

Milieueffectbeoordeling

Zoals voorzien in de richtlijnen 2011/92/UE, 92/43/CEE en 2009/147/CE in het kader van het uitstel van de desactivatie van de kerncentrales Doel 1 en Doel 2

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

onder referentie 2020/VEF/67514 – Milieu Impactstudie

Publicatiedatum: 2021-04-01

© SCK CEN - Publication date: 2021-04-01

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

Registered Office:

Avenue Herrmann Debroux 40 - 1160 Brussel – Belgium

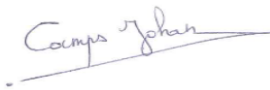


Research Centres:

Boeretang 200 - 2400 Mol - Belgium

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

<http://www.sckcen.be>

Handtekeningen deskundigen radiologische effecten

<p>Johan Camps (SCK CEN)</p> <p>Hoofd eenheid Crisis Management and Decision Support</p> <p>Bevoegd voor het uitvoeren van het radiologisch deel van een milieueffectbeoordeling en –rapportering (FANC MER-003882, goedkeuring van 1 juli 2018 tot en met 30 juni 2023)</p>	
<p>Hildegarde Vandenhove (SCK CEN)</p> <p>Directeur Instituut Environment, Health & Safety</p> <p>Erkenning voor het opmaken van een milieueffectbeoordelingsrapport voor wat betreft de aspecten aangaande ioniserende stralingen (FANC, erkenning vanaf 16 juli 2020 voor een termijn van 5 jaar)</p>	
<p>Christophe Bruggeman (SCK CEN)</p> <p>Adjunct-directeur Instituut Environment, Health & Safety, Hoofd expertisegroep Waste & Disposal</p> <p>Erkenning voor het opmaken van een milieueffectbeoordelingsrapport voor wat betreft de aspecten aangaande ioniserende stralingen (FANC, erkenning vanaf 16 juli 2020 voor een termijn van 5 jaar)</p>	

SCK CEN - 65 jaar ervaring in nucleair onderzoek en nucleaire technologie

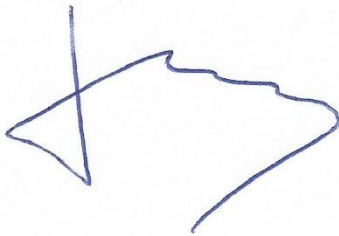


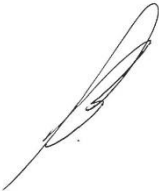
SCK CEN behoort tot de grootste onderzoeksinstituten van België. Meer dan 850 medewerkers zetten zich iedere dag in voor de ontwikkeling van vreedzame toepassingen van ioniserende straling en radioactiviteit. De onderzoeksactiviteiten van SCK CEN focussen zich op drie grote thema's: veiligheid van nucleaire 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: Kim Dams (bedrijfsjurist), Eef Weetjens, Lieve Sweeck, Christophe Gueibe, Katrijn Vandersteen, Bieke Abelshausen en Kristine Leysen.

Handtekeningen MER-deskundigen

<p>Koen Couderé</p> <p>Erkend MER-coördinator</p> <p>Erkenning N° LNE/ERK/MERCO/2019/00033</p> <p>Erkend MER-deskundige Water, deeldomeinen geohydrologie, mariene waters en oppervlakte- en afvalwater</p> <p>Erkend MER-deskundige Klimaat</p> <p>Erkenning N° EDA-222</p>	
<p>Annemie Pals</p> <p>Erkend MER-deskundige Biodiversiteit</p> <p>Erkenning N° EDA-704</p>	
<p>Johan Versieren</p> <p>Erkend MER-deskundige Lucht, deeldomeinen geur en luchtverontreiniging</p> <p>Erkenning N° EDA-059</p>	
<p>Geert Boogaerts</p> <p>Erkend MER-deskundige Mens, deeldomeinen toxicologie en psychosomatische aspecten</p> <p>Erkenning N° EDA-624</p>	

Acknowledgement

Naast de erkende MER-deskundigen werkte ook Katelijne Verhaegen van KENTER mee aan dit rapport.

Tabellen

Tabel 1: Desactivatiekalender volgens de Wet op de kernuitstap.....	16
Tabel 2: Desactivatiekalender volgens de Gewijzigde wet op de kernuitstap.....	17
Tabel 3: Overzicht met basisgegevens van de kerncentrale van Doel.....	25
Tabel 4: Belangrijkste grondstoffen en afvalstromen.	28
Tabel 5: Overzicht van de belangrijkste installaties en activiteiten van de Kerncentrale Doel en hun relatie tot potentiële milieueffecten.....	37
Tabel 6: Overzicht van de thema's die niet bestudeerd worden in de strategische milieueffectrapportage, en bijhorende motivering.	41
Tabel 7: Beoordeling toestand waterlichaam Zeeschelde IV.	51
Tabel 8: Volume geloosd koelwater met en zonder uitstel van desactivatie.....	55
Tabel 9: Samenvatting van de beoordeling van de doelstellingen ten aanzien van het watersysteem.....	61
Tabel 10: Doelsoorten voor de Natura2000 gebieden die overlappen met of voorkomen in de onmiddellijke nabijheid van het projectgebied. x: soort expliciet opgenomen als doelstelling, /: soort is geen doelstelling.	65
Tabel 11: Nummering bestaande gebieden natuurontwikkeling.	69
Tabel 12: Nummering toekomstige gebieden natuurontwikkeling.	71
Tabel 13: Resultaten van de TRIADE monitoring ter hoogte van het VMM meetpunt 154100.....	74
Tabel 14: Emissieplafonds cfr. (herziening) NEC-Richtlijn (2016).....	85
Tabel 15: Emissiedoelstellingen 2030 per gewest (absolute emissieplafonds; Cfr. het Ontwerp van decreet mbt instemming met het samenwerkingsakkoord van 24/04/2020 tussen de Federale Staat en de gewesten).....	85
Tabel 16: Emissies stookinstallaties (2014) (MEB-werken Electrabel, 2021).	87
Tabel 17: Emissies elektriciteitsproductie in Vlaanderen en ruwe raming vermeden emissies bij uit dienst zijn van Doel 1 en 2 berekend op basis van extrapolatie van de vastgestelde emissies voor de sector.	89
Tabel 18: Raming vermeden emissies bij vervanging elektriciteitsproductie Doel 1 en 2 door aardgasgestookte STEG-centrales van de nieuwste generatie.	90
Tabel 19: Raming relatief aandeel "vermeden" emissies t.o.v. de NEC-2030 doelstelling op basis van berekeningswijze gebaseerd op extrapolatie actuele emissies.	92
Tabel 20: Raming relatief aandeel "vermeden" emissies t.o.v. de NEC-2030 doelstelling op basis van berekeningswijze gebaseerd op maximale emissieniveaus nieuwste generatie grote STEG's.	93
Tabel 21: Motoren op fossiele brandstof die eenduidig toe te wijzen zijn aan de werking van Doel 1 en Doel 2.	97
Tabel 22: Broeikasgasemissies (ton CO ₂ eq/jaar) voor Kerncentrale Doel (KCDoel) en de eenheden Doel 1 en 2 voor de periode 2015-2019.	98
Tabel 23: Berekening van de vermeden broeikasgasemissies bij een uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 over de periode 2015-2025, bij een gemengde niet-nucleaire energiemix.....	100
Tabel 24: Berekening van de vermeden broeikasgasemissies bij een uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 over de periode 2015-2020, bij een niet-nucleaire vervangproductie op basis van STEG's van de nieuwste generatie.	101
Tabel 25: Lijst interdisciplinaire gegevensoverdracht.....	111
Tabel 26: Relevante chemische, fysische en andere stressoren.	113
Tabel 27: Voorbeelden van de activiteit van een aantal radioactieve bronnen.....	120

Tabel 28: Dosisbelasting gemiddelde Belg in 2015.....	123
Tabel 29: Dosislimieten.....	124
Tabel 30: Effectieve dosis per jaar voor de meest blootgestelde persoon ten gevolge van gasvormige, vloeibare en het totaal van lozingen corresponderend met de lozingslimieten voor de totale KCDoel.....	132
Tabel 31: Vergunde activiteiten voor gasvormige lozingen voor KCDoel.....	137
Tabel 32: Significantiekader voor de radiologische effecten op fauna en flora.....	139
Tabel 33: Belangrijkste verschillen tussen de methodologie voor het bepalen van de radiologische impact op mens en milieu.....	140
Tabel 34: Relevante internationale en Europese richtlijnen met betrekking tot de identificatie van ongeval scenario's.....	141
Tabel 35: Categorieën van lozingen die worden gemonitord.....	146
Tabel 36: Ogenblikkelijke atmosferische lozingslimieten voor de eenheden Doel 1 en 2, Doel 3 en 4 en het water- en afvalbehandelingsgebouw (WAB).....	148
Tabel 37: Lozingslimieten voor vloeibare effluënten.....	150
Tabel 38: Toezichtsprogramma van FANC in de omgeving van KCDoel.....	155
Tabel 39: Monitoringsprogramma exploitant.....	156
Tabel 40: Jaarlijkse volumes laag- en middelactief afval afgevoerd naar Belgoprocess, en de resulterende te bergen volumes na verwerking aldaar ^{lxix} . 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.....	161
Tabel 41: Geschatte hoeveelheid geconditioneerd afval (GA) jaarlijks geproduceerd in KCDoel op basis van gegevens verstrekt door het FANC.....	162
Tabel 42: Aantal splijtstofelementen dat definitief ontladen werd in de verschillende reactoreenheden van KCDoel.....	163
Tabel 43: Aantal ton splijtstoffen (tHM of ton Heavy Metal) dat definitief ontladen werd in de verschillende reactoreenheden van KCDoel.....	163
Tabel 44: Overzicht van de verschillende types en het aantal verbruikte splijtstofelementen op het einde van de levensduur van de Belgische kerncentrales.....	169
Tabel 45: Samenstelling van de belangrijkste elementen van het reactorvat (in gewichts%).	170
Tabel 46: Relevante Europese en internationale richtlijnen met betrekking tot nucleaire noodplanning.....	174
Tabel 47: Belgische wetgeving, relevant voor nucleaire noodplanning.....	175
Tabel 48: Door België en Nederland vastgestelde voorbereidingszones (straal van de cirkels in km) rondom de kerncentrale van Doel voor de directe beschermingsmaatregelen bij een nucleaire noodsituatie).....	176
Tabel 49: Oefeningen KCDoel van de afgelopen 15 jaar.....	177

Figuren

Figuur 1: Bruto energieproductie (gigawattuur) in België voor de periode 2005-2014, en aandeel van de verschillende bronnen hierin. (bron: https://statbel.fgov.be/nl/themas/energie/elektriciteitsproductie).	17
Figuur 2: Ligging KCDoel (geopunt Vlaanderen).	24
Figuur 3: Werking kerncentrale met van links naar rechts reactorgebouw, machinezaal en koelcircuit (Bron: Electrabel nv).....	26
Figuur 4: De opeenvolgende barrières die het uranium en de splijttingsproducten 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 (4) achtereenvolgens omgeven door de secundaire wand van het reactorgebouw in gewapend beton (5).	27
Figuur 5: Evolutie van de elektriciteitsproductie door de verschillende bronnen over de periode 2020-2030 volgens het Nationaal Energie- en Klimaatplan.....	30
Figuur 6: Schematische voorstelling van de referentietoestand.	32
Figuur 7: Werking van de vier centrales in Doel met en zonder uitstel.	33
Figuur 8: Schematische voorstelling van de scoping op hoofdlijnen voor de milieueffectbeoordeling van de beleidsbeslissing tot uitstel van desactivatie van Doel 1 en 2 (MEB-beslissing).....	40
Figuur 9: Sleutelementen van het strategisch-operationeel continuüm van milieueffectrapportage, toegepast op de milieueffectbeoordeling van het Project.	45
Figuur 10: Waterbalans KCDoel voor 2019.....	53
Figuur 11: Volume koelwater geloosd ten gevolge van het uitstel van de desactivatie in vergelijking met de referentiesituatie (geen uitstel).	55
Figuur 12: N-vracht in het bedrijfsafvalwater in de periode 2015-2019.....	57
Figuur 13: Beschermingszones natuur.	64
Figuur 14: Overzicht bestaande gebieden natuurontwikkeling (permanent en tijdelijk).....	69
Figuur 15: Toekomstige gebieden natuurontwikkeling.	70
Figuur 16: Eindbeeld natuurontwikkeling voor zover bekend en op basis van nog niet verder uitgeklaarde te realiseren natuurcompensaties.	71
Figuur 17: Principeschema koelwater met aanduiding watervang Doel 1 en 2 en Doel 3 en 4 (Bron: Electrabel nv, 2011).....	78
Figuur 18: Geluidscontouren van de continu werkende bronnen tijdens de dag-, avond, en nachtperiode (Bron: MEB met betrekking tot de werken).	79
Figuur 19: Overschrijding van de kritische lasten (gemodelleerd en oppervlaktegewogen) voor vermisting (links) en verzuring (rechts) in bos, soortenrijk grasland en heide tussen 1990 en 2017 (Bron: Schneiders et al., 2020). 80	
Figuur 20: Broeikasgasemissie-intensiteit (g CO ₂ eq/kWh)van de elektriciteitssector voor de verschillende lidstaten van de EU.....	99
<i>Figuur 21: Overzichtskaat blootstelling.</i>	<i>108</i>
<i>Figuur 22: Overzicht inwoners Doel (Bron: Gemeente Beveren).</i>	<i>109</i>
<i>Figuur 23: Stappenplan methodologie (bron: richtlijnboek mens – gezondheid, 2017).</i>	<i>113</i>
Figuur 24: Dosis-response relatie voor deterministische effecten (links) en voor stochastische effecten (rechts). Deterministische effecten treden op vanaf een 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 is 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. 123

Figuur 25: Stappen in methodologie voor radiologische impact lozingen in normaal bedrijf.	132
Figuur 26: Relatief voorkomen van de windrichting ter hoogte van KCDoel op basis van gegevens per uur voor een periode van 3 jaar van 1 juni 2017 tot 1 juni 2020 (Bron: KMI – ECMWF).....	134
Figuur 27: Gemiddelde concentratie in Bq/m ³ nabij grondniveau bij constante lozing (KCDoel) van een 1 TBq/jaar.	135
Figuur 28: Totale afzetting van aerosolen in Bq/m ² (zonder verval in rekening te brengen) bij constante lozing (KCDoel) van 1 TBq/jaar.	136
Figuur 29: Operationele en accidentele toestand van een kerncentrale ^{xlv}	141
Figuur 30: Gasvormige lozingen per jaar voor de totale KCDoel site.	148
Figuur 31: Reële lozingen voor de periode 2014-2019 uitgedrukt in percentage van de lozingslimieten voor de verschillende groepen radionucliden.	149
Figuur 32: Evolutie van de vloeibare lozingen in de Schelde voor de periode 2005-2019.	151
Figuur 33: De ring-stations van het TELERAD netwerk rond Doel (map: OpenStreetMap).	153
Figuur 34: Ring en Agglomeratie stations van het TELERAD netwerk (Achtergrondmap: OpenStreetMap).	154
Figuur 35: Dosistempo in functie van tijd voor het volledige jaar 2018 gemeten door twee TELERAD station aan de grens van het domein van KCDoel, waarvan één ten westen van Doel 1 en 2 (IMR/D 9) en één ten oosten van Doel 1 en 2 (IMR/D 15). De scherpe verhogingen in dosistempo zijn het gevolg van de natuurlijke achtergrondstraling die wijzigt door veranderende meteorologische omstandigheden zoals voornamelijk het voorkomen van regen (zeker na lange droge perioden). Regenintensiteit is eveneens getoond in onderste grafiek van deze figuur (dosistempo data: FANC, Neerslag data voor site KCDoel KMI). Overschrijding van drempelniveau voor alarm (buiten schaal figuur) werd nooit bereikt in 2018.	154
Figuur 36: Locaties van staalname voor aanvullend programma uitgevoerd door de exploitant van KCDoel (benamingen zie Tabel 39, achtergrondmap: OpenStreetMap).....	156
Figuur 37: Meetcampagne met een groot volume detector in voertuig uitgevoerd in de regio ten noordoosten van KCDoel (metingen SCK CEN, 2020). Eenheden in legende zijn detector specifiek en tonen enkel relatieve verschillen. Normale dosistempo's worden over het hele gebied gemeten. (achtergrondmap: Bing VirtualEarth).	157
Figuur 38: Cs-137 concentraties in Bq/m ² gemeten in een campagne 10 jaar na ongeval in Tsjernobyl. Er werd toen 1810 Bq/m ² Cs-137 in nabije omgeving van KCDoel gemeten, een gemiddelde waarde voor België.	158
Figuur 39: Samenvattend overzicht van de complementaire monitoring activiteiten voor het opvolgen van de radiologische impact.	159
Figuur 40: Effectieve dosis voor meest kritische individu in de omgeving van KCDoel berekend op basis van de gerapporteerde reële lozingen. Ter vergelijking is de dosislimiet voor het publiek weergegeven.	159
Figuur 41: Accumulatie van maximale afzetting Cs-137 in Bq/m ² over de levensduur van KCDoel met desactivatie in 2015 van Doel 1 en Doel 2 en uitstel van desactivatie tot 2025 van Doel 1 en Doel 2. De bijdrage van de verschillende eenheden in geval van uitstel desactivatie wordt ook getoond.	165
Figuur 42: Flux doorheen reactorvat in functie van de neutronenergie op de middelste dwarse doorsnede van een reactorvat van Doel I/II gebruikt door de ALEPH2 code.	171

Figuur 43: Gecumuleerde activiteit van de isotopische inventaris binnen het controlevolume van het reactorvat, als functie van de tijd (Boven: constante bestraling; Onder: met verval tussen de cycli)..... 172

Afkortingenlijst

ALARA	As low as reasonably achievable
ANB	Agentschap voor Natuur en Bos
AOX	Adsorbeerbare organische halogeenvverbindingen
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
CFVS	Containment Filtered Venting System
CGCCR	Coördinatie- en Crisiscentrum van de Regering
CO ₂	Koolstofdioxide
CRM	Capacity Remuneration Mechanism
CSBO	Complete Station Black Out
dB	Decibel
DEC	Design Extension Conditions
DIW	Decreet Integraal Waterbeleid
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
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 Verweings- en Ondersteunend Netwerk
KB	Koninklijk Besluit
KCDoel	Kerncentrale Doel
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
S-IHD	Specifieke instandhoudingsdoelstellingen
SO ₂	Zwavel dioxide
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
VLAREBO	Vlaams Reglement betreffende de bodemsanering
VLAREM	Vlaams Reglement betreffende de milieuvergunning
VLAREMA	Vlaams Reglement voor het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
VNSC	Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie
VRG	Vogelrichtlijngebied
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
WGO	Wereldgezondheidsorganisatie

Inhoud

Handtekeningen deskundigen radiologische effecten.....	3
Handtekeningen MER-deskundigen.....	4
Tabellen.....	5
Figuren.....	7
Afkortingenlijst.....	10
1 Inleiding.....	16
1.1 Context van de milieueffectbeoordeling.....	16
1.1.1 Antecedenten.....	16
1.1.2 Doelstelling van deze milieueffectbeoordeling.....	21
1.1.3 Initiatiefnemer en team van deskundigen.....	22
1.1.4 Leeswijzer.....	22
1.2 Voorwerp van de milieueffectbeoordeling en te onderzoeken alternatieven.....	23
1.2.1 Het Project.....	23
1.2.2 Alternatieven.....	29
1.2.3 Evolutie van de bevoorradingszekerheid in de periode 2020-2030.....	30
1.2.4 Referentietoestand en referentiescenario.....	32
1.2.5 Potentieel relevante autonome en gestuurde ontwikkelingen.....	33
1.3 Procedure.....	35
2 Niet-radiologische effecten.....	36
2.1 Algemene methodologie.....	36
2.1.1 Scoping.....	36
2.1.2 Algemeen beoordelingskader.....	44
2.1.3 Specifieke beoordelingskaders.....	44
2.1.4 Diepgang van de beoordeling.....	44
2.2 Effecten van het Project.....	45
2.2.1 Algemeen.....	45
2.2.2 Water.....	46
2.2.3 Biodiversiteit.....	62
2.2.4 Lucht.....	85
2.2.5 Klimaat.....	94
2.2.6 Mens en Gezondheid.....	107
2.3 Grensoverschrijdende effecten.....	118

3 Radiologische effecten.....	119
3.1 Basisconcepten stralingsbescherming gebruikt in de beoordeling.....	119
3.2 Basisconcepten radioactief afval en beheer.....	125
3.2.1 Oorsprong van radioactief afval.....	125
3.2.2 Classificatie.....	126
3.2.3 Beheer van radioactief afval.....	127
3.3 Methodologie.....	130
3.3.1 Routinelozingen.....	131
3.3.2 Accidentele lozingen.....	140
3.3.3 Operationeel radioactief afval en verbruikte splijtstoffen.....	145
3.3.4 Ontmanteling.....	145
3.4 Bestaande situatie.....	145
3.4.1 Monitoring van lozingen.....	145
3.4.2 Monitoring van de radioactiviteit op de site en in het milieu.....	151
3.4.3 Impact op basis van berekeningen en metingen.....	158
3.4.4 Radioactief afval en verbruikte splijtstof.....	160
3.5 Effecten in geval van desactivatie.....	164
3.5.1 Normaal bedrijf.....	164
3.5.2 Ongevallen.....	164
3.6 Effecten in geval van uitstel desactivatie.....	164
3.6.1 Impact op menselijke gezondheid.....	164
3.6.2 Radiologische effecten op biodiversiteit (fauna en flora).....	167
3.6.3 Effecten op radioactief afval, verbruikte splijtstof, ontmanteling.....	168
3.7 Grensoverschrijdende effecten.....	173
3.7.1 Normaal bedrijf.....	173
3.7.2 Ongevallen.....	173
3.8 Milderende maatregelen: noodplanning.....	174
3.8.1 Doel en Basisconcepten.....	174
3.8.2 Wettelijk kader.....	174
3.8.3 Interne en externe noodplannen voor de nucleaire installaties van KCDoel.....	176
3.8.4 Harmonisatie tussen buurlanden voor KCDoel.....	176
3.8.5 Organisatie van noodplanoefeningen voor KCDoel.....	176
3.9 Leemten in de kennis.....	177
4 Synthese en besluit.....	179
4.1 Synthese van de effecten.....	179
4.1.1 Niet-radiologische effecten.....	179
4.1.2 Radiologische effecten.....	183

4.2 Synthese van de grensoverschrijdende effecten	186
4.2.1 Niet-radiologische effecten.....	186
4.2.2 Radiologische effecten.....	187
4.3 Milderende maatregelen	187
4.4 Leemten in de kennis	187
4.5 Algemeen besluit	188
Bibliografie	190

1 Inleiding

1.1 Context van de milieueffectbeoordeling

1.1.1 Antecedenten

Relevante wetgeving

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.

Tabel 1 geeft voor de verschillende Belgische kerncentrales de datum van industriële ingebruikname en de datum waarop de periode van 40 jaar, voorzien in de Wet op de kernuitstap, een einde zou nemen. Om de continuïteit van de energievoorziening te waarborgen, werd voor een geleidelijke afbouw gekozen.

Tabel 1: Desactivatiekalender volgens de Wet op de kernuitstap.

Centrale	Datum van industriële ingebruikname	Datum van desactivatie (na 40 jaar)
Doel 1	15 februari 1975	15 februari 2015
Doel 2	1 december 1975	1 december 2015
Doel 3	1 oktober 1982	1 oktober 2022
Doel 4	1 juli 1985	1 juli 2025
Tihange 1	1 oktober 1975	1 oktober 2015
Tihange 2	1 februari 1983	1 februari 2023
Tihange 3	1 september 1985	1 september 2025

Uit dit overzicht blijkt dat de uitbatingstermijn voor de kernreactor Doel 1 zou eindigen op 15 februari 2015 en die van Doel 2 op 1 december 2015.

In de loop van 2012 is een ontmantelingsprogramma voor Doel 1 en 2 gestart waarin de definitieve stopzetting van de centrales voorzien was. Vanaf midden februari 2015 werd geen elektriciteit meer geproduceerd in de kerncentrale Doel 1; de elektriciteitsproductie in de kerncentrale Doel 2 zou datzelfde jaar worden stopgezet.

De Wet op de kernuitstap voorzag echter ook dat in geval van bedreiging van de bevoorradingszekerheid inzake elektriciteit de Koning bij besluit de noodzakelijke maatregelen kon nemen¹.

Op 28 juni 2015 heeft de Belgische federale wetgever dan ook een wet aangenomen tot wijziging van de wet van 31 januari 2003 houdende de geleidelijke uitstap uit kernenergie voor industriële elektriciteitsproductie (Gewijzigde wet op de kernuitstap). Deze wetswijziging bepaalde dat de kerncentrale Doel 1 (die op dat moment al was stilgelegd) opnieuw elektriciteit mocht produceren en gedesactiveerd zou worden op 15 februari 2025 (dus 10 jaar

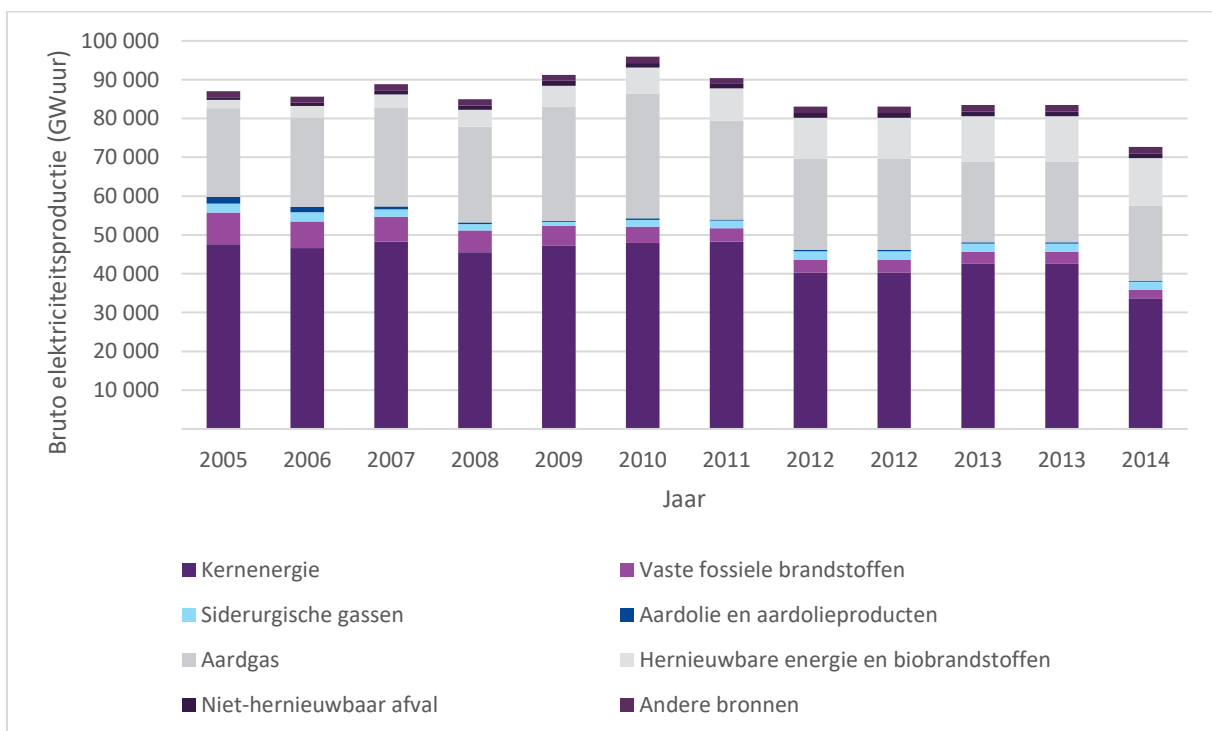
¹ Onverminderd de artikelen 3 tot 7 van de wet, met betrekking tot de bouw van nieuwe kerncentrales, tenzij in geval van overmacht.

later dan oorspronkelijk voorzien). De Gewijzigde wet op de kernuitstap gaf ook de data aan waarop de andere kerncentrales zouden gedesactiveerd worden. Voor Doel 2 kwam dit neer op een verlenging met 10 jaar. Voor Tihange 1 was op 18 december 2013 al een wet aangenomen die de sluiting van deze reactoreenheid uitstelde met 10 jaar. Voor de andere centrales veranderde noch de wet van 18 december 2013 noch de wet van 28 juni 2015 iets ten opzichte van de Wet op de Kernuitstap van 31 januari 2003.

Tabel 2: Desactivatiekalender volgens de Gewijzigde wet op de kernuitstap.

Centrale	Datum van industriële ingebruikname	Datum van desactivatie
Doel 1	15 februari 1975	15 februari 2025
Doel 2	1 december 1975	1 december 2025
Doel 3	1 oktober 1982	1 oktober 2022
Doel 4	1 juli 1985	1 juli 2025
Tihange 1	1 oktober 1975	1 oktober 2025
Tihange 2	1 februari 1983	1 februari 2023
Tihange 3	1 september 1985	1 september 2025

Zoals al aangegeven was de reden om voor de verlenging van de levensduur van de oudste kerncentrales te kiezen het feit dat de bevoorradingszekerheid bij sluiting in de aanloop naar de oorspronkelijk vastgelegde sluitingsdatum niet kon gegarandeerd worden. Die bevoorradingszekerheid hing in de jaren voor 2015 immers voor een aanzienlijk deel af van de stroom geleverd door de kerncentrales, zoals blijkt uit Figuur 1. Deze figuur toont de verdeling van de bruto elektriciteitsproductie in de 10 jaar voorafgaand aan 2015. Het aandeel kernenergie op de totale productie schommelde in die periode tussen 46% en 55% van het totaal.



Figuur 1: Bruto energieproductie (gigawattuur) in België voor de periode 2005-2014, en aandeel van de verschillende bronnen hierin. (bron: <https://statbel.fgov.be/nl/themas/energie/elektriciteitsproductie>).

De reactoreenheden Doel 1 en 2 samen vertegenwoordigen ongeveer 15% van de nucleaire productiecapaciteit, en hun aandeel in de nucleaire energieproductie in de periode 2015-2019 bedroeg tussen de 9% en de 16%, of tussen de 3,5% en 8% van de totale elektriciteitsproductie.

Het wegvallen van een dergelijk aandeel in de productie kon uiteraard alleen maar verantwoord worden als men er zeker van zou zijn dat dit deficit ook volledig zou kunnen opgevangen worden. Als dat niet zou kunnen, dan zou de resulterende sociaaleconomische kost aanzienlijk zijn (zie kaderstukje).

De maatschappelijke kost van black-outs in België

Zoals hoger gesteld vormde het garanderen van bevoorradingszekerheid op korte termijn de motivatie voor de Wet van 28 juni 2015. Het uitvallen van de stroomvoorziening brengt inderdaad potentieel een aanzienlijke economische en maatschappelijke kost met zich mee.

In een studie¹ 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.

De memorie van toelichting bij de wet van 28 juni 2015, Wetsontwerp houdende wijziging van de wet van 31 januari 2003 houdende de geleidelijke uitstap uit kernenergie voor industriële elektriciteitsproductie en houdende wijziging van de wet van 11 april 2003 betreffende de voorzieningen aangelegd voor de ontmanteling van de kerncentrales en voor het beheer van splijtstoffen bestraald in deze kerncentrales (DOC 53, 3087/001) vermeldt inderdaad de potentieel problematische situatie met betrekking tot de bevoorradingszekerheid op korte termijn en verwijst naar verschillende studies waarin deze situatie is aangetoond². Ze wijst ook op de grote onzekerheid over het heropstarten van de centrales Doel 3 en Tihange 2, op de aangekondigde sluiting van conventionele productie-eenheden in 2015, en op het feit dat de integratie van buitenlands productievermogen op het Belgisch elektriciteitsnet op korte termijn niet mogelijk is.

In diezelfde memorie van toelichting staat te lezen dat bij de verlenging de voorschriften zullen moeten worden nageleefd die verband houden met de tienjaarlijkse herziening van de veiligheid en die in het bijzonder betrekking hebben op de maatregelen van het door Electrabel nv uitgewerkte plan voor de langetermijnuitbating (LTO) van de Belgische kerncentrales. In dit LTO-plan wordt gespecificeerd welke maatregelen moeten genomen worden voor de verlenging van de industriële elektriciteitsproductie van de twee centrales om hen te moderniseren en om de naleving van de veiligheidsvoorschriften te waarborgen. Ook met de aanpassing van het actieplan voor de

² Onder meer de "Studie over de perspectieven van elektriciteitsbevoorrading tegen het jaar 2030" (Federale Overheidsdienst Economie en Federaal Planbureau, 2015) en het rapport "Welke ideale energiemix voor België tegen 2020 en 2030" (GEMIX-groep, 2009). In dit laatste rapport wordt aanbevolen de sluiting van de nucleaire reactoren Doel 1, Doel 2 en Tihange 1 met een tienjaarlijkse revisie uit te stellen.

stresstests en met de vereiste goedkeuringen van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) moet volgens de memorie van toelichting rekening gehouden worden³.

Aanbevelingen in het kader van de bevoorradingszekerheid uit de GEMIX-studie van 2009.

In de Memorie van Toelichting bij de Wet van 28 juni 2015 wordt specifiek verwezen naar onder meer het rapport "*Welke ideale energiemix voor België tegen 2020 en 2030*" (GEMIX-groep, 2009). Hieronder hernemen we kort de voornaamste vaststellingen en aanbevelingen die deze studie doet met betrekking tot bevoorradingszekerheid.

De studie stelt:

"De huidige planning voor de ingebruiknemingen en uit dienst stellingen (...) zoals bepaald in de wet van 2003 van de drie eerste (en oudste) nucleaire eenheden in 2015, zou leiden tot een gebrek aan zowel energie als capaciteit. Het is niet zeker dat import dit groeiend tekort, door de beperkte capaciteit van de gekoppelde netten en de bestaande productiecapaciteit in het buitenland, kan aanvullen. Deze situatie van de elektriciteitsproductie in België is over de jaren steeds meer gespannen geworden. Zelfs met een drastische vereenvoudiging van administratieve procedures is er geen garantie dat bijkomende investeringen te gepasten tijde worden geconcretiseerd. Meerdere productieprojecten zijn alleen maar aangekondigd, zonder waarborg op ingebruikneming vanaf 2015, zonder de verkregen vergunning(en), en zelfs zonder een definitieve beslissing voor de realisatie vanwege hun ontwerper"⁴.

In het rapport wordt er op gewezen dat de sluiting van de productie-eenheden Doel 1, Doel 2 en Tihange 1 in 2015 de indienstelling vanaf 2014 zou moeten inhouden van niet-nucleaire vervangingseenheden a rato van 50% van het nominaal vermogen van de drie genoemde reactoren (corresponderend met een vermogen van 700 tot 800 MW), waarbij rekening moest gehouden worden met een minimale indienstellingstermijn voor nieuwe gascentrales van 4 jaar. Merk op dat in een recentere studie (Laleman en Albrecht, 2014⁵) het tekort aan geïnstalleerde capaciteit (bij sluiting van Doel 1 en Doel 2) in 2017, afhankelijk van de aanname met betrekking tot de omvang van de piekvraag, tussen 2,42 en 3,16 GW zou bedragen, als men een 5% reservemarge zou willen behouden (en geen structureel bijkomend beroep zou doen op import van elektriciteit).

Op basis van onder meer bovenstaande analyse komt de GEMIX-groep tot onderstaande aanbeveling met betrekking tot de sluiting van de kerncentrales:

"Gezien:

- de strakke timing die een invloed heeft op de realisatie van een productiepark met voldoende capaciteit om aan de vraag te voldoen;
- de bezorgdheid om te waken over de continuïteit van de werking van het economische weefsel; dit alles in overeenstemming met de vereisten voor milieu en een beveiliging van de bevoorrading,

beveelt de groep aan:

- de sluiting van drie nucleaire reactoren Doel 1, Doel 2 en Tihange 1 met een tienjaarlijkse revisie uit te stellen;
- de situatie binnen tien jaar opnieuw te evalueren om de toegevoegde waarde na te gaan van een nieuwe verlenging met tien jaar van de duur van hun werking;

³ Naar aanleiding van de beslissing die in 2015 werd genomen door de Belgische Regering om de uitbating van Doel 1 en 2 toe te laten tot 2025 heeft het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) een veiligheidsanalyse gemaakt voor die verlengde uitbatingstermijn en vervolgens werkzaamheden opgelegd aan de exploitant, Electrabel nv, om de reactoren te laten voldoen aan de meest recente veiligheidsnormen. De werkzaamheden kregen de naam LTO-werken, wat staat voor Long Term Operation. Electrabel nv stelde bijgevolg actieplannen op die als doel hadden om tijdens elke periodieke stillegging van de reactoren deze werkzaamheden volgens een welbepaald tijdschema uit te voeren. Voor Doel 1 en 2 zijn de werkzaamheden ondertussen afgelopen. Het FANC gaf respectievelijk op 29 en 22 mei 2020 groen licht om die reactoren opnieuw op te starten. Zie ook <https://fanc.fgov.be/nl/dossiers/kerncentrales-belgie/langetermijnuitbating-lto-van-de-belgische-kerncentrales>

⁴ In een geactualiseerde versie van haar rapport (juli 2012) stelt de GEMIX-commissie nog expliciet het volgende: "*du côté de l'offre de capacités, force est de constater un retard dans la réalisation de plusieurs projets de centrales (au gaz) susceptibles de compenser en temps opportun les productions des unités nucléaires déclassées* »

- de sluiting van de andere, meer recente reactoren (Doel 3, Doel 4, Tihange 2 en Tihange 3) met 20 jaar uit te stellen⁵.”

Met betrekking tot deze aanbeveling worden in het rapport een aantal *conditio's sine qua non* geformuleerd over de veilige werking en het afvalbeheer en over de bekrachtiging van elke verlenging door het FANC op basis van een internationale benchmarking. Elders in het rapport wordt ook gesteld dat “*de eventuele verlenging van de levensduur van de kerncentrales in ieder geval (zou) moeten gepaard gaan met een zeer ambitieuze politiek gericht op een rationeel energiegebruik en op de verbetering van de energie-efficiëntie*”.

Beroep tot vernietiging bij het Grondwettelijk Hof

Op 5 januari 2016 werd door Inter-Environnement Wallonie en de Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen bij verzoekschrift een beroep tot vernietiging van de wet van 28 juni 2015 ingesteld bij het Grondwettelijk Hof. De grond van dit beroep lag in het feit dat de verlenging van de kerncentrales aangenomen werd zonder milieubeoordeling en zonder een procedure waarbij het publiek betrokken werd. Ter ondersteuning van het verzoek tot vernietiging werden de volgende internationale verdragen en Europese richtlijnen aangevoerd:

- Het Espoo-verdrag inzake milieueffectrapportage in een grensoverschrijdende verband van 25 februari 1991;
- Het verdrag van Aarhus betreffende toegang tot informatie, inspraak bij besluitvorming en toegang tot de rechter inzake milieuaangelegenheden van 25 juni 1998;
- De richtlijn 2011/92/EU van 13 december 2011 betreffende de milieueffectbeoordeling van bepaalde openbare en particuliere projecten (MEB-richtlijn);
- De richtlijn 92/43/EEG van 21 mei 1992 betreffende het behoud van de natuurlijke habitats en wilde flora en fauna;
- De richtlijn 2009/147/EG van 30 november inzake het behoud van de vogelstand.

Bij tussenarrest van 22 juni 2017 heeft het Grondwettelijk Hof prejudiciële vragen omtrent de interpretatie van de verdragen en richtlijnen gesteld aan het Hof van Justitie van de Europese Unie.

Het Hof van Justitie van de Europese Unie heeft bij arrest van 29 juli 2019⁶ vastgesteld dat de nodige werken die aan de centrales Doel 1 en 2 worden verricht om deze centrales te moderniseren en om ervoor te zorgen dat de geldende veiligheidsvoorschriften worden nageleefd, moeten worden onderworpen aan een milieueffectbeoordeling. Aangezien de wet van 28 juni 2015 tot wijziging van de wet van 31 januari 2003 onlosmakelijk verbonden is met de nodige (m.e.r.-plichtige) moderniseringswerken vormde ze volgens het Hof van Justitie samen met deze werken een ‘project’ in de zin van de richtlijn 2011/92/EU, en moest ze dus in beginsel ook worden onderworpen aan een milieueffectbeoordeling.

Gezien de centrales zich vlak bij de grens tussen België en Nederland bevinden, moest het project bovendien ook worden onderworpen aan de grensoverschrijdende beoordelingsprocedure waarin de richtlijn voorziet, voordat de wet in kwestie werd vastgesteld. Het Europees Hof van Justitie oordeelde ook dat het spoedeisend karakter van het project niet kon worden ingeroepen als basis van een vrijstelling van milieueffectbeoordeling, aangezien België de Europese Commissie niet in kennis had gesteld van zijn wens om van die mogelijkheid gebruik te maken. Een dergelijke vrijstelling zou overigens niet kunnen worden toegepast, gelet op de grensoverschrijdende effecten van het Project. Verder stelde het Hof van Justitie dat het project aan een passende beoordeling moest onderworpen worden, gezien de mogelijke effecten op speciale beschermingszones, waaronder de Schelde.

Na ontvangst van het arrest van het Hof van Justitie heeft het Grondwettelijk Hof op 5 maart 2020 de wet van 28 juni 2015 tot wijziging van de wet van 31 januari 2003 vernietigd. Het Hof voerde hierbij aan dat “de bestreden wet, vóór de aanneming ervan, diende te worden voorafgegaan door een milieueffectbeoordeling en een raadpleging

⁵ Aan deze aanbeveling is in de praktijk geen gevolg gegeven.

⁶ Arrest in zaak C-411/17 Inter-Environnement Wallonie ASBL en Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen vzw versus Ministerraad.

van het publiek over het principe van de verlenging (...) en over de gevolgen van die verlenging inzake moderniserings- en beveiligingswerkzaamheden". Het Hof stelde ook dat de bestreden wet, gekoppeld aan de moderniserings- en beveiligingswerkzaamheden die er onlosmakelijk aan verbonden zijn, vóór de aanneming ervan moest zijn voorafgegaan door een passende beoordeling van de milieueffecten.

Het Grondwettelijk Hof besloot echter, "teneinde het reële en ernstige risico af te wenden dat de elektriciteitsbevoorrading van het land wordt onderbroken", de gevolgen ervan te handhaven totdat een nieuwe wet wordt aangenomen, voorafgegaan door de vereiste beoordeling van de milieueffecten en een passende beoordeling, met inbegrip van inspraak en grensoverschrijdende raadpleging van het publiek en uiterlijk tot en met 31 december 2022.

Zodoende moet de Belgische staat uiterlijk op 31 december 2022 een nieuwe wet aannemen om de werking van de kerncentrales Doel 1 en 2 te kunnen verlengen en, voorafgaand aan de vaststelling van deze nieuwe wet, de vereiste beoordelingen uitvoeren, met inbegrip van inspraak en grensoverschrijdende raadpleging.

1.1.2 Doelstelling van deze milieueffectbeoordeling

Zoals hoger gezien moet er, om tegemoet te komen aan de gevolgen van het arrest van het Grondwettelijk Hof, voorafgaand aan het opmaken van een nieuwe wet een milieueffectbeoordeling worden opgemaakt voor de beslissing om de kerncentrales 10 jaar langer open te houden én voor de moderniserings- en veiligheidswerken die nodig zijn voor de optimale werking van de kerncentrales Doel 1 en 2 bij verlenging van de uitbating. De genoemde werken zijn immers onlosmakelijk verbonden met de beslissing, en samen vormen ze één Project.

De milieueffectbeoordeling van dit Project heeft een dubbel karakter, aangezien ze enerzijds betrekking heeft op een strategische beslissing en anderzijds op concrete werken; ze is dan ook opgesplitst in twee onderdelen. **Voorliggende milieueffectbeoordeling (MEB) omvat de beoordeling van de effecten veroorzaakt door de strategische beleidsbeslissing om de desactivatie van Doel 1 en Doel 2 met 10 jaar uit te stellen.**

In een afzonderlijke milieueffectrapportage, opgemaakt in opdracht van de exploitant van de kerncentrales, worden de effecten beoordeeld van de concreet uit te voeren werkzaamheden die het gevolg zijn van de door de wetgever aan te nemen wet tot verlengde elektriciteitsproductie.

Beide milieubeoordelingen werden apart opgemaakt maar vormen samen de milieubeoordeling van het Project zoals hoger gedefinieerd. Om het onderscheid te maken tussen beide onderdelen van deze overkoepelende milieueffectbeoordeling spreken we respectievelijk over de 'milieueffectbeoordeling met betrekking tot de beslissing' en de 'milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken'⁷.

De milieueffectbeoordeling over de strategische beslissing om de desactivatie van Doel 1 en 2 uit te stellen houdt de identificatie, beschrijving en beoordeling van de directe en indirecte effecten van het Project in. Het gaat om een milieueffectbeoordeling op strategisch niveau, die in overeenstemming met artikel 3 van de MEB-richtlijn (Richtlijn 2011/92/EU betreffende de milieueffectbeoordeling van bepaalde openbare en particuliere projecten, zoals gewijzigd door Richtlijn 2014/52/EU van 16 april 2014) rekening moet houden met volgende factoren:

- a) de bevolking en de menselijke gezondheid;
- b) de biodiversiteit, met bijzondere aandacht voor op grond van Richtlijn 92/43/EEG Instandhouding van natuurlijke habitats en wilde flora en fauna en Richtlijn 2009/147/EG inzake het behoud van de vogelstand;
- c) land, bodem, water, lucht en klimaat;
- d) materiële goederen, het cultureel erfgoed en het landschap;
- e) de samenhang tussen de onder a) tot en met d) genoemde factoren.

In bijlage IV bij de (aangepaste) richtlijn wordt verder verduidelijkt dat de onder artikel 3 vermelde factoren waarop het project van aanzienlijke invloed kan zijn betrekking hebben op 'bevolking, menselijke gezondheid, biodiversiteit

⁷ Voor 'de werken' is een afzonderlijke milieueffectbeoordeling opgemaakt in opdracht van Electrabel nv, de exploitant van de kerncentrale Doel.

(bijvoorbeeld fauna en flora), land (bijvoorbeeld ruimtebeslag), bodem (bijvoorbeeld organisch materiaal, erosie, verdichting, afdekking), water (bijvoorbeeld hydromorfologische veranderingen, kwantiteit en kwaliteit), lucht, klimaat (bijvoorbeeld broeikasgasemissies, effecten die van belang zijn voor adaptatie), materiële goederen, cultureel erfgoed, inclusief architectonische en archeologische aspecten, en het landschap'.

De milieueffectbeoordeling heeft voor wat de niet-radiologische effecten betreft betrekking op de hierboven vermelde factoren. In §2.1.1 geven we aan op welke effecten de nadruk ligt en waarom. Voor wat de radiologische effecten betreft ligt de nadruk op de factoren "bevolking en menselijke gezondheid" en "biodiversiteit".

1.1.3 Initiatiefnemer en team van deskundigen

1.1.3.1 Initiatiefnemer

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

1.1.3.2 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.

Radiologische MER deskundigen van SCK CEN:

- Johan Camps (eenheidshoofd CMD): Project coördinator en radiologische MER-deskundige;
- Hildegard Vandenhove (instituuksdirecteur EHS): SPOC SCK CEN met de Federale Overheidsdienst Economie en Electrabel nv en radiologische MER-deskundige;
- Christophe Bruggeman (expertisehoofd W&D en adjunct-instituutsdirecteur EHS): Radiologische MER deskundige, verantwoordelijk analyse nucleair afval.

Niet-radiologische MER deskundigen:

- MER-coördinatie: Koen Couderé (KENTER);
- MER-deskundige Water en Klimaat: Koen Couderé (KENTER);
- MER-deskundige Biodiversiteit: Annemie Pals (Mieco-effect);
- MER-deskundige Lucht: Johan Versieren (Joveco);
- MER-deskundige Mens en gezondheid: Geert Boogaerts.

Katelijne Verhaegen (KENTER) werkte mee de discipline Water en de algemene methodologische delen van deze milieueffectbeoordeling uit.

1.1.4 Leeswijzer

Deze milieueffectbeoordeling is opgebouwd uit vijf hoofdstukken.

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. Ook wordt kort ingegaan op de gevolgde procedure, met nadruk op de raadpleging en participatie van het publiek en op de adviesvraag aan een aantal bevoegde instanties.

De effecten van het Project worden beschreven in twee afzonderlijke hoofdstukken. Hoofdstuk 2 gaat in op de niet-radiologische aspecten, hoofdstuk 3 op de radiologische aspecten.

In *hoofdstuk 2* wordt eerst ingegaan op de afbakening van het studiebereik (scoping). Hier wordt aangegeven welke thema's in deze MEB bijzondere aandacht zullen krijgen, en wordt gemotiveerd waarom bepaalde thema's niet in

detail worden behandeld. Vervolgens worden de (niet-radiologische) effecten van het project 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 3* 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, van radioactief afval en van de ontmanteling. Ook de bestaande situatie op het vlak van de radiologische impact komt uitgebreid aan bod. De effecten van het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en Doel 2 die vervolgens beschreven worden hebben betrekking op de menselijke gezondheid, de biodiversiteit en de productie en het beheer van radioactief afval. Zowel de effecten bij normaal bedrijf als bij ongevallen komen aan bod, inbegrepen de grensoverschrijdende effecten. Ook op milderende maatregelen onder de vorm van noodplanning wordt ingegaan.

In *hoofdstuk 4* wordt een synthese gegeven van zowel de niet-radiologische als de radiologische effecten. Speciale aandacht gaat uit naar grensoverschrijdende effecten, naar de noodzaak aan milderende maatregelen en naar de leemten in de kennis. Op deze basis wordt een algemeen besluit geformuleerd.

In *hoofdstuk 5* tenslotte is de niet-technische samenvatting van deze MEB te vinden, 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 om de desactivatie van Doel 1 en 2 uit te stellen, waarbij rekening wordt gehouden met alle toepasselijke Europese Richtlijnen (2011/92/UE, 92/43/CEE en 2009/147/CE). Zoals hoger aangegeven wordt er daarnaast door de uitbater van de kerncentrales ook een milieueffectbeoordeling uitgevoerd die het effect van de werken in het kader van de geïntegreerde actieplannen voor de verder gezette uitbating van Doel 1 en 2 in de periode 2015-2025 beoordeelt. Beide beoordelingen samen vormen de Milieueffectbeoordeling voor het Project, zoals opgelegd in het arrest van het Grondwettelijk Hof van 5 maart 2020.

Het Project dat het voorwerp uitmaakt van deze milieueffectbeoordeling (en van de aparte milieueffect-beoordeling met betrekking tot de bijhorende werken) bestaat uit het "uitstel van de desactivatie" van de kernreactoren/eenheden voor elektriciteitsproductie Doel 1 en 2 die deel uitmaken van de site van de Kerncentrale van Doel (KCDoel), uitgebaat door Electrabel nv, en gelegen in de Scheldemolenstraat, Haven 1800, 9130 Doel. De KCDoel bestaat in totaal uit 4 kernreactoren, de nodige hulpgebouwen en installaties voor de productie van elektriciteit en de opslag van verbruikte splijtstoffen. De site ligt in de gemeente Beveren (Oost-Vlaanderen) langs de linkeroever van de Schelde en op een kortste afstand van 3,15 km van de Nederlandse grens (zie Figuur 2). De werking van de kerncentrale, met focus op de werking van de eenheden Doel 1 en 2 die deel uitmaken van het Project, wordt verder beschreven in §1.2.1.2.



Figuur 2: Ligging KCDoel (geopunt Vlaanderen).

Het Project wordt gezien als onafhankelijk van andere projecten die lopen en/of gepland worden voor de site van KCDoel, 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 brandstoffen)ⁱⁱⁱ) en het stopzetten van Doel 3⁸ (momenteel voorzien op 1 oktober 2022^{iv} en gevolgd door een post-operationele fase voor de start van de eigenlijke ontmanteling). De SF²-installatie zal bovendien enkel verbruikte splijtstoffen opslaan (inclusief behandeling) van de nucleaire eenheden Doel 3 en 4, bedoeld om de huidige tussentijdse opslagcapaciteit te vergroten met een voorziene levensduur voor deze installatie van 80 jaar.

Deze milieueffectbeoordeling op strategisch niveau heeft betrekking op de strategische beleidsbeslissing tot het verder openhouden en uitbaten van de eenheden Doel 1 en 2 voor energieproductie over de periode 2015-2025.

De post-operationele fase en ontmanteling maken geen deel uit van het Project zoals hier beschouwd, alhoewel bepaalde aspecten die het exploiteren van de eenheden Doel 1 en 2 over de periode 2015-2025 met zich meebrengt en die in het kader van de ontmanteling belangrijk kunnen zijn wel beschouwd worden.

De periode 2015-2025 voor Doel 1 en 2 houdt zoals eerder aangegeven een bijkomende periode van uitbating in 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 vanaf 2015 is dit de vierde herziening en zijn de twee eenheden bovendien 40 jaar in uitbating. In het kader van de uitbating na 40 jaar, ook de langetermijnuitbating van de kerncentrales genoemd (Long Term Operations of LTO), werd een actieplan opgemaakt en geïntegreerd in de vierde Tienjaarlijkse Herziening^v. Dit actieplan heeft tot doel de veiligheid van de oudste nucleaire eenheden in België (waartoe Doel 1 en 2 behoren) op continue wijze te verhogen tot het niveau voorzien voor de meest recente centrales. Verder werden hierin ook acties voortvloeiend uit een

⁸ Zoals bepaald door het Koninklijk Besluit van 31 januari 2003 over de geleidelijke uitstap uit kernenergie.

omvangrijk weerstandstestprogramma (“Stresstests”) geïntegreerd dat tot stand kwam na het ongeval in de kerncentrale van Fukushima op 11 maart 2011. De belangrijkste acties zijn:

- De bouw van een nieuw seismisch pompstation ter verbetering van de brandveiligheid, waarmee Doel 1 en 2 beter beschermd zijn tegen brand in gevolg van een aardbeving;
- De installatie van een Containment Filtered Venting System (CFVS) voor het uitvoeren van een drukontlasting van het containment (reactorgebouw) bij overdruk in geval van een ongeval met kernsmelt (zwaar ongeval), om zo de integriteit van het gebouw te bewaren en de radiologische gevolgen naar de omgeving te beperken.

De werken hebben dus voornamelijk betrekking op veiligheidsvoorzieningen die de werking van de centrale in normale omstandigheden niet beïnvloeden (zoals bv. het thermische vermogen). De werken die uitgevoerd worden in het kader van deze geïntegreerde actieplannen vormen niet het voorwerp van voorliggende milieueffectbeoordeling. De effecten van die werken worden, zoals eerder aangegeven, beschreven en beoordeeld in een afzonderlijke milieueffectbeoordeling uitgevoerd door de exploitant van de kerncentrales. Voorliggende MEB heeft uitsluitend betrekking op de strategische beleidsbeslissing tot verdere uitbating van Doel 1 en 2 voor elektriciteitsproductie in de periode 2015-2025.

1.2.1.2 Werking van een kerncentrale

De kerncentrale van Doel (KCDoel) bestaat uit 4 kernreactoren voor de productie van elektriciteit en alle noodzakelijke hulpinfrastructuur voor de uitbating hiervan.

Doel 1 en 2 zijn tweelingreactoren 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. Voor de volledigheid zijn ook de gegevens voor Doel 3 en 4 opgenomen.

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

Eenheid	Type/design	Thermisch vermogen	Elektrisch vermogen	Datum eerste kritikaliteit	Containment	Capaciteit brandstofopslag
Doel 1	PWR (2 primaire koelkringen) Westinghouse	1312	445	18/07/1974	Dubbel (staal + gewapend beton)	Samen voor Doel 1 en 2: 664 posities
Doel 2	PWR (2 primaire koelkringen) Westinghouse	1312	445	04/08/1975	Dubbel (staal + gewapend beton)	
Doel 3	PWR (3 primaire koelkringen) Westinghouse	3064	1006	14/06/1982	Dubbel met inwendige liner	672 posities
Doel 4	PWR (3 primaire koelkringen) Westinghouse	3000	1036	31/03/1985	Dubbel met inwendige liner	628 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. We beschrijven hier de typische werking van een PWR met specifieke gegevens voor Doel 1 en 2.



Figuur 3: 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 aangerijkt 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 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:

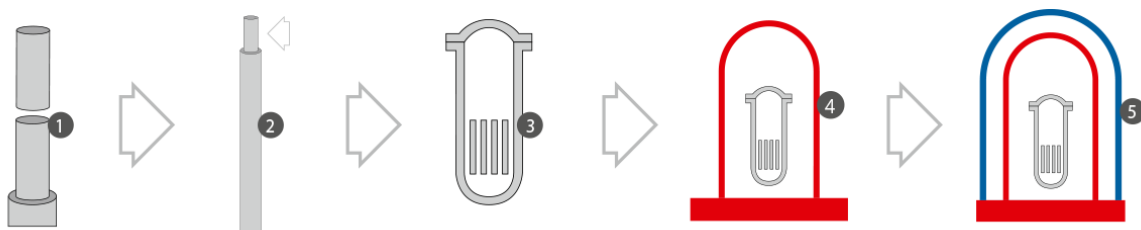
- de regelstaven (21 stuks) die zorgen voor de snelle controle van de reactiviteit;
- de stopstaven of het afschakelsysteem (ook SCRAM genoemd, 12 stuks) waarmee samen met de regelstaven een noodstop kan worden uitgevoerd.

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.

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 1 en 2 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. Bij Doel 1 en 2 wordt dit water via twee kringen, die samen de primaire koelkring vormen (elk met hun eigen pomp) rond gepompt van de reactorkern naar de stoomgenerator. Een drukvat reguleert de druk. De reactorgebouwen bestaan aan de binnenkant uit een (bolvormig?) stalen omhulsel, terwijl de cilindrische buitenkant bestaat uit gewapend beton waarop een halfronde koepel rust. De tussenruimte tussen de stalen sfeer en het gewapend beton wordt steeds onder onderdruk gehouden. De reactorgebouwen (RGB) van Doel 1 en 2 staan symmetrisch aan beide kanten van het gebouw van

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

de nucleaire hulpdiensten (GNH), dat gemeenschappelijk is voor beide reactoren. Het bevat de belangrijkste veiligheidssystemen voor de twee eenheden (koeling en spray systemen), de externe opslagplaats voor de verse kernbrandstofelementen, de baden voor de verbruikte splijtstof (waarvan het water continu gezuiverd en gekoeld wordt) en de opslagtanks voor de vloeibare en gasvormige effluënten.



Figuur 4: De opeenvolgende barrières die het uranium en de splijttingsproducten 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 (4) achtereenvolgens omgeven door de secundaire wand van het reactorgebouw in gewapend beton (5).

