

MASTERPLAN 2050



Managementsamenvatting

In het masterplan wordt gekeken naar de impact van de verwachte nucleaire ontwikkelingen in Nederland op COVRA. Er wordt de komende decennia een aanzienlijke stijging van de hoeveelheid radioactief afval verwacht. Met gerichte investeringen kan COVRA tot ver na 2050 al het Nederlandse radioactieve afval op het huidige terrein verwerken en opslaan.

Een belangrijke voorwaarde daarvoor is de realisatie van een plasmaoven. Een plasmaoven biedt COVRA de mogelijkheid om het volume van het laag- en middelradioactief afval (LMRA) aanzienlijk te reduceren. Als direct gevolg hiervan is er minder opslagruimte nodig, wat resulteert in lagere opslagkosten en een efficiënter ruimtegebruik. Bovendien is het afval stabiel en veiliger na verwerking met een plasmaoven.

Er zijn voor 2050 verschillende uitbreidingen van de opslagcapaciteit nodig. Als eerste moet VOG-2, het tweede opslaggebouw voor verarmd uranium, uitgebreid worden. Dit moet in 2034 gereed zijn. Aangezien het bouwtraject naar schatting vijf jaar in beslag neemt, moet dit traject vóór 2029 beginnen. Dit gebouw zal naar verwachting acht jaar na voltooiing vol zijn, waardoor een volgende uitbreiding, het VOG-3, in 2042 noodzakelijk wordt.

Rond 2050 moet de opslagcapaciteit voor het LMRA uitgebreid worden met de bouw van een tweede LOG. Ook is er in 2040 uitbreiding van het HABOG nodig. Het bouwtraject van een HABOG-uitbreiding duurt circa 10 jaar en moet daarom rond 2030 gestart worden. Door alle benodigde uitbreidingen zal het huidige terrein naar verwachting rond 2070 vol zijn. Echter, met een strategische uitbreiding van het terrein, kan COVRA haar opslagcapaciteit verlengen tot ongeveer 2100.

COVRA is klaar voor de uitdagingen en kansen die de nucleaire transitie met zich meebrengt. Met de strategische invoering van de plasmaoven, tijdige aanpassingen aan de infrastructuur en een beperkte uitbreiding van het terrein, staat COVRA klaar om haar plicht om radioactief afval veilig op te slaan te volbrengen.



Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	6	4. Ruimtelijke ordening	13
1.1 Aanleiding en doelstelling	6	4.1 NORM.....	13
1.2 Leeswijzer	6	4.2 Ontmantelingsafval	14
2. Ontwikkelingen binnen de nucleaire sector.....	7	4.3 LMRA	15
2.1 Scenario's voor de sector	7	4.4 HRA	16
2.1.1 Minscenario (de huidige situatie).....	7	4.5 Wanneer is het terrein vol?.....	20
2.1.2 Plusscenario.....	7	5. Conclusie	21
2.2 Uitgangspunten.....	8	Bijlagen	22
2.2.1 Algemeen.....	8	Bijlage 1: Afkortingen- en begrippenlijst	22
2.2.2 Uitgangspunten Minscenario	8	Bijlage 2: Ontmanteling.....	23
2.2.3 Uitgangspunten en aannames Plusscenario	9	Bijlage 3: Vermogen nieuwe kernreactoren.....	23
3. Verwachte hoeveelheid radioactief afval.....	10	Verwijzingen.....	24
3.1 Hoeveelheden Minscenario	10		
3.2 Hoeveelheden Plusscenario	10		
3.3 Totale hoeveelheid radioactief afval in 2050	12		

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en doelstelling

Het Nederlandse nucleaire landschap ontwikkelt zich snel. De regering zet de voorbereidingen op de bouw van twee kerncentrales door en aanvullend bouwt het kabinet mogelijk twee extra kerncentrales in Nederland, waarbij ook de mogelijkheden voor meerdere Small Modular Reactors (SMR's) worden betrokken. Verder is de PALLAS-reactor vergund, blijft de uraniumverrijkingsfabriek Urenco langer open en gaat in capaciteit uitbreiden en blijft de kerncentrale Borssele (KCB) langer open. Daarnaast worden er nieuwe methoden onderzocht voor de productie van medische isotopen en moeten oude kernreactoren en andere installaties die gebruikt zijn voor nucleaire doeleinden, worden ontmanteld.

Deze nucleaire transitie creëert een grote hoeveelheid radioactief afval bovenop de hoeveelheid die vandaag de dag al wordt beheerd. Al dit afval moet door de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) getransporteerd, verwerkt, geconditioneerd en opgeslagen worden. Daarvoor moet de beschikbare infrastructuur verder geoptimaliseerd en uitgebreid worden. Dat maakt het noodzakelijk om te onderzoeken of daarvoor nog voldoende ruimte is op de huidige locatie.

Dit rapport geeft een doorkijk wat de ontwikkelingen op nucleair gebied zouden kunnen betekenen voor COVRA en wat ervoor nodig is om dit afval veilig op te kunnen slaan bij COVRA tot er een eindberging beschikbaar is. In het huidige onderzoek wordt gekeken naar de ontwikkelingen binnen de nucleaire sector tot en met 2050 met een doorkijk naar de verdere toekomst.

Er is gekozen voor 2050, omdat ten eerste in de energietransitie, waarin nucleair een steeds duidelijker rol krijgt toebedeeld, 2050 een ijkpunt is. Ten tweede heeft de nucleaire transitie rond 2050 de grootste veranderingen doorgemaakt en nemen we aan, als model, dat de sector daarna voor lange tijd stabiel zal zijn.

Dit rapport gaat niet in op de consequenties van de nucleaire transitie voor de omvang van de eindberging van het opgeslagen afval.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 legt uit waarom dit rapport is opgesteld. Hoofdstuk 2 vertelt met welke ontwikkelingen binnen de nucleaire sector wordt rekening gehouden en welke uitgangspunten hierbij gesteld zijn. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de geschatte hoeveelheden radioactief afval in 2050. Hoofdstuk 4 geeft een analyse van wat er nodig is om de hoeveelheden radioactief afval zoals beschreven in hoofdstuk 3 op te kunnen slaan bij COVRA. Hoofdstuk 5 trekt de conclusies over deze studie met een voorzichtige doorkijk naar de verdere toekomst.



2. Ontwikkelingen binnen de nucleaire sector

2.1 Scenario's voor de sector

COVRA houdt, omtrent de ontwikkelingen binnen de nucleaire sector, rekening met drie verschillende scenario's. Deze scenario's zijn weergegeven in Tabel 1.

Ontwikkeling	Min-scenario	Basis-scenario	Plus-scenario
Bestaande Installaties	✓	✓	✓
PALLAS	✓	✓	✓
Bedrijfsduurverlenging KCB	-	✓	✓
Twee nieuwe kerncentrales	-	✓	✓
4 SMR's	-	-	✓

Tabel 1 De drie scenario's omtrent de nucleaire ontwikkelingen in Nederland waar COVRA rekening mee houdt.

In dit rapport zijn twee van deze scenario's uitgewerkt: het min-scenario en het plusscenario. Het basisscenario is buiten beschouwing gelaten omdat de verschillen in afvalhoeveelheden tussen het basis- en het plusscenario voor 2050 minimaal zijn. Het minscenari o beschrijft de huidige situatie van de nucleaire sector in Nederland. Het plusscenario beschrijft de mogelijke ontwikkelingen in de nucleaire sector; de zogenaamde nucleaire transitie. Bij het plusscenario zijn er twee variaties beschouwd: één omtrent de keuze tussen het wel of niet opwerken van verbruikte splijtstoffen en één met of zonder ontwikkeling van een plasmaoven voor een meer geavanceerde manier van afvalverwerking. Voor dit plusscenario zijn noodzakelijkerwijs conservatieve aannames gedaan voor techniek en tijdpad. De hoofdconclusies worden hierdoor niet minder relevant. In dit hoofdstuk worden de scenario's en bijbehorende uitgangspunten en aannames beschreven.

2.1.1 Minscenario (de huidige situatie)

- De Hoge Flux Reactor (HFR) sluit in 2035 en daarna wordt direct gestart met de ontmanteling van de reactor*.
- De PALLAS-reactor (ter vervanging van de HFR) wordt in 2030 in gebruik genomen.
- De medische isotopenproductie door Curium gaat onveranderd door.
- De kerncentrale Dodewaard (GKN) is in veilige insluiting. In 2045 wordt gestart met het ontmantelen van de kerncentrale.

- De kerncentrale Borsele (KCB) wordt in december 2033 buiten bedrijf gesteld en daarna wordt er direct gestart met de ontmanteling van de kerncentrale*.
- De Hoger Onderwijs Reactor (HOR) te Delft wordt in 2050 gesloten en daarna start de ontmanteling van de reactor direct*.
- Urenco blijft in bedrijf tot na 2050 en breidt in de komende jaren uit.
- De verwerkingscapaciteit bij COVRA blijft gebaseerd op de huidige wereldwijde bewezen techniek van volumeverkleining door middel van verpersen van het afval met hoge druk en opslag in een betonmatrix.

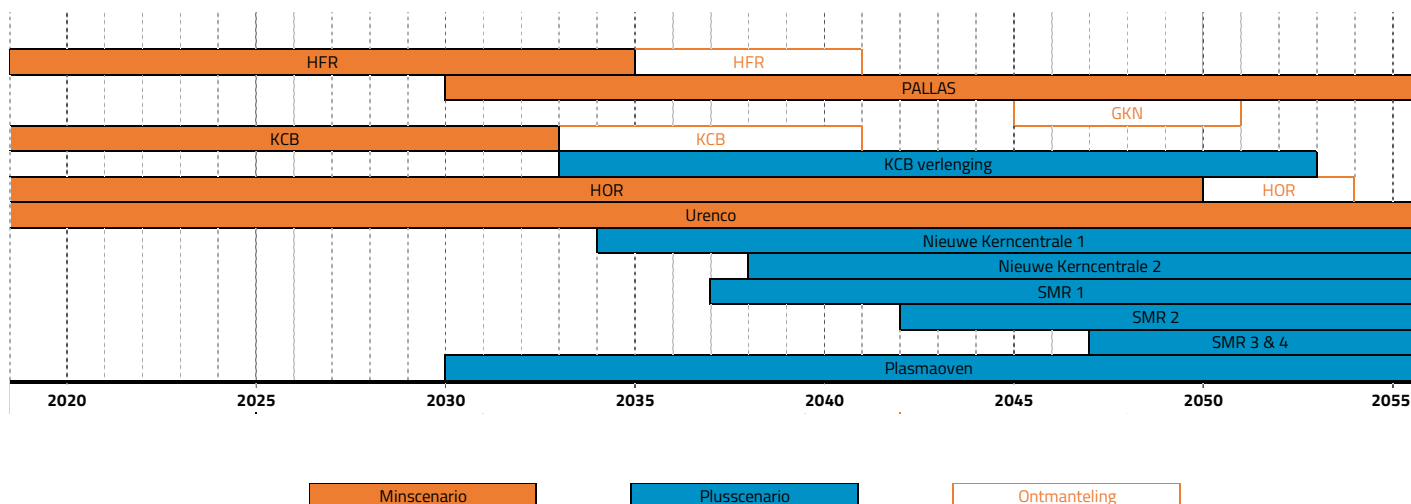
2.1.2 Plusscenario

Het plusscenario bouwt voort op het minscenari o met de volgende aanpassingen:

- De Amerikaanse onderneming SHINE is voornemens om in Nederland een nieuwe installatie te bouwen voor de productie van medische isotopen. Over het ontwerp, de installatie en de productie van de isotopen is nog niet veel bekend, waardoor het voor dit rapport niet mogelijk is om een inschatting te maken van het soort en de hoeveelheid radioactief afval wat hier geproduceerd zal worden. Om deze reden is dit afval niet meegenomen in het huidige onderzoek.
- De bedrijfsduur van de KCB wordt met 20 jaar verlengd. De KCB zal dan eind 2053 worden gesloten en in 2054 zal worden gestart met de ontmanteling van de kerncentrale*.
- In 2034 en 2038 zal de nucleaire elektriciteitsproductie door KCB worden aangevuld met twee moderne kerncentrales.
- Er worden 4 SMR's gebouwd die tussen 2037 en 2047 in gebruik worden genomen.
- Bij COVRA wordt gewerkt aan de realisatie van een plasmaoven. De verwachting is dat deze rond 2030 operationeel zal zijn. Het volume van een groot deel van het laag- en middelradioactief afval dat vanaf dan wordt opgehaald en verwerkt door COVRA met de plasmaoven, wordt significant teruggebracht.

