19 oktober 2021	Doel 2	Methodologisch begeleide oefening <u>zonder</u> ontplooiing op terrein.
Oefening KC Doel 2022	17 mei 2022	Doel 3	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.

Tabel 105: Oefeningen CN Tihange van de afgelopen 10 jaar (Bron: NCCN).

Oefening	Datum	Installatie	Omvang van de oefening
Projet d'Exercice Grande Ampleur Site Electrabel nv Tihange (PEGASE) 2012	20 & 21 november 2012	Tihange 3	Methodologisch begeleide oefening met ontplooiing op terrein.
Exercise Tihange 2013	5 december 2013	Tihange 1	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Exercise Tihange 2014	26 mei 2014	Tihange 3	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Exercise Tihange 2015	26 november 2015	Tihange 1	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Exercise Tihange 2016	29 november 2016	Tihange 3	Methodologisch begeleide oefening met ontplooiing CELMES op terrein.
Exercise Tihange 2017	24 november 2017	Tihange 1	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Exercise Tihange 2018	30 november 2018	Tihange 3	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Exercise Tihange 2019	16 mei 2019	Tihange 2	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Exercise Tihange (TihEx) 2020 phase 1*	17 maart 2021	Tihange 3	Methodologisch begeleide oefening met ontplooiing op terrein.
Exercise Tihange (TihEx) 2020 phase 2*	29 juni 2021		
Exercise Tihange (TihEx) 2022	28 november 2022	Tihange 2	Oefening van beperkte omvang zonder ontplooiing op terrein.
Exercise Celmes 2022	25 – 26 november 2022	Tihange ?	Methodologisch begeleide oefening met ontplooiing op terrein.

9.4.2 Leemten in de kennis

Bij het berekenen van de radiologische impact van lozingen kunnen verschillende onzekerheden een rol spelen, zoals de hoeveelheid en karakteristieken van de geloosde radionucliden (de zogenaamde bronterm), de meteorologische omstandigheden, de locatie en leeftijd van personen en lokale leefgewoonten (bv. het dieet). Voor berekeningen van de impact bij normaal bedrijf zijn lozingen goed gekend en worden meteorologische condities beschouwd voor een volledig (referentie)jaar. Verder wordt de meest blootgestelde persoon beschouwd met erg conservatieve leefgewoonten met betrekking tot de radiologische impact. Dit leidt tot een conservatieve schatting van de radiologische impact. Ook bij ongevalsscenario's worden conservatieve aannames gemaakt maar is de reële blootstelling tijdens een ongeval afhankelijk van de precieze hoeveelheden geloosde radionucliden, de precieze meteorologische omstandigheden (bv. plaatselijke buien) en de locatie en gewoonten van mensen. Dit kan eventueel in een ongeval aangevuld worden met tegenmaatregelen zoals schuilen, het innemen van stabiel jodium en evacuatie. Niettegenstaande de onzekerheden zoals hierboven beschreven, zijn in geval van normaal bedrijf de dosissen waaraan men blootgesteld wordt extreem laag (veel kleiner dan 1 mSv/jaar) maar ook in ongevalssituaties zal in de meeste gevallen voor de hele of het grootste deel van de blootgestelde bevolking de opgelopen dosis beperkt zijn (zie §9.2.2). Dosissen liggen dan ook ver beneden deze voor het optreden van deterministische effecten (deterministische effecten moeten te allen tijde vermeden worden, ook in ongevalssituaties (zie §2.3.2 en §9.4.1) [en], maar ook bijna steeds ver onder effectieve dosissen waar epidemiologische studies stochastische effecten van straling kunnen aantonen (ontstaan van kanker en genetische effecten (zie §2.3.2) [verwijzing naar §Basisconcepten

stralingsbescherming gebruikt in de beoordeling]. Dit omdat de kans op het optreden van deze effecten heel erg klein is bij dergelijke lage dosissen en dit bovenop een hoog spontaan voorkomen van dezelfde effecten. Alhoewel we, vanuit het voorzorgprincipe, aan elke bijkomend opgelopen blootstelling (dosis), hoe laag ook, de mogelijkheid van het voorkomen van stochastische effecten koppelen, is het niet mogelijk met zekerheid dit voorkomen te bevestigen, we weten enkel met zekerheid dat de kans op dit voorkomen heel erg klein of zelfs onbestaande is (<0,57 % bij 100 mSv effectieve dosis: zie §2.3.2).

10 Algemeen Besluit

Het uitstel van de desactivatie van Doel 4 en Tihange 3 kan aanleiding geven tot de bestendinging, gedurende een periode van 10 jaar, van een aantal milieueffecten. In de milieueffectbeoordeling werd voor de receptorgroepen "mens" en "biodiversiteit" nagegaan of deze (radiologische en niet-radiologische) effecten als aanzienlijk kunnen worden beschouwd. Ook voor een aantal andere thema's waarvoor beleidsdoelstellingen bestaan die door het project kunnen beïnvloed worden, of die bepalend zijn voor het effect op mens en biodiversiteit, werd een impactanalyse uitgevoerd. Verder werden ook de 'vermeden effecten' van het project, in termen van emissies van broeikasgassen en van stikstofoxiden, en hun doorwerking binnen de thema's gezondheid en klimaat, bestudeerd. Ook de (vermeden) gezondheidseffecten, toe te schrijven aan de (vermeden) bevoorradingsonzekerheid kwam aan bod.