De belangrijkste veiligheidssystemen zijn ondergebracht in het gemeenschappelijke gebouw (GNH) en de kenmerken van deze gebouwen hebben gezorgd voor specifieke aandachtspunten zoals in detail besproken in de Belgische weerstandstest, Nationaal rapport van de Belgische kerncentrales^{vi} die onderdeel uitmaken van de 10 jaarlijkse herziening/Long Term Operations voor Doel 1 en 2. Een gedetailleerde beschrijving van de veiligheidssystemen kan gevonden worden in een nationaal veiligheidsrapport van FANC^{vii}.

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 secundaire kring. De stoom zorgt voor de aandrijving van een turbine in de machinezaal, 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 tussen het water van de secundaire kring. De tertiaire kring wordt gevoed door Scheldewater. De stoom uit de secundaire kring geeft zijn warmte af aan het Scheldewater uit de tertiaire kring, wat ervoor zorgt dat dit Scheldewater 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 stroomt.

Radioactiviteit en straling¹⁰ zijn in een kernreactor aanwezig of vinden hun oorsprong door:

- de kernbrandstof: 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;
- kernsplijting tijdens de werking van de reactor, hierbij ontstaan splijttingsproducten waarvan vele radioactief zijn met halveringstijden van milliseconden tot miljoenen jaren en voornamelijk via uitzenden van bèta- en gammastraling vervallen; de neutronen die vrijkomen bij de splijting vormen zelf ook een vorm van ioniserende straling;
- activatie van verschillend 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);

¹⁰ Zie §3.1.

- opeenvolgende neutronabsorptie en bètaverval vertrekkende vanuit het uranium in de kernbrandstof. Hierdoor ontstaan verschillende isotopen van neptunium, plutonium, americium en curium, allemaal radioactief en waaronder verschillende met zeer lange halveringstijden.

Zoals in alle industriële processen, 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. Hiervoor bestaan op de site van KCDoel eveneens behandelingssystemen voor de vaste en de vloeibare afvoerstoffen, ondergebracht in het water- en afvalbehandelingsgebouw (WAB).

Aan de installaties van Doel 1 en 2 werden een aantal wijzigingen aangebracht om de aansluiting ervan op het WAB mogelijk te maken. De wijzigingen zijn er hoofdzakelijk op gericht de bestaande scheiding van afvalstoffen aan te passen aan de principes geldend in Doel 3 en 4:

- recycleerbare afvoerstoffen met enerzijds de niet ontgaste drains van primair water en anderzijds de ontgaste drains van primair water;
- niet recycleerbare afvoerstoffen met: de bedrijfsafvoerstoffen (vloerdrains, douche- en wasserijwater), de chemische drains en de regeneratie-afvoerstoffen van de continue zuivering van de condensaten.

Naast de hierboven beschreven componenten bevinden er zich, buiten het nucleaire deel van de centrale, een reeks hulpgebouwen waarvan een aantal gerelateerd aan de veiligheid:

- Diesel Generatoren Gebouw (DGG, 5 diesel generatoren);
- Gebouw Elektrische Hulpdiensten (GEH) waar zich de controleruimte bevindt; er is slechts één controlekamer voor de beide eenheden Doel 1 en Doel 2;
- Gebouw Mechanische Hulpdiensten (GMH);
- het water-stoomgebouw (BAR) herbergt de isolatiekleppen van de stoomgeneratorvoedingswatersystemen, van de stoomleidingen, de veiligheidskleppen, de kleppen voor ontlasting van stoom naar de atmosfeer en de voedingswatersystemen;
- het noodstroomgebouw (GNS, 2^{de} beschermingsniveau). Dit gebouw is toegevoegd tijdens de eerste veiligheidsbeoordeling. Het gebouw herbergt een noodvoedingswatersysteem, een noodinjectiesysteem voor de primaire pompafdichtingen, een noodcontrolekamer en een aantal ondersteunende systemen;
- de koeltorens met geforceerde trek (HUK) om het koelsysteem van de componenten te koelen.

Andere gebouwen zijn niet specifiek veiligheidsgebonden:

- De machinezaal (MAZ, hierboven al genoemd);
- De pompstations voor de aanvoer van Scheldewater (WVA), de bijbehorende inlaattunnel en het ongezuiverde waterafvoerkanaal;
- Kelders voor de neutralisatietank en bijbehorende pompen (NBK).

De uitbating van de kerncentrale als geheel en Doel 1 en Doel 2 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 Tabel 4.

Tabel 4: Belangrijkste grondstoffen en afvalstromen.

Belangrijkste grondstoffen	Afvalstromen
Aangerijkt 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
Scheldewater (koelwater)	Sanitair en industrieel afvalwater

Belangrijkste grondstoffen	Afvalstromen
Stadswater	Terugstort koelwater
Gebruik van gronden	

1.2.2 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 in de eerste plaats wat de doelstelling van het voorliggende Project (uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2) is, en vervolgens of er alternatieve manieren bestaan (of bestaan hebben) om die doelstelling te bereiken.

Zoals eerder aangegeven is de beleidsdoelstelling die met het uitstel van de desactivatie wordt nagestreefd het *garanderen van de bevoorradingszekerheid* op het vlak van elektriciteit. Door de reactoren Doel 1 en 2 langer open te houden (tot 2025 in plaats van tot 2015) en dus de eerder besliste desactivatie uit te stellen, wordt dit doel inderdaad bereikt (voor de periode tot 2025).

De vraag die zich vervolgens stelt is of er op het moment dat de wet van 28 juni 2015 werd goedgekeurd (of, preciezer, op het moment van de regeringsbeslissing van 18 december 2014) alternatieve manieren waren om de doelstelling (garanderen van de bevoorradingszekerheid voor de periode 2015 – 2025) te bereiken. Het volstaat daarbij 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 was.

Het antwoord op die vraag is dat er in 2015 geen valabele, operationaliseerbare alternatieven waren die de bevoorradingszekerheid duurzaam konden garanderen. De capaciteit aan hernieuwbare energie was immers nog niet voldoende uitgebouwd en kon ook niet op korte termijn uitgebouwd worden. Hetzelfde geldt trouwens voor (nieuwe) gascentrales die als eventuele overgangsoptie tussen de nucleaire en de hernieuwbare fase zouden kunnen ingezet worden; ook deze moesten in 2015 nog gebouwd worden.

Voor wat betreft de invoer van elektriciteit uit het buitenland stelt de memorie van toelichting bij de Wet van 28 juni 2015 dat "de integratie van buitenlands productievermogen op het Belgisch net op korte termijn niet mogelijk is". De GEMIX-studie (2009) van haar kant stelde dat een te grote structurele afhankelijkheid van de invoer van elektriciteit een vorm van kwetsbaarheid in het systeem inbrengt. De studie geeft aan dat een hogere dan 10% structurele afhankelijkheid van invoer het elektrisch systeem kwetsbaar maakt wanneer zich een storing voordoet. Daarnaast moest ook rekening gehouden worden met een te verwachten daling in de Franse uitvoer van elektriciteit en een groeiende vraag naar structurele invoer van Duitsland¹¹. Tenslotte stelde de GEMIX-studie ook vast dat het chronische tekort aan productiecapaciteit in België (voor de economische crisis) reeds op de grenzen van de invoercapaciteit stuitte, die tegen 2020 niet verwacht werd te zullen stijgen. Samengevat kan gesteld worden dat de invoer van elektriciteit geen structurele oplossing vormde voor het wegvallen van de nucleaire capaciteit in 2015.

Het besluit is dus dat er geen valabele alternatieven waren voor de concrete beleidsdoelstelling waarop het uitstel van de desactivatie een antwoord wilde geven.

¹¹ Dit aspect wordt bevestigd in een recente studie van Elia (*Adequacy and flexibility study for Belgium 2020 – 2030. ELIA, 2019*). Deze studie stelt onder meer: "In het komende decennium wordt in Europa voor ca.100 GW aan kolen- en nucleaire centrales gesloten; waarvan het grootste deel in West-Europa (...) Vooral de versnelde kolenuitstap in onze buurlanden (Nederland, Groot-Brittannië, Italië, Frankrijk maar vooral Duitsland) heeft een negatieve impact op onze importmogelijkheden tijdens de wintermaanden".

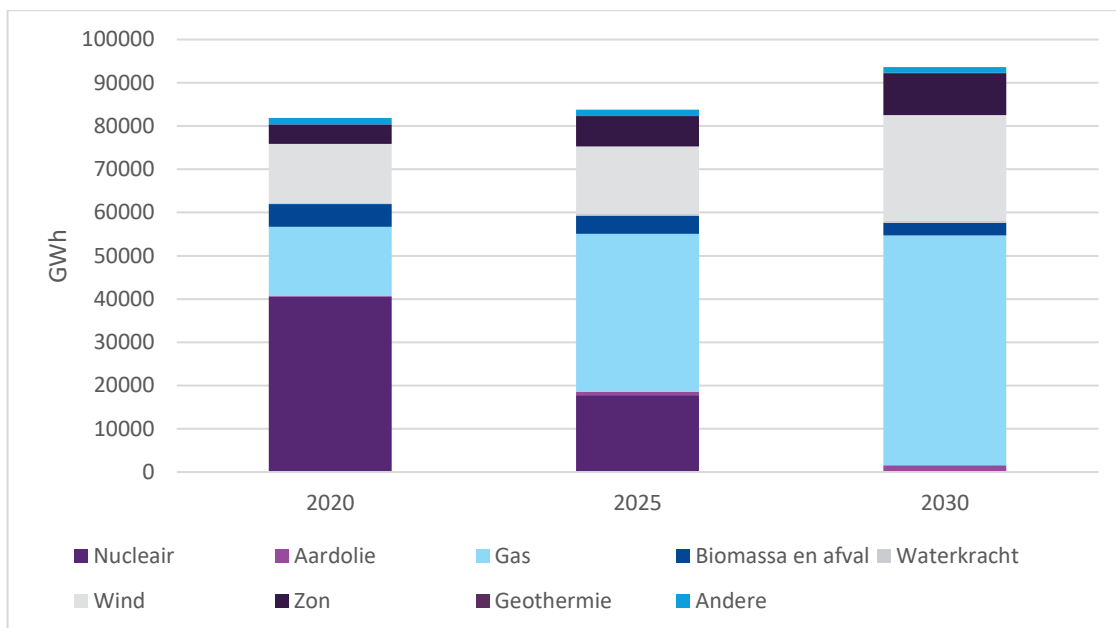
Bovenstaande wil uiteraard niet zeggen dat er geen alternatieve mixen van productiemiddelen te bedenken zijn, elk met hun eigen voor- en nadelen op het vlak van milieueffecten¹². Het is echter niet de opzet van voorliggende analyse om dergelijke scenario's, die zouden kunnen opgebouwd worden uit duidelijk onderscheidende beleidsvoorkeuren, met elkaar te vergelijken.

In voorliggende analyse beperken we ons tot het in beeld brengen van de milieueffecten die het langer openhouden van de kernreactoren Doel 1 en 2 met zich meebrengt, over de periode 2015-2025. We maken daarbij dus niet de vergelijking met de effecten van alternatieve (hypothetische) oplossingen¹³. We vergelijken wel met de situatie waarbij het Project niet zou uitgevoerd geweest zijn en de desactivatie niet uitgesteld (zie §1.2.3).

Zoals gezegd vormde het gebrek aan zekerheid met betrekking tot de Belgische elektriciteitsbevoorrading de voornaamste reden voor de beslissing om de desactivatie van de reactoreenheden Doel 1 en 2 met 10 jaar uit te stellen. Uiteraard is de mate waarin de elektriciteitsbevoorrading kan worden gegarandeerd sindsdien geëvolueerd, en zal ze in de toekomst nog blijven evolueren. Zeker is dat met de volledige kernuitstap, die in 2025 voltooid zal zijn, een productiecapaciteit van zo'n 5,9 GW zal verdwijnen. Op de manier waarop de bevoorradingzekerheid kan gegarandeerd worden in de periode 2020-2030 wordt ingegaan in §1.2.3. Deze informatie wordt gegeven om de ruimere context van dit thema te schetsen, maar maakt verder niet het voorwerp uit van voorliggende milieueffectbeoordeling.

1.2.3 Evolutie van de bevoorradingzekerheid in de periode 2020-2030

Het Nationaal Energie- en Klimaatplan (NEKP) bevat een prognose van de manier waarop de nodige capaciteit voor de productie van elektriciteit in de periode tot 2030 zal ingevuld worden en van de elektriciteitsproductie die er mee samenhangt. Figuur 5 vat de veronderstelde evolutie tussen 2020 en 2030 samen, in termen van elektriciteitsproductie (in GWh).



Figuur 5: Evolutie van de elektriciteitsproductie door de verschillende bronnen over de periode 2020-2030 volgens het Nationaal Energie- en Klimaatplan.

¹² De haalbaarheid van meerdere van dergelijke alternatieven werd onder meer bestudeerd in de "Studie over de perspectieven van elektriciteitsbevoorrading tegen 2030" van de Federale Overheidsdienst Economie (2015) en in de GEMIX-studie (2009). Voor eerstgenoemde studie werd ook een plan-MER opgemaakt (Arcadis, 2015).

¹³ Behalve voor wat betreft de zogenaamde "vermeden emissies", zie verder.

Een eerste vaststelling bij deze figuur is dat de productie in 2030 verwacht wordt merkkelijk hoger te liggen dan in 2025. Dit heeft in de eerste plaats te maken met verdergaande elektrificatie in meerdere sectoren, onder andere in de transportsector (elektrische auto's) en in de sector van de residentiële verwarming (warmtepompen). Daarnaast kan er een toename in de vraag naar elektriciteit zijn als gevolg van economische groei, maar er wordt aangenomen dat die opgevangen wordt door een verhoging van de energie-efficiëntie.

Een tweede vaststelling is dat volgens deze prognose de elektriciteitsproductie in 2030 uit twee grote pijlers zal bestaan: enerzijds gasgestookte centrales (volgens de cijfers van het NEKP goed voor zo'n 57% van de productie), en anderzijds hernieuwbare energie onder vorm van (vooral) zonnepanelen en wind (samen zo'n 35% van het totaal volgens het NEKP). Andere studies gaan uit van iets andere verhoudingen, maar uiteindelijk is het de markt (in combinatie met eventuele overheidsstimuli) die zal bepalen wat het exacte aandeel van de verschillende bronnen in de energiebevoorrading zal zijn.

Uiteraard zijn investeringen in productiecapaciteit (gascentrales en hernieuwbare energie) niet de enige manier om aan de vraag naar elektriciteit te voorzien: naast een verhoging van de energiegebruiksefficiëntie kan onder meer ook import van elektriciteit een belangrijke rol spelen. In 2017 ging Elia¹⁴ er bijvoorbeeld van uit dat (netto) import van elektriciteit een bijdrage van 21 TWh zou kunnen leveren aan de vraag. Opslag en demand-side management van hun kant kunnen helpen de pieken in de vraag op te vangen of af te vlakken.

Belangrijker dan het exacte aandeel gas, zonnepanelen of wind is de manier waarop de transitie na 2025 moet gerealiseerd worden. Elia^{viii} heeft recent berekend dat er in 2025, na sluiting van de kerncentrales, nood zal zijn aan een bijkomende flexibel inzetbare productiecapaciteit van zo'n 3,9 GW om aan de normen op het vlak van bevoorradingszekerheid en flexibiliteit te kunnen voldoen. Deze raming houdt een verhoging met zo'n 8% in tegenover de in 2017 door Elia gemaakte raming. De voornaamste reden voor deze bijstelling is wordt gevormd door de kolenuitstap die meerdere Europese landen versneld willen doorvoeren. Dit vermindert de mogelijkheden voor België om elektriciteit uit de buurlanden te importeren in periodes van schaarste. Het beschikbare aanbod eerder dan de doorvoercapaciteit wordt dan de limiterende factor. Het getal van 3,9 GW houdt reeds rekening met een verbeterde energie-efficiëntie, demand-side management, energieopslag, het bestaande productiepark en een toename in hernieuwbare energie. Ook is rekening gehouden met een situatie waarbij onvoorziene omstandigheden in de buurlanden als gevolg zouden hebben dat netto minder elektriciteit kan ingevoerd worden.

Elia stelt vast dat de marktomstandigheden (met o.a. lage energieprijzen) op zich niet de nodige incentives bieden aan bedrijven om te investeren in de nodige productiecapaciteit. Om deze investeringen mogelijk te maken zijn dus bijkomende maatregelen nodig bovenop de bestaande marktmechanismen.

Op dit moment (en tot aan de winter van 2021-2022) is in België nog het systeem van de "strategische reserve" in voege. Dat houdt in dat producenten betaald worden om, op afroep, voor bijkomende productie te zorgen als (tijdelijke) tekorten dreigen. 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.

Als alternatief hierop wordt al een aantal jaren gepleit voor een zogenaamd "capaciteitsverloningsmechanisme" (Capacity Remuneration Mechanism of CRM). Sinds kort heeft dit systeem ook een wettelijke basis gekregen. De bedoeling is dat nog dit jaar een veiling van productiecapaciteit plaatsvindt (geraamd op in totaal 3,9 GW; cf. supra), waarna de bijhorende productie-eenheden kunnen worden gebouwd, om ten laatste in 2025 operationeel te zijn. CRM heeft geen specifieke voorkeur voor een bepaalde technologie, op voorwaarde dat ze flexibel kan ingezet worden. In de praktijk zal het vooral om stoom- en gasturbines (STEG) in gesloten cyclus van de nieuwste generatie

¹⁴ Electricity scenarios for Belgium towards 2050. Elia's quantified study on the energy transition in 2030 and 2040. Elia, november 2017.

gaan, die een hoge efficiëntie hebben en dus relatief goedkoop kunnen uitgebaat worden. Niettemin komen ook bijvoorbeeld biomassacentrales of warmtekrachtkoppelingen in aanmerking voor het CRM-mechanisme.

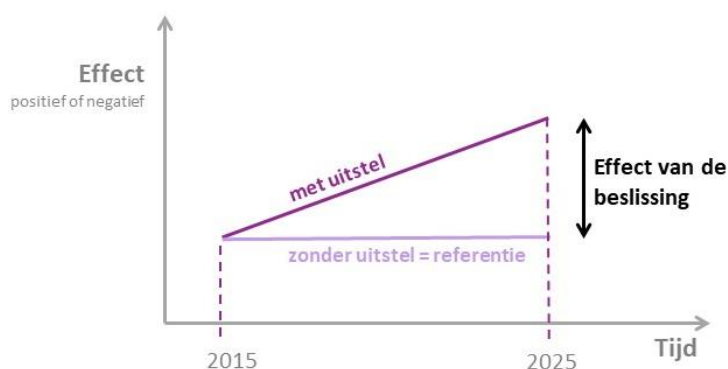
Naar verwachting zal de periode waarin de STEG's een belangrijke rol spelen in de vervanging van de nucleaire capaciteit (en dus op een hoog regime zullen draaien) minstens tot 2040 lopen. In de daarop volgende back-up-fase zullen de draaiuren geleidelijk afnemen, naarmate er meer hernieuwbare energie beschikbaar komt. De gascentrales zullen dan alleen ingezet worden als hernieuwbare bronnen niet voldoende energie produceren. Tegen 2050 zou de energieproductie hoe dan ook volledig koolstofneutraal moeten zijn.

Voor de periode na 2025 lijkt de bevoorrading, mede dankzij het CRM-mechanisme, dus verzekerd. Elia wijst er overigens op dat zelfs als zou beslist worden bepaalde nucleaire reactoreenheden nog na 2025 open te houden er nog steeds een nood zou zijn aan de inzet van bijkomende (fossiele) capaciteit en dus aan een capaciteitsverloningssysteem. Tegelijk geeft het bedrijf aan dat blijven inzetten op energie-efficiëntie en een versnelde ontwikkeling van hernieuwbare energiebronnen evenzeer belangrijk is, naast de inzet van CRM.

Voor de periode tussen de sluiting van de eerste kerncentrale (Doel 3) in 2022 en de start van het CRM-mechanisme in 2025 is er echter geen structurele oplossing. Of zich in die periode ook daadwerkelijk tekorten zullen voordoen is niet zeker. Veel hangt ook af van de beschikbaarheid van de andere productie-eenheden¹⁵. Elia gaat voor de periode 2022-2025 (en rekening houdend met onverwachte gebeurtenissen in de buurlanden, die een rem zouden kunnen leggen op import) uit van een capaciteitsnood tot meer dan 1 GW, waarvoor geen structurele oplossing voorhanden is. Een verlenging van het systeem van de strategische reserve of het sneller in werking treden van het CRM-mechanisme zouden hier volgens Elia een oplossing kunnen bieden.

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 van belang. 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 desactivatie niet wordt uitgesteld, als met andere woorden Doel 1 en 2 in 2015 zouden worden stilgelegd volgens de kalender van de Wet op de kernuitstap. De toestand die ontstaat als het plan of project wél wordt uitgevoerd (uitstel van de desactivatie) wordt vergeleken met die referentietoestand (desactivatie). Het verschil tussen beiden geeft aan hoe groot het effect van het plan of project (in casu de beslissing tot uitstel van desactivatie) is (Figuur 6).



Figuur 6: Schematische voorstelling van de referentietoestand.

¹⁵ Bij de berekening van Elia werd wel rekening gehouden met de geplande buitendienststellingen van de kerncentrales voor onderhoud en met (geraamde) ongeplande onbeschikbaarheden van zowel de nucleaire centrales als van de STEG's

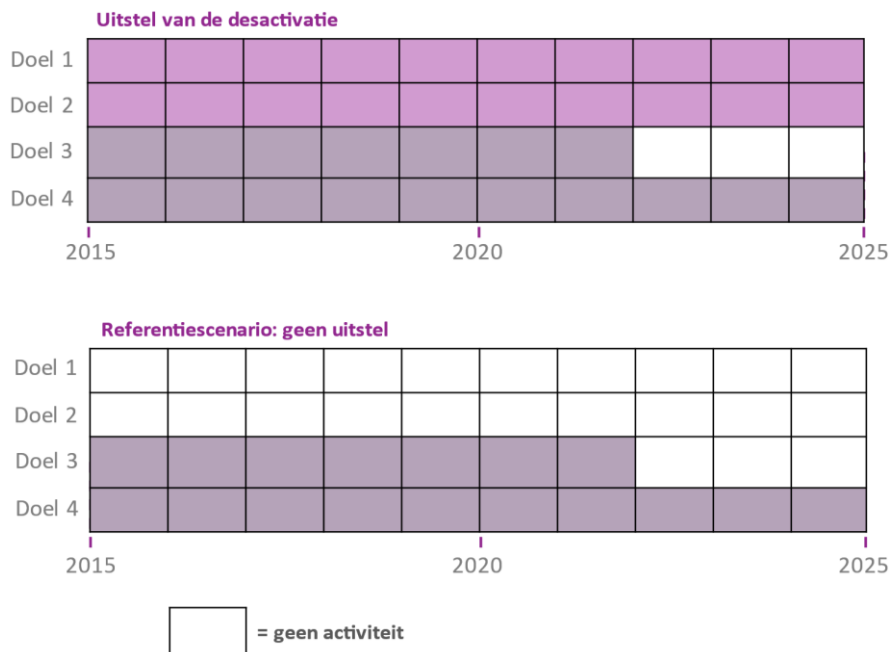
De referentietoestand is in dit geval in principe de toestand van de omgeving in het jaar 2015.

Verder is het uitgangspunt dat die referentietoestand niet fundamenteel wijzigt (onder invloed van evoluties niet gerelateerd aan de werking van Doel 1 of 2) tussen 2015 en 2025, 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 in het jaar 2025. In §1.2.5 wordt hier verder op ingegaan.

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 periode of door een vergelijkbare inschatting te maken van de cumulatieve effecten over de periode 2015-2025. 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, als dus de desactivatie van Doel 1 en 2 in 2015 zou doorgegaan zijn. In concreto betekent dit:

- Geen elektriciteitsproductie meer in Doel 1 en 2 na respectievelijk 15 februari en 1 december 2015;
- De andere reactoren op de site Doel sluiten volgens de kalender voorzien in de wet op de kernuitstap (cfr. 1.1.1).

Dit scenario vormt de vergelijkingsbasis voor het voorwerp van deze milieueffectbeoordeling (Figuur 7).



Figuur 7: Werking van de vier centrales in Doel met en zonder uitstel.

1.2.5 Potentieel relevante autonome en gestuurde ontwikkelingen

Zoals hoger aangegeven, is het uitgangspunt van voorliggende MEB dat de referentiesituatie (de situatie die ontstaat als de desactivatie niet zou uitgesteld zijn in 2015) zelf geen voor de milieueffectbeoordeling significante wijzigingen ondergaat over de referentieperiode.

Om na te gaan of dat zo is, wordt hieronder een overzicht gegeven van een aantal autonome en gestuurde evoluties (in het studiegebied of in de omgeving ervan) die eventueel relevant kunnen zijn, en wordt hun relevantie voor de milieueffectbeoordeling van het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 kort beoordeeld.

1. 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 400m 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). Deze fase loopt normaal tot einde 2021, en wordt afgesloten met een projectbesluit. Aansluitend aan het projectbesluit wordt begonnen met de bouw van het dok. De aanleg van het dok zal meer dan drie jaar duren. De operationele fase van het project zal dus niet samenvallen met de periode waarin Doel 1 en Doel 2 al dan niet nog actief zijn; wel zullen de laatste drie jaar van die periode samenvallen met de constructiefase van het project.

Hoewel het hier gaat om een infrastructuurproject van (zeer) grote omvang wordt niet verondersteld dat het zal interfereren met het Project dat het voorwerp van deze MEB uitmaakt. In de mate dat de aanlegfase van CP ECA aanleiding geeft tot milieueffecten (geluidshinder, emissies, verkeersgeneratie, ...) maken deze effecten wél deel uit van de referentiesituatie van de milieubeoordeling voor Doel 1 en 2. Bij de beschrijving van de effecten van het uitstel van desactivatie moet, voor zover relevant, dus rekening gehouden worden met een gewijzigde referentietoestand gedurende de laatste drie jaar van de looptijd van het project.

2. Voor het dorp Doel, dat niet voor ECA moet verdwijnen, en de bufferzone langs het nieuwe dok loopt een afzonderlijk project. Op 17 mei 2019 werd een opdracht gegeven om een duurzaam toekomstperspectief uit te tekenen voor Doel, alsook voor de mobiliteitsproblemen in heel het gebied in het Waasland, binnen de context van het voorkeursbesluit over ECA. Dit onderzoek maakt geen deel uit van het complex project ECA, maar beide verlopen wel in nauwe afstemming. Doordat het voorkeursbesluit voor ECA momenteel aangevochten wordt bij de Raad Van State, is het onderzoek naar de toekomst van Doel tijdelijk stilgelegd. Momenteel is Doel woongebied (volgens het bestemmingsplan) en is er in de feiten ook bewoning aanwezig.
3. Aan de overkant van de Schelde, tussen de Scheldelaan en Kanaaldok B2, plant INEOS 'Project ONE' een propaanhydrogenatiefabriek (PDH) waarin propaangas wordt omgezet in propyleen en een ethaankraker waarin ethaangas wordt omgezet in ethyleen. In oktober 2019 zijn de vergunningen voor de voorbereidende werken (onder andere een ontbossing van 49 ha) afgeleverd. In een volgende fase worden de vergunningen van de installaties zelf aangevraagd. Vanwege de omvang en complexiteit zal de realisatie van het project in verschillende fasen verlopen over een tijdspanne van vier à vijf jaar. Een reële overlapping tussen de exploitatie van dit project en voorliggend Project voor het 10 jaar langer openhouden van Doel 1 en 2 is er bijgevolg niet.
4. Natuurontwikkeling: in het kader van de ontwikkeling van de haven van Antwerpen en van het Sigmaplan worden in de directe omgeving van KCDoel natuurontwikkelingsprojecten gepland en uitgevoerd. Deze projecten geven aanleiding tot een verhoging van de natuurwaarden en dus van de potentiële kwetsbaarheid van de omgeving aan bepaalde effecten die gepaard gaan met de uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 (zie verder §2.2.3.4).
5. Realisatie van de verschillende fasen in de wet op de kernuitstap: voorliggend MEB bestudeert de gevolgen van het langer open houden van de reactoren Doel 1 en Doel 2. Dit heeft op zich echter geen invloed op de andere stappen die voorzien zijn in de wet op de kernuitstap. Voor de referentieperiode betekent dit dat op 1 oktober 2022 de stroomproductie in kernreactor Doel 3 stopt. In de mate dat dit een betekenisvolle invloed zou hebben op de effecten van de werking van Doel 1 en 2 (doordat de referentiesituatie wijzigt, bijvoorbeeld door het verminderen van de lozingen) wordt hier in deze MEB rekening mee gehouden. Tenzij anders aangegeven bij de bespreking van de verschillende disciplines gaan we er echter van uit dat binnen de drie resterende jaren van de werking van Doel 1 en 2 de niet-radiologische achtergrondkwaliteit van het milieu niet wezenlijk wijzigt als gevolg van het stilleggen van Doel 3.

Bij de effectbespreking en -beoordeling in de MEB wordt rekening gehouden met bovenstaande ontwikkelingen en wordt met name bekeken in welke mate ze de omvang van de effecten kunnen vergroten, bijvoorbeeld doordat de kwetsbaarheid van de omgeving is toegenomen of doordat de besproken projecten eigen effecten veroorzaken die cumulatief zijn aan de effecten die in voorliggende milieueffectbeoordeling beschreven worden.

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 13 augustus 2020 heeft de Federale Overheidsdienst Economie in het kader van de nieuwe wet betreffende het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 de autoriteiten van de landen gelegen in een straal van 1000 km rond Doel 1 en 2 in kennis gesteld van het vooropgestelde project. 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).

Daarnaast wordt ook een online publieksbevraging 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 1 en 2 (milieueffectbeoordeling op strategisch niveau en milieueffectbeoordeling werken). De kennisgeving betreffende de raadpleging en de participatie van het publiek wordt uitgevoerd door de Federale Overheidsdienst Economie.

2 Niet-radiologische effecten

2.1 Algemene methodologie

2.1.1 Scoping

2.1.1.1 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?).

Om een antwoord te kunnen geven is kennis nodig van het Project, van de eigenschappen van de omgeving en van de te verwachten oorzaak-effectrelaties.

In de eerste stap wordt getracht een zo volledig mogelijk overzicht te krijgen van alle 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.

2.1.1.2 Aanpak

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

- Analyse van de componenten van het Project (i.e. van de centrales Doel 1 en 2) en van de milieu-impact die deze zouden kunnen veroorzaken;
- Analyse van de kwetsbaarheid van de omgeving;
- Raadpleging van eerder uitgevoerde milieueffectbeoordelingen en van de scoping die daarin werd doorgevoerd (MER Kerncentrale Doel 2010, Long Term Operation - Screening van de milieuaspecten voor Doel 1 en 2 - 2015, MEB Electrabel nv - 2021 - MER SF² 2020, strategische milieubeoordeling van de studie over de perspectieven van elektriciteitsbevoorrading tegen 2030 uit 2015);
- 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 centrale 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.

Voor de niet-radiologische effecten werd daarnaast ook nagegaan voor welke andere receptoren vermeld in artikel 3 en bijlage IV van de Europese MEB-richtlijn zich aanzienlijk negatieve effecten zouden kunnen voordoen. Dit wordt verder besproken in §2.1.1.3.

2.1.1.3 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 oplistings van de voornaamste onderdelen en installaties van de centrale 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 (MER 2010, Screeningsnota 2015, MEB met betrekking tot de werken 2021).

Het resultaat van deze analyse wordt weergegeven in Tabel 5. De symbolen in deze tabel hebben de volgende betekenis:

- X effect kan voorkomen en is potentieel aanzienlijk;
- (x) effect kan voorkomen maar is waarschijnlijk verwaarloosbaar;
- N effect kan voorkomen en kan aanzienlijk zijn maar is niet onderscheidend voor het al dan niet uitstellen van de desactivatie van Doel 1 en 2.

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 centrale 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 5: Overzicht van de belangrijkste installaties en activiteiten van de Kerncentrale Doel en hun relatie tot potentiële milieueffecten.

Component	Hulpdisciplines					Receptordisciplines			
	Water	Bodem/grondwater	Lucht	Mobiliteit	Geluid	Klimaat	Biodiversiteit	Gezondheid	Landschap
1. Verwerking en lozing industrieel afvalwater	X		(x)				X	(x)	
2. Verwerking en lozing sanitair afvalwater	X		(x)				X	(x)	
3. Koelwaterlozing	X						X		
4. Hemelwaterbeheer	X	(x)							
5. Koelwatercaptatie	X						X		
6. Koeltorens (Doel 3 en 4)	X		N		N		N	N	N
7. Hulpkoeltorens (Doel 1 en 2)			(x)		(x)				
8. Koelcircuits			(x)		(x)	(x)		(x)	
9. DeMin-installaties	(x)								
10. Verbruik leidingwater	(x)								
11. Ventilatie van de gebouwen			(x)		(x)		(x)		

Component	Hulpdisciplines					Receptordisciplines			
	Water	Bodem/grondwater	Lucht	Mobiliteit	Geluid	Klimaat	Biodiversiteit	Gezondheid	Landschap
12. Hulpstoomketels									
13. Noodgeneratoren			(x)		(x)	X	(x)	X	
14. Verwarmingsinstallatie			(x)		(x)	X	(x)	X	
15. Reactor(gebouw)									N
16. Stoomturbines + alternator					(x)				
17. Transformatoren		(x)			(x)		(x)		
18. Compressoren					(x)		(x)		
19. Pompen/pompstations					(x)		(x)		
20. Stationaire batterijen									
21. Opslag afvalolie		(x)							
22. Opslag diesel		(x)	(x)						
23. Opslag ammoniak		(x)	(x)						
24. Opslag hydrazine		(x)	(x)						
25. Niet-nucleair afval		(x)							
26. Diverse voorzieningen (kantoren; sanitair, refter, ...)	(x)								
27. Bodemgebruik/verharding	X	(x)							
28. Buitenverlichting							(x)		
29. Verkeer			(x)				(x)		
30. Hoogspanningsinfrastructuur								(x)	
31. Werking van de centrale als geheel	X	(x)	(x)	(x)	(x)	X	X	X	N

Voorliggende MEB heeft niet als bedoeling de volledige impacts van de Kerncentrale Doel te beschrijven, maar enkel aan te geven wat het verschil is tussen de impacts in geval van enerzijds een desactivatie van Doel 1 en 2 in 2015 en anderzijds een uitstel van deze desactivatie tot 2025. Dat maakt dat niet alle effecten gegenereerd door de kerncentrale relevant zijn voor deze MEB.

Effecten die enkel toe te schrijven zijn aan Doel 3 en 4 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 uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2¹⁶. Deze worden in de tabel aangeduid met een hoofdletter N. Of deze effecten al dan niet aanzienlijk zijn doet niet ter zake. Een voorbeeld hiervan is de werking van de koeltorens en de gerelateerde effecten in termen van bv. geluid, visuele impact of waterbalans. Vermits Doel 1 en 2 hun eigen en (in normale omstandigheden) onafhankelijk koelwatersysteem hebben dat geen gebruik maakt van de grote koeltorens zijn de effecten ervan niet relevant voor deze MEB.

¹⁶ Merk op dat door de voorziene sluiting van Doel 3 op 1 oktober 2022 de referentiesituatie op dat ogenblik verandert.

Bij de andere effecten maken we het onderscheid tussen de effecten die mogelijk relevant zijn (X) en de effecten die zich kunnen voordoen, maar die meer dan waarschijnlijk verwaarloosbaar zijn ((x)). Deze laatste worden in deze milieueffectbeoordeling verder niet in detail bestudeerd. Merk op dat het bij de effecten waarvan bij voorbaat niet kan gesteld worden dat ze enkel aan Doel 3 en 4 zijn toe te schrijven niet steeds mogelijk is uit te maken welk deel ervan exclusief aan de werking van Doel 1 en Doel 2 is toe te schrijven. Dit kan zijn omdat het gaat om gemeenschappelijke systemen die niet specifiek aan een of meer van de reactoren kunnen worden toegewezen, of omdat de data ontbreken om dat onderscheid te maken.

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

In deze stap wordt, op basis van Tabel 5, 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 1 en 2.

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 uitstel van de desactivatie, maar wel als Doel 1 en 2 worden gedesactiveerd. Verderop wordt hier dieper op ingegaan.

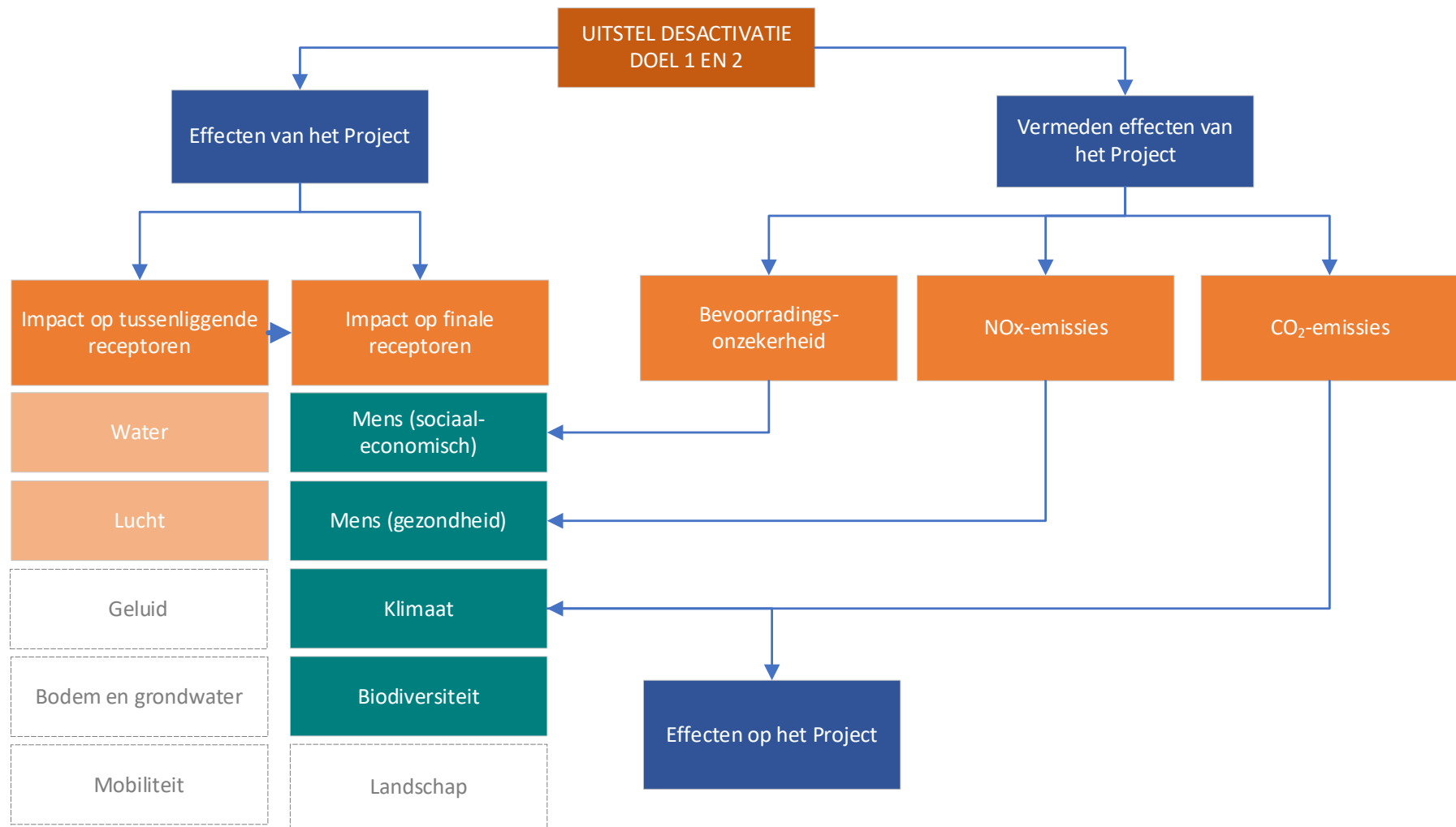
De scoping op hoofdlijnen op het niveau van de thema's wordt schematisch weergegeven in Figuur 8.

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 die leidt tot de werking, gedurende een periode van 10 jaar, van de eenheden Doel 1 en 2. 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 gezondheid 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. Het thema landschap komt in dit schema niet meer aan bod, omdat uit de samengevatte analyse blijkt dat binnen dit thema geen effecten te verwachten zijn die aanzienlijk zijn én bepalend voor het verschil tussen al dan niet uitstel van desactivatie. Dat geldt ook voor de hulpdisciplines Bodem, Grondwater, Geluid en Mobiliteit.

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 beoordelingscriteria en op de verwachte effecten voor elk van deze criteria.



Figuur 8: Schematische voorstelling van de scoping op hoofdlijnen voor de milieueffectbeoordeling van de beleidsbeslissing tot uitstel van desactivatie van Doel 1 en 2 (MEB-beslissing).

Een aantal andere thema's worden in deze strategische MEB (MEB-beslissing) dus niet behandeld. In Tabel 6 wordt voor elk van deze thema's kort samengevat wat daarvoor de reden is. Merk op dat deze thema's wél aan bod komen in de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken voor het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2.

Tabel 6: 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	<p>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 Vlare II.</p> <p>Op basis van eerdere onderzoeken werden verschillende percelen op de site KCDoel opgenomen in het register van verontreinigde gronden, maar voor geen enkele verontreiniging bestaat er ernstige bedreiging voor mens of milieu of werd een bodemsanering noodzakelijk geacht.</p> <p>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 1 en 2 (bv. een deel van de dieselopslag nodig om pompen te laten draaien bij wegvallen van de elektriciteitsvoorziening). Het langer open houden van Doel 1 en Doel 2 verhoogt dus theoretisch de kans op een bijkomende bodemverontreiniging als gevolg van diffuse lekken of ongevallen. Gezien de conform de Vlare-voorwaarden genomen maatregelen (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.</p> <p>De exploitatie van Doel 1 en 2 houdt ook de verharding in van het deel van de site dat ingenomen wordt door de installaties. Uitstel van de desactivatie houdt in dat deze bodembedekking gedurende 10 jaar bestendig wordt. Er kan echter aangenomen worden dat ook als de centrales in 2015 zouden stilgelegd geweest zijn, de verharding niet zou verwijderd geweest zijn gedurende de tien daarop volgende jaren, gezien de lange tijd die nodig is voor ontmanteling. Het LTO-project omvat de bouw van enkele nieuwe gebouwen (pompstation en tank voor bluswater) maar dit brengt geen significante toename van de bodemverharding met zich mee.</p>
Landschap	<p>De landschappelijke impact van de kerncentrale van Doel wordt in de eerste plaats bepaald door de 170 m hoge koeltorens en hun karakteristieke waterdamppluimen, en in mindere mate ook door de installaties van Doel 3 en 4. Ook de hoogspanningsleidingen dragen bij aan de visuele impact. De installaties van Doel 1 en 2 zijn in vergelijking hiermee relatief bescheiden in hoogte en omvang. Hun aanwezigheid gedurende een bijkomende periode van tien jaar heeft geen wezenlijk effect op het totale visuele effect van de centrale. Hetzelfde geldt voor het effect van de enkele bijkomende installaties opgericht in het kader van het LTO-project.</p>
Grondwater	<p>De kerncentrale van Doel gebruikt geen grondwater. Het al dan niet uitstellen van de desactivatie van Doel 1 en 2 heeft op dit vlak dus geen gevolgen. De aanwezigheid van verschillende reeds bestaande gebouwen waarvan de funderingen en funderingspalen reiken tot op de diepte van de tertiaire sedimenten (-15m) en van diepwanden rond verschillende onderdelen van de centrale kan de natuurlijke grondwaterstroming wel verstoren. Deze situatie verandert echter niet fundamenteel als Doel 1 en 2 zouden gedesactiveerd worden, zeker niet op korte termijn.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Uit de beschrijving opgenomen in het door Electrabel nv opgestelde MEB m.b.t. de werken (het LTO-project) blijkt wel dat er op de site drainerende rioleringen en lekkende afvalwater- en koelwaterleidingen voorkomen, die dus in theorie wel aan de basis kunnen liggen van een impact op het grondwater. Deze</p>

	<p>impacts worden verder beschreven in de milieueffectbeoordeling waarvan sprake. Er kan aangenomen worden dat deze situatie deels zou gesaneerd worden bij desactivatie van Doel 1 en 2, maar gezien het feit dat veel van de genoemde leidingen en rioleringen gemeenschappelijk zijn aan de verschillende installaties op de site kan verwacht worden dat het positieve effect van deze sanering (die overigens niet op kort termijn zou plaatsvinden) beperkt zou zijn.</p>
Mobiliteit	<p>De verkeersbewegingen als gevolg van de exploitatie van KCDoel worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de voertuigen van het personeel en de onderaannemers van en naar de site. Ook binnen de site van KCDoel 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 centrale gebeurt via de weg. Het (zwaar) verkeer van en naar de kerncentrale verloopt 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.</p> <p>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.</p> <p>In piekperiodes bedraagt het personenvervoer tot 600 pwe/h aangevuld met een vrachtwagendensiteit van 25 pwe/h. Op de meest drukke momenten (tussen 7u en 9u in de ochtend en tussen 16 en 18h in de avond) geeft dat dan 625 pwe/h (Project-MER Electrabel KCDoel, 2010). Verzadiging van het lokale wegennet naar KCDoel treedt niet op. Druk verkeer in ochtend- en avondspits is echter wel mogelijk.</p> <p>Uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 doet het aantal voertuigbewegingen niet toenemen in vergelijking met de periode voor 2015. In vergelijking met een situatie mét desactivatie in 2015 wordt geen betekenisvolle afname van de voertuigbewegingen verwacht, aangezien een groot deel ervan betrekking hebben op de centrale als geheel en niet specifiek aan de werking van Doel 1 en 2 kan toegewezen worden. De ontmanteling van beide reactoren zou integendeel veel extra verkeer kunnen genereren, met dus mogelijk zelfs meer verkeer bij desactivatie in 2015 in vergelijking met een uitstel van desactivatie tot 2025. Zoals gezegd kan het verschil lokaal relevant zijn, maar niet op een grotere ruimtelijke schaal.</p> <p>In dat kader moet ook rekening gehouden worden met de werken aan het ECA-project, die zouden opstarten in de laatste jaren van de verlengde werkingsperiode van Doel 1 en 2. Deze werken kunnen tijdelijk bijkomend werkverkeer genereren, maar een deel van die werken is specifiek ook gericht op het verbeteren van de mobiliteitssituatie rond het Deurganckdok en het nieuwe Tweede Getijdendok, via de aanleg van de Westelijke Ontsluiting. De aanleg van die ontsluitingsweg zal ook een positief effect hebben op de ontsluitingsmogelijkheden van de kerncentrale van Doel.</p>
Geluid	<p>Op de site van KCDoel 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.</p> <p>Uit het MER van 2010 blijkt dat de twee koeltorens verantwoordelijk zijn 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%.</p> <p>In de Technische LTO-nota van 2015 (Tractebel Engineering) wordt aangetoond dat de nieuwe installaties die voorzien zijn in het kader van de LTO geen bijkomende geluidshinder met zich meebrengen. Omgekeerd kan ook gesteld worden dat de desactivatie van Doel 1 en 2 slechts een beperkte (positieve) impact zal hebben op de geluidsverstoring, aangezien die voor een groot deel verbonden is aan de aan Doel 3 en 4 gekoppelde koeltorens, die ook na sluiting van Doel 1 en 2 in werking zullen blijven.</p>

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 weggevallen productiecapaciteit over de periode 2015-2025 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 vergelijken¹⁷.

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 in theorie weggevallen capaciteit te laten gebeuren volgens dezelfde verhoudingen als die binnen het huidige aandeel niet-nucleaire capaciteit.

Het is duidelijk dat die invulling niet moet gezien worden als een volwaardig en redelijk alternatief voor het uitstel van de desactivatie, vermits dit alternatief in de praktijk niet beschikbaar was op het moment dat over het uitstel werd beslist¹⁸. Om die reden bestuderen we ook niet alle aspecten van deze alternatieve invulling. Het heeft bijvoorbeeld geen zin de landschappelijke effecten van een theoretische capaciteit aan windturbineparken te gaan vergelijken met het landschappelijk effect van Doel 1 en 2, of de effecten van het koelwater van een theoretische capaciteit aan gascentrales met het reële effect van de koelwaterlozingen van Doel 1 en 2.

We beperken de studie van de vermeden effecten specifiek tot:

- De vermeden emissies aan broeikasgassen (met doorwerking in de discipline Klimaat);
- De vermeden emissies aan NOx (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 desactivatie van Doel 1 en 2 niet was uitgesteld, waarbij er zoals gezegd in de feiten geen redelijk alternatief was om de weggevallen capaciteit bij desactivatie in te vullen. 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 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 klimaat¹⁹.

¹⁷ 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.

¹⁸ Er zijn de laatste jaren tal van alternatieve scenario’s voor energievoorziening ontwikkeld die rekening houden met een volledige of partiële kernuitstap, maar zoals eerder gezegd waren die in 2015 niet operationaliseerbaar en kunnen ze dus niet als redelijke alternatieven voor voorliggend plan beschouwd worden.

¹⁹ 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.

2.1.2 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.

2.1.3 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).

2.1.4 Diepgang van de beoordeling

Zoals eerder aangegeven is de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de beleidsbeslissing om de desactivatie van Doel 1 en 2 met 10 jaar uit te stellen op een strategisch niveau gesitueerd, in tegenstelling met de milieueffectbeoordeling van de (er onlosmakelijk mee verbonden) werken, die wordt uitgewerkt op het detailniveau van een project²⁰. Er zijn uiteraard een aantal verschillen tussen beide benaderingen.

In de praktijk zijn er geen duidelijke 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 9.

Het is duidelijk dat voorliggende MEB met betrekking tot de beleidsbeslissing zich eerder aan de linkerkant dan aan de rechterkant van dit continuüm bevindt. Dit houdt onder meer in dat in deze MEB in de eerste plaats zal gebruik gemaakt worden van bestaande gegevens, dat de effectbeschrijving en -beoordeling overwegend niet-kwantitatief zal zijn, en dat om die redenen de onzekerheid op bepaalde uitspraken groter kan zijn dan het geval zou zijn in het geval van een milieueffectbeoordeling met het detailniveau van een project. Gezien de strategische aard van de beslissing die onderbouwd wordt door deze MEB is dit ook aanvaardbaar.

²⁰ Beide beoordelingen samen vormen de milieueffectbeoordeling van het Project.

Project: uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2		
	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 9: Sleutelementen van het strategisch-operationeel continuüm van milieueffectrapportage^{ix}, toegepast op de milieueffectbeoordeling van het Project.

2.2 Effecten van het Project

2.2.1 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 2015, het jaar dat de beslissing over het uitstel van de desactivatie werd genomen. 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 situatie in 2015. Als er zo'n 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.

2.2.2 Water

2.2.2.1 Relevante beleidsdoelstellingen

Voor het thema Water, dat een regionale bevoegdheid is, zijn de Waterbeleidsnota 2020-2025 en in mindere mate maar daarmee samenhangend de Blue Deal (2020) relevant:

Waterbeleidsnota 2020-2025

Vlaanderen heeft drie strategische doelstellingen en zes krachtlijnen geformuleerd voor het waterbeleid:

- De goede toestand van de waterlichamen²¹ 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 doelafstand 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 stemmen op de interacties binnen het watersysteem en met de andere milieucompartmenten 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.

²¹ In de praktijk komt dit neer op een toetsing aan de Kaderrichtlijn Water (KRW).

- 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)

Recent 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.

Stroomgebiedbeheerplannen

In het ontwerp-stroomgebiedbeheerplan van de Schelde (2020) is het waterbeleid concreter vertaald naar specifieke gebieden in Vlaanderen. Ten laatste op 22 december 2021 zal de Vlaamse Regering het stroomgebiedbeheerplan 2022-2027 voor de Schelde en het bijhorende maatregelenprogramma vaststellen. De plannen zullen maatregelen en acties bevatten voor een verbetering van het grondwater en oppervlaktewater en voor de bescherming tegen overstromingen en droogte. Dit plan bouwt verder op het huidig geldende 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 normen 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. Aandachtsgebieden zijn 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 derde en vierde stroomgebiedbeheerplan.

Het actieprogramma voor de Zeeschelde, dat een aandachtsgebied klasse 5 omvat als gebiedsspecifieke actie het verder uitvoeren van het Sigma-plan in het Benedenscheldebekken langs de Schelde. Om de goede toestand te behalen in dit gebied 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 open houden van Doel 1 en 2 volgende doelstellingen voor het watersysteem 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;
- Duurzame watervoorziening nastreven.

Zoals hoger aangegeven (scoping, zie §2.1.1) 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 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 daarop volgend 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-activiteiten²². 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 Vlarem 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 exploitatie²³ 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 (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 2020-2025 bestaat de kans dat ten gevolge van accidenten tijdens normale onderhoudswerken plaatselijk verontreiniging van de bodem of het grondwater kan optreden. Dergelijke accidenten zullen 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.

²² De resultaten van deze bodemonderzoeken werden beschreven in het project-MER voor de hervergunning (2010) en werden aangevuld in de MEB voor de werken (2021).

²³ Het grondwater nabij de Schelde is verzilt en om deze reden niet geschikt als proceswater.

2.2.2.2 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 overzicht gegeven van de meest relevante te verwachten effecten van het Project (het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2) 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 sterk afhankelijk van het watersysteem gezien de tertiaire kring voor de koeling van de condensatoren 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 3 en 4 zijn dit gesloten koelsystemen met een circulatie van het opgenomen Scheldewater tussen de condensatoren 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 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 daken en 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 eenheden Doel 3 en 4. 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 in de discipline 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 een periode van 10 jaar. Een verdere impact op de waterkwaliteit en waterkwantiteit van de Schelde 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.

2.2.2.3 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 1 en 2 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 2015. We gaan er van uit dat in de meeste gevallen de situatie vandaag (2020) een voldoende goede benadering zal vormen voor de situatie 2015. Eventuele autonome of gestuurde ontwikkelingen die als gevolg zouden kunnen hebben dat de situatie in 2025 (fundamenteel) verschillend zou kunnen zijn van de situatie in 2015 zou voor de Zeeschelde een verdere verbetering van de waterkwaliteit kunnen zijn (door de verdere saneringsinspanningen in het stroomgebied), anderzijds kan ook gedacht worden aan eventuele waarneembare effecten ten gevolge van klimaatverandering in die periode (temperatuureffecten of wijzigingen in debiet of getijslag).

In de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken is een uitgebreid overzicht gemaakt van de kwaliteit van de Zeeschelde, op basis van de meetgegevens van VMM in de periode 2013-2014 en 2015-2019.

De Zeeschelde, zowel stroomop- als stroomafwaarts van het lozingspunt van KCDoel, 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 referentiesituatie (2015) en de periode 2015-2019 kan 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 7).

De Schelde ter hoogte van KCDoel 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 en kan dus als representatief voor de referentiesituatie 2015 gelden, de beoordeling 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 2020 gelden.

Tabel 7: Beoordeling toestand waterlichaam Zeeschelde IV.

Kader: tweede stroomgebiedbeheerplan Meetresultaten 2005-2013	Kader: derde stroomgebiedbeheerplan (ontwerp) Meetresultaten 2018
De globale beoordeling van het ecologisch potentieel van de Zeeschelde IV is algemeen ontoeirekend .	De globale beoordeling van het ecologisch potentieel van de Zeeschelde IV is algemeen ontoeirekend .
De evaluatie van de biologische elementen is ontoeirekend : - ontoeirekend voor macrofyten; - matig voor macroinvertebraten; - ontoeirekend voor vis.	De evaluatie van de biologische elementen is ontoeirekend : - ontoeirekend voor macrofyten; - matig voor macroinvertebraten; - goed voor vis.
De evaluatie van de fysico-chemische elementen die bepalend zijn voor de biologische elementen is algemeen slecht . Voor de evaluatie van de afzonderlijke fysico-chemische elementen geldt: - Slechte beoordeling voor nitraat+nitriet+ammonium; - Goede beoordeling voor temperatuur, opgeloste zuurstof en pH.	De evaluatie van de fysico-chemische elementen die bepalend zijn voor de biologische elementen is algemeen slecht . Voor de evaluatie van de afzonderlijke fysico-chemische elementen geldt: - Slechte beoordeling voor nitraat+nitriet+ammonium; - Goede beoordeling voor opgeloste zuurstof en pH. ²⁴
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 ontoeirekend)	De evaluatie van de hydromorfologie is ontoeirekend
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 (ontoeirekend) tijdens het afgelopen decennium, er wordt wel een verbetering van het visbestand vastgesteld.

Gezien het Project een impact kan hebben op een lozing van bedrijfsafvalwater 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 fysico-chemisch te beoordelen elementen. Voor het onderzoek naar de voorspelling van de effecten op de

²⁴ 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.

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 te 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 werd volgende evaluatie uitgevoerd:

- Fysico-chemische 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 KCDoel.

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 KCDoel. 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, polybroomdifenylether, 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 KCDoel. Er wordt bijgevolg geen achteruitgang voor de verontreinigende stoffen die de chemische toestand bepalen verwacht.

- Biologische kwaliteitselementen:

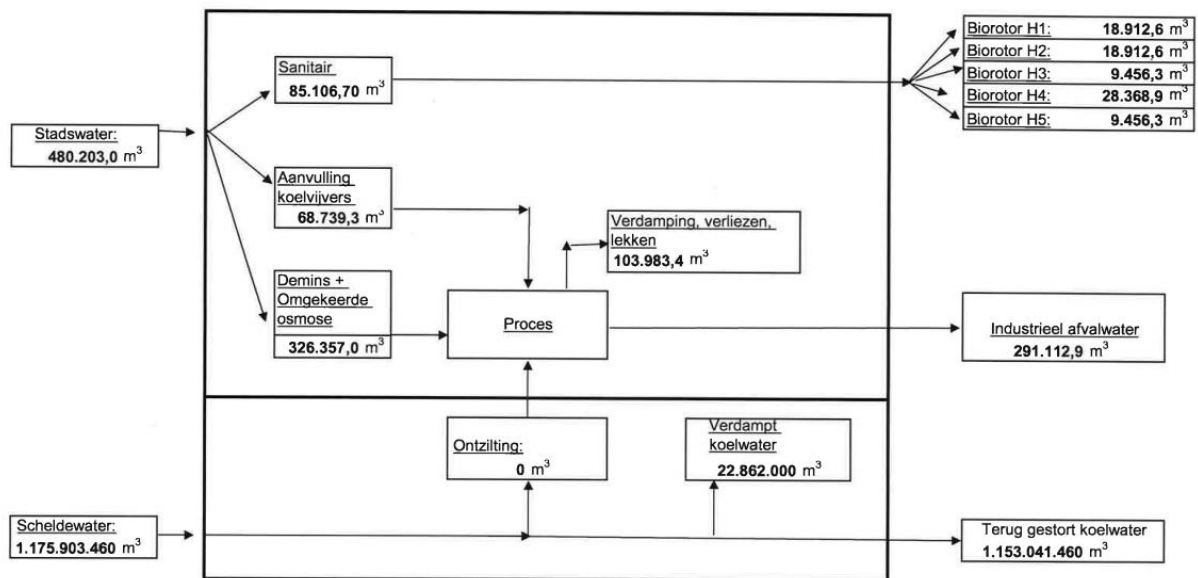
De impact op de biologische kwaliteitselementen kan niet kwantitatief bepaald worden. Op basis van de beoordelingen in de discipline Biodiversiteit van de impact van de watercaptatie, de lozing van koelwater en de lozing van chemische stoffen op de waterorganismen in de Schelde, wordt er geen achteruitgang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

Op basis van deze evaluatie wordt niet verwacht dat de uitvoering van het Project (het langer openhouden van de kerncentrale) zal leiden tot een achteruitgang van de toestand of dat dit de vooropgestelde doelstellingen voor het volledige waterlichaam zal hypothekeren. Hieruit volgt dat deze uitspraak eveneens geldig zal zijn in het geval Doel 1 en 2 stilgelegd worden (referentiescenario) gezien deze situatie impliceert dat de vuilvracht die via de lozingen in de Zeeschelde terechtkomt kleiner zal zijn dan in het geval van het 10 jaar langer openhouden van Doel 1 en 2.

