

# Bijlage B Ontwerpkader

**Behorende bij project-MER Kew  
PALLAS**

23 mei 2022

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]  
[Redacted]

[Redacted]  
[Redacted]  
[Redacted]

[Redacted]  
[Redacted]  
[Redacted]  
[Redacted]  
Nederland



# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1	Relatie met het plan-MER	5
1.2	Leeswijzer	5
<b>2</b>	<b>Projectfase</b>	<b>6</b>
2.1	Bouwfase	6
2.2	Overgangsfase	6
2.3	Exploitatiefase	6
2.4	Buitengebruikstellings- en ontmantelingsfase	7
<b>3</b>	<b>De reactor</b>	<b>8</b>
3.1	De reactor	8
3.1.1	Type reactor	8
3.1.2	Veiligheidsconcept	11
3.1.3	Noodorganisatie	13
3.2	Gebruik van de reactor	14
3.3	De splijtstofketen en isotopenketen	14
3.3.1	Splijtstofketen	14
3.3.2	Isotopenketen	18
3.3.3	Non-proliferatie	20
<b>4</b>	<b>Exploitatiefase</b>	<b>21</b>
4.1	Beschrijving PALLAS-plot	21
4.1.1	Nucleair eiland: Het reactorgebouw met logistiek gebouw en supportgebouw	23
4.1.2	Overige gebouwen	24
4.1.3	Parkeerzone	25
4.2	Secundair koelsysteem	25
<b>5</b>	<b>Bouwfase</b>	<b>29</b>
5.1	Hoofd fasering: clusters van bouwactiviteiten	29
5.2	Bouwactiviteiten	30

5.2.1	Cluster 1: Inrichting LDA en tijdelijke toegangsweg	31
5.2.2	Cluster 2: Constructie secundaire koeling	33
5.2.3	Cluster 3: Bouwkuip, fundering en constructie reactorgebouw	37
5.2.4	Cluster 4: Constructie gebouwen, installatie en infrastructuur	41
5.2.5	Cluster 5: Afronding LDA en inrichting terrein	41
5.2.6	Testen	42
5.3	Grondwerk PALLAS-plot	42
5.4	Verkeer tijdens bouwfase	42
5.4.1	Dieselmaterieel	42
5.4.2	Transport	43
<b>6</b>	<b>Buitengebruikstelling en ontmanteling</b>	<b>44</b>
6.1	Wettelijk kader	44
6.1.1	Ontmantelingsstrategie	44
6.1.2	Ontmantelingsplan	44
6.2	Ontwerp voor ontmanteling	44
6.3	Documentatiebeheer voor ontmanteling	45
6.4	Fases voor ontmanteling	45
6.4.1	Ontmantelingstechnieken	46
6.4.2	Decontaminatietechnieken	46
6.4.3	Vrijgavemetingen	46
6.5	Omgang met afvalstoffen	47
6.6	'Groene weide' als eindsituatie	49
	<b>Verklarende woordenlijst</b>	<b>52</b>
	<b>Colofon</b>	<b>53</b>

# 1 Inleiding

Onderhavig rapport beschrijft het ontwerp van de PALLAS-reactor op hoofdlijnen. Het geeft een conservatieve, maar realistische inschatting van de voorgenomen activiteit. Het is gebaseerd op de kenmerken van de locatie op de EHC (Energy & Health Campus, voormalige Onderzoekslocatie Petten (OLP)), randvoorwaarden uit beleid en wetgeving en kennis vanuit de huidige HFR (Hoge Flux Reactor).

## 1.1 Relatie met het plan-MER

In het project-MER en de achtergrondrapporten bij het project-MER worden de effecten van het bouwen en exploiteren van de PALLAS-reactor beschreven. Dit project-MER volgt op het eerdere plan-MER bij bestemmingsplan 'PALLAS-plot', maar is in eind 2021 / begin 2022 op beperkte onderdelen geactualiseerd ten behoeve van het project-MER.

De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van het plan-MER zijn als volgt:

- Toevoeging van hoofdstuk 6, over de buitengebruikstelling en ontmanteling van de bestaande reactor
- Verduidelijking van onderwerpen die nog niet (volledig) bekend waren ten tijde van het indienen van het plan-MER.

## 1.2 Leeswijzer

Onderstaand is per hoofdstuk een korte toelichting opgenomen:

- Hoofdstuk 2  
Toelichting op de diverse projectfasen die in het project-MER worden beschouwd.
- Hoofdstuk 3  
Beschrijving van de reactor.
- Hoofdstuk 4  
Beschrijving voor de exploitatiefase aan welke randvoorwaarden de te bouwen elementen voldoen en wat hun maximale omvang is. Hierin is ook een beschrijving van het secundaire koelsysteem opgenomen.
- Hoofdstuk 5  
Beschrijving voor de bouwfase aan welke randvoorwaarden de bouwactiviteiten voldoen en wat hun maximale omvang is.
- Hoofdstuk 6  
Beknopte beschrijving voor de buiten gebruikstelling- en ontmantelingsfase aan welke randvoorwaarden deze activiteiten voldoen en wat hun maximale omvang is. Deze fase vereist een apart vergunningstraject met een eigen MER.

## 2 Projectfase

Het realiseren en bedienen van de PALLAS-reactor is op te delen in vier projectfasen: de bouwfase, de overgangsfase, de exploitatiefase en de buitengebruikstellings- en ontmantelingsfase.

### 2.1 Bouwfase

In deze fase worden de PALLAS-reactor, bijbehorende systemen en de bijbehorende infrastructurele aanpassingen gerealiseerd. De bouwfase duurt in totaal ongeveer zes jaar. Gedurende deze bouwfase worden op hoofdlijnen de volgende activiteiten uitgevoerd:

1. Inrichting tijdelijk werkterrein (ook wel Lay Down Area (LDA) genoemd) en tijdelijke toegangsweg.
2. Constructie secundaire koeling.
3. Bouwkuip, fundering en constructie reactorgebouw.
4. Constructie gebouwen, installatie en infrastructuur.
5. Afronding LDA en inrichting terrein.
6. Testen.

In het kader van het project-MER is vooral het ontgraven en grondverzet ten behoeve van de PALLAS-reactor, het ondergrondse pompstation voor het secundaire koelwatersysteem ('SCS building') en het realiseren van het secundaire koelwatersysteem relevant. Daarnaast is relevant dat een tijdelijk werkterrein van ongeveer 3,5 hectare moet worden ingericht. Grond en bouwmaterialen worden aan- en afgevoerd met vrachtwagens. Uitgangspunt is dat de bouwwerkzaamheden tot zo min mogelijk hinder leiden voor de omgeving. Ook veiligheid en toegankelijkheid zijn belangrijke aspecten, zeker omdat de EHC in verband met beveiliging beperkt toegankelijk is. De activiteiten in de bouwfase zijn in hoofdstuk 5 beschreven.

### 2.2 Overgangsfase

Zodra de PALLAS-reactor gereed is voor exploitatie bouwt de HFR haar activiteiten af. Omdat nog niet zeker is op welk moment de HFR wordt uitgefaseerd, gaan we in het project-MER bij het beschrijven van de milieueffecten uit van een overgangsfase van 2026 tot 2030. Naar verwachting zijn in 2028 en 2029 beide reactoren in gebruik.

De overgangsfase wordt in voorliggende rapport, zijnde het project-MER inclusief bijlagen, niet nader beschreven, aangezien deze fase niet tot unieke ontwerpkeuzes leidt.

De buitengebruikstelling (decomissioning) en de ontmanteling zijn toegelicht in hoofdstuk 6.



Figuur 1 Duiding van de overgangsfase van PALLAS-reactor en HFR

### 2.3 Exploitatiefase

In deze fase is de PALLAS-reactor in bedrijf genomen. De reactor wordt veilig bedreven en onderhouden conform de specificaties zoals beschreven in hoofdstuk 4.

## 2.4 Buitengebruikstellings- en ontmantelingsfase

De PALLAS-reactor stopt aan het eind van zijn levensduur op gecontroleerde wijze met de isotopenproductie. Uiteindelijk wordt de reactor ontmanteld. Dit is na een aantal decennia. Dit onderwerp wordt verder behandeld in hoofdstuk 6 van onderhavig rapport.