Uit de analyse blijkt dat de effecten op het **watersysteem** niet van dien aard zijn dat ze een effect hebben op de ecologische toestand van de Zeeschelde of van de Maas, of dat ze het bereiken van het goed ecologisch potentieel van deze waterlichamen zouden hypothekeren. In beide gevallen is de bijdrage van de lozingen aan de kwaliteit van de waterlichamen verwaarloosbaar. Voor Doel 1 is er enkel een effect op de waterkwaliteit in de zone binnen de strekdam; voor de doelstellingen van het waterlichaam Zeeschelde IV heeft dit geen gevolgen. Voor de site van Doel wordt in de milieueffectbeoordeling wel aandacht gevraagd voor de oplossing van problemen eigen aan de huidige werking, zoals de frequente overstortevallen en de staat van het rioleringsstelsel. Voor het thema Water kan er voor de site Doel ook sprake zijn van (beperkte) grensoverschrijdende effecten. Op basis van monitoring van de temperatuur van de Schelde ter hoogte van de Nederlandse grens (op ca. 3,4 km afstand van het lozingspunt), is de invloed van de lozing van het koelwater hoogstens als beperkt negatief te beschouwen, wat inhoudt dat de temperatuurstijging ten gevolge van de lozing kleiner zal zijn dan 1°C. Deze temperatuurstijging zal stroomafwaarts op Nederlands grondgebied verder langzaam afnemen.

Vanuit het thema **biodiversiteit** werden voor de site Doel effecten van het project bestudeerd in termen van de oppervlaktewaterkwaliteit, barrièrewerking, mortaliteit, verstoring, direct ruimtebeslag, en eutrofiëring en verzuring. Voor barrièrewerking en direct ruimtebeslag bleek dat er geen effecten te verwachten zijn. Voor mortaliteit is er mogelijk een (beperkt) effect omwille van de aanzuiging van koelwater. Op het vlak van verstoring is enkel geluidsverstoring potentieel relevant, maar een belangrijke impact op de soorten in de omgeving wordt niet verwacht. Ook voor Tihange kan besloten worden dat hinder voor fauna als gevolg van lawaai en verlichting niet significant is, vermits de installatie zich in een reeds sterk verstedelijkte regio bevindt, en de exploitant ook maatregelen heeft genomen om de akoestische effecten van de installatie te verminderen.

De negatieve effecten van de werking van Doel 4 en Tihange 3 op het vlak van verzurende en eutrofiërende deposities zijn verwaarloosbaar. Op het vlak van stikstofdeposities kunnen zelfs eerder positieve effecten verwacht worden als gevolg van de 'vermeden emissies' die samengaan met 10 jaar aan bijkomende nucleaire productie. De elektriciteit die door beide reactoren zal worden geproduceerd hoeft immers niet te worden geproduceerd door STEG-installaties, die tot aanzienlijk meer verzuring en stikstofdepositie aanleiding zouden geven.

De lozing van koelwater, sanitair water en industrieel water leidt niet tot ecologische effecten op het niveau van de Schelde, en evenmin lokaal. Gezien de aanduiding van de Schelde als habitatrichtlijngebied en gezien het mogelijke belang van deze zone voor de vogels van het nabije vogelrichtlijngebied is dit een belangrijke conclusie. Ook voor Tihange volgt uit de analyse dat de effecten van het project op het aquatisch milieu niet van dien aard zijn dat ze de instandhoudingsdoelstellingen voor de gerelateerde ecosystemen zouden hypothekeren, rekening houdend met de maatregelen die door de exploitant van de inrichting werden genomen.

Het project veroorzaakt geen vermijdbare en onherstelbare schade aan de natuur, en heeft geen betekenisvolle impact heeft op de staat van instandhouding van de habitats en soorten in speciale beschermingszones in de omgeving van de sites van Doel en Tihange. Het effect van de vermeden emissies op de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden elders in België is waarschijnlijk positief, maar het belang ervan valt moeilijk te begroten.

De gemeten stralingswaarden in de omgeving van Doel en Tihange blijven ver onder de drempelwaarden voor schadelijke effecten op fauna en flora. Ook het berekende dosistempo bij lozingen naar lucht en water ligt ver beneden die drempelwaarde. Er kan dus geconcludeerd worden dat de huidige lozingslimieten voor de beschouwde Belgische kerncentrales niet leiden tot schadelijke effecten voor fauna en flora, wat ook wordt bevestigd door de meetresultaten van het monitoring programma van FANC-AFCN en de exploitant. Als enkel Doel 4 respectievelijk Tihange 3 nog in werking zijn zal de radiologische impact op de natuurwaarden uiteraard nog kleiner zijn. Het is dus duidelijk dat de radiologische effecten van het langer open houden van beide centrales geen negatieve invloed hebben op de instandhoudingsdoelstellingen voor de respectieve speciale beschermingszones.

Voor wat de gevolgen bij een ongeval betreft kan bij de verschillende bestudeerde ongevalsscenario's (en bij conservatieve aannames) op basis van de geloosde hoeveelheden en de daaraan gekoppelde deposities gesteld worden dat de impact op fauna en flora een zeer matig tot te verwaarlozen effect heeft in de omgeving van Doel 4, en een te verwaarlozen effect in de omgeving van Tihange 3.