2.2.2.4 Beschrijving van de effecten

Deze beschrijving is gebaseerd op beschikbare data en informatie opgenomen in de jaarlijkse milieuverklaringen opgemaakt door de uitbater van de centrale en de verschillende milieueffectrapportages die in de periode 2010 – 2020 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 en de MEB voor de LTO werken in 2021).

Het uitstellen van de desactivatie met 10 jaar betekent dat er gedurende deze periode verder water verbruikt en geloosd zal worden door de centrales Doel 1 en 2. 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 10 geeft een overzicht van het waterverbruik voor het jaar 2019. Het hemelwater dat van daken en verhardingen afstroomt en deels in het sanitair afvalwatersysteem terecht komt, is niet opgenomen in de waterbalans.



Figuur 10: Waterbalans KCDoel voor 2019.

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 doeleinden²⁵.

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 2019 bedroeg het jaardebiet voor huishoudelijk afvalwater (mengsel van sanitair en hemelwater) ca. 85.106 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 distillaat 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;

²⁵ 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.

- Metalen, zoals molybdeen en chroom die gebruikt worden voor de behandeling van de specifieke waterkringen;
- 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 2019 bedroeg het jaardebiet voor het bedrijfsafvalwater ca. 291.113 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 gepomp!. 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.

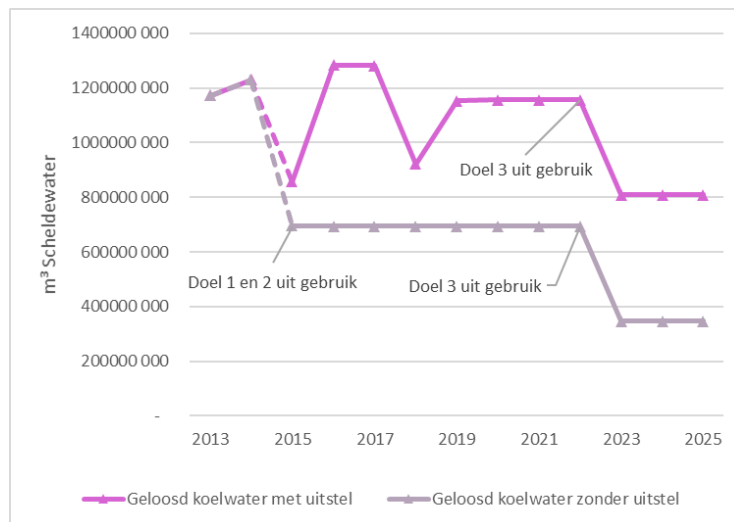
Het gebruikt koelwater wordt samen met het spuiwater en het bedrijfsafvalwater op hetzelfde lozingspunt K3 in de Schelde geloosd.

In 2019 werd 1.153.041.460 m³ koelwater aan de Schelde onttrokken. De vergunde hoeveelheid bedraagt 1.500.000.000 m³.

In Figuur 11 is de hoeveelheid geloosd koelwater weergegeven over een periode van 10 jaar (2015-2025) voor het Project met uitstel versus het referentiescenario (geen uitstel). De cijfers tot en met 2019 zijn gebaseerd op de reële geloosde debieten gemeten in de periode 2013–2019 (bron Electrabel, waterbalansgegevens). Het gemiddeld volume opgenomen Scheldewater voor deze periode bedroeg ca. 1.145 miljoen m³, het gemiddeld geloosd volume koelwater ca. 1.128 miljoen m³, ca. 1,5% verdampt. De schommelingen in volumes zijn te wijten aan het stilliggen van een deel van de installaties (bv. in 2015 en 2018).

Voor de periode 2020–2025 werd uitgegaan van een prognose gemaakt door Electrabel op basis van het verwachte aantal bedrijfsuren en het gemiddelde uurdebiet van de pompen op het innamepunt voor Doel 3 en 4 (MER LTO 2020). Het toekomstig jaarlijks Scheldewaterverbruik voor Doel 3 en 4 werd 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 kan een verbruik door Doel 1 en 2 van ca. 469 miljoen m³ per jaar afgeleid worden voor de periode 2020-2025.

Merk op dat vanaf 2023 Doel 3 in beide alternatieven niet meer in werking is. Vanaf 2015 zijn in het referentiescenario Doel 1 en 2 niet meer in gebruik waardoor de nood aan koelwater zal verminderen.



Figuur 11: Volume koelwater geloosd ten gevolge van het uitstel van de desactivatie in vergelijking met de referentiesituatie (geen uitstel).

Ook het verbruik van stadswater zal een daling in verbruik kennen in het referentiescenario maar er wordt van uit gegaan dat het geen drastische daling zal zijn. Dit werd door Electrabel vastgesteld tijdens periodes waarin bepaalde centrales stillagen voor onderhoud. Enkel het verbruik van stadswater voor de stoomcyclus wordt verwacht licht te dalen.

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. Tabel 8 vat de verschillen tussen beide scenario's samen op het vlak van de volumes koelwater en afvalwater (sanitair en industrieel). Voor het stadswaterverbruik en dus de lozing van sanitair en industrieel afvalwater zijn de verschillen tussen de alternatieven klein te noemen en niet afzonderlijk begroot. Over een periode van 10 jaar gaat het om een verder verbruik aan stadswater van ca. 4,2 miljoen m² of ca. 0,4 miljoen m³ per jaar. Een verdere impact op de waterkwaliteit en waterkwantiteit van de Schelde is dus te verwachten.

Tabel 8: Volume geloosd koelwater met en zonder uitstel van desactivatie.

Lozing		10 jaar uitstel van desactivatie	Referentiescenario (geen uitstel)
Koelwater	Totale hoeveelheid	11,4 miljard m ³	6,7 miljard m ³
	Gemiddeld per jaar	1,14 miljard m ³	0,67 miljard m ³
Sanitair	Totale hoeveelheid	600.000 m ³	<600.000 m ³
	Gemiddeld per jaar	60.000 m ³	<60.000 m ³
Industrieel	Totale hoeveelheid	3 miljoen m ³	<3 miljoen m ³
	Gemiddeld per jaar	300.000 m ³	<300.000 m ³

Uit de jaarlijkse milieuverklaringen gepubliceerd door Electrabel, de MER's uit 2010 en 2020 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 van koelwater in de Schelde is. Effecten op de kwantiteit (debiet) en op de kwaliteit van de Schelde zijn te verwachten.

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. Dit effect is verwaarloosbaar.

In 2019 gebruikte de kerncentrale van Doel 1.175.903.460 m³ Scheldewater. Ongeveer 22.862.000 m³ verdampte in de koeltorens en 1.153.041.460 m³ werd terug in de Schelde geloosd. Ten gevolge van de lozing van het sanitair en bedrijfsafvalwater werd in 2019 respectievelijk ca. 85.107 m³ en 291.113 m³ geloosd. Deze hoeveelheden zijn een fractie van het koelwatervolume dat onttrokken wordt en compenseren een kleine fractie voor het verdampingsverlies (1,6%) maar zoals gezegd, te verwaarlozen ten opzichte van het koelwaterdebiet (dat op zich dus geen betekenisvolle impact op het debiet van de Schelde heeft).

In de periode 2013–2018 schommelden de hoeveelheden à rato van het al dan niet stilliggen van een of meerdere eenheden (minimum 867.049.790 m³ in 2015 tot maximum 1.306.752.910 m³ in 2016).

Voor de komende jaren (2020-2025) wordt een qua grootteorde vergelijkbare jaarlijkse hoeveelheid verwacht (1.173 miljoen m³ voor 2020, 2021 en 2022, zie hoger, en vanaf 2023, na het stilleggen van Doel 3 ca. 821 miljoen m³). 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 (2015–2025) waarin Doel 1 en 2 vanaf 2015 en Doel 3 vanaf 2022 stoppen met werken. Het verschil tussen het alternatief met en zonder uitstel bedraagt op jaarbasis 58% maar is in alle gevallen verwaarloosbaar qua impact op het debiet van de Schelde.

Er worden geen wezenlijke verschillen in verhardingsgraad verwacht in de periode 2015–2025, noch voor het Project met uitstel van de desactivatie, noch voor het referentiescenario waarbij Doel 1 en 2 uit werking genomen zouden 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 terecht komt dat bij (hevige) regenweersomstandigheden 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 ook gesteld moet worden is of de site van KCDoel gevoelig is voor overstromingen, in de huidige toestand en in de nabije toekomst (tot ca. 2025). Hierbij kan in eerste instantie getoetst worden aan de kaart met overstromingsgevoelige gebieden (2017) enerzijds, en anderzijds kan nagekeken worden of er ten gevolge van klimaatverandering toegenomen risico's voor overstroming in de nabije toekomst te verwachten zijn, door intensere regenbuien of stijging van de zeespiegel. De kerncentrale ligt in ieder geval niet in een zone die effectief of mogelijk overstromingsgevoelig is. De centrale is immers op sterk opgehoogd terrein gebouwd (+ 8,86 m TAW) en de Sigmadijk is er plaatselijk 12,08 m TAW. De lagergelegen polders ten westen van KCDoel liggen wel in mogelijk overstromingsgevoelig gebied. Op korte termijn (binnen 5 of 10 jaar) worden ook geen problemen op dit vlak verwacht bij geen van beide alternatieven/scenario's. Voor verdere detailbespreking wordt verwezen naar de discipline klimaat.

Kwaliteit

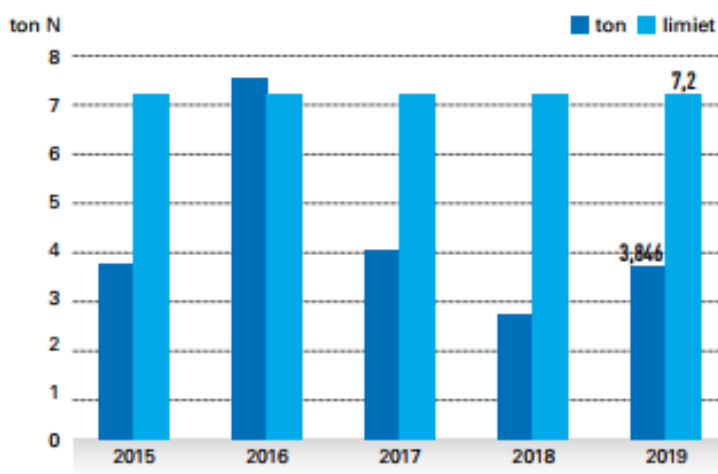
Voor de periode 2015-2019 varieerde de duur van de overstortwerking van de opvangputten tussen 12 en 46 dagen. Niet alleen hemelwater komt in de gemengde riolering terecht, ook lekkend koelwater van uit de ondergrondse galerijen en zelfs grondwater (dat van nature arseen bevat) komt via de bodem in de riolering en de opvangputten terecht. Deze lekken van koelwater en in mindere mate grondwater in de gemengde riolering verklaren eveneens de frequente overstortwerking. Het 10 jaar langer openhouden van Doel 1 en 2 zal deze overstortsituatie zeker in stand houden, in het referentiescenario met enkel Doel 3 en Doel 4 zal de verhardingsgraad niet wezenlijk veranderen en het sanitair afvalwater vermoedelijk ook niet drastisch verminderen. Gezien ook het gemengde rioleringsstelsel aanwezig zal blijven en ook nog steeds koelwater en grondwater via de lekke galerijen in de riolering zullen kunnen terechtkomen wordt weinig verschil in overstortfrequentie tussen beide alternatieven verwacht.

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. De gemiddelde ogenblikkelijke lozingstemperatuur bedroeg 24,26°C, het daggemiddelde 24,24°C en het maandgemiddelde 24,11°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 (2020–2025).

In het MER van 2010 en dat van 2020 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 KCDoel ten opzichte van de milieukwaliteitsnormen (MKN) in de jaren 2013-2014 voorafgaand aan de referentieperiode (2015-2025), kleiner was dan 0,1%, wat als een verwaarloosbaar effect werd beschouwd. Gezien de kwaliteit van het afvalwater in de periode 2015–2019 globaal gezien niet slechter van kwaliteit 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 (2020-2025) worden in normale omstandigheden onder dezelfde bedrijfsvoering ook geen betekenisvolle effecten op de waterkwaliteit verwacht. Indien de kwaliteit van het Scheldewater de komende vijf jaar nog verbetert, kan de relatieve bijdrage van de lozing van KCDoel uiteraard nog iets groter worden maar het effect zal nog steeds verwaarloosbaar zijn.

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 D3 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. De totaal geloosde N-vracht is sinds 2017 onder controle (Figuur 12). In 2019 wordt de toekomstige norm van 2 mg N-NO₂/l nog sporadisch overschreden maar de concentratie ligt gemiddeld onder de norm.



Figuur 12: N-vracht in het bedrijfsafvalwater in de periode 2015-2019.

Een ander probleem dat zich anno 2019 stelt is 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 chloor gehalten 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 KCDoel 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 KCDoel. 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 ten allen tijde passeerbaar geacht voor aquatische organismen. Voor de verdere beoordeling van dit effect wordt verwezen naar de discipline biodiversiteit.

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, zeker niet binnen de komende tijdperiode van 5 jaar. 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 bijgedragen^x. Met betrekking tot het effect van klimaatverandering op de temperatuur van oppervlaktewater wordt in INBO (2015)^{xi} 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 (resterende) referentieperiode (2020–2025) zou dit theoretisch betekenen dat de watertemperatuur van de Schelde dus 0,25 tot 0,3°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 gevoelig periode – kentering bij laag water). Vanaf 2023 zal Doel 3 bovendien uit werking gaan waardoor de thermische vracht dan al zal verminderen.

Het 10 jaar langer openhouden van Doel 1 en 2 betekent dus dat gedurende 10 jaar een hoeveelheid afvalwater van vergelijkbare samenstelling en met vergelijkbare concentraties en vergelijkbare 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. Voor de nog resterende vijf jaar kan aangenomen worden dat het nitriet- en AOX-probleem onder controle blijft/komt.

Ten opzichte van het referentiescenario (Doel 1 en 2 sluiten in 2015) wordt verwacht dat de *concentraties* aan verontreinigende stoffen in het koelwater, inclusief temperatuur en chloriden, gelijk zullen zijn aan die van de huidige en de situatie in 2013-2014. De eenheden Doel 1 en 2 en hun koelcircuit zullen niet meer in werking zijn waardoor het gebruik van Scheldewater als koelwater dus ook zal dalen tot ca. 704 miljoen m³ (zie hoger). De geloosde vuilvrachten en thermische vrachten van het koelwater worden in het referentiescenario dus ook verwacht te dalen tot ca. 60% ten opzichte van het Project met uitstel van de desactivatie. Vanaf 2023, nadat Doel 3 stilgelegd zal zijn zal dit nog 50% lager zal zijn. De thermische vracht van het koelwater op de Schelde wordt ook verwacht te dalen tot ca. 60%, waardoor de omvang van de warmtepluim in de Schelde ook kleiner zal zijn.

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.

2.2.2.5 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 1 en 2 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 het streven naar een duurzame watervoorziening.

Bereiken van de goede toestand van het oppervlaktewater

Het 10 jaar langer in exploitatie houden van Doel 1 en 2 betekent dat er gedurende 10 jaar (gezuiverd) sanitair afvalwater, behandeld bedrijfsafvalwater en (opgewarmd) koelwater zal geloosd worden. Gezien voor de meeste parameters 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 jaar 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 lozingsnormen worden voor een aantal parameters niet steeds gehaald (bv. AOX, nitriet). De kerncentrale is qua totale vuilvracht hoe dan ook een significante lozer te noemen. 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 1 en 2 moet echter niet gevreesd worden mits blijvend aandacht aan monitoring en tijdige bijsturing blijft gebeuren.

Gezien er beperkte effecten van de kerncentrale op de waterkwaliteit zijn maar er blijvend inspanningen gedaan zullen worden om de effecten in de periode 2020-2025 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 1 en 2. Uiteraard zal de desactivatie (referentiescenario) een positieve bijdrage leveren maar of hierdoor alleen de ontoereikende toestand van de Zeeschelde verder naar matig zal evolueren is onzeker.

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 terecht komt 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 ontkennen zijn, is dit een knelpunt dat aandacht verdient in de volgende 5 jaar van verdere exploitatie van de kerncentrale. Dergelijke verdunning van afvalwaterstromen leidt niet tot een efficiënte en effectieve zuivering.

Doorgaans voldoet de kerncentrale 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 de centrales betekent dat de aanwezigheid van de gemengde riolering en de overstortproblematiek zullen bestendig worden tijdens die periode. Ook de thermische impact op de Zeeschelde zal voortgezet worden. Zonder toepassing van de hoger genoemde maatregelen moet geconcludeerd worden dat hierdoor niet kan besloten worden dat de waterketen duurzaam beheerd wordt.

Beperken van overstromingsrisico's

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. De kerncentrale bevindt zich niet in overstromingsgevoelig gebied en is ook voldoende beschermd tegen mogelijke toekomstige overstromingsrisico's ten gevolge van zeespiegelstijging en intensere regenbuien (door klimaatverandering). Er zijn ook geen aanwijzingen dat de centrale ongewenste stroomafwaartse (in de laaggelegen polders) overstromingsrisico's veroorzaakt of in stand houdt. Het langer openhouden van Doel 1 en 2 draagt bijgevolg niet merkbaar verder bij aan het beperken of veroorzaken van overstromingsrisico's.

Streven naar een duurzame watervoorziening

Hier wordt geëvalueerd of het langer openhouden van de eenheden Doel 1 en 2 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 bepaalde processen, of als verkoelend

element om 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 elk gebruik van stadswater in het koelwatercircuit maximaal te vermijden, en na te gaan of dit ook in specifieke omstandigheden (bv. in de hulpkoeltorens van Doel 1 en 2 in testomstandigheden of in ongevalsituaties een optie zou kunnen zijn, zonder uiteraard de veiligheid van de werking in het gedrang te brengen). Ook 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.

2.2.2.6 Samenvatting van de voornaamste bevindingen

De toetsing aan de doelstellingen voor het watersysteem worden in Tabel 9 samengevat.

Tabel 9: Samenvatting van de beoordeling van de doelstellingen ten aanzien van het watersysteem.

Doelstelling	Bijdrage Project (uitstel 10 jaar)	Score
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
Duurzame watervoorziening	Geen inspanningen/plannen inzake circulair watergebruik	Negatief

2.2.2.7 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;
- Optimalisatie van de afvalwaterzuivering is aangewezen (nitriet, AOX), consistent met 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 en water meer plaatselijk vast te houden en te bergen;
- Anticipatieve fijnregeling koelcapaciteit op basis van monitoring temperatuur Zeeschelde.

2.2.2.8 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 aandeel van het afvalwater afkomstig van Doel 1 en 2 en dus de exacte bijdrage van de werking van Doel 1 en 2 aan de restverontreiniging die in de Schelde terecht komt gedurende de 10 jaar langere werking.

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.

2.2.3 Biodiversiteit

2.2.3.1 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 Project 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 1 en 2, niet zorgen 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 Project. 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 verweving en ondersteunend netwerk (IVON) dat bestaat uit natuurverwevingsgebieden (NVWG) en natuurverbingsgebieden (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 ook dat het Project 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 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 Project 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 wordt afgetoetst in de discipline Water (zie 2.2.2), 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 projectgebied (voornamelijk de Zeeschelde) moet nagegaan worden of het Project een impact heeft op het halen van de doelstellingen op vlak van waterkwaliteit. Dit aspect wordt zoals gezegd beoordeeld 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 (Vogel- en Habitatrichtlijngebieden) 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)?

2.2.3.2 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 Project 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, 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 centrales 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 de MEB zullen deze verstoringseffecten op kwalitatieve wijze ingeschat worden.

Het Project kan theoretisch, omwille van de stookinstallatie, de noodgeneratoren en -pompen en het verkeer zelf 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.

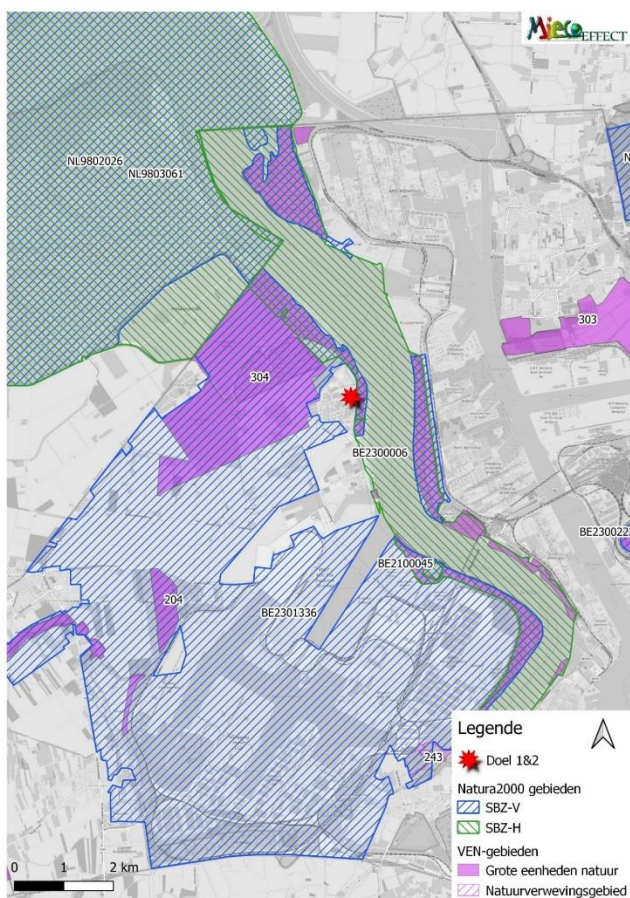
Belangrijk is ook om op te merken dat de aanwezigheid van de hoogspanningslijnen geen onderdeel uitmaakt van de MEB. De hoogspanningslijnen zouden na stopzetting immers nog nodig zijn voor de uitbating van Doel 3 en 4 waardoor de beslissing om Doel 1 en 2 langer open te houden hier geen impact op heeft.

2.2.3.3 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 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 die zowel SBZ-H (NL9803061) als SBZ-V (NL9802026) 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 13: Beschermingszones natuur.

2.2.3.4 Beschrijving referentiesituatie

Natura2000 gebieden

Zoals reeds beschreven in §2.2.3.3, grenst het projectgebied 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 10 geeft een overzicht van de doelsoorten voor al deze Natura 2000 gebieden die hetzij overlappen met het projectgebied hetzij in de onmiddellijke omgeving van het projectgebied gelegen zijn.

Tabel 10: Doelsoorten voor de Natura2000 gebieden die overlappen met of voorkomen in de onmiddellijke nabijheid van het projectgebied. x: soort expliciet opgenomen als doelstelling, /: 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	/
Kwartelkoning	/	x	/

Doelsoort	Schorren en polders van de Beneden-Schelde	Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent	Westerschelde en Saeftinghe
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	/
Rosse vleermuis	/	x	/
Ruige dwergvleermuis	/	x	/

Doelsoort	Schorren en polders van de Beneden-Schelde	Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent	Westerschelde en Saeftinghe
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 habitattype binnen terrestrische wetlands komt voor:

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

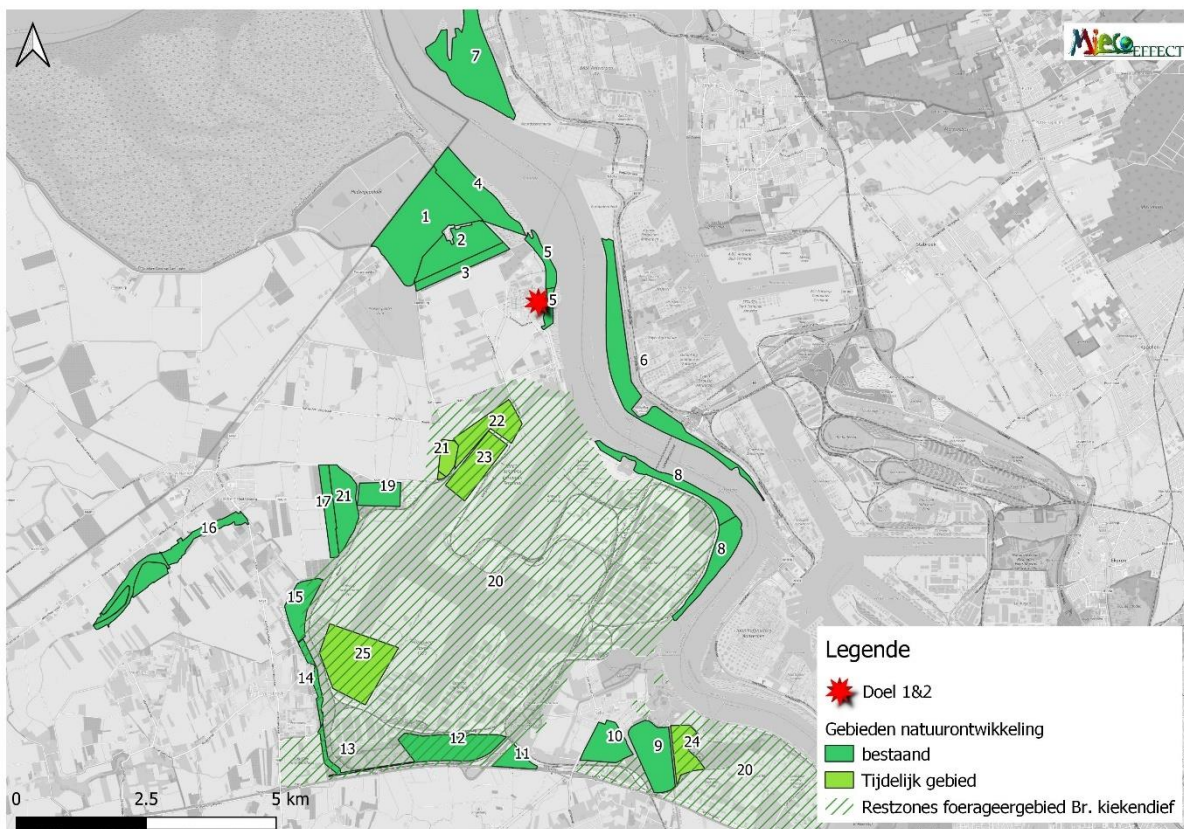
De volledige breedte van de Schelde ter hoogte van het projectgebied is ook aangeduid als voorlopige zoekzone voor het habitattype 1130: estuaria. Een zoekzone is een zone die gevrijwaard wordt met het oog op de ontwikkeling van bijkomend habitat in geval er nog openstaande natuurdoelen zijn.

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

- Habitattype 1110B – Permanent overstromde zandbanken, subtype Noordzee-kustzone;
- Habitattype 1130 – Estuaria;
- Habitattype 1140B – Slik- en zandplaten;
- Habitattype 1310A – Zilte pionierbegroeiingen, subtype zeekraal;
- Habitattype 1310B – Zilte pionierbegroeiingen, subtype zeevetmuur;
- Habitattype 1320 – Slijkgrasvelden;
- Habitattype 1330A – Schorren en zilte graslanden, subtype buitendijks;
- Habitattype 1330B – Schorren en zilte graslanden, subtype binnendijks;
- Habitattype 2110 – Embryonale duinen;
- Habitattype 2120 – Witte duinen;
- Habitattype 2130A – Grijs duinen, subtype kalkrijk;
- Habitattype 2160 – Duindoornstruwelen;
- Habitattype 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 14. 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 14: Overzicht bestaande gebieden natuurontwikkeling (permanent en tijdelijk).

Tabel 11: Nummering bestaande gebieden natuurontwikkeling.

Nr.	Gebied	Nr.	Gebied
1	Prosperpolder Noord	14	Spaans fort
2	Doelpolder Noord	15	Drijdijck
3	Brakke kreek	16	Grote Geule
4	Schor Ouden doel	17	Zoetwaterkreek
5	Estuariene natuur	18	Putten weide
6	Galgenschoor	19	Putten west
7	Groot buitenschoor	20	Restgronden foerageergebied bruine kiekendief
8	Ketenissenschor	21	C59
9	Groot Rietveld	22	Ogespoten 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.

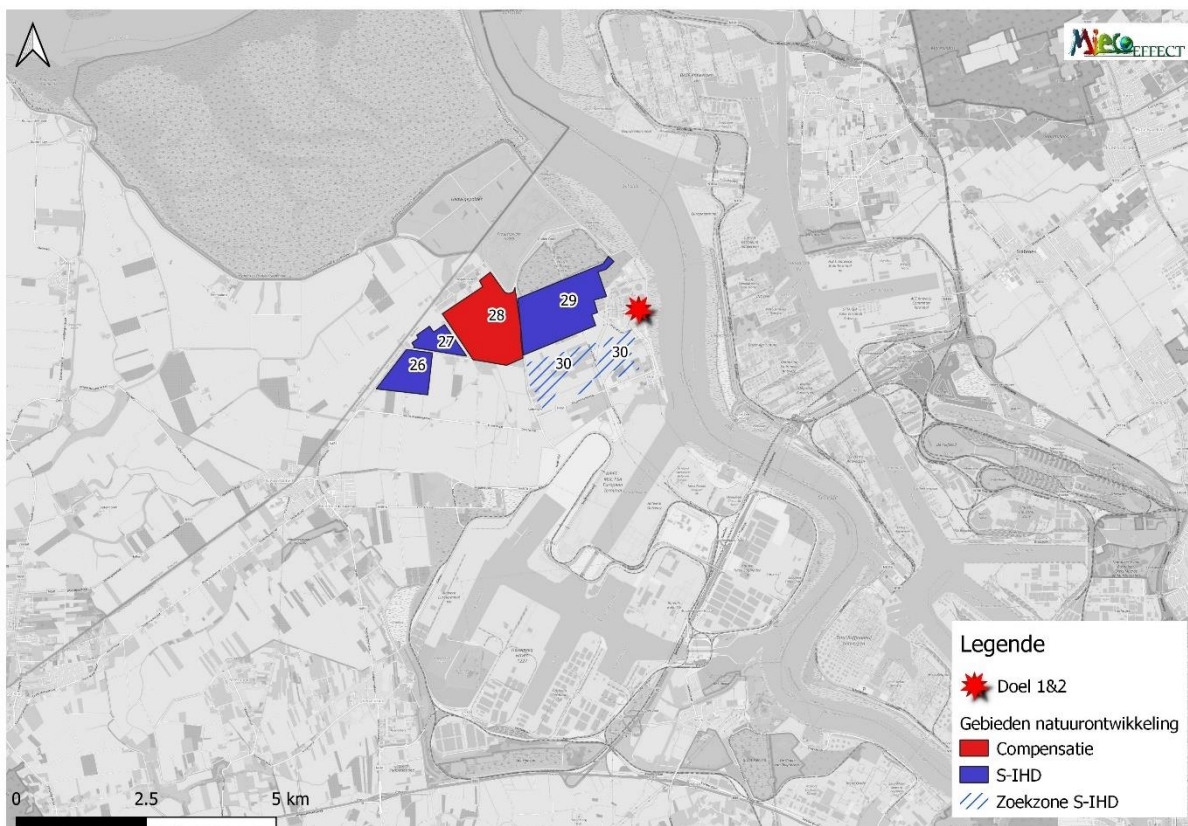
Naast de gebieden die voor de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen vereist zullen zijn, dient dus ook rekening gehouden met het gegeven dat er nog gebieden aangeduid en ingericht zullen moeten worden in geval dat havenprojecten zouden leiden tot verlies van bestaande natuurwaarden.

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, Opgespotten MIDA's en Vlakte van Zwijndrecht zullen verdwijnen en dat de natuurwaarden die hier voorkomen voor de soorten van Surrogaatkust zullen gecompenseerd worden ter hoogte van Prosperpolder Zuid.

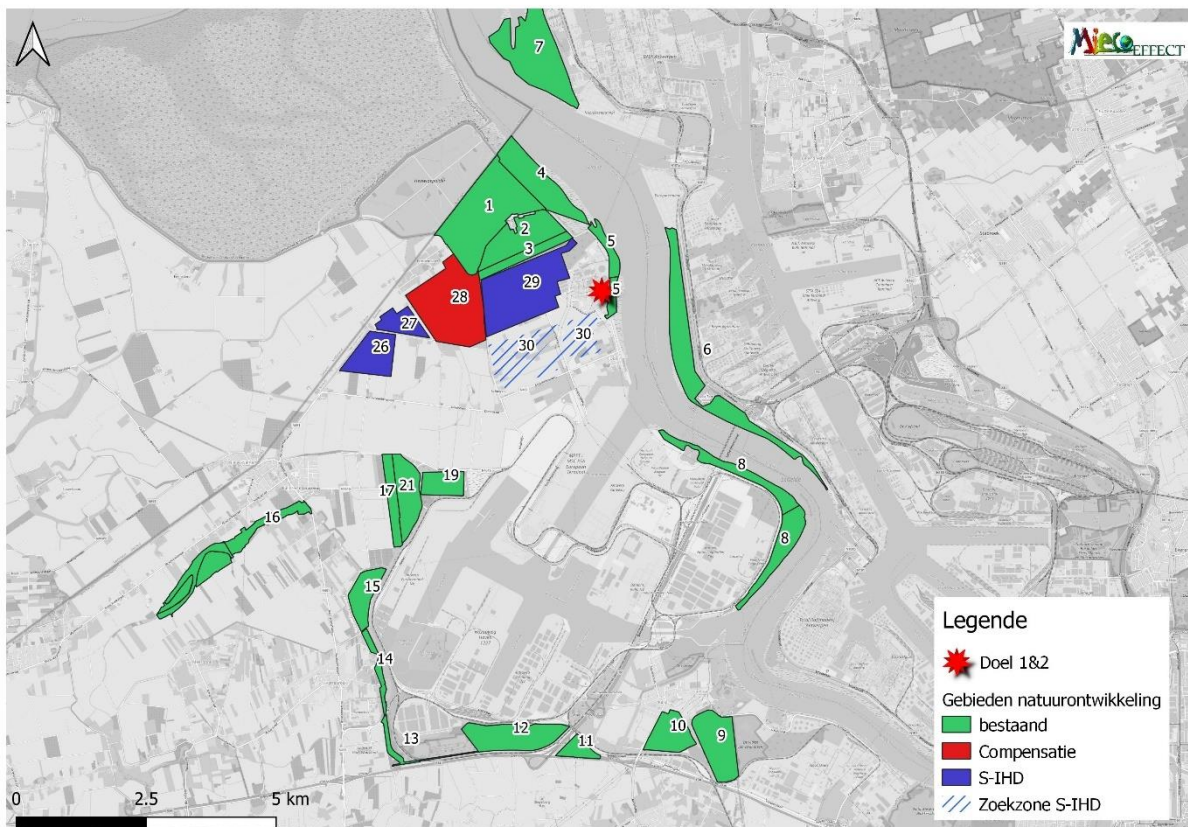
Een overzicht van alle op dit moment reeds gekende nieuwe natuurgebieden die naar alle waarschijnlijkheid ontwikkeld zullen dienen te worden, zij het ter realisatie van instandhoudingsdoelstellingen, zij het in het kader van te realiseren natuurcompensaties, wordt weergegeven in Figuur 15.



Figuur 15: Toekomstige gebieden natuurontwikkeling.

Tabel 12: 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 16: 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 13). De meest relevante VEN-gebieden in de nabijheid van het projectgebied 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 drijfzillen bij verlanding, zoals het Panneweel), dijken (aangelegd bij de

inpolderingen), kragen (bij herstel van een dijk na een doorbraak, aangelegd rond het gevormde wiel), kreekkruggen, natte lager gelegen kreekdalgraslanden en het complex van het Groot Rietveld.

De twee krekken zijn het zoete krekcomplex 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 krekcomplex 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 moerasige 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, kemphaan, kolgans, grauwe gans, bergeend en kraakeend.

[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 (Verdronken 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 spiegelklokje. Het is een belangrijk gebied voor pleisterende en overwinterende soorten als goudplevier, kemphaan, rietgans, kolgans, grauwe gans, bergeend, kraakeend en slobeend.

[Soortenbeschermingsprogramma \(SBP\)](#)

Het Soortenbesluit voorziet de mogelijkheid tot het opstellen van een soortenbeschermingsprogramma. 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 met de vraag 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 'paraplusoorten' 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 Vlaams 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 afgestemd 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 deze MEB 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) bepaalt dat oppervlaktewaterlichamen 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 Scheldec commissie (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 macroinvertebraten 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 macroinvertebraten 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 waterbodembodem er sterk op vooruit is gegaan sinds 2007 (Tabel 13). 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 13: Resultaten van de TRIADE monitoring ter hoogte van het VMM meetpunt 154100.

Daq	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	

2.2.3.5 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 lozings worden uitvoering besproken in de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken, en de impact hiervan op de waterkwaliteit wordt ook toegelicht in voorliggende MEB in de discipline Water.

Voor de meeste parameters wordt voldaan aan de lozingsnorm. Voor de parameters nitriet en AOX (adsorbeerbare organische halogeenverbindingen) worden er soms nog overschrijdingen van de lozingsnorm gemeten die niet eenvoudig verklaard kunnen worden door bijvoorbeeld meetfouten of eenmalige uitschieters. Wanneer gekeken wordt naar het volledige waterlichaam, wordt geen achteruitgang verwacht. 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 lozings 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 lozings van Doel 1 en 2 en deze van de andere centrales. De bijdrage van Doel 1 en 2 aan de totale lozings wordt in de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken geraamd op 40%.

Eutrofiëring

De lozingsnormen voor nitriet worden 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 terecht komt, 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 snelgroeïende 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 macroinvertebraten (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 fytoënthos 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 macroinvertebraten- 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 1 en 2 en van de andere twee kerncentrales.

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 macroinvertebraten, 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 saliniteitsgehalten, 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 macroinvertebraten 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 (vb. door koude adaptatie) en zich van hieruit verder verspreiden. Aangezien veel soorten beschikken over planktonische larvale stadia, kan deze verspreiding erg snel en verrijkend zijn. In andere overzichten van de macroinvertebratengemeenschap 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. Bovendien blijft het gegeven dat ook met de desactivatie van Doel 1 en 2 er nog een thermisch effect zou zijn omwille van het koelwater van Doel 3 en 4. In de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken wordt dit geraamd op 60% van het huidige volume. Er zal dus ook in de referentiesituatie een zone zijn met hogere temperaturen, alleen de omvang zal kleiner zijn. Hoe groot het verschil is, is echter nooit gemodelleerd.

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 macroinvertebraten 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.

De mogelijke effecten van routine radiologische lozingen op fauna en flora worden besproken in §3.6.2. Er wordt daarbij geconcludeerd dat het zeer onwaarschijnlijk is dat de routinelozingen van de eenheden Doel 1 en 2 een effect hebben op het milieu en bijgevolg de biodiversiteit van de nabijgelegen habitatrictlijngebieden of andere (beschermde) natuurgebieden en ecosysteem.

Barrierewerking

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 Project zorgt dan ook niet voor effecten op vlak van barrièrewerking.

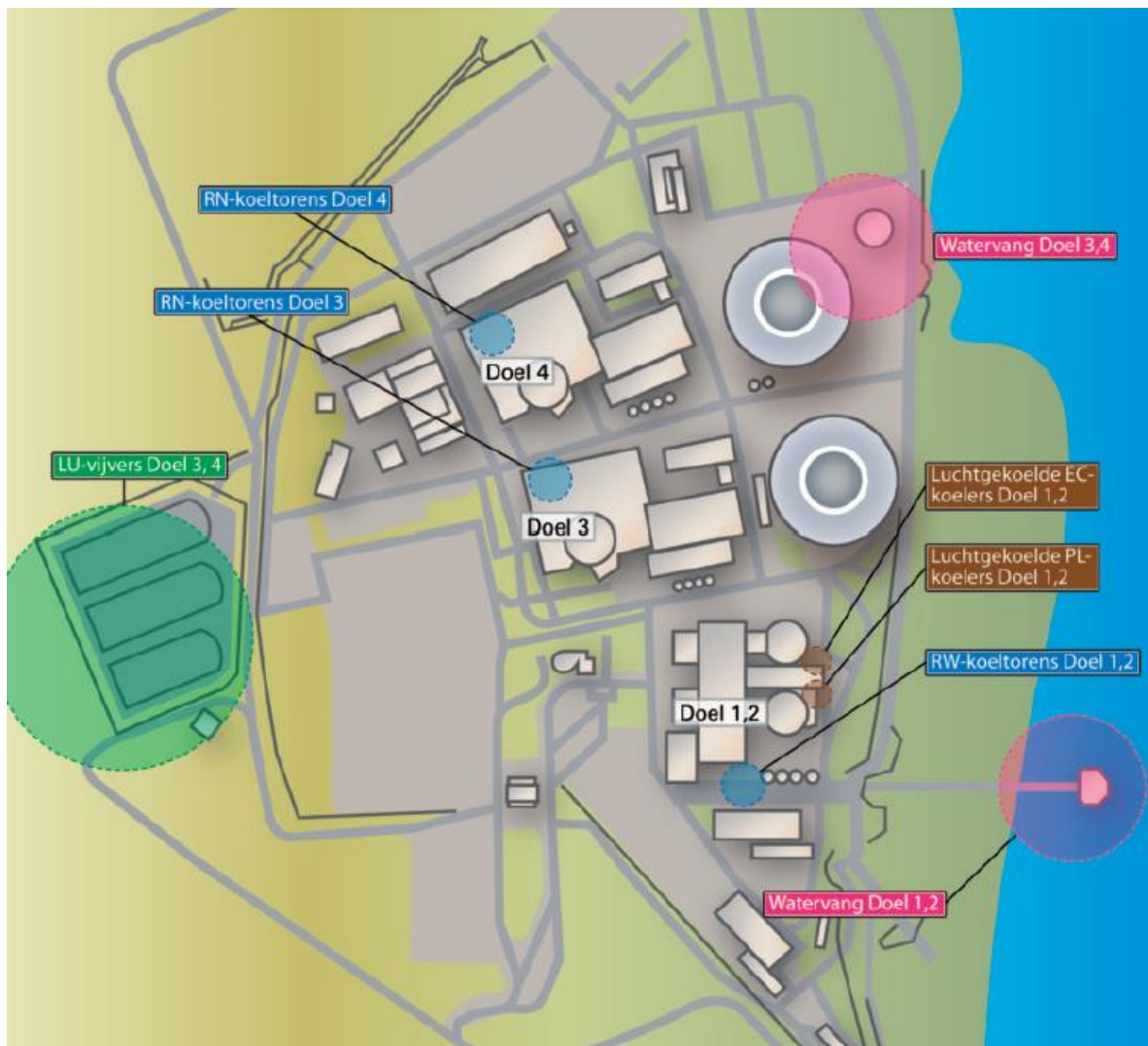
Mortaliteit

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 2 en een andere voor de eenheden Doel 3 en 4. Het water wordt steeds eerst over een zeef geleid om de er 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. Dit leidde oorspronkelijk tot de captatie van grote hoeveelheden vis en kreeftachtigen. Sinds de installatie van een afschriksysteem, is dit echter sterk verminderd.

Er kan besloten worden dat de langere uitbating van Doel 1 en 2 niet leidt tot een relevante toename van de mortaliteit van vissen en kreeftachtigen in de Schelde.



Figuur 17: Principeschema koelwater met aanduiding watervang Doel 1 en 2 en Doel 3 en 4 (Bron: Electrabel nv, 2011).

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 1 en 2. Ook wanneer beide centrales niet meer actief zouden zijn, zouden nog steeds mensen aanwezig zijn voor de activiteiten ter hoogte van Doel 3 en 4. Hetzelfde kan gezegd worden over de aanwezigheid van verlichting. Gezien vooral wegen aan de rand van het terrein gelegen zijn, zal de eventuele lichtverstoring richting de omgeving niet wijzigingen bij een desactivatie van enkel de centrales van Doel 1 en 2.

Voor geluid zijn er wel enkele bronnen die enkel te linken zijn aan Doel 1 en 2. Deze werden echter nooit afzonderlijk gemodelleerd. In de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken 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 1 en 2 in te schatten.



Figuur 18: Geluidscontouren van de continu werkende bronnen tijdens de dag-, avond, en nachtperiode (Bron: MEB met betrekking tot de werken).

Uit de resultaten van de MEB met betrekking tot de werken 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 1 en 2.

Er kan dan ook verwacht worden dat de impact van het Project op het vlak van verstoring verwaarloosbaar zal zijn.

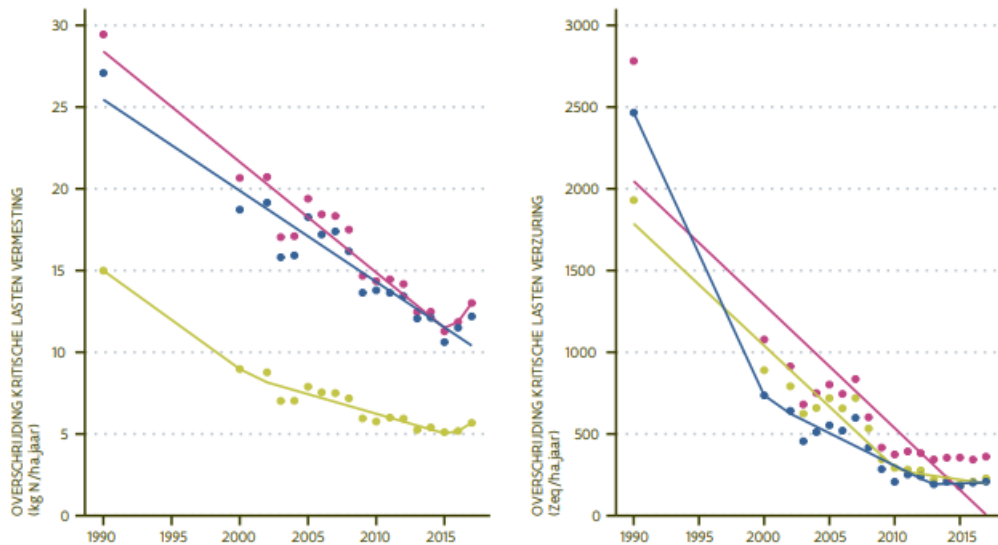
Verzuring en vermesting vanuit de lucht

Verzuring en vermesting is 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 vermisting 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 19: Overschrijding van de kritische lasten (gemodelleerd en oppervlaktegewogen) voor vermisting (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 kerncentrales 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 de impact hiervan verwaarloosbaar is, zeker in verhouding met de uitstoot van de andere bronnen in de omgeving (voornamelijk in de haven). Er wordt dan ook niet verwacht dat de beslissing om de centrales 10 jaar langer open te houden een relevante impact heeft op het vlak van verzurende en vermistende deposities. In de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken werd op basis van de berekende deposities eveneens beoordeeld dat de depositie niet-significant was.

Daarnaast wordt in de discipline Lucht ook nagegaan welke de vermeden emissies zijn omwille van het Project. Deze vermeden emissies zijn de emissies die kunnen verwacht worden indien de elektriciteitsproductie in de periode van de verlengde looptijd van de centrales niet zou gerealiseerd zijn door de kerncentrales maar door andere methodes voor energieproductie. Uiteraard is dit louter een fictieve denkoefening gezien de middelen voor de vervangende productie niet beschikbaar waren op het moment van de beslissing. Om die reden wordt uitgegaan van twee scenario's:

- (extrapolatie) van de emissies zoals deze thans bij de niet-nucleaire elektriciteitsproductie in Vlaanderen optreden (op basis van gegevens raadpleegbaar op de databanken van VMM);
- Gebruik van de nieuwste generatie aardgasgestookte STEG-centrales (weliswaar rekening houdend met de wettelijke emissiegrenswaarden zoals opgelegd in Vlarem-III, als “vertaling” van de BBT-conclusies).

Het tweede scenario is daarbij bijkomend aan wat beschreven werd onder het hoofdstuk “Scoping” (§2.1.1.3) en is bedoeld als gevoeligheidsanalyse van de resultaten bekomen met het eerste scenario.

Bij de berekeningen wordt dan ook gebruik gemaakt van de gekende elektriciteitsproductie door Doel 1 en 2 voor de periode 2015-2018 (voor 2019 zijn de emissies van de elektriciteitssector in Vlaanderen nog niet door VMM gepubliceerd), en de prognoses t.e.m. 2025.

Gezien niet gekend is op welke locaties de emissies van installaties die de productie van Doel 1 en 2 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. In de discipline Lucht worden echter enkel beperkt negatieve effecten verwacht in de nabijheid (enkele kilometers) van de nieuwe emissiebronnen. Op ruimere afstand zou de impact sowieso beperkt zijn. Gezien de mate waarin de kritische drempelwaarden voor stikstofdepositie overschreden wordt in Vlaanderen, kan echter aangenomen worden dat een bijkomende depositie, zelfs indien beperkt, zeer ongunstig zou zijn voor de staat van instandhouding van de habitats en soorten in Vlaanderen.

Direct ruimtebeslag

Theoretisch kan de beslissing om de kerncentrales Doel 1 en 2 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 heel 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. Daarnaast zou er ook maar een zeer beperkte oppervlakte vrijkomen gezien de centrales Doel 3 en 4 wel nog actief blijven. Dit laatste betekent ook dat bijvoorbeeld de beschermde dijk aanwezig moet blijven om overstroming van de site te vermijden. 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.

2.2.3.6 Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen

In hoeverre mag verwacht worden dat het Project, schade aan natuur kan vermijden (cfr. Natuurdecreet)?

Bij de effectanalyse werd het Project onderzocht op vlak van wijziging van de oppervlaktewaterkwaliteit, barrièrewerking, mortaliteit, verstoring, verzuring en vermisting vanuit de lucht en direct ruimtebeslag. Voor barrièrewerking, mortaliteit en direct ruimtebeslag bleken er geen effecten te verwachten zijn.

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 Project 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 Project geen vermijdbare schade zal veroorzaken en dat het een neutrale impact heeft voor deze beleidsdoelstelling.

In hoeverre mag verwacht worden dat het Project kan vermijden dat er onherstelbare en onvermijdbare schade aan VEN-gebieden optreedt (cf. 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 de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken, 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.

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 Project een neutrale impact heeft voor deze beleidsdoelstelling.

In hoeverre mag verwacht worden dat het Project kan vermijden dat er betekenisvolle effecten ten aanzien van NATURA2000-gebieden zouden optreden (cf. Natuurdecreet)?

Het projectgebied is omgeven door SBZ-V en grenst ook aan SBZ-H. De tot doel gestelde soorten en habitats voor deze SBZ worden beschreven in §2.2.3.4. De aftoetsing van deze doelstelling komt overeen met het beantwoorden van de vragen in een passende beoordeling.

Voor de habitats in het SBZ-H is 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 of mortaliteit.

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 Project het behalen van de natuurdoelen niet in gedrang brengt.

Voor direct ruimtebeslag werd daarom nagegaan of de beslissing om Doel 1 en 2 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 het gegeven dat Doel 3 en 4 nog in werking blijven. Bovendien is de bijkomende oppervlakte niet nodig om de natuurdoelen voor het SBZ-V te kunnen halen. Zoals besproken in §2.2.3.4 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 Project zelf is deze aftoetsing eenvoudig. Er wordt immers slechts een verwaarloosbare impact verwacht en de nabijgelegen actuele habitats en doelen betreffen habitats die weinig gevoelig zijn voor stikstofdepositie. 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 macroinvertebraten 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 1 en 2 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 Project.

Er kan dan ook besloten worden dat het Project 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 Project aan deze doelstelling neutraal is.

In hoeverre mag verwacht wordt dat het Project 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 Project zorgt immers niet voor een betekenisvolle verstoring en de impact op de waterkwaliteit is eveneens verwaarloosbaar wanneer bekeken over het hele waterlichaam.

Er kan dan ook besloten worden dat het Project geen betekenisvolle effecten heeft in de context van het Soortenbesluit en dat de bijdrage van het Project aan deze doelstelling neutraal is.

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 (cf. 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.

Gezien de koeltoren vooral deel uitmaakt van de werking van Doel 3 en 4 en het Project geen impact heeft op deze centrales, wordt er weinig impact verwacht voor de slechtvalk.

Er kan dan ook besloten worden dat het Project geen belemmering vormt voor het behalen van de doelstellingen in de SBP's en dat de bijdrage van het Project aan deze doelstelling neutraal is.

2.2.3.7 Samenvatting van de voornaamste bevindingen

De kerncentrale situeert zich in de nabijheid van de verschillende beschermingszones. Er zijn dan ook verschillende beleidsdoelstellingen waarop het Project 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 Project werd onderzocht op vlak van wijziging van de oppervlaktewaterkwaliteit, barrière-werking, mortaliteit, verstoring, verzuring en vermisting vanuit de lucht en direct ruimtebeslag. Voor barrière-werking, mortaliteit en direct ruimtebeslag bleken er geen effecten te verwachten zijn.

Op het vlak van verstoring zijn enkel wijzigingen te verwachten op vlak van geluidsverstoring. Deze wijzigingen zijn eerder beperkt gezien het Project enkel een wijziging inhoudt voor de kerncentrales Doel 1 en 2 en niet voor de andere twee centrales. 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 vermistende deposities zijn verwaarloosbaar. 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. Feit blijft dat het vermijden van deze emissies niet heeft kunnen verhinderen dat de kritische depositiewaarden voor een groot deel van de habitats in Vlaanderen (en daarbuiten) overschreden zijn. Anderzijds is het wel zo dat de 'distance to target' om de doelen te halen nog groter geweest zou zijn indien deze 'vervangende installaties' in werking geweest waren.

De belangrijkste impact van het Project 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 Project geen merkbaar negatief of positief effect had voor de relevante beleidsdoelstellingen. Het effect is neutraal.

2.2.3.8 Milderende maatregelen

Gezien het Project geen merkbare effecten heeft voor de beleidsdoelstellingen, worden geen milderende maatregelen voorzien.

2.2.3.9 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 Project. 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 Project. Gezien het echter enkel om lokale effecten gaat en de impact bovendien niet enkel te wijten is aan de werking van Doel 1 en 2, is de impact op de beoordeling verwaarloosbaar.

2.2.4 Lucht

2.2.4.1 Relevante beleidsdoelstellingen

De meest relevante beleidsdoelstellingen die in het kader van deze milieueffectbeoordeling van belang zijn hebben betrekking op 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}. Tot 2019 wordt getoetst aan de plafonds uit de 'oude' NEC-richtlijn (2001/81/EG).

Tabel 14: Emissieplafonds cfr. (herziening) NEC-Richtlijn (2016).

	NEC-richtlijn 2010	Herziene NEC-richtlijn - 2020	Herziene NEC-richtlijn - 2030	Emissies 2005 (1)
	kton/jaar	% t.o.v. 2005	% t.o.v. 2005	Kton/jaar
SO ₂	99	43%	66%	142,6
NO _x	176	41%	59%	304,5
NMVOS	139	21%	35%	147,7
NH ₃	74	2%	13%	68,4
PM _{2,5}	n.v.t.	20%	39%	36,5

(1): Cfr. Ontwerp van decreet met betrekking tot instemming met het samenwerkingsakkoord van 24/04/2020 tussen de Federale Staat en de gewesten

Cfr. het Ontwerp van decreet met betrekking tot instemming met het samenwerkingsakkoord van 24 april 2020 tussen de Federale Staat en de gewesten, werden de emissiedoelstellingen die op federaal niveau van toepassing zijn opgesplitst per gewest.

Tabel 15: Emissiedoelstellingen 2030 per gewest (absolute emissieplafonds; Cfr. het Ontwerp van decreet mbt instemming met het samenwerkingsakkoord van 24/04/2020 tussen de Federale Staat en de gewesten).

	Vlaams Gewest	Waals Gewest	BHG	Totaal
	kton/jaar	kton/jaar	kton/jaar	kton/jaar
SO ₂	32,5	15,6	0,4	48,5
NO _x	71,8	49,6	3,4	124,8
NMVOS	59,5	32,5	4	96
NH ₃	40	19,4	0,1	59,5
PM _{2,5}	12,9	8,8	0,5	22,2

Gezien de te beoordelen periode 2015-2025 betreft zal bij de beoordeling getoetst worden aan de thans geldende doelstellingen op federaal niveau voor 2030.

Naast doelstellingen ten aanzien van emissies kan ook nog verwezen worden naar doelstellingen ten aanzien van de 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 polluenten wordt overschreden de periode van overschrijding zo kort mogelijk moet worden gehouden.

In oktober 2019 werd het Vlaams luchtbeleidsplan 2030 (VLP) door de Vlaamse Regering goedgekeurd. Uit dit plan blijkt dat vooral de polluenten NO₂ en fijn stof 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 heel Vlaanderen op vele, vooral verkeersdrukke, 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>

2.2.4.2 Relevante effecten en oorzaak-effectrelaties

Potentieel relevante effecten die in deze milieueffectbeoordeling onderzocht worden binnen de discipline lucht hebben enerzijds betrekking op de emissies naar de atmosfeer die met de exploitatie van Doel 1 en 2 gepaard gaan, en anderzijds op de zogenaamde 'vermeden emissies' bij het in dienst houden van Doel 1 en 2 en de mogelijke repercussies die de (vermeden) emissies met zich mee kunnen brengen.

Het gaat hierbij in alle gevallen om emissies van verbrandingsparameters. Van eventuele emissies van zout-aerosolen vanuit de koeltoren werd reeds in eerdere studies aangegeven dat er hiervan nauwelijks impact is. Gezien bovendien het koelwater van Doel 1 en 2 doorgaans niet via deze koeltorens gekoeld worden kan besloten worden dat er op dit vlak geen effect te verwachten is.

2.2.4.3 Afbakening studiegebied en beschrijving van de referentiesituatie

Het studiegebied hangt, gezien de verschillende schaalgrootte en locaties, af van het effect dat onderzocht wordt. Voor de verschillende elementen kunnen hierbij volgende gebieden afgebakend worden:

- Gebied van 2 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 en de mogelijke repercussies van de zogenaamde vermeden emissies.