Figuur 2 Globaal overzicht van alle fasen in het PALLAS-project tot productie (ontmanteling PALLAS-reactor na einde levensduur is niet aangegeven) (Bron: PALLAS, 2020: Focus on PALLAS (<https://www.pallasreactor.com/focus-on-pallas/3/10/>))

## 3 De reactor

De PALLAS-reactor komt op beveiligd terrein te staan. Dit terrein is omzoomd met hekken en is alleen via bewaakte toegangen te betreden. Het terrein bestaat grofweg uit:

- Het nucleaire eiland bestaande uit de reactor met omliggend het logistiekgebouw en het supportgebouw.
- Alle overige ondersteunende faciliteiten, waaronder het kantoorgebouw, pompgebouw met surgetower en het parkeerterrein.

### 3.1 De reactor

#### 3.1.1 Type reactor

De PALLAS-reactor is een onderzoeksreactor. Onderzoeksreactoren kunnen op verschillende manieren worden ingedeeld naar type reactor. Dit onderscheid kan worden gemaakt op basis van:

- Het ontwerp en het type splijtstofelementen dat gebruikt wordt.
- Het materiaal dat gebruikt wordt voor de moderatie van neutronen.
- 'Pool-type'.

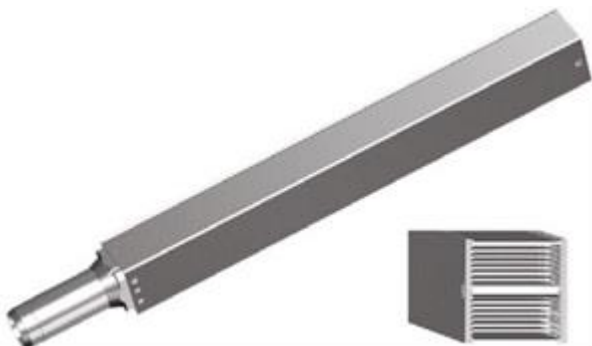
#### Het ontwerp en type splijtstofelementen

Er is onderscheid te maken tussen onderzoeksreactoren op basis van het ontwerp en het type splijtstofelementen dat gebruikt wordt. Zo zijn er:

- Onderzoeksreactoren waarbij de moderator in het splijtstofelement zit verwerkt, de zogenaamde TRIGA reactoren.
- Reactoren waarbij de splijtstofelementen bestaan uit dunne platen (plate-type fuel), de zogenaamde Materiaal Test Reactoren (MTR).
- Reactoren waarbij de splijtstof zich in vloeibare fase bevindt of is opgelost in een vloeistof.

De PALLAS-reactor zal, evenals de HFR, gebruik gaan maken van 'plate-type' splijtstofelementen. De keuze hiervoor is voornamelijk gebaseerd op het feit dat er veel ervaring met dit type splijtstofelementen beschikbaar is, wat de veilige bedrijfsvoering van de reactor bevordert.

Een 'plate-type' splijtstofelement bestaat uit een aantal platen met aan beide zijden een bevestigingshouder (dikkere aluminium platen). De splijtstofplaten bevatten laag verrijkt uranium in een aluminium matrix (samen de splijtstofmatrix). Om deze matrix is een aluminium bekleding aangebracht zodat het uranium opgesloten zit in de splijtstofplaat. In Figuur 3 is een voorbeeld van een dergelijk splijtstofelement weergegeven. De reactorkern van de PALLAS-reactor zal uit maximaal 20 van dergelijke splijtstofelementen bestaan.



*Figuur 2 Voorbeeld van een splijtstofelement van een onderzoeksreactor (zij-aanzicht van het hele element en bovenaanzicht waarbij de splijtstofplaten zichtbaar zijn)*

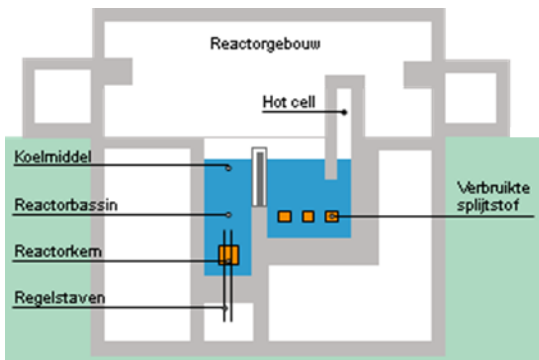
#### Het materiaal voor de moderatie van neutronen

Voor de moderatie van neutronen kan er gebruik gemaakt worden van water, zwaar water, grafiet of polyethyleen. De PALLAS-reactor wordt, evenals de HFR, een water gemodereerde reactor. Bij de PALLAS-reactor bevindt zich rond de reactorkern een vat met zwaar water dat dient als reflector van de neutronen. Het gebruik van water als moderator in de PALLAS-reactor hangt samen met de keuze voor het type splijtstofelementen dat gebruikt gaat worden.

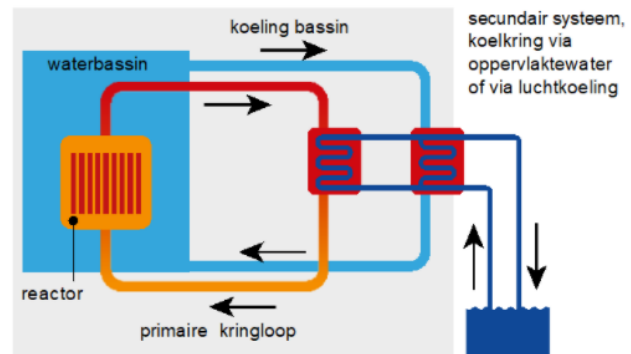


### Pool-type onderzoeksreactor

De PALLAS-reactor wordt een pool-type onderzoeksreactor. Bij dit ontwerp is de reactorkern, die voornamelijk bestaat uit splijtstofelementen en regelstaven, gelegen in een groot waterbassin (zie Figuur 4 en Figuur 5). De reactorkern bevindt zich daarbij in een tank die is aangesloten op een koelsysteem, maar die ook een open verbinding heeft met het waterbassin.



Figuur 3 Schematische weergave pool-type reactor



Figuur 4 Schematische voorstelling van de primaire koelkring en de secundaire koelkring voor een pool reactor

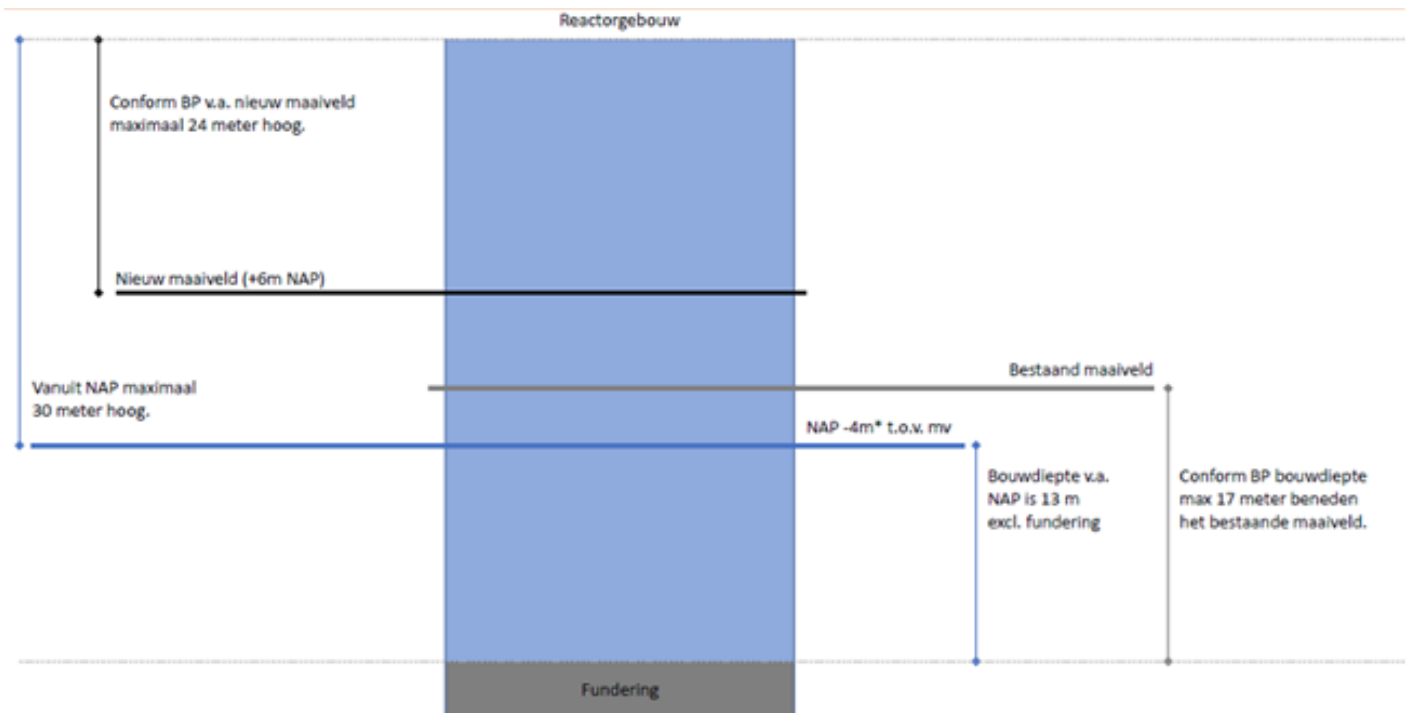
De reactorkern produceert tijdens normaal bedrijf straling. Om veilig met de reactor te kunnen werken, is daarom voldoende afscherming tussen de reactorkern en het personeel noodzakelijk. Ook moet het personeel voldoende worden afgeschermd van de straling afkomstig van de experimenten en isotopen. Water is hiervoor bij uitstek geschikt, omdat een aantal meter water voldoende afscherming biedt om veilig te werken. Het grote voordeel van een pool-type reactor is dat het waterbassin voor voldoende afscherming zorgt tijdens normaal bedrijf om veilig experimenten en medische isotopen productie, inclusief het ont- en beladen, uit te voeren.