* Zie bijlage 2 voor meer informatie over de fasen van ontmanteling.

Figuur 1 geeft de twee scenario's die zijn beschreven in dit hoofdstuk, schematisch weer.



Figuur 1 Ontwikkelingen in Nucleair Nederland die beschouwd zijn in de twee scenario's van het huidige onderzoek.

2.2 Uitgangspunten

2.2.1 Algemeen

In deze studie wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten afval. We gaan hierbij uit van de gangbare Nederlandse classificaties (voor meer informatie zie de afvalinventaris van COVRA uit 2022 [1]). De Nederlandse classificatie sluit aan op de meer uitgebreide classificaties gehanteerd door het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA):

1. Hoogradioactief afval (HRA) is radioactief afval dat vanwege het hoge stralingsniveau verwerkt moet worden met op afstand bedienbare installaties. In de huidige situatie wordt het HRA opgeslagen achter dikke betonnen muren in speciale containers. Een deel van het HRA produceert warmte en wordt daarom gekoeld. HRA bestaat uit afval dat afkomstig is van de opwerking van gebruikte splijtstof-elementen uit kernenergiecentrales en uit de splijtstof-elementen die als brandstof in onderzoeksreactoren zijn gebruikt. Daarnaast ontstaat ook HRA bij de productie van medische isotopen.
2. Laag- en middelradioactief afval (LMRA) is al het andere afval. Het LMRA bestaat onder meer uit gebruiksmaterialen (handschoenen, kleding, injectienaalden, laboratoriumglas werk, etc.), kalibratie- en bestralingsbronnen, ionisatiemeters (rookmelders) en vervangen onderdelen in nucleaire installaties (buizen, pompen, filters, etc.).
3. Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) afval is een subcategorie van LMRA. Dit is afval dat bestaat uit radioactieve materialen van natuurlijke oorsprong. NORM-afval ontstaat bijvoorbeeld wanneer radioactieve stoffen die van nature voorkomen in bijvoorbeeld industriële ertsen (zoals uranium- of fosfaatertsen) bij de verwerking geconcentreerd worden in het afval. Dit afval met een verhoogde natuurlijke

radioactiviteit moet als LMRA worden beheerd. Veelal betreft het hierbij langlevend afval. Het NORM-afval dat beschreven wordt in dit rapport betreft enkel het NORM-afval dat opgeslagen ligt bij COVRA en dus niet het NORM-afval dat gestort wordt op de daarvoor bestemde deponieën. Meer informatie over het onderscheid tussen deze soorten NORM is te vinden in de meest recente Nationale radioactief afval inventarisatie [1]. Het enige NORM-afval dat COVRA vandaag de dag ontvangt is verarmd uranium, afkomstig uit het uraniumverrijkingsproces. Dit afval wordt ook wel Technologically Enhanced NORM (TENORM) genoemd.

2.2.2 Uitgangspunten minscenario

De uitgangspunten van het minscenario zijn als volgt:

- De hoeveelheid HRA in 2050 afkomstig van de huidige installaties, wordt verkregen aan de hand van productiegegevens van de producent en het reeds bij COVRA opgeslagen afval. De splijtstof van de HFR en de HOR wordt direct opgeslagen, de splijtstof van de KCB wordt zoals nu opgewerkt en wat overblijft als afval wordt bij COVRA opgeslagen.
- De hoeveelheid LMRA van de huidige installaties wordt verkregen door lineaire extrapolatie van de huidige ontvangst bij COVRA naar 2050 plus de verwachte hoeveelheden afkomstig van ontmanteling.
- De aanvoer van LMRA naar COVRA zal stabiel zijn over de jaren omdat de groei en krimp van afval in verschillende sectoren elkaar uitmiddelen. Deze aanname is voldoende conservatief aangezien er sinds 2000 een lichte afname te zien is in het door COVRA ontvangen LMRA.
- De hoeveelheid verarmd uranium afkomstig van de uraniumverrijkingsfabriek dat bij COVRA verwacht wordt, is gebaseerd op een door de producent opgestelde prognose.

- (Specifiek) vrijgegeven materiaal* wordt niet aangemerkt als radioactief afval.
- De hoeveelheid ontmantelingsafval van de huidige installaties is gebaseerd op de ontmantelingsplannen van de producenten. Deze studie houdt geen rekening met de ontwikkeling van een nationale infrastructuur voor Nederlands ontmantelingsafval.

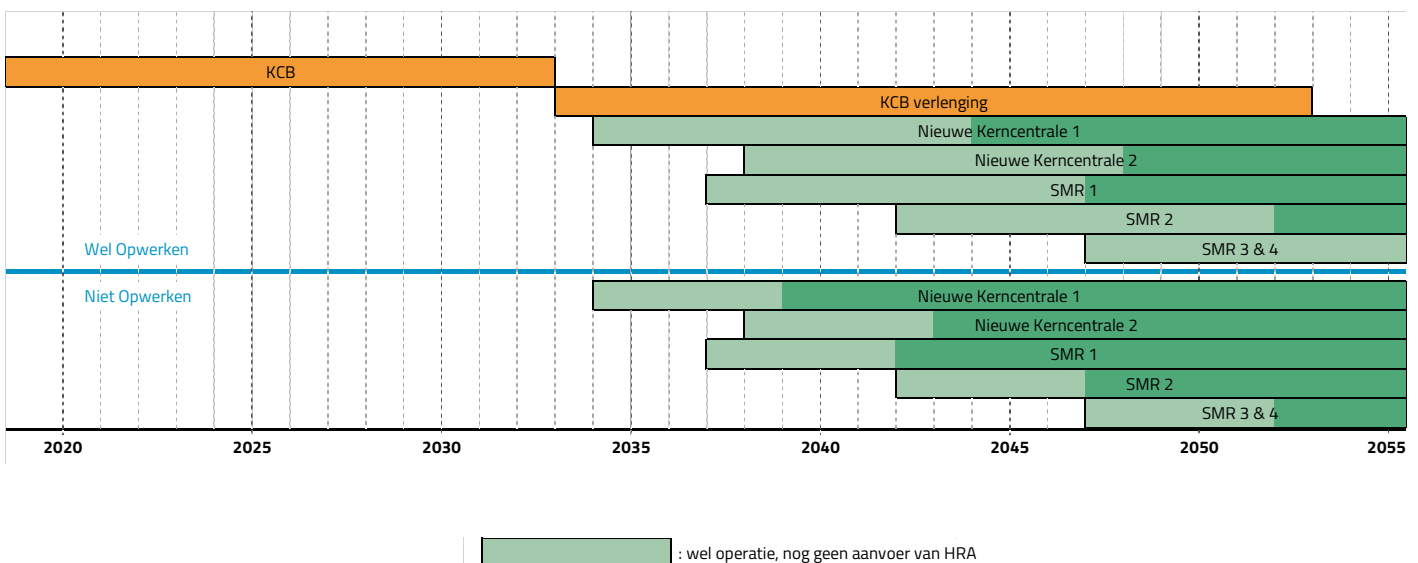
2.2.3 Uitgangspunten en aannames plusscenario

De uitgangspunten en aannames voor het plusscenario zijn:

- De hoeveelheid afval (LMRA en HRA) afkomstig van de PALLAS-reactor is vergelijkbaar met dat van de HFR.
- De PALLAS-reactor is vanaf 2030 in bedrijf en heeft een bedrijfsduur van 60 jaar.
- Voor de bedrijfsduurverlenging van de KCB geldt dat de splijtstofelementen worden opgewerkt en op eenzelfde manier worden opgeslagen als hoe dit nu wordt gedaan.
- De KCB (485 MW) wordt in 2034 en 2038 aangevuld door twee moderne kerncentrales die elk een vermogen hebben van 1600 MW en een bedrijfsduur van 80 jaar (voor meer informatie over de keuze van het vermogen, zie Bijlage 3).
- SMR's zijn kleine conventionele kernreactoren. In dit onderzoek wordt er van uit gegaan dat er naast de twee grote kernreactoren, 4 SMR's gebouwd zullen worden. Deze hebben elk een vermogen van 350 MW (voor meer informatie over de keuze van het vermogen, zie Bijlage 3). Er is uitgegaan van een bedrijfsduur van 50 jaar. Het tijdsplan van wanneer de SMR's in bedrijf zullen zijn is als volgt:
 - 2037 eerste SMR;
 - 2042 tweede SMR;
 - 2047 derde en vierde SMR.

- De hoeveelheid afval (LMRA en HRA) van zowel een grote kerncentrale (1600 MW) als een SMR (350 MW) is evenredig aan het vermogen van de KCB (485 MW).
- Voor zowel het hoogradioactief afval van de twee nieuwe kerncentrales als van de SMR's worden er twee opties beschouwd: of opwerken en of niet opwerken.
 - De optie opwerken is gebaseerd op de huidige methode van de KCB waarbij de splijtstofelementen eerst een periode worden afgekoeld waarna deze worden opgewerkt. Pas na 10 jaar komt het HRA naar COVRA.
 - Niet opwerken: wanneer de gebruikte splijtstoffen van een kerncentrale niet worden opgewerkt, moeten de splijtstofelementen op een andere manier worden opgeslagen dan de manier waarop dat nu in Nederland gedaan wordt. Het bestaande opslaggebouw is namelijk niet geschikt om deze splijtstofelementen in op te slaan. Voordat de gebruikte splijtstofelementen worden afgevoerd naar COVRA, worden deze 5 jaar gekoeld in een splijtstofbassin bij de reactor. Voor de opslag van gebruikte splijtstofelementen zijn er internationale bewezen manieren: natte opslag in splijtstofbassins (bijvoorbeeld Zweden) en droge opslag in speciale containers (bijvoorbeeld Zwitserland) of in kluizen (bijvoorbeeld Hongarije). In Nederland zijn hier op dit moment nog geen faciliteiten voor. Natte opslag wordt doorgaans toegepast bij de centrales zelf, en wordt in het huidige onderzoek buiten beschouwing gelaten. De meest toegepaste methode voor interim opslag is droge opslag in speciale containers. Hiervoor zijn relatief eenvoudige opslagmodules nodig.

Figuur 2 geeft weer wanneer HRA verwacht wordt van de verschillende vermogensreactoren.



Figuur 2 Schematische weergave van de verwachte aanvoer van HRA afkomstig van kerncentrales.

* (Specifiek) vrijgegeven materiaal is radioactief afval dat onder voorwaarden mag worden verbrand in een afvalverbrandingsinstallatie of gestort op aangewezen afvaldeponieën.

3. Verwachte hoeveelheid radioactief afval

In dit hoofdstuk wordt eerst het minscenario uitgewerkt met de verwachte hoeveelheid radioactief afval in 2050 uitgedrukt in kubieke meter. Daarna wordt het plusscenario uitgewerkt in hoeveelheden radioactief afval in 2050 uitgedrukt in kubieke meter. Voor de ontwikkelingen wordt eerst per jaar berekend hoeveel radioactief afval er zal ontstaan. Vervolgens wordt nagegaan wat dit betekent voor de totale hoeveelheden afval in 2050.