2.2.4.4 Beschrijving van de effecten

De lokale emissies die gepaard gaan met de uitbating van Doel 1 en 2 hebben te maken met:

- (beperkt) gebruik van diverse verbrandingsinstallaties en noodstroomvoorzieningen;
- verkeer van en naar de site.

Emissies vast opgestelde installaties

De emissies van de vast opgestelde installaties werden in kaart gebracht inde milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken, op basis van brandstofverbruiken, emissiefactoren, werkingsuren,... . Hierbij werden de gegevens van 2014 gebruikt. Gezien dit louter emissies van ondersteunende activiteiten betreft, en veel emissies louter te wijten zijn aan periodieke (veiligheids)controles, kan ervan uit gegaan worden dat de emissies tijdens de volledige te beschouwen periode relatief gelijkaardig zullen zijn. Verdere detaillering voor de erop volgende jaren wordt in het kader van voorliggende milieueffectbeoordeling niet relevant geacht, temeer daar de berekende emissies nauwelijks als relevant te beoordelen zijn. Dit blijkt duidelijk uit de vergelijking van de berekende emissies met de emissies zoals deze optreden in de Haven van Antwerpen en de Antwerpse agglomeratie.

Tabel 16: Emissies stookinstallaties (2014) (MEB-werken Electrabel, 2021).

Functioneel element	CO emissie in kg/jaar	NO _x emissie in kg/jaar	SO _x emissie in kg/jaar	PM10 emissie in kg/jaar	PM2,5 emissie in kg/jaar
DOEL 1 en 2					
PKD-D1/DG0011	39	149	5	2	2
PKD-D1/ED0022	395	1487	47	23	22
PKD-D0/DG0014	0	0	0	0	0
PKD-D0/DG0012	0	0	0	0	0
PKD-D0/DG0024	0	0	0	0	0
PKD-D0/DG0022	0	0	0	0	0
PKD-D2/DG0021	31	118	4	2	2
PKD-D2/ED0012	429	1617	51	25	24
PKD-D0/DGS12	263	991	32	15	15
PKD-D0/DGS14	438	1648	52	25	25
PKD-D0/DGS22	333	1255	40	19	19
PKD-D0/DGS24	271	1022	32	16	15
PKD-D0/DGS99	295	1110	35	17	17
Totaal	2495	9397	299	145	141

De meest relevante emissie blijkt deze van NO_x te zijn, met een jaarvrucht van bijna 10 ton. Dit vertegenwoordigt slechts 20% van de in het kader van het Integraal Milieujaarverslag (IMVJ) gehanteerde drempel van 50 ton/jaar. In vergelijking met de NO_x-emissies in de Antwerpse agglomeratie (meer dan 5.000 ton in 2015²⁶) of de door VMM in 2014 berekende NO_x-emissie voor het Antwerpse havengebied (20.000 ton) is deze emissie uiteraard verwaarloosbaar.

Gezien de zeer beperkte emissies wordt evenmin een relevante impact op de lokale luchtkwaliteit verwacht. Dit blijkt trouwens ook zeer duidelijk uit de resultaten van de impactberekeningen uitgevoerd in de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken, voor het geheel van de emissies van de volledige site Doel (43 ton NO_x in 2014). Uit deze berekeningen blijkt er nauwelijks impact op de lokale luchtkwaliteit op te treden. Gezien de emissies gelinkt aan de exploitatie van Doel 1 en 2 minder dan ¼ uitmaken van de totale emissies, kan de impact dan ook als verwaarloosbaar beoordeeld worden.

Van deze zeer beperkte emissies wordt evenmin een significante impact op zure en vermestende deposities verwacht, zelfs niet in de onmiddellijke omgeving van de site.

Impact verkeer

Van het verkeer van en naar de site kan enkel in de onmiddellijke omgeving van de weg naar de site een mogelijke impact optreden. Deze impact zal aan de wegrand sowieso slechts beperkt zijn. De impact neemt ook snel af met de afstand tot de weg.

²⁶ Bron: VMM, 2020; Luchtkwaliteit in de Antwerpse agglomeratie – jaarrapport 2019.

Van de verkeeremissies wordt evenmin een significante impact op zure en vermistende deposities verwacht, zelfs niet in de omgeving van de weg.

Vermeden emissies

Bij uit dienst gaan van Doel 1 en 2 dient de weggevallen capaciteit uiteraard op een andere manier geproduceerd te worden. Afhankelijk van de wijze waarop, zal dit uiteraard ook een verschillende impact hebben op het aspect lucht en andere milieuaspecten. In wat volgt zal enkel in gegaan worden op mogelijke rechtstreekse emissies die gepaard kunnen gaan met niet-nucleaire elektriciteitsproductie.

Gezien er een groot aantal mogelijkheden zijn om het wegvallen van de productie door Doel 1 en 2 op te vangen, en dit in functie van de mate waarin elektriciteit vanuit het buitenland aangevoerd wordt, en de mate waarin de verschillende andere productietechnieken toegepast worden, zal in voorliggende MEB enkel in gegaan worden op volgende mogelijkheden:

- (extrapolatie) van de emissies zoals deze thans bij de niet-nucleaire elektriciteitsproductie in Vlaanderen optreden (op basis van gegevens raadpleegbaar op de databanken van VMM) (zie resultaten in Tabel 17:);
- gebruik van de nieuwste generatie aardgasgestookte STEG-centrales (weliswaar rekening houdend met de wettelijke emissiegrenswaarden zoals opgelegd in Vlare III, als "vertaling" van de BBT-conclusies) (zie resultaten in Tabel 18).

Bij de berekeningen wordt dan ook gebruik gemaakt van de gekende elektriciteitsproductie door Doel 1 en 2 voor de periode 2015-2018 (voor 2019 zijn de emissies van de elektriciteitssector in Vlaanderen nog niet door VMM gepubliceerd), en de prognoses t.e.m. 2025.

Voor de tweede berekeningswijze zijn in feite enkel de emissies van NO_x en NH₃ relevant bij gebruik van (aardgasgestookte) STEG-centrales. Er wordt hierbij rekening gehouden met het feit dat voor het voldoen aan de wettelijke grenswaarden er mogelijk ook een denox zal dienen ingezet te worden, waardoor er ook relevante NH₃-emissies kunnen ontstaan. Bij de berekeningen wordt uit gegaan van de wettelijk in Vlaanderen vastgelegde emissiegrenswaarden (respectievelijk 30 en 10 mg/Nm³ bij 15% O₂).

Niettegenstaande er op basis van de grenswaarden ook relevante SO₂-emissies zouden kunnen optreden worden deze niet mee opgenomen gezien het zeer lage S-gehalte dat in het aardgas aanwezig is (en door Fluxys nv permanent opgevolgd wordt).

Aangezien niet gekend is op welke locaties de emissies van installaties die de productie van Doel 1 en 2 zouden overnemen kunnen plaatsvinden, 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. Mits de nodige aandacht besteed wordt aan het vastleggen van de minimale schouwhoogte, en dit te verankeren in vergunningsvoorwaarden, kan er in elk geval voor gezorgd worden dat de lokale impact (in een gebied van enkele kilometers rondom deze bronnen), hooguit beperkt zal zijn. Uiteraard kan ook de vergunningsverlener strengere emissiegrenswaarden opleggen dan de thans van toepassing zijnde sectorale grenswaarden.

Tabel 17: Emissies elektriciteitsproductie in Vlaanderen en ruwe raming vermeden emissies bij uit dienst zijn van Doel 1 en 2 berekend op basis van extrapolatie van de vastgestelde emissies voor de sector.

Emissies elektriciteitsproductie in Vlaanderen		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CO	ton	1 031	959	1 143	815							
Niet nucleaire productie in Vlaanderen	GWh	28 619	27 094	28 105	29 175							
Productie Doel 1 en 2 plus prognoses	GWh	3 340	6 040	6 830	2 610	4560	4180	6660	6590	6690	6700	3620
Relatieve emissie niet nucleair	ton/GWh	0,036	0,035	0,041	0,028	0,0297	0,0279	0,0262	0,0247	0,0232	0,0218	0,0205
Vermeden emissie	ton	120	214	278	73	135	117	175	163	155	146	74
SO _x (SO ₂)	ton	1 068	760	591	411							
Niet nucleaire productie in Vlaanderen	GWh	28 619	27 094	28 105	29 175							
Productie Doel 1 en 2 plus prognoses	GWh	3 340	6 040	6 830	2 610	4560	4180	6660	6590	6690	6700	3620
Relatieve emissie niet nucleair	ton/GWh	0,037	0,028	0,021	0,014	0,011	0,008	0,006	0,004	0,003	0,002	0,002
Vermeden emissie	ton	125	169	144	37	48	32	37	27	20	14	6
NO _x (NO ₂)	ton	4 627	3 371	3 350	3 285							
Niet nucleaire productie in Vlaanderen	GWh	28 619	27 094	28 105	29 175							
Productie Doel 1 en 2 plus prognoses	GWh	3 340	6 040	6 830	2 610	4560	4180	6660	6590	6690	6700	3620
Relatieve emissie niet nucleair	ton/GWh	0,162	0,124	0,119	0,113	0,101	0,095	0,089	0,085	0,081	0,077	0,074
Vermeden emissie	ton	540	752	814	294	461	396	595	558	539	515	266
NH ₃	ton	4,8	7,1	6,5	7,7							
Niet nucleaire productie in Vlaanderen	GWh	28 619	27 094	28 105	29 175							
Productie Doel 1 en 2 plus prognoses	GWh	3 340	6 040	6 830	2 610	4560	4180	6660	6590	6690	6700	3620
Relatieve emissie niet nucleair	ton/GWh	0,0002	0,0003	0,0002	0,0003	0,00032	0,00033	0,00035	0,00036	0,00038	0,00039	0,00040
Vermeden emissie	ton	0,6	1,6	1,6	0,7	1,4	1,4	2,3	2,4	2,5	2,6	1,4
TSP	ton	117	124	59	39							
Niet nucleaire productie in Vlaanderen	GWh	28 619	27 094	28 105	29 175							
Productie Doel 1 en 2 plus prognoses	GWh	3 340	6 040	6 830	2 610	4560	4180	6660	6590	6690	6700	3620
Relatieve emissie niet nucleair	ton/GWh	0,0041	0,0046	0,0021	0,0013	0,00096	0,00063	0,00042	0,00028	0,00018	0,00012	0,00008
Vermeden emissie	ton	13,6	27,6	14,2	3,5	4,4	2,6	2,8	1,8	1,2	0,8	0,3
Extrapolaties op basis van gegevens 2015 tem 2018												

Tabel 18: Raming vermeden emissies bij vervanging elektriciteitsproductie Doel 1 en 2 door aardgasgestookte STEG-centrales van de nieuwste generatie.

Nieuwe generatie aardgasgestookte STEG's (1)		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
GW Doel 1 en 2		3 340	6 040	6 830	2 610	4 560	4 180	6 660	6 590	6 690	6 700	3 620
ton NO _x / GWh	0,144	481	870	984	376	657	602	959	949	963	965	521
ton NH ₃ /GWh	0,048	160	290	328	125	219	201	320	316	321	322	174
kton CO ₂ /GWh	0,32	1069	1933	2186	835	1459	1338	2131	2109	2141	2144	1158

Extrapolaties op basis van gegevens 2015 tem 2018

(1) met aanzienlijk hogere efficiëntie dan bestaande STEG's

2.2.4.5 Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen

In Tabel 19 en Tabel 20 worden de hoger berekende emissiegetallen vergeleken met de NEC-doelstellingen voor België.

Tegenover de beleidsdoelstellingen, en de emissiereducties die binnen België en de gewesten dienen gerealiseerd te worden, kan gesteld worden dat de emissies veroorzaakt door de exploitatie van Doel 1 en 2 totaal verwaarloosbaar zijn. Gezien de "eindperiode" van voorliggende MEB op 2025 ligt hebben deze "eigen emissies" uiteraard geen impact op de doelstellingen 2030.

Ook inzake impact op de luchtkwaliteit is er van deze "eigen emissies" geen impact te verwachten.

M.b.t de emissies die zouden ontstaan bij het uit dienst nemen van de installaties van Doel 1 en 2, kan aangegeven worden dat deze t.o.v. de reductie-doelstellingen weliswaar negatief zouden inwerken (er ontstaan extra emissies welke dan door andere bronnen dienen opgevangen te worden), maar het aandeel van deze emissies tegenover de nationale en gewestelijke emissie-plafonds kan voor de meeste parameters als relatief beperkt beoordeeld worden. Inzake NO_x kunnen deze emissies echter wel als aanmerkelijk beschouwd worden (gemiddeld over de periode van 2015-2025 van 0,4% t.o.v. het nationaal NO_x-plafond voor 2030).

Bij de variant waarbij de vermeden emissies berekend werden op basis van maximale emissies afkomstig van de nieuwste generatie aardgasgestookte STEG's, liggen de bijdragen inzake NO_x en NH₃ wel hoger tot zeer aanzienlijk hoger dan bij de eerste berekeningsvariant. De vermeden emissies inzake NO_x hebben een bijdrage van 0,4 à 0,8% (met een gemiddelde van 0,6% over de periode 2015-2025, versus 0,4% bij de eerste berekeningswijze), berekend t.o.v. het federaal emissieplafond voor 2030. Voor NH₃ krijgen we gemiddeld 0,37% over de periode 2015-2025, versus < 0,01% bij de eerste berekeningswijze), berekend t.o.v. het federaal emissieplafond voor 2030.

De impact op de luchtkwaliteit van de mogelijke bronnen die instaan voor de "vervangingsproductie" van Doel 1 en 2 kan in de nabije omgeving van deze bronnen (enkele kilometers) als beperkt beoordeeld worden. Op verdere afstand worden de effecten door de toenemende dispersie verwaarloosbaar beschouwd.

De NO_x, en desgevallend NH₃-emissies kunnen lokaal ook een impact veroorzaken als gevolg van verzurende en vermistende deposities. Maar ook ten aanzien van deze parameters dient aangegeven te worden dat de impact sterk afhankelijk zal zijn van eventuele vergunningsvoorwaarden en bronkarakteristieken van de "vervangende installaties".

Duidelijk is alleszins dat bij langer openhouden van Doel 1 en 2 de emissies die over de periode 2015-2025 door de verbrandingsinstallaties verbonden aan beide reactoreenheden zouden gegenereerd worden vele malen kleiner zijn dan de emissies die zouden gegenereerd worden over diezelfde periode als Doel 1 en 2 in 2015 zouden gedesactiveerd zijn. Voor SO_x en NO_x gaat het, bij de gebruikte aannames met betrekking tot de samenstelling van het productiepark in de referentiesituatie (eerste variant), respectievelijk om 0,5% en 1,8%. De emissies toe te schrijven aan het langer open houden van de centrales zijn dus zeer klein in vergelijking met de emissies die er door vermeden worden. Dit geldt uiteraard ook voor de hiervan afgeleide effecten op de luchtkwaliteit en op de verzurende en eutrofiërende deposities.

Tabel 19: Raming relatief aandeel "vermeden" emissies t.o.v. de NEC-2030 doelstelling op basis van berekeningswijze gebaseerd op extrapolatie actuele emissies.

		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
SO _x (SO ₂)												
Vermeden emissie	ton	125	169	144	37	48	32	37	27	20	14	6
NEC-doelstelling 2030 op federaal niveau	ton	48 500	48 500	48 500	48 500	48 500	48 500	48 500	48 500	48 500	48 500	48 500
Aandeel vermeden emissies in NEC-2030 doelstelling	%	0,26	0,35	0,30	0,08	0,10	0,07	0,08	0,05	0,04	0,03	0,01
NO _x (NO ₂)												
Vermeden emissie	ton	540	752	814	294	461	396	595	558	539	515	266
NEC-doelstelling 2030 op federaal niveau	ton	124 800	124 800	124 800	124 800	124 800	124 800	124 800	124 800	124 800	124 800	124 800
Aandeel vermeden emissies in NEC-2030 doelstelling	%	0,43	0,60	0,65	0,24	0,37	0,32	0,48	0,45	0,43	0,41	0,21
NH ₃												
Vermeden emissie	ton	0,6	1,6	1,6	0,7	1,4	1,4	2,3	2,4	2,5	2,6	1,4
NEC-doelstelling 2030 op federaal niveau	ton	68 400	68 400	68 400	68 400	68 400	68 400	68 400	68 400	68 400	68 400	68 400
Aandeel vermeden emissies in NEC-2030 doelstelling	%	0,0008	0,0023	0,0023	0,0010	0,0021	0,0020	0,0034	0,0035	0,0037	0,0038	0,0021
TSP												
Vermeden emissie	ton	13,6	27,6	14,2	3,5	4,4	2,6	2,8	1,8	1,2	0,8	0,3
NEC-doelstelling 2030 op federaal niveau (PM2.5 beoordeeld t.o.v. TSP)	ton	22 200	22 200	22 200	22 200	22 200	22 200	22 200	22 200	22 200	22 200	22 200
Aandeel vermeden emissies in NEC-2030 doelstelling	%	0,061	0,124	0,064	0,016	0,020	0,012	0,013	0,008	0,006	0,004	0,001

Tabel 20: Raming relatief aandeel "vermeden" emissies t.o.v. de NEC-2030 doelstelling op basis van berekeningswijze gebaseerd op maximale emissieniveaus nieuwste generatie grote STEG's.

Nieuwe generatie aardgasgestookte STEG's (1)		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ton NO _x		481	870	984	376	657	602	959	949	963	965	521
NEC-doelstelling 2030 op federaal niveau	ton	124800	124800	124800	124800	124800	124800	124800	124800	124800	124800	124800
Aandeel vermeden emissies in NEC-2030 doelstelling	%	0,39	0,70	0,79	0,30	0,53	0,48	0,77	0,76	0,77	0,77	0,42
ton NH ₃		160	290	328	125	219	201	320	316	321	322	174
NEC-doelstelling 2030 op federaal niveau	ton	68400	68400	68400	68400	68400	68400	68400	68400	68400	68400	68400
Aandeel vermeden emissies in NEC-2030 doelstelling	%	0,23	0,42	0,48	0,18	0,32	0,29	0,47	0,46	0,47	0,47	0,25

2.2.4.6 Samenvatting van de voornaamste bevindingen

Bij de exploitatie van Doel 1 en 2 ontstaan er zeer beperkte emissies te wijten aan verbrandingsparameters. Deze emissies zijn tegenover het geheel van de emissies en tegenover de emissieplafonds verwaarloosbaar. De emissies zijn ook dermate beperkt dat er hiervan nauwelijks of geen invloed is ten aanzien van de impact op de luchtkwaliteit en verzurende en vermestende deposities.

Ook ten aanzien van de impact van het verkeer van en naar de site kan gesteld worden dat de impact ervan zo goed als verwaarloosbaar kan beschouwd worden.

Door het in dienst houden van de installatie van Doel 1 en 2 worden emissies vermeden die afkomstig zouden zijn van niet-nucleaire elektriciteitsproductie. Het is niet evident om een nauwkeurig beeld te bekomen van deze vermeden emissies gezien deze afhankelijk zijn van de mate van invoer, en van de productiewijzen die in aanmerking komen. Om een beeld te krijgen van deze emissies worden twee berekeningsmethodes toegepast:

- Extrapolatie van de emissies te wijten aan niet-nucleaire productie (op basis van werkelijke emissies);
- Gebruik van de nieuwste generatie aardgasgestookte STEG-centrales (op basis van sectorale emissiegrenswaarden).

Bij de eerste berekeningswijze zijn enkel de NO_x emissies relevant, en maken een duidelijk deel uit van het nationaal emissieplafond voor 2030. De tweede berekeningswijze leidt tot meer relevante emissies voor NO_x en NH₃.

Door het in dienst houden van Doel 1 en 2 wordt ook vermeden dat op lokaal niveau, op locaties waar bij de sluiting “vervangende producties” zouden gerealiseerd worden, er effecten zouden optreden ten aanzien van de impact op de luchtkwaliteit en deposities. Binnen een beperkt gebied (van enkele kilometers) rondom dergelijke potentiële relevante bronnen, wordt op die manier een beperkte impact inzake NO₂ en inzake verzurende en vermestende depositie vermeden. Op iets grotere afstand tot die bronnen zou de impact sowieso beperkt blijven.

2.2.4.7 Milderende maatregelen

Er worden geen milderende maatregelen noodzakelijk geacht.

2.2.4.8 Leemten in de kennis en monitoring

Er zijn geen leemten in de kennis die doorwerken bij de impactbeoordeling.

Behoudens de monitoring zoals deze thans reeds bestaat, zowel op vlak van emissies als luchtkwaliteit, wordt geen extra monitoring noodzakelijk geacht.

2.2.5 Klimaat

2.2.5.1 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 1990²⁷. 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

²⁷ Zie Europese Klimaat- en energie kader 2030.

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) 2021-2030²⁸. Het VEKP zet de grote lijnen uit voor het beleid in de periode 2021-2030 en bevat per niet-ETS sector aangekondigde actieplannen en beleidspakketten, met daarbij ook de ingeschatte impact van dit beleid op de prognoses. Voorliggend project wordt niet gevat door de 35% reductiedoelstelling opgenomen in het VEKP, aangezien deze enkel betrekking heeft 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. 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 er van 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 beoogt 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 er op 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 zowel de doelstellingen binnen het ETS-systeem als voor de Vlaamse niet-ETS reductiedoelstellingen. De Commissie heeft de ambitie om tegen juni 2021 voorstellen in te dienen voor de revisie van de relevante

²⁸ 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.

regelgeving, waaronder die met betrekking tot het ETS-systeem. Het is dan ook duidelijk dat de toekomstige (beleidsmatig) beschikbare "klimaatruimte" kleiner zal zijn dan vandaag.

Bovendien moet na 2030 een nog steiler reductiepad gevolgd worden. In 2009 kwamen de EU-leiders overeen om de Europese broeikasgasuitstoot tegen 2050 te reduceren met 80 tot 95% t.o.v. 1990. Deze ambitie werd in 2011 herbevestigd met de publicatie van een "*Routekaart naar een concurrentiële, koolstofarme economie tegen 2050*", die ook een reeks mijlpalen bevat op middellange termijn. Zoals hoger aangegeven scherpen de voorstellen opgenomen in de Europese Green Deal deze ambitie verder aan tot klimaatneutraliteit in 2050.

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 ontwerp-adaptatieplan voor de periode 2021-2030. Dit Vlaams Adaptatieplan (VAP), dat nog verder dient geconcretiseerd te worden onder de vorm van adaptatieacties, zet in op volgende strategieën en oplossingsrichtingen om de gevolgen van temperatuurstijging, hitte, droogte; extreme neerslag en zeespiegelstijging tegen te gaan:

- Streven naar een klimaatadaptieve en klimaatneutrale ruimte, samenleving, gebouwen en (mobiliteits) infrastructuur;
- Risico's op watertekort en wateroverlast minimaliseren;
- Groenblauwe netwerken maximaliseren;
- Streven naar een klimaatadaptieve en circulaire economie;
- Streven naar een klimaatadaptieve en circulaire landbouw en voedselketen.

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 zijn de beleidsdoelstellingen met betrekking tot klimaat waaraan in het kader van voorliggende MEB zal getoetst worden de volgende:

- Een zo groot mogelijke reductie aan broeikasgasemissies;
- Bekomen van een maximale weerbaarheid van omgeving en samenleving aan de gevolgen van klimaatverandering;
- Een zo laag mogelijke kwetsbaarheid van het project aan de gevolgen van Klimaatverandering.

2.2.5.2 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. Doel 1 en 2 omvatten 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. In 2019 ging het daarbij om een emissie van 164,4 ton CO₂ voor Doel 1 en 2, op een totale (geraamde) emissies van de volledige site van zo'n 1272 ton.
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 zijn de productiecapaciteit zou moeten vervangen zijn 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.

2.2.5.3 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 de centrale zelf. 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.

2.2.5.4 Beschrijving van de effecten

Emissies van de centrale

Zoals gezegd zijn de broeikasgasemissies van de centrale afkomstig van de werking van een aantal dieselmotoren (voor aandrijving van noodpompen en noodgeneratoren) en van stoom- en stookketels. De broeikasgasemissie-inventaris van Kerncentrale Doel onderscheid 55 dergelijke installaties met een totaal geïnstalleerd thermisch vermogen van 315 MW. Het aantal uren dat deze installaties in werking zijn is echter (zeer beperkt); in 2019 schommelde dit (afhankelijk van de installatie) tussen 0 en 72 uren, met een gemiddelde van ongeveer 16h per installatie.

De inventaris maakt het onderscheid tussen de verschillende centrales op de site, zodat het mogelijk is de aan Doel 1 en 2 te relateren broeikasgasemissies apart te begroten. Het gaat daarbij om 13 dieselmotoren met een totaal geïnstalleerd vermogen van bijna 80 MW (zie Tabel 21).

Tabel 21: Motoren op fossiele brandstof die eenduidig toe te wijzen zijn aan de werking van Doel 1 en Doel 2.

Naam	Vermogen (MWth)	Functie
PKD-D1/DG0011	4,3	Hulpdiesel
PKD-D1/ED0022	6,1	Nooddiesel
PKD-D0/DG0014	6,2	Veiligheidsdiesel
PKD-D0/DG0012	6,2	Veiligheidsdiesel
PKD-D0/DG0024	6,2	Veiligheidsdiesel

Naam	Vermogen (MWth)	Functie
PKD-D0/DG0022	6,2	Veiligheidsdiesel
PKD-D2/DG0021	4,3	Hulpdiesel
PKD-D2/ED0012	6,1	Nooddiesel
PKD-D0/DGS12	6,79	Veiligheidsdiesel
PKD-D0/DGS14	6,79	Veiligheidsdiesel
PKD-D0/DGS22	6,79	Veiligheidsdiesel
PKD-D0/DGS24	6,79	Veiligheidsdiesel
PKD-D0/DGS99	6,79	Veiligheidsdiesel

Samen hebben deze installaties in 2019 ongeveer 189 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 2019 zijn deze samen verantwoordelijk voor minder dan 4,5% van de totale broeikasgasemissies van de centrale. Hen toewijzen aan Doel 1 en 2 (a rato van bv. de capaciteit van de centrales) zou de emissiecijfers voor deze centrales nauwelijks beïnvloeden, dus gezien ook de onzekerheid die met die toewijzing gepaard gaan doen we dit niet.

Tabel 22 toont de broeikasgasemissies voor de site en voor Doel 1 en 2 voor de jaren 2015-2019, zoals af te leiden uit de emissie-inventaris en de ETS-rapportage van de site. Het aandeel van Doel 1 en 2 schommelt van jaar tot jaar, met een maximum aandeel van 30% op de totale emissies van de site. Als we vereenvoudigend uitgaan van een maximum van ongeveer 500 ton/jaar krijgen we over de periode 2015-2025 een cumulatieve broeikasgasemissie van de orde van 5500 ton als rechtstreeks effect van het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2.

Tabel 22: Broeikasgasemissies (ton CO₂eq/jaar) voor Kerncentrale Doel (KCDoel) en de eenheden Doel 1 en 2 voor de periode 2015-2019.

	2015	2016	2017	2018	2019
Broeikasgasemissies KCDoel (ton CO ₂ eq)	1 887	1 420	1 414	1 675	1 272
Broeikasgasemissies Doel 1 en 2 (ton CO ₂ eq)	487,30	421,81	358,49	395,68	164,40
Aandeel broeikasgasemissies Doel 1 en 2 op KCDoel	26%	30%	25%	24%	13%
Productie Doel 1 en 2 (GWh)	3340	6040	6830	2610	
Relatieve broeikasgasemissies Doel 1 en 2 (gCO ₂ eq/kWh)	0,146	0,070	0,052	0,15	

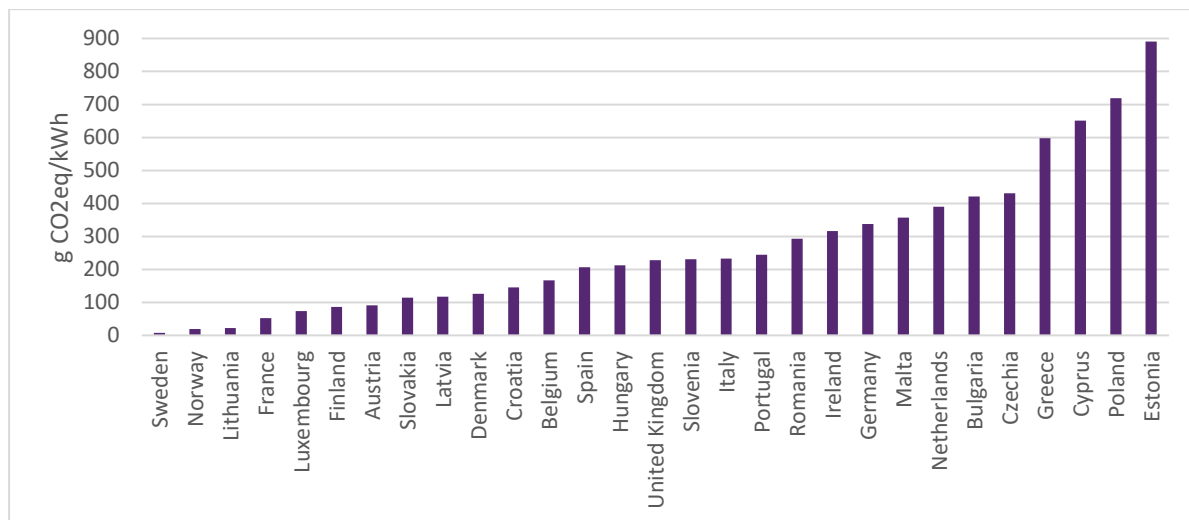
Als we de emissies uitdrukken tegenover de geproduceerde elektriciteit krijgen we een waarde die voor de besproken jaren schommelt tussen 0,070 en 0,15 gram CO₂ per kWh²⁹. De berekende specifieke emissie is relatief

²⁹ In de marge hiervan kan vermeld worden dat de broeikasgasemissies van een kerncentrale over de volledige levensduur geraamd kunnen worden op tussen 10 en 130 g CO₂-e/kWhe, met een gemiddelde van 65 g CO₂-e/kWhe (zie o.m. Lenzen M., 2008). Dit getal brengt onder meer ook de emissies verbonden aan de winning van uranium, de bouw van de centrale en de

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 in 2019 167 g/kWh (EEA, 2020).

In Figuur 20 wordt dit laatste getal vergeleken met andere lidstaten van de EU. Hieruit blijkt duidelijk dat de specifieke emissie van het Belgische elektriciteitspark veel lager is dan bijvoorbeeld Nederland (390 g CO₂eq/kWh) en Duitsland (338 g CO₂eq/kWh), beide landen met in 2019 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 20: Broeikasgasemissie-intensiteit (g CO₂eq/kWh) van de elektriciteitssector voor de verschillende lidstaten van de EU.

We kunnen besluiten dat de CO₂-emissies van Doel 1 en 2 twee ordes van grootte kleiner zijn dan de gemiddelde emissies van het productiepark en a fortiori dan de emissies van state of the art-gascentrales. 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.

Vermeden emissies van de centrale

Onder deze hoofding bespreken we de emissies die zouden gegenereerd worden als de in 2015 weggevallen productiecapaciteit vervangen zou geweest zijn door een andere, niet nucleaire energiemix.

Het is duidelijk dat het wegvallen van de nucleaire capaciteit in België minstens ten dele zal moeten opgevangen worden door gascentrales. Een zeer recent rapport³⁰ raamt de koolstofintensiteit van de Belgische elektriciteitsvoorziening in 2030 op 229 g CO₂eq/kWh, wat een stijging met bijna 71% inhoudt tegenover de situatie vandaag. België is daarbij een van de weinige Europese landen waarbij de koolstofintensiteit toeneemt in plaats van

ontmanteling in rekening. De levenscyclusemissies van een kerncentrale zijn daarmee 10 tot 20 maal lager dan die van een thermische centrale, maar hoger dan die van bv. windturbines.

³⁰ Vision or division? What do National Energy and Climate Plans tell us about the EU power sector in 2030? EMBER, November 2020.

afneemt. De reden hiervoor is uiteraard dat het aandeel hernieuwbare energie ook in 2025 nog te laag zal zijn om de snel weggefallen nucleaire productie te compenseren. EMBER gaat uit van een aandeel van 57% aardgas³¹ en 40% hernieuwbare energie in 2030. Uiteraard zal de koolstofintensiteit van de Belgische energieproductie na 2030 terug afnemen, naarmate het aandeel hernieuwbare energie toeneemt en de gascentrales dus ook minder produceren.

In deze milieueffectbeoordeling kijken we echter niet naar de toekomstige situatie na 2025, maar naar de periode 2015-2025. Zoals eerder aangegeven bestond er in 2015 geen redelijke alternatieven voor het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2. Het berekenen van de emissies die in die periode hadden kunnen optreden als de desactivatie niet was uitgesteld is dan ook een louter theoretische oefening, die enkel bedoeld is om idee te geven van de orde van grootte van de vermeden emissies. In deze MEB maken we dan ook, zoals eerder toegelicht, de vereenvoudigende aanname dat het (theoretische) productiepark dat in de periode 2015-2025 de weggefallen nucleaire capaciteit zou moeten invullen dezelfde relatieve samenstelling zou hebben als het niet-nucleaire deel van het productiepark op dat moment.

De berekeningen, uitgevoerd door de deskundige Lucht, worden hieronder samengevat.

Tabel 23: Berekening van de vermeden broeikasgasemissies bij een uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 over de periode 2015-2025, bij een gemengde niet-nucleaire energiemix.

		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Emissies elektriciteitsproductie	kton CO _{2eq}	12 725	11 340	11 567	11 201							
Niet-nucleaire productie in Vlaanderen	GWh	28 619	27 094	28 105	29 175							
Productie Doel 1 en 2 plus prognoses	GWh	3 340	6 040	6 830	2 610	4560	4180	6660	6590	6690	6700	3620
Relatieve emissie niet nucleair	kton CO _{2eq} /GWh	0,445	0,419	0,412	0,384	0,382	0,375	0,369	0,363	0,359	0,354	0,350
Vermeden broeikasgasemissies	kton CO _{2eq}	1 485	2 528	2 811	1 002	1 742	1 566	2455	2394	2398	2374	1269

Deze tabel bevat voor de jaren 2015-2018 de volgende gerapporteerde of berekende gegevens:

- De CO₂-emissies van de elektriciteitsproductie in Vlaanderen, in kton. We gaan er vanuit dat die volledig zijn toe te schrijven aan het niet-nucleaire deel van de productie;
- De niet-nucleaire energieproductie in Vlaanderen, in GWh;
- De productie van Doel 1 en 2, in GWh (aangeleverd door Electrabel nv);
- De relatieve broeikasgasemissie van de niet-nucleaire elektriciteitssector (in kton CO_{2eq}/GWh), bekomen door de gerapporteerde emissies voor het hele park te delen door de niet-nucleaire energieproductie;
- De vermeden broeikasgasemissies, berekend door de niet-nucleaire productie te vermenigvuldigen met de emissies per GWh.

Voor de jaren 2019 tot en met 2025 bevat de tabel volgende (afgeleide) gegevens:

- De productie van Doel 1 en 2 (prognoses aangeleverd door Electrabel nv);

³¹ In een recent (2020) gepubliceerde update van de vooruitblik op de Belgische elektriciteitsvoorziening in 2030 en 2050 gaat Energyville uit van een merklijk lager aandeel van 44% aardgas in 2030.

- De relatieve broeikasgasemissie van de niet-nucleaire elektriciteitssector (in kton CO₂eq/GWh), bekomen door een extrapolatie van de evolutie over de jaren 2015-2018. De dalende trend, hoofdzakelijk te wijten aan een toename van het aandeel hernieuwbare energie in de elektriciteitsmix, zet zich door;
- De vermeden broeikasgasemissies, berekend op dezelfde manier als voor de periode 2015-2018.

Als gevolg van de schommelingen in de (waargenomen of voorspelde) productie van Doel 1 en 2 variëren ook de vermeden emissies tamelijk sterk, met een minimum van ongeveer 1000 kton CO₂eq in 2018 en een maximum van ongeveer 2800 kton in 2017. Over de hele periode genomen resulteert het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 in het vermijden van de emissie van ongeveer 22.000 kton CO₂eq. Als we de vergelijking maken de emissies die vrijkomen bij de werking van Doel 1 en 2 over dezelfde periode (5.500 ton) dan kunnen we vaststellen dat de emissies van Doel 1 en 2 over de periode waarop het uitstel van de desactivatie van toepassing is slechts 0,025% 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.

In de discipline Lucht van deze MEB werd illustratief nog een ander scenario doorgerekend, dat uitgaat van de volledige vervanging van de weggevallen nucleaire capaciteit van Doel 1 en Doel 2 door STEG-centrales van de nieuwste generatie. Ook dit is uiteraard een scenario dat alleen maar in theorie bestaat, gezien de sterke nadruk op fossiele energie en gezien het gegeven dat in 2015 nog geen centrales van dit type bestonden. Niettemin is dit scenario nuttig om een idee te geven van de vermeden emissies bij vervanging van Doel 1 en 2 door uitsluitend centrales op gas van de modernste generatie.

De specifieke broeikasgasemissie van dit type centrale is van de orde van 0,320 kton CO₂/GWh, wat dus koolstofefficiënter is dan de huidige mix van niet-nucleaire productie-eenheden (inbegrepen de hernieuwbare), die in 2018 0,384 kton CO₂/GWh bedroeg (zie Tabel 23).

De resultaten van deze berekening worden samengevat in Tabel 24.

Tabel 24: Berekening van de vermeden broeikasgasemissies bij een uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 over de periode 2015-2020, bij een niet-nucleaire vervangproductie op basis van STEG's van de nieuwste generatie.

		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Productie Doel 1 en 2 plus prognoses	GWh	3 340	6 040	6 830	2 610	4560	4180	6660	6590	6690	6700	3620
Vermeden broeikasgasemissies	kton	1069	1933	2186	835	1459	1338	2131	2109	2141	2144	1158

In deze berekening bedragen de vermeden emissies met enkel STEG tussen 71% (in 2015) en 91% (in 2025) van de vermeden emissies bij een gemengde (maar minder koolstofefficiënte) mix, als gevolg van de geleidelijke verbetering van de koolstofintensiteit van het gemengde park die is aangenomen bij de berekeningen in Tabel 23. Over de hele periode 2015-2025 bedragen de cumulatieve emissies bij de hypothese "enkel STEG" 84% van de emissies bij de hypothese "mix".

Hoe dan ook is het duidelijk dat het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 over de periode 2015-2025 leidt tot vermeden emissies van de orde van (maximaal) 22.000 kton, of ongeveer 2000 kton/jaar. Dit komt neer op een besparing van ongeveer 2,5% van de totale broeikasgasemissies in Vlaanderen voor het jaar 2018 (77.700 kton), of bijna 17% van de emissies in de subsector "elektriciteit en warmte" voor Vlaanderen in datzelfde jaar. Een ander voorbeeld: De besparing is vergelijkbaar met de omvang van de broeikasgasemissies van de Esso-raffinaderij in de haven van Antwerpen (2019). Het gaat dus niet om verwaarloosbare besparingen.

Hierbij kan wel de kanttekening gemaakt worden dat deze "vermeden emissies" zich situeren binnen de ETS-sector. De lidstaten hebben geen individuele reductiedoelstellingen binnen dit systeem, zodat deze 'besparing' strikt genomen ook niet op het conto van België (of Vlaanderen) kan geschreven worden. Bovendien is het eigen aan het ETS-systeem dat er zich, bij een optimale werking van het systeem, verschuivingen van emissies voordoen tussen installaties, waarbij installaties met een hogere relatieve CO₂-uitstoot "uit de markt geprezen" worden door meer

efficiënte installaties. Zolang het emissieplafond gerespecteerd blijft leidt dit niet tot een afname of een toename van de totale emissies binnen het systeem (de afname wordt uiteraard wel gedreven door het continu verlagen van het emissieplafond). De bouw van nieuwe gascentrales om nucleaire capaciteit te vervangen leidt om die reden binnen het ETS-systeem niet noodzakelijk tot een toename van de emissies. In die zin zijn de ‘vermeden emissies’ bij het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 niet echt vermeden op het niveau van het ETS-systeem. Ze zouden in werkelijkheid immers minstens deels gecompenseerd geweest zijn door reducties bij installaties elders in Europa.

Verder is het 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 deels opgevangen via het inbrengen van een dalende trend in de koolstofintensiteit, op basis van waargenomen evoluties en van een extrapolatie van deze evoluties voor de jaren 2019-2025. Aangezien de oefening hoe dan ook enkel theoretisch is en illustratief heeft het overigens weinig zin een hoge nauwkeurigheid in de aannames na te streven.

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 1 en 2 de kwetsbaarheid van de omgeving tegen de gevolgen van klimaatverandering kan hebben beïnvloed. 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 1 en 2 in geval van desactivatie niet meer verhard zou zijn in de periode 2015-2025, vermits de volledige ontmanteling van de centrale zo’n 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 2015-2025 overigens niet uit of Doel 1 en 2 al dan niet nog in bedrijf zijn, aangezien de locatie van beide centrales ook bij ontmanteling nog steeds verhard zal zijn tijdens deze periode, en dus in gelijke mate zal bijdragen aan het hitte-eilandeffect. Bovendien is het niet de verwachting dat het klimaat over de periode 2015-2025 in die mate zou veranderen dat de impact van de centrale op de omgeving (die er vandaag ook al is) er merkbaar zou door worden gewijzigd.

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. 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.

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 2025 ten einde loopt. Hoewel de tekenen van een veranderend klimaat de laatste decennia en vooral de laatste jaren steeds duidelijker geworden zijn verwachten we niet dat deze veranderingen over de periode 2015-2025 aanleiding zouden geven tot drastische wijzigingen in de klimaatparameters. Wat wel zeker is dat de voorspelde en reeds vastgestelde evoluties zich zullen verder zetten 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 merkkelijk 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 prognose 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 allicht wel representatief is voor de situatie in 2025. 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, 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 veel verder gaat dan wat aannemelijk is in het jaar 2025. 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 Scheldedijk 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 zeespiegelstijging (waarvan de gevolgen hoe dan ook 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.

Bij de ontwerpvlod kan het platform van de watervang van Doel 1 en 2, dat in de Schelde gelegen is en zich ongeveer op hetzelfde peil als de site bevindt, wel overstromen. Als dit als gevolg zou hebben dat de primaire koudebron voor de koeling van Doel 1 en 2 (de Schelde) niet meer beschikbaar zou zijn kan deze vervangen worden door een alternatieve koudebron (de zgn. Ruwwaterkring) die zich op de site binnen de bescherming van de dijk bevindt.

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 verbonden aan Doel 1 en 2 bleek waterinsijpeling mogelijk, zij het zonder gevolgen voor de veiligheidsfuncties. Bij een dijkbreuk zou het aantal locaties gebonden aan Doel 1 en 2 waar wateroverlast zou kunnen optreden toenemen tot 10. 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 ontwerpfase 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 2025 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 2025) 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 belastinggevallen berekend dan deze maximale windsnelheid. Extreme windsnelheden zouden aanleiding kunnen geven tot gedeeltelijke of gehele LOOP. Het scenario LOOP³² 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

Het ontwerp van Doel 3 en 4 houdt rekening met een referentietornado die in deze streek ongekend is. Het ontwerp van Doel 1 en 2 houdt rekening met een lagere intensiteit maar die in Europa nog steeds heel zeldzaam 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.

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.

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

³² 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.

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 centrale. Het is echter niet te verwachten dat dit effect voor de Schelde en binnen de (verlengde) levensduur van Doel 1 en 2 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.

Het is niet bekend of en in hoeverre de recente stijging van de gemiddelde temperatuur en het voorkomen van meer en langere hittegolven al is meegenomen in deze procedures. Vermits in de voorbije jaren, met soms zeer warme periodes tijdens de zomer, zich op dit vlak geen problemen hebben voorgedaan kan aangenomen worden dat dit ook zal gelden voor de periode 2020-2025.

2.2.5.5 Beoordeling van de effecten in het licht van de beleidsdoelstellingen

Voor de verschillende hoge gedefinieerde voor de discipline Klimaat relevante beleidsdoelstellingen (zie §2.2.5.1) 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 1 en 2 in het vermijden van de emissie van ongeveer 22.000 kton CO₂eq. Als we de vergelijking maken de emissies die vrijkomen bij de werking van Doel 1 en 2 over dezelfde periode (5.500 ton) dan kunnen we vaststellen dat de emissies van Doel 1 en 2 over de periode waarop het uitstel van de desactivatie van toepassing is slechts 0,025% 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 2015-2020 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 uitstel van desactivatie, enerzijds als gevolg van de korte tijdshorizon (2025) waarbinnen klimaatverandering tot uiting kan komen, anderzijds als gevolg van het feit dat de site van Doel 1 en 2 ook bij desactivatie in 2015 verhard zal blijven tijdens de 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 2025. Het feit of Doel 1 en 2 over de referentieperiode 2015-2025 al dan niet in werking zijn verandert daar niets aan. De beoordeling is dus **neutraal**.

2.2.5.6 Samenvatting van de voornaamste bevindingen

De broeikasgasemissies die kunnen toegewezen worden aan Doel 1 en 2 zijn over de periode 2015-2025 van de orde van 5500 ton (cumulatief). Als we de emissies uitdrukken tegenover de geproduceerde elektriciteit krijgen we een waarde die voor de besproken jaren schommelt tussen 0,070 en 0,146 gram CO₂ per kWh, wat zeer laag is.

De *vermeden* broeikasgasemissies bij het langer open houden van Doel 1 en 2 zijn van een andere orde. Over de hele periode genomen resulteert het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 in het vermijden van de emissie van ongeveer 22.000 kton CO₂eq. Dit komt neer op een besparing van ongeveer 2,5% van de totale broeikasgasemissies in Vlaanderen voor het jaar 2018 (77.700 kton), of bijna 17% van de emissies in de subsector "elektriciteit en warmte" voor Vlaanderen in datzelfde jaar. Als we de vergelijking maken met de emissies die vrijkomen bij de werking van Doel 1 en 2 over dezelfde periode (5.500 ton) dan kunnen we vaststellen dat de emissies van Doel 1 en 2 over de periode waarop het uitstel van de desactivatie van toepassing is slechts 0,025% 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 1 en 2 hebben tijdens de referentieperiode geen invloed op de weerbaarheid van de omgeving aan de gevolgen van klimaatverandering, enerzijds gezien het korte tijdsperspectief, en anderzijds gezien het feit dat zowel in de referentiesituatie als bij uitvoering van het Project de site verhard blijft. Binnen het tijdsperspectief van het uitstel van de desactivatie 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 1 en 2 al dan niet wordt uitgesteld.

2.2.5.7 Milderende maatregelen

Er zijn geen milderende maatregelen nodig vanuit de discipline Klimaat.

2.2.5.8 Leemten in de kennis en monitoring

Er zijn geen leemten in de kennis die van die aard zijn dat ze tot andere besluiten zouden kunnen leiden. Monitoring van de effecten is niet nodig.

2.2.6 Mens en Gezondheid

2.2.6.1 Juridische en beleidsmatige context

Algemeen

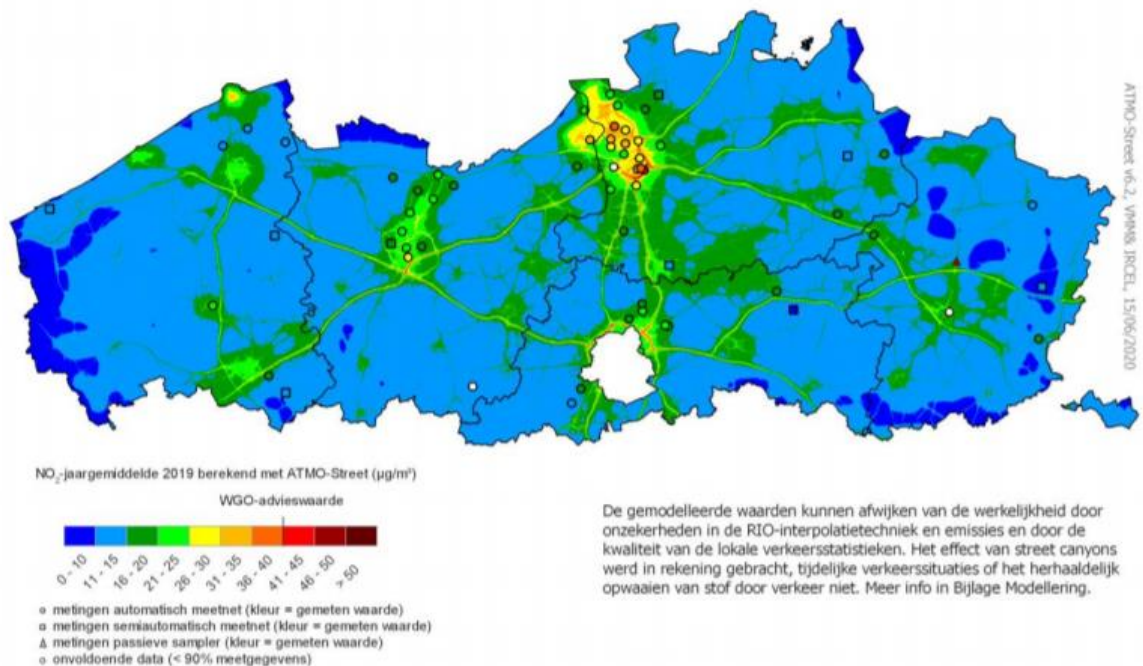
In het kader van dit Project zijn er geen algemene belangrijke beleidskaders met betrekking tot gezondheid in relatie met de niet-radiologische aspecten. Wat betreft de discipline gezondheid is volksgezondheidskundig onderzoek van belang, zoals uitgevoerd door het Agentschap Zorg en Gezondheid. In dergelijke rapporten beschrijft Zorg en Gezondheid de volksgezondheidskundige betekenis van de resultaten van de luchtkwaliteit gemeten door de Vlaamse Milieumaatschappij. De betekenis voor de volksgezondheid wordt bepaald door de meetresultaten te toetsen aan gezondheidskundige advieswaarden (GAW). Volksgezondheidskundige advieswaarden en wettelijke grenswaarden vallen niet noodzakelijk samen. Bij het vaststellen van de wettelijke Europese luchtkwaliteitsnormen is niet alleen het belang van de volksgezondheid bepalend. Ook de technische haalbaarheid en het economisch aspect spelen een rol in de bepaling van deze wettelijke luchtkwaliteitsnormen. Gezondheidskundige advieswaarden, welke enkel vanuit het oogpunt van de bescherming van de volksgezondheid zijn opgemaakt, zijn daarom in vele gevallen conservatiever dan de wettelijke normen. De risicoschattingen veronderstellen vaak de hypothetische situatie van levenslange blootstelling van de bewoners aan concentraties zoals deze werden gemeten. Gezien de aard van de pollutanten wordt er hier met risico-inschattingen gewerkt. Deze studies zijn voor een MEB de leidraad boven op de gegevens ontvangen uit de discipline lucht. Vanuit deze beschouwingen kunnen we stellen dat we een zeer conservatieve benadering hanteren. In het kader van dit project is er geen specifiek volksgezondheidskundig onderzoek.

Stikstof

VITO heeft in november 2017 een diepteanalyse uitgevoerd voor NO_x, op vraag van het Agentschap Zorg en Gezondheid. Uit dit onderzoek werd een gezondheidskundige advieswaarde afgeleid van 20 µg/m³ op basis van acht epidemiologische studies, uitgevoerd door het Franse ANSES in 2015. Deze GAW is opgenomen in het richtlijnenhandboek Mens-Gezondheid. Dit is een enige studie en deze is voornamelijk gefocust op het binnenklimaat met stikstofbronnen van binnenuit.

Algemene blootstelling (Vlaamse Milieumaatschappij, 2020)

Luchtvervuiling heeft een impact op de menselijke gezondheid. In Europa kunnen we stellen dat er drie polluenten zijn die het sterftecijfer het meest beïnvloeden namelijk fijn stof, stikstofdioxide en ozon. In het kader van deze studie wordt enkel stikstofdioxide meegenomen als vermeden emissies bij de productie van energie via nucleaire weg. Algemeen kan men stellen dat stikstofdioxide een pollutant is die het meest gerelateerd is aan het verkeer. Minder dan 1 % van de bevolking woont in een gebied met te hoge NO₂-concentraties. De toetsing aan de WGO-advieswaarde geeft eenzelfde cijfer als deze voor de Europese doelstelling. Dit komt omdat de Europese Commissie de WGO-advieswaarde heeft overgenomen. Nemen we het streefdoel van 20 µg/m³ uit het ontwerp van het Luchtbeleidsplan 2030 van de Vlaamse Overheid als referentiekader dan was in 2017 ongeveer één derde van de bevolking blootgesteld aan te hoge concentraties. De laatste vier jaren zien we vrijwel geen daling van de bevolking blootgesteld aan hoge NO₂-concentraties.



Figuur 21: Overzichtskaart blootstelling.

Beleid

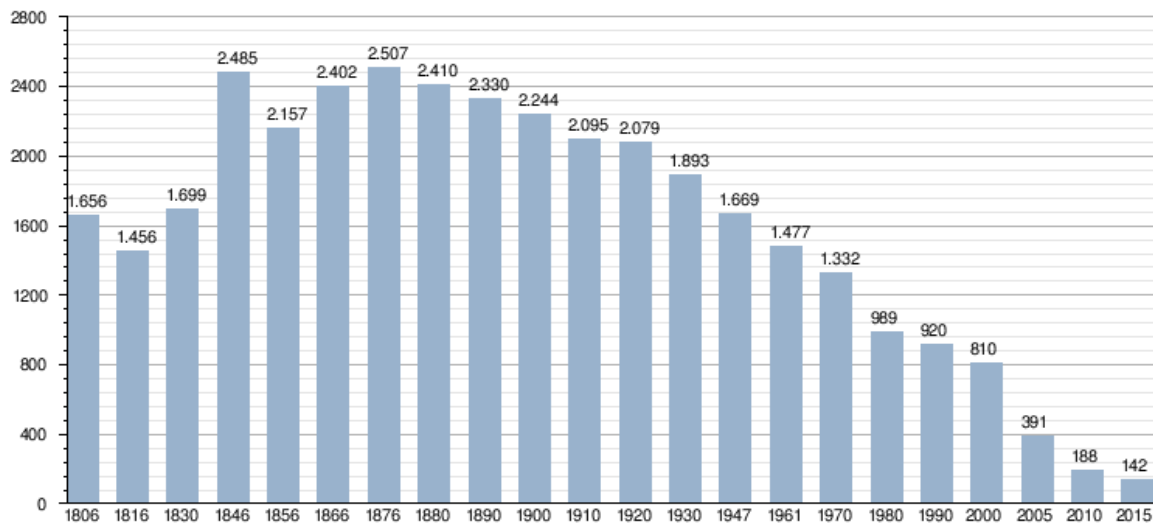
Met nieuw luchtbeleidsplan wil Vlaamse Overheid Europese doelstellingen halen. De Vlaamse Regering keurde op 20 juli 2018 het ontwerp van Luchtbeleidsplan 2030 goed. Dat stippelt een traject uit om de luchtkwaliteit in Vlaanderen gevoelig te verbeteren tegen 2030. In 2018 heeft de WGO de grenswaarde van 40 µg/m³ herbevestigd, doch deze is gebaseerd om de menselijke gezondheid te beschermen tegen de polluenten van de gasvormige stikstofoxiden. Bij een concentratie hoger dan 200 µg/m³ veroorzaakt stikstofdioxide ontsteking van de luchtwegen. De trend om de GAW naar 20 te stellen is voornamelijk gebaseerd op de indicator functie van andere polluenten van stikstof oxiden en het feit dat er in Europa bewijs is gevonden van bronchitis bij astmatische kinderen bij langdurige blootstelling aan NO_x en dit samen met een gereduceerde longfunctie.

2.2.6.2 Afbakening studiegebied

Milieueffectrapportage is een juridisch-administratieve procedure waarbij getracht wordt om zo vroeg mogelijk de verwachte milieugevolgen van een activiteit, plan of project prospectief in kaart te brengen. Als dusdanig is een MEB een instrument om het voorzorgsbeginsel en het beginsel van preventief handelen te helpen realiseren. De discipline 'Mens-Gezondheid' of 'Mens-toxicologie' kan omschreven worden als: Het deel van de milieueffectrapportage, dat zich bezighoudt met het verzamelen, verwerken en interpreteren van informatie over wijzigingen in de leefomgeving ten einde de gevolgen, op korte en lange termijn, voor de volksgezondheid te schatten. 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. De discipline 'mens – gezondheid' is een ontvangende discipline. Dit impliceert dat zij de mogelijke significante bijdragen ontvangt van de sleuteldisciplines, in dit geval lucht en geluid. Gezien in deze disciplines geen significante bijdragen aangetoond werden voor het project wordt er geen algemeen studiegebied voorzien voor de directe effecten van de chemische en de fysische milieustressoren. Voor wat betreft perceptie, vermeden emissies, effecten van een stroompanne en verspreide hinder nemen we Vlaanderen als studiegebied.

2.2.6.3 Beschrijving van de huidige toestand

Met betrekking tot de beschrijving van de huidige referentiesituatie zijn er voor de discipline mens-gezondheid geen gegevens bekend wat betreft de mogelijke belasting van menselijke gezondheid. De directe omgeving, belangrijk voor de mogelijke effecten van het project zelf, van de kerncentrale is uitermate dun bevolkt (Figuur 22).



Figuur 22: Overzicht inwoners Doel (Bron: Gemeente Beveren).

Wanneer we de beleidsmatige aspecten bekijken in relatie tot de omgeving is vanuit een theoretisch perspectief de bevolking in Vlaanderen relevant en bij uitbreiding deze van België respectievelijk 6,6 miljoen en 11,5 miljoen.

2.2.6.4 Methodologie van de effectenbeoordeling

Toxicologisch en epidemiologisch onderzoek

De beschrijving van de milieueffecten gebeurt aan de hand van het richtlijnenhandboek en de ervaring van de deskundige. De discipline 'Mens-Gezondheid' kan men als volgt omschrijven: Het deel van de milieueffectrapportage, dat zich bezighoudt met het verzamelen, verwerken en interpreteren van informatie over wijzigingen in de leefomgeving ten einde de gevolgen, op korte en lange termijn, voor de gezondheid te schatten.

De wijzigingen in de leefomgeving die hier bestudeerd worden omvatten fysische, scheikundige en biologische agentia: de uitstoot van schadelijke stoffen, geluidsproductie, ziekteverwekkende organismen en straling. Er wordt eveneens aandacht besteed aan raadgevingen en maatregelen om schadelijke effecten te vermijden, te milderen of te saneren. Het is niet alleen de bedoeling de mogelijke effecten te bespreken maar ook bevolkingsgroepen die een (verhoogd) risico lopen te identificeren.