Wanneer er geen directe noodzaak is voor het gebruik van een gesloten tank wordt er vaak gebruikgemaakt van een tank die aan de bovenzijde open is. Dit geeft de mogelijkheid van koeling met natuurlijke circulatie van bassinwater en vergemakkelijkt de toegang tot de reactorkern tijdens bedrijf, wat gunstig is voor het uitvoeren van experimenten en produceren van medische isotopen. De PALLAS-reactor zal gebruikmaken van een tank die aan de bovenzijde open is.

### Koelen van de reactor (primaire koelsysteem)

Figuur 5 geeft schematisch het principe van koelen van een 'pool-type' reactor. Bij het splijten van de uraniumatoomkernen komt warmte vrij die door koeling van de reactorkern wordt afgevoerd. De warmte wordt hierbij overgedragen aan koelwater dat wordt rondgepompt in de zogenoemde primaire kringloop. De primaire kringloop geeft via een warmtewisselaar de door het koelwater opgenomen warmte af aan een secundair systeem. Het nominale vermogen van de reactor zal 25 MW bedragen. De reactorkern, de experimenten en isotopenproductie en de gebruikte splijtstof staan tevens warmte af aan het reactor bassinwater. Het reactorbassinwater wordt op soortgelijke wijze als het koelwater gekoeld, namelijk met een primaire kringloop die via een warmtewisselaar warmte afgeeft aan het secundaire systeem. De nominaal benodigde koelcapaciteit van het secundaire systeem zal maximaal 29 MWth (Megawatt thermisch) bedragen. Het primaire water in de reactor en het reactorbassinwater worden gekoeld via de warmtewisselaars met het secundaire koelsysteem, zoals is weergegeven in Figuur 5. Voor de PALLAS-reactor zal daartoe koelwater worden ingenomen uit het Noordhollandsch Kanaal, dat vervolgens na opwarming wordt geloosd in de Noordzee.

De keuze om de reactorkern te koelen met water is een direct gevolg van de keuze voor het type splijtstofelementen en de bestralingscondities die van de reactor worden gevraagd ten behoeve van het uitvoeren van experimenten en het produceren van isotopen. Het gebruik van een ander koelmiddel dan water in de primaire kringloop is daardoor uitgesloten. Tijdens "down time" (bijvoorbeeld voor onderhoud) kan het bassin worden gekoeld door chillers (luchtcooling).



*Figuur 5 Diepte en hoogte van het reactorgebouw t.o.v. NAP, bestaand maaiveld en nieuw maaiveld. \*Het maaiveld fluctueert in het gebied en daarom is de 3,5 meter + NAP bij benadering opgenomen als gemiddelde op basis van het Actueel Hoogtebestand Nederland*

## Hot cell

In of nabij de reactor worden zes hot cells gerealiseerd. Een hot cell is een afgeschermd behandelruimte waar middels bediening op afstand veilig gewerkt kan worden met radioactief materiaal. De hot cell schijnt degene die werkt met het materiaal dus af van de radioactieve straling binnen de hot cell. In de hot cell worden experimenten gedaan en capsules of andere radioactieve objecten gedemonteerd in verband met inspectie, reparatie of transport. Tevens kunnen er containers met experimenten, nucleair afval en radioisotopencapsules worden beladen. Verder kan in de hot cells veilig middel- en hoogradioactief afval verpakt worden ten behoeve van transport voor verdere bewerking of opslag bij COVRA (Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval).

## Het reactorgebouw

Het reactorgebouw betreft het gebouw waarin de reactor zich bevindt met de direct daaraan gekoppelde functionaliteiten. Een belangrijke functie van dit gebouw is dat het een fysieke barrière betreft, ten behoeve van het insluiten van radioactieve stoffen en splijtstoffen. Het proces van het voorkomen of beperken van het vrijkomen van radioactief materiaal naar het milieu tijdens normaal bedrijf en tijdens mogelijke optredende ongevallen wordt ook wel confinement genoemd.

## Afmetingen reactorgebouw

Voor de afmetingen van het reactorgebouw wordt uitgegaan van 42,55 meter (breedte) bij 62,55 meter (lengte). De totale hoogte van het reactorgebouw komt uit op 39,5 meter en bevindt zich deels boven de grond en deels onder de grond. Het reactorgebouw krijgt een diepte van 13 meter - NAP (exclusief fundering) en een hoogte van 26,5 meter + NAP. Dit komt overeen met een diepte van 17 meter onder het bestaande maaiveld en een hoogte van 20,5 meter boven het toekomstige maaiveld. Daarmee is de bouwdiepte en -hoogte in overeenstemming conform het vigerende bestemmingsplan.

Voor de afvoer van ventilatielucht en voor de lozing van gasvormige of luchtgedragen radioactieve stoffen is het gebouw voorzien van een ventilatieschacht. De hoogte hiervan bedraagt 48,5 meter + NAP, vergelijkbaar met de ventilatieschacht van de HFR, en is onafhankelijk van de hoogte van het gebouw.

## Vermogen van de reactor

Om het vermogen van de reactor te bepalen is gekeken naar de functionele vereisten die PALLAS aan de ontwerper heeft gegeven ten aanzien van de isotopen die de reactor moet kunnen produceren. Daarbij is mede een uitgangspunt geweest om een zo laag mogelijk vermogen te hebben. De ontwerper heeft het ontwerp gebaseerd op de uitgangspunten en is uitgekomen op een vermogen van 25 MW.

## Belangrijkste kenmerken van de PALLAS-reactor

In Tabel 1 (onderstaand) zijn een aantal kenmerken van de PALLAS-reactor opgenomen.

Tabel 1 Belangrijkste kenmerken van de PALLAS-reactor

Parameter	Beschrijving
Reactor vermogen	25 MW
Reactor beschikbaarheid	300 Full Power Days per year
Aantal Hot Cells	6
Productie	Mo-99, andere isotopen voor industriële en medische doeleinden
Onderzoek	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondersteuning van onderzoek van medische isotopen</li> <li>• Bestraling van splijtstofmonsters in capsules</li> <li>• Bestraling van materiaalmonsters</li> </ul>
Reservering voor aanpassing	Extra ruimte en infrastructuur voor introductie van één complexe splijtstof bestralingsoplossing in de toekomst (bijvoorbeeld bestraling van splijtstof in steady state, ongevals- of ramp-up condities) of uitbreiding van bestraling van medische (zoals Mo-99 etc.) of industriële isotopen <sup>1</sup> .