3.1 Hoeveelheden Minscenario

NORM

Urenco

NORM-afval afkomstig van de uraniumverrijkingsfabriek wordt bij COVRA opgeslagen in de vorm van U_3O_8 . De hoeveelheid NORM-afval bij COVRA afkomstig van de uraniumverrijkingsfabriek bedraagt in 2050 circa 76 duizend m^3 .

LMRA

De hoeveelheid LMRA van de reguliere radioactief afvalstromen in 2050 wordt geschat op 17,2 duizend m^3 . Hierbij is uitgegaan van een lineaire extrapolatie die gebaseerd is op de beschikbare data van afgelopen tien jaar (jaarrapporten COVRA en database COVRA) en op de uitgangspunten zoals beschreven in 2.2.2.

PALLAS

Naast het reguliere LMRA is het afval afkomstig van de PALLAS reactor meegenomen in het minscenario. De hoeveelheid LMRA dat ontstaat door het bedrijven van deze reactor, bedraagt naar schatting 2 duizend m^3 in 2050.

HRA

De hoeveelheid HRA bij COVRA in 2050 voor de huidige situatie wordt geschat op 195 m^3 , gebaseerd op de uitgangspunten zoals beschreven in paragraaf 2.2.2.

PALLAS

Gebaseerd op de hoeveelheid HRA dat de HFR produceert zal PALLAS circa 0,5 m^3 HRA per jaar produceren. Dit betekent dat in de periode tussen 2030 en 2050 het HRA toeneemt met circa 10 m^3 .

Ontmantelingsafval

Vanaf de sluiting van de KCB in 2033 en de HFR in 2035 wordt er gestart met ontmanteling van deze reactoren. De ontmanteling van GKN start in 2045. Als gevolg van de ontmanteling van deze reactoren zal er in 2050 ongeveer 2.500 m^3 extra LMRA zijn.

3.2 Hoeveelheden Plusscenario

NORM

In het plusscenario worden geen activiteiten verwacht die een toename in de aanvoer van NORM met zich meebrengen. De hoeveelheid NORM in 2050 is in het plusscenario gelijk aan dat in het minscenario: circa 76 duizend m^3 .

LMRA

Om de hoeveelheid LMRA in 2050 te schatten voor de verschillende scenario's is eerst uitgerekend hoeveel LMRA er ontstaat bij ieder scenario. Vervolgens is berekend wat dit betekent voor 2050 op basis van de uitgangspunten in hoofdstuk 2.2.

Bedrijfsduurverlenging KCB

Bij het bedrijven van de KCB ontstaat ongeveer 50 m^3 LMRA per jaar. Ten gevolge van een bedrijfsduurverlenging van 20 jaar betekent dit een toename van circa 800 m^3 LMRA in 2050.

Twee nieuwe kerncentrales

De hoeveelheid LMRA die een nieuwe kerncentrale van 1.600 MW zal produceren is naar verwachting proportioneel aan het vermogen van de huidige KCB. Dit betekent dat een nieuwe kerncentrale 160 m^3 LMRA per jaar zal produceren. In de uitgangspunten is beschreven dat vanaf 2034 de eerste kerncentrale draait en vanaf 2038 de tweede. Als gevolg hiervan stijgt de toevoer van LMRA tot 2050 met circa 4.500 m^3 .

4 SMR's

De hoeveelheid LMRA die een SMR van 350 MW zal produceren is naar schatting proportioneel aan het vermogen van de bestaande KCB. Eén SMR zal circa 40 m^3 LMRA per jaar produceren. Er is aangenomen dat de vier SMR's volgens onderstaand schema in bedrijf worden genomen:

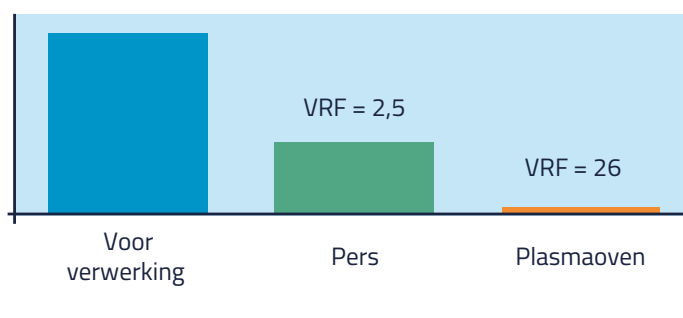
- 2037 eerste SMR
- 2042 tweede SMR
- 2047 derde en vierde SMR

Dit resulteert in circa 1.100 m^3 LMRA in 2050.

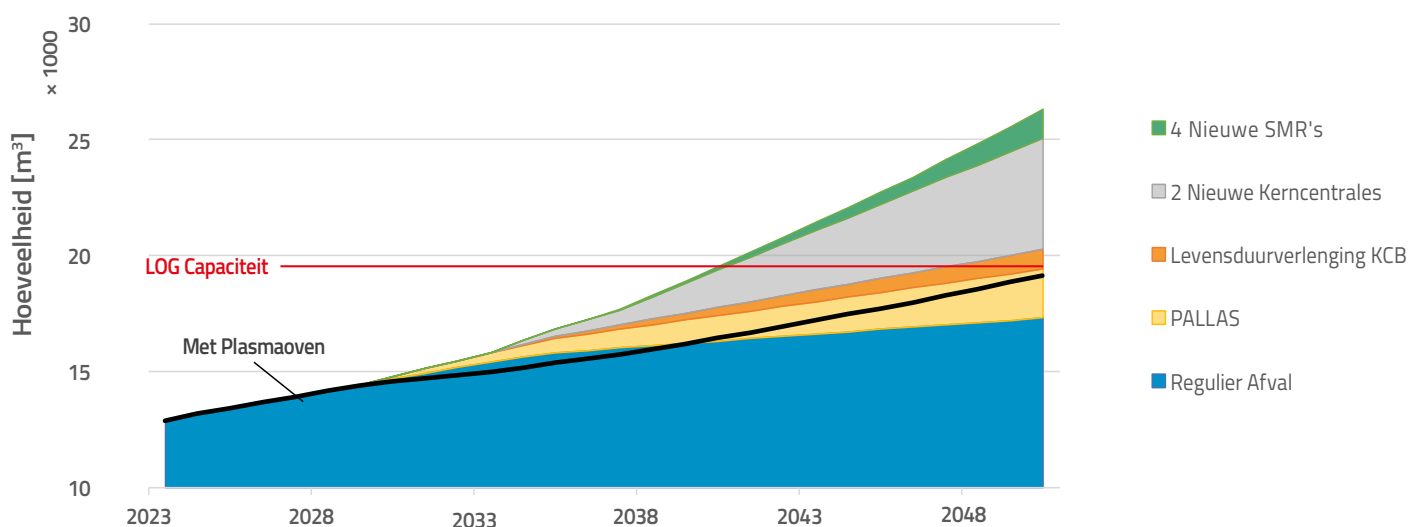
Plasmaoven

Door verwerking van afval in een plasmaoven kan het volume van een groot deel van het LMRA significant gereduceerd worden. Daarvoor moet het afval voldoen aan een aantal chemische en radiologische criteria. Voor dit rapport is aangenomen dat tweederde van al het LMRA aan deze criteria voldoet en dus geschikt is voor verwerking met een plasmaoven.

De volumereductiefactor (VRF) is gedefinieerd als het volume van het afval voor verwerking gedeeld door het volume van het afval na verwerking. De VRF die voor de berekeningen in dit rapport is gehanteerd, is gebaseerd op een vergelijkbare installatie in Kozloduy (Bulgarije). In de periode van 2018 tot 2020 werd met deze plasmaoven een gemiddelde VRF van ongeveer 26 gehaald [2]. De hogedrukkers die vandaag de dag wordt gebruikt voor de volumereductie van het LMRA heeft een VRF van ongeveer 2,5. Het volume van het LMRA zal ten opzichte van vandaag dus met ongeveer een factor 10 afnemen. Dit wordt schematisch weergegeven in Figuur 3. Voor het afval dat niet in de plasmaoven wordt verwerkt wordt de huidige volumereductiefactor van 2,5 aangenomen.



Figuur 3 Schematische weergave van de volumereductiefactoren van de huidige hogedrukkers en de plasmaoven.



Figuur 4 Overzicht van de verwachte hoeveelheden LMRA in opslag bij COVRA tot 2050.

Wanneer deze factoren worden toegepast op het LMRA, dat tussen 2030 en 2050 verwacht wordt, zal er in 2050, afhankelijk van de ontwikkelingen in de nucleaire sector, tussen de circa 16,3 duizend en 18,8 duizend m³ aan LMRA bij COVRA opgeslagen zijn. Voor deze schatting is aangenomen dat er voldoende verbrandingscapaciteit is om al het verwachte afval te kunnen verwerken. Figuur 4 geeft een overzicht van de verwachte hoeveelheden LMRA tot 2050 voor de verschillende ontwikkelingen die zijn meegenomen in dit rapport.

In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de geschatte hoeveelheden LMRA die in 2050 bij COVRA worden verwacht, zowel met als zonder plasmaoven.

HRA

Om de hoeveelheid HRA in 2050 te schatten voor het plusscenario is er eerst uitgerekend hoeveel HRA er per ontwikkeling bijkomt. Vervolgens is berekend wat dit dan betekent voor 2050 op basis van de uitgangspunten in hoofdstuk 2.2.3. Voor het HRA wordt onderscheid gemaakt tussen het wel of niet opwerken van het afval. Dit geldt voor het HRA afkomstig van de nieuwe grote kerncentrales en de SMR's. Het HRA afkomstig van de KCB wordt altijd opgewerkt.

Bedrijfsduurverlenging KCB

De KCB produceert circa 5,6 m³ HRA per jaar. Ten gevolge van een bedrijfsduurverlenging van 20 jaar is er een toename van 89 m³ HRA in 2050.

Twee nieuwe kerncentrales

Opwerken

De hoeveelheid HRA, die een nieuwe kerncentrale van 1.600 MW produceert, is naar schatting proportioneel aan het vermogen van de KCB. Dit betekent dat een nieuwe kerncentrale 18,5 m³ HRA produceert per jaar. In de uitgangspunten is beschreven dat in 2034 de eerste kerncentrale in bedrijf wordt genomen en vanaf 2038 de tweede. Ook staat er dat het HRA pas na een afkoel- en opwerkingsperiode van in totaal 10 jaar verwacht wordt bij COVRA. Het eerste HRA wordt dus rond 2044 afgeleverd. In 2050 is voor ongeveer 8 jaar aan HRA van deze twee kerncentrales opgeslagen bij COVRA. Dit komt neer op circa 146 m³.

Zonder opwerken

Wanneer de verbruikte splijtstofelementen afkomstig van de nieuwe kerncentrales niet wordt opgewerkt, wordt er per kerncentrale van 1.600 MW, circa 88 m³ HRA per jaar geproduceerd* (ongeveer factor 5 groter vergeleken met opwerken) [3]. Zoals beschreven in de uitgangspunten wordt het HRA verwacht na een afkoelperiode van minimaal 5 jaar.

Hierdoor is de verwachting dat er in 2050 maximaal 11 jaar aan afval is van de eerste kerncentrale en 7 jaar aan afval van de tweede kerncentrale. Het volume van dit HRA bedraagt naar schatting 1.584 m³ in 2050.

4 SMR's

Opwerken

In het geval dat verbruikte splijtstofelementen worden opgewerkt, is de hoeveelheid HRA die een SMR van 350 MW produceert proportioneel aan het vermogen van de KCB. Eén SMR zal volgens deze benadering circa 4 m³ HRA per jaar produceren. Rekening houdend met de afkoel- en opwerkingsperiode is er in 2050 uitsluitend HRA afkomstig van de eerste SMR aanwezig bij COVRA. Dit is voor 3 jaar aan HRA en bedraagt ongeveer 12 m³.