Wanneer we het hebben over de discipline 'mens-gezondheid', omvat dit eveneens de deeldiscipline 'psychosomatische' effecten. 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. Maar een aantal risicofactoren kan een bepalende rol spelen. Bijvoorbeeld iemands genetische voorgeschiedenis, persoonlijkheid, ingrijpende gebeurtenissen in iemands leven, leeftijd, de duur van sommige klachten, (over)gevoeligheid voor prikkels, Een overzicht van de klachten is hier vooral richtinggevend.

De schatting van de gezondheidseffecten is gebaseerd op toxicologisch en epidemiologisch onderzoek. Een eerste stap in de schatting van de gezondheidsrisico's omvat de bepaling van de dosis waaraan de inwoners van het studiegebied worden blootgesteld. De blootstelling wordt eveneens in grote mate bepaald door de blootstellingswegen, het menselijke gedrag en de leeftijd. De opgenomen dosis wordt vergeleken met de geldende richtwaarden. Dan dient bepaald te worden welke gezondheidseffecten worden veroorzaakt door deze dosis. De dosiseffectrelatie is het resultaat van toxicologisch en epidemiologisch onderzoek op zowel mensen als proefdieren. De manier waarop men vertrekkende van blootstelling over dosisbepaling de gezondheidsrisico's schat staat bekend als gezondheidsrisicoanalyse. Gezien de omvang van dit project worden er geen specifieke dosiseffectrelaties opgesteld, wel wordt er gebruik gemaakt van de beschikbare dosiseffectrelaties en studies uitgevoerd door het VITO, het Vlaamse Instituut voor Technologisch Onderzoek. Wanneer deze ontoereikend zijn wordt dit opgenomen in de leemten in de kennis.

Zoals gesteld vullen toxicologisch en epidemiologisch onderzoek elkaar aan. Het toxicologisch onderzoek tracht aan de hand van blootgestelde dosis de effecten te voorspellen. De milieutoxicologie houdt zich in het bijzonder bezig met de studie van de effecten van polluenten in de omgeving op de organismen. Er wordt eveneens rekening gehouden met het transport door de omgeving. Epidemiologie bestudeert een populatie en beschrijft welke effecten voorkomen. Dit gecombineerd onderzoek maakt het mogelijk enkel de relevante gezondheidseffecten in beschouwing te nemen. Aan de hand van deze gegevens kan het gezondheidsrisico in het studiegebied geschat worden. Vervolgens is het mogelijk in het studiegebied risicogroepen aan te duiden waaraan een verhoogde aandacht dient besteed te worden. Eens de te verwachten gezondheidseffecten zijn omschreven zal een evaluatie gemaakt worden en kunnen er milderende maatregelen voorgesteld worden.

Concreet voor dit project betekent dit dat we de mogelijke effecten van vermeden schadelijke stoffen (luchtemissies) bestuderen en deze aanvullen met perceptie, mogelijk effect van een stroompanne en gedifferentieerde hinder.

Specifiek voor dit project worden eveneens de mogelijke gezondheidsgevolgen van een 'black-out' of stroomonderbreking besproken. Na het interpreteren van de significante immisiewaarden worden de bevolkingsgroepen blootgesteld aan deze concentraties beschreven, alsook de mogelijke gevolgen. In functie van het aantal blootgestelden en de aard van de blootgestelden worden deze significante concentraties als een significant effect binnen de discipline mens-gezondheid aanzien en worden er aanvullende milderende maatregelen voorgesteld door de deskundige. De mogelijke gezondheidseffecten worden gerelateerd aan het project. Belangrijk in deze context om mee te geven is dat we eerst gaan kijken voor welke parameters er mogelijks significante effecten zijn om vervolgens, wanneer nodig, de blootgestelde en kwetsbare groepen meer in detail te beschrijven.

Onderscheid tussen mogelijke effectgroepen

Een onderscheid is gemaakt tussen volgende mogelijke effectgroepen die een afzonderlijke aanpak vergen, namelijk:

Gezondheidseffecten: de te verwachten immissiewaarden en lichaamsbelastingen worden vergeleken met normen en advieswaarden (VLAREM, EPA, WGO, EC en andere).

Volgende advieswaarden worden gehanteerd:

- WGO: (Wereldgezondheidsorganisatie (World Health Organisation)): advieswaarde voor blootstelling;
- Voor dit project hebben we geopteerd voor de WGO advieswaarde;
- GAW uit het richtlijnen handboek;
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), US EPA (Environmental Protection Agency, U.S.A);
- RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, NL): gezondheidskundige toetsingswaarden;
- WGO advieswaarde voor inname (Tolerable Daily Intake, TDI);
- Grenswaarden voor lichaamsbelasting: body burden, biomerkerconcentratie;
- Duitse human biomonitoring (HBM)-niveaus of Biomonitoring Equivalents voor toetsing van interne concentraties;
- Advieswaarden uit de peergereviewde internationale wetenschappelijke literatuur;
- Arbeidsgeneeskundige advieswaarden: Threshold Limit Values (TLV-waarden). Voor de algemene bevolking: 1/10e van de TLV voor niet carcinogenen en 1/x van de TLV voor carcinogenen met x de waarde die het risico terugbrengt tot het niveau van 10⁻⁶ bij een levenslange blootstelling. Bij onvoldoende wetenschappelijke gegevens om x te bepalen, wordt x gelijkgesteld aan 1.000. Voor gedefinieerde risicogroepen: 1/200e van de TLV voor niet carcinogenen of 1/5.000e van de TLV voor carcinogenen.

Voor de beoordeling van de gezondheidseffecten werden volgende stappen doorlopen:

- Identificatie van de relevante parameters;
- Op basis van de berekende immissiebijdragen in de disciplines lucht / geluid;
- Indien er reeds relevante achtergrondconcentraties aanwezig zijn;
- Kritische polluenten;
- Bepaling van de blootstelling;
- Identificatie van de relevante gezondheidseffecten;
- Bespreking van de te verwachten gevolgen en voorstel van maatregelen.

Hindereffecten (psychosociale en psychosomatische effecten): de resultaten uit andere disciplines (lucht, geluid en trillingen) worden getoetst aan literatuurgegevens:

- Psychosociaal: dit zijn mogelijke effecten als ongemak, welbehagen of milieubeleving;
- Psychosomatisch: mogelijke lichamelijke stoornissen die psychisch bepaald zijn.

Interdisciplinaire gegevensoverdracht

Volgende disciplines (Tabel 25) hebben, gezien de aard van het project een relevantie met de discipline mens – gezondheid.

Tabel 25: Lijst interdisciplinaire gegevensoverdracht.

Discipline	Relevant in het kader van de interdisciplinaire gegevensoverdracht
Geluid/Trillingen	X
Lucht	X
Water	(-)
Klimaatreflex	(-)
Bodem & Grondwater	(-)

Biodiversiteit	(-)
----------------	-----

Binnen de discipline mens - gezondheid is een klimaatreflex voor dit project, niet van toepassing. Klimaat wordt uitgewerkt in een apart hoofdstuk.

De selectiecriteria voor verder te karakteriseren blootstellingen aan fysische, chemische en biologische agentia zijn gebaseerd op het richtlijnenhandboek en de ervaring van de deskundigen. Belangrijke parameters zijn de overschrijding van de achtergrondemissies, de bijdrage door de beschouwde activiteit of reeds bestaande klachten of bestaande onrust bij de bevolking.

Stappenplan

Algemeen kan men de methodologie van de discipline mens – gezondheid samenvatten volgens onderstaand stappenplan overgenomen uit het richtlijnenboek mens-gezondheid (Figuur 23):

FASE A. Inventarisatie (pre-fase):

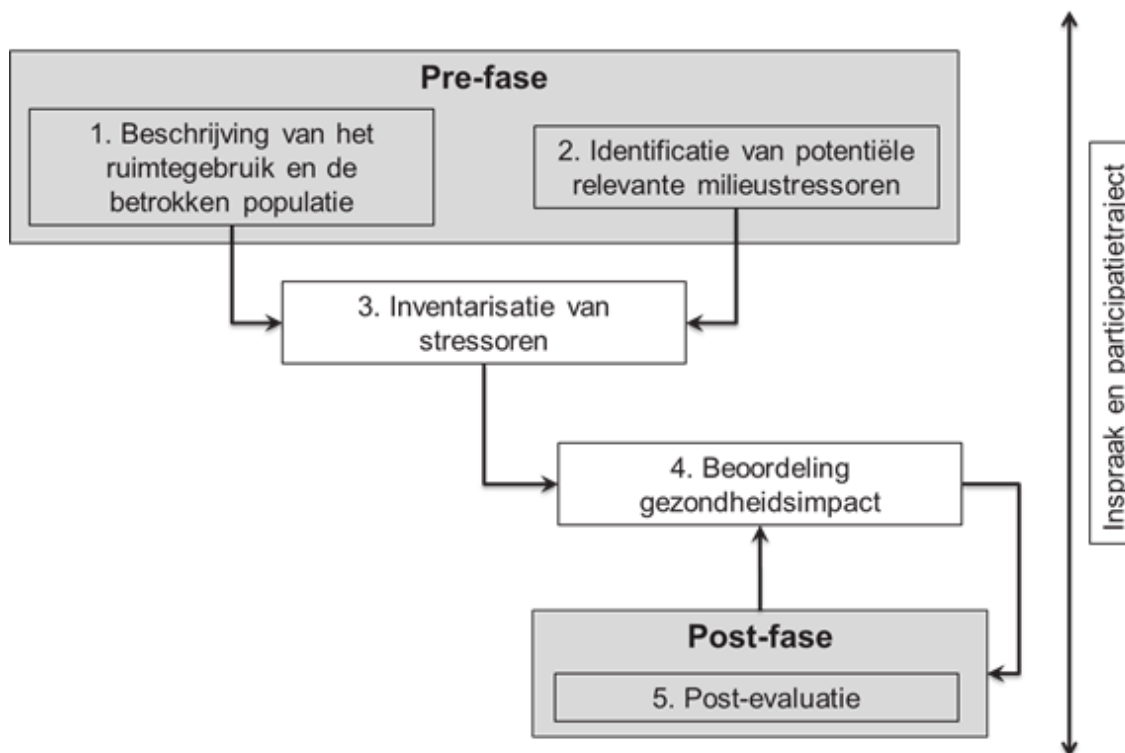
- Stap 1. Beschrijving van ruimtegebruik en betrokken populatie
Deze stap is opgenomen onder de rubriek: Beschrijving van de huidige toestand. Hier wordt algemeen beschreven wat het ruimtegebruik is in de omgeving van het project om een afweging te kunnen maken van de mogelijke impact. In de andere delen van deze studie is er eveneens al uitgebreid aandacht besteed aan de beschrijving van het ruimtegebruik. De doelstelling van deze stap is om op een semi-kwantitatieve basis een inschatting te kunnen maken van het ruimtegebruik van de betrokken populatie. De afbakening van het studiegebied wordt in eerste instantie overgenomen uit de afbakening die gemaakt is binnen de discipline geluid en lucht. De beschrijving wordt gegeven voor het totale invloedgebied van de berekende of ingeschatte stressoren.
- Stap 2. Identificatie van potentiële relevante milieustressoren
Deze stap is voornamelijk, zoals hierboven reeds beschreven, gebaseerd op de interdisciplinaire gegevensoverdracht, in dit geval voornamelijk vanuit de disciplines lucht en geluid en trillingen. Dit aspect wordt uitgewerkt na de beschrijving van de huidige toestand.
Tijdens deze fase werd door de deskundige gezondheid nauw overleg gepleegd met de deskundigen lucht en geluid met betrekking tot de modellering van de potentieel blootgestelden. Dit om een idee te krijgen van de ernst van de mogelijke blootstelling.

FASE B. Milieueffectrapportage (MEB-fase):

- Stap 3. Inventarisatie van stressoren data;
- Stap 4. Beoordeling gezondheidsimpact;

FASE C. MEB-evaluatie (post-fase):

- Stap 5. Post-evaluatie



Figuur 23: Stappenplan methodologie (bron: richtlijnboek mens – gezondheid, 2017).

2.2.6.5 Beoordeling van de geplande situatie

Identificatie van de potentiële relevante milieustressoren

Grosso modo kan het Project potentiële blootstelling aan drie verschillende categorieën van stressoren veroorzaken: [chemische](#), [fysische](#) en/of [biologische](#). Daarnaast bespreken we ook de perceptie en de mogelijke gezondheidseffecten van een stroomonderbreking samen met de verspreiding van de hinder. Dit is niet standaard bij een klassieke milieueffectrapportage gezondheid, maar gezien de aard van het project zeker op hun plaats.

Volgende pollutanten worden, op basis van de discipline lucht, voor de gezondheidsbeoordeling meegenomen: NO_x

In Tabel 26 wordt een overzicht gegeven van de potentiële relevante milieustressoren. Eveneens wordt meegenomen waarom de parameter al dan niet geselecteerd wordt. De biologische stressoren zijn niet relevant voor dit project.

Tabel 26: Relevante chemische, fysische en andere stressoren.

Project		
Chemische stressoren		
Stressoren uit de sectorspecifieke lijst		
NO ₂	Via de emissies en achtergrondconcentratie	Wordt meegenomen
PM _{2,5} & PM ₁₀	Via de emissies en achtergrondconcentratie	Wordt niet meegenomen
Fysische stressoren		

Geluid	Geluid geproduceerd door het verkeer en het project.	Wordt niet meegenomen want er is geen relevante impact van het project. Wordt wel besproken gezien het achtergrondgeluid.
Trillingen	Trillingen geproduceerd door de voertuigen	Wordt niet overgedragen.
Biologische stressoren		
	Legionella	Wordt kwalitatief besproken
Andere		
Perceptie	Nucleaire sector	Wordt meegenomen
Black-out of stroomonderbreking	Geen energie	Wordt meegenomen
Beleid		
Stressoren		
Nox	Afwezigheid van deze sleutelpolluent bij kernenergie	Wordt besproken
Verspreide hinder: geluid en andere	Verspreide hinder	Wordt besproken

Beoordeling van de projecteffecten

(1) Milieueffecten van chemische of fysische stressoren van de productiesite Doel (Doel 1 en 2) binnen mens gezondheid. Er zijn geen gezondheidseffecten als gevolg van chemische of fysische stressoren te verwachten van de productiesite te Doel (Doel 1 en 2).

(2) Milieueffecten van biologische stressoren

Legionellae zijn zwak Gram-negatief aankleurende, aerobe, niet-sporenvormende ongekapselde staafjes, die slechts op speciale selectieve (cysteïne bevattende) media gekweekt kunnen worden. De familie der Legionellaceae wordt onderverdeeld in meer dan 48 species. Het species *L. pneumophila* wordt onderverdeeld 3 in 15 serogroepen (1-15). De overige species samen noemt men ook wel non-pneumophila. In België worden meer dan 90% van de Legionella pneumonieën veroorzaakt door *Legionella pneumophila*. Binnen deze species is serogroep 1 de meest frequente verwekker (>80%). *Legionella pneumophila* serogroep 1 kan op basis van genotypering verder onderverdeeld worden.

Legionella is een bacterie die in watersystemen voorkomt. Onder de juiste groeiomstandigheden kan de bacterie zich vermenigvuldigen. 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. Aerosoolvorming 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. 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.

Een *Legionella* pneumonie kan klinisch niet onderscheiden worden van een longontsteking veroorzaakt door andere verwekkers. De diagnose kan alleen bevestigd worden door middel van microbiologisch onderzoek. De ziekte gaat vaak gepaard met een niet-productieve hoest met pijn op de borst. Bij 60% van de gevallen zijn er ook

neuropsychologische stoornissen (hoofdpijn, lethargie, verwardheid), 25% gaat gepaard met diarree, 20% met misselijkheid en/of braken. Pleuritis en hyponatriëmie zijn beschreven bij *Legionella* pneumonie. Een *Legionella* pneumonie leidt relatief vaak tot ziekenhuisopname en verblijf op intensieve zorgen. De prognose is afhankelijk van gastheerfactoren en van de snelheid van instellen van de juiste antibiotische therapie.

De open recirculerende koeltorens van Doel 3 en 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 KCDoel. Er kan dan ook besloten worden dat mits toepassing van het beheerplan het risico voor besmetting met *Legionella* vanuit de koeltorens verwaarloosbaar is. Er zijn, bij een juiste beheersing en naleving van het wettelijke kader geen gezondheidseffecten te verwachten met betrekking tot *Legionella*.

(3) Psychosomatische en psychosociale aspecten

Het is moeilijk om een uitspraak te doen betreffende de psychosomatische en psychosociale klachten ten gevolge van de uitbating van de kerncentrale van Doel en de nucleaire sector in het algemeen omdat er geen toegewijd psychologisch onderzoek bestaat. Wat betreft de nucleaire sector, baseren we ons op de SCK-CEN barometer (2018) en andere studies.

Voorafgaand aan het nucleaire accident in Fukushima toont de EUROBAROMETER 324 (representatieve data voor de Belgische bevolking) in 2009 aan dat "Verlening van de levensduur van kerncentrales is mogelijk indien de centrales voldoen aan de nationale en internationale voorwaarden betreffende veiligheid" een doorslaggevend argument is voor de Belgische bevolking om de verlening van de levensduur te onderschrijven (54%). De implicaties van de beslissing voor levensduurverlenging betreffende een meer competitieve elektriciteitskost werd door 40% van de Belgische bevolking aangeduid als een reden om de verlening te steunen in 2009; 8% gaf spontaan aan een levensduurverlenging te ondersteunen. 37% gaf aan dat als de levensduurverlenging van kerncentrales "de ontwikkeling van alternatieve energievormen zou aanmoedigen", dit als argument ter ondersteuning voor een levensduurverlenging zal gelden. In contrast hiermee gaf 30% van de Belgische bevolking aan dat ze tegen een levensduurverlenging zijn indien er een gebrek bestaat aan adequate veiligheidsniveaus; 37% gaf aan dat ze liever nieuwe centrales bouwen dan de levensduur te verlengen van bestaande centrales. Het sterkste argument tegen een verlenging (40% van de Belgische bevolking) is dat deze beslissing zal leiden tot "een vermindering van stimulansen voor de ontwikkeling van alternatieve energievormen". 10% gaf spontaan aan een levensduurverlenging niet te ondersteunen.

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. In deze studie gaf 31% van de respondenten aan dat zij bezorgd waren over een mogelijke black-out indien de nucleaire reactoren geleidelijk zouden gesloten worden tussen 2016 en 2026, een meerderheid (55%) deelde deze bezorgdheid echter niet.

De SCK CEN Barometer toont aan dat in 2018 milieuvuiling en het niet conform gebruik van nucleaire technologie de hoogste bezorgdheid wegdraagt bij de bevolking: 61% beschouwt milieuvuiling 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 toegediend.

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 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 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 reactoreenheden Doel 1 en 2. In die zin kan de impact van het Project als **neutraal** beschouwd worden..

Beoordeling van de beleidseffecten

(1) Stikstofoxiden zijn een sleutelpolluent in met betrekking tot de gezondheidseffecten in Europa. Bij de productie van nucleaire energie is deze chemische stressor afwezig hetgeen een positief effect heeft in het kader van milieugezondheidsrisicoanalyse. De vermeden emissies van stikstofoxiden bedragen ongeveer 500 ton op jaarbasis.

Tot enkele jaren geleden werd er vanuit gegaan dat de gezondheidseffecten die door NO₂ zelf worden veroorzaakt beperkt zijn en vooral veroorzaakt worden door andere stoffen in luchtverontreiniging, namelijk fijn stof en roet. De laatste jaren zijn er een aantal onderzoeken gepubliceerd waaruit blijkt dat de effecten van NO₂ nauwelijks veranderen na correctie door fijn stof. Hierbij geldt echter steeds dat onduidelijk is in hoeverre de gevonden effecten veroorzaakt zijn door NO₂, of ook samenhangen met andere stoffen die sterk samenhangen met de NO₂-concentratie, zoals roet of ultrafijn stof. De oxiderende eigenschappen van NO₂ kunnen effecten in de luchtwegen en longen veroorzaken in de vorm van vermindering van de longfunctie en afname van de weerstand tegen infecties van het longweefsel. Dit kan luchtwegklachten veroorzaken (Belanger et al. 2006; van Strien et al. 2004) en

ziekenhuisopnames tot gevolg hebben. Deze studies zijn uitgevoerd in de binnenlucht bij relatief hoge NO₂ concentraties afkomstig van bronnen binnenshuis. Ook is aangetoond dat blootstelling aan NO₂ kan leiden tot een versterkte reactie op allergenen (Barck et al. 2005; Pattenden et al. 2006; Svartengren et al. 2000; Tunnicliffe et al. 1994). De beoordeling van het Project met betrekking tot stikstofemissies en de gezondheidseffecten is dan ook **positief**.

(2) Nucleaire energie staat voor centrale productie, decentrale productie van energie zorg eveneens voor een grotere verspreiding van de hinderaspecten. De beoordeling van het Project in het kader van een centrale productie t.o.v. verschillende plaatsen waar hinder en effecten kunnen optreden is dan ook **positief**.

(3) Gezondheidseffecten van een stroomonderbreking of een 'black-out'. Hoewel het niet standaard tot de discipline gezondheid behoort, zal er waarschijnlijk een effect zijn binnen de discipline mens-gezondheid wanneer er een grootschalige stroompanne is. 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. Het bepalen van deze parameters en het modelmatig in kaart brengen behoort niet tot deze studie, wel gaan we op een kwalitatieve wijze de mogelijke effecten van een black-out bepalen op basis van literatuurgegevens en algemene logische veronderstellingen. Milieueffectrapportage zoals wordt toegepast in Vlaanderen, België en ook Europees richt zich in eerste instantie op de niet-acute effecten maar op de effecten die eerder chronisch van aard zijn door de blootstelling aan diverse milieustressoren. In het kader van deze studie is dit al een belangrijk gegeven voor wat betreft de beoordeling. 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 namelijk de stroom onderbrekingen vonden plaats tijdens een hittegolf. De effecten gebaseerd op dit onderzoek omvatten ademhalingsproblemen en waarschijnlijk een verhoogde mortaliteit. Stroom onderbrekingen bij hittegolven leiden tot nierfalen. Bij extreme koude leidt dit tot meer algemene doodsoorzaken en hartziekten. Gezien de context in Vlaanderen en België kunnen we de bijdrage van het Project aan gezondheidseffecten ten gevolge van stroomonderbreking **neutraal tot positief indelen**.

Hoewel het niet tot het voorwerp van de studie behoort moeten we stellen dat de stabiliteit en betrouwbaarheid van het net een belangrijke factor is in het bepalen van de kans op een stroomonderbreking. Recent vond er nog een storing plaats in het gesynchroniseerde Europese hoogspanningsnet (vrijdag 8 Januari 2021). Het incident was wel van korte duur, t.t.z. 1 uur, te kort om mogelijke gezondheidseffecten toe te wijzen.

Hoewel een milieueffectrapport niet economisch georiënteerd is in een eerste fase geven we mee dat de economische impact van een stroomonderbreking grote economische gevolgen kan hebben. In het algemene deel (zie §1.1.1) werd hier reeds op ingegaan.

2.2.6.6 Milderende maatregelen

Projectmatig worden er geen milderende maatregelen voorgesteld. Beleidsmatig raden wij aan om rekening te houden met de stikstofproblematiek die bij een verschuiving van nucleair naar fossiel om de hoek komt kijken en wordt men beleidsmatig geconfronteerd met het vergroten in oppervlakte van de plaatsen waar milieuhinder aanwezig kan zijn bij een gedecentraliseerde energieopwekking. Bij een grote en langdurige stroompanne zal dit in functie van de context tot gezondheidseffecten leiden.

2.2.6.7 Leemten in de kennis

In Europa zijn de publicaties rond gezondheidseffecten en stroomonderbrekingen zeer beperkt, in de V.S. kunnen we ons te baseren op 3 stroompannes met betrekking tot gezondheidseffecten. Aanvullend dienen we te stellen dat er een onzekerheid bestaat over de directe effecten van NO_x beneden de actuele drempelwaarde van de WGO. Het inschatten van de kans op een black-out is zeer moeilijk.

2.2.6.8 Bronnen

- Richtlijnenhandboek MER mens – gezondheid, 2017
- <http://www.geestelijkgezondvlaanderen.be/risi>
- www.who.int, Environmental noise guidelines, 2018
- www.who.int, Night noise guidelines, 2009
- Development of the WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: An Introduction, 2018
- Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide
- Dominianni, Christine, Lane, Kathryn, Johnson, Sarah, Ito, Kazuhiko, & Matte, Thomas. (2018). Health impacts of citywide and localized power outages in New York City. Environmental Health Perspectives, 126(6), 067003.
- SCK CEN barometer (2018)
- Review of evidence on health aspects of air pollution- revihaap project. Technical report, 2013
- Vlaamse Milieumaatschappij (2020), Jaarrapport Lucht – Effecten van luchtvervuiling op gezondheid en ecosystemen

2.3 Grensoverschrijdende effecten

De meeste niet-radiologische effecten toe te schrijven aan het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 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^{xii}) van de temperatuurinvloed van het koelwater van KCDoel 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 de desactivatie niet wordt uitgesteld. 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.

3 Radiologische effecten

3.1 Basisconcepten stralingsbescherming gebruikt in de beoordeling

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 heeft veel energie en kan in wisselwerking met de materie waardoor ze beweegt atomen ioniseren en wordt daarom ook **ioniserende straling** genoemd.

Verskillende 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 gamma straling wordt uitgezonden. Een minder voorkomende vorm van verval is spontane splijting, hierbij splijt de kern in twee splijtingsproducten en komen ook een aantal neutronen vrij. Deze neutronen zijn ook een vorm van ioniserende straling. Dit proces vindt ook plaats in een kernreactor en we spreken dan van geïnduceerde kernsplijting. Bij het verval van bepaalde atomen kan er ook een combinatie van deze verschillende vormen van radioactief verval optreden, waarbij dan ook een combinatie van de verschillende soorten straling wordt uitgezonden.

Intermezzo – notatie radionucliden

Er wordt gebruik gemaakt van volgende notatie: een welbepaalde atoomkern of nuclide wordt aangeduid met het chemische element (of 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 cesiumkern 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 ook anders vervallen.

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

De **activiteit** van een radioactieve bron is het aantal radioactieve atomen dat verval per seconde. De eenheid is de becquerel (Bq). 1 becquerel komt dan overeen met 1 radioactief atoom dat verval per seconde. De becquerel is een kleine eenheid. Zwakke radioactieve bronnen, bv. voor het testen van een detector, 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 27.

Tabel 27: Voorbeelden van de activiteit van een aantal radioactieve bronnen.

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 radioactieve aerosolen naar de lucht, waaronder Cs-137, site KCD oel per jaar - gemiddeld (2015-2019)	61.5 MBq
Tc-99m gebruikt in botschintigrafie voor diagnose/patiënt	740 MBq
I-131 gebruikt voor behandeling schildklierkanker/patiënt	2 GBq
1 miljoen ton uranium erts	720 TBq
Cs-137 vrijgezet bij Tsjernobyl ongeval	89 PBq
Cs-137 vrijgezet bij bovengrondse atoombomproeven	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	1000000000000000
tera	T	10 ¹²	1000000000000
giga	G	10 ⁹	1000000000
mega	M	10 ⁶	1000000
kilo	k	10 ³	1000
		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, PBq, μSv, nSv/h, ...

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.

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 bestaat uit een reeks natuurlijk voorkomende radionucliden, het belangrijkste deel is daarvan sinds het ontstaan van de aarde aanwezig. Dat zijn *langlevende radionucliden*, de belangrijkste zijn kalium-40 (K-40), uranium-238 (U-238) en thorium-232 (Th-232). Kalium-40 vervalft 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). Deze radionucliden zijn dan ook overal aanwezig, met belangrijke natuurlijke variaties. Andere natuurlijke radionucliden worden ook constant geproduceerd door de kosmische straling 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 zijn radionucliden gemaakt door de mens. Verschillende bronnen van artificiële radionucliden bestaan, gaande van atoombomproeven, de werking van kernreactoren en deeltjesversnellers. 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:

- je 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;
- je kan **besmet of gecontamineerd** zijn met radioactieve deeltjes, dit kan:
 - uitwendig: enkel (een deel) van je huid is besmet;
 - inwendig door bv. het inademen van radioactieve deeltjes, ingestie van besmet voedsel of via wonden bij uitwendige besmetting (of in medische context bij toediening van een radioactieve bron voor diagnose of behandeling).

Als je besmet bent (in- of uitwendig of beide) zal je ook bestraald worden. Deze verschillende blootstellingswegen geven een andere radiologische impact en worden in een radiologische impactanalyse altijd in rekening genomen.

In het algemeen word je 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 en de vorming van radioactiviteit door bestraling. Een voorbeeld hiervan is de vorming van het radioactieve tritium door neutronabsorptie bij interactie met het stabiele deuterium.

Alfa straling (α straling) uitgezonden in alfa-verval bestaat uit He-4 kernen, deze geven al hun energie af op een korte afstand zodat ze geen of zeer beperkt gevaar vormen voor externe bestraling, maar zeer gevaarlijk kunnen zijn (weefschade) indien je inwendig besmet bent.

Bèta straling (β straling) uitgezonden in bètaverval bestaat uit elektronen of positronen en 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 ze hun energie afgeven over een grotere afstand/volume zijn ze minder gevaarlijk als alfa-stralers bij inwendige besmetting.

Gamma straling (γ straling) uitgezonden in gamma-verval, vaak ook na alfa-verval en bèta-verval 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 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. Vaak worden deze door elkaar gebruikt, toch is het belangrijk ze te onderscheiden.

Geabsorbeerde dosis is de hoeveelheid energie geabsorbeerd per hoeveelheid massa: $D = \frac{dE}{dm}$ en wordt uitgedrukt in gray, wat 1 joule (eenheid van energie) per kilogram is of $1 Gy = \frac{1J}{1 kg}$. De gray is een grote eenheid, bij een volledige externe lichaamsbestraling met gamma straling in korte tijd met 4 à 5 Gy (dus 4 a 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, we noemen dat deterministische effecten (nieuwe Engelse term is 'tissue reactions'). Geabsorbeerde dosis wordt dan ook gebruikt voor het beschrijven van deze deterministische effecten. Deze effecten treden op vanaf een bepaalde drempeldosis, voorbeelden zijn de lethale dosis (4 à 5 Gy) en rood worden van de huid. Geabsorbeerde dosis kan ook 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), maar kan ook voor de bestraling van voorwerpen, planten en dieren gebruikt worden. Deterministische effecten 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 alfa straling 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 afhankelijk van hun energie^{xiii}. De equivalentente dosis wordt uitgedrukt in sievert (Sv) en is opnieuw een grote eenheid.

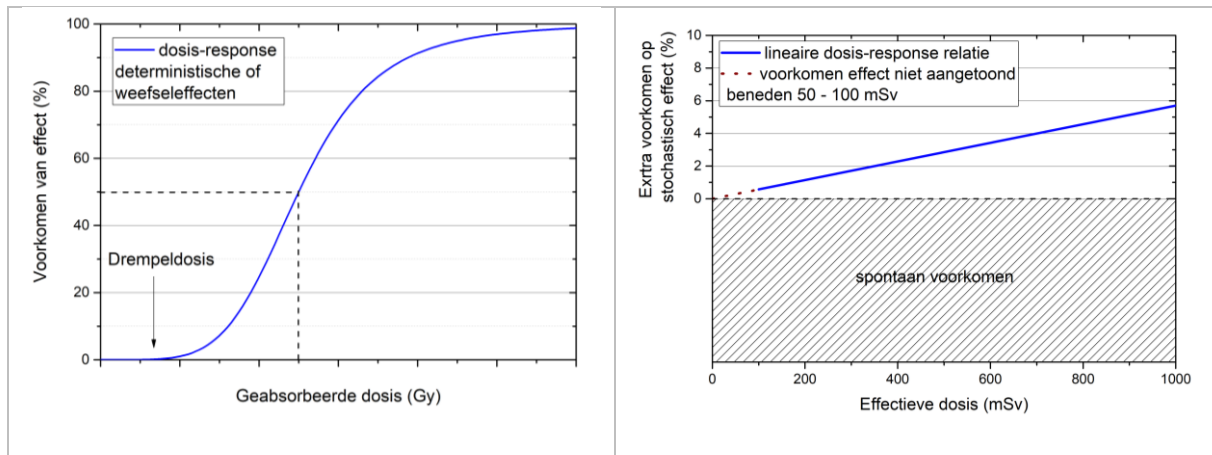
Effectieve dosis, is de equivalentente dosis gewogen voor de gevoeligheid van de verschillende organen.

$$E = \sum_T w_T H_i$$

Deze wegingsfactor is weefsel/orgaan afhankelijk. De meest recente wegingsfactoren kunnen gevonden worden in het KB van 19 augustus 2020 tot wijziging van het koninklijkbesluit 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 voor het bepalen van het risico op stochastische effecten en dus effectieve dosis is 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 vaak als effectieve dosis gedefinieerd (zie verder).

Deterministische effecten (Weefsel-reacties) treden enkel op als een bepaalde drempeldosis overschreden is. Beneden de 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 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 (Linear non-threshold of LNT benadering). In de radiologische milieueffectbeoordeling zoals hier uitgevoerd voor de normale werking van kerncentrales zoals Doel 1 en 2 en zelfs in een belangrijk aantal mogelijke ongevalsscenario's zitten we in dit gebied van effectieve dosissen (vaak heel ver) beneden 100 mSv, waar stralingseffecten nooit epidemiologisch vastgesteld zijn.



Figuur 24: Dosis-response relatie voor deterministische effecten (links) en voor stochastische effecten (rechts). Deterministische effecten treden op vanaf een drempeldosis. Daarna neemt het voorkomen snel toe todat 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 is 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.

De effectieve dosis laat toe verschillende blootstellingen en dus hun risico te vergelijken. In Tabel 28 wordt de effectieve dosis gegeven voor een gemiddelde Belg per jaar (voor 2015), waar de bijdrage door verschillende vormen van blootstelling gegeven is.

Tabel 28: Dosisbelasting gemiddelde Belg in 2015^{xiv}.

Dosisbelasting per caput in 2015	mSv/jaar
Kosmos (kosmische straling, kosmogene radionucliden, vliegen, 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

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

omgevingsdosis-equivalent $H^*(d)$, 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 omgevingsdosis-equivalenttempo zoals gemeten door een actieve stralingsdetector, kortweg wordt hiervoor vaak dosistempo gebruikt).

In de **stralingsbescherming** (ICRP103^{xv}) 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 1 en 2 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);
- dosisoptimalisatie;
- 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).

Dosisoptimalisatie, 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 - Dosislimieten zijn gedefinieerd voor geplande blootstellingen en zijn vastgelegd via KB, waarbij de meest recente te vinden zijn in het KB van 19 augustus 2020^{xvi} en gegeven in Tabel 29. 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).

Tabel 29: Dosislimieten^{xvii}.

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 opeenvolgende glijdende maanden	6 mSv per jaar
Equivalente doses (H)	Ooglenzen	15 mSv per jaar	20 mSv per 12 opeenvolgende glijdende maanden	15 mSv per jaar
	Huid (gemiddelde dosis over een oppervlakte van 1 cm ²)	50 mSv per jaar	500 mSv per 12 opeenvolgende glijdende maanden	150 mSv per jaar
	Handen, voorarmen, voeten en enkels	Niet van toepassing	500 mSv per 12 opeenvolgende 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 1 mSv/jaar effectieve dosis voor het publiek, evenals de andere dosislimieten, moeten we begrijpen als de additionele 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 slechts minder dan 1% van deze dosislimiet (<0,01 mSv/jaar) als gevolg van industriële nucleaire en radiologische toepassingen, waaronder de kerncentrales voor energieproductie.

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** ingedeeld^{xviii}. 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 KCDoel, vallen onder **Klasse 1** en moeten bijgevolg voldoen aan alle reglementering betreffende Klasse 1 installaties. De andere Klassen bespreken we hier niet verder.

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. 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 ($\mu\text{Gy h}^{-1}$). Om de verschillende biologische impact verbonden met de verschillende stralingsvormen (gamma, bèta, alfa) in rekening te brengen, wordt er vaak een gewichtsfactor ingevoerd voor de geabsorbeerde dosis.

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 of deze grootheden vergelijkbaar zijn met fluxen en concentraties die natuurlijk voorkomen in het milieu en 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, het effectieve dosisdebiet, uitgedrukt in microgray per uur ($\mu\text{Gy h}^{-1}$). De radionuclidenconcentraties in het milieu worden omgezet in het effectieve dosisdebiet, een grootheid die het milieurisico van ioniserende stralingen uitdrukt, vermenigvuldigd met een wegingsfactor die rekening houdt met de verschillende stralingsvormen en de mogelijke blootstellingwegen van de beschouwde species.

3.2 Basisconcepten radioactief afval en beheer

3.2.1 Oorsprong van radioactief afval

Radioactief afval komt voornamelijk voort uit de exploitatie van kernreactoren:

- exploitatie van kerncentrales die worden gebruikt voor de stroomopwekking of onderzoeksreactoren;
- produceren van kernbrandstof en de opwerking daarvan;
- ontmanteling van nucleaire installaties.

Sommige landen beschouwen gebruikte kernbrandstof als een herbruikbare grondstof en behandelen dit als dusdanig (omdat het gerecycleerd kan worden na behandeling), terwijl andere landen dit als radioactief afval beschouwen. Daarnaast komt radioactief afval voort uit het gebruik van radio-isotopen in de geneeskunde, wetenschappelijk onderzoek en de industrie, voornamelijk in de vorm van in onbruik geraakte verzegelde radioactieve bronnen. Tenslotte moeten ook de residuen van industrieën die gebruik maken van natuurlijk radioactief materiaal (NORM) of die deze stoffen verwerken, als radioactief afval beheerd worden.

Radioactieve afvalstoffen worden ook geproduceerd door ontmantelingsactiviteiten, b.v. de ontmanteling van de onderzoeksreactoren BR3 op de site van het SCK CEN en Thetis (Gent), de ontmanteling van de voormalige opwerkingsfabriek Eurochemic op de site van Belgoprocess, de ontmanteling van FBFC en Belgonucleaire.

3.2.2 Classificatie

Volgens de wet van 3 juni 2014^{xix} die de Europese Richtlijn 2011/70/Euratom^{xx} omzet, wordt radioactief afval gedefinieerd als volgt:

“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.

Criteria voor afvalclassificatie

Het belangrijkste criterium voor het classificeren van afvalstoffen is de veiligheid op lange termijn. Radioactief afval wordt over het algemeen ingedeeld op basis van de hoeveelheid (activiteit) en soort straling en hoelang de stof radioactief blijft (halveringstijd).

Op basis van deze eigenschappen kan het afval ingedeeld worden naargelang de mate van insluiting en isolatie 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.

Radioactieve afvalstoffen worden omschreven als laagactief, middelactief of hoogactief, afhankelijk van de mate van straling die ze uitzenden. Radioactieve afvalstoffen kunnen ook worden beschouwd als kortlevend of langlevend, afhankelijk van hoelang ze radioactief blijven.

Classificatie van afval in België

In België classificeert NIRAS (de Nationale Instelling voor Radioactief Afval en verrijkte Spleijstoffen) 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: groepeert 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 spleijstof. Wanneer een reactor ontmanteld wordt, 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 zo'n hoog niveau van straling dat het warmte produceert en zware afscherming nodig heeft.

Laag- en middelactieve afvalstoffen (Categorie A en B) omvatten meer dan 95% van het totale volume, maar minder dan 10% van de radioactiviteit van alle radioactieve afvalstoffen.

3.2.3 Beheer van radioactief afval

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 bestraald 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^{xxi}. Als nationale afvalbeheerorganisatie is zij verantwoordelijk^{xxii} 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^{xxiii}. Bel V, opgericht in 2007, verzorgt, als dochtermaatschappij van FANC, hierbij de nodige technische ondersteuning. De toezichtopdrachten 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^{xxiv}.

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.

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^{xxv}:

- 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.

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. Momenteel liggen bij Belgoprocess de volgende hoeveelheden radioactief afval tussentijds opgeslagen^{xxvi}:

- 440 m³ hoogactief geconditioneerd afval;
- 3.895 m³ middelactief geconditioneerd afval;
- 19.460 m³ laagactief geconditioneerd afval.

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 wordt vervoerd na de opwerking in Frankrijk van gebruikte brandstofelementen van de Belgische kerncentrales.

De meeste gebruikte brandstofelementen worden tijdelijk opgeslagen op de sites van de kerncentrales van Doel en Tihange. In Doel is de opslag van het droge type. De gebruikte brandstofelementen worden in 'dual purpose' vaten (transport en opslag) geplaatst die in een speciaal gebouw op de Doel-site opgeslagen worden (zie §3.4.4.3). De opslag in Tihange is van het natte type. De brandstofelementen worden opgeslagen in speciaal daarvoor voorziene baden die zich op de site van Tihange bevinden.

Berging

Het bergen van radioactief afval, zoals gedefinieerd in de Belgische wetgeving^{xxix}, 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 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 'geologische 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. Geologische 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).

De vergunningsaanvraag voor de **oppervlaktebergingsinrichting voor categorie A-afval** te Dessel is lopende. Bij besluit van de federale regering van 16 januari 1998^{xxvii} en 23 juni 2006^{xxviii} 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 het huidig 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 163 200 m³ (4 800 m³ per module) bergingsvolume afval. Dit bergingsvolume, corresponderend met de externe dimensies van de monolieten, laat toe om een opslagvolume van 70 500 m³ categorie A-afval te kunnen bergen. 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 berging.

In de beschrijving van het **Belgische beleidsprogramma voor categorie B en C afval** maken we onderscheid tussen enerzijds de beleidsbeslissing richting het langetermijnbeheer van het uiteindelijk geconditioneerd hoogradioactief en/of langlevend afval, en anderzijds de keuzes die nog dienen gemaakt te worden in het kader van de Belgische splijtstofcyclus, en die aldus verband houden met de aard en hoeveelheden van het finaal te beheren B&C afval.

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

1. Geologische 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. Geologische berging dient hierbij bekeken 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 inhoudt. De keuze voor geologische 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 Beleidsmaatregelen worden voorbereid, ontwikkeld en, desgevallend, aangepast in het kader van een stapsgewijs, participatief, geleidelijk en omkeerbaar besluitvormingsproces 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 de locatie(s) waar de geologische berging wordt uitgevoerd.

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

De bepalingen van dit besluit zijn van toepassing op hoogradioactief afval en op langlevend laag- en middelactief afval, met inbegrip van verbruikte splijtstoffen die als afval worden aangemerkt, afval dat afkomstig is van de opwerking van verbruikte splijtstoffen, overtollige splijtstoffen die als afval worden aangemerkt, ander afval dat niet kan worden geborgen in een bovengrondse installatie en, indien geen specifieke beleidsmaatregelen van toepassing zijn, de meest radioactieve fractie van radiumhoudende afval dat nog niet door NIRAS is geaccepteerd en dat afkomstig is van historische radiumproductieactiviteiten.

Dit voorstel van Nationale Beleidsmaatregelen werd onderworpen aan de milieueffectbeoordelingsprocedure (SEA) en aan een institutionele en openbare raadpleging overeenkomstig de wet van 13 februari 2006 betreffende de beoordeling van de gevolgen voor het milieu van bepaalde plannen en programma's en de inspraak van het publiek bij de uitwerking van de plannen en programma's in verband met het milieu.

Dit voorstel wordt momenteel bestudeerd door de voogdijautoriteiten.

Wereldwijd worden geologische bergingssites 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).

Momenteel worden de gebruikte splijtstofbundels vandaag opgeslagen op de sites van de kerncentrales (Tihange en Doel). In Doel gebeurt dit door middel van droge TN24 container (Transnucléaire containers voor zowel tijdelijke opslag als transport). Op dit moment heeft Synatom, de huidige eigenaar van de kernbrandstof, nog geen beslissing genomen richting de eventuele recyclage van mogelijke grondstoffen uit de verbruikte splijtstoffen.

Samenvattend kunnen we het volgende besluiten voor wat betreft het langetermijnbeheer van hoogradioactief en/of langlevend afval:

- Het langetermijnbeheer van dit afval is een exclusieve bevoegdheid van NIRAS;
- NIRAS heeft (afvalplan in 2011; voorstel van ontwerp van koninklijk besluit van 2020) geologische berging naar voor geschoven als aanbevolen oplossing als eindbestemming voor dit afval;
- NIRAS stelt ook voor dat het beslissingsproces dat de ontwikkeling van deze oplossing zal begeleiden, de omkeerbaarheid van de genomen beslissingen mogelijk maakt;
- de status van de gebruikte splijtstofbundels (materiaal of afval) staat momenteel niet vast.

In tegenstelling tot de situatie voor afval van categorie A, is er nog geen definitieve politieke beslissing genomen over het langetermijnbeheer van hoogradioactief en/of langlevend afval.

3.3 Methodologie

In dit hoofdstuk wordt de methodologie besproken die gebruikt wordt voor het bepalen van de impact van de mogelijke radiologische effecten bij normale werking, inclusief productie van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen en bij accidentele situaties, in de huidige situatie, bij uitvoering van het Project (uitstel desactivatie Doel 1 en 2) en bij het niet uitvoeren van het Project (desactivatie Doel 1 en 2).

Het juridisch referentiekader voor nucleaire installaties in België wordt samengesteld op basis van verschillende lagen:

- De 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, BS 21 december 2011;

- 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 straling zoals gewijzigd bij KB van 19 augustus 2020;
- Koninklijk besluit van 30 november 2011 betreffende de veiligheidscriteria voor kerninstallaties.

Om de impact van het project te beoordelen wordt dit kader verder aangevuld met volgende richtlijnen van de toezichthoudende overheid:

- FANC richtlijn 2012-11-19-KO-5-4-1-FR van 29 maart 2013 voor de lozingen met radiologische gevolgen tijdens de normale uitbating;
- Bel V richtlijn R-SG-17-001-0-e-0 van juni 2017 voor de toepassing van conservatieve en minder conservatieve methoden bij de bepaling van de radiologische gevolgen na een ongeval;
- FANC richtlijn 2013-05-15-NH-5-4-3 van april 2017 voor de algemene benadering van de veiligheidsdemonstratie.

Zoals bepaald in de richtlijnen van het FANC voor nieuwe Klasse I installaties worden de radiologische effecten bij niet-normale bedrijfsomstandigheden geëvalueerd aan de hand van ongevalsscenario's. Dit zijn hypothetische extreme gebeurtenissen die resulteren in het niet-geplande vrijzetten van radioactiviteit in de omgeving.

Verder worden de beoordelingen uitgevoerd op basis van

- Een aantal niet-bindende maar gezaghebbende documenten van het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA);
- Aanbevelingen van Western European Nuclear Regulators Association (WENRA).

De methodologie voor de evaluatie van de radiologische effecten voor de bevolking en leefomgeving gebeurt op basis van conservatieve inschattingen voor wat betreft de lozingen van radioactieve stoffen in de omgeving en de leefgewoonten van de bevolking.

Deze evaluatie laat ook toe om mogelijke milderende maatregelen te identificeren.

3.3.1 Routinelozingen

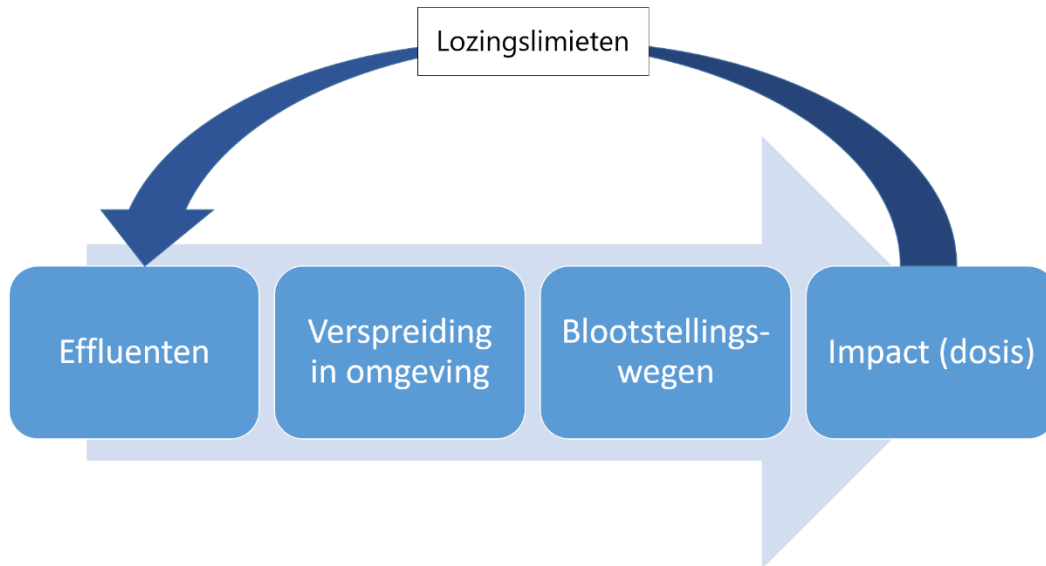
Bij de normale werking van KCDoel worden op gecontroleerde wijze beperkte hoeveelheden radioactiviteit geloosd:

- 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 afkomstig van processen die bijvoorbeeld in de kerncentrales voorzien zijn om de ontgassing van het primair koelwater te verzekeren. Deze 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 ververst 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, bijvoorbeeld 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 KCDoel. De stappen die hierin gezet worden zijn weergegeven in Figuur 25.



Figuur 25: Stappen in methodologie voor radiologische impact lozingen in 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 de menselijke activiteiten, waaronder onder andere de uitbating van de volledige kerncentrale van Doel, waar Doel 1 en 2 deel van uitmaken, en dit onafhankelijk van de natuurlijke blootstelling (kosmische straling, radon, ...), of de medische blootstelling (radiografieën, scanners...). Verder moeten, gezien 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 van leden van de bevolking mogelijk afhankelijk van de leefgewoonten, en het komt er op neer dat de toegelaten lozingslimieten voldoende laag moeten zijn en dit voor de meest blootgestelde lokale bevolking.

De radiologische impact van de vergunde lozingslimieten voor KCDoel als geheel (4 eenheden) voor de gasvormige en vloeibare lozingen wordt gegeven in onderstaande Tabel 30^{xxx}. Het betreft de effectieve dosis per jaar voor de meest blootgestelde persoon. Gezien deze berekeningen voor verschillende leeftijdsgroepen uitgevoerd worden (zie verder) en de meest blootgestelde persoon voor de gasvormige lozingen en vloeibare lozingen tot een andere leeftijdsgroep behoort is het totaal niet de som maar de waarde voor de meest blootgestelde persoon voor de gecombineerde type lozingen.

Tabel 30: Effectieve dosis per jaar voor de meest blootgestelde persoon ten gevolge van gasvormige, vloeibare en het totaal van lozingen corresponderend met de lozingslimieten voor de totale KCDoel.

	Gasvormige lozingen	Vloeibare lozingen	Totaal
KCDoel (4 eenheden)	180 μ Sv/jaar	230 μ Sv/jaar	370 μ Sv/jaar

3.3.1.1 Lozingen naar de atmosfeer

Zoals hierboven beschreven kunnen bij de normale uitbating van een kerncentrale beperkte hoeveelheden van vluchtige radioactieve verbindingen naar de atmosfeer worden vrijgezet. In het algemeen, zoals ook voor KCDoel, worden deze vluchtige radioactieve verbindingen opgedeeld in bepaalde groepen naar 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 door 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), cobalt-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 slijting 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. in de vorm van koolstofmonoxide, methaan en andere koolwaterstoffen.

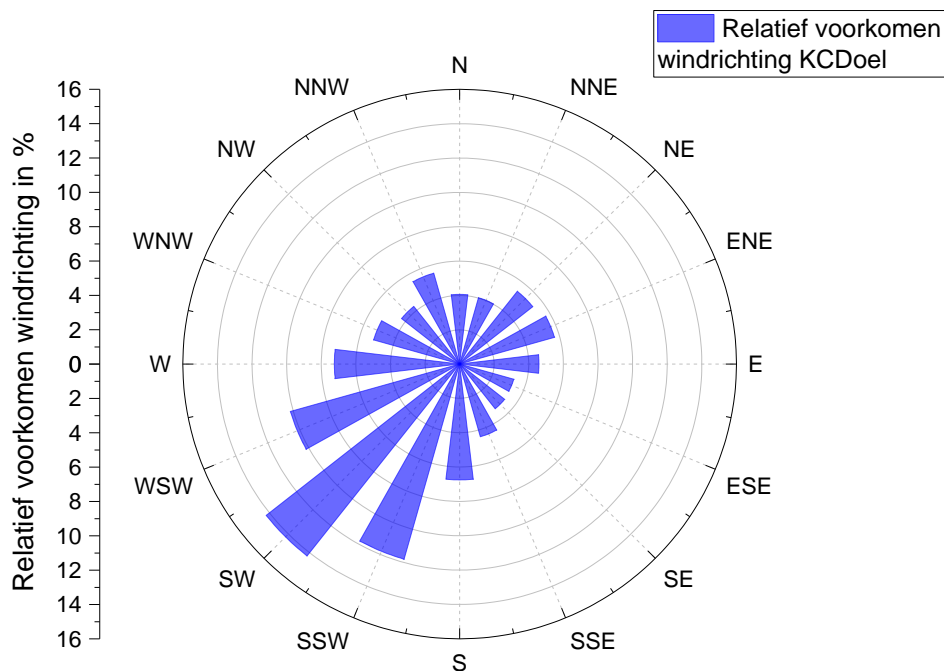
De lozingen worden continu gemonitord en er wordt gecontroleerd of de lozingslimieten niet overschreden worden (zie §3.4.1). Een uitzondering hierop is de lozing van koolstof-14 (C-14), wegens moeilijk meetbaar, en die daarom wordt bepaald op basis van het vermogen van de reactoren. Gedetailleerde internationale studies hiervoor werden uitgevoerd die een range van mogelijke waarden geven voor PWR's in functie van het geïnstalleerde elektrische of thermische vermogen^{xxxI, xxxii}. Verder werden de C-14 lozingen gemeten bij KCTihange (Tihange 2 en 3) en wordt uitgegaan van een typische jaarlijkse lozing van C-14 van 5 Ci (= 1,85 10¹¹ Bq) per GW (gigawatt) geïnstalleerd elektrisch vermogen. Voor Doel als totaal met 3 GW geïnstalleerd elektrisch vermogen komt dit dan op 15 Ci (= 5.55 10¹¹ Bq = 555 GBq).

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 die vooropgesteld zijn en die bepaald zijn op basis van berekeningen van de impact op mens en milieu, de lozingslimieten zijn zo bepaald dat voor de lozingen van de volledige KCDoel site 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 gemaakt en deze kunnen aangevuld worden met metingen in de leefomgeving die eventuele sporen van deze lozingen kwantificeren. Impact op basis van de meetresultaten is dan mogelijk.

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. De

radioactiviteit wordt meegenomen met de wind en de concentratie zal sterk verdunnen met de afstand. In Figuur 26 wordt de relatieve frequentie getoond van het voorkomen van een bepaalde windrichting voor KCDoel op basis van gegevens voor elk uur over een periode van 3 jaar (1 juni 2017 tot 1 juni 2020, 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 KCDoel is de dominante windrichting zuidwest, waardoor de verwachte impact het grootst is in noordoostelijke richting t.o.v. KCDoel. Deze informatie wordt bijvoorbeeld ook gebruikt voor het opzetten van een monitoringprogramma rond KCDoel, waarbij er specifiek stalen genomen worden op de plaats met de hoogste potentiële impact en referentiestalen op grotere afstand in de minst dominante windrichting (zie §3.4.2).

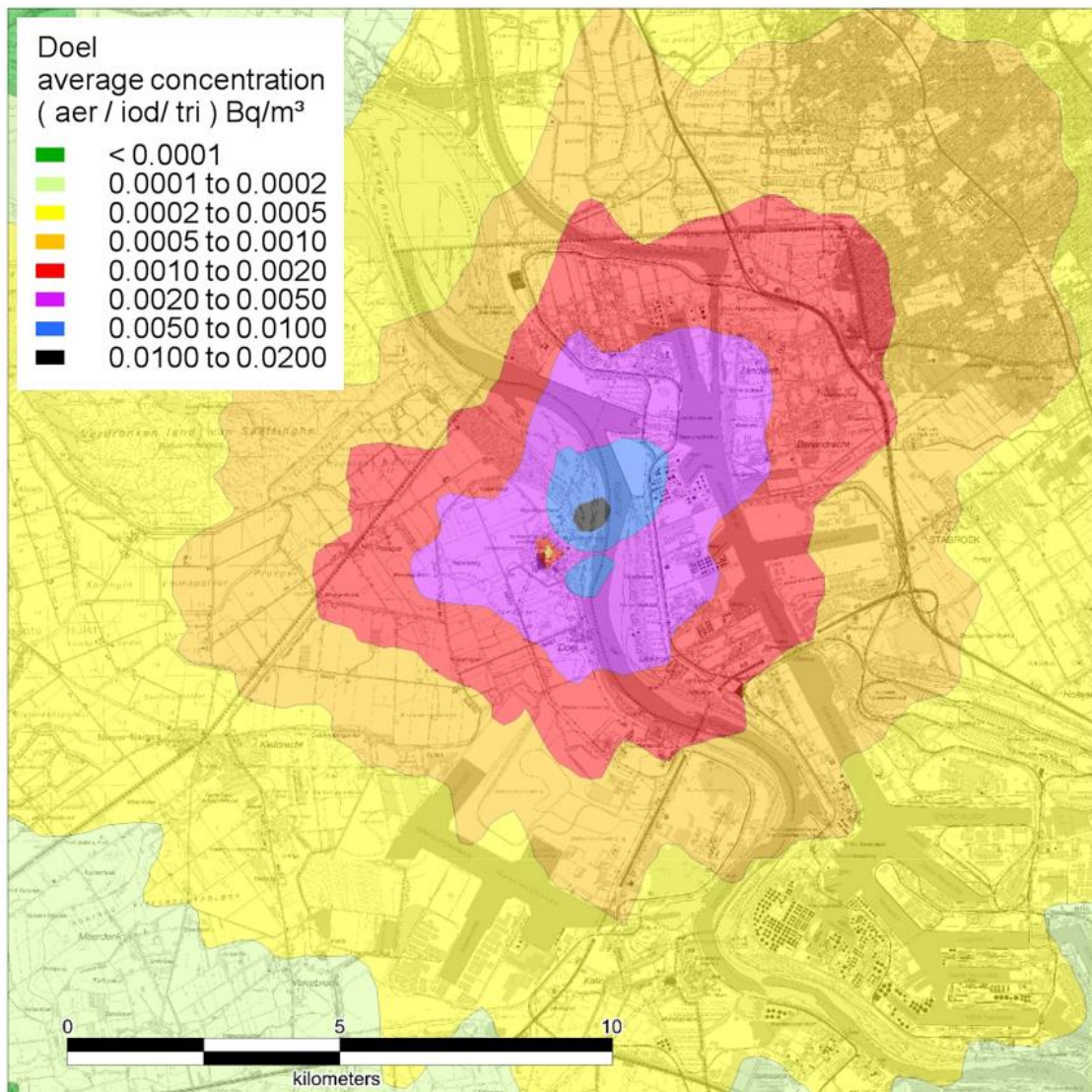


Figuur 26: Relatief voorkomen van de windrichting ter hoogte van KCDoel op basis van gegevens per uur voor een periode van 3 jaar van 1 juni 2017 tot 1 juni 2020 (Bron: KMI – ECMWF³³).