### 3.1.2 Veiligheidsconcept

Kernreactoren moeten veilig worden bedreven. Dit wil zeggen dat het beschermen van mens en milieu tegen de schadelijke invloed van ioniserende straling gedurende de gehele levensduur van een kernreactor voldoende gewaarborgd is.

Hiervoor bestaat uitgebreide internationale en nationale wet- en regelgeving, waar door de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) streng toezicht op wordt gehouden.

Een kernreactor dient in essentie aan de drie volgende veiligheidsfuncties te voldoen:

1. Het beheersen van de reactiviteit (afschakelen van de reactor).
2. Het koelen van de splijtstoffen.
3. Het insluiten van de radioactieve stoffen of splijtstoffen.

Deze drie veiligheidsfuncties gelden voor alle fasen van de levensloop van een kernreactor. De levensloop van een kernreactor omvat het ontwerp, de bouw, de inbedrijfstelling, de bedrijfsvoering en tenslotte de buitengebruikstelling en ontmanteling. Als er niet voldaan wordt aan de veiligheidsfuncties wordt geen Kernenergiewetvergunning (hierna: Kew-vergunning) verleend. Bij de aanvraag om de Kew-vergunning en het bijbehorende project-MER wordt onderbouwd dat aan de veiligheidsfuncties wordt voldaan.

Om de bovengenoemde veiligheidsfuncties te garanderen, wordt gebruikgemaakt van een aantal belangrijke erkende veiligheidsbeginselen (principes), waarvan het gelaagde veiligheidsconcept en het barrière-concept de belangrijkste zijn. Deze principes worden hieronder kort beschreven.

#### Het gelaagde veiligheidsconcept

De nucleaire veiligheid van kernreactoren is gebaseerd op het concept van gelaagde veiligheid (in het Engels 'Defence-in-Depth'). Dit veiligheidsconcept is bedoeld om ongevallen te voorkomen dan wel de gevolgen daarvan te beperken. Het is een samenspel van bouwkundige, technische en organisatorische voorzieningen.

<sup>1</sup> Dit speelt nu niet. Mocht PALLAS dit in de toekomst willen, dan dient daarvoor een apart vergunningetraject doorlopen te worden.

Er worden meerdere strategieën toegepast om de veiligheid van de reactor onder abnormale omstandigheden en ongevalscondities te waarborgen. Dit wordt bereikt door een aantal niveaus van beschermende maatregelen, elk met een eigen strategie:

- Een conservatief ontwerp, kwaliteitsborging en bedrijfsvoering van hoge kwaliteit voorkomt falen tijdens normale bedrijfsvoering van de kernreactor.
- Afwijkende bedrijfsvoering wordt gemonitord. Dit resulteert in een beheersing van voorzienbare bedrijfsvoorvallen.
- Veiligheidssystemen en ongevalsprocedures verhinderen escalaties die tot kernsmelt kunnen leiden.
- Bij extreme calamiteiten waarbij significante hoeveelheden radioactieve stoffen vrijkomen, worden met beschermende noodmaatregelen de radiologische gevolgen voor de omgeving beperkt.

Elke strategie heeft als doel alle mogelijke vormen van zowel menselijk falen als het falen van apparatuur te voorkomen (preventie) of de gevolgen van dat falen zoveel mogelijk te beperken (beheersing, mitigatie).

Conform het VOBK (Handreiking Veilig Ontwerp en het veilig Bedrijven van Kernreactoren van de ANVS worden voor nieuwe reactoren de volgende types ongevallen beschouwd:

- Het falen van een intern systeem, zoals de lekkage van een koelsysteem of het uitvallen van de stroomvoorziening.
- Interne gevaren, zoals een brand.
- Externe gevaren, zoals een overstroming (rekening houdend met klimaatverandering), een aardbeving of het neerstorten van een vliegtuig op de installatie.

Volgens de Nederlandse regelgeving dient de bestendigheid van de installatie tegen deze ongevallen te worden aangetoond.

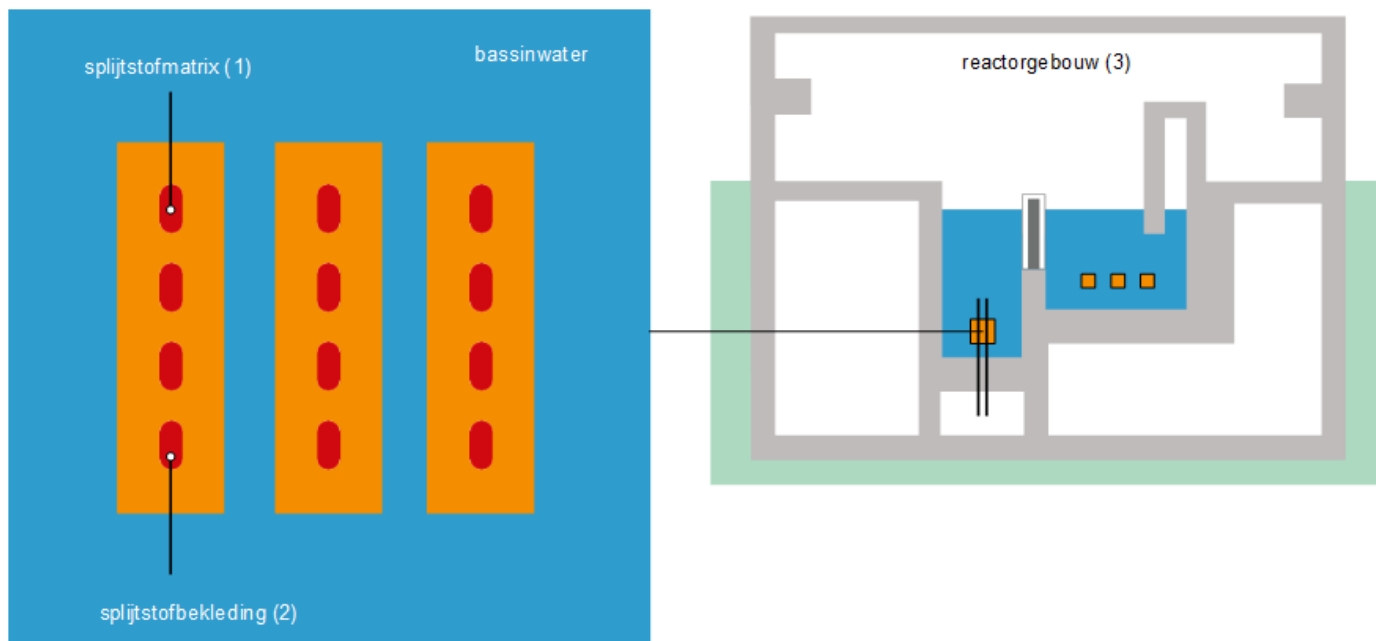
### **Barrière-concept**

Het barrière-concept maakt onderdeel uit van het concept van gelaagde veiligheid. Het doel van het barrière-concept is het insluiten van radioactieve stoffen en (bestraalde) splijtstoffen in de installatie. Dit concept is gebaseerd op de aanwezigheid van meerdere achtereenvolgende fysieke barrières en retentiefuncties (zie Figuur 7). Bij functieverlies van één barrière zorgt de volgende barrière alsnog voor de insluiting.

Het aantal barrières en de vorm ervan worden bepaald door onder andere het type kernreactor, de configuratie en haar vermogen. Onder barrières worden verstaan: de bekleding van de splijtstofplaten en de warmtewisselaars die voorkomen dat lekkages via het secundaire koelsysteem naar de omgeving kunnen optreden. De radioactieve splijttingsproducten die bij de kernreactie worden gevormd, worden door deze barrières tegengehouden, waarbij in de normale situatie de splijttingsproducten in de splijtstofplaat blijven.

Retentiefuncties zijn maatregelen of voorzieningen die getroffen worden om radioactieve stoffen vast te houden. Onder retentiefuncties worden de splijtstofmatrix, het water in de bassins en containmentsysteem, oftewel het af te sluiten deel van het reactorgebouw en het bijbehorende ventilatiesysteem, verstaan. Dit containmentsysteem zorgt voor het behoud van onderdruk ter voorkoming van lekkage naar andere ruimtes of naar buiten. Het bassinwater heeft een dergelijke retentiefunctie, omdat splijtstofproducten die vrij zouden komen bij beschadiging van een splijtstofplaat voor een groot deel in dit water achterblijven.