Zonder opwerken

Wanneer de verbruikte splijtstofelementen afkomstig van de SMR's niet worden opgewerkt, wordt er per SMR circa 19 m³ HRA per jaar geproduceerd* (ongeveer een factor 5 groter vergeleken met opwerken). Ook hier geldt dat het HRA eerst een periode van 5 jaar afkoelt, voordat het naar COVRA wordt gebracht. Het HRA bedraagt dan in 2050 circa 212 m³.

Tabel 3 geeft een overzicht van de geschatte hoeveelheden HRA die bij COVRA verwacht worden voor de verschillende ontwikkelingen.

3.3 Totale hoeveelheid radioactief afval in 2050

Ontwikkeling	Hoeveelheid (duizend m ³)	Hoeveelheid met plasmaoven (duizend m ³)
Regulier LRMA	17,2	15,5
PALLAS	2,0	0,8
Bedrijfsduurverlenging KCB	0,8	0,3
2 nieuwe kerncentrales groot vermogen	4,5	1,8
4 SMR's	1,1	0,4
Totaal	25,5	18,8

Tabel 2 Overzicht geschatte hoeveelheden LMRA in 2050.

Ontwikkeling	Hoeveelheid met opwerken (m ³)	Hoeveelheid zonder opwerken (m ³)
Bestaande Installaties	195	195
PALLAS	10	10
Bedrijfsduurverlenging KCB	89	89
2 nieuwe kerncentrales groot vermogen	148	1584
4 SMR's	12	212
Totaal	452	2090

Tabel 3 Overzicht geschatte hoeveelheden HRA in 2050.

* Het volume van de geproduceerde hoeveelheid HRA bij droge opslag is afhankelijk van de gekozen opslagcontainers. De berekeningen die zijn gemaakt voor dit rapport baseren zich op opslag in een CASTOR V/19 container.

4. Ruimtelijke ordening

In dit hoofdstuk wordt er ingegaan op wat er op het COVRA-terrein nodig is om te kunnen voorzien in de opslag van de hoeveelheden radioactief afval zoals beschreven in het vorige hoofdstuk. Per type afval wordt geschetst wat de huidige situatie is en hoeveel extra opslagruimte er in 2050 nodig is. Vervolgens wordt er nagegaan of dit kan worden gerealiseerd binnen de grenzen van het huidige COVRA-terrein. De focus ligt hierbij op het plusscenario, omdat deze het meeste afval oplevert en daarom de grootste impact heeft op de ruimtelijke ordening van het terrein. In Figuur 5 wordt de ruimtelijke indeling van het terrein anno 2024 weergegeven.

4.1 NORM

Op het terrein van COVRA staan drie gebouwen die dienen voor de opslag van NORM-afval: het containeropslaggebouw (COG) en twee opslaggebouwen voor verarmd uranium (VOG-1 en VOG-2). In het COG wordt het NORM-afval afkomstig van de fosforfabriek van Thermphos opgeslagen. Sinds het sluiten en ontmantelen van deze fabriek in 2012 wordt dit type afval in Nederland niet meer geproduceerd. Derhalve verwacht COVRA dit type afval niet meer te ontvangen.

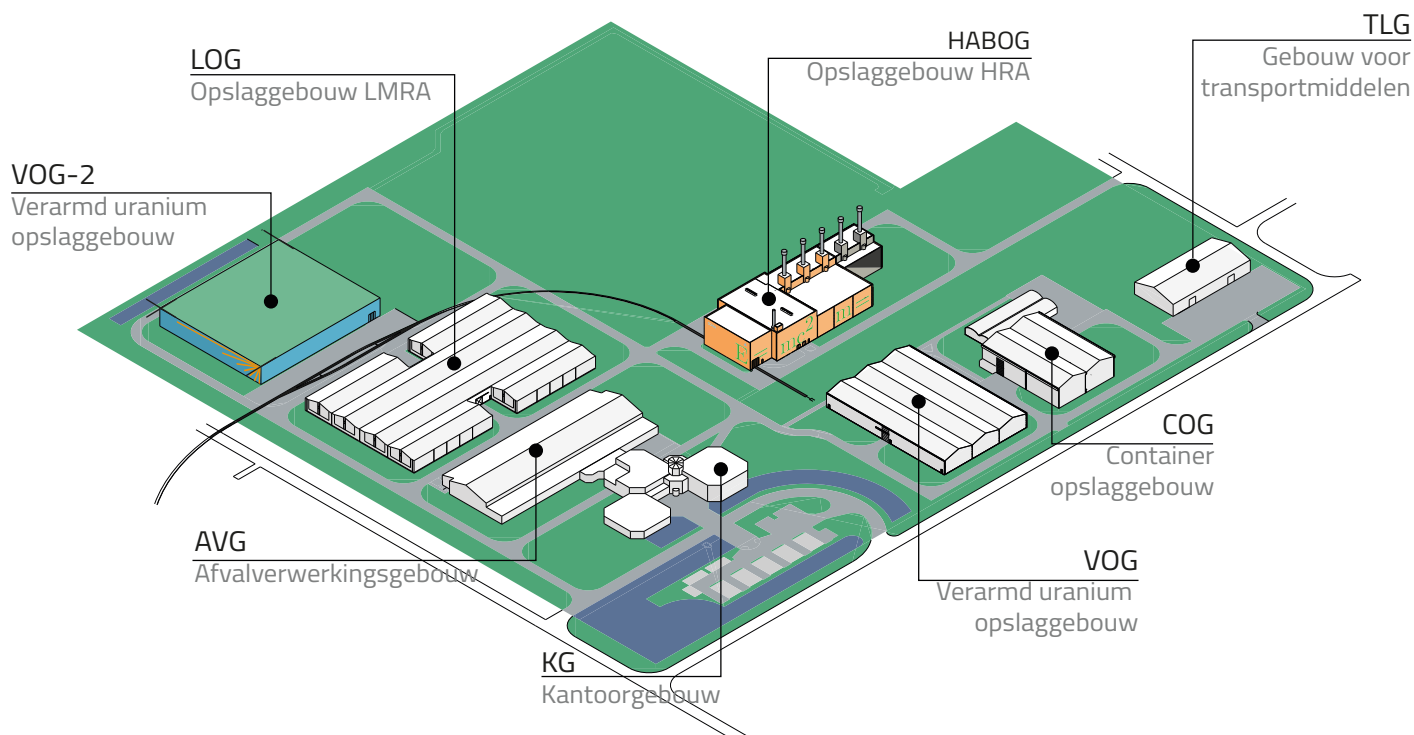
In het COG is ruimte voor bijna 11,5 duizend m³ NORM-afval. Hier worden voornamelijk 20ft containers opgeslagen. Op dit

moment is daarvan ruim 6,5 duizend m³ gevuld. Daarmee is het COG dus voor ongeveer 60% gevuld. De resterende 40% (164 20ft containers) kan in de toekomst gebruikt worden voor andere doeleinden, bijvoorbeeld voor vervalopslag.

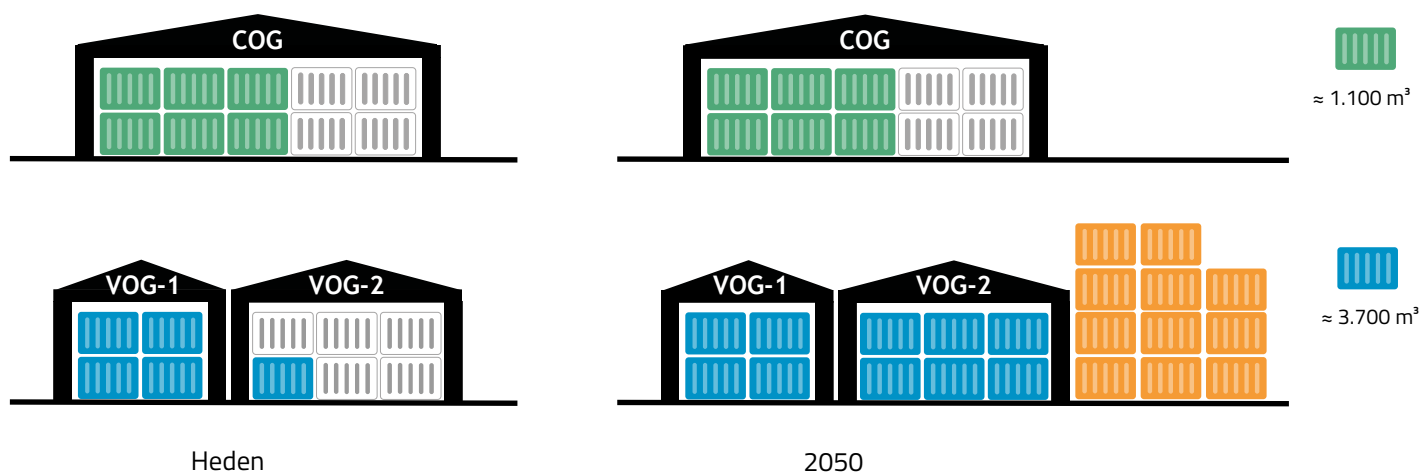
Het VOG-1 en VOG-2 dienen voor de opslag van NORM-afval dat ontstaat bij het uraniumverrijgingsproces. De opslagcapaciteit van het VOG-1 is ruim 13,5 duizend m³. Dit gebouw is sinds 2015 volledig gevuld. Het verarmd uranium dat sindsdien binnenkomt bij COVRA wordt opgeslagen in het VOG-2, dat een totale opslagcapaciteit van ongeveer 23 duizend m³ heeft. Inmiddels is daarvan circa 20% gevuld.

Op basis van de prognose van de productie van verarmd uranium is de verwachting dat het VOG-2 rond 2034 vol is. In 2050 is naar schatting nog ruimte voor de opslag van ongeveer 40 duizend m³ NORM-afval nodig. Figuur 6 geeft de huidige situatie en de verwachte situatie in 2050 omtrent de opslag van het NORM-afval schematisch weer.

Om in de benodigde opslagruimte te voorzien kan het VOG-2 worden uitgebreid. Dit gebouw is voorbereid op een uitbreiding met drie opslaghallen, waarmee de bestaande capaciteit van het VOG-2 wordt verdubbeld. Deze uitbreiding kan worden gerealiseerd aan de noordwestelijke zijde van het VOG-2 (zie Figuur 7).



Figuur 5 De indeling van het COVRA-terrein anno 2024.



Figuur 6 Schematische weergave van de huidige vulgraad van de NORM-opslaggebouwen en de opslagbehoefte van NORM-afval in 2050; in oranje de benodigde uitbreiding.

De totale opslagcapaciteit van verarmd uranium zal als gevolg van deze uitbreiding bijna 60 duizend m³ bedragen. Dit is tot ongeveer 2042 voldoende. Er is dus voor 2050 nog een nieuw gebouw nodig om te kunnen blijven voorzien in de opslag van verarmd uranium. Momenteel is er binnen de grenzen van het COVRA-terrein nog ruimte om een dergelijk gebouw te kunnen realiseren, bijvoorbeeld in het verlengde van het VOG-2. Wanneer de helft van deze beschikbare ruimte gebruikt wordt voor de bouw van een VOG-3, levert dit een opslagcapaciteit van 35 duizend m³ NORM-afval op. Dit is voldoende tot ongeveer 2057. De uitbreiding van het VOG-2 en de beoogde locatie van het VOG-3 zijn weergegeven in Figuur 7.