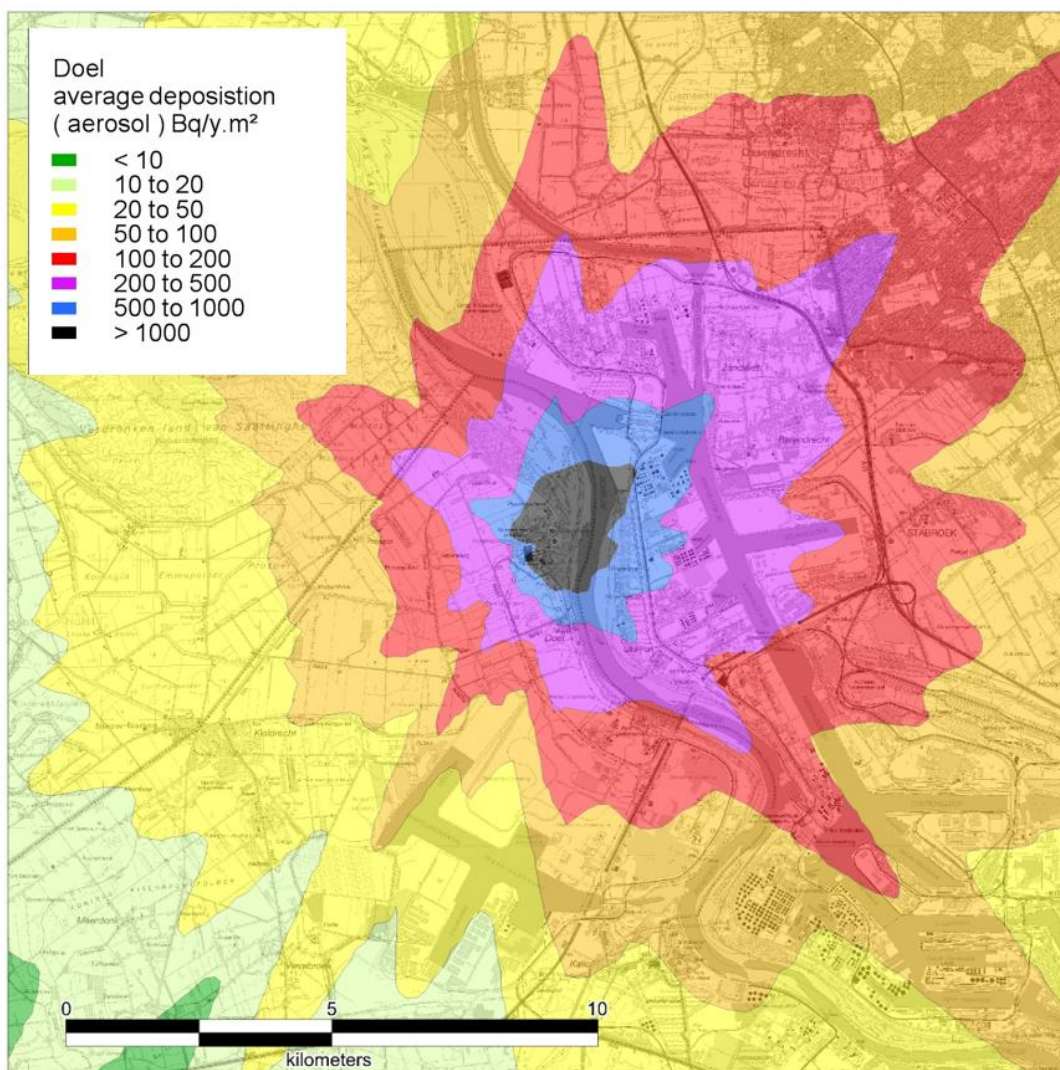
Naast windrichting, zijn windsnelheid, de hoeveelheid neerslag en de atmosferische stabiliteit noodzakelijke parameters. De atmosferische dispersieberekening zal ook de hoogte van de lozing in rekening brengen (schouwhoogte met eventuele correctie voor neerslaande effecten van de pluim en eventuele pluimstijging 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 afstand van 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 dat 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 kan elementair jodium zich anders afzetten dan aerosolen. Er worden dan ook specifiek voor de verschillende groepen radionucliden berekeningen uitgevoerd.

³³ 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.

Het resultaat van deze atmosferische dispersieberekeningen zijn gemiddelde concentraties en depositiesnelheid die verder als vertrekpunt worden gebruikt voor het berekenen van de radiologische impact op mens (effectieve dosis) en milieu. Een voorbeeld van het resultaat van dergelijke berekeningen kan gevonden worden in Figuur 27 en Figuur 28 hieronder, met name voor continue lozingen voor de gemiddelde concentratie van aerosolen, tritium en jodium in Bq/m³ in de lucht gedurende het jaar en de afzetting per jaar (Bq/m²), en dit voor een eenheidsbronterm van 1 TBq/jaar. Dit is een hypothetische bronterm, resultaten kunnen dan geschaald worden met de reële geloosde bronterm. Berekeningen kunnen ook uitgevoerd worden voor korte lozingen, zoals 1 uur , 1 dag, ...



Figuur 27: Gemiddelde concentratie in Bq/m³ nabij grondniveau bij constante lozing (KCDoel) van een 1 TBq/jaar.



Figuur 28: Totale afzetting van aerosolen in Bq/m^2 (zonder verval in rekening te brengen) bij constante lozing (KCDoel) van 1 TBq/jaar.

3.3.1.2 Vloeibare lozingen

Voor de berekening van de concentraties van de geloosde radionucliden in het Scheldewater wordt gebruik gemaakt van een eenvoudig riviermodel dat rekening houdt met de verdunning van de geloosde volumes. De Schelde is een getijdenrivier. Ter hoogte van Doel zijn de tij-debietten zeer groot, gemiddeld $5000 \text{ m}^3/\text{s}$ 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. 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).

3.3.1.3 Impact op de mens

Personen van het publiek die in de buurt van nucleaire sites wonen, of regelmatig verblijven, kunnen in bepaalde mate aan de 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;
 - 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 zijn deze voor de meest blootgestelde persoon. Zo worden berekeningen uitgevoerd voor 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 worden specifieke dosiscoëfficiënten gebruikt 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 meest blootgestelde personen bevinden zich permanent op de plaats met de maximale dosisbelasting. De landbouwproducten (gewassen, melk en vlees) worden gecultiveerd op de plaats met maximale depositie waarbij 10% van het dieet van de blootgestelde personen bestaat uit deze producten. Dit is in overeenstemming met de richtlijn voor de berekening van radiologische gevolgen voor Klasse I nucleaire installaties.

Tabel 31 geeft de lozingslimieten voor de eenheden Doel 1 en 2 en KCDoel als geheel en werden bepaald door de operator van KCDoel en vergund door de toezichthoudende overheid.

Tabel 31: Vergunde activiteiten voor gasvormige lozingen voor KCDoel.

Nuclide**	Lozingslimiet KCDoel 1 en 2 per 12 maanden	Lozingsvergunning KCDoel per 12 maanden
Edelgassen	1480 TBq ¹³³ Xe _{eq}	2960 TBq ¹³³ Xe _{eq}
Jodium-131 (¹³¹ I)	7,4 GBq	14,8 GBq
Aerosolen	74 GBq	148 GBq
Tritium (³ H)*	-	88,8 TBq

* Er is geen specifieke lozingslimiet voor tritium voor Doel 1 en 2 daar deze lozingen zich voornamelijk voordoen vanuit het gebouw WAB.

** Voor C-14 is er geen lozingslimiet daar dit radionuclide niet gemeten wordt. Een lozing per jaar i.f.v. geïnstalleerd vermogen wordt hiervoor gebruikt in de radiologische impact berekeningen.

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, door vis uit de Schelde te consumeren. De opgelopen dosis kan sterk verschillen naargelang de leefgewoonten van de bevolking. De dosis ten gevolge van de vloeibare lozingen in de Schelde wordt berekend conform de richtlijn van FANC 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 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 drinken van de veeteelt wordt niet beschouwd wegens het te hoge zoutgehalte van het water.

De dosis voor de representatieve persoon werd ook berekend voor de 6 leeftijdsklassen, rekening houdend met de consumptiewaarden vermeld in de richtlijn van FANCⁱⁱⁱ. 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 10% van zijn voedsel haalt uit een gebied waar de afzetting van de geloosde radionucliden maximaal is.

Tractebel berekent jaarlijks de dosis voor de bevolking ten gevolge van de atmosferische en vloeibare routinelozingen van KCDoel conform de 96/29/Euratom richtlijn tot de vaststelling van de basisnormen voor de bescherming van de gezondheid van de werknemers en de bevolking tegen de gevaren van ioniserende straling. De berekening houdt rekening met de reële lozingen van de 4 reactoreenheden van KCDoel. De evolutie van de dosis over de laatste 10 jaar wordt ook berekend. De totale dosis voor de hele KCDoel site is het grootst voor de 1 tot 2 jarige kinderen, nl. 0,02 mSv/jaar en ligt ruimschoots onder de reglementaire dosislimiet van 1 mSv/jaar. De kans dat er een gezondheidseffect optreedt ten gevolge van de radioactieve lozingen van de nucleaire installaties is dan ook zeer klein. Vermits de routinelozingen van de reactoreenheden Doel 1 en Doel 2 50-60% bedragen van de lozingen van de totale site, zal de dosis ten gevolge van de atmosferische en vloeibare routinelozingen voor de bevolking nog lager zijn. Het merendeel van de jaarlijkse dosis is ook te wijten aan de atmosferische lozingen. Minder dan 10% van de berekende dosis of 0,002 mSv/jaar is te wijten de vloeibare lozingen in de Schelde. Zelfs indien de atmosferische en vloeibare lozingen gelijk zouden zijn aan de dosislimieten dan zou de maximum totale dosis 0.4 mSv/jaar bedragen voor de kritische persoon en dus lager zijn dan de dosislimiet 1 mSv/jaar voor de bevolking, Ook worden er, zoals besproken in §3.3.1 dosisberekeningen uitgevoerd voor de lozingslimieten. De dosis op basis van de vloeibare dosislimieten is hoger dan deze op basis van de atmosferische lozingslimieten (Tabel 30).

3.3.1.4 Impact op de biodiversiteit (fauna en flora)

Tot de jaren 90 werd verondersteld dat als de mens beschermd is, het milieu ook beschermd is tegen ioniserende straling. Deze opvatting is de afgelopen decennia veranderd, 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 (individuen, populaties, ecosystemen) kunnen hierdoor verschillen. In een regelgevende context beoogt de milieubescherming het beschermen van populaties van species. 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^{xxxiii} en de UNSCEAR^{xxxiv} 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^{xxxv} 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 4-40 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ voor bv. zoogdieren tot 400-4000 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ 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^{xxxvi} zijn dus ook eerder verbonden met het individu dan met de populatie.

De drempelwaarden voorgesteld in het EC-ERICA-project^{xxxvii,xxxviii} en het EC-PROTECT-project^{xxxix} werden afgeleid met behulp van methoden die gebruikt worden voor chemische contaminanten^{xl}. Gebaseerd op chronische blootstellingsstudies werd een dosisdebiet EDR10 afgeleid. Deze EDR10 waarde (EDR: Effective Dose Rate) is het effectieve dosisdebiet dat resulteert in 10% van het effect voor een gegeven species. Via een speciesgevoeligheidsdistributieanalyse (SSD: species sensitivity distribution) werd dan het dosisdebiet HDR5 (HDR: Hazardous Dose Rate) bepaald, waarop al dan niet een veiligheidsfactor werd toegepast. De HDR5-waarde wordt gedefinieerd als het dosisdebiet dat voor 5% van al de species resulteert in minstens 10% van het effect. 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 (PEDR/PNEDR < 1) mogen dus beschouwd worden als niet resulterend in een 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 4000 $\mu\text{Gy h}^{-1}$. De natuurlijke achtergrond dosisdebieten voor fauna en flora variëren duidelijk minder sterk, namelijk tussen 0,07 en 6 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ ^{xli,xlii}. De voorgestelde drempelwaarden kunnen ook vergeleken worden met de oorspronkelijke effectdata. De laagste EDR10 die in de EC-PROTECT-database voor het afleiden van de drempelwaarden geregistreerd werden, waren 710 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ voor planten, 1000 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ voor invertebraten en 3,6 $\mu\text{Gy h}^{-1}$ voor vertebraten.

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 32.

Tabel 32: Significantiekader voor de radiologische effecten op fauna en flora.

Dosisdebiet	Waarschijnlijkheid van afwezigheid van significante blootstelling
< 10 $\mu\text{Gy h}^{-1}$	Zeer hoog
10-100 $\mu\text{Gy h}^{-1}$	Hoog
100-400 $\mu\text{Gy h}^{-1}$	Vrij hoog
400-4000 $\mu\text{Gy h}^{-1}$	Matig
> 4000 $\mu\text{Gy h}^{-1}$	Laag

Omdat de impact op een ecosysteem moeilijk te evalueren valt 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 die ze bezetten, de opname van radionucliden, hun dimensies (met een effect op de dosisberekening) en het geheel van referentieorganismen refereert naar een ecosysteem. Men dient dus een conceptueel model op te maken van het studiegebied, men moet een begrip hebben van de bronterm en de blootstellingsrouten, 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 33).

Tabel 33: 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
Deterministische en stochastische effecten van de radioactiviteit worden in rekening gebracht	Over algemeen worden enkel de deterministische effecten bekeken
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	Radionuclides zijn uniform verdeeld over het dierlijk weefsel
Effectieve dosis (Sv)	Geabsorbeerde dosistempo (Gy s ⁻¹)

3.3.2 Accidentele lozingsen

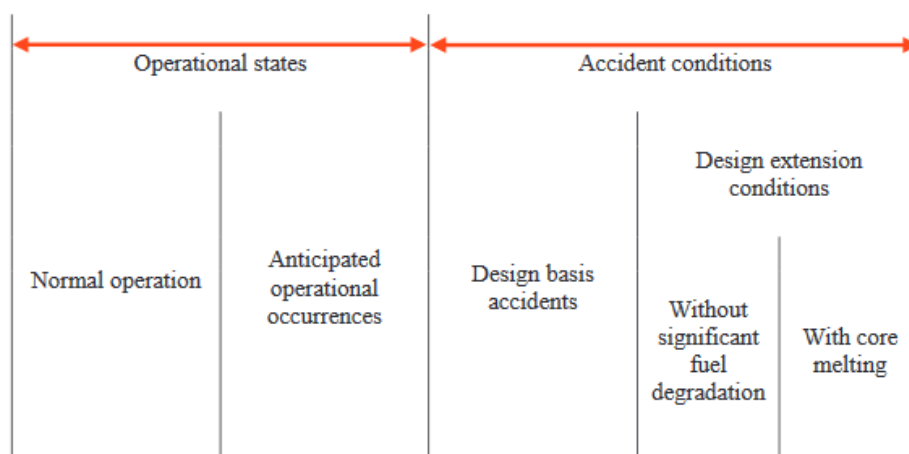
Tijdens de hele levensduur van een kerninstallatie moet de installatie bestand zijn tegen ongevalsomstandigheden en moeten hiervoor de nodige maatregelen getroffen worden. Een kerninstallatie wordt preventief ontworpen met een aantal barrières, op basis van het principe van ‘gelaagde bescherming’, dit 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 §3.8)^{xliii}. 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 34.

Tabel 34: 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 ^{xliv}	In deze IAEA-richtlijn worden de veiligheidsvereisten voor het ontwerp van een kerncentrale gegeven.
IAEA Safety Standard Series SSR-2/1 (Rev. 1), 2017 ^{xlv}	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 ^{xlvi}	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 ^{xlvii}	Deze IAEA-richtlijn is een revisie, op basis van lessen getrokken uit het Fukushima ongeval, van de vorige richtlijn.
Euratom verdrag, 2012 ^{xlviii}	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 ^{xlix}	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 29. 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 ^{xlv}.



Figuur 29: Operationele en accidentele toestand van een kerncentrale ^{xlv}.

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 ¹.

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 ⁱⁱ. 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. Deze twee ongevalsituaties worden als volgt gedefinieerd ⁱⁱⁱ:

3.3.2.1 Ontwerpongeval

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"ⁱⁱⁱ.

Verdere vereisten voor het opstellen van de lijst met initiatorgebeurtenissen in het ontwerp worden gegeven in artikel 20 van het KBⁱⁱ.

"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.

3.3.2.2 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 redelijkerwijs mogelijk, radioactieve lozingen die schadelijk zijn voor de bevolking en het milieu tot een minimum te beperken tijdens zulke voorvallen of omstandigheden ⁱⁱⁱ. 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 wordenⁱⁱⁱ:

"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.”

Het FANC heeft in 2017 een richtlijn gepubliceerd voor het realiseren van de veiligheidsdemonstratie van nieuwe nucleaire installaties van klasse I^{liii}. De aanbevelingen in deze richtlijn geven gedetailleerde informatie over de vereisten van het FANC met betrekking tot ‘gelaagde bescherming’ en kwantitatieve radiologische doelstellingen in het kader van de veiligheidsdemonstratie van nieuwe nucleaire installaties van klasse I. Aangezien Doel 1 en 2 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^{liv} die in de FANC-richtlijn worden vermeld. Zoals de FANC-richtlijn, is de Bel V-richtlijn gericht op nieuwe klasse I nucleaire installaties.

In het kader van Artikel 37 van het Euratom Verdrag^{xlvi}, moet elke lidstaat algemene gegevens verstrekken van elk ongevalsplan voor de lozing van radioactieve afvalstoffen. De algemene gegevens voor Doel werden in 1972 opgesteld. Hiervoor werden twee ontwerpgevallen geïdentificeerd: i) hoofdbreuk van de primaire leiding en ii) vallen van een bestraald splijtstofelement^{lv}. 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. Deze vergunningslimieten moeten gerespecteerd worden voor de meest blootgestelde persoon. De meest blootgestelde persoon is beschouwd op een locatie waar de persoon wordt blootgesteld aan de hoogste (tijdsgeïntegreerde) concentratie van radioactieve lozingen^{liv}. Deze persoon behoort tot de leeftijdsgroep die het meest wordt getroffen door de blootstelling aan de radioactieve lozingen.

Voor Doel werd, op basis van een probabilistische veiligheidsanalyse, één omhullend ontwerpuitbreidingsongeval geïdentificeerd. Voor dit scenario wordt een 'Complete Station Black-Out' (CSBO) verondersteld met kernsmelting (overeenkomend met DEC-B). Het CSBO ontwerpuitbreidingsongeval omvat ook voorvallen van externe oorsprong, inclusief het neerstorten van een vliegtuig op de kerncentrale (zie MEB-werken).

We beschouwen in de beoordeling van de effecten de situatie na 2019, vanaf wanneer de veiligheidsverbeteringen, die uitgevoerd werden in de periode 2015-2018 in het kader van de LTO (Long term Operation) en BEST (Belgian Stress Tests) voltooid zijn. Een gedetailleerde bespreking van deze veiligheidsverbeteringen kan gevonden worden in de MEB werken van Electrabel nv (zie MEB-werken).

De algemene gegevens voor KCDoel in het kader van Artikel 37 van het Euratom Verdrag bevatten vergunningslimieten voor de dichtstbijzijnde grens namelijk Nederland op 3.15 km. 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.

Zoals hierboven beschreven, moet de installatie de nodige maatregelen treffen om ongevalssituaties te vermijden of te beperken. Indien er zich echter toch een ongeval zou voordoen, is het nucleair en radiologisch noodplan van kracht zoals beschreven in §3.8.

3.3.3 Operationeel radioactief afval en verbruikte splijtstoffen

Voor het luik radioactief afval en splijtstoffen worden de mogelijke effecten van het uitstel van desactivatie van Doel 1-2 ten opzichte van het referentiescenario begroot als cumulatieve hoeveelheden die opgebouwd worden tijdens de referentieperiode 2015-2025. De effecten van deze bijkomende hoeveelheden afval en splijtstoffen worden beoordeeld in het licht van de beheersmaatregelen besproken in §3.2.3.

3.3.4 Ontmanteling

Betreffende de ontmanteling kan de langere levensduur van de reactoren Doel 1 en 2 een verschil geven in de totale activatie van componenten, zoals het kuipstaal. Hierbij is het niet onmogelijk dat er een verschuiving zou optreden in volume van ontmantelingsafval. Bijvoorbeeld een verschuiving van categorie A naar categorie B afval ondanks het totale ontmantelingsafval hetzelfde zou blijven. Dit wordt onderzocht en getoetst op basis van activatieberekeningen.

3.4 Bestaande situatie

3.4.1 Monitoring van lozingen

De radioactieve lozingen van KCDoel worden continu gemonitord. Enerzijds door de exploitant en anderzijds gecontroleerd door het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC). De exploitant is verplicht om ten allen tijde de lozingsvergunning voor radioactieve effluenten na te leven. Permanente controles tijdens de lozing worden uitgevoerd om in 'real time' na te gaan of de in de vergunning vastgelegde lozingsmodaliteiten en -limieten worden nageleefd (maximale en gemiddelde concentraties van de effluenten, maximale hoeveelheid van de uitgestoten radioactiviteit, ...).

De radioactieve lozingen van KCDoel worden verder op verschillende manieren door het FANC gecontroleerd:

- de *TELERAD-stations* geplaatst rondom de site van KCDoel en in de Schelde waar de vloeibare effluenten geloosd worden. Deze meetstations activeren een alarm bij het FANC in geval van abnormale lozingen. Deze worden verder beschreven in §3.4.2.1, het is een continu netwerk voornamelijk gericht op de detectie van abnormale lozingen;
- *maandelijks* moet KCDoel de lozingen aan het FANC en aan Bel V aangeven. De veiligheidsautoriteit controleert dan de naleving van de lozingslimieten en de afwezigheid van een plotse belangrijke toename van deze lozingen;

- *jaarlijks* moet KCDoel een verslag over de lozingen van het afgelopen jaar naar het FANC en naar Bel V sturen. Dit verslag bevat een samenvatting van de geloosde activiteit voor elk type lozingen, alsook de berekening van de dosisimpact van de lozingen van de installatie voor het publiek. Tegen 1 juli van elk jaar, publiceert het FANC een informatiedossier over de radioactieve lozingen, met de samenvatting van deze verslagen. De wijze waarop deze lozingsaangiften gebeuren moet gedaan worden volgens een vooraf vastgelegde procedure^{lv};
- het FANC voert *jaarlijks*, voor elke site, een *inspectie* uit over het radiologische impact van de nucleaire installaties, gedurende dewelke de toezicht op radioactieve lozingen ter sprake komt. Bel V voert ook controles uit die gelinkt zijn met het beheer van radioactieve lozingen.

Het FANC heeft ook de opdracht om het publiek over de lozingen in alle transparantie te informeren:

- De wet van 11 april 1994 betreffende de openbaarheid van bestuur bepaalt het algemeen kader voor de toegang van het publiek tot bestuursdocumenten die door een federale administratieve overheid worden bewaard. Behalve bij uitzonderingen, voorziet de wet dat 'eenieder elk bestuursdocument ter plaatse kan inzien en hieromtrent uitleg kan krijgen en mededeling in afschrift ervan kan ontvangen;
- De wet van 15 april 1994 betreffende de bescherming van de bevolking en van het leefmilieu tegen de uit ioniserende straling voortspruitende gevaren en betreffende het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, definieert meer specifiek de informatieopdrachten t.a.v. het publiek die aan het agentschap binnen zijn bevoegdheidsgebied zijn opgelegd. Volgens de termen van de wet is het agentschap belast met de verspreiding van neutrale en objectieve informatie op nucleair gebied. Het agentschap zorgt tevens voor het overbrengen van technische informatie inzake nucleaire veiligheid en stralingsbescherming;
- De wet van 5 augustus 2006 betreffende de toegang van het publiek tot milieu-informatie herbevestigt deze wil tot transparantie en breidt deze uit tot alle activiteitengebieden, inbegrepen buiten de nucleaire sector. De wet kent aan alle federale overheidsdiensten en -instellingen van openbaar nut die onderworpen zijn aan het gezag, de controle of het toezicht van de federale overheid, actieve informatieopdrachten t.a.v. het publiek toe op het gebied van het leefmilieu binnen hun respectieve bevoegdheidsgebieden, met name door gebruik te maken van de elektronische communicatiemiddelen.

De lozingen (zie §3.3.1) worden opgedeeld in een aantal groepen radionucliden. In Tabel 35 zijn de specifieke lozingen weergegeven die door KCDoel worden gemonitord en gerapporteerd. Daarnaast zijn er nog lozingen van koolstof-14 (C-14). Deze worden geschat op basis van het thermisch vermogen daar ze moeilijk meetbaar zijn.

Tabel 35: Categorieën van lozingen die worden gemonitord.

Type lozingen	Radionuclide (groep)	Details (vorm, specifieke radionucliden)
Atmosferische	tritium	getritieerd water HTO
	jodium	¹³¹ I
	edelgassen	⁸⁵ Kr, ¹³³ Xe
	α-aerosolen	²³⁵ U, ²³⁹ Pu, ²⁴¹ Am
	β-γ-aerosolen	⁶⁰ Co, ⁹⁰ Sr, ¹²⁴ Sb, ¹³⁷ Cs...
Vloeibare:	tritium	getritieerd water HTO
	α-stralers	²³⁵ U, ²³⁹ Pu, ²⁴¹ Am...
	β-γ-stralers	⁶⁰ Co, ⁹⁰ Sr, ¹²⁴ Sb, ¹³¹ I, ¹³⁷ Cs...

Verder dienen de lozingen overgemaakt te worden aan de Europese Commissie, zoals bepaald en voorgeschreven in de richtlijn 'Commission Recommendation of 18 December 2003 on standardised information on radioactive

airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation (notified under document number C(2003) 4832)^{lvii}.

De lozingsdata van de verschillende EU lidstaten worden verzameld in de 'European Commission RAdioactive Discharges Database' (RADD). Dit maakt ook uitwisseling van de informatie van lozingen mogelijk. De objectieven van deze database zijn:

- de compilatie van de radioactieve lozingen zoals bezorgd door de EU lidstaten aan de Europese Commissie;
- het opmaken en publiceren van rapporten betreffende de radioactieve lozingen door de competente dienst binnen de Europese Commissie (DG ENER D3 – 'Radiation Protection & Nuclear Safety');
- het uitwisselen van informatie met het IAEA (Internationaal Atoom Energie Agentschap) en andere internationale instanties;
- verzekeren van toegang tot de data voor het publiek via de RADD website.

In het kader van artikel 35 van het Euratom verdrag vinden er ook verificaties plaats. Het laatste beschikbare rapport voor het monitoren van radioactieve lozingen door KCDoel en de controle hierop, inclusief het toezichtprogramma rond Doel is dat van 2012^{lviii}.

3.4.1.1 Atmosferische lozingen

De atmosferische lozingen vinden hun oorsprong en/of zijn toe te schrijven aan de volgende processen:

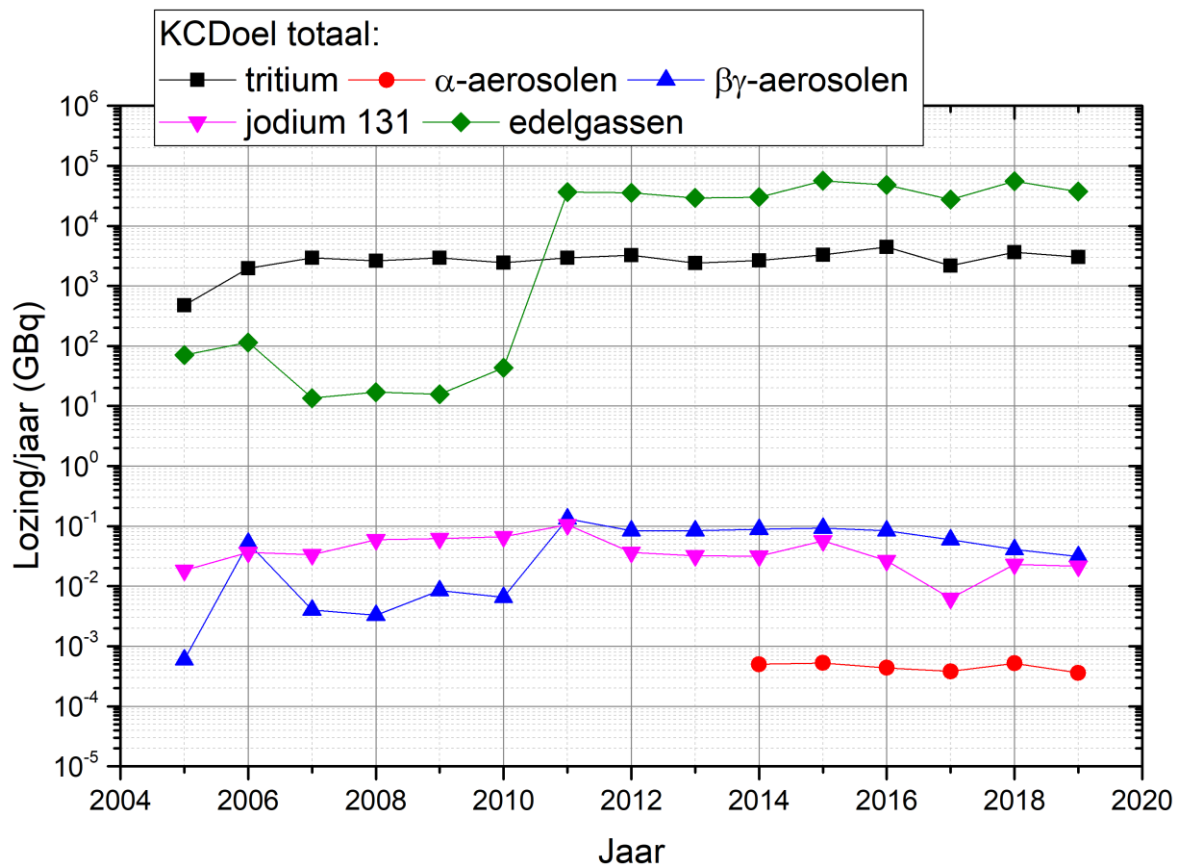
- Gasvormig afval (GW)
 - Ontgassing van de primaire kring wordt opgeslagen in verval tanks van het afgasverwerkingssysteem, deze worden na een periode van verval geloosd;
- Reactorgebouw of ringvormige ruimte (RGI)
 - Afvoer van het gas dat aanvankelijk door een luchtzuiveringssysteem wordt overgebracht 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.

Naast de lozingslimieten per jaar die reeds vermeld werden in het deel methodologie zijn er ook lozingslimieten voor ogenblikkelijke (potentiële) atmosferische lozingen. Deze limieten hebben betrekking op de maximum concentratie in de schouw gemiddeld per uur.

Tabel 36: 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 §3.3). 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.

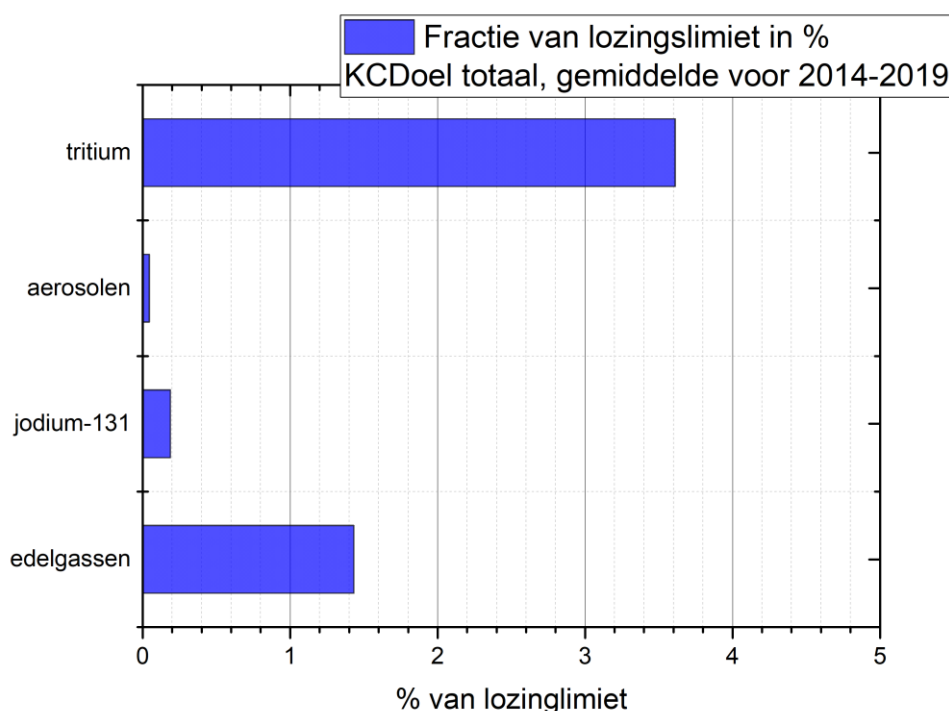


Figuur 30: Gasvormige lozingen per jaar voor de totale KCDoeel site.

De atmosferische lozingen per jaar voor de verschillende groepen radionucliden zoals gerapporteerd aan de autoriteiten en o.a. terug te vinden in de RADD database van de Europese Commissie voor de jaren 2005-2019 zijn weergegeven in Figuur 30. Deze lozingen zijn de atmosferische lozingen voor de hele site van KCDoeel. Ze zijn uitgezet op een logaritmische schaal gezien de belangrijke verschillen in 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^{ix}. 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 uitbatingvergunning van KCDoel (zoals gegeven in §3.3.1 Methodologie). De resultaten van deze vergelijking zijn te vinden Figuur 31 als percentage van de lozingslimiet per groep en dit voor de periode van 2014-2019. De bèta-gamma en alfa-aerosolen (afzonderlijke rapportage sinds 2014) worden hier samengenomen. De reële atmosferisch geloosde hoeveelheden zijn slechts een fractie van de lozingslimieten.



Figuur 31: Reële lozingen voor de periode 2014-2019 uitgedrukt in percentage van de lozingslimieten voor de verschillende groepen radionucliden.

3.4.1.2 Vloeibare lozingen

Zoals eerder vermeld zijn de vloeibare radioactieve effluënten 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, waterlekken. Deze afvalwaters kunnen opgeloste en vaste radioactieve deeltjes in de vorm van een suspensie alsook niet-radioactieve stoffen bevatten. Om ervoor te zorgen dat de hoeveelheden radioactiviteit die in het milieu terechtkomen zo laag mogelijk zijn, worden de afvalwaters voor de lozing behandeld. De voorbehandelde afvalwaters van de kerncentrale Doel die beperkte hoeveelheden radionucliden bevatten worden geloosd in de Schelde en komen uiteindelijk in de Noordzee terecht.

In het kader van de bescherming van het mariene leven in het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan (inclusief de Noordzee) heeft België ook het OSPAR verdrag ondertekend dat voorziet in een vermindering van de

lozing van artificiële radionucliden in het mariene milieu tot bijna een nulwaarde. Ook moeten de aan OSPAR deelnemende landen ervoor zorgen dat de nucleaire installaties gebruik maken van de Best Available Techniques (BAT) en de Best Environmental Practices (BEP).

De voorbehandeling bestaat meestal uit één of een combinatie van de volgende BAT methodes; verdamping, precipitatie/flocculatie, filtering en ionenuitwisseling. Bij verdamping wordt het water gekookt en de stoom gecondenseerd. De meeste radioactiviteit blijft hierdoor achter in de verdampingsresten die dan als afval worden geconditioneerd en opgeslagen. Bij ionenuitwisseling blijft de meeste radioactiviteit achter op de ionenwisselaar. Het gehalte van verschillende radionucliden zoals ^{137}Cs kan op die manier verminderd worden in de afvalwaters. Ook door precipitatie en vlokvorming kan het gehalte radioactieve stoffen in het afvalwater verlaagd worden. Tritium blijft wel als getritieerd water achter in het afvalwater. Het kan echter niet door deze processen verwijderd worden omdat het dezelfde eigenschappen heeft als niet getritieerd water en wordt dus integraal geloosd. Bepaalde effluenten kunnen ook opgeslagen worden met als doel de radioactiviteit door radioactief verval te verminderen.

Maandelijks moet de exploitant van de kerncentrale de lozingen (hoeveelheden en radionucliden) rapporteren aan FANC en BelV en jaarlijks moet hierover een verslag worden gemaakt waarin ook de dosis ten gevolge van de lozingen in de Schelde moet worden vermeld. Een samenvatting van dit verslag is beschikbaar op de website van FANC.

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 kerncentrale wordt er voornamelijk tritium geloosd in de Schelde. De andere radionucliden (bv. $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{58}Co , ^{60}Co , ^{51}Cr , ^{140}La , ^{106}Ru , ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{95}Zr , ^{241}Am ,...) worden in veel lagere hoeveelheden geloosd (zie Figuur 32).

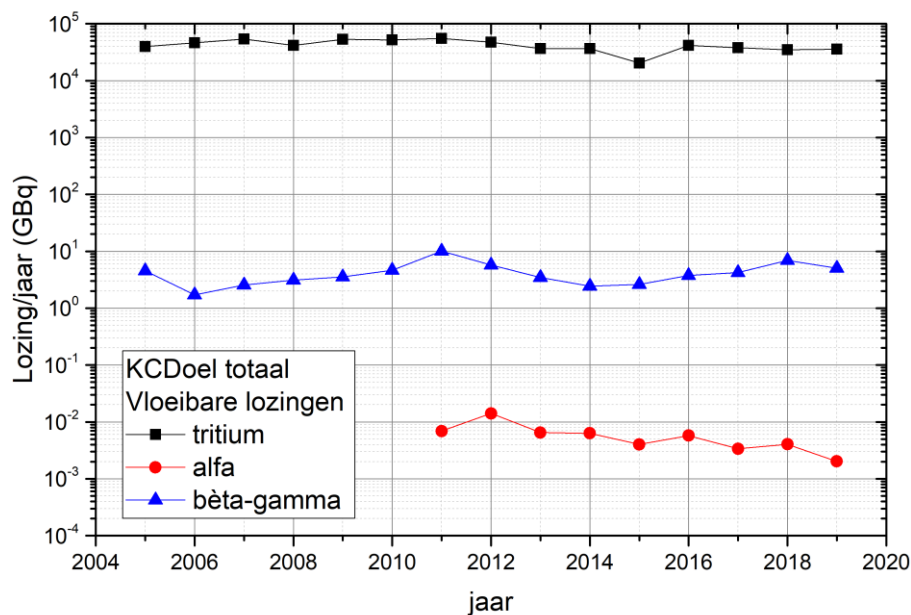
De belangrijkste radionucliden in de vloeibare effluenten zijn;

- Tritium onder de vorm van getritieerd water
- Bèta, gamma-stralers; ^{58}Co , ^{60}Co , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , $^{110\text{m}}\text{Ag}$
- Alfa-straler; Am-241

Tabel 37: Lozingslimieten voor vloeibare effluenten.

Radionucliden	Limiet
Tritium	104 TBq/jaar
Bèta, gamma, en alfa (exclusief tritium en opgeloste edelgassen)	1,48 TBq/jaar

Door de stroming en het debiet van het Scheldewater wordt de geloosde radioactiviteit verspreid en verdund. De mogelijke impact van de lozingen op mens en milieu worden door FANC geëvalueerd door regelmatig stalen van het water, het sediment, de waterplanten, vissen en schaaldieren te nemen en de gehalten aan radioactiviteit te meten. Complementair aan het toezichtsprogramma van FANC heeft de kerncentrale van Doel sedert 2014 ook een beperkt monitoringsprogramma waarbij de focus ligt op bio-indicatoren zoals waterplanten.



Figuur 32: Evolutie van de vloeibare lozingen in de Schelde voor de periode 2005-2019.^{lx}

Figuur 32 toont de vloeibare lozingshoeveelheden van 2004 t.e.m. 2019. De hoeveelheden zijn veel lager dan de lozingslimieten en zijn de voorbije 15 jaar nagenoeg constant gebleven. Over de laatste 5 jaar werd er gemiddeld 33% van de lozingslimiet voor tritium en 3% van de lozingslimiet van de andere radionucliden geloosd.

3.4.2 Monitoring van de radioactiviteit op de site en in het milieu

De radiologisch toestand op de site van KCDoel en de omgeving wordt continu opgevolgd door metingen in het kader van een monitoringsprogramma uitgevoerd door enerzijds de bevoegde overheid het FANC – het radiologisch toezicht van het grondgebied - en anderzijds de uitbater van de kerncentrale. De metingen brengen steeds een combinatie van de natuurlijke radioactiviteit en kunstmatige radioactiviteit in kaart. Specifiek in de omgeving van KCDoel kunnen sporen van kunstmatige radioactiviteit afkomstig zijn van de uitbating van KCDoel zelf (ten gevolge van de lozingen: zie vorige sectie) maar ook van andere nucleaire activiteiten uit het verleden (bovengrondse atoombomproeven, ongeval Tsjernobyl) of radiologische effecten van andere nucleaire en niet-nucleaire activiteiten.

3.4.2.1 Radiologisch toezicht van het grondgebied

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 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 Atomic Energy Agency (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 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; Dit bestaat uit 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 op 24 uur vrijwel onmiddellijk (real-time) over stralingswaarden te beschikken en snel te reageren als het stralingsniveau een vooraf bepaalde drempel overschrijdt. Het netwerk heeft verdichtingen rond nucleaire installaties zoals KCDoel bestaande uit ringstations geïnstalleerd op de perimeter van de site en agglomeratiestations in de omgeving van de site.

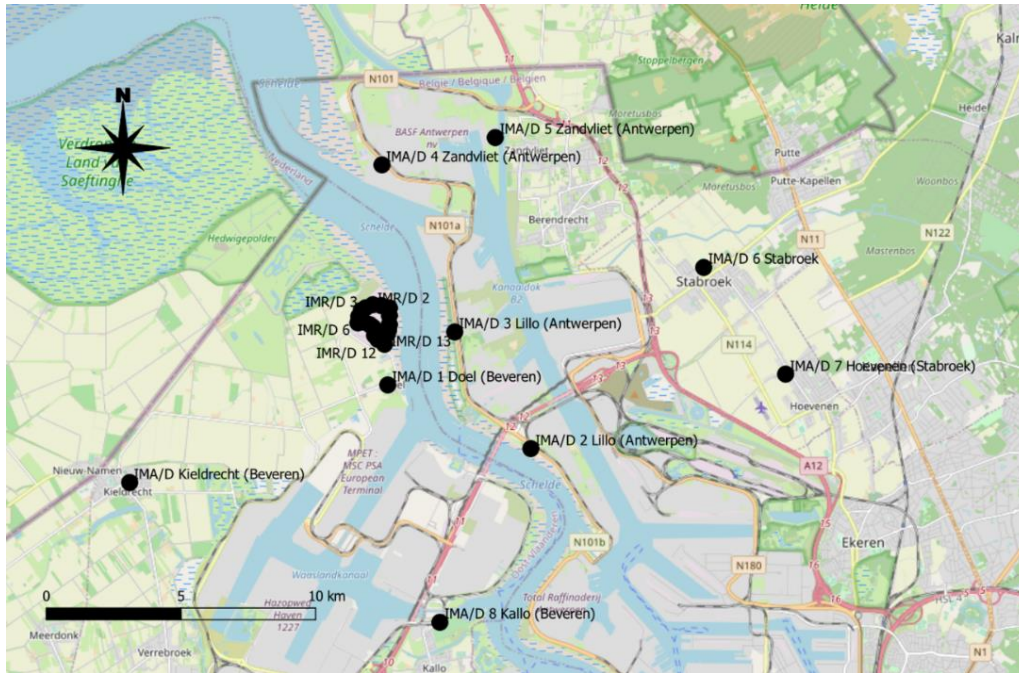
Op discontinue wijze: door middel van periodieke metingen in situ (staalname) en die vervolgens worden geanalyseerd in gespecialiseerde laboratoria. Dit maakt het mogelijk om zeer kleine hoeveelheden radioactiviteit te kunnen meten.

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.

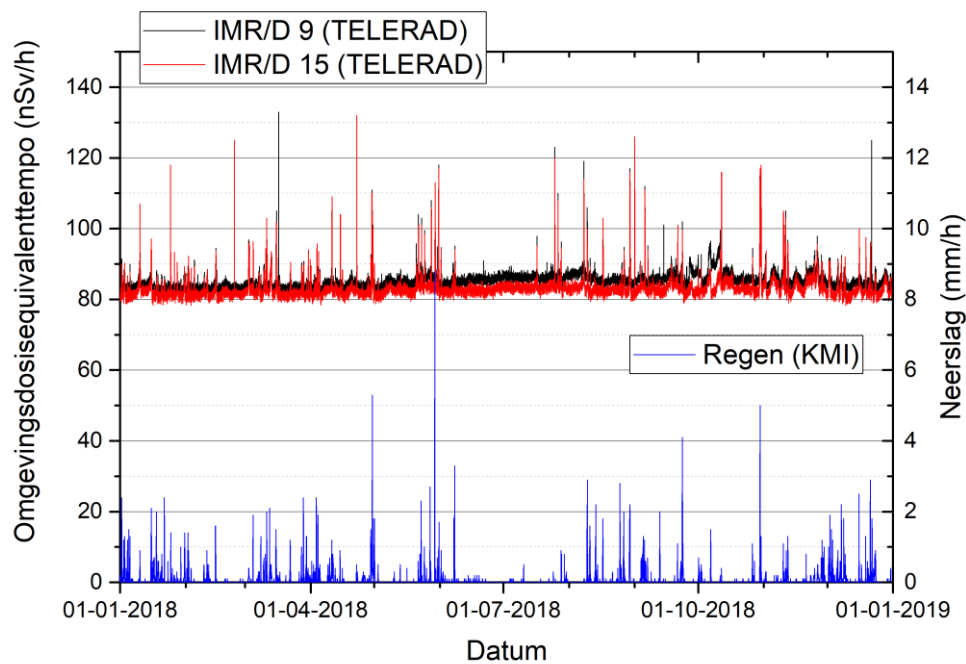
Het netwerk heeft bovendien twee componenten: een globaal toezicht over het volledige grondgebied, buiten de gebieden waar nucleaire activiteiten plaatsvinden en een nauwlettend toezicht rond de nucleaire installaties. Daarnaast is er ook een specifiek referentiegebied gedefinieerd, met name Brussel. De resultaten van beide zijn publiek beschikbaar met rapporten voor de jaren vanaf 1996 tot 2018^{lxii}.

Het TELERAD netwerk dat bestaat uit meer dan 250 automatische meetstations verdeeld over België 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 dosistempi > 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 gamma straling in het rivierwater meten;



Figuur 34: Ring en Agglomeratie stations van het TELERAD netwerk (Achtergrondmap: OpenStreetMap).



Figuur 35: Dosistempo in functie van tijd voor het volledige jaar 2018 gemeten door twee TELERAD station aan de grens van het domein van KCDoel, waarvan één ten westen van Doel 1 en 2 (IMR/D 9) en één ten oosten van Doel 1 en 2 (IMR/D 15). De scherpe verhogingen in dosistempo zijn het gevolg van de natuurlijke achtergrondstraling die wijzigt door veranderende meteorologische omstandigheden zoals voornamelijk het voorkomen van regen (zeker na lange droge perioden). Regenintensiteit is eveneens getoond in onderste grafiek van deze figuur (dosistempo data: FANC, Neerslag data voor site KCDoel KMI). Overschrijding van drempelniveau voor alarm (buiten schaal figuur) werd nooit bereikt in 2018.

De discontinue metingen (monsternamen 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 KCDoel (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 vanaf het jaar 1996^{lxii}. Details van het aan KCDoel gelinkt toezichtsprogramma van FANC kunnen teruggevonden worden in Tabel 38.

Tabel 38: Toezichtsprogramma van FANC in de omgeving van KCDoel.

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	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 Klossterzande) – 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 , (^{99}Tc voor algen)	driemaandelijks

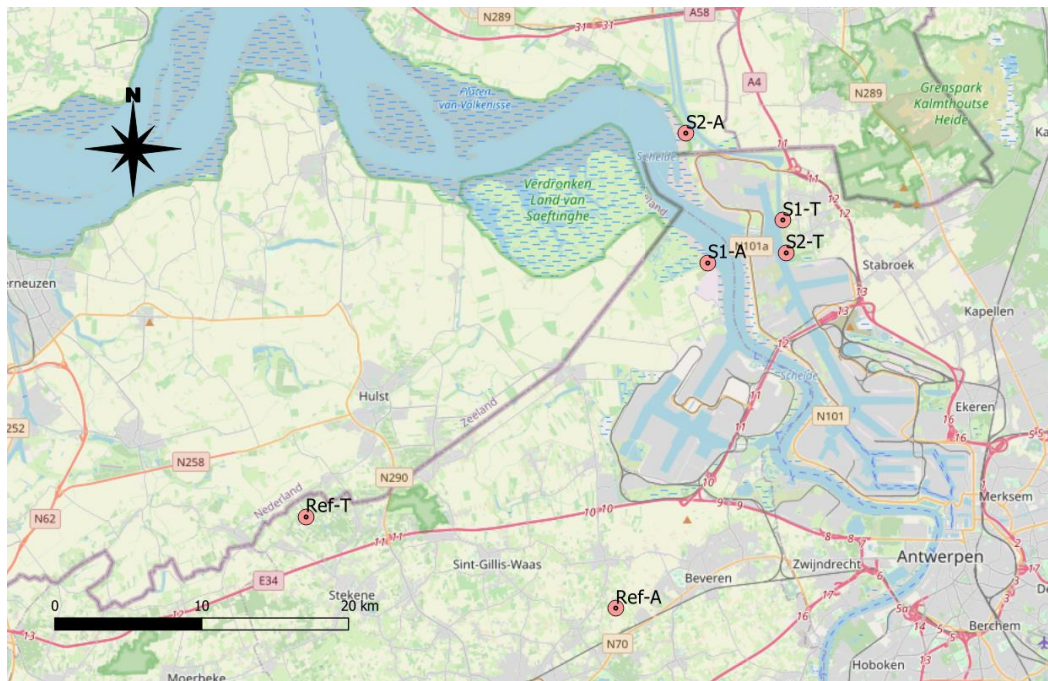
3.4.2.2 Monitoringsprogramma van exploitant KCDoel

Naast het toezichtprogramma van het grondgebied uitgevoerd door FANC organiseert de exploitant van KCDoel 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 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 focus ligt enerzijds volledig op artificiële radionucliden potentieel gelinkt aan uitbating KCDoel 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 39.

Tabel 39: 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, 1Ag-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, 1Ag-110m),



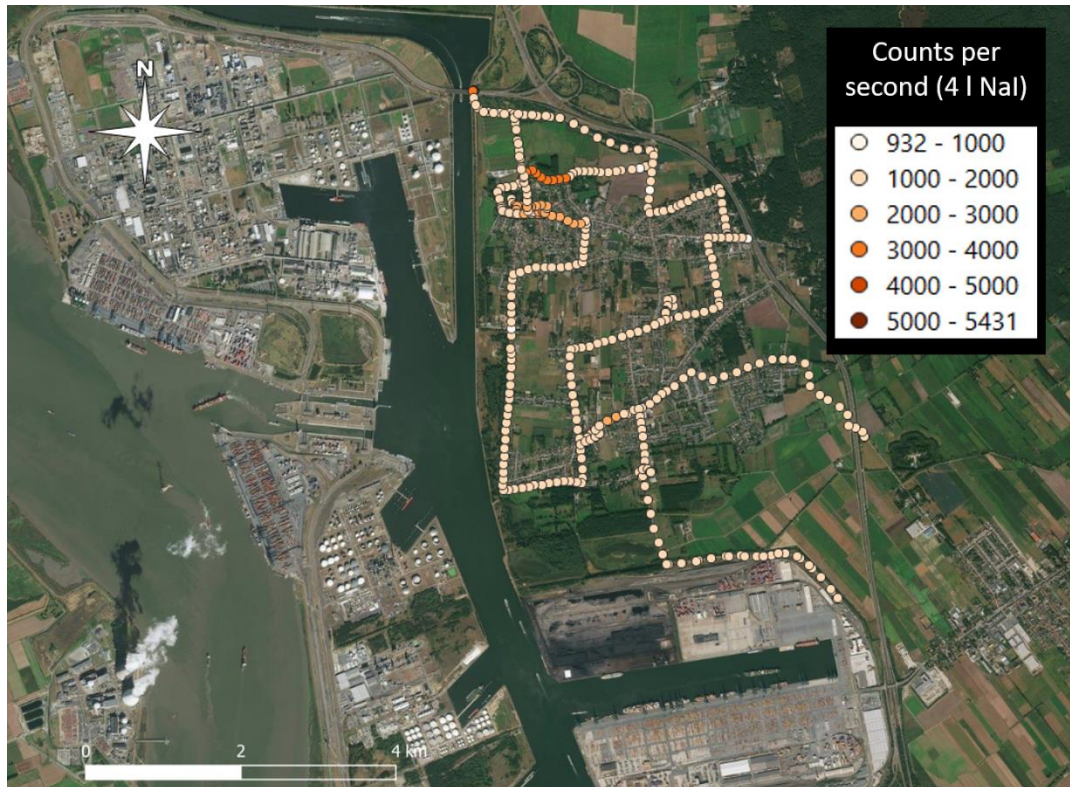
Figuur 36: Locaties van staalname voor aanvullend programma uitgevoerd door de exploitant van KCDoel (benamingen zie Tabel 39, achtergrondmap: OpenStreetMap).

3.4.2.3 Resultaten van het radiologische toezicht

De continue online metingen, zoals de TELERAD data, laten toe om naast snel te reageren als verhoogde stralingsniveaus rondom de site aanwezig zouden zijn, ook de blootstelling van personen aan externe straling te bepalen op jaarbasis. De gemiddelde blootstelling per jaar in de nabijheid van de site van KCDoel is rond de 0,70 tot 0,75 mSv/jaar en wordt veroorzaakt door straling van natuurlijke radioactiviteit in de bodem en kosmische straling (0,4 tot 0,45 mSv/jaar externe straling bodem en ongeveer 0,3 mSv/jaar kosmische straling), deze waarde is ook stabiel over de jaren. Deze waarden worden ook bevestigd door de TLD metingen exploitant.

De schommelingen in de dosistempo-metingen –in tijd en op verschillende locaties- zijn volledig toe te schrijven aan natuurlijke variaties, m.a.w. de effecten van de uitbating van KCDoel, inclusief de lozingen onder normale omstandigheden zijn niet waarneembaar en zijn dus ver beneden de gemiddelde natuurlijke dosistempo en ook ver onder de natuurlijke variaties die kunnen waargenomen worden. Dit is ook goed zichtbaar op continue metingen zoals bijvoorbeeld uitgevoerd in het kader van veldoefeningen meetploegen noodplanning (zie ook §3.8). Onderstaande Figuur 37 geeft resultaten van een meetcampagne in de nabijheid van Doel uitgevoerd in 2020. Deze

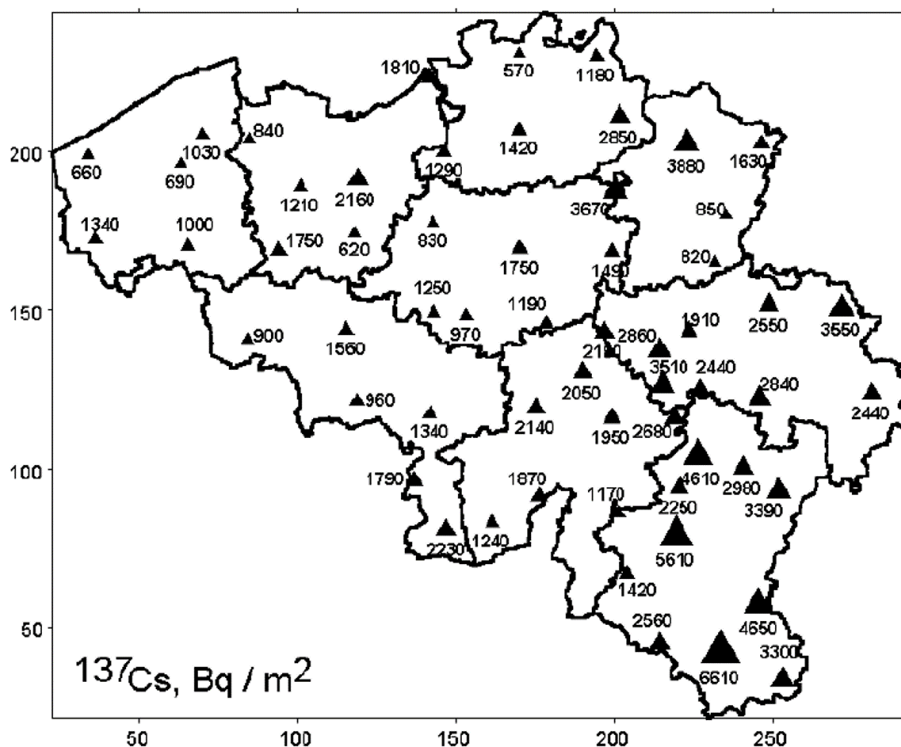
metingen zijn volledig consistent met de metingen uit het toezichtsprogramma. De vastgestelde variaties zijn het gevolg van verschillen in natuurlijke radioactiviteit in de omgeving, natuurlijke radioactiviteit in bouwmaterialen en gebruikte materialen voor bestrating (bv. zeer goed zichtbaar zijn natuurlijke verhogingen bij bestrating met bepaalde soorten kasseien). Tijdens de meetcampagne werden geen artificiële radionucliden waargenomen.



Figuur 37: Meetcampagne met een groot volume detector in voertuig uitgevoerd in de regio ten noordoosten van KCDoel (metingen SCK CEN, 2020). Eenheden in legende zijn detector specifiek en tonen enkel relatieve verschillen. Normale dosistempo's worden over het hele gebied gemeten. (achtergrondmap: Bing VirtualEarth).

Het discontinue programma dat via staalname en laboanalyse een hogere gevoeligheid heeft voor het detecteren van potentiële artificiële radionucliden rondom KCDoel toont:

- in de eerste plaats het ruime overzicht van de natuurlijke radioactiviteit;
- dat wat de artificiële radioactiviteit betreft, sporen van Cs-137 kunnen gemeten worden in de bodem (3,5 Bq/kg in 2019^{kiii}) die quasi volledig toe te schrijven zijn aan het ongeval in Tsjernobyl en aan de fallout 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. Dit is in kaart gebracht in Figuur 38;
- dat de artificiële transurane alfastralers (Pu en Am) van hun kant niet meetbaar zijn.