Voor de veiligheid is het van belang dat de barrières onafhankelijk van elkaar functioneren. Dit betekent dat 'in geval van een gevaar of een ongeval' een barrière niet mag falen alleen vanwege het feit dat een andere barrière faalt. In het geval dat er alsnog één of meer barrières falen waardoor radioactieve stoffen vrijkomen, zorgen de retentiefuncties voor het ophouden of tijdelijk vasthouden van die stoffen.



Figuur 6 Schematisch weergegeven barrières en retentiefuncties binnen het reactorgebouw

### 3.1.3 Noodorganisatie

Voorafgaand aan de eerste opslag van splijtstofelementen en van radioactieve bronnen en voorafgaand aan de inbedrijfstelling van de reactor zal PALLAS over een toereikende noodorganisatie en noodvoorzieningen beschikken om doeltreffend de acties te kunnen uitvoeren die nodig zijn om mens en milieu voor de gevolgen van een ongeval te kunnen beschermen. PALLAS zal daartoe ook beschikken over een noodplan en verschillende noodprocedures.

Het noodplan beschrijft onder andere de doelstellingen, het beleid, de organisatie van de noodhulpverlening, de verantwoordelijkheden en bevoegdheden en de wijze van de respons op een noodsituatie. Het noodplan dient als uitgangspunt voor de ontwikkeling van andere plannen, de noodprocedures en instructies. Details betreffende de uitvoering van specifieke taken die in een noodplan zijn beschreven, zijn opgenomen in noodprocedures.

Bij de ontwikkeling van het noodplan en de noodprocedures zullen specifieke afspraken worden gemaakt met de overige bedrijven op de EHC, waarbij rekening zal worden gehouden met bestaande plannen en waarbij op de ervaringen van deze bedrijven wordt voortgebouwd. De toekomstige situatie voor de PALLAS-reactor zal op dit punt niet wezenlijk verschillen van de huidige situatie met de HFR.

De PALLAS-noodorganisatie, noodplannen en -procedures worden gebaseerd op de gevolgen van alle gepostuleerde en geanalyseerde ongevalscondities, alsook andere relevante gebeurtenissen. Het noodplan en de noodprocedures moeten worden goedgekeurd door de ANVS en Veiligheidsregio Noord- Holland Noord, die een verantwoordelijkheid hebben in de voorbereidingen en respons op noodsituaties.

PALLAS zal regelingen treffen met instanties met betrekking tot ieders verantwoordelijkheid, paraatheid en respons bij noodsituaties. PALLAS zal zich op de hoogte stellen van de bestaande regionale en nationale noodplannen en de activiteiten van de openbare hulpdiensten met betrekking tot hulpverlening in noodsituaties.

Het betreft bijvoorbeeld:

- Regionaal crisisplan veiligheidsregio Noord-Holland Noord.
- Rampenbestrijdingsplan nucleaire installatie PALLAS-reactor.
- Incidentenbeheersplan EHC.
- Gecoördineerde regionale incidentenbestrijdingsprocedure (GRIP).
- Nationaal Handboek Crisisbesluitvorming Landelijk Crisisplan Straling.

De meest voor de hand liggende (primaire) partner voor hulpverlening en voorbereiding bij/van calamiteiten is de Veiligheidsregio Noord-Holland Noord. De veiligheidsregio omvat de brandweezorg, de ambulancezorg en de multidisciplinaire voorbereiding op crises/rampen. Andere relevante partijen zijn de politie en medische zorg.

## 3.2 Gebruik van de reactor

De reactor wordt gebruikt voor experimenten en isotopenproductie. De bij het splijttingsproces vrijkomende neutronen worden met name benut voor de onderstaande medische, wetenschappelijke en industriële doeleinden:

- Medische en industriële isotopenproductie.
- Nucleair technologisch onderzoek.

### Isotopenproductie

In de reactor worden grondstoffen bestraald voor de productie van medische isotopen, die in ziekenhuizen gebruikt worden voor diagnose, pijnbestrijding en behandeling (zie paragraaf 3.3.2). Voor de ontwikkeling van nieuwe of bestaande nucleaire geneesmiddelen worden proefbestralingen uitgevoerd. Daarnaast worden industriële isotopen geproduceerd, die bijvoorbeeld gebruikt worden voor controle van pijpleidingen in de olie- en gasindustrie (non-destructieve inspecties en lascontroles) en in elektronische chips in de halfgeleiderindustrie.

### Nucleair technologisch onderzoek

Op het gebied van nucleair technologisch onderzoek kan er onder meer materiaalonderzoek voor bestaande en nieuwe reactoren worden gedaan om de invloed van straling op de veroudering van materialen te bepalen. Ook kan er splijtstofonderzoek worden gedaan.

### Onderzoek en productie

De PALLAS-reactor zal voor ongeveer 80% gebruikt worden voor de bestraling van materiaal voor de productie van vooral medische isotopen. Daaromheen vindt ook Research & Development (R&D) plaats, in de zin van optimalisatie van isotopenbestraling en –verwerking (in het NHC), alsook de ontwikkeling van nieuwe isotopen en radiochemicaliën. Voor ongeveer 20% zal de PALLAS-reactor gebruikt worden voor nucleair-technologisch onderzoek. Met name zal dat bestaan uit bestralingstesten van brandstoffen en materialen voor gebruik in nucleaire elektriciteitscentrales. Door deze testen (en aanverwante experimenten en simulaties / rekenmodellen) kunnen 'Life Time Extension'-projecten voor huidige kerncentrales worden uitgevoerd, of kunnen nieuwe Generatie-IV-technologieën zoals de gesmolten zoutreactor worden ontwikkeld.

## 3.3 De splijtstofketen en isotopenketen

In een onderzoeksreactor wordt splijtstof op twee manieren toegepast. Het wordt gebruikt in de reactorkern als brandstof en in splijtstofhoudende experimenten en isotopenbestralingen. Daarom maken we onderscheid tussen deze beide toepassingen:

- Splijtstofketen voor het splijtstofgebruik als brandstof in de reactorkern (paragraaf 3.3.1).
- De isotopenketen voor het gebruik van splijtstof in de experimenten en isotopenbestralingen (paragraaf 3.3.2).