4.2 Ontmantelingsafval

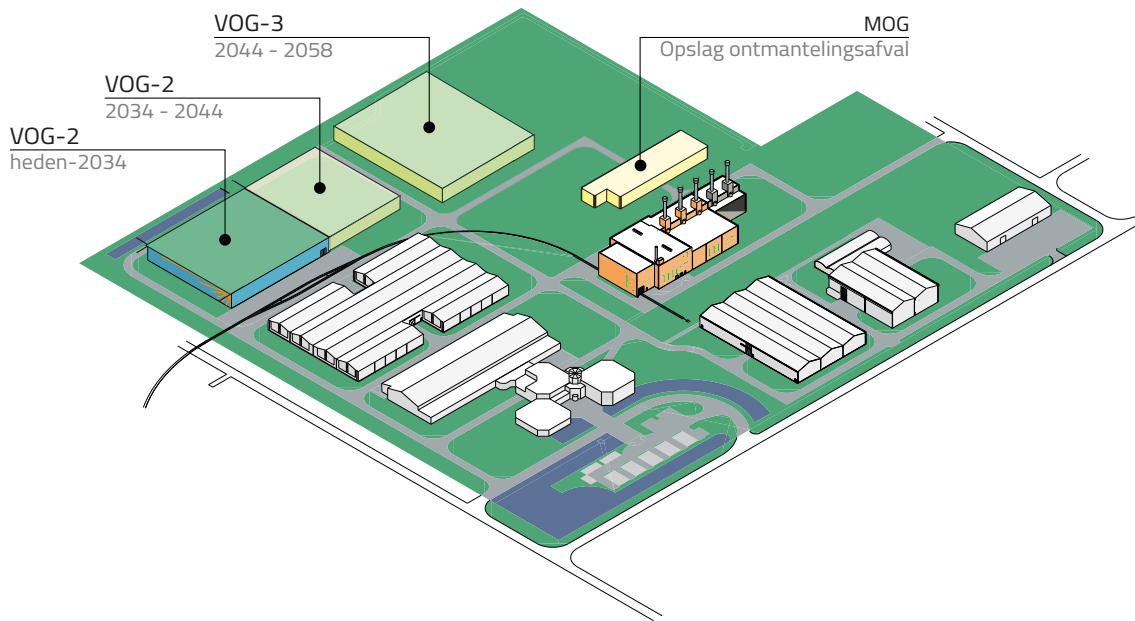
Het ontmantelingsafval van de verschillende reactoren zal voornamelijk aangeleverd worden in KONRAD TYPE II en Mosaik containers. Voor de opslag van deze containers is het Multifunctioneel OpslagGebouw (MOG) ontwikkeld. De constructie van dit gebouw is inmiddels begonnen en het wordt naar verwachting in 2026 in gebruik genomen.

Het MOG is onder andere bestemd voor de opslag van ontmantelingsafval. Mogelijk wordt ook een klein deel van dit afval in het LOG (Laag- en middelradioactief afval OpslagGebouw) opgeslagen. De verwachting is dat deze hoeveelheid geen significante invloed heeft op de vulgraad van het LOG. Als de bedrijfsduur van KCB

wordt verlengd, komt het ontmantelingsafval van deze kerncentrale pas na 2050 naar COVRA. Dit ontmantelingsafval wordt in het MOG geplaatst. Hierdoor hoeft er voor 2050 niet te worden nagedacht over de ontwikkeling van een nieuw gebouw of uitbreiding van het MOG.

Het ontmantelingsafval is, op basis van het dosistempo, onderverdeeld in 2 types: LRA (laagradioactief afval) en MRA (middelradioactief afval). Het LRA wordt opgeslagen in het beperkt toegankelijke gedeelte van het MOG en het MRA in het niet-toegankelijke gedeelte. In het niet-toegankelijke gedeelte is ruimte voor 128 MRA opslagcontainers. Hiervan zijn ongeveer 40 plaatsen gereserveerd voor historisch afval afkomstig uit Petten. Van alle ontmantelingsprojecten samen worden ook ongeveer 40 containers verwacht. Het MOG biedt dus tot 2050 ruim voldoende plaats voor de opslag van het middelradioactief ontmantelingsafval.

De ontmantelingsprojecten resulteren ook in ongeveer 664 containers aan LRA. Het beperkt toegankelijke gedeelte van het MOG biedt ruimte voor de opslag van 680 LRA containers, en biedt daarmee tot na 2050 genoeg ruimte om al het ontmantelingsafval op te kunnen slaan. Figuur 7 laat de locaties van de uitbreiding van het VOG-2, een mogelijke locatie van het VOG-3, en de locatie van het MOG zien.



Figuur 7 Verwachte ontwikkelingen tot 2050 op het COVRA-terrein voor de opslag van NORM- en ontmantelingsafval.

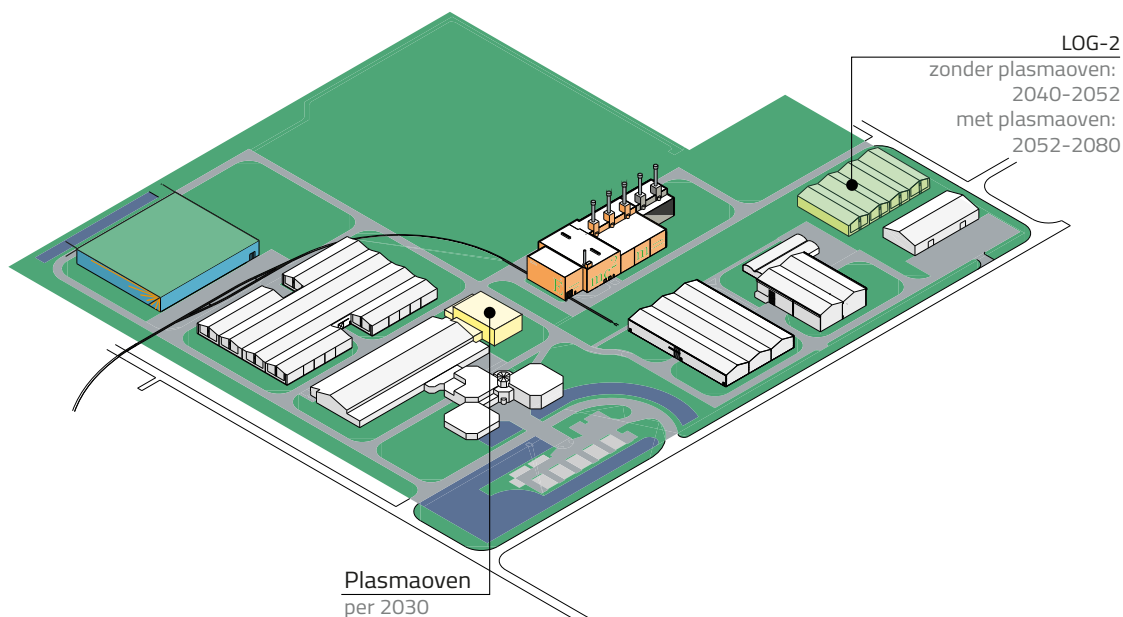
4.3 LMRA

Het LMRA dat COVRA ontvangt, wordt opgeslagen in het Laag- en middelradioactief afval OpslagGebouw (LOG). De totale opslagcapaciteit van dit gebouw is naar schatting 19,5 duizend m³. Daarvan is momenteel ruim 12,5 duizend m³ gevuld. In het geval dat er geen wijzigingen in de nucleaire sector plaatsvinden is de verwachting dat er in 2050 ongeveer 19 duizend m³ LMRA aanwezig zal zijn op het COVRA-terrein. Voor de opslag van dit afval is in het LOG dus nog voldoende plaats.

Of het LOG in 2050 daadwerkelijk genoeg ruimte biedt voor de opslag van het LMRA is afhankelijk van de ontwikkelingen binnen de nucleaire sector. In het geval dat het plusscenario zoals beoogd

in hoofdstuk 2 doorgaat, wordt de capaciteit van het LOG rond 2040 overschreden. Er is dan in 2050 behoefte aan extra opslagruimte voor ongeveer 6 duizend m³ LMRA.

Het bestaande LOG kan niet verder uitgebreid worden. Daarom moet bij een behoefte aan extra opslagruimte een nieuw gebouw gerealiseerd worden. Dit kan bijvoorbeeld ten zuidwesten van het TLG-2, zoals geschetst in Figuur 8. De oppervlakte die hier beschikbaar is bedraagt circa 4.400 m², hier kan naar schatting ongeveer 7.500 m³ aan LMRA opgeslagen worden. Dat is zonder een plasmaoven tot ongeveer 2052 voldoende. Dat wil zeggen dat er kort na 2050 een derde opslaggebouw voor LMRA nodig is, en dat het ontwikkelingstraject van dit gebouw al voor 2050 in gang moet worden gezet.



Figuur 8 Verwachte ontwikkelingen op het COVRA-terrein tot 2050 ten behoeve van de opslag en verwerking van LMRA in het plusscenario.

De komst van een plasmaoven zal een groot effect hebben op de behoefte aan opslagruimte voor LMRA. Ten gevolge van de verhoogde volumereductie zal er in het LOG voldoende opslagruimte zijn om te voorzien in de opslag van het LMRA dat tot 2050 wordt aangeboden aan COVRA. Er is dan in 2050 nog plaats voor ongeveer 700 m³ afval. In dat geval is er pas in 2052 een nieuw opslaggebouw voor LMRA nodig. Hetzelfde gebouw als beschreven in de vorige alinea biedt in dit geval voldoende opslagruimte tot ongeveer 2080. Figuur 9 geeft een schematische weergave van de verwachte hoeveelheid LMRA voor de verschillende ontwikkelingen in het plusscenario.

4.4 HRA

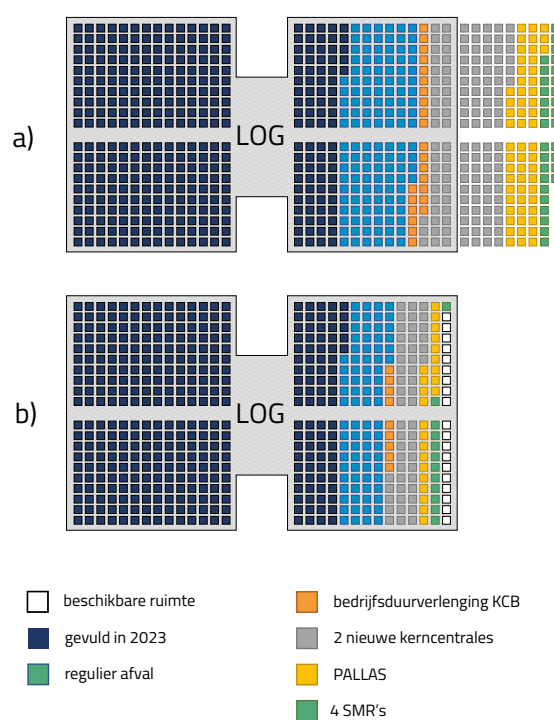
HRA dat wordt afgeleverd bij COVRA wordt opgeslagen in het HABOG (Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag- Gebouw). Dit afval kan worden onderverdeeld in twee categorieën: warmteproducerend en niet-warmteproducerend HRA. Het warmteproducerend HRA wordt opgeslagen in opslagcompartimenten aan de warme (zuidwestelijke) zijde van het HABOG. De opslag van het niet-warmteproducerend HRA gebeurt in opslagbunkers aan de koude (noordoostelijke) zijde van het HABOG.

Bestaande Situatie

Niet-warmteproducerend HRA heeft een geringe vervalwarmteproductie en wordt opgeslagen in opslagbunkers. Het HABOG bevat 3 van deze bunkers, die ieder ruimte bieden aan 108 m³ aan HRA. Eén van deze bunkers dient als reservecapaciteit die beschikbaar moet blijven om in geval van storingen één van de andere bunkers leeg te kunnen maken zodat onderhoud of reparaties kunnen worden uitgevoerd. De effectieve capaciteit is dus 216 m³. Daarvan is momenteel ongeveer 25% gevuld.