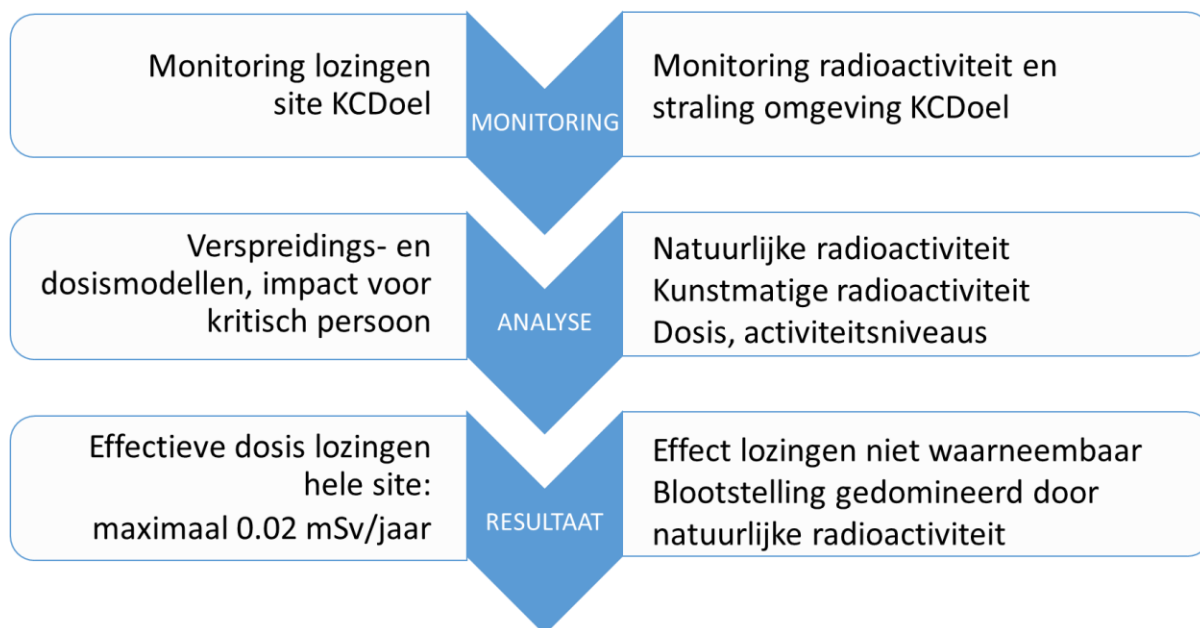


Figuur 38: Cs-137 concentraties in Bq/m² gemeten in een campagne 10 jaar na ongeval in Tsjernobyl. Er werd toen 1810 Bq/m² Cs-137 in nabije omgeving van KCDoel gemeten, een gemiddelde waarde voor België^{bxiv}.

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 KCDoel is altijd representatief voor alle activiteiten op de site. De conclusies gelden dus in het bijzonder ook voor Doel 1 en 2.

3.4.3 Impact op basis van berekeningen en metingen

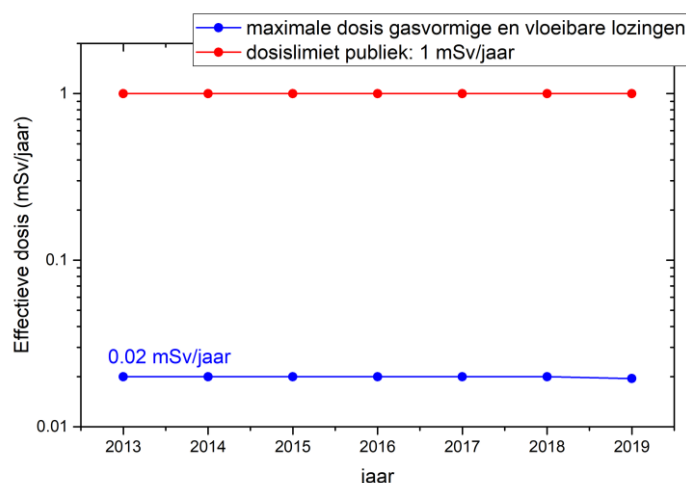
De huidige radiologische toestand en de invloed van de activiteiten van de site KCDoel is erg goed gekarakteriseerd door de combinatie van het monitoren van de lozingen gekoppeld aan berekeningen van de dosisimpact en het monitoren van radioactiviteit en straling in de omgeving van KCDoel. Een samenvattend overzicht is gegeven in Figuur 39.



Figuur 39: Samenvattend overzicht van de complementaire monitoring activiteiten voor het opvolgen van de radiologische impact.

De berekeningen op basis van het monitoren van de lozingen tonen een maximale impact, dit wil zeggen een effectieve dosisbelasting voor de meest blootgestelde kritische persoon van 0,02 mSv/jaar^{lxv} en deze blootstelling is ook stabiel over de jaren zoals getoond in Figuur 40. Deze conservatief berekende effectieve dosis voor de meest blootgestelde persoon is 50 keer lager dan de dosislimiet voor het publiek die 1 mSv/jaar bedraagt.

Ook de monitoring van de omgeving toont dat KCDoel 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 KCDoel komt voornamelijk nog van de radioactieve fall-out van de bovengrondse atoombomproeven (1950-60) en het ongeval van Tsjernobyl (1986).



Figuur 40: Effectieve dosis voor meest kritische individu in de omgeving van KCDoel berekend op basis van de gerapporteerde reële lozingen^{lxvi}. Ter vergelijking is de dosislimiet voor het publiek weergegeven.

Voor de volledigheid vernoemen we nog een studie uitgevoerd door Sciensano^{lxvii} waarbij het (verhoogd) voorkomen van acute leukemie bij kinderen tussen 0 en 14 jaar in de nabijheid van de Belgische nucleaire sites werd onderzocht. Rond KCDoel werd geen verhoogd voorkomen waargenomen. Acute leukemie kan, naast andere oorzaken, het gevolg zijn aan de blootstelling aan ioniserende straling. Vanwege de relatief korte latentieperiode en de bijzondere gevoeligheid van kinderen wordt het voorkomen van acute leukemie bij kinderen rond kerncentrales, ook internationaal, het vaakst in epidemiologische studies onderzocht. De resultaten van dergelijke epidemiologische studies, zoals deze van Sciensano, moeten echter met de grootste voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Het betreft ecologische studies die beschrijvend zijn en die het niet mogelijk maken een verband te leggen tussen variaties in voorkomen en de oorzaak daarvan. Ook geven ze geen informatie op het individuele niveau. Een gelijkaardige studie werd eerder uitgevoerd waarbij het voorkomen van schildklierkanker werd onderzocht^{lxviii}. Ook in deze studie werd geen verhoogde incidentie vastgesteld rond KCDoel.

Bovendien, wordt er op basis van de reële radioactieve lozingen (referentie FANC), de dosisimpact hiervan op de bevolking en de continue metingen van stralings- en radioactiviteitsniveaus rond de nucleaire installaties zoals deze van KCDoel geen verhoging in voorkomen van acute leukemie bij kinderen verwacht. Meer zelfs, de variaties in individuele blootstellingen door natuurlijke blootstelling, leefgewoonten (dieet, reizen, ...) en medische toepassingen van ioniserende straling zijn vele malen groter dan de blootstelling ten gevolge van de lozingen bij normale werking van kerncentrales.

3.4.4 Radioactief afval en verbruikte splijtstof

3.4.4.1 Soorten radioactief afval

De uitbating van de kerncentrale (normaal bedrijf) gaat gepaard met de productie van verschillende soorten radioactief afval, waarbij het volume zoveel als mogelijk geminimaliseerd worden door behandeling in het Water- en Afvalbehandelingsgebouw (WAB) (informatie verstrekt door Electrabel nv):

- 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 doestelling elke individuele afvalstroom maximaal te kunnen reduceren. In de installaties van KCDoel 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 acceptatie³⁴ door NIRAS getransporteerd naar Belgoproces 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.

3.4.4.2 Laag- en middelactief afval

Na behandeling van de verschillende afvalstromen in het WAB wordt het operationele afval van KCDoel voor verdere verwerking en/of opslag naar Belgoproces (BP) afgevoerd. Een overzicht van de hoeveelheden laag- en middelactief afval (zowel geconditioneerd als niet-geconditioneerd), en de resulterende te bergen volumes na verwerking te BP, worden weergegeven in Tabel 40. Deze gegevens werden gecompileerd op basis van de milieuverklaring van KCDoel, die jaarlijks geactualiseerd wordt^{lxix}. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen categorie A- of categorie B-afval.

Tabel 40: Jaarlijkse volumes laag- en middelactief afval afgevoerd naar Belgoproces, en de resulterende te bergen volumes na verwerking aldaar^{lxix}. 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)	Volume (m ³) te bergen laag- en middelactief afval (GA)
2010	NB	202
2011	NB	196
2012	NB	124,7
2013	NB	125,9
2014	NB	46,8
2015	NB	108,2
2016	NB	100,5
2017	NB	95,1
2018	183,9	91,1
2019	372	61,9
Langjarig gemiddelde		115

³⁴ Acceptatie is het geheel aan controles uitgevoerd door NIRAS waarbij wordt nagegaan of het afval voldoet aan de daarvoor geldende acceptatiecriteria.

Ter verificatie worden bovenstaande gegevens vergeleken met informatie verkregen van het FANC^{lx}, aan wie Electrabel nv jaarlijkse volumes geconditioneerd afval rapporteert. Deze gegevens worden uitgedrukt als 3-jaarlijkse glijdende gemiddelden van het productie-equivalent geconditioneerd afval per netto geproduceerde eenheid energie. Door vermenigvuldiging met de netto elektriciteitsproductie van de kerncentrale kan een benadering van de jaarlijkse hoeveelheid geconditioneerd afval bekomen worden. Deze methode resulteert in een iets hogere schatting van de gemiddelde hoeveelheid geconditioneerd afval (Tabel 41).

Tabel 41: Geschatte hoeveelheid geconditioneerd afval (GA) jaarlijks geproduceerd in KCDoel op basis van gegevens verstrekt door het FANC.

	Netto elektriciteitsproductie (TWh)	Productie-equivalent GA (glijdend gemiddelde over 3 jaar) (m³/TWh)	Schatting productie GA (m³)
2009	21,24	5,64	119,7
2010	22,03	6,77	149,2
2011	22,79	7,57	172,6
2012	18,22	8,97	163,4
2013	20,72	8,76	181,5
2014	14,04	7,14	100,2
2015	11,05	10,16	112,2
2016	22,07	5,12	113,0
2017	20,68	5,63	116,4
2018	11,92	10,05	119,7
Langjarig gemiddelde			134,8

Op basis van deze tabellen wordt bij benadering van grootteorde uitgegaan van een productiehoeveelheid van 120 m³/jaar te bergen geconditioneerd afval voor de kerncentrale te Doel. Het gaat hier om laag- en middelactief afval zonder onderscheid tussen categorie A of B- afval.

3.4.4.3 Splijstofelementen

In de kerncentrale wordt elektriciteit opgewekt met de energie die vrijkomt bij kernsplijting van het uranium-235 aanwezig in de splijstofelementen. Na drie à vier jaar in de reactorkern is een splijstofelement uitgeput, wat betekent dat alle bruikbare energie eruit verdwenen is. Deze uitgeputte splijstofelementen worden onder water afgekoeld (doorgaans 5 tot 10 jaar) en nadien afgevoerd naar het opslaggebouw voor gebruikte splijstoffen (SplijstofContainerGebouw of SCG, dat zich op de site van de kerncentrale bevindt), in afwachting van de beslissing over het langetermijn beheer ^{lxix}. Het SCG is een faciliteit voor droge opslag van splijstofelementen 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 koelingsysteem. In het geval van de kerncentrale van Doel worden deze uitgerust met een primair deksel en raketbescherming. De dichtheid van de naden die de insluiting van het radioactief materiaal verzekeren, worden continu gemonitord. De veiligheid van de opslaginstallaties voor bestraalde splijstof werd opnieuw geëvalueerd aan de hand van weerstandtests of stresstests, opgelegd naar aanleiding van het ongeval in de kerncentrale van Fukushima. Uit deze evaluaties 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.

De huidige opslagcapaciteit binnen het SCG (maximum 165 splijstofcontainers) zou volgens de huidige inschatting verzadigd raken na 2024. Om de verbruikte splijstof van de reactoren van KCDoel tijdelijk te kunnen blijven opslaan, wordt voorzien in nieuwe opslagcapaciteit via het project "Spent Fuel Storage Facility" (SF² genoemd), waarvoor

momenteel de milieueffectrapportage (MER) in het kader van de vergunningsprocedure wordt voorbereid ^{lxxi}. Het SF²-project voorziet de constructie van 3 gebouwen: SFB – het hoofdgebouw voor de opslag van verbruikte splijtstoffen in containers, eveneens van het DPC type, AUX – het hulpgebouw, en ASB – het opslaggebouw voor uitrustingen. Het SF²-project maakt het mogelijk om de desactiveringsdokken van de nucleaire eenheden leeg te maken na de definitieve stopzetting van de eenheden^{lxxi}.

De hoeveelheid hoogactief afval die een kerncentrale voortbrengt, is sterk afhankelijk van de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit en de herladingscyclus van de eenheid. In Tabel 42 wordt het aantal splijtstofelementen dat jaarlijks definitief ontladen werd in de verschillende reactoreenheden weergegeven, op basis van gegevens in de milieuverklaring van KCDoel ^{lxxix}. Dezelfde informatie is weergegeven in Tabel 43, uitgedrukt in tHM (ton Heavy Metal).

Tabel 42: Aantal splijtstofelementen dat definitief ontladen werd in de verschillende reactoreenheden van KCDoel.

	Doel 1	Doel 2	Doel 3	Doel 4	Doel 1 en 2	Totaal KCDoel
2011	32	28	44	52	60	156
2012	36	32	44	60	68	172
2013	0	32	0	0	32	32
2014	36	28	0	56	64	120
2015	60	0	44	52	60	156
2016	28	40	40	0	68	108
2017	28	32	0	60	60	120
2018	0	28	40	56	28	124
2019	24	28	40	0	52	92
Langjarig gemiddelde					55	120

Tabel 43: Aantal ton splijtstoffen (tHM of ton Heavy Metal) dat definitief ontladen werd in de verschillende reactoreenheden van KCDoel.

	Doel 1	Doel 2	Doel 3	Doel 4	Doel 1 en 2	Totaal KCDoel
2011	8,5	7,4	20,2	28,1	15,9	64,2
2012	9,5	8,5	20,2	32,4	18,0	70,7
2013	0,0	8,5	0,0	0,0	8,5	8,5
2014	9,5	7,4	0,0	30,2	17,0	47,2
2015	15,9	0,0	20,2	28,1	15,9	64,2
2016	7,4	10,6	18,4	0,0	18,0	36,4
2017	7,4	8,5	0,0	32,4	15,9	48,3
2018	0,0	7,4	18,4	30,2	7,4	56,1
2019	6,4	7,4	18,4	0,0	13,8	32,2
Langjarig gemiddelde					14,5	47,5

Op basis van bovenstaande tabellen kan worden vastgesteld dat de jaarlijks bijkomende productie in de centrales Doel 1 en 2 neerkomt op een gemiddeld bijkomend verbruik van 55 splijtstofelementen, ofwel 14,5 tHM splijtstoffen.

3.5 Effecten in geval van desactivatie

3.5.1 Normaal bedrijf

In geval van desactivatie van Doel 1 en 2 zullen de radioactieve lozingen verbonden aan de exploitatie van deze eenheden voor energieproductie wegvallen. In de post-operationele fase en de ontmanteling kunnen zich eventueel nog beperkte lozingen voordoen maar dit is buiten de scope van voorliggende MEB, en deze zullen gelijkaardig zijn als deze in de post-operationele fase en ontmanteling bij uitstel desactivatie maar bij stillegging in 2025. Zeer beperkte radioactiviteitsniveaus omwille van de accumulatie van langlevende radionucliden over de levensduur van Doel 1 en 2 zullen echter na exploitatie voor energieproductie nog in het leefmilieu aanwezig blijven samen met deze van Doel 3 en 4 (zie voor Cs-137 §3.6.1.1) Deze radioactiviteitsniveaus zijn echter niet of nauwelijks meetbaar en de effecten hiervan op menselijke gezondheid en non-human biota zijn volledig verwaarloosbaar. Door de desactivatie wordt er ook geen nieuw (operationeel) radioactief afval, of verbruikte splijtstof gegenereerd.

3.5.2 Ongevallen

In geval van desactivatie van Doel 1 en 2, zullen de ongevalsrisico's beperkt zijn tot ongevallen tijdens het verwijderen en het transport van de splijtstofelementen uit de reactor en de splijtstofdokken. Afhankelijk van de koeltijd tussen de laatste bestraling van de splijtstofelementen en hun verwijdering, kan de bronterm een verschillende isotopische inhoud hebben. De inhoud van de twee reactoren zal geen ernstigere ongevallen geven dan in geval van uitstel desactivatie.

3.6 Effecten in geval van uitstel desactivatie

3.6.1 Impact op menselijke gezondheid

3.6.1.1 Normaal bedrijf

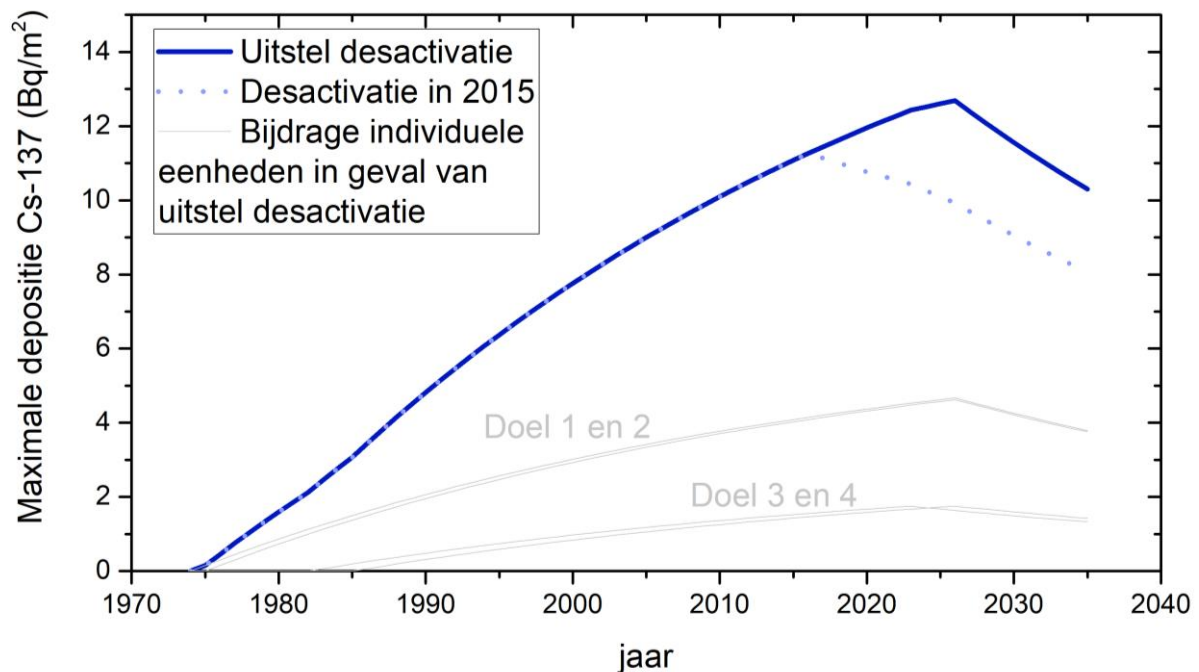
Bij uitstel van desactivatie van Doel 1 en 2 zullen bij verdere uitbating van deze twee eenheden de gasvormige en de vloeibare lozingen verbonden aan normale bedrijf tot in 2025 doorgaan. De lozingen zijn volledig bepaald door de werking van de eenheden en gerelateerd aan het thermische vermogen en de behandeling van de vloeibare en gasvormige effluenten. Gezien in dit functioneren geen fundamentele wijzigingen zijn doorgevoerd in het kader van het geïntegreerd actieplan voor uitbating na 2015 (Tienjaarlijkse herziening, Long Term Operation en BEST actie - stress tests) zoals een thermische vermogensverhoging kan er verondersteld worden dat zowel de atmosferische als vloeibare radioactieve effluenten zullen geloosd worden onder dezelfde omstandigheden en in zeer gelijkaardige hoeveelheden als in voorgaande jaren en zoals beschreven in §3.4 (huidige situatie).

De lozingen worden verder continu gemonitord, dienen te worden gerapporteerd volgens de richtlijnen van het FANC en gecontroleerd door FANC en Bel-V. Bij deze monitoring en controle wordt nagegaan of de lozingslimieten niet overschreden worden. Deze lozingslimieten, zoals beschreven in de methodologie (§3.3) garanderen, dat de radiologische impact beperkt blijft en zeker de waarde van 1 mSv/jaar effectieve dosis voor de meest blootgestelde persoon niet bereikt.

De radiologische impact van zowel de atmosferische als de vloeibare lozingen voor de hele site van KCDoel zal bijgevolg bij uitstel desactivatie Doel 1 en 2 gelijkaardig blijven en rond de 0,02 mSv/jaar voor de meest blootgestelde persoon bedragen.

Bovendien verzekert het monitoringsprogramma in de omgeving van KCDoel uitgevoerd enerzijds door het FANC en anderzijds door de exploitant voor een continue controle op de stralingsniveaus en de radioactiviteitsniveaus in de omgeving van KCDoel. Naast een controle op de potentiële dosis via de verschillende blootstellingswegen per jaar kan ook de potentiële accumulatie van een aantal artificiële radionucliden in de omgeving opgevolgd worden.

Door de uitbating van de kerncentrales over hun volledige levensduur kunnen bepaalde radionucliden met voldoende lange halveringstijd accumuleren in de bodem. In Figuur 41 is dit onder eenvoudige veronderstellingen getoond voor de accumulatie van Cs-137 in de bodem na afzetting bij atmosferische lozingen (een gemiddelde maximale afzetting per jaar overeenkomstig met gemiddelde lozingen per jaar werd gebruikt). Op deze wijze bekomen we dus de accumulatie van Cs-137 in functie van de uitbatingstijd van KCDoel (de grijze lijnen in de figuur geven dit voor de afzonderlijke bijdrage van de verschillende eenheden Doel 1 t.e.m. 4). Gezien de halveringstijd van Cs-137 ($T_{1/2}=30,05$ jaar) zien we na de opstart van de verschillende eenheden (jaren 1975-1986) een stijgende curve (accumulatie) die lichtjes begint af te buigen als de we verder in de tijd gaan (dit door een instellend evenwicht tussen wat bijkomend per jaar wordt afgezet en radioactief verval). Vanaf 2016 krijgen we 2 verschillende curven: één voor uitstel desactivatie in 2015 en één voor desactivatie in 2015 van Doel 1 en 2. Bij desactivatie zal meteen de Cs-137 concentratie beginnen afnemen door radioactief verval dat belangrijker is dan de afzetting van Cs-137 door Doel 3 en 4. Bij uitstel desactivatie zal de curve blijven stijgen tot in 2026 waarna een daling zich inzet die volledig door radioactief verval bepaald wordt. In de berekeningen hebben we verondersteld dat Doel 3 tot eind 2022 operationeel blijft en Doel 4 tot in 2025. Belangrijk is ook te kijken naar de grootte van het effect. Maximaal is het verschil tussen uitstel desactivatie en desactivatie in 2025 ongeveer $2,7 \text{ Bq/m}^2$ aan Cs-137. De absolute waarden moeten we verder vergelijken met een oppervlaktebesmetting van 1810 Bq/m^2 Cs-137 zoals bv. gemeten via in-situ gamma spectrometrie in 1996 (in 2025 na correctie voor radioactief verval dus nog zo'n 900 Bq/m^2). Dit is een gemiddelde waarde voor België en is toe te schrijven aan het ongeval in Tsjernobyl (1986) en de bovengrondse atoombomproeven voornamelijk uitgevoerd in de jaren 1950-60. Deze accumulatie wordt ook opgevolgd in het monitoringsprogramma dat zowel bodems als sedimenten bemonstert en analyseert op deze radionucliden, maar ook bio-indicatoren die specifiek radioactiviteit verhoogd concentreren. Het effect van accumulatie van Cs-137 in de bodem en dus zeker ook het verschil tussen desactivatie of uitstel desactivatie in 2015 is met andere woorden niet waarneembaar. Voor kortlevende nucliden zal zich over langere periode geen accumulatie voordoen gezien dat heel snel evenwicht bereikt wordt tussen afzetting en verval. Ook voor het langlevende koolstof-14 ($C-14$, $T_{1/2}=5700$ jaar) zal zich geen belangrijke accumulatie voordoen omdat de consensus bestaat (relatief goed onderbouwd door waarnemingen) dat er een evenwicht is tussen de concentratie in de lucht en de bodem^{lxxii}.



Figuur 41: Accumulatie van maximale afzetting Cs-137 in Bq/m^2 over de levensduur van KCDoel met desactivatie in 2015 van Doel 1 en Doel 2 en uitstel van desactivatie tot 2025 van Doel 1 en Doel 2. De bijdrage van de verschillende eenheden in geval van uitstel desactivatie wordt ook getoond.

3.6.1.2 Ongevallen

In dit deel wordt de radiologische impact van ongevallen in KCDoel (1 en 2) op de menselijke gezondheid in België behandeld. In een eerste deel worden de reactoren van KCDoel in de context van kerncentrales wereldwijd besproken alsook historische ongevallen met gelijkaardige reactoren. Vervolgens worden de verschillende scenario's die voor Doel 1 en 2 werden beschouwd en hun berekende impact besproken. [Referentie MEB werken]

Doel 1 en 2 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^{lxxxiii} werden er wereldwijd een hele vloot PWR kerncentrales gebouwd. Eind 2019 waren er wereldwijd 361 bestaande PWR kerncentrales (zowel in werking als buiten bedrijf), op basis van gegevens beschikbaar bij het IAEA^{lxxxiv}. Deze wereldwijde vloot van PWRs is, sinds de in bedrijfstelling van de eerste PWR, in totaal 7.806 jaar in bedrijf geweest op basis van de gegevens beschikbaar in het IAEA PRIS^{lxxxv}. 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^{lxxxvi}.

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 hardwarefouten. Ten slotte is er geen explosie of brand ontstaan en bleef de reactorinsluiting behouden. De radioactieve lozings hebben verwaarloosbare effecten op de menselijke gezondheid en het milieu gehad (zie bijvoorbeeld^{lxxxvii}, ^{lxxxviii} en ^{lxxxix}). 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.

Zoals in §3.3.2 Accidentele scenario's beschreven, zijn er twee ontwerpbasisongeval^{lxxx}-scenario's en één ontwerpuitbreidingsongeval^{lxxxi}-scenario beschouwd voor Doel 1 en 2. De twee ontwerpbasisongevallen, namelijk i) hoofdbreuk primaire leiding ('Loss Of Coolant Accident' – LOCA) en ii) het vallen van een bestraald splijtstofelement (Fuel Handling Accident - FHA), werden tijdens het ontwerp beschreven en hun radiologische impact werd in het verleden (voor het eerst in 1972) geëvalueerd^{lv}. In het kader van de geïntegreerde actieplannen voor langetermijntuitbating is er een nieuwe component geïnstalleerd in beide eenheden, het 'Containment Filtered Venting System' (CFVS), dat een invloed heeft op de radiologische impact van het LOCA-ongeval. De radiologische impact van beide scenario's ligt aan de site grens van KCDoel, onder de vergunningslimieten die werden vastgelegd in de algemene gegevens voor KCDoel in het kader van Art. 37 van het verdrag van Rome^{lv}.

Het ontwerpuitbreidingsongeval werd recent beschreven en de radiologische impact daarvan werd geëvalueerd [MEB werken]. Het scenario beschouwt een volledige stroomuitval ('Complete Station Black Out' – CSBO) waardoor er een kernsmelting gebeurt en het reactorvat faalt, gevolgd door het onder druk brengen van de insluiting boven de ontwerpdruk. Vervolgens wordt er radioactiviteit naar de omgeving geloosd via het CFVS [MEB werken]. Dit scenario is een DEC-B ongeval dat bijna alle mogelijke DEC-B scenario's dekt en ook alle DEC-A omstandigheden. Indien dit ongeval plaatsvindt, zou de resulterende lozing naar de atmosfeer gelijkaardig zijn aan de lozing tijdens het TMI ongeval omdat het CFVS-systeem grotendeels enkel edelgassen doorlaat. De resulterende radiologisch impact hangt af van de bronterm zelf, maar ook van de lozingskarakteristieken en van de weersomstandigheden. De berekende radiologische impact toont aan dat, ter hoogte van de rand van KCDoel, de impact lager blijft dan de vergunningslimiet voor de ongevallen zoals vastgelegd in de algemene gegevens voor KCDoel in het kader van Art. 37 van het verdrag van Rome [MER werken].

Bij uitstel van desactivatie van Doel 1 en 2 is het evident dat de kans op een ongeval in de periode 2015-2025 groter is dan bij de desactivatie van Doel 1 en 2 en dit eveneens voor de hele site van KCDoel omwille van de verdere

uitbating van de twee reactoren. Er dient echter opgemerkt te worden, gezien de werken in het kader van het LTO en BEST project, dat de kans op en de effecten van een ongeval sinds 2019 in de eenheden Doel 1 en 2 kleiner zijn geworden voor eenzelfde hoeveelheid geproduceerde elektriciteit dan voorheen. Dit geldt dus ook voor de hele site van KCDoel daar de kans op ongevallen voor en de mogelijke radiologische impact van de eenheden Doel 3 en 4 en het afvalwaterbehandelingsgebouw (WAB) en het Splijstof Container Gebouw (SCG) in de beschouwde periode gelijk blijven (of dalen vanaf 2022 door het stilleggen van Doel 3).

De analyse van de kans op optreden en de effecten van ongevallen is een statistische analyse waarbij er nooit volledig kan worden uitgesloten dat ongevallen gebeuren en dat de nodige maatregelen getroffen moeten worden om de bevolking en het leefmilieu te beschermen. In dit geval zal het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgisch grondgebied van kracht zijn (zie §3.8).

3.6.2 Radiologische effecten op biodiversiteit (fauna en flora)

3.6.2.1 Effecten op fauna en flora bij normaal bedrijf

Zoals eerder gemeld bestaan er in België geen richtlijnen of is er geen regelgevend kader om de impact van straling op het leefmilieu (fauna en flora) te evalueren. Onze evaluatie is dan ook kwalitatief.

In de omgeving van de kerncentrale van Doel zijn er diverse waardevolle natuurgebieden die wettelijk beschermd zijn, zoals het Schelde- en Durmeëstuarium van de Nederlandse grens tot Gent en de Nederlandse beschermingszone Westerschelde en Saeftinghe (Habitatrichtlijngebieden). Beide gebieden zijn ook belangrijke Vogelrichtlijngebieden die bestaan uit diverse waterrijke gebieden zoals zompige moerassen, ondoordringbare rietlanden, slikken en brakke schorren. Het unieke brakwaterecosysteem is van cruciaal belang voor broedvogels, overwinterende en doortrekkende watervogels waaronder beschermde soorten broedvogels zoals Bruine Kiekendief, Blauwborst en Kluut (opgenomen in bijlage I van de Vogelrichtlijn)^{lxxxii}. Daarnaast is het ook een broedplaats voor verschillende soorten vissen en zijn er nog talrijke andere beschermde planten- en diersoorten.

Impact van routinelozingen

In de periode 2010-2011 werden door het Studiecentrum voor Kernenergie, in opdracht van Electrabel nv, studies uitgevoerd om de radiologische impact van atmosferische en vloeibare routinelozingen op het milieu te evalueren^{lxxxiii,lxxxiv,lxxxv}. Voor de berekeningen werd de ERICA tool (Environmental Risk from Ionising Contaminants Assessment and Management tool) gebruikt, de referentietool voor biota^{lxxxvi}. De mogelijke impact wordt geschat aan de hand van een risicoquotiënt (RQ), gedefinieerd als de verhouding van het berekende dosistempo (PEDR) en een geschatte geen-effect dosistempo als screeningwaarde (PNEDR). De door ERICA voorgestelde richtwaarde van $10 \mu\text{Gy h}^{-1}$ werd gebruikt als referentieniveau. Zoals eerder gemeld worden bij dergelijk dosistempo ecosystemen verondersteld beschermd te zijn.

De impactanalyses werden enerzijds uitgevoerd voor de atmosferische en vloeibare lozingslimieten van de site Doel. De screeningwaarde van $10 \mu\text{Gy h}^{-1}$ werd nooit overschreden ondanks bijkomende conservatieve aannames bijvoorbeeld met betrekking tot de verspreiding van radionucliden. De reële lozingen bedroegen minder dan 1% van de dosislimieten en de resulterende dosistempi waren grootteordes lager dan de richtwaarde, en de geassocieerde RQ waren $< 0,01$.

Uit het feit dat de lozingen afkomstig van de Doel 1 en 2 reactorunits 50-60% bedragen van deze van de gehele Doel-site (die bestaat uit 4 reactorunits), kan geconcludeerd worden dat het zeer onwaarschijnlijk is dat de routinelozingen van de Doel 1 en 2-reactoren een effect zouden hebben op het milieu en bijgevolg de biodiversiteit van de nabijgelegen habitatrichtlijngebieden of andere (beschermde) natuurgebieden en ecosysteem. Aangezien de lozingen de laatste twee decennia vrij stabiel zijn gebleven, kan worden verondersteld dat deze trend zich voortzet bij verlenging van de werking van Doel 1 en 2 van 2015 tot 2025 en dus het toekomstig risico van effecten op het milieu ten gevolge van routinelozingen onbestaande is. Deze conclusie is in lijn met het OSPAR verdrag waarvan één van de belangrijkste doelstellingen het beschermen van het zeegebied tegen de nadelige effecten van menselijke activiteiten is, om zo de gezondheid van de mens te beschermen en het mariene ecosysteem in stand te houden.

3.6.2.2 Radiologische effecten op fauna en flora bij ongevallen

Voor wat de accidentele scenario's betreft, worden er zoals eerder beschreven drie scenario's beschouwd, met name (1) een verlies van koeling accident (LOCA – loss-of-coolant accident); (2) een splijstofbehandelingsaccident (FHA - fuel handling accident) en (3) een Complete Station Black-Out (CSBO) van één van de reactoreenheden. De eerste twee accidentele scenario's zijn Design Basis Accidenten (DBA), het laatste scenario is een Beyond Design Basis Accident (BDBA). Een meer gedetailleerde beschrijving van deze scenario's is te vinden in §3.6.1.2.

Bij de Design Based Scenario's (DBA) komen er enkel edelgassen en jodium-radioisotopen vrij en enkel de jodium-isotopen slaan neer. LOCA resulteert in hogere depositieniveaus dan FHA^{lxvii} (gebaseerd op lagere schildklierblootstelling bij FHA dan bij LOCA). Als we ons baseren op de depositiewaarden in Tabel 8-22 van het MER van 2010 van de Kerncentrale van Doel (Deel II blz. 250)^{lxviii} dan is het dosisdebiet nooit hoger dan is $45 \mu\text{G h}^{-1}$, ondanks heel conservatieve aannames (hoogste dosis voor invertebraten, regenwormen, amfibieën, reptielen en zoogdieren). Ook als we de deposities cumulatief benaderen (verval beschouwend) is het dosisdebiet nooit hoger dan $45 \mu\text{G h}^{-1}$. Dit dosisdebiet bevindt zich in de range van $10\text{-}100 \mu\text{Gy h}^{-1}$ waarbij men de kans dat het ecosysteem beschermd is als heel hoog beschouwt (Tabel 32). Voor de meeste organismen is na 4 dagen blootstelling en voor alle organismen na 30 dagen het dosisdebiet gedaald tot $< 10 \mu\text{G h}^{-1}$. Ter herinnering, de richt-of drempelwaarden zijn afgeleid voor chronische blootstelling terwijl het gegeven accidentele scenario een acute, transiënte (beperkte) dosisbelasting betreft.

Bij het BDBA komen diverse radionucliden vrij waaronder I-131, I-133, Cs-134, Cs-137, Sr-89, Sr-90, Ba-140, Am-241 maar in zo lage hoeveelheden (geschatte deposities factor 1000 lager dan in het LOCA accidentele scenario) dat er geen impact is van dit scenario op fauna en flora of biodiversiteit in het algemeen.

Het meest ernstige nucleaire ongeval in een PWR-kerncentrale, namelijk bij Three Mile Island in 1979 (beschreven in §3.6.1.2 Ongevallen), was alleen meetbaar in de nabije omgeving van de kerncentrale. De maximale geschatte opgelopen effectieve dosis door de bevolking in de nabije omgeving was 1 mSv ^{lxviii} en in zulke omstandigheden wordt er geen effect op fauna en flora verwacht.

3.6.2.3 Besluit

Omdat er geen effect is op fauna en flora van de radioactieve routinelozingen noch van de accidentele scenario's die beschouwd werden, kan besloten worden dat het uitstel van desactivatie van Doel 1 en 2 geen negatieve impact heeft op de biodiversiteit ten gevolge van radioactieve lozingen.

3.6.3 Effecten op radioactief afval, verbruikte splijstof, ontmanteling

3.6.3.1 Radioactief afval

Uitstel van desactivatie van de kernreactoren Doel 1-2 zal aanleiding geven tot het ontstaan van een bijkomende hoeveelheid laag- en middelradioactief afval. Van de gemiddelde productie van 120 m^3 geconditioneerd afval per jaar voor KCDoel (zie §3.4.4.2) is ongeveer 1/3 te wijten aan Doel 1 en 2, oftewel $40 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Dit komt bij benadering overeen met de verhouding van het aandeel van beide reactoren tot het totaal vermogen, of tot de totale hoeveelheid geproduceerde elektriciteit. Ter vergelijking, in de periode 2005-2015 was de tweelingreactor goed voor 32% van de bruto, en 34% van de netto elektriciteitsproductie te Doel. Er dient evenwel opgemerkt dat een groot deel van het afval niet gebonden is aan de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit. Het ontstaat bij werkzaamheden aan installaties, poetswerk of het wassen van werkkledij^{lxix}. Ook voor deze fractie wordt aangenomen dat 1/3 een goede benadering vormt voor het aandeel van Doel 1 en 2.

Op basis hiervan wordt een cumulatieve meerproductie van 400 m^3 te bergen laag- en middelactief afval verwacht gedurende de referentieperiode 2015-2025. Dit is voornamelijk afval van categorie A, met slechts een beperkte hoeveelheid categorie B-afval. Vermoedelijk zullen enkel de harsen en filters van de CSD (Chemical System Decontamination) onder deze laatste categorie vallen (informatie Electrabel nv). Vergeleken met de $\sim 50\,000 \text{ m}^3$ categorie A-afval die momenteel is opgenomen als bronterm in het veiligheidsdossier van de oppervlakteberging^{lxxviii} betekent dit een marginale toename van 0,8%.

In de veronderstelling dat de hoeveelheid B-afval verwaarloosbaar is, komt het bijkomend volume afval overeen met ongeveer 250 monolieten of een kwart van een module in de bergingsinrichting voor categorie A-afval. De (volumetrische) capaciteit van de berging bedraagt 34 modules^{lxxxviii}, gebaseerd op:

- ramingen van de hoeveelheden bestaand en toekomstig categorie A-afval uit 2013 (dus geen rekening houdend met een mogelijk uitstel van desactivatie van Doel 1-2): 28,6 modules;
- een reserve van ~20% (5,4 modules), waarvan een beslissing tot verlenging van Doel 1-2 dus een kwart module of ~5% consumeert.

Daarbij wordt verondersteld dat dit afval voldoet aan de acceptatiecriteria vooropgesteld door NIRAS, die onder meer criteria qua splijtstoffen en kritikaliteit, evenals activiteitsconcentratielimieten op radionuclideniveau voor het afval omvatten. 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.

3.6.3.2 Verbruikte splijtstoffen

Cumulatieve hoeveelheden

Op dezelfde manier als voor radioactief afval wordt een schatting gemaakt van het cumulatief aantal splijtstofelementen dat verbruikt zal worden gedurende de referentieperiode 2015-2025. Uitgaande van een gemiddelde ontlading van 55 splijtstofelementen per jaar voor Doel 1 en 2 (zie Tabel 42) wordt het cumulatief meerverbruik ten gevolge van het uitstel van desactivatie geschat op 550 splijtstofelementen.

Ook NIRAS houdt rekening met een bijkomend aantal splijtstofelementen rond dezelfde grootteorde (609 stuks, zie Tabel 44) ten gevolge van de verlenging van de exploitatie van Doel 1 en 2. Dit kan afgeleid worden uit de door NIRAS beschouwde projecties vóór en na 2015 van het aantal verbruikte splijtstoffen op het einde van de levensduur van de Belgische kerncentrales. De splijtstofbundels met een lengte van 8 voet (UOX 8ft in Tabel 44) zijn deze die - uitsluitend - in Doel 1 en 2 geladen worden.

Tabel 44: Overzicht van de verschillende types en het aantal verbruikte splijtstofelementen op het einde van de levensduur van de Belgische kerncentrales.

	Desactivatie 2025		Desactivatie 2015		Verschil	
	# splijtstofelementen	tHM	# splijtstofelementen	tHM	# splijtstofelementen	tHM
UOX 8ft	2359	625	1750	464	609	161
UOX 12ft	5109	2350	5109	2350		
UOX 14ft	3426	1850	3426	1850		
MOX 12ft	144	66	144	66		
totaal UOX	10894	4825	10285	4664		
totaal UOX/MOX	11038	4891	10429	4730		

Afgewogen ten opzichte van het gehele Belgische reactorpark, komt dit overeen met een meerverbruik van 5,8% in aantal splijtstofbundels, of 3,4% in ton Heavy Metal (tHM). Gezien deze relatief beperkte hoeveelheid en aangenomen dat deze in eigenschappen (bv. opbrand) gelijkaardig zullen zijn aan de bestaande splijtstofelementen worden geen effecten op het verdere beheer ervan verwacht.

We herinneren eraan dat verbruikte splijtstof, zolang deze eigendom is van SYNATOM en niet overgedragen aan NIRAS, niet als radioactief afval beschouwd wordt. De beleidskeuzes die gemaakt dienen te worden met betrekking tot het langetermijnbeheer van de splijtstof zullen implicaties hebben voor de aard en de hoeveelheden finaal te bergen categorie B- en C- afval. NIRAS houdt in zijn RD&D-programma rekening met de optie van directe berging

van verbruikte splijtstof, met een aangepast bergingsconcept (supercontainer) voor elk type. Aangezien er per supercontainer 4 UOX splijtstofbundels kunnen verpakt worden, komt een 600-tal extra splijtstofbundels ten gevolge van het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 overeen met ~150 extra supercontainers of ~630 m lengte extra bergingsgalerij.

Opslag

In KCDoel worden splijtstofelementen tijdelijk droog opgeslagen in containers in het SCG (zie §3.4.4.3) Door het uitstel van desactivatie van Doel 1 en 2 zal de afkoppeling van het net van de 4 eenheden gecondenseerd worden in enkele jaren (2022-2025), waar dit anders meer gespreid zou verlopen. Electrabel nv verzekert dat er voldoende opslagcapaciteit voor splijtstofelementen aanwezig zal zijn, dankzij de geplande constructie van de opslagfaciliteit SF² ^{lxxi}, waarvoor de vergunningsprocedure lopende is. Daarbij zal het bestaande SCG-gebouw (Splijtstof Container Gebouw) voornamelijk gebruikt worden voor opslag van splijtstofbundels van Doel 1-2, en het SFB-gebouw bestemd zijn voor opslag van splijtstofelementen van Doel 3 en Doel 4. De desactivatiebekkens fungeren als buffer, waarin de splijtstofbundels kunnen afkoelen. Meer gedetailleerde informatie rond het SF²-project kan teruggevonden worden in het desbetreffende MER rapport ^{lxxi}.

Het IAEA heeft een internationaal onderzoeksprogramma^{lxxxix} uitgevoerd (project SPAR: Spent Fuel Performance and Research Program, 1997-2001) naar het gedrag van bestraald 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 splijtstofelementen. 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.

3.6.3.3 Ontmantelingsafval

Tijdens ontmantelingswerkzaamheden worden radioactieve componenten verwijderd uit de centrales en worden derhalve ook grote hoeveelheden radioactief afval gegenereerd. Een deel van dit afval is hierbij te wijten aan de neutronenactivatie van grote (structuur)componenten. Deze activatie gebeurt tijdens de werking van de centrale en wordt meestal ingeschat via berekeningen. 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. Omdat de afvalclassificatie (categorie A of B) afhankelijk is van de totale hoeveelheid veiligheidsrelevante nucliden, wordt verwacht dat een langere blootstelling aan neutronen mogelijk kan leiden tot een verschuiving van afvalcategorie (bv. van categorie A naar categorie B). Door de hoge massa van deze materialen, heeft een hogere activatie daarom potentieel een significant effect op de hoeveelheid geproduceerd afval (categorie A en B) tijdens ontmanteling. Er zijn momenteel weinig tot geen meetgegevens beschikbaar om de deze berekeningen te verifiëren.

Teneinde kwantitatief een inschatting te kunnen doen van het effect van het uitstel van de desactivatie gedurende 10 jaar, werd een berekening gemaakt van de activatie van het reactorvat van Doel 1 en 2 met behulp van de activeringscode ALEPH2^{xc}. Voor de samenstelling van het reactorvat werd uitgegaan van een samenstelling zoals gegeven in Gerard *et al.* (1996)^{xcii}: het reactorvat is gemaakt van stalen ringen Soudotenax 56 en de samenstelling in gewichtsprocent van de belangrijkste elementen is gegeven in Tabel 45.

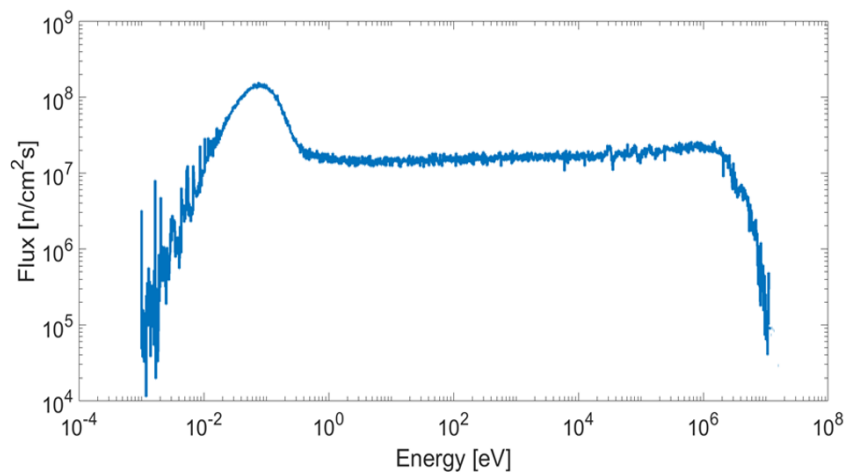
Tabel 45: Samenstelling van de belangrijkste elementen van het reactorvat (in gewichts%).

C	Co	Cr	Mn	Ni	P	S	Si	Mo	Cu
0,147	0,012	0,58	0,96	0,79	0,01	0,01	0,25	0,35	0,085

Deze elementen bepalen het thermochemisch gedrag van het staal. Echter, in de erts 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^{xcii}.

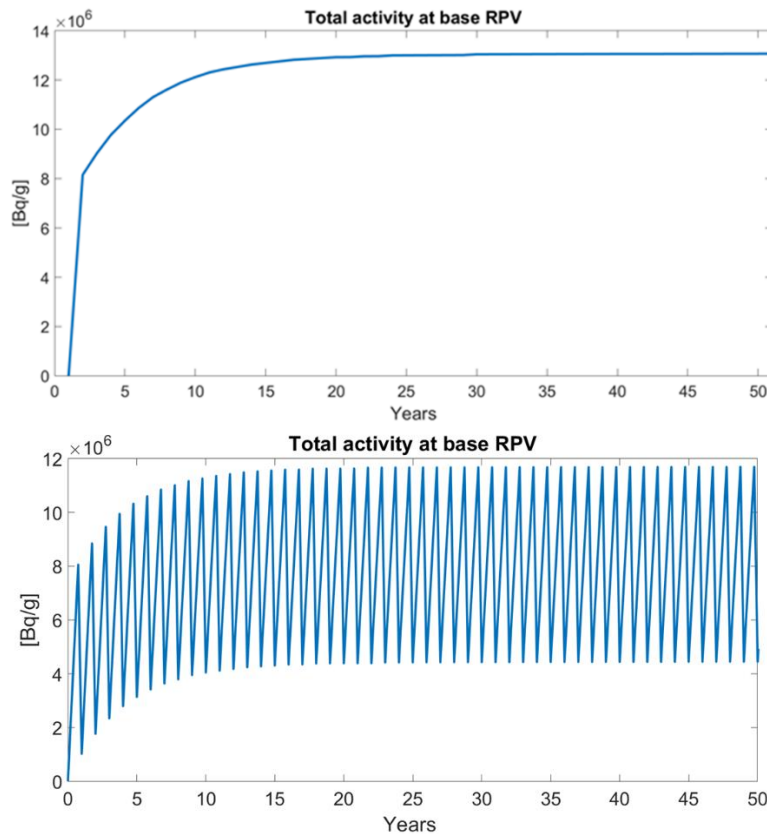
Activatieberekeningen werden vervolgens uitgevoerd met de ALEPH2 code op een controlevolume van het reactorvat gebaseerd op bestraling met een voorgedefinieerd genormaliseerd neutronenspectrum (Figuur 41Figuur 42) dat normaal wordt geobserveerd op de middelste dwarse doorsnede van een reactorvat van een thermische lichtwaterreactor. Een constante energie-geïntegreerde flux van 4.75×10^{10} [n/cm²s] werd gebruikt, gebaseerd op de maximum design reactorvat fluentie van Doel 1 en 2 na 40 jaar operatie.



Figuur 42: Flux doorheen reactorvat in functie van de neutronenergie op de middelste dwarse doorsnede van een reactorvat van Doel I/II gebruikt door de ALEPH2 code.

De berekeningen werden uitgevoerd met als doel om, op relatieve basis, een inschatting te krijgen hoe de activiteit van de aanwezige isotopen verandert ten gevolge van activatie door neutronen na resp. 40 en 50 jaar werking van de reactor. Hiervoor werden de volgende 2 rekengevallen gehanteerd (Figuur 43):

- Een berekening met constante irradiatie zonder verval, met tijdstappen gelijk aan de actuele Electric Full Power Day (EPFD) van Doel I gedurende de periode 1974-2015;
- Een berekening met radioactief verval tussen de cycli, waarbij wordt uitgegaan van een gemiddelde bestralingstijd per cyclus van 30 Electric Full Power Years gelijk verdeeld over 40 jaar werking: elke cyclus bestaat dus uit 274 dagen activatie gevolgd door 91 dagen verval.



Figuur 43: Gecumuleerde activiteit van de isotopische inventaris binnen het controlevolume van het reactorvat, als functie van de tijd (Boven: constante bestraling; Onder: met verval tussen de cycli).

De resultaten van beide rekengevallen zijn relatief vergelijkbaar:

- De totale activiteit in het geactiveerde reactorvat na 50 jaar bestraling wordt (onmiddellijk na afschakeling) gedomineerd door relatief kortlevende radionucliden, met als voornaamste ^{56}Mn ($T_{1/2}$ 2.5789 h) en ^{55}Fe ($T_{1/2}$ = 2.737 y). In de lijst van de 10 nucliden die het meest bijdragen aan de totale activiteit worden enkel voor volgende nucliden een relatieve verandering opgemeten: ^{60}Co ($T_{1/2}$ = 5.27 y) 0.4-0.7% en ^{63}Ni ($T_{1/2}$ = 100 y) 22,0-23,4% vermeerdering na 50 jaar resp. 40 jaar uitbating. De totale absolute activiteit verandert echter weinig;
- Voor de meeste langlevende isotopen (^{14}C $T_{1/2}$ = 5700 y, ^{36}Cl $T_{1/2}$ = $3\text{E}+05$ y, ^{41}Ca $T_{1/2}$ = $1\text{E}+05$ y, ^{59}Ni $T_{1/2}$ = $7.6\text{E}+04$ y, ^{63}Ni $T_{1/2}$ = 100 y, ^{79}Se $T_{1/2}$ = $3.3\text{E}+05$ y, ^{93}Zr $T_{1/2}$ = $1.5\text{E}+06$ y, ^{94}Nb $T_{1/2}$ = $2\text{E}+04$ y, ^{93}Mo $T_{1/2}$ = 4000 y, ^{99}Tc $T_{1/2}$ = $2.1\text{E}+05$ y) vermeerderd de activiteit met ongeveer 25% (22-28%) bij een levensduurverlenging van 40 naar 50 jaar. Dit reflecteert het feit dat activatie blijft doorlopen à rato van de verlenging in bestraling, en dat deze isotopen niet vervallen tijdens de levensduur van de centrale. Door hun lage abundantie (beperkt voorkomen), heeft deze verhoging echter weinig effect op de totale absolute activiteit.

Uit deze modelberekening kan dan ook 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 structurelementen van de centrale, 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 structurelementen, à 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 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 structurelementen van de centrales ontbreken (of ons onbekend zijn). Over het algemeen mag men echter een lichte verschuiving verwachten naar “zwaardere” afvalklassen, zonder dat dit evenwel problemen met zich meebrengt voor het langetermijnbeheer van deze klassen.

3.7 Grensoverschrijdende effecten

3.7.1 Normaal bedrijf

De grens met Nederland ligt op kortste afstand op zo'n 3,15 km van de site van KCDoel. Gezien echter de verwaarloosbare en niet waarneembare radiologische impact (0,02 mSv/jaar) bij de uitbating van alle eenheden van KCDoel voor de meest blootgestelde persoon zich op Belgisch grondgebied bevindt net buiten de site van KCDoel en het feit dat de impact enkel afneemt met de afstand kan er gesteld worden dat er geen grensoverschrijdende effecten zijn bij normaal bedrijf van Doel 1 en 2, m.a.w. bij uitstel desactivatie Doel 1 en 2.

3.7.2 Ongevallen

In dit deel wordt de radiologische impact buiten de Belgische grenzen besproken voor accidentscenario's. Zoals vermeld in §3.3.2 zijn er vergunningslimieten voor de dichtstbijzijnde grens, zijnde Nederland op 3.15 km, voor de twee ontwerpbasisongevallen maar zijn er geen specifieke wettelijke limieten of grenswaarden voor de grensoverschrijdende radiologische impact op langere afstanden. De dosislimietwaarde van 1 mSv/jaar voor normale uitbating zoals vermeld in artikel 12 van de 2013/59/Euratom-richtlijn kan echter wel als indicatieve waarde worden gebruikt. Zoals beschreven in §3.8, voorziet de HERCA-WENRA benadering^{xciii} dat het buurland geen maatregelen treft die conflicteren met of verder reiken dan de maatregelen van het bronland. In deze context kunnen de interventierichtwaarden van het nucleaire en radiologische noodplan op Belgische grondgebied ook gebruikt worden als indicatieve waarden voor grensoverschrijdende effecten. In deze paragraaf worden 3 cases/studies besproken in de context van grensoverschrijdende effecten, met als doel een omvattend overzicht te geven van mogelijke grensoverschrijdende radiologische impact van ongevallen bij KCDoel: (i) het enige historische PWR-ongeval, namelijk het ongeval in Three Mile Island, (ii) de beschouwde ongevalsscenario's voor de eenheden Doel 1 en 2 en (iii) andere relevante studies.

Het meest ernstige nucleaire ongeval in een PWR-kerncentrale, namelijk bij Three Mile Island in 1979 (beschreven in §3.6.1.2 Ongevallen), was alleen meetbaar in de nabije omgeving van de kerncentrale. De maximale opgelopen effectieve dosis door de bevolking in de nabije omgeving was 1 mSv^{lxvii}, wat dus van dezelfde grootteorde is als de limietwaarden van 1 mSv/jaar voor normale uitbating in de EU-richtlijn^{lxvii}. Deze opgelopen effectieve dosis ligt onder de Belgische richtwaarden voor schuilen van de bevolking.

De radiologische impact van de twee ontwerpbasisongevallen voor KCDoel 1 en 2 aan de dichtstbijzijnde grens, namelijk Nederland op ongeveer 3,15 km van KCDoel, blijven onder de vergunningslimieten van de algemene gegevens voor KCDoel 1 en 2 en de berekende effectieve dosis voor de bevolking geeft 0,3 tot 0,5 mSv (zie MEB werken). Het ontwerpuitbreidingsongeval zou als radiologische impact aan de dichtstbijzijnde grens een opgelopen effectieve dosis voor de bevolking van ongeveer 0,5 mSv geven (zie MEB werken). Deze waarden liggen ook onder de Belgische richtwaarden voor schuilen van de bevolking. Opnieuw is dit een statistische analyse waarbij het nooit uitgesloten kan worden, afhankelijk van de reëel geloosde hoeveelheden radionucliden gedurende het ongeval en de meteorologische omstandigheden dat ongevallen met een grotere radiologische impact, waarvoor de waarschijnlijkheid beperkter is, kunnen optreden.

Een voorbeeld van de geografische spreiding van het risico van zeer ernstige ongevallen in nucleaire installaties in Europa werd onderzocht in een studie gefinancierd door de Oostenrijkse regering^{lxviii}. Het project resulteerde in een web-based tool, genaamd FlexRISK, waar de impact van elke beschouwde nucleaire installatie kan worden gevisualiseerd voor een volledig jaar van weergegevens (het jaar 1995, de studie zelf werd uitgevoerd voor 10 jaar meteorologische data). Doel 1 en 2 werden voor deze studie in aanmerking genomen met een “containment bypass accident” waarbij een aanzienlijk grotere hoeveelheid geloosd wordt met een toegewezen waarschijnlijkheid van optreden die echter veel lager ligt. De resulterende impact is, naast de bronterm zelf, afhankelijk van de vrijgaveparameters en van de weersomstandigheden. In sommige simulaties overschrijdt de effectieve dosis de 1

mSv/jaar dosislimiet van de EU richtlijnen en de grenswaarde voor schuilen van het Belgische nucleaire en radiologische noodplan in de omliggende landen.

Indien een ongeval zou plaatsvinden met een significante grensoverschrijdende radiologische impact (*i.e.* met een impact die zou leiden tot het overschrijden van interventieniveaus), zullen de nationale nucleaire en radiologische noodplannen geactiveerd worden om de bevolking en het leefmilieu te beschermen.

3.8 Milderende maatregelen: noodplanning

3.8.1 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^{xcv}.