De werking van Doel 4 en Tihange 3 kan ook een impact hebben op de **luchtkwaliteit**. De belangrijkste bronnen met een mogelijke impact zijn stoomketels en dieselmotoren, die jaarlijks echter maar een beperkt aantal werkingsuren hebben. Naarmate bij sluiting van de andere reactoren op beide sites meer verbrandingsinstallaties uit dienst worden genomen zal de impact van deze installaties verder afnemen. Uit de impactberekeningen voor KC Doel blijkt dat de impact op de luchtkwaliteit in de omgeving verwaarloosbaar is (minder dan 1% van de gehanteerde grens- of toetsingswaarden).

Als de levensduur van Doel 4 en Tihange 3 niet verlengd worden zal in de plaats ervan elektriciteit gegenereerd moeten worden met (deels) behulp van fossiele brandstoffen. De emissies die hierbij ontstaan (en die bij levensduurverlenging van Doel 4 en Tihange 3 als 'vermeden' kunnen beschouwd worden) liggen veel hoger dan de emissies bij werking van Doel 4 en Tihange 3, en de impact op de luchtkwaliteit zal dan ook groter zijn.

De **broeikasgasemissies** die kunnen toegewezen worden aan de werking van Doel 4 en Tihange 3 bedragen over de periode van de levensduurverlenging slechts een fractie van de vermeden broeikasgasemissies over dezelfde periode. De jaarlijks vermeden emissies bij het langer open houden van Doel 4 en Tihange 3 zijn equivalent aan bijna 20% van de emissies in de sector "productie van elektriciteit en warmte" in België in het jaar 2021 (12,8 Mton).

Noch Doel 4 noch Tihange 3 hebben tijdens de referentieperiode een invloed op de weerbaarheid van hun omgeving aan de gevolgen van klimaatverandering. Binnen het tijdsperspectief van de levensduurverlenging zijn beide sites evenmin kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering, en deze situatie is onafhankelijk van het feit of de levensduur van Doel 4 en Tihange 3 al dan niet wordt verlengd.

Op het vlak van **gezondheid** kan een (bescheiden) positieve impact verwacht worden als gevolg van het vermijden van een hoeveelheid NO_x-emissies over de periode dat Doel 4 en Tihange 3 langer openblijven. Er werd geen aantoonbaar verband vastgesteld tussen de risicoperceptie met betrekking potentiële nucleaire ongevallen en het voorkomen van psychosomatische effecten bij de bevolking. De levensduurverlenging van Doel 4 en Tihange 3 vermindert de kansen op een black-out gevoelig, met dus een positief effect op het vermijden van de gezondheids- en veiligheidseffecten die met stroomonderbrekingen kunnen gepaard gaan. Op het vlak van externe veiligheid wordt als gevolg van de levensduurverlenging geen betekenisvolle toename van het risico verwacht.

De effectieve dosis ten gevolge van de gasvormige en vloeibare lozingen die samengaan met de levensduurverlenging van Doel 4 en Tihange 3 wordt voor de meest blootgestelde persoon (kritieke individu) geschat op 0,010 mSv/jaar en dit voor de periode van 10 jaar van verder uitbating. Dit is een triviale dosis, ver beneden de wettelijke limiet van 1 mSv/jaar. Deze dosis is bovendien een zeer conservatieve inschatting. Gezien de definitieve stopzetting, volgens de huidige kalender, van de andere reactoren op beide sites wordt verwacht dat de blootstelling ten gevolge van de activiteiten op de sites van KC Doel en CN Tihange na 2025, ook bij verlenging van Doel 4 en Tihange 3, zal dalen ten opzichte van de situatie in de afgelopen jaren. De typische effectieve dosis voor het kritieke individu van de gasvormige en vloeibare lozingen werd voor de afgelopen jaren en voor de volledige site geschat rond de 0,02 mSv/jaar voor KC Doel en 0,03-0,05 mSv/jaar voor CN Tihange, afhankelijk van beschouwde periode en aannames. Na 2025, en bij verlenging van Doel 4 en Tihange 3 zal de effectieve dosis in de

beschouwde periode van het project voor de hele site van KC Doel dalen naar 0,017-0,013 mSv/jaar en voor CN Tihange naar 0,020 à 0,015 mSv/jaar.

Er kan besloten worden dat de levensduurverlenging van Doel 4 en Tihange 3 geen negatieve gezondheidseffecten met zich meebrengt bij normale werking, noch als gevolg van de radiologische effecten, noch als gevolg van niet-radiologische effecten. De effecten in termen van vermeden emissies van stikstofoxiden en van een kleinere kans op stroomonderbrekingen kunnen integendeel aanleiding geven tot positieve gezondheidseffecten.