Voor het minscenario is de verwachting dat in 2050 ongeveer 91 m³ niet-warmteproducerend HRA aanwezig is bij COVRA, dit komt overeen met 42% van de capaciteit van het HABOG. Wanneer alle ontwikkelingen van het plusscenario zoals in hoofdstuk 2 beoogd doorgaan, bevatten de opslagbunkers in 2050 ongeveer 225 m³ aan niet-warmteproducerend HRA, en daarmee wordt de capaciteit met ongeveer 5% overschreden. Dat betekent dat de opslagcapaciteit voor 2050 uitgebreid moet worden. Dit kan bijvoorbeeld door middel van uitbreiding van het HABOG met een extra bunker voor niet-warmteproducerend HRA, maar ook door het toepassen van gestapelde opslagmethode in de al bestaande bunkers. Later in dit hoofdstuk worden deze opties verder toegelicht.

Warmteproducerend HRA heeft een hogere vervalwarmteproductie en moet gekoeld worden om de temperaturen binnen veilige marges te houden. Derhalve wordt dit afval opgeslagen in opslagbuizen die door middel van passieve luchtkoeling continu worden gekoeld. Het HABOG heeft vijf opslagcompartimenten voor de opslag van warmteproducerend afval. Ook hiervan moet er altijd 1 compartiment leeg blijven om in geval van storingen of inspecties één van de andere opslagcompartimenten leeg te maken door de inhoud over te zetten naar een ander compartiment zodat onderhoud of reparaties kunnen worden uitgevoerd in het compartiment met een defect. Het warmteproducerend HRA dat hierin wordt opgeslagen kan verder worden onderverdeeld in twee soorten: verglaasd HRA

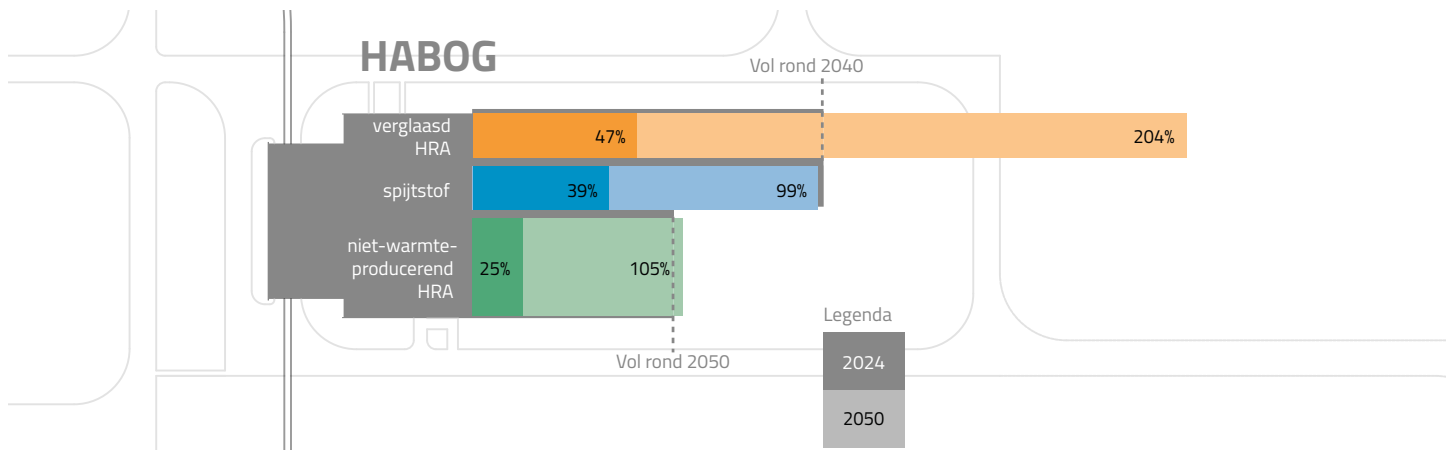


Figuur 9 Schematische weergave van de verwachte ruimtebehoefte voor de opslag van LMRA in 2050 in het geval van a) geen plasmaoven en b) een plasmaoven vanaf 2030. Ieder blokje staat voor ongeveer 35 m³ LMRA.

en splijtstofelementen. De opslagcompartimenten bieden ruimte voor de opslag van 97,2 m³ verglaasd HRA en 28 m³ aan splijtstofelementen. Daarvan is momenteel respectievelijk 45,4 m³ en 11,0 m³ gevuld (47% en 39%).

Het huidige HABOG biedt voldoende opslagruimte voor de afvalstromen die vallen binnen het basisscenario, voor zowel verglaasd HRA als splijtstofelementen. Echter geldt voor het verglaasd afval dat bij realisatie van het plusscenario, beschreven in hoofdstuk 2, de huidige capaciteit van het HABOG rond 2040 overschreden zal worden. Er is in 2050 naar verwachting een behoefte aan 100 m³ extra opslagruimte voor verglaasd HRA. Als de bestaande configuratie van de opslagcompartimenten wordt gehanteerd, moet het HABOG in 2050 uitgebreid zijn met vijf opslagcompartimenten voor warmteproducerend HRA. Voor de uitbreiding van het aantal opslagcompartimenten is nog ruimte in het verlengde van het HABOG. Daarnaast zijn er mogelijkheden om de efficiëntie van de opslag van dit type afval te verbeteren. Dit wordt verderop in dit hoofdstuk toegelicht.

In tegenstelling tot verglaasd HRA, is er naar verwachting voldoende opslagruimte voor de splijtstofelementen die tot 2050 worden afgeleverd. Wanneer PALLAS de HFR vervangt, is er tot ongeveer 2050 genoeg opslagruimte in het HABOG. Figuur 10 geeft de huidige vulgraad van het HABOG en de verwachte ruimtebehoefte voor HRA in 2050 weer, voor de verschillende types HRA.



Figuur 10 Schematische weergave van de vulgraad (%) van verschillende types HRA in het HABOG, in 2024 en de prognose voor 2050.

Uitbreiding van het HABOG

Warmteproducerend zijde

Zoals benoemd bevat het HABOG vijf opslagcompartimenten voor warmteproducerend HRA, waarvan er vier in gebruik genomen kunnen worden. Ieder compartiment biedt ruimte voor de opslag van 7 m³ splijstofelementen en 24,3 m³ verglaasd HRA. In principe wordt met een uitbreiding van vijf compartimenten voldoende ruimte gecreëerd om te kunnen voorzien in de opslag van warmteproducerend HRA dat tussen nu en 2050 wordt afgeleverd. De verwachting is echter dat de aanvoer van verglaasd HRA na 2050 hard zal stijgen, omdat vanaf dat moment het HRA van de nieuwe kerncentrales afgevoerd zal worden naar COVRA. Dit geldt niet voor de aanvoer van splijstofelementen, waardoor een discrepantie zal ontstaan tussen de behoefte aan opslagruimte van deze twee types HRA. Het aantal benodigde compartimenten voor verglaasd afval zal ongeveer 14 keer sneller stijgen dan het aantal benodigde compartimenten voor splijstofelementen. Het is daarom belangrijk om de indeling van de opslagcompartimenten te optimaliseren.

Daarnaast kunnen de opslagbuizen dichter opeengepakt worden om het aantal opslagbuizen per compartiment te verhogen. Uit onderzoek van AREVA/ORANO in 2012 [4] is gebleken dat het aantal opslagbuizen per compartiment met 44% kan worden verhoogd op basis van eerste thermische en criticiteitsonderzoeken. Aanvullende onderzoeken zijn nodig om de haalbaarheid van deze optimalisatie te toetsen. Als deze optimalisatie kan worden toegepast, zal het aantal benodigde compartimenten voor verglaasd afval ongeveer 10 keer sneller stijgen dan het aantal benodigde compartimenten voor splijstofelementen. Voor de uitbreidingen van het HABOG voor 2050 geldt dat door deze optimalisatie slechts vier nieuwe compartimenten nodig zijn, in plaats van vijf.

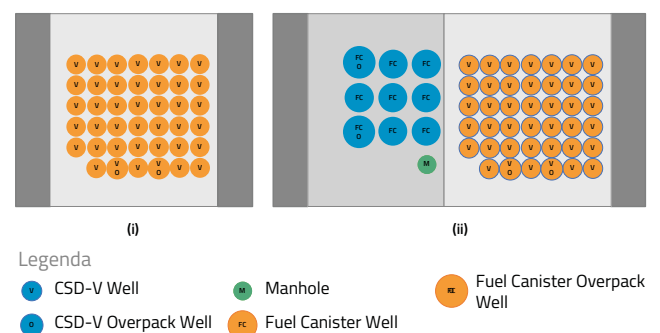
Een mogelijke aanpak om de ruimteverdeling te optimaliseren is het gebruik van compartimenten waar exclusief verglaasd afval kan worden opgeslagen (i), gecombineerd met de huidige opslagcompartimenten (ii). Een schematische weergave van deze compartimenten is te zien in Figuur 11.

Ieder tiende compartiment moet dan compartiment (ii) zijn. De lengte van compartiment (i) en (ii) bedragen respectievelijk

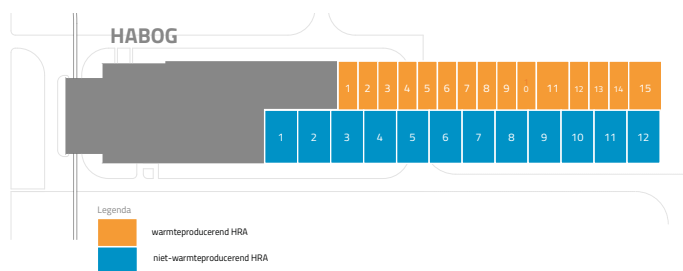
8,8 meter en 14,65 meter. Aan de warme zijde van het HABOG is momenteel nog ongeveer 145 meter aan ruimte beschikbaar tot de terreingrens is bereikt. Hier kunnen nog 13 compartimenten (i) in combinatie met twee compartimenten (ii) gebouwd worden. Daarmee kan in theorie tot ongeveer 2065 voldoende opslagruimte voor warmteproducerend afval gerealiseerd worden. Hierbij is er vanuit gegaan dat extra reserve compartimenten niet nodig zijn. Wanneer het HABOG gefaseerd wordt uitgebreid is er bovendien ruimte nodig voor 'dilataties' tussen het gebouw en de aanbouw, dit gaat eveneens ten koste van de capaciteit, maar is nog niet meegenomen in dit rapport.

Niet-warmteproducerende zijde

Ook voor het niet-warmteproducerend HRA geldt dat de aanvoer na 2050 snel zal stijgen. Er zal, wanneer de huidige bunkers en manier van opslag gekopieerd worden, behoefte zijn aan ongeveer vier nieuwe opslagbunkers per 15 jaar. Momenteel is er in het verlengde van het HABOG aan de koude zijde nog 177 meter aan ruimte beschikbaar tot aan de terreingrens. De lengte van een bunker



Figuur 11 Schematisch weergave van (i) een compartiment voor de opslag van exclusief verglaasd HRA en (ii) een compartiment voor de opslag van een combinatie van splijstofelementen en verglaasd HRA.



Figuur 12 Schematische weergave van de mogelijke uitbreiding van het HABOG.

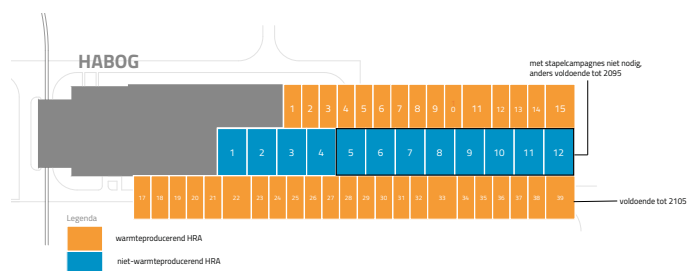
is 14,65 meter. Dat betekent dat er hier nog maximaal 12 bunkers aangebouwd kunnen worden. Wanneer alle ontwikkelingen doorgaan zal er daarmee tot ongeveer 2095 genoeg opslagruimte gecreëerd kunnen worden. In Figuur 12 wordt weergegeven hoe het HABOG er na deze uitbreidingen uit kan komen te zien.