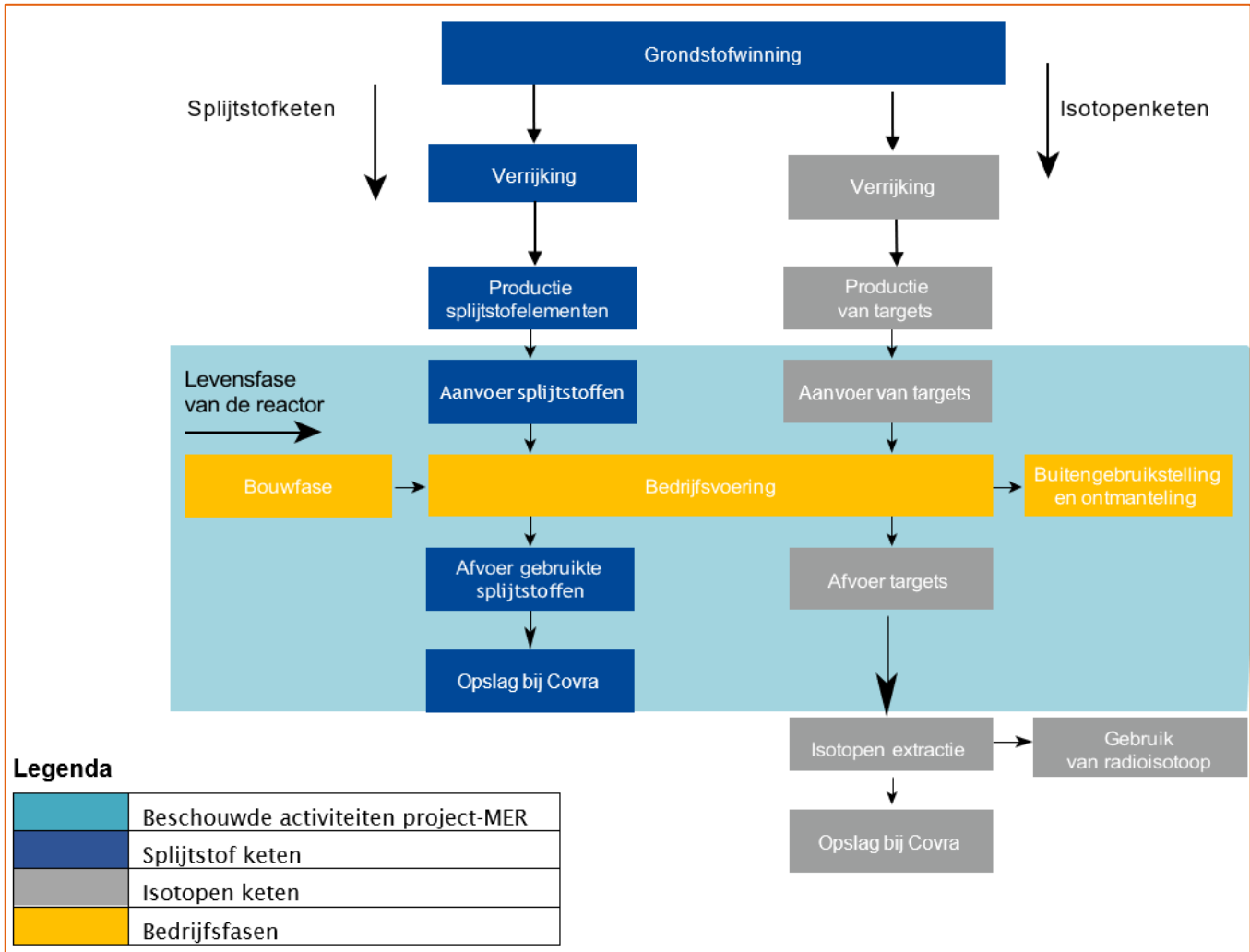
De paragrafen hierna beschrijven zowel de stappen in de splijtstofketen en de isotopenketen als de plek van de PALLAS-reactor hierin. In de beschrijving van de splijtstofketen wordt ingegaan op het winnen van uranium tot en met het verwerken van het radioactieve afval.

De laatste paragraaf 3.3.3 gaat in op non-proliferatie. Non-proliferatie heeft tot doel om het bezit van kernwapens te beperken.

### 3.3.1 Splijtstofketen

Voor het bedrijven van een nucleaire reactor is splijtstof nodig als brandstof. In deze paragraaf wordt de splijtstofketen op hoofdlijnen beschreven. De splijtstofketen is een internationale keten. Sommige stappen (activiteiten) vinden plaats in Nederland, anderen daarbuiten. Voor iedere stap gelden separate wettelijke procedures en vereisten. Voor deze afzonderlijke stappen in de keten zijn dan ook separate vergunningen van toepassing, waarvoor de eventuele milieueffecten (en te nemen maatregelen) in het kader van die procedures zijn beschouwd en vastgelegd conform de wet- en regelgeving van het betreffende land.

De PALLAS-reactor zal net als de huidige HFR gebruikmaken van splijtstoffen. Er zal zich als gevolg van de realisatie van de PALLAS-reactor geen wezenlijke verandering in de splijtstofketen voordoen, waardoor er ook geen sprake is van veranderende milieueffecten in overige stappen in de keten als gevolg van de PALLAS-reactor. In Figuur 7 wordt schematisch de splijtstofketen en de plek van de PALLAS-reactor in deze keten weergegeven. Na Figuur 7 worden de afzonderlijke stappen beknopt toegelicht.



Figuur 7 Schematische weergave van de splijtstofketen en isotopenketen

Met betrekking tot bovenstaande figuur wordt opgemerkt dat de origine van de grondstof voor de reactor pas later bekend zal worden.

### Uranium- en grondstoffenwinning

De splijtstofketen begint met de winning en zuivering van uraniumerts. Uranium wordt voornamelijk gewonnen om als brandstof (fuel) te dienen. Het winnen van uranium wordt gerapporteerd door de OESO. Uit die rapporten blijkt dat de winning van jaar tot jaar plaatsvindt in 19 landen in de wereld. Blijkens de laatste beschikbare rapportage verzorgden de volgende acht landen 95% van de wereldproductie in 2018 (meest recente cijfers): Kazachstan (41%), Canada (13%), Australië (12%), Namibië (10%), Uzbekistan (6%), Rusland (5%), Niger (5%) en China (3%)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> NEA/IAEA (2021), *Uranium 2020: Resources, Production and Demand*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d82388ab-en>. Available online.



Uraniumhoudend erts kan met verschillende technieken ondergronds of bovengronds gewonnen worden. Afhankelijk van de locatie varieert de concentratie van uranium in het erts van 0,1% tot meer dan 2% uranium. In zogenaamde 'ore mills' wordt het gewonnen erts tot poeder vermalen, waarna langs chemische weg het uranium uit het erts gewonnen wordt. Het achterblijvende verpulverde moedergesteente, de zogenaamde tailings, wordt als mijnbouwafval zorgvuldig beheerd omdat dit afval nog natuurlijke radioactieve stoffen bevat.

Een andere techniek om uranium te winnen wordt 'in-situ leaching' genoemd. Daarbij wordt gebruikgemaakt van het feit dat sommige uraniumhoudende aardlagen poreus zijn. Door water, waaraan een (zuur of alkalisch) oplosmiddel is toegevoegd, in boorgaten te injecteren kan een uraniumhoudende oplossing naar boven gepompt worden zonder de noodzaak het erts zelf te delven. Deze techniek wordt momenteel in bijna de helft van de mijnen toegepast. Het grootste voordeel hiervan is dat dit mijnbouw is zonder grote bodemverstoring. Daarnaast komt er uranium als co-product/bijproduct van goud-, koper- of fosfaatwinningen op de markt.

Het gewonnen uraniumerts wordt 'yellow cake' genoemd. Dit laatste is een stabiel, geelkleurig stof.



Figuur 8 Yellow cake

Het winnen van uranium kan leiden tot effecten op de gezondheid, veiligheid en stralingsbescherming van de werknemers en de lokale bevolking. Daarnaast kunnen effecten op waterkwaliteit optreden, bijvoorbeeld doordat er waterbronnen gelegen zijn in of nabij de mijn, door het onttrekken van water ten behoeve van het winnen of door het lozen van proceswater. Vooral bij de winningstechniek 'in-situ leaching' wordt water gebruikt. Door goed watermanagement en een uitgebreid monitoringssysteem tijdens de operatie kunnen effecten zo veel mogelijk voorkomen worden.

Daarnaast geeft het afval dat wordt geproduceerd bij het winnen van uranium een belangrijk milieueffect. De zogenaamde 'tailings' komen in droge en natte vorm voor en bevatten zware metalen en radioactief materiaal (voornamelijk radongas). Daarom moeten deze stoffen langdurig veilig beheerd worden. Dit gebeurt in speciaal daarvoor ontworpen faciliteiten, vaak in of nabij de mijn. De afgelopen decennia is veel aandacht geweest voor het reduceren van de negatieve impact van uraniumwinning. In het rapport 'Managing Environmental and Health Impacts of Uranium Mining' (OECD, 2014) wordt beschreven dat er in de praktijk een groot aantal verbeteringen is doorgevoerd om de impact van de uraniumwinning op de omgeving te minimaliseren. In de afgelopen jaren is de gemiddelde jaarlijkse effectieve individuele dosis die mondiaal door de betreffende medewerkers ten gevolge van de splijtstofketen wordt opgelopen, met name door radon, gedaald van 4,4 mSv (millisievert) in 1975 naar 1,0 mSv in de periode tot 2002. Deze reductie is gerealiseerd door onder andere bij ondergrondse mijnbouw geforceerde ventilatie toe te passen om mensen te beschermen. Ook wordt steeds meer de techniek 'in-situ leaching' toegepast, waarbij geen sprake is van blootstelling van medewerkers aan stof en radongas. Beroepshalve blootgestelde personen mogen maximaal 20 mSv in een kalenderjaar oplopen.

Wat betreft het proceswater geldt dat er steeds meer mijnen zijn waar minder water wordt verbruikt, doordat het water hergebruikt wordt. Ook worden er steeds meer waterbehandelingsinstallaties gebouwd met als doel het water verder te zuiveren, voordat dit geloosd wordt.