In de milieueffectbeoordeling werden ook de effecten van het project bestudeerd op de dosis die het gevolg zou zijn van twee **ontwerpbasisongevallen** en van een **ontwerpuitbreidingsongeval**. Uit een analyse op basis van het veiligheidsdossier van Doel 4 blijkt dat de effectieve dosissen en equivalente schildklierdosissen resulterend uit beide ontwerpbasisongevallen voor Doel 4 binnen de gestelde limieten blijven. Als de analyse gebeurt op basis van de FANC-richtlijnen voor nieuwe klasse 1-installaties wordt het criterium voor de equivalente schildklierdosissen wel overschreden, wat betekent dat in een dergelijk geval het innemen van stabiel jodium voor het beschermen van de schildklier zou aangeraden worden. Bij een ontwerpuitbreidingsongeval blijkt de effectieve dosis van dezelfde orde te zijn als die van beide ontwerpbasisongevallen, maar is de equivalente schildklierdosis lager. In alle drie de ongevalsscenario's zou er ook een besmetting van de voedselketen kunnen optreden, met typisch overschrijdingen van activiteitsniveaus in melk, bladgroenten en vlees, met radioactieve jodium isotopen. Gezien de relatief korte halveringstijd van deze isotopen (8,02 dagen voor I-131) zou deze besmetting beperkt zijn in de tijd.

Uit een analyse op basis van het veiligheidsdossier van Tihange 3 blijkt dat de effectieve dosissen en equivalente schildklierdosissen resulterend uit beide ontwerpbasisongevallen voor Tihange 3 binnen de gestelde limieten blijven. Dat geldt ook als de analyse gebeurt op basis van de FANC-richtlijnen voor nieuwe klasse 1-installaties. Bij een ontwerpuitbreidingsongeval blijkt de effectieve dosis van dezelfde orde te zijn als die van beide ontwerpbasisongevallen, maar is de equivalente schildklierdosis lager.

Het project brengt dus een beperkt risico gerelateerd aan een ongeval (zowel ontwerpbasis – als ontwerp-uitbreidingsongeval) met zich mee. Voor de hele site van CN Tihange zal het risico echter dalen, aangezien tijdens de periode van 10 jaar dat de levensduur wordt verlengd enkel Tihange 3 nog zal uitgeroepen worden op de site.

De grensoverschrijdende impact van de ongevallen blijft beperkt, er zijn voor alle beschouwde ongevalsscenario's voor zowel Doel 4 als Tihange 3 geen directe tegenmaatregelen zoals schuilen, evacueren of de inname van stabiel jodium ter bescherming van de schildklier noodzakelijk in de buurlanden. Voornamelijk in Nederland, gezien de nabijheid van Doel 4, is een besmetting van de voedselketen met jodium isotopen waarbij tegenmaatregelen vereist kunnen zijn mogelijk. In de andere buurlanden is dit voor zowel Doel 4 als Tihange 3 erg onwaarschijnlijk, maar ook voor een aantal landen niet helemaal uitgesloten. De besmetting met jodium isotopen is echter van korte duur, gezien de beperkte halveringstijd. Besmetting met langlevende radionucliden zoals Cs-137 is erg beperkt en vereist geen tegenmaatregelen. De levenslange dosis ten gevolge van de beschouwde ongevalsscenario's is dan ook in alle buurlanden erg beperkt.

Gezien na 2025, volgens de huidige kalender, Doel 4 en Tihange 3 de enige reactor zijn op de respectieve sites van KC Doel en CN Tihange die uitgeroepen worden voor elektriciteitsproductie, neemt de kans voor een ernstig ongeval op beide sites af.

Een verlenging van de uitbating van de eenheden Doel 4 en Tihange 3 zal aanleiding geven tot het ontstaan van een bijkomende hoeveelheid laag- en middelradioactief afval, die op basis van langjarige gemiddelden geschat wordt op een totaal van 864 m³ voor de huidige vooropgestelde LTO periode van 10 jaar. Dit is voornamelijk afval van categorie A, met slechts een beperkte hoeveelheid categorie B-afval. Vergeleken met de ~50.000 m³ categorie A-afval die momenteel is opgenomen als bronterm in het veiligheidsdossier van de oppervlakteberging betekent dit een marginale toename (~1,7 %).

In de veronderstelling dat de hoeveelheid categorie B-afval verwaarloosbaar is, komt het bijkomend volume afval overeen met ongeveer 2.161 vaten van 400 liter die verpakt zullen worden in 540 bergingseenheden (monolieten) met als bestemming oppervlakteberging in de daartoe voorziene inrichting te Dessel. De (volumetrische) capaciteit van de berging bedraagt 34 modules, met een ruime reserve van 20% of 5,4 modules, om rekening te houden met

onzekerheden rond toekomstige producties van categorie A afval. Het bijkomende afval dat door de LTO van Doel 4 en Tihange 3 geproduceerd zou worden zal daarvan 0,6 modules in beslag nemen. Aangezien het gaat om de verlenging van een bestaande activiteit, resulterend in afvalfamilies met gekende karakteristieken, worden verder geen effecten verwacht voor het afvalbeheer op zowel korte als lange termijn.

Er werd tevens een schatting gemaakt van het cumulatief aantal splijtstofelementen dat verbruikt zal worden gedurende een LTO periode van 10 jaar te Doel 4 en Tihange 3. Voor beide eenheden samen zal de LTO resulteren in een bijkomend verbruik van ongeveer 810 splijtstofelementen (type UOX 14ft). Afgewogen ten opzichte van het gehele Belgische reactorpark, komt dit overeen met een surplus van 7,3 % in aantal splijtstofbundels, of 8,9 % in tonne Heavy Metal (tHM).