Om de opslagcapaciteit van niet-warmteproducerend HRA te verhogen kan er, naast het toevoegen van opslagbunkers, ook gekeken worden naar het toepassen van stapelcampagnes. Momenteel worden de canisters in één laag opgeslagen en wordt er niet gestapeld.

In recente onderzoeken [5] [6], uitgevoerd in opdracht van COVRA, is de mogelijkheid onderzocht om de canisters op te slaan in rekken, waardoor stapelen mogelijk gemaakt kan worden. In theorie kan er in vier lagen gestapeld worden. Als deze strategie wordt toegepast stijgt de opslagcapaciteit per bunker van 600 naar 2.044 canisters. Om de haalbaarheid van deze maatregel te verifiëren dient eerst nog een onderzoek naar de vloerbelasting van de opslagbunkers uitgevoerd te worden. Bij het toepassen van stapelcampagnes zullen de bestaande opslagbunkers pas rond 2065 vol raken. Daarnaast zullen er slechts vier extra opslagbunkers nodig zijn om al het afval dat onder het beoogde plusscenario tot 2130 afgeleverd wordt op te kunnen slaan.

Verdere uitbreiding

Tot nu toe is er slechts gekeken naar uitbreidingen van het HABOG in de lengte van het gebouw. Er is echter ook voldoende ruimte om aan de koude kant van het HABOG in de breedte uit te breiden. Dit maakt het mogelijk om twee rijen opslagcompartimenten voor warmteproducerend afval te realiseren. In deze compartimenten wordt via de zijkant buitenlucht toegevoerd om vervolgens via een



Figuur 13 Schematische weergave van een mogelijke uitbreiding van het HABOG waarbij er in de breedte wordt uitgebouwd.

passief koelsysteem de compartimenten te koelen. Dit betekent dat één van de muren van deze compartimenten moet grenzen aan de buitenlucht om op deze wijze ook de nieuwe compartimenten te voorzien van een passief koelsysteem. Figuur 13 geeft deze situatie schematisch weer.

Zoals de figuur laat zien is er in dit geval ruimte om 24 extra compartimenten voor warmteproducerend HRA te kunnen realiseren. Wanneer de opslagbuizen, zoals eerder toegelicht, dichter opeengepakt kunnen worden, kan dit gebouw tot ongeveer 2105 voorzien in de opslag van warmteproducerend afval.

Een belangrijke kanttekening in de context van toekomstige HABOG-uitbreidingen is dat er als gevolg van de verwachte toename in HRA-aanvoer, in de logistiek knelpunten kunnen ontstaan omtrent de ontvangst en verwerking van het HRA. Dit is buiten beschouwing gelaten in het huidige rapport, maar in vervolgonderzoeken dient onderzocht te worden of onder meer de capaciteit van de bestaande ontvangsthal en kranen in de opslagcompartimenten toereikend blijft als gevolg van deze toename.

Niet opwerken

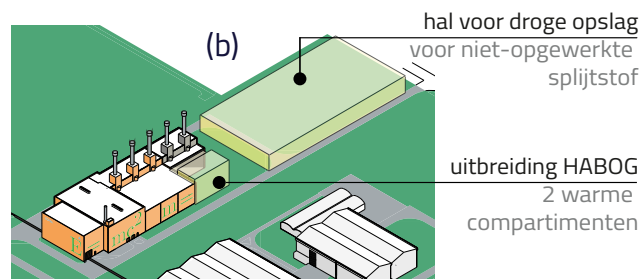
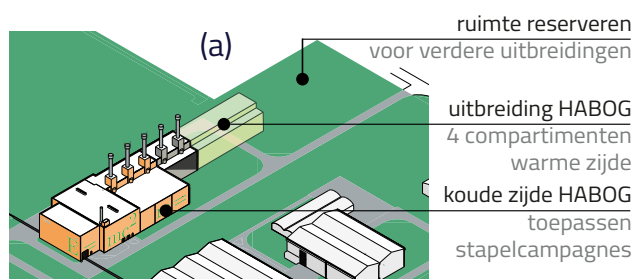
Wanneer er wordt besloten om de splijtstof van de nieuwe kerncentrales en SMR's niet op te werken, moet er een nieuw opslaggebouw worden gerealiseerd om te kunnen voorzien in de opslag van de opslagcontainers. Om een schatting te maken van de grootte van dit gebouw kan er gekeken worden naar de omvang van vergelijkbare gebouwen. Een aantal voorbeelden zijn gegeven in Tabel 4.

De gebouwooppervlakte die een container inneemt in deze gebouwen, varieert tussen de 12 en 23 m². Bij de komst van twee kerncentrales en vier SMR's zullen er in 2050 ongeveer 75 van deze containers bij COVRA aanwezig zijn. Hiervoor is dan een gebouw nodig met een oppervlakte van ongeveer 900 tot 1.750 m².

Locatie	Capaciteit CASTOR containers	Gebouw-oppervlakte (m ²)	Afdruk CASTOR (m ²)
Zwitserland (ZWILAG)[7]	200	2788	14
Duitsland (Isar)[8]	152	3496	23
Duitsland (Gorleben)[9]	420	5000	12

Tabel 4 Kenmerken van verschillende opslaghallen voor de opslag van CASTOR V/19 containers.

Aangezien er in deze situatie geen grote uitbreiding van het HABOG nodig is*, kan de ruimte in het verlengde van het HABOG gebruikt worden voor het realiseren van een hal voor droge opslag. De beschikbare oppervlakte bedraagt ongeveer 8.100 m². Dit is ruim voldoende voor de behoefte in 2050. Wanneer men uitgaat van een afdruk van 12 m² per container zal er voor al het HRA van de zes reactoren voldoende opslagcapaciteit zijn. Wanneer men uitgaat van een afdruk van 23 m² zou een dergelijk gebouw genoeg ruimte kunnen bieden tot ongeveer 2080. Bij het bepalen van een definitieve locatie van dit gebouw is de infrastructuur een belangrijk punt van aandacht. De CASTOR containers worden doorgaans per trein vervoerd, en daarom moet er een spoorverbinding naar dit gebouw gerealiseerd worden. In Figuur 14 zijn de ontwikkelingen op het COVRA-terrein ten behoeve van de opslag van HRA geschetst.



Figuur 14 Mogelijke ontwikkelingen op het COVRA-terrein tot 2050 t.b.v. de opslag van HRA in het geval van (a) opwerken en (b) niet opwerken.

*Als de bedrijfsduur van KCB met 20 jaar wordt verlengd, zijn er nog 2 compartimenten voor warmteproducerend afval nodig, deze kunnen worden gerealiseerd aan de koude zijde van het HABOG.

4.5 Wanneer is het terrein vol?

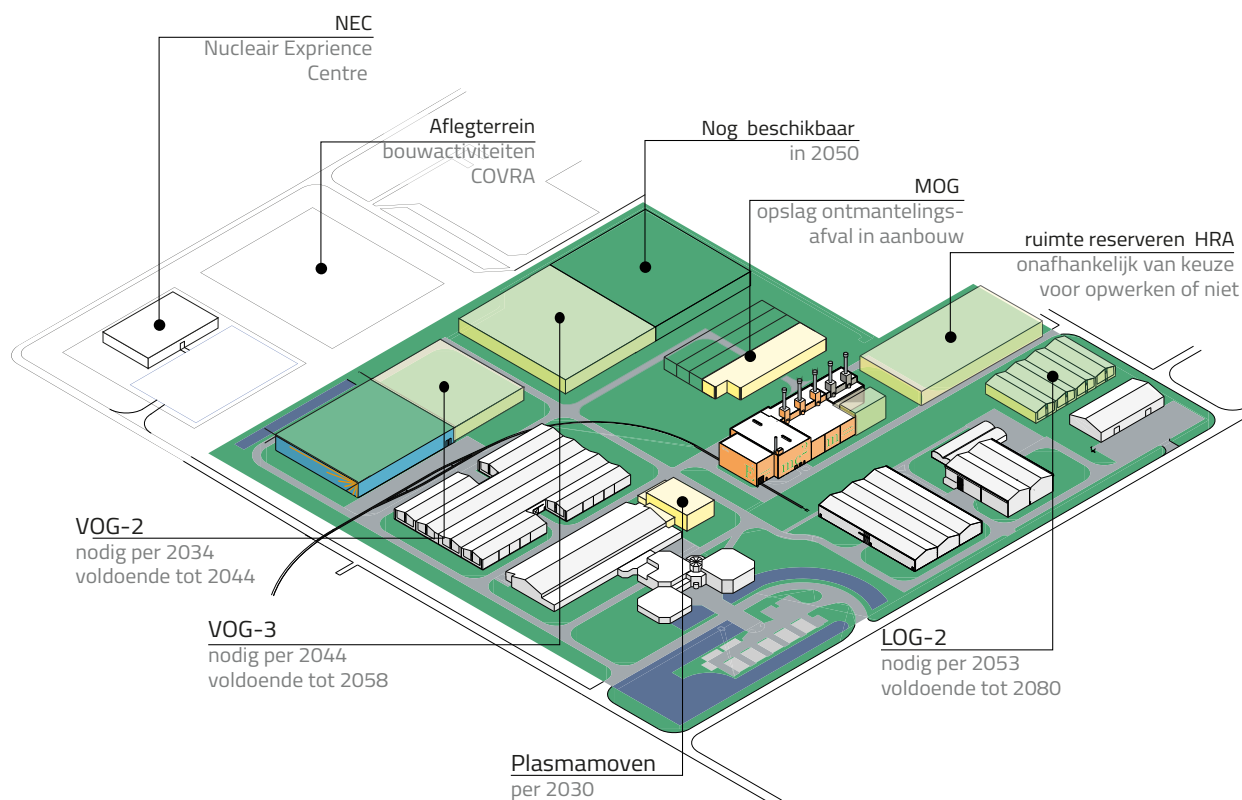
Voor de uitbreidingen die nodig zijn voor 2050 is op het huidige COVRA-terrein voldoende ruimte. Om een antwoord te geven op de vraag wanneer het terrein vol is moeten we dus voorbij 2050 kijken.

Figuur 15 geeft een overzicht van alle verwachte ontwikkelingen op het COVRA-terrein tot 2050, zoals beschreven in het huidige rapport. In deze figuur is te zien dat er in 2050 nog een stuk grond beschikbaar is ten noordwesten van het VOG-3. Dit stuk grond, met een oppervlakte van ongeveer 9.500 m², is dan het laatste stuk onbebouwde grond. Wanneer dit volgebouwd is, is het huidige COVRA-terrein dus vol.

Met de voorgestelde uitbreidingen van opslagruimte voor HRA is er voldoende ruimte tot ver na 2050. Dit is het geval zowel wanneer HRA wordt opgewerkt als wanneer er niet wordt opgewerkt. Dat betekent dat de vrije grond kan worden gebruikt als opslaglocatie voor LMRA of NORM-afval. Opslag van LMRA op die locatie is alleen nodig wanneer er geen plasmaoven komt. In dat geval is het COVRA terrein rond 2060 vol. Wanneer er wel een plasmaoven gerealiseerd wordt, kan de resterende ruimte volledig worden toegewijd aan de opslag van NORM-afval. Het terrein zal in dat geval rond 2070 vol zijn.

COVRA is voornemens om extra grond aan te kopen om een aflegterrein te kunnen realiseren. Daarnaast is er de ambitie om hier samen met EPZ een nieuw voorlichtingscentrum, het Nuclear Experience Centre (NEC), te realiseren. Deze uitbreiding is ook weergegeven in Figuur 15.