### Verrijking

Om uranium te gebruiken in een nucleaire reactor moet het gehalte van 0,7% uranium-235 verhoogd worden door verrijking. Daartoe wordt de 'yellow cake' omgezet in uraniumhexafluoride met behulp van chemische conversie.

In een verrijkingfabriek wordt met fysische scheidingsmethodeprocessen dit uraniumhexafluoride gesplitst in verrijkt en verarmd uranium. Door het toepassen van diverse filters worden de radioactieve emissies bij dit proces geminimaliseerd.



Het verarmde uraniumoxide wordt veelal opgeslagen bij wijze van strategische reserve, omdat het (bij geschikte economische condities) onder andere als grondstof kan dienen voor latere verrijking en productie van verrijkt uranium. De belangrijkste milieueffecten van het verrijken van uranium zijn de (zeer beperkte) veiligheids- en radiologische effecten op de werknemers van de verrijkingfaciliteit en het verarmde uranium/radioactief afval dat ontstaat gedurende het proces. In Nederland staat een verrijkingfabriek (URENCO in Almelo), maar mogelijk wordt daar geen uranium verrijkt voor de PALLAS-reactor. Dit is afhankelijk van de definitieve keuze voor het ontwerp van de PALLAS-reactor.

### Aanvoer splijtstoffen

Het verrijkte uraniumhexafluoride wordt in een fabriek voor splijtstoffabricage omgezet in uraniumoxide en verder bewerkt tot splijtstofelementen. In Nederland worden geen splijtstofelementen gemaakt. De splijtstofelementen zullen vanuit het buitenland naar de PALLAS-reactor in containers worden vervoerd. Deze containers beschermen de splijtstofelementen voor invloeden van buitenaf en hebben geen extra radiologische afscherming nodig, vanwege de lage radioactiviteit van de nieuwe splijtstofelementen. Voor het transport binnen Nederland is een aparte vergunning nodig. De milieueffecten van het transport betreffen met name beveiligings-, veiligheids- en radiologische effecten en deze laatste wordt behandeld in het project-MER.

### Bedrijfsvoering

De splijtstofelementen worden als brandstof ingezet in de PALLAS-reactor voor het bedrijven van de reactor. Daarbij produceren deze elementen neutronen, die benut worden voor bestraling van de experimenten. Hierdoor wordt splijtstof verbruikt, zodat deze periodiek vervangen dient te worden.

Volgens de World Nuclear Association heeft een moderne nucleaire centrale met 1000 MW elektriciteitsproductie ongeveer 16.850 kg aan verrijkt uranium per jaar nodig. Om deze hoeveelheid met een verrijkingsgraad van 5% te kunnen produceren is, afhankelijk van de vindplaats van het erts, tussen de 20.000 en 40.000 ton aan uraniumerts nodig. Bij een onderzoeksreactor als de PALLAS-reactor, die slechts een thermisch vermogen van 25 MW heeft, is de verrijkingsgraad vier keer hoger dan bij een nucleaire elektriciteitscentrale. Voor de PALLAS-reactor betekent dit dat er ongeveer een factor 100 minder aan uraniumerts gewonnen hoeft te worden dan bij een nucleaire elektriciteitscentrale van 1000 MW (zie ook Tabel 2).

Na ontlading vanuit de reactorkern worden de gebruikte splijtstofelementen tijdelijk (enkele jaren) onder water opgeslagen in het waterbassin. Door het natuurlijke verval van de radioactieve splijtingsproducten komt warmte vrij, die afneemt naar mate er meer verval heeft plaatsgevonden.

Tabel 2 PALLAS-reactor in vergelijking tot een nucleaire elektriciteitscentrale

Rangorde	Nucleaire elektriciteitscentrale	PALLAS-reactor
<b>Elektrisch vermogen</b>	1000 MW	0
<b>Thermische vermogen</b>	± 3000 MWth	25 MWth
<b>Verrijkingsgraad</b>	5%	Minder dan 20%
<b>Uraniumerts</b>	20.000 – 40.000 ton/jaar	150 – 350 ton/jaar

### Afvoer splijtstoffen

Na circa 2 jaar is deze warmteproductie zodanig afgenomen dat de splijtstofelementen vervoerd kunnen worden in een speciale container. De splijtstofelementen worden vanuit het waterbassin in een daarvoor ontworpen container geplaatst, waarna deze vervoerd wordt naar COVRA. Voor transport binnen Nederland zijn aparte vergunningen nodig. De milieueffecten hiervan betreffen met name beveiligings-, veiligheids- en radiologische effecten.

### Radioactief afval

Door de Nederlandse overheid is COVRA aangewezen als de beheerder voor het radioactief afval dat in Nederland ontstaat. Het beleid is dat het afval 100 jaar bovengronds wordt opgeslagen en dat vervolgens eindberging plaatsvindt. De COVRA/Nederlandse staat neemt het eigendom over van de leverancier van het radioactief afval.

Gedurende die 100 jaar neemt, door spontaan radioactief verval, de activiteit van het afval en daarmee ook de warmteproductie met 90% af. Dat vereenvoudigt de toekomstige hantering van het afval, met het oog op eindberging, aanzienlijk. Momenteel heeft de Nederlandse overheid rond 2130 een geologische eindberging met de eis van terugneembaarheid van het afval voorzien. Effecten van de opslag van het radioactieve afval betreffen vooral veiligheids- en radiologische effecten.

### **Aanmelden radioactief afval bij COVRA**

Voor het aanbieden van radioactief afval bij COVRA moet gebruik worden gemaakt van de website COVRA waar afval vooraf door middel van formulieren kan worden aangemeld. COVRA controleert of het afval voldoet aan de eisen van isolatie, afsluiting, afscherming en hanteerbaarheid. Het aangeboden en door COVRA geaccepteerde afval wordt vervolgens door COVRA opgehaald. De eigendomsoverdracht van het afval vindt plaats op het tijdstip van feitelijke overdracht; het moment waarop de belading van de ophaalwagen is voltooid. Vanaf dan is COVRA eigenaar en daarmee verantwoordelijk voor het afval.

De berging van het afval is daarna de verantwoordelijkheid van COVRA.

Elke afvalsoort verdient een specifieke behandeling om het daarna zo veilig mogelijk op te kunnen slaan. De hoeveelheid radioactiviteit bepaalt wat er mee gebeurt.

### **Verwerking laag- en middelradioactief afval**

In het AfvalVerwerkingsGebouw (AVG) van de COVRA wordt al het laag- en middelradioactief afval (LMRA) verwerkt. Het vaste afval komt in een pers waar het onder zeer hoge druk wordt samengeperst tot een massief blok dat daarna in beton wordt verpakt. Grotere vaste delen worden verkleind in de verschrotingsinstallatie en daarna in beton verpakt. Waterige vloeistoffen worden met een biologische en chemische behandeling schoongemaakt.

### **Verwerking hoogradioactief afval**

Het hoogradioactief afval (HRA) wordt aangevoerd in zeer robuuste transportcontainers, die bestand zijn tegen elk mogelijk ongeluk tijdens het transport. De splijtstofelementen van de PALLAS-reactor gaan rechtstreeks naar COVRA. Deze verpakkingen worden uit de transportcontainers gehaald, gecontroleerd, gemeten en zo nodig opnieuw verpakt. Daarna wordt het afval opgeslagen in de bunkers van het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag Gebouw (HABOG).

### **Opslag laag- en middelradioactief afval**

Op het terrein van COVRA zijn momenteel vier loodsen van het Laag- en middelradioactief afval OpslagGebouw (LOG) in gebruik. In de toekomst zullen nieuwe opslagruimten worden bijgebouwd. Op het terrein is nog plaats voor twaalf extra loodsen.

### **Opslag hoogradioactief afval**

Bij COVRA wordt het hoogradioactief afval (HRA) opgeslagen in het HABOG. De opslag van HRA vereist een specifieke behandeling. Vanwege de hoge stralingsniveaus moet dit afval met afstandsbediening worden gehanteerd. De straling wordt afgeschermd door dikke betonnen muren van 1,70 meter dik. Het gebouw is zo sterk gemaakt dat het bestand is tegen allerlei extreme invloeden van buitenaf, zoals: windhozen, gaswolkexplosies, aardbevingen, overstromingen en vliegtuigongevallen. In het HABOG wordt het afval voortdurend bewaakt door middel van metingen en controles.