Gezien deze relatief beperkte hoeveelheid en aangenomen dat deze in eigenschappen gelijkaardig zullen zijn aan de bestaande splijtstofelementen worden geen effecten op het verdere beheer ervan verwacht. Door het uitstel van desactivatie van Doel 4 en Tihange 3 zal de afkoppeling van het net van de eenheden op beide sites gespreid worden waar dit anders zeer gecondenseerd zou verlopen over enkele jaren. Door de in aanbouw zijnde en vergunde installaties van SF² (Spent Fuel Storage Facility) te Doel en Tihange zal er voldoende capaciteit zijn voor opslag op de sites, in afwachting van een beslissing met betrekking tot het langetermijnbeheer.

Bibliografie

ⁱ <https://fanc.fgov.be/nl/nieuws/openbaar-onderzoek-voor-vergunning-nieuwe-installatie-doel>.

ⁱⁱ Koninklijk Besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van ioniserende stralingen.

ⁱⁱⁱ National final report on the stress tests of Belgian nuclear power plants, FANC-AFCN, September 2020 (<https://fanc.fgov.be/nl/system/files/best-2020.pdf>)

^{iv} Strategic Environmental Assessment for Nuclear Power Programmes: Guidelines. IAEA Nuclear Energy Series N° NG-T-3.17. International Atomic Energy Agency, 2018.

^v Koninklijk Besluit van 19 augustus 2020 tot wijziging van het koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen en houdende de gedeeltelijke omzetting van richtlijn 2013/59/EURATOM van 5 december 2013 tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming tegen de gevaren verbonden aan de blootstelling aan ioniserende straling, en houdende intrekking van de Richtlijnen 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM en 2003/122/EURATOM en de opslag buiten gebouwen van radioactieve stoffen - <https://fanc.fgov.be/nl/system/files/20200819-publicatie-kb-bss.pdf>.

^{vi} Berekening van de jaarlijkse gemiddelde blootstelling aan ioniserende straling in België: Methodologie en Evolutie., FANC-AFCN, 2018 - https://fanc.fgov.be/nl/system/files/2018_popdose_methodologie.pdf.

^{vii} ICRP (2007) The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 pp. 2-4.

^{viii} Koninklijk Besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van ioniserende stralingen, Art. 20, 3 – 5.