Wanneer het huidige terrein vol is, kan op het aflegterrein een extra opslaggebouw voor verarmd uranium worden gerealiseerd. De opslagcapaciteit van het grootste gebouw dat hier past bedraagt ongeveer 70 duizend m³. Met de realisatie van dit gebouw is er tot ongeveer 2100 voldoende opslagruimte voor verarmd uranium.



Figuur 15 Overzicht van de verwachte ontwikkelingen op het COVRA-terrein tot 2050.

5. Conclusie

Deze studie heeft inzicht gegeven in de hoeveelheid radioactief afval die COVRA tot en met 2050 kan verwachten. Er zijn twee scenario's uitgewerkt: het minscenario, die het huidige nucleaire landschap in Nederland beschrijft, en het plusscenario, waarbij ook mogelijke ontwikkelingen in de nucleaire sector zijn meegenomen. De ontwikkelingen die in het plusscenario zijn meegenomen zijn de komst van twee nieuwe kerncentrales, vier SMR's en een bedrijfsduurverlenging van de bestaande kerncentrale in Borssele. Als gevolg van deze ontwikkelingen zal de aanvoer van radioactief afval naar COVRA significant toenemen. Hoewel deze ontwikkelingen nog ver in de toekomst lijken te liggen, is COVRA nu al actief bezig om de opslag van het afval nog veiliger en efficiënter te kunnen maken. Een voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van een plasmaoven die een belangrijke rol zal gaan spelen in de volumereductie van LRMA.

Tussen nu en 2050 moeten verschillende gebouwen uitgebreid worden. Het VOG-2 is rond 2034 vol en moet voordien uitgebreid worden om te kunnen blijven voorzien in voldoende opslagruimte voor verarmd uranium. De uitbreiding van het VOG-2 is naar verwachting rond 2042 vol. Voor die tijd moet een nieuw opslaggebouw voor verarmd uranium worden gebouwd. Daarnaast moet er, wanneer er geen plasmaoven komt, rond 2040 een nieuw LOG gerealiseerd worden voor de opslag van LMRA. Komt er wel een plasmaoven, is dat pas in 2052 het geval. Voor het ontmantelingsafval dat tot 2050 verwacht wordt biedt het MOG voldoende ruimte.

In dit rapport is in detail ingegaan op mogelijke uitbreidingen van het HABOG. Voor zowel het koude als warme gedeelte van het HABOG valt er winst te behalen door optimalisatie van de opslag.

Bestaande compartimenten voor de opslag van warmteproducerend afval bevatten 27 wells voor verglaasd afval. Door optimalisatie kan dit voor toekomstige compartimenten verhoogd worden naar 39, waardoor de ruimtelijke voetafdruk van verglaasd afval met 44% afneemt. In de opslagbunkers voor niet-warmteproducerend afval is ook winst te behalen. Zo kan door middel van opslagrekken het aantal canisters per bunker verhoogd worden van 600 naar 2.044, een toename van 240%. Deze optimalisaties moeten meegenomen worden als uitbreidingen van het HABOG moeten worden gerealiseerd. Dit zal voor beide types afval rond 2040 het geval zijn.

Verder is er gekeken naar de situatie waarin de spijstof van de nieuwe kerncentrales en SMR's niet wordt opgewerkt. In dat geval moeten de splijtstofelementen uit de kernreactoren worden opgeslagen. In dit rapport is ervan uitgegaan dat de splijtstofelementen in een nieuw opslaggebouw opgeslagen worden. Dit gebouw kan op het terrein van COVRA worden gerealiseerd.

Alle nodige uitbreidingen en nieuwe gebouwen passen naar verwachting nog op het COVRA-terrein. Hoe het terrein er in 2050 daadwerkelijk uit zal zien is afhankelijk van zowel de ontwikkeling van de nucleaire sector, als de besluitvorming omtrent de plasmaoven en het opwerken van verbruikte splijtstofelementen. Bij de komst van een plasmaoven zal het huidige terrein voldoende ruimte bieden om tot minstens 2070 te kunnen voorzien in de opslag van radioactief afval. Wanneer de plasmaoven niet wordt gerealiseerd, moet er rond 2060 worden uitgeweken naar een tweede locatie. Desalniettemin zal er, ondanks de verwachte toename van de hoeveelheid afval, tot na 2050 op het huidige terrein voldoende ruimte zijn om al het afval op te kunnen slaan.

Bijlagen

Bijlage 1: Afkortingen- en begrippenlijst

COG	Container OpslagGebouw
COVRA	Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval
GKN	Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland te Dodewaard
HABOG	Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag-Gebouw
HFR	Hoge Flux Reactor
HOR	Hogere Onderwijs Reactor
HRA	Hoogradioactief afval
KCB	Kerncentrale Borssele
LOG	Laag- en middelradioactief afval OpslagGebouw
LMRA	Laag- en middelradioactief afval
LRA	Laagradioactief afval
MOG	Multifunctioneel OpslagGebouw
MRA	Middelradioactief afval
NEC	Nuclear Experience Centre
NORM	Naturally Occurring Radioactive Materials
PALLAS-reactor	Nieuwe medische isotopenreactor die de verouderde Hoge Flux Reactor in Petten gaat vervangen
SHINE	Amerikaanse onderneming die op innovatieve, veilige en duurzame wijze medische isotopen wilt gaan produceren
SMR	Small Modular Reactor
TENORM	Technically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials
TLG	Transport en Logistiek Gebouw
VOG	Verarmd uranium OpslagGebouw
VRF	Volumereductiefactor

Bijlage 2: Ontmanteling

In hoofdstuk 2 staat beschreven dat er bij het sluiten van kernreactoren direct wordt overgegaan tot ontmanteling. Dit betekent echter niet dat zodra de kernreactor sluit er direct begonnen kan worden met slopen. Het ontmantelingsproces duurt doorgaans ongeveer 8 tot 10 jaar, hoewel dit ook kan variëren. In deze bijlage worden de fasen van ontmantelen beschreven [10].

In de nucleaire sector is ontmanteling een overkoepelende term voor alle activiteiten die het mogelijk maken om nucleaire installaties definitief te sluiten, ontsmetten, ontmantelen, slopen en verwijderen. De ontmanteling is gereed wanneer alle radioactieve en niet-radioactieve materialen zijn verwijderd van het terrein, onderzoeken zijn gedaan om te bevestigen dat er geen significante radioactiviteit meer aanwezig is, en het terrein is voorbereid voor nieuwe toepassingen.

De planning voor het ontmantelen begint al voor de bouw van de kernreactor, namelijk bij het ontwerpen van de kernreactor. De plannen worden al in dit stadium gemaakt om ervoor te zorgen dat de ontmanteling en het afvalbeheer veilig en effectief kan worden uitgevoerd zonder dat deze negatieve gevolgen voor de mens, het milieu en de samenleving hebben.

De eerste fase bij ontmanteling is het voorbereiden. Alle aspecten voor het ontmantelen worden in kaart gebracht en gedocumenteerd, inclusief financiering en goedkeuring door de toezichthouder.

De tweede fase begint na het uitschakelen van de kernreactor. De brandstof wordt uit de reactorkern verwijderd en overgebracht naar een (tijdelijke) opslag voor verbruikt splijtstof om vervolgens te kunnen worden opgewerkt en/of afgevoerd naar de radioactief afvalverwerker. Tijdens deze fase worden de stralingsniveaus van de installatie en materialen bepaald. Radioactieve materialen en besmette onderdelen (van handschoenen tot delen van de reactor) worden gekarakteriseerd en gesorteerd in verschillende categorieën.

Vervolgens worden in de derde fase de radioactieve materialen gedecontamineerd, verkleind tot verwerkbaar delen en verwijderd uit de installatie voor verdere verwerking of opslag bij de radioactief afval organisatie.

Een groot deel van de materialen en afval, zo'n 95%, afkomstig van de ontmanteling is niet radioactief. In fase vier worden deze materialen verkleind tot verwerkbaar delen. Er worden inspanningen geleverd om te zorgen dat dit afval hergebruikt kan worden of afgevoerd naar de reguliere afvalverwerker. Metalen kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt voor staalproductie en beton en puin kunnen hergebruikt worden voor bijvoorbeeld wegenbouw.

In fase 5 wordt het terrein voorbereid voor hergebruik. Verontreinigde grond wordt verwijderd en de grond wordt aangevuld met schone grond.

Als laatst wordt in fase 6 de grond gecontroleerd door de toezichthouder en vervolgens vrijgegeven voor hergebruik voor andere doeleinden. Het terrein staat vanaf dat moment niet meer onder toezicht van de nucleaire autoriteit.

Bijlage 3: Vermogen nieuwe kernreactoren

Voor de bouw van nieuwe generatie III+ reactoren met een hoger vermogen dan de kerncentrale Borssele zijn er drie grote leveranciers: het Amerikaanse bedrijf Westinghouse, het Franse staatsbedrijf EDF en het Zuid-Koreaanse bedrijf KNHP. Alle drie de bedrijven hebben ervaring met het bouwen van generatie III+ reactoren met een minimaal vermogen van 1000 MW. Het maximaal vermogen van kerncentrales die deze bedrijven kunnen bouwen ligt tussen de 1400 MW en de 1800 MW. In dit rapport hebben we gekozen voor 1600 MW. We hebben hierbij geen keuze gemaakt tussen de leveranciers en willen we ook zeker geen voorkeur uitspreken voor een bepaalde leverancier of type kerncentrale. Door in dit rapport te kiezen voor het vermogen van 1600 MW worden de 'lagere' vermogens reactoren gedekt, geeft het een realistisch beeld maar niet té optimistisch, en sluiten we aan bij de afvalinventarisatie van COVRA die in 2022 is gepubliceerd [1].

In het geval van SMR's zijn de leveranciers Westinghouse, het Japanse bedrijf Toshiba en het Engelse Rolls Royce vergoederd in de ontwikkeling hiervan. Deze drie bedrijven kunnen SMR's ontwikkelen met een vermogen tussen de 300 MW en de 500 MW. In dit rapport is gekozen voor een vermogen van 350 MW. Ook hier geldt dat we geen keuze gemaakt tussen de leveranciers en we willen ook zeker geen voorkeur uitspreken voor een bepaalde leverancier of type kerncentrale.

Verwijzingen

- [1] E. Burggraaff, J. Welbergen en E. Verhoef, „Nationale Radioactief Afval Inventaris,” 2022.
- [2] J. Deckers and J. Hansen, “Industrial Treatment of Radioactive Waste by Plasma Technology,” Dessel, België, 2021.
- [3] NRG, „Actualisering beleidskader ten aanzien van de verwerking van gebruikte splijtstof,” 2022.
- [4] AREVA, „Optimization of the Well Design: Technical Assessment of an Alternative Solution (NT 100805 20 0002 B),” 2012.
- [5] AREVA, „COVRA-HABOG Facility - bunker 117 storage optimization (NT 101824 20 0001 B),” 2017.
- [6] AREVA, „COVRA-HABOG Facility - bunker 117 storage optimization. Criticality calculations (NT 101824 00 0001 A),” 2016.
- [7] „Cask Storage Hall,” Zwilag, [Online]. Available: https://www.zwilag.ch/en/cask-storage-hall-_content---1--1054.html. [Geopend 14 November 2023].
- [8] „Isar Interim Storage Facility,” Zwischenlager, [Online]. Available: <https://zwischenlager.info/en/standort/isar/>. [Geopend 17 November 2023].
- [9] „Gorleben Interim Storage Facility,” Zwischenlager, [Online]. Available: <https://zwischenlager.info/en/standort/gorleben/>. [Geopend 14 November 2023].
- [10] International Atomic Energy Agency, „Nuclear Decommissioning Bulletin,” International Atomic Energy Agency, Wenen, 2023.



Spanjeweg 1
4455 TW Nieuwdorp



Postbus 202
4380 AE Vlissingen



E: info@covra.nl
T: +31(0)113 616 666