In een nucleaire of radiologische noodsituatie zijn de objectieven:

- a) de situatie weer onder controle krijgen en de gevolgen beperken;
- b) levens redden;
- c) ernstige deterministische effecten vermijden of tot een minimum beperken;
- d) eerste hulp verlenen, kritieke medische behandeling bieden en de behandeling van stralingsletsels beheren;
- e) het risico op stochastische effecten verminderen;
- f) de bevolking op de hoogte houden en het vertrouwen van het publiek behouden;
- g) de niet-radiologische gevolgen zoveel mogelijk beperken;
- h) eigendommen en het milieu zoveel mogelijk beschermen;
- i) zich zoveel mogelijk voorbereiden op de hervatting van de normale sociale en economische activiteit.

Blootstelling na een ongeval kan gebeuren via dezelfde blootstellingswegen als beschreven in §3.3.

3.8.2 Wettelijk kader

3.8.2.1 Europese en internationale richtlijnen

Tabel 46 geeft de belangrijkste Europese en internationale richtlijnen met betrekking tot nucleaire noodplanning.

Tabel 46: Relevante Europese en internationale richtlijnen met betrekking tot nucleaire noodplanning.

Europese en internationale richtlijn	Relevante inhoud m.b.t. nucleaire noodplanning
2013/59/Euratom ^{xcvi}	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 47).
IAEA Safety Standards Series No. GS-G-2.1 ^{xcvii}	In deze richtsnoeren worden passende reacties op een reeks nucleaire of radiologische noodsituaties beschreven.
IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7 ^{xcvii}	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 ^{xcviii}	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 ^{xcix}	Dit rapport bevat richtsnoeren omtrent de paraatheid voor en de reactie op alle situaties van blootstelling aan straling in nucleaire of radiologische noodsituaties.

3.8.2.2 Belgische wetgeving

Hieronder volgt een overzicht van de Belgische wetgeving die relevant is voor nucleaire noodplanning (Tabel 47).

Tabel 47: 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 FANCC ^c	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) ^{ci}	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) ^{cii}	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) ^{ciii}	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) ^{civ}	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) ^{cv}	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.

3.8.3 Interne en externe noodplannen voor de nucleaire installaties van KCDoel

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 KCDoel wordt de bedrijfskamer in Doel (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) de milieu-impact en onderhoudt het contact met het CGCCR^{vi}.

3.8.4 Harmonisatie tussen buurlanden voor KCDoel

Het is wenselijk dat landen hun uitgangspunten voor de te volgen aanpak bij een grensoverschrijdend kernongeval op voorhand met elkaar afstemmen^{vii}. 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^{xci} 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, België (en Duitsland) hebben beleid geformuleerd om vergelijkbare beschermingsmaatregelen bij een kernongeval voor te bereiden (zie Tabel 48).

Tabel 48: Door België en Nederland vastgestelde voorbereidingszones (straal van de cirkels in km) rondom de kerncentrale van Doel voor de directe beschermingsmaatregelen bij een nucleaire noodsituatie.

Beleid België			Beleid Nederland	
	Vorbereidingszone	Extensiezone		
Reflexzone ³⁵	3,5			
Evacueren	10	20	Evacueren	10
Schuilen	20	100	Schuilen	20
Doelgroepen jodium			Doelgroepen jodium	
- t/m 40 jaar en zwangeren	20	100	- t/m 40 jaar en zwangeren	20
- t/m 18 jaar en zwangeren			- t/m 18 jaar en zwangeren	100

3.8.5 Organisatie van noodplanoefeningen voor KCDoel

KCDoel houdt verschillende malen per jaar interne oefeningen. Daarnaast bepaalt het nucleaire en radiologisch noodplan voor het Belgische grondgebied dat jaarlijks een noodplanoefening wordt georganiseerd voor KCDoel door het crisiscentrum. Elke 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^{viii}:

- theoretische oefeningen: de verschillende actoren zitten samen rond de tafel en bespreken hoe ze in werkelijkheid zouden optreden;

³⁵ Onmiddellijke bescherming in geval van General Emergency – reflex mode (gouverneur).

- 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 49 worden de oefeningen voor KCDoel weergegeven van de afgelopen 15 jaar. Er vond 10 maal een oefening plaats voor Doel 1 en/of 2.

Tabel 49: Oefeningen KCDoel van de afgelopen 15 jaar.

Datum	Reactor	Aard oefening	Deelname buitenland?
14/09/2020	2	Beperkte oefening (theoretisch)	/
21/03/2019	2	Beperkte oefening	/
8/05/2018	4	Beperkte oefening	/
21/11/2017	1,2,3,4,5	Uitgebreide oefening	/
15/03/2016	1	Beperkte oefening	/
26/03/2015	4	Beperkte oefening	/
14/10/2014	2	Beperkte oefening	/
22/10/2013	3	Uitgebreide oefening	/
29/03/2012	2	beperkte oefening	/
6/09/2011	4	beperkte oefening	/
27/04/2010	1	Uitgebreide oefening	/
19/10/2009 en 20/10/2009	1, 2, 3, 4	Oefening van grote omvang	Ja, bilaterale interactie met Nederland op alle niveaus
16/09/2008	1	Beperkte oefening	/
2/05/2007		Beperkte oefening (zandbak oefening)	/
7/09/2006		Beperkte oefening	/
19/09/2005 en 22/09/2005	1	Uitgebreide oefening	/

3.9 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 bronterm), de meteorologische omstandigheden en de locatie van personen en 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 (conservatieve schatting van 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 (eventueel in een ongeval aangevuld met tegenmaatregelen zoals schuilen, het nemen van stabiel jodium en evacuatie). Niettegenstaande de onzekerheden hierboven beschreven, zijn in geval van normaal bedrijf de dosissen waaraan men blootgesteld is 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 §3.6.1.2). 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 basisconcepten §3.1 en noodplanning §3.8), maar ook bijna steeds ver onder effectieve dosissen waar epidemiologische studies stochastische effecten van straling kunnen aantonen (ontstaan van kanker en genetische effecten: zie §3.1). 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 §3.1).

4 Synthese en besluit

4.1 Synthese van de effecten

In deze milieueffectbeoordeling werden zowel de radiologische als de niet-radiologische effecten van het uitstel (over de periode 2015-2025) van de desactivatie van Doel 1 en 2 bestudeerd en beoordeeld.

Voor wat de niet-radiologische effecten betreft gaat het daarbij om de effecten binnen de thema's Oppervlaktewater, Lucht, Biodiversiteit, Mens en Gezondheid en Klimaat. Binnen deze milieueffectbeoordeling worden deze effecten beoordeeld in het licht van de mate waarin ze al dan niet bijdragen aan het bereiken van de beleidsdoelstellingen voor deze thema's. De focus ligt daarbij op de receptordisciplines Biodiversiteit en Mens en Gezondheid; de andere disciplines leveren de informatie aan die nodig is om de effecten in het kader van deze receptordisciplines correct te beschrijven.

Voor de thema's Bodem, Grondwater, Geluid, Mobiliteit en Landschap werd geoordeeld dat er geen aanzienlijke (niet-radiologische) effecten te verwachten waren van het uitstel van de desactivatie. Deze werken dus evenmin door in de receptordisciplines.

Voor de meeste van de effecten die wel bestudeerd worden in deze MEB is het duidelijk dat ze zich in de referentiesituatie (de situatie waarbij de desactivatie in 2015 niet zou zijn uitgesteld) niet zouden hebben voorgedaan, en dat met die desactivatie op zich geen negatieve effecten zouden gepaard geweest zijn. In enkele gevallen moet er echter wél rekening mee gehouden worden dat het niet uitstellen van de desactivatie over de periode 2015-2025 tot (mogelijk aanzienlijke) effecten zou kunnen aanleiding gegeven hebben. Het gaat daarbij in de eerste plaats om de emissies die zouden veroorzaakt zijn door het (theoretische) productiepark dat de weggevallen nucleaire capaciteit over die periode zou hebben moeten vervangen³⁶. De meest relevante emissies in dat verband zijn emissies van stikstofoxiden (NO_x), met mogelijke doorwerking op de menselijke gezondheid, en emissies van broeikasgassen, met mogelijke doorwerking binnen het thema Klimaat. Aangezien deze emissies zich niet hebben voorgedaan bij uitvoering van het Project (het uitstel van de desactivatie) wordt er in deze MEB naar verwezen met de term "vermeden emissies".

4.1.1 Niet-radiologische effecten

4.1.1.1 Thema Water

Het 10 jaar langer in exploitatie houden van Doel 1 en 2 betekent dat er gedurende 10 jaar (gezuiverd) sanitair **afvalwater**, behandeld bedrijfsafvalwater en (opgewarmd) **koelwater** zal geloosd worden. Hoewel voor de meeste parameters aan de gestelde lozingsnormen kan voldaan worden en de berekende bijdrage aan de concentratieverhoging beperkt tot verwaarloosbaar is betekent dit toch een restverontreiniging die gedurende 10 jaar 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. Voor een achteruitgang van de **ecologische toestand** van de Zeeschelde ten gevolge van het 10 jaar langer openhouden van Doel 1 en 2 moet echter niet gevreesd worden, mits blijvend aandacht aan monitoring en tijdige bijsturing blijft gebeuren.

Een knelpunt bij de huidige exploitatie van KCDoel is ook 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 terecht komt, en op die manier ook een bijdrage levert aan de overstortproblematiek. Gezien intensere regenbuien

³⁶ Dit theoretische productiepark kan uiteraard nog andere effecten gehad hebben, in termen van bv. waterkwaliteit, biodiversiteit, landschap, Deze effecten zijn echter in de eerste plaats lokaal relevant, en dus moeilijk te begroten, aangezien de locaties van de theoretische vervangingscapaciteit niet gekend zijn.

ten gevolge van de al vast te stellen klimaatverandering niet te ontkennen zijn, is dit een knelpunt dat aandacht verdient in de volgende 5 jaar van verdere exploitatie van de kerncentrale.

Doorgaans voldoet de kerncentrale aan de opgelegde **lozingsnormen** voor sanitair afvalwater, bedrijfsafvalwater en koelwater, maar voor enkele parameters worden de lozingsnormen niet gehaald (bv. nitriet, AOX). Inspanningen zijn nog nodig om ook voor deze parameters de saneringsinfrastructuur aan te passen of 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 van 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.

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.

Het 10 jaar langer openhouden van de centrales betekent dat de aanwezigheid van de gemengde riolering en de **overstortproblematiek** zullen bestendig worden tijdens die periode. Ook de **thermische impact** op de Zeeschelde zal voortgezet worden.

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. De kerncentrale bevindt zich niet in overstromingsgevoelig gebied en is ook voldoende beschermd tegen mogelijke toekomstige overstromingsrisico's ten gevolge van zeespiegelstijging en intensere regenbuien (door klimaatverandering). Er zijn ook geen aanwijzingen dat de centrale ongewenste stroomafwaartse (in de laaggelegen polders) overstromingsrisico's veroorzaakt of in stand houdt. Het langer openhouden van Doel 1 en 2 draagt bijgevolg niet merkbaar verder bij aan het beperken of veroorzaken van overstromingsrisico's.

De evaluatie van de bijdrage aan de beleidsdoelstelling "**duurzame watervoorziening**" tijdens de periode van uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 is eerder negatief, gezien bijvoorbeeld het feit dat geen hemelwater wordt hergebruikt en gezien de afwezigheid van afkoppelings- en onthardingsprojecten.

4.1.1.2 Thema Biodiversiteit

In het kader van het thema Biodiversiteit werd in de eerste plaats onderzocht of het Project **schade aan de natuur** kan vermijden, zoals opgelegd door het Natuurdecreet. Bij de effectanalyse werd rekening gehouden met wijziging van de oppervlaktewaterkwaliteit, barrièrewerking, mortaliteit, verstoring, verzuring en vermessing vanuit de lucht en direct ruimtebeslag. Voor barrièrewerking, mortaliteit en direct ruimtebeslag bleken er geen effecten te verwachten zijn. Voor verstoring is 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 vermessing vanuit de lucht is de bijdrage van het Project 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 Project **geen vermijdbare schade** zal veroorzaken.

Deze analyse werd verder verscherpt voor de VEN-gebieden in de omgeving van de kerncentrale. De belangrijkste natuurwaarden hier zijn de slikken en schorren zelf, de vogels die hier voorkomen en de vissen in de Schelde. Voor de slikken en de vissen in de Schelde is de impact op de oppervlaktewaterkwaliteit een aandachtspunt. Uit de gegevens opgenomen in de milieueffectbeoordeling met betrekking tot de werken, 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.

Algemeen kan dan ook besloten worden dat er als gevolg van het Project **geen vermijdbare en onherstelbare schade** zal optreden **binnen de VEN-gebieden** in de omgeving van de centrale.

Het projectgebied is omgeven door SBZ-V en grenst ook aan SBZ-H. Het Project mag geen betekenisvolle effecten ten aanzien van **NATURA2000-gebieden** met zich meebrengen. In de effectanalyse werd besloten dat geen effecten verwacht worden op het vlak van barrièrewerking of mortaliteit. 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 Project het behalen van de natuurdoelen niet in gedrang brengt. Voor direct **ruimtebeslag** werd daarom nagegaan of de beslissing om Doel 1 en 2 langer in werking te houden de ontwikkeling van nieuw leefgebied in het gedrang heeft gebracht. Dit is niet het geval gezien de mogelijkheid om leefgebied te ontwikkelen op deze locatie sowieso niet aanwezig is. Bovendien is de bijkomende oppervlakte niet nodig om de natuurdoelen voor het SBZ-V te kunnen halen.

Ook voor **verzurende en eutrofiërende deposities** geldt dat de impact moet afgetoetst worden aan zowel de huidige natuurwaarden als aan de natuurdoelen. Voor de impact van het Project zelf is deze aftoetsing eenvoudig. Er wordt immers slechts een verwaarloosbare impact verwacht en de nabijgelegen actuele habitats en doelen hebben betrekking op habitats die weinig gevoelig zijn voor stikstofdepositie. 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.

De belangrijkste niet radiologische impact van de kerncentrale met relevantie voor het thema biodiversiteit 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 macroinvertebraten 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 kerncentrale aanleiding geeft tot verhoogde geluidsniveaus, is de bijdrage van enkel Doel 1 en 2 vermoedelijk beperkt. Andere vormen van verstoring, zoals lichtverstoring of verstoring door de aanwezigheid van mensen wijzigen niet in belangrijke mate omwille van het Project.

Er kan dan ook besloten worden dat het Project **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 Project aan deze doelstelling neutraal is.

In de context van het **Soortenbesluit** tenslotte kan besloten worden dat het Project geen belemmering vormt voor het behalen van de doelstellingen in de soortenbeschermingsprogramma's en dat de bijdrage van het Project aan deze doelstelling neutraal is.

4.1.1.3 Thema Lucht

Tegenover de beleidsdoelstellingen en de emissiereducties die binnen België en de gewesten dienen gerealiseerd te worden, kan gesteld worden dat de **emissies** veroorzaakt door de exploitatie van Doel 1 en 2 verwaarloosbaar zijn. Gezien de "eindperiode" van deze MEB op 2025 ligt hebben deze "eigen emissies" uiteraard geen impact op de doelstellingen 2030. Ook in termen van **luchtkwaliteit** is er van deze "eigen emissies" geen impact te verwachten.

Voor wat betreft de “vermeden” emissies die zouden ontstaan bij het uit dienst nemen van de installaties van Doel 1 en 2, kan aangegeven worden dat deze tegenover de reductiedoelstellingen weliswaar negatief zouden inwerken (er ontstaan immers extra emissies), maar het aandeel van deze emissies tegenover de nationale en gewestelijke emissieplafonds kan voor de meeste parameters als relatief beperkt beoordeeld worden. Inzake NO_x kunnen deze emissies echter wél als aanmerkelijk beschouwd worden. Gemiddeld over de periode van 2015-2025 gaat het hierbij om 0,4% van het nationaal NO_x-plafond voor 2030.

Bij de variant waarbij de vermeden emissies berekend werden op basis van maximale emissies afkomstig van de nieuwste generatie aardgasgestookte STEG's, liggen de bijdragen inzake NO_x en NH₃ wel (aanzienlijk) hoger dan bij de eerste berekeningsvariant. De vermeden emissies inzake NO_x hebben een bijdrage van 0,4 à 0,8% (met een gemiddelde van 0,6, %) over de periode 2015-2025) aan het federaal emissieplafond voor 2030. Voor NH₃ krijgen we gemiddeld 0,37, % over de periode 2015-2025 (versus < 0.01, % bij de eerste berekeningswijze), eveneens berekend t.o.v. het federaal emissieplafond voor 2030.

De impact op de luchtkwaliteit van de mogelijke bronnen die instaan voor de “vervangingsproductie” van Doel 1 en 2 kan in de nabije omgeving van deze bronnen (enkele kilometers) als beperkt beoordeeld worden. Op verdere afstand worden de effecten door de toenemende dispersie verwaarloosbaar beschouwd.

De NO_x, en desgevallend NH₃-emissies kunnen lokaal ook een impact veroorzaken als gevolg van verzurende en eutrofiërende deposities. Maar ook ten aanzien van deze parameters dient aangegeven te worden dat de impact sterk afhankelijk zal zijn van eventuele vergunningsvoorwaarden en bronkarakteristieken van de “vervangende installaties”.

Duidelijk is alleszins dat bij langer openhouden van Doel 1 en 2 de emissies die over de periode 2015-2025 door de verbrandingsinstallaties verbonden aan beide reactoreenheden zouden gegenereerd worden vele malen kleiner zijn dan de emissies die zouden gegenereerd worden over diezelfde periode als Doel 1 en 2 in 2015 zouden gedesactiveerd zijn. Voor SO_x en NO_x gaat het, bij de gebruikte aannames met betrekking tot de samenstelling van het productiepark in de referentiesituatie (eerste variant), respectievelijk om 0,5% en 1,8%. De emissies toe te schrijven aan het langer open houden van de centrales zijn dus zeer klein in vergelijking met de emissies die er door vermeden worden. Dit geldt uiteraard ook voor de hiervan afgeleide effecten op de luchtkwaliteit en op de verzurende en eutrofiërende deposities. De werkelijke omvang van deze “vermeden” afgeleide effecten is echter niet gekend, aangezien ze sterk afhangen van eventuele vergunningsvoorwaarden en bronkarakteristieken van de vervanginstallaties, en van de kwetsbaarheid van de omgeving waarin ze zich bevinden.

4.1.1.4 Thema Klimaat

Over de hele periode genomen resulteert het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 in de emissie van maximaal ongeveer 5.500 ton CO₂eq. Als we de emissies uitdrukken tegenover de geproduceerde elektriciteit krijgen we een waarde die voor de besproken jaren schommelt tussen 0,070 en 0,146 gram CO₂ per kWh, wat zeer laag is.

De *vermeden* broeikasgasemissies bij het langer open houden van Doel 1 en 2 zijn van een andere orde. Over de hele periode genomen resulteert het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 in het vermijden van de emissie van ongeveer 22.000 kton CO₂eq. Dit komt neer op een besparing van ongeveer 2,5% van de totale broeikasgasemissies in Vlaanderen voor het jaar 2018 (77.700 kton), of bijna 17% van de emissies in de subsector “electriciteit en warmte” voor Vlaanderen in datzelfde jaar. Als we de vergelijking maken met de emissies die vrijkomen bij de werking van Doel 1 en 2 over dezelfde periode (5500 ton) dan kunnen we vaststellen dat de emissies van Doel 1 en 2 over de periode waarop het uitstel van de desactivatie van toepassing is slechts 0,025% 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**.

Over de referentieperiode 2015-2020 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 uitstel van desactivatie, enerzijds als gevolg van de korte tijdschors (2025) waarbinnen klimaatverandering tot uiting kan komen, anderzijds als gevolg van het feit dat de site van Doel 1 en 2 ook bij desactivatie in 2015 verhard zal blijven

tijdens de 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.

Uit de analyse die in deze MEB wordt gerapporteerd blijkt tenslotte duidelijk dat de site bestand is tegen gevolgen van een klimaatverandering (in termen van overstroming, wateroverlast, extreem weer, ...) die veel verder gaat dan de te verwachten situatie in 2025. Het feit of Doel 1 en 2 over de referentieperiode 2015-2025 al dan niet in werking zijn verandert daar niets aan. De beoordeling is dus **neutraal**.

4.1.1.5 Thema Gezondheid

Het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 leidt niet tot gezondheidseffecten als gevolg van **chemische of fysische stressoren**. Wel is het zo dat bij de productie van nucleaire energie onder meer de emissie van stikstofoxiden vermeden wordt, wat een positief effect heeft in het kader van milieugezondheidsrisicoanalyse. De **vermeden emissies** van stikstofoxiden bedragen ongeveer 500 ton op jaarbasis.

Een bijkomend aandachtspunt hierbij is dat nucleaire energie staat voor centrale productie. Decentrale productie van energie (wat in de referentiesituatie minstens deels het geval zou zijn) zorgt voor het ontstaan van hinderaspecten op een groter aantal plaatsen, waardoor het Project (met een grotere focus op centrale productie) voor wat dat aspect betreft positief kan worden beoordeeld.

Het is moeilijk om een uitspraak te doen over het belang van de **psychosomatische en psychosociale klachten** die het gevolg kunnen zijn van enerzijds de werking van de kerncentrale van Doel en anderzijds van de nucleaire sector in het algemeen.

Gezien de beperkte bewoning in de omgeving zijn deze voor wat Doel 1 en 2 betreft sowieso te verwaarlozen. Wat betreft de nucleaire sector, kunnen we de besluiten van de SCK CEN barometer (2018) overnemen. Algemeen blijkt hieruit dat, naast milieuvervuiling, het niet conform gebruik van nucleaire technologie de hoogste bezorgdheid wegdraagt bij de bevolking. Algemeen is er consensus om het aantal kerncentrales te reduceren en neemt het vertrouwen in de bescherming tegen een nucleair incident af. Er blijkt echter geen uitgesproken negatieve perceptie te bestaan tegen de productie van nucleaire energie.

Grootschalige stroompannes kunnen waarschijnlijk ook tot gezondheidseffecten leiden. Aangezien het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 erop gericht was de bevoorradingszekerheid veilig te stellen en dus grootschalige stroompannes te vermijden kan uitgegaan worden van een positief gezondheidseffect van het Project. De factoren die het belang van het gezondheidseffect van een stroompanne bepalen zijn onder meer directe parameters als duurtijd en frequentie, en anderzijds contextuele parameters als buitentemperatuur en de schaal. Veiligheidsproblemen ontstaan eveneens bij een stroompanne, doch deze zijn niet het voorwerp van de discipline gezondheid. Een belangrijke studie (Dominianni 2018) rapporteert de gezondheidseffecten van een stroomonderbreking op basis van drie voorgekomen gebeurtenissen. Bij twee van de drie stroomonderbrekingen was de context mee bepalend: de stroomonderbrekingen vonden plaats tijdens een hittegolf. De effecten gebaseerd op dit onderzoek omvatten ademhalingsproblemen en waarschijnlijk een verhoogde mortaliteit. Stroomonderbrekingen bij hittegolven kunnen leiden tot nierfalen. Bij extreme koude leiden stroomonderbrekingen tot meer algemene doodsoorzaken en hartziekten. Gezien de context in Vlaanderen en België kunnen we de bijdrage van het Project aan (het vermijden van) gezondheidseffecten ten gevolge van stroomonderbreking **neutraal tot positief indelen**.

4.1.2 Radiologische effecten

4.1.2.1 Impact op de menselijke gezondheid

Voor wat de radiologische effecten betreft werden zowel de effecten van het Project bij normale werking bestudeerd (inbegrepen de productie van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen) als de effecten bij accidentele situaties.

Bij de **normale werking** van KCDoel worden op gecontroleerde wijze beperkte hoeveelheden radioactiviteit geloosd in de atmosfeer en in het oppervlaktewater.

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 effluënten zijn afkomstig van processen die bijvoorbeeld in de kerncentrales voorzien zijn om de ontgassing van het primair koelwater te verzekeren of van de algemene ventilatie van de nucleaire gebouwen.

De vloeibare effluënten 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 effluënten. Deze 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 sanitair afvalwater (douches, lavabo's, ...) en het schoonmaakwater van de vloeren in de nucleaire zones.

Voor het berekenen van de impact van de lozingen naar de atmosfeer wordt gebruik gemaakt van atmosferische verspreiding- en depositiemodellen. Voor de berekening van de concentraties van de geloosde radionucliden in het Scheldewater wordt gebruik gemaakt van een eenvoudig riviermodel dat rekening houdt met de verdunning van de geloosde volumes. Het resultaat van deze verschillende berekeningen wordt verder als vertrekpunt gebruikt voor het berekenen van de radiologische impact op mens en milieu.

Personen van het publiek die in de buurt van nucleaire sites wonen, of regelmatig verblijven, kunnen in bepaalde mate aan de radioactieve stoffen worden blootgesteld die afkomstig zijn van de atmosferische of vloeibare lozingen van de installaties. De blootstellingswijzen omvatten externe bestraling door radionucliden aanwezig in de lucht of die zich afgezet hebben op de bodem en andere oppervlakken, en interne blootstelling door opname van radioactiviteit in het lichaam, door het inademen van radioactieve stoffen of door inname van plantaardige of dierlijk voedsel dat zelf radioactiviteit heeft opgenomen. De bevolking kan ook worden blootgesteld aan radioactiviteit door rivierwater te gebruiken, door te vertoeven op het water of rivieroever, of door vis uit de Schelde te consumeren.

Bij de dosisberekeningen wordt rekening gehouden met alle blootstellingswegen en wordt er een kritische persoon verondersteld die permanent aanwezig is op de plaats van maximale dosisbelasting en die 10% van zijn voedsel haalt uit een gebied waar de afzetting van de geloosde radionucliden maximaal is.

De berekeningen op basis van het monitoren van de lozingen tonen in de huidige situatie een maximale impact voor de meest blootgestelde kritische persoon van 0,02 mSv/jaar. Deze conservatief berekende effectieve dosis voor de meest blootgestelde persoon is 50 keer lager dan de dosislimiet voor het publiek die 1 mSv/jaar bedraagt. Ook de monitoring van de omgeving toont dat KCDoel geen meetbare radiologische impact heeft op zijn omgeving. De blootstelling in de omgeving van Doel wordt volledig gedomineerd door de blootstelling aan natuurlijke radioactiviteit, zoals in andere delen van het land.

Bij uitstel van desactivatie van Doel 1 en 2 zullen bij verdere uitbating van deze twee eenheden de gasvormige en de vloeibare lozingen verbonden aan normale bedrijf tot in 2025 doorgaan. De lozingen zijn volledig bepaald door de werking van de eenheden en gerelateerd aan het thermische vermogen en de behandeling van de vloeibare en gasvormige effluënten. Gezien in dit functioneren geen fundamentele wijzigingen zijn doorgevoerd in het kader van het geïntegreerd actieplan voor uitbating na 2015 (Tienjaarlijkse herziening, Long Term Operation en BEST actie - stress tests) kan er verondersteld worden dat zowel de atmosferische als vloeibare radioactieve effluënten zullen geloosd worden onder dezelfde omstandigheden als in 2015.

De radiologische impact van zowel de atmosferische als de vloeibare lozingen voor de hele site van KCDoel zal bijgevolg bij uitstel desactivatie Doel 1 en 2 gelijkaardig blijven en rond de 0.02 mSv/jaar voor de meest blootgestelde persoon bedragen.

Door de uitbating van de kerncentrales over hun volledige levensduur kunnen verder bepaalde radionucliden met voldoende lange halveringstijd accumuleren in de bodem. In theorie zal bij uitstel van de desactivatie deze accumulatie 10 jaar langer doorgaan, vooraleer zich een daling van de bodemconcentraties inzet als gevolg van radioactief verval. Uit een analyse gemaakt in het kader van voorliggende MEB blijkt echter (voor Cs-137) dat het effect van accumulatie in de bodem en dus zeker ook het verschil tussen desactivatie of uitstel desactivatie in 2015 niet waarneembaar is. Voor kortlevende nucliden zal zich over langere periode geen accumulatie voordoen,

aangezien heel snel evenwicht bereikt wordt tussen afzetting en verval. Ook voor het langlevende koolstof-14 zal zich geen belangrijke accumulatie voordoen, omdat de consensus bestaat dat er een evenwicht is tussen de concentratie in de lucht en de bodem.

Uit de MEB blijkt ook dat de radiologische impact voor de beschouwde **ongevallen** in KCDoel (1 en 2) op de menselijke gezondheid zeer beperkt is. Deze analyse is gebaseerd op de studie van twee ontwerpbasisongevalscenario's en één ontwerpuitbreidingsongeval^{ciX}-scenario (zie MEB werken). In elk van deze situaties blijft de impact ter hoogte van de domeingrens van KCDoel lager blijft dan de vergunningslimieten en zijn de grensoverschrijdende effecten, in het bijzonder op Nederland op 3.15 km, ook beneden de vergunningslimieten. De impact van ongevallen is gebaseerd op een statistische analyse en ongevallen die een hogere impact geven zijn dan ook nooit uitgesloten. In deze omstandigheden kunnen in het kader van de nationale nucleaire en radiologische noodplannen verdere maatregelen genomen worden om de bevolking te beschermen. Deze noodplannen worden voor KCDoel jaarlijks getest.

4.1.2.2 Impact op biodiversiteit

Omdat de radiologische impact op een ecosysteem moeilijk te evalueren valt 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 die ze bezetten. Het geheel van referentieorganismen refereert naar een ecosysteem. Bij de selectie van indicatorspecies of specifieke referentieorganismen wordt dan ook extra aandacht besteed aan de "waarde" van een organisme binnen het ecosysteem onder studie.

In de periode 2010-2011 werden door het Studiecentrum voor Kernenergie, in opdracht van Electrabel nv, studies uitgevoerd om de radiologische impact van atmosferische en vloeibare **routinelozingen** op het milieu te evalueren. Voor de berekeningen werd de ERICA tool (Environmental Risk from Ionising Contaminants Assessment and Management tool) gebruikt, de referentietool voor biota. De mogelijke impact wordt geschat aan de hand van een risicoquotiënt (RQ), gedefinieerd als de verhouding van het berekende dosistempo (PEDR) en een geschatte geen-effect dosistempo als screeningwaarde (PNEDR). De door ERICA voorgestelde richtwaarde van $10 \mu\text{Gy h}^{-1}$ werd gebruikt als referentieniveau. Zoals eerder gemeld worden bij dergelijk dosistempo ecosystemen verondersteld beschermd te zijn.

De impactanalyses werden enerzijds uitgevoerd voor de atmosferische en vloeibare lozingslimieten van de site Doel. De screeningwaarde van $10 \mu\text{Gy h}^{-1}$ werd nooit overschreden ondanks bijkomende conservatieve aannames bijvoorbeeld met betrekking tot de verspreiding van radionucliden. De reële lozingen bedroegen minder dan 1% van de dosislimieten en de resulterende dosistempi waren grootteordes lager dan de richtwaarde, en de geassocieerde RQ waren $< < 0.01$.

Uit het feit dat de lozingen afkomstig van de Doel 1 en 2 reactorunits 50-60% bedragen van deze van de gehele Doel-site (die bestaat uit 4 reactorunits), kan geconcludeerd worden dat het zeer onwaarschijnlijk is dat de routinelozingen van de Doel 1 en 2-reactoren een effect zouden hebben op het milieu en bijgevolg de biodiversiteit van de nabijgelegen habitatrichtlijngebieden of andere (beschermd) natuurgebieden en ecosystemen. Aangezien de lozingen de laatste twee decennia vrij stabiel zijn gebleven, kan worden verondersteld dat deze trend zich voortzet bij verlenging van de werking van Doel 1 en 2 van 2015 tot 2025, en dat dus het toekomstig risico van effecten op het milieu ten gevolge van routinelozingen onbestaande is.

Voor wat de **accidentele** scenario's betreft, worden er bij de eerder vermelde scenario's nooit een dosisdebiet berekend dat hoger is dan $45 \mu\text{G h}^{-1}$, ondanks heel conservatieve aannames (hoogste dosis voor invertebraten, regenwormen, amfibieën, reptielen en zoogdieren). Dit dosisdebiet bevindt zich in de range van $10-100 \mu\text{Gy h}^{-1}$ waarbij men de kans dat het ecosysteem beschermd is als heel hoog inschat. Voor de meeste organismen is na 4 dagen blootstelling en voor alle organismen na 30 dagen het dosisdebiet gedaald tot $< 10 \mu\text{G h}^{-1}$.

Omdat er geen effect is op fauna en flora van de radioactieve routinelozingen noch van de accidentele scenario's die beschouwd werden, kan besloten worden dat het uitstel van desactivatie van Doel 1 en 2 geen negatieve impact heeft op de biodiversiteit ten gevolge van radioactieve lozingen.

4.1.2.3 Impact op de productie van afval en verbruikte splijststoffen

Uitstel van desactivatie van de kernreactoren Doel 1-2 zal aanleiding geven tot het ontstaan van een bijkomende hoeveelheid laag- en middelradioactief afval. Van de gemiddelde productie van 120 m³ geconditioneerd afval per jaar voor KCDoel is ongeveer 1/3 te wijten aan Doel 1-2, ofwel 40 m³/jaar. Dit komt bij benadering overeen met de verhouding van het aandeel van beide reactoren tot het totaal vermogen, of tot de totale hoeveelheid geproduceerde elektriciteit. Er dient evenwel opgemerkt dat een groot deel van het afval niet gebonden is aan de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit. Het ontstaat bij werkzaamheden aan installaties, poetswerk of het wassen van werkkledij. Ook voor deze fractie wordt aangenomen dat 1/3 een goede benadering vormt voor het aandeel van Doel 1 en 2.

Op basis hiervan wordt een cumulatieve meerproductie van 400 m³ te bergen laag- en middelactief afval verwacht gedurende de referentieperiode 2015-2025. Dit is voornamelijk afval van categorie A, met slechts een beperkte hoeveelheid categorie B-afval.

In de veronderstelling dat de hoeveelheid B-afval verwaarloosbaar is, komt het bijkomend volume afval overeen met ongeveer 250 monolieten of een kwart van een module in de bergingsinrichting voor categorie A-afval. De (volumetrische) capaciteit van de berging bedraagt 34 modules. 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.

Op dezelfde manier als voor radioactief afval werd een schatting gemaakt van het cumulatief aantal splijstofelementen dat verbruikt zal worden gedurende de referentieperiode 2015-2025. Uitgaande van een gemiddelde ontlading van 55 splijstofelementen per jaar voor Doel 1 en 2 wordt het cumulatief meerverbruik ten gevolge van het uitstel van desactivatie geschat op 550 splijstofelementen. Ook NIRAS houdt rekening met een bijkomend aantal splijstofelementen rond dezelfde grootteorde (609 stuks, zie Tabel 44) ten gevolge van de verlenging van de exploitatie van Doel 1 en 2. Afgewogen ten opzichte van het gehele Belgische reactorpark, komt dit overeen met een meerverbruik van 5,8% in aantal splijstofbundels, of 3,4% in ton Heavy Metal (tHM).

Gezien deze relatief beperkte hoeveelheid en aangenomen dat deze in eigenschappen gelijkaardig zullen zijn aan de bestaande splijstofelementen worden geen effecten op het verdere beheer ervan verwacht. In Doel worden splijstofelementen tijdelijk droog opgeslagen in containers in het SCG. Door het uitstel van desactivatie van Doel 1-2 zal de afkoppeling van het net van de 4 eenheden gecondenseerd worden in enkele jaren (2022-2025), waar dit anders meer gespreid zou verlopen. Electrabel nv verzekert dat er voldoende opslagcapaciteit voor splijstofelementen aanwezig zal zijn, dankzij de geplande constructie van de opslagfaciliteit SF², waarvoor de vergunningsprocedure lopende is.

Tijdens ontmantelingswerkzaamheden worden radioactieve componenten verwijderd uit de centrales en worden derhalve ook grote hoeveelheden radioactief afval gegenereerd. Een deel van dit afval is hierbij te wijten aan de neutronenactivatie van grote (structuur)componenten. Omdat de afvalclassificatie (categorie A of B) afhankelijk is van de totale hoeveelheid veiligheidsrelevante nucliden, wordt verwacht dat een langere blootstelling aan neutronen mogelijk kan leiden tot een verschuiving van afvalcategorie (bv. van categorie A naar categorie B). Voor deze lichte verschuiving naar "zwaardere" afvalklassen worden er evenwel geen problemen verwacht voor het langetermijnbeheer van deze klassen.

4.2 Synthese van de grensoverschrijdende effecten

4.2.1 Niet-radiologische effecten

De meeste niet-radiologische effecten toe te schrijven aan het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 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) van de temperatuurinvloed van het koelwater van KCDoel 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 de desactivatie niet wordt uitgesteld. 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.

4.2.2 Radiologische effecten

4.2.2.1 Normaal bedrijf

De grens met Nederland ligt op kortste afstand op zo'n 3,15 km van de site van KCDoel. Gezien echter de verwaarloosbare en niet waarneembare radiologische impact (0,02 mSv/jaar) bij de uitbating van alle eenheden van KCDoel voor de meest blootgestelde persoon zich op Belgisch grondgebied bevindt (net buiten de site van KCDoel), en het feit dat de impact enkel afneemt met de afstand, kan er gesteld worden dat er bij uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 geen grensoverschrijdende effecten optreden bij normaal bedrijf.

4.2.2.2 Ongevallen

De radiologische impact aan de grens met Nederland (op ongeveer 3,15 km van KCDoel) van de ontwerp-ongevallen beschouwd in de MEB werken vertaalt zich in een opgelopen effectieve dosis voor de bevolking van ongeveer 0,5 mSv of minder. Deze waarde ligt onder de Belgische richtwaarden voor schuilen van de bevolking. Het kan niet worden uitgesloten dat ongevallen met een grotere bronterm, en waarvoor de waarschijnlijkheid beperkter is, kunnen optreden.

Indien een ongeval zou plaatsvinden met een significante grensoverschrijdende radiologische impact (i.e. met een impact die zou leiden tot het overschrijden van interventieniveaus), zullen de nationale nucleaire en radiologische noodplannen geactiveerd worden om de bevolking en het leefmilieu te beschermen.

4.3 Milderende maatregelen

Vanuit de niet-radiologische thema's werden geen aanzienlijke effecten vastgesteld, en is er dan ook geen nood aan milderende maatregelen. Dit geldt eveneens voor de radiologische effecten bij normale uitbating. Mochten zich in ongevalsituaties toch aanzienlijk negatieve radiologische effecten voordoen dan kunnen milderende maatregelen onmiddellijk geïmplementeerd worden onder vorm van de interne en externe noodplanning (zie §3.8).

4.4 Leemten in de kennis

Er werden geen leemten in de kennis vastgesteld waardoor de beoordeling van de effecten niet voldoende nauwkeurig kon gebeuren, en die bij invulling ervan eventueel tot andere besluiten zouden leiden.

Niet essentiële leemten in de kennis voor de *niet-radiologische* thema's hebben onder meer betrekking op:

- inzicht in het aandeel afvalwater afkomstig van Doel 1 en 2 en dus van de exacte bijdrage van de werking van Doel 1 en 2 aan de restverontreiniging die in de Schelde terechtkomt;
- de aard en locatie van de (hypothetische) installaties die over de periode 2015-2025 bij desactivatie van Doel 1 en 2 de weggevallen capaciteit hadden moeten invullen. De impact op de omgeving van deze installaties (in termen van luchtkwaliteit, stikstofdepositie, gezondheid, ...) kan dan ook niet met enige mate van zekerheid ingeschat worden;
- de beschikbaarheid van studies over de gezondheidsimpact van stroomonderbrekingen;
- het belang van directe effecten van NO_x beneden de actuele drempelwaarde van de WGO
- het inschatten van de kans op een stroomonderbreking.

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 meteorologische omstandigheden en de locatie van personen en hun leefgewoonten. 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 (conservatieve schatting van 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 en de locatie en gewoonten van mensen.

Ondanks deze onzekerheden zijn in geval van normaal bedrijf de dosissen waaraan iemand blootgesteld wordt extreem laag (veel kleiner dan 1 mSv/jaar). Ook in ongevalssituaties is de impact voor de hele of het grootste deel van de blootgestelde bevolking beperkt (meestal ver beneden de 100 mSv). Dosissen liggen ver beneden de grenswaarde voor het optreden van deterministische effecten, maar ook bijna steeds ver onder de effectieve dosissen waarvoor epidemiologische studies stochastische effecten van straling kunnen aantonen.

4.5 Algemeen besluit

Het uitstel van de desactivatie van Doel 1 en 2 kan aanleiding geven tot de bestendiging, gedurende een periode van 10 jaar, van een aantal effecten die in de periode ervoor ook al voorkwamen. De vraag die zich stelt is of dit feit beschouwd dient te worden als een aanzienlijk effect. Het antwoord op deze vraag werd in voorliggende MEB bestudeerd voor receptor groepen "mens" en "biodiversiteit", en dit zowel in termen van niet-radiologische als van radiologische effecten. Ook voor een aantal andere thema's waarvoor beleidsdoelstellingen bestaan die door het project zouden kunnen beïnvloed worden en/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.

Uit de analyse blijkt dat de effecten op het **watersysteem** niet van die aard zijn dat ze een effect hebben op de ecologische toestand van de Zeeschelde of dat ze het bereiken van het goed ecologisch potentieel van dat waterlichaam zouden hypothekeren. Wel wordt aandacht gevraagd voor de oplossing van problemen eigen aan de huidige werking, zoals de frequente overstortevens, de staat van het rioleringsstelsel en het feit dat niet steeds alle lozingsnormen gehaald worden. Ook op het vlak van het beleidsthema "duurzame watervoorziening" is er ruimte voor verbetering.

Binnen het kader van het thema **biodiversiteit** ging voor wat de *niet-radiologische effecten* aandacht uit naar de aspecten oppervlaktewaterkwaliteit, barrièrewerking, mortaliteit, verstoring, verzuring en vermessing vanuit de lucht, en direct ruimtebeslag. Voor barrièrewerking, mortaliteit en direct ruimtebeslag bleken er geen effecten te verwachten zijn. Voor verstoring is 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 vermessing vanuit de lucht is de bijdrage van het Project 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 de ecologische kwaliteit van de Zeeschelde.

Deze bevindingen gelden mutatis mutandis ook voor de effecten op de VEN-gebieden. Er worden geen barrière-effecten verwacht als gevolg van koelwaterlozing, en geen gevolgen van de lozing van pollutanten. Voor wat de impact op de speciale beschermingszones in de omgeving betreft kan besloten worden dat er geen negatieve impact is op de instandhoudingsdoelstellingen, en dat het Project het bereiken van die doelstellingen evenmin hypothekeert. Het effect van de vermeden emissies op de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden elders in België is positief, maar het belang ervan valt moeilijk te begroten. Uit de analyse van de radiologische effecten blijkt verder duidelijk dat noch als gevolg van de radioactieve routinelozingen noch als gevolg van de accidentele scenario's die beschouwd werden, een negatieve impact op de biodiversiteit in het algemeen of op de staat van instandhouding van de Natura 2000-gebieden in de omgeving van de centrale moet verwacht worden.

De niet-radiologische **atmosferische emissies** van de centrale, en de impact ervan op de luchtkwaliteit, zijn te verwaarlozen. De vermeden emissies van stikstofoxyden zijn, over de referentieperiode, laag in vergelijking met de emissiedoelstellingen. Lokaal kunnen deze in de omgeving van de (theoretische) vervangingscapaciteit wel een beperkt effect hebben op de luchtkwaliteit. De door het uitstel van de desactivatie vermeden emissies tijdens de periode 2015-2025 zijn trouwens veel groter dan de aan beide reactoreenheden verbonden niet-nucleaire emissies tijdens dezelfde periode.

Ook in termen van **broeikasgassen** geldt dat de emissies die vermeden werden door het uitstel van de desactivatie aanzienlijk veel belangrijker zijn dan de emissies eigen aan de werking van Doel 1 en 2 over de periode 2015-2025. Het Project heeft verder geen gevolgen voor de weerbaarheid van de omgeving aan de gevolgen van klimaatverandering, en is zelf evenmin kwetsbaar voor die veranderingen.

Op het vlak van **gezondheid** kan een zeer bescheiden positieve impact verwacht worden als gevolg van het vermijden van een hoeveelheid NO_x-emissies over de periode dat Doel 1 en 2 langer openblijven. Ook het feit dat belangrijke stroomonderbrekingen vermeden worden door het Project kan als positief beschouwd worden in termen van gezondheid. De radiologische effecten van het de centrale op de menselijke gezondheid zijn tot 50 maal lager dan de norm, en dit blijft zo bij het verderzetten van de werking van Doel 1 en 2 over de periode 2015-2025. De radiologische gezondheidseffecten van de kerncentrale Doel zijn dus verwaarloosbaar, met of zonder uitvoering van het Project. Dit geldt niet alleen voor de effecten in normale exploitatie, maar ook voor de effecten van eventuele accidenten.

Bibliografie

- Federaal Planbureau. (2015). *Studie over de perspectieven van elektriciteitsbevoorrading tegen het jaar 2030*. FOD Economie.
- GEMIX-groep. (2009). *Welke ideale energiemix voor België tegen 2020 en 2030?*
- Plancke, Y., Vereecken, H., Vanlede, J., Verwaest, T., & Mostaert, F. (2014). *Slibbalans-Zeeschelde: Deelrapport 5 - metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2013. Versie 4.0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.*
- Vanlierde, E., Michielsens, S., Vereycken, K., Hertoghs, R., Meire, D., Deschamps, M., Mostaert, F. (2016). *Tienjarig overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken - Decennium 2001 - 2010*. Antwerpen: Waterbouwkundig Laboratorium.

Referenties

- ⁱ Belgische black-outs berekend. Een kwantitatieve evaluatie van stroompannes in België. Federaal Planbureau, maart 2014.
- ⁱⁱ Laleman, R. en Albrecht, J. (2016) Belgian blackout? Estimations of the reserve margin during the nuclear phase-out. Electrical Power and Energy Systems 81.
- ⁱⁱⁱ <https://fanc.fgov.be/nl/nieuws/openbaar-onderzoek-voor-vergunning-nieuwe-installatie-doel>.
- ^{iv} <https://nuclear.engie-electrabel.be/nl/nuclear-energy/grote-nucleaire-projecten-belgie/definitieve-stopzetting-en-ontmanteling-van-een>.
- ^v Langetermijnnuitbating (LTO) van de Belgische kerncentrales <https://fanc.fgov.be/nl/dossiers/kerncentrales-belgie/langetermijnnuitbating-lto-van-de-belgische-kerncentrales> geraadpleegd 16/12/2020.
- ^{vi} https://fanc.fgov.be/nl/system/files/20111223_nationaal_verslag_kerncentrales.pdf.
- ^{vii} <https://fanc.fgov.be/nl/system/files/2019-08-29-rapport-be-cns2019.pdf>.
- ^{viii} Adequacy and flexibility study for Belgium 2020 – 2030. Elia, 2019.
- ^{ix} Strategic Environmental Assessment for Nuclear Power Programmes: Guidelines. IAEA Nuclear Energy Series N° NG-T-3.17. International Atomic Energy Agency, 2018.
- ^x VNSC (2019) Systeemanalyse natuur Schelde-estuarium. Gezamenlijk feitenonderzoek van stakeholders, deskundigen en de Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie, 62 p.
- ^{xi} 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.
- ^{xii} 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.
- ^{xiii} Koninklijk Besluit van 19 augustus 2020 tot wijziging van het koninklijkbesluit 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>.
- ^{xiv} 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.
- ^{xv} ICRP (2007) The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 pp. 2-4.
- ^{xvi} 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.
- ^{xvii} 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.
- ^{xviii} 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.
- ^{xix} Koninkrijk België, wet van 3 juni 2014 houdende wijziging van artikel 179 van de wet van 8 augustus 1980 betreffende de budgettaire voorstellen 1979-1980, wat de omzetting in het interne recht betreft van Richtlijn 2011/70/Euratom van de Raad van 19 juli 2011 tot vaststelling van een communautair kader voor een verantwoord en veilig beheer van verbruikte splijtstof en radioactief afval, http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=nl&la=N&cn=2014060303&table_name=wet.
- ^{xx} Richtlijn 2011/70/Euratom van de Raad van 19 juli 2011 tot vaststelling van een communautair kader voor een verantwoord en veilig beheer van verbruikte splijtstof en radioactief afval, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX%3A32011L0070>.
- ^{xxi} 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.
- ^{xxii} 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.
- ^{xxiii} 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 voortvloeiende gevaren en betreffende het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle.
- ^{xxiv} <http://www.jurion.fanc.fgov.be/jurdb-consult/consultatieLink?wettekstId=27752>.

xxv

<https://www.belgoprocess.be/activiteiten/Verwerken%20en%20conditioneren%20van%20alle%20types%20van%20radioactief%20afval>.

xxvi <http://www.belgoprocess.be/activiteiten/tussentijdse-opslag-van-geconditioneerd-belgisch-radioactief-afval>.

xxvii Ministerraad, Vergadering van 16 januari 1998, Beheer op lange termijn van het laagradioactieve afval.

xxviii Ministerraad, Vergadering van 23 juni 2006, Berging van radioactief afval (categorie A).

xxix https://www.niras.be/sites/default/files/2020-04/Ontwerpplan_NL_def.pdf.

xxx Eight Meeting of the Contracting Parties to the Convention of Nuclear Safety, Kingdom of Belgium, National Report, August 2019 - <https://fanc.fgov.be/nl/system/files/2019-08-29-rapport-be-cns2019.pdf>.

xxxi 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>

xxxii EPRI (Electric Power Research Institute). Estimation of Carbon-14 in Nuclear Power Plant Gaseous Effluents; 2010. - <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK201991/>.

xxxiii IAEA (1992) Effects of Ionizing Radiation on Plants and Animals at Levels Implied by Current Radiation Protection Standards - Technical Reports Series No. 332.

xxxiv 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.

xxxv 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.

xxxvi ICRP (2008) Environmental Protection: the concept and use of reference animals and plants (Publication 108). Ann. ICRP. Vol. 38, pp. 4-6.

xxxvii 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).

xxxviii 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.

xxxix 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.

xl 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. Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities. EUR 20418 EN/2.

xli Brown, J. E. et al. (2004) Radiation doses to aquatic organisms from natural radionuclides. Journal of Radiological Protection. Vol. 24, pp. A63-A77.

xlii 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.

xliii FANC website, geraadpleegd op 05-12-2020.

xliv IAEA Safety Standards Series (2012) Safety of Nuclear Power Plants: Design, SSR-2/1.

xlvi IAEA Safety Standards Series (2017) Safety of Nuclear Power Plants: Design, SSR-2/1 (Rev. 1).

xlvi IAEA Safety Standards, Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants (2010) Specific Safety Guide, SSG-2.

xlvi IAEA Safety Standards, Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants (2019) Specific Safety Guide, SSG-2 (Rev. 1).

xlvi Euratom verdrag, geconsolideerde versie van het verdrag tot oprichting van de Europese Gemeenschap voor Atoomenergie (2012).

xlix Richtlijn 2014/87/Euratom houdende wijziging van Richtlijn 2009/71/Euratom tot vaststelling van een communautair kader voor de nucleaire veiligheid van kerninstallaties (2014).

I Report WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, WENRA RHWG (2014).

li Koninklijk besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties, 01-03-2012.

lii Koninklijk besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties, 09-03-2020.

liii 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.

liv Bel V (2017) Safety Guidance – Guidance on the application of conservative and less conservative approaches for the analysis of radiological consequences.

lv Ontwerp kerncentrale Doel – Twee eenheden van 390 MWe – Algemene gegevens in het kader van Art. 37 van het VERDRAG VAN ROME (1972).

lvi Periodieke rapportering aan het FANC en Bel V betreffende de radioactieve vloeibare en gasvormige lozingen – FANC: <https://fanc.fgov.be/nl/system/files/2020-05-12-010-106-nl.pdf>, geraadpleegd op 14/12/2020.

- ^{lvii} Commission Recommendation of 18 December 2003 on standardised information on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation (notified under document number C(2003) 4832) (2004/2/Euratom) https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2004_2_en.pdf.
- ^{lviii} VERIFICATIONS UNDER THE TERMS OF ARTICLE 35 OF THE EURATOM TREATY https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/tech_report_belgium_2012_en.pdf.
- ^{lix} 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>.
- ^{lx} 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/nuclideDischargeOverview.do?action=submit&pageID=NuclideDischargeOverview&sessionId=z1Jr5jOaKbJgqCOTImhu5eqMBSenTqj!710889633!1608128017306&redirectAction=null>).
- ^{lxi} <https://fanc.fgov.be/nl/publicaties/verslagen-van-het-radiologisch-toezicht-belgie>.
- ^{lxii} <https://www.fanc.fgov.be/nl/publicaties/verslagen-van-het-radiologisch-toezicht-belgie>.
- ^{lxiii} Radiologisch toezicht in België – Syntheseverlag 2019, FANC-AFCN, <https://fanc.fgov.be/nl/system/files/2019-annual-report-srt-nl.pdf>.
- ^{lxiv} Radiocesium contamination in Belgium, S. Pommé et al. (1998) Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry volume 235, pp. 139–145.
- ^{lxv} <https://fanc.fgov.be/nl/professionelen/nucleaire-inrichtingen-klasse-i/toezicht-van-radioactieve-lozingen-van-klasse-i>, informatiedossier 2013 t.e.m. 2019, geraadpleegd op 14/12/2020.
- ^{lxvi} <https://fanc.fgov.be/nl/professionelen/nucleaire-inrichtingen-klasse-i/toezicht-van-radioactieve-lozingen-van-klasse-i>, informatiedossier 2013 t.e.m. 2019, geraadpleegd op 14/12/2020.
- ^{lxvii} NUCABEL 2B - Monitoring of possible health effects of living in the vicinity of nuclear sites in Belgium: childhood leukemia incidence – Sciensano, <https://www.sciensano.be/en/projects/monitoring-possible-health-effects-living-vicinity-nuclear-sites-belgium-childhood-leukemia>.
- ^{lxviii} NUCABEL 2A - Monitoring of possible health effects of living in the vicinity of nuclear sites in Belgium: thyroid cancer incidence – Sciensano, <https://www.sciensano.be/en/projects/monitoring-possible-health-effects-living-vicinity-nuclear-sites-belgium-thyroid-cancer-incidence>.
- ^{lxix} <https://nuclear.engie-electrabel.be/nl/powerplant/de-kerncentrale-van-doel/milieuverklaring>.
- ^{lxx} Contactpersoon: Jurgen Claes Jurgen.CLAES@FANC.FGOV.BE.
- ^{lxxi} Vinçotte nv. Project-MER – ELECTRABEL Kerncentrale Doel – SF²-project in Beveren. Ref. EOPSAN-20-60600924-02-01, 25 september 2020.
- ^{lxxii} Carbon-14 and the environment, IRSN 2001 (revision 2010) https://www.irsn.fr/EN/Research/publications-documentation/radionuclides-sheets/environment/Documents/Carbone_UK.pdf.
- ^{lxxiii} Malcolm J. (2018) Nuclear Engineering Chapter 8 – Elementary Reactor Principles.
- ^{lxxiv} IAEA website, Power Reactor Information System (PRIS), geraadpleegd op 07-12-2020.
- ^{lxxv} IAEA Power Reactor Information System - <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>.
- ^{lxxvi} IAEA website, International Nuclear and Radiological Event Scale (INES), geraadpleegd op 06-12-2020.
- ^{lxxvii} 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.
- ^{lxxviii} NSAC (1980) Analysis of the Three Mile Island – Unit 2 Accident, NSAC-80-1.
- ^{lxxix} Corey, G.R. (1979) A brief review of the accident at Three Mile Island, IAEA Bulletin, Vol. 21(5), pp. 54-59.
- ^{lxxx} CNT-KCD/4NT/0029088/000/01: LTO G1 - KCD12 - Radiological consequences for design basis accident (2020).
- ^{lxxxi} CNT-KCD/4NT/0029070/000/01: LTO G1 - KCD12 - Radiological consequences for beyond design basis accident (2020).
- ^{lxxxii} Gyselings et al. (2010) Monitoring natuur havengebied en omgeving Antwerpen Rechteroever. INBO R.2010.15.
- ^{lxxxiii} Vandenhove et al. (2013) Predicting the environmental risks of radioactive discharges from Belgian nuclear power plants. JER, Vol. 126, pp. 61-76.
- ^{lxxxiv} Vandenhove et al. (2010) Evaluation of the environmental risk associated with the radiological liquid discharges from the Belgian nuclear power plants - SCK CEN-ER-132, pp 64.
- ^{lxxxv} Vandenhove et al. (2011) Evaluation of the environmental risk associated with the radiological atmospheric discharges from the Belgian nuclear power plants - SCK CEN-ER-169, pp. 67.
- ^{lxxxvi} Brown et al. (2008) The ERICA tool. JER, Vol. 99(9), pp. 1371-1383.
- ^{lxxxvii} MER DOEL 1 en 2 (2010) - KCD-MER/4NT/154702/000/01• 01/07/10.
- ^{lxxxviii} 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.
- ^{lxxxix} 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.

^{xc} <https://science.sckcen.be/en/Institutes/ANS/NSP/ALEPH2>.

^{xcⁱ} Gérard, R., Fabry, A., Van de Velde, J., Puzzolante, J.L., Verstrepen, A., Van Ransbeeck, T., van Walle, E. (1996) "In-service embrittlement of the pressure vessel welds at the Doel I and II nuclear power plants", *Effects of Radiation on Materials: 17th International Symposium, ASTM STP 1270*, David S. Gelles, Randy K. Nanstad, Arvind S. Kumar and Edward A. Little, Eds., American Society for Testing and Materials.

^{xcⁱⁱ} 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.

^{xcⁱⁱⁱ} HERCA-WENRA (2014) Approach for a better cross-border coordination of protective actions during the early phase of a nuclear accident.

^{xc^{iv}} Seibert, P., Arnold, D., Arnold, N., Gufre, K., Kromp-Kolb, H., Mraz, G. Sholly, S. and Wenisch, A. (2013) FlexRISK – Flexible tools for Assessment of Nuclear Risk in Europe. Final Report. Boku-Met report 23. Preliminary version.

^{xc^v} Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency (2015) IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7, IAEA, Vienna.

^{xc^{vi}} 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^{vii}} Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency (2007) IAEA Safety Standards Series No. GS-G-2.1, IAEA, Vienna.

^{xc^{viii}} Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency (1991) ICRP Publication 63. Pergamon Press.

^{xc^{ix}} ICRP (2009) Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations. Publication 109. Pergamon Press.

^c 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.

^{cⁱ} 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.

^{cⁱⁱ} Ministeriële omzendbrief NPU-1 van 26 oktober 2006 betreffende de nood- en interventieplannen.

^{cⁱⁱⁱ} Koninklijk Besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties.

^{c^{iv}} 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.

^{c^v} Koninklijk Besluit van 1 maart 2018 tot vaststelling van het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgisch grondgebied.

^{c^{vi}} 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.

^{c^{vii}} 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.

^{c^{viii}} <https://crisiscentrum.be/nl/inhoud/oefeningen/> geraadpleegd op 05/12/2020.

^{c^{ix}} CNT-KCD/4NT/0029070/000/01: LTO G1 - KCD12 - Radiological consequences for beyond design basis accident (2020).