- ^{ix} Koninklijk Besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van ioniserende stralingen, Art. 20, 3 – 5.
- ^x Schwibach, J., Riedel, H., Bretschneider, J., Investigations into the emission of carbon-14 compounds from nuclear facilities, November 1978, Commission of the European Communities - <http://aei.pitt.edu/49706/1/B0038.pdf>
- ^{xi} EPRI (Electric Power Research Institute). Estimation of Carbon-14 in Nuclear Power Plant Gaseous Effluents; 2010. - <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK201991/>.
- ^{xii} IAEA (1992) Effects of Ionizing Radiation on Plants and Animals at Levels Implied by Current Radiation Protection Standards - Technical Reports Series No. 332.
- ^{xiii} UNSCEAR (1996) Sources and effects of ionizing radiation - Report to the General Assembly, with scientific annex. Fifty-first Session, Supplement No. 46. New York: United Nations. A/51/46, UN sales publication E.96.IX.3.
- ^{xiv} UNSCEAR (2008) Effects of ionizing radiation on non-human biota. Fifty-sixth session, Vienna, 10-18 July 2008. New York: United Nations, A/AC.82/R.672.
- ^{xv} ICRP (2008) Environmental Protection: the concept and use of reference animals and plants (Publication 108). Ann. ICRP. Vol. 38, pp. 4-6.
- ^{xvi} Garnier-Laplace, J. and Gilbin, R. (eds.) (2006) Derivation of predicted-no-effects-dose-rate values for ecosystems (and their sub-organisational levels) exposed to radioactive substances. ERICA (contract number: FI6R-CT-2004-508847).
- ^{xvii} Garnier-Laplace, J. et al. (2006) First derivation of predicted-no-effect values for fresh water and terrestrial ecosystems exposed to radioactive substances. Environmental Science and Technology. Vol. 40, pp. 6498-6505.
- ^{xviii} Andersson, P. et al. (2008) Numerical benchmarks for protecting biota against radiation in the environment: proposed levels and underlying reasoning - Deliverable 5B (draft) of the EC EURATOM PROTECT project (contract number: 036425 (FI6R)). 352 5249-506-068 | SEA Afvalplan NIRAS.
- ^{xix} European Chemicals Bureau (2003) Technical Guidance Document in Support of the Commission Directive 93/67/EEC, Commission Regulation (EC) No. 1488/94, Directive 98/8/EC. Part II. Luxemburg: Office for Official Publication of the European Communities. EUR 20418 EN/2.
- ^{xx} Brown, J. E. et al. (2004) Radiation doses to aquatic organisms from natural radionuclides. Journal of Radiological Protection. Vol. 24, pp. A63-A77.
- ^{xxi} Beresford, N. A. et al. Background exposure rates of terrestrial wildlife in England and Wales. Journal of Environmental Radioactivity. Vol. 99(9), pp. 1430-1439.
- ^{xxii} FANC website, geraadpleegd op 31-01-2023.
- ^{xxiii} IAEA Safety Standards Series (2012) Safety of Nuclear Power Plants: Design, SSR-2/1.
- ^{xxiv} IAEA Safety Standards Series (2017) Safety of Nuclear Power Plants: Design, SSR-2/1 (Rev. 1).
- ^{xxv} IAEA Safety Standards, Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants (2010) Specific Safety Guide, SSG-2.
- ^{xxvi} IAEA Safety Standards, Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants (2019) Specific Safety Guide, SSG-2 (Rev. 1).
- ^{xxvii} Euratom verdrag, geconsolideerde versie van het verdrag tot oprichting van de Europese Gemeenschap voor Atoomenergie (2012).
- ^{xxviii} Richtlijn 2014/87/Euratom houdende wijziging van Richtlijn 2009/71/Euratom tot vaststelling van een communautair kader voor de nucleaire veiligheid van kerninstallaties (2014).
- ^{xxix} Report WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, WENRA RHWG (2014).
- ^{xxx} Koninklijk besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties, 01-03-2012.
- ^{xxxi} Malcolm J. (2018) Nuclear Engineering Chapter 8 – Elementary Reactor Principles.
- ^{xxxii} IAEA website, Power Reactor Information System (PRIS), geraadpleegd op 31-01-2023.
- ^{xxxiii} IAEA Power Reactor Information System - <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>.
- ^{xxxiv} IAEA website, International Nuclear and Radiological Event Scale (INES), geraadpleegd op 31-01-2023.
- ^{xxxv} Battist, L. & Peterson, H. T. (1980) Radiological Consequences of the Three Mile Island Accident, International Congress of the International Radiation Protection Association, Jerusalem, Israel, pp. 2263-2270.
- ^{xxxvi} NSAC (1980) Analysis of the Three Mile Island – Unit 2 Accident, NSAC-80-1.
- ^{xxxvii} Corey, G.R. (1979) A brief review of the accident at Three Mile Island, IAEA Bulletin, Vol. 21(5), pp. 54-59.
- ^{xxxviii} Ontwerp kerncentrale Doel – Twee eenheden van 390 MWe – Algemene gegevens in het kader van Art. 37 van het VERDRAG VAN ROME (1972).
- ^{xxxix} 10010172197 - Traite EURATOM art 37 CNT2 et CNT3.pdf
- ^{xl} FANC (2017) Class I Guidance – 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, FANC 2013-05-15-NH-5-4-3.
- ^{xli} Bel V (2017) Safety Guidance – Guidance on the application of conservative and less conservative approaches for the analysis of radiological consequences.
- ^{xlii} <https://fanc.fgov.be/nl/publicaties/verslagen-van-het-radiologisch-toezicht-belgie>.
- ^{xliii} Koninkrijk België, Artikel 179 §5 van de Wet van 8 augustus 1980 betreffende de budgettaire voorstellen 1979-1980, Belgisch Staatsblad 15/08/1980 zoals gewijzigd.
- ^{xliv} Koninkrijk België, 30 Maart 1981. Koninklijk Besluit houdende bepaling van de opdrachten en de werkingsmodaliteiten van de openbare instelling voor het beheer van radioactief afval en splijtstoffen, Belgisch Staatsblad 05/05/1981.
- ^{xlvi} Koninkrijk België, Artikel 2 van de wet van 15 april 1994 betreffende de bescherming van de bevolking en van het leefmilieu tegen de uit ioniserende stralingen voortspruitende gevaren en betreffende het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle.
- ^{xlvii} <http://www.jurion.fanc.fgov.be/jurdb-consult/consultatieLink?wettekstId=27752>.

- xlvi <https://www.belgoprocess.be/verwerken-en-conditioneren-van-alle-types-van-radioactief-afval/>
- xlvi FOD Economie, "Algemene informatie over de Belgische splijtstofcyclus, Deel 1" 2017.
<https://economie.fgov.be/nl/publicaties/studie-kernbrandstoffen>
- xlvi <https://fanc.fgov.be/nl/dossiers/vergunningsdossiers/afgeleverde-vergunningen/doel-spent-fuel-storage-facility-project-sf2>
- l <https://fanc.fgov.be/nl/dossiers/vergunningsdossiers/afgeleverde-vergunningen/tihange-spent-fuel-storage-facility-project>
- li Vinçotte nv en SCK CEN, Project-MER – ELECTRABEL Kerncentrale Doel – SF²- project in Beveren. Referentie Vinçotte OPSAN-20-60600924-02-01, 25 September 2020.
- lii Vinçotte sa et SCK CEN, ETUDE D'INCIDENCES SUR L'ENVIRONNEMENT DU PROJECT SF². SPENT FUEL STORAGE FACILITY – CENTRALE NUCLÉAIRE DE TIHANGE. Reference Vinçotte EOPSAS-18-60684759-01-01, 3 Mai 2018.
- lii ENGIE Electrabel. Déclaration environnementale 2020, centrale nucléaire de Tihange. <https://nuclear.engie-electrabel.be/fr/powerplant/la-centrale-nucleaire-de-tihange/declaration-environnementale>
- lii Ministerraad, Vergadering van 16 januari 1998, Beheer op lange termijn van het laagradioactieve afval.
- lii Ministerraad, Vergadering van 23 juni 2006, Berging van radioactief afval (categorie A).
- lii NIRAS, Hoofdstuk 7 van het veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval te Dessel: Ontwerp en constructie van de bergingscolli, NIROND-TR 2011-07 Versie 3, 30 januari 2019
- lii NIRAS, Synthese van het veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval te Dessel, NIROND-TR 2019-12, 20 augustus 2019
- lii https://www.NIRAS.be/sites/default/files/2020-04/Ontwerpplan_NL_def.pdf.
- lix ONDRAF/NIRAS, Design and Construction of the Supercontainer for Category C waste, NIROND-TR 2017-11E V3, Brussels, Belgium, (2019).
- lx ONDRAF/NIRAS, Design and Construction of the Monolith B for Category B wastes, NIROND-TR 2017-10E V3, Brussels, Belgium, (2019).
- lxi VNSC (2019) Systeemanalyse natuur Schelde-estuarium. Gezamenlijk feitenonderzoek van stakeholders, deskundigen en de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie, 62 p.
- lxii Arcadis (2012). Verslag 5 uitgevoerde monitoringscampagnes (periode juni 2011 – maart 2012) naar de temperatuursinvloed van het koelwater van de kerncentrale van Doel op de Schelde.
- lxiii Koninklijk besluit houdende de vergunning voor de uitbating van Kerncentrale Doel, FANC Nr. ANPP-0301714
- lxiv Periodieke rapportering aan het FANC en Bel V betreffende de radioactieve vloeibare en gasvormige lozingen. FANC-richtlijn "010-106": <https://fanc.fgov.be/nl/system/files/2020-05-12-010-106-nl.pdf>.
- lxv PSR3 D3 - SF14-2-2 : Radiological impact to the public (PSR3/4NT/0785907/000/02), Tractebel Engineering S.A., 2022
- lxvi KCD4 - SF14-8 - Actualisation of impact study radiological consequences, state of the art modelling (DOS34/4NT/0504460/000/02), Tractebel Engineering S.A., 2017
- lxvii Figuur afgeleid uit gegevens op de website RADD (European Commission Radioactive Discharge Database for collecting, storing, exchanging and dissemination of information on radioactive discharges (<https://europa.eu/radd/nucleideDischargeOverview.do?action=submit&pageID=NucleideDischargeOverview&sessionId=z1Jr5jQaKbJggCOTImhuSeqMBSenTgJl71088963311608128017306&redirectAction=null>)
- lxviii <https://www.fanc.fgov.be/nl/publicaties/verslagen-van-het-radiologisch-toezicht-belgie>.
- lxix <https://fanc.fgov.be/nl/professionelen/nucleaire-inrichtingen-klasse-i/toezicht-van-radioactieve-lozingen-van-klasse-i>, informatiedossier 2013 t.e.m. 2021, geraadpleegd op 31/01/2023.
- lxx <https://fanc.fgov.be/nl/professionelen/nucleaire-inrichtingen-klasse-i/toezicht-van-radioactieve-lozingen-van-klasse-i>, informatiedossier 2013 t.e.m. 2021, geraadpleegd op 31/01/2023.
- lxxi <https://nuclear.engie-electrabel.be/nl/powerplant/de-kerncentrale-van-doel/milieuverklaring>.
- lxxii NIRAS, Hoofdstuk 6 van het veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval te Dessel: Afval, NIROND-TR 2011-06 Versie 3, 30 januari 2019.
- lxxiii NIRAS, Hoofdstuk 6 van het veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval te Dessel: Afval, NIROND-TR 2011-06 Versie 3, 30 januari 2019.
- lxxiv IAEA (2003) Spent fuel performance assessment and research. Final report of a coordinated research project on spent fuel performance assessment and research (SPAR), IAEA-TECDOC-1343, pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1343_web.pdf.
- lxxv <https://nuclear.engie-Electrabel.be/nl/kernenergie/de-kerncentrales-en-het-klimaat/wat-met-radioactief-afval>
- lxxvi International Atomic Energy Agency. Methodologies for assessing the induced activation source term for use in decommissioning applications. IAEA safety reports series No.95, Vienna, 2019.
- lxxvii A. Stankovskiy and G. Van den Eynde, "Advanced Method for Calculations of Core Burn-Up, Activation of Structural Materials, and Spallation Products Accumulation in Accelerator-Driven Systems," Science and Technology of Nuclear Installations, vol. 2012, p. 545103, 2012.
- lxxviii UKAEA, "Reference input spectra," 2018. [Online]. Available: https://fispect.ukaea.uk/wiki/Reference_input_spectra.
- lxxix World Nuclear Association, 2022. [Online]. Available: <https://www.world-nuclear.org/reactor/default.aspx/DOEL-4>.
- lxxx SCK CEN, "Chemical composition Belgian surveillance materials, Doel IV, Tihange III.xlsx," SCK CEN/52958010, 2023.
- lxxxi Evans J.C., Lepel E.L., Sanders R.W., Wilkerson C.L., Silker W., Thomas C.W., Abel K.H., Robertson D.R. (1984) "NUREG/CR-3474 Long-lived activation products in reactor materials", Pacific Northwest Laboratory, Richland, WA 99352.
- lxxxii Periodieke rapportering aan het FANC en Bel V betreffende de radioactieve vloeibare en gasvormige lozingen. FANC-richtlijn "010-106": <https://fanc.fgov.be/nl/system/files/2020-05-12-010-106-nl.pdf>.

- ^{lxixiii} PSR3 T2/TEF : SF14-2 : Radiological impact to the public (PSR3/4NT/0791625/000/01), Tractebel Engineering S.A., 2022
^{lxixiv} <https://www.fanc.fgov.be/nl/publicaties/verslagen-van-het-radiologisch-toezicht-belgie>.
- ^{lxixv} Radiologisch toezicht in België – Syntheseverlag 2019, FANC-AFCN, <https://fanc.fgov.be/nl/system/files/2019-annual-report-srt-nl.pdf>.
- ^{lxixvi} <https://fanc.fgov.be/nl/professionelen/nucleaire-inrichtingen-klasse-i/toezicht-van-radioactieve-lozingen-van-klasse-i>, informatiedossier 2013 t.e.m. 2021, geraadpleegd op 31/01/2023.
- ^{lxixvii} <https://fanc.fgov.be/nl/professionelen/nucleaire-inrichtingen-klasse-i/toezicht-van-radioactieve-lozingen-van-klasse-i>, informatiedossier 2013 t.e.m. 2021, geraadpleegd op 31/01/2023.
- ^{lxixviii} Kingdom of Belgium Federal Agency for Nuclear Control. Eighth meeting of the Contracting Parties to the Convention on Nuclear Safety. National report (report produced by the Federal Agency for Nuclear Control on behalf of Belgium). August 2019.
- ^{lxixix} Projet des unités 2 et 3 de la Centrale nucléaire de Tihange. Puissances électriques nettes respectives de 900 et 1000 MW. DONNEES GENERALES AU SENS DE L'ARTICLE 37 DU TRAITE D'EURATOM. Juillet 1981.
- ^{xc} <https://nuclear.engie-Electrabel.be/fr/powerplant/la-centrale-nucleaire-de-tihange/declaration-environnementale>
- ^{xc i} NIRAS, Hoofdstuk 6 van het veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval te Dessel: Afval, NIROND-TR 2011-06 Versie 3, 30 januari 2019.
- ^{xc ii} NIRAS, Hoofdstuk 6 van het veiligheidsrapport voor de oppervlaktebergingsinrichting van categorie A-afval te Dessel: Afval, NIROND-TR 2011-06 Versie 3, 30 januari 2019.
- ^{xc iii} UKAEA, "Reference input spectra," 2018. [Online]. Available: https://fispact.ukaea.uk/wiki/Reference_input_spectra.
- ^{xc iv} World Nuclear Association, 2022. [Online]. Available: <https://www.world-nuclear.org/reactor/default.aspx/TIHANGE-3>.
- ^{xc v} SCK CEN, "Chemical composition Belgian surveillance materials_Doel IV_Tihange III.xlsx," SCK CEN/52958010, 2023.
- ^{xc vi} Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency (2015) IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7, IAEA, Vienna.
- ^{xc vii} Richtlijn 2013/59/Euratom tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming tegen de gevaren verbonden aan de blootstelling aan ioniserende straling, en houdende intrekking van de Richtlijnen 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom en 2003/122/Euratom.
- ^{xc viii} Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency (2007) IAEA Safety Standards Series No. GS-G-2.1, IAEA, Vienna.
- ^{xc ix} Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency (1991) ICRP Publication 63. Pergamon Press.
- ^c ICRP (2009) Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations. Publication 109. Pergamon Press.
- ^{ci} WENRA (2021) Safety Reference Level for Existing Reactors 2020 - Published by Reactor Harmonisation Working Group (RHWG) https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/wenra_safety_reference_level_for_existing_reactors_2020.pdf
- ^{cii} Wet van 15 april 1994 betreffende de bescherming van de bevolking en van het leefmilieu tegen de uit ioniserende stralingen voortvloeiende gevaren en betreffende het Federaal Agentschap voor Nucleaire controle.
- ^{ciii} Koninklijk Besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van ioniserende stralingen.
- ^{civ} Ministeriële omzendbrief NPU-1 van 26 oktober 2006 betreffende de nood- en interventieplannen.
- ^{cv} Koninklijk Besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties.
- ^{cvi} Koninklijk Besluit van 20 juli 2020 tot wijziging van het koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen en houdende de gedeeltelijke omzetting van richtlijn 2013/59/EURATOM van 5 december 2013 tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming tegen de gevaren verbonden aan de blootstelling aan ioniserende straling, en houdende intrekking van de Richtlijnen 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM en 2003/122/EURATOM en de opslag buiten gebouwen van radioactieve stoffen.
- ^{cvi i} Koninklijk Besluit van 1 maart 2018 tot vaststelling van het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgisch grondgebied.
- ^{cvi ii} FANC (2017) Sixth meeting of the Contracting Parties to the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. National report.
- ^{cix} Onderzoekraad voor Veiligheid. Samenwerken aan nucleaire veiligheid. Een onderzoek naar de samenwerking tussen Nederland, België en Duitsland inzake de kerncentrales in de grensgebieden. Den Haag, januari 2018.
- ^{cx} HERCA-WENRA (2014) Approach for a better cross-border coordination of protective actions during the early phase of a nuclear accident.
- ^{cx i} <https://crisiscentrum.be/nl/inhoud/oefeningen/>.