## **3.3.2 Isotopenketen**

De PALLAS-reactor produceert enerzijds medische isotopen en industriële isotopen, anderzijds vinden bestralingen plaats ten behoeve van nucleair technologisch onderzoek. Bepaalde isotopenbestralingen en bepaalde experimenten bevatten eveneens de splijtstofelementen uranium en maken daarom onderdeel uit van de isotopenketen. In deze paragraaf wordt de isotopenketen op hoofdlijnen beschreven. Meer informatie is te vinden in het document 'Medische isotopen. Belang voor de wereld en kansen voor Nederland' (Nucleair Nederland, maart 2017<sup>3</sup>).

<sup>3</sup> Dit document is te lezen via de eigen website van PALLAS: <https://www.pallasreactor.com/media/nnl-medische-isotopen-belang-voor-de-wereld-en-kansen-voor-nederland/> (geopend op 21 maart 2022).

De isotopenketen komt veelal overeen met de splijtstofketen maar wijkt op enkele onderdelen af. Een overeenkomst is dat ook deze keten een internationale keten is. Sommige stappen (activiteiten) vinden plaats in Nederland, andere daarbuiten. Voor iedere stap gelden separate wettelijke procedures en vereisten. Voor deze afzonderlijke stappen in de keten zijn dan ook separate vergunningen van toepassing, waarvoor de eventuele milieueffecten (en te nemen maatregelen) in het kader van die procedures zijn beschouwd en vastgelegd conform de wet- en regelgeving van het betreffende land.

De PALLAS-reactor zal net als de huidige HFR gebruikmaken van splijtstofhoudende targets. Er zal zich als gevolg van de realisatie van de PALLAS-reactor geen wezenlijke verandering in de isotopenketen voordoen, waardoor er ook geen sprake is van veranderende milieueffecten in overige stappen in de keten als gevolg van de PALLAS-reactor. Wel nemen door de verhoogde productie de volumes in keten toe en daarmee ook de dosis voor medewerkers en de hoeveelheid afval uit dit proces.

In Figuur 8 is naast de splijtstofketen de isotopenketen schematisch weergegeven. Hieronder worden de afzonderlijke stappen beknopt toegelicht.

### **Grondstofwinning, opwerking en verrijking**

De stappen 'grondstofwinning, opwerking, verrijking' zijn gelijk aan de stappen zoals eerder beschreven in de splijtstofketen (zie paragraaf 3.3.1). Verschillend is wel dat in de isotopenketen ook andere radioactieve stoffen kunnen worden gebruikt dan uranium, zoals iridium.

### **Productie van targets**

Binnen de isotopenketen is een target een stuk materiaal, vaak van aluminium gemaakt, waarin uranium is verwerkt. Afhankelijk van de toepassing worden één of meerdere targets in een zogenoemde targethouder geplaatst. Deze targethouder wordt dan in of naast de reactorkern geplaatst en bestraald.

In een splijtstoffabricage fabriek worden de splijtstof houdende targets geproduceerd. Zoals eerder vermeld zijn er in Nederland geen splijtstoffabricage fabrieken. Eerst wordt het verrijkte uraniumpoeder gemengd, waarvan vervolgens van vooraf vastgestelde specificaties een plaatje of een staafje wordt gemaakt. Deze wordt geplaatst in een gasdichte behuizing. Met speciale meetapparatuur wordt gecontroleerd of voldaan wordt aan de specificaties, waarna de targets gereedgemaakt worden voor transport naar de PALLAS-reactor. De verpakking beschermt de targets voor invloeden van buitenaf en deze hebben geen extra radiologische afscherming nodig, vanwege de lage radioactiviteit.

### **Aanvoer van targets**

De targets worden getransporteerd vanuit het buitenland (o.a. Frankrijk) naar de PALLAS-reactor in Nederland. Voor dit transport binnen Nederland zijn aparte vergunningen nodig. De milieueffecten hiervan betreffen met name beveiligings-, veiligheids- en radiologische effecten.

### **Bedrijfsvoering**

Met speciale gereedschappen worden de targets in de targethouder geplaatst alvorens in of naast de reactorkern van de PALLAS-reactor te worden geplaatst. De vrijkomende neutronen uit het splijttingsproces in de reactor bestralen de targets. Na een van tevoren vastgestelde bestralingsperiode worden de targets eruit gehaald en in een container geplaatst.

Een bestralingsperiode varieert meestal van enkele dagen tot een maand. De milieueffecten van de bedrijfsvoering betreffen vooral radiologische en veiligheidseffecten.

### **Afvoer van targets**

Na bestraling worden de targets in daarvoor bestemde containers getransporteerd voor verdere verwerking voor de productie van medische isotopen of voor het uitvoeren van nucleair technologisch onderzoek. Dit gebeurt voor een groot deel ook op de EHC.

### Isotopen-extractie en/of bewerking van targets

Afhankelijk van de toepassing worden de targets verder verwerkt door één of meerdere processen. Dit gebeurt voor een groot deel op de EHC. Met chemische processen worden de verschillende radioactieve isotopen uit de targets onttrokken en gezuiverd. Dit wordt uitgevoerd in een daarvoor bestemde installatie die in een aantal loodcellen, gasdichte handschoenkasten en zuurkasten is opgesteld.

Na zuivering worden de radioactieve isotopen verpakt en getransporteerd naar ziekenhuizen of onderzoeksinstellingen. De milieueffecten van de isotopen-extractie en/of bewerking van targets zijn beschreven tijdens vergunningstrajecten van het betreffende proces. Voor transport binnen Nederland zijn aparte vergunningen of kennisgevingen nodig. Ook hier geldt dat de milieueffecten vooral beveiligings-, veiligheids- en radiologische effecten betreffen.

### Radioactief afval

De verhoogde productie van radio-isotopen zal een evenredig hogere afvalstroom met zich meebrengen. Deze afvalstroom ontstaat bij de labs waar de isotopen tot medicijnen worden verwerkt. Het bij de verwerkingsprocessen en na gebruik in de ziekenhuizen of onderzoeksinstellingen ontstane radioactief afval wordt in daarvoor bestemde containers vervoerd naar COVRA en daar conform het Nederlands beleid opgeslagen. Effecten van de opslag van het radioactief afval betreffen vooral veiligheids- en radiologische effecten. Zie hiertoe ook paragraaf 3.3.1.

### 3.3.3 Non-proliferatie

Vanwege het non-proliferatie aspect zal de PALLAS-reactor opereren met laag verrijkt uranium, wat inhoudt dat de hoeveelheid uranium-235 minder dan 20% van de totale hoeveelheid gebruikte uranium bedraagt.

#### Non-proliferatie verdragen

*Non-proliferatie heeft tot doel het bezit van kernwapens te beperken. De belangrijkste internationale verdragen zijn het Euratomverdrag (1957) en het Non-proliferatieverdrag (Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, New York, 1 juli 1968). Onder deze verdragen wordt het gebruik van kernenergie voor vreedzame toepassingen alleen toegestaan onder toezicht van de Internationale Atoom Energie Agentschap (IAEA) en in Europa onder toezicht van de EU (Euratom). Omdat van hoog verrijkt uranium gemakkelijker kernwapens is te maken dan van laag verrijkt uranium wordt wereldwijd het gebruik van hoog verrijkt uranium aan banden gelegd. Als gevolg hiervan wordt zoveel mogelijk overgegaan op laag verrijkt uranium als splijtstof in onderzoeksreactoren en als grondstof voor de productie van medische isotopen.*

Nederland heeft zich gecommitteerd aan deze verdragen, waardoor de PALLAS-reactor net als de HFR onder toezicht van Euratom en de IAEA komt te staan. Dit toezicht omvat dat Euratom en de IAEA de beschikking krijgen over de relevante informatie betreffende de aanwezige splijtstoffen en dat ze regelmatige inspecties zullen houden.

## 4 Exploitatiefase

Hoewel er aan de exploitatiefase een bouwfase voorafgaat, wordt in dit hoofdstuk eerst de exploitatiefase beschreven om inzicht te krijgen in de locatie waar de PALLAS-reactor wordt gerealiseerd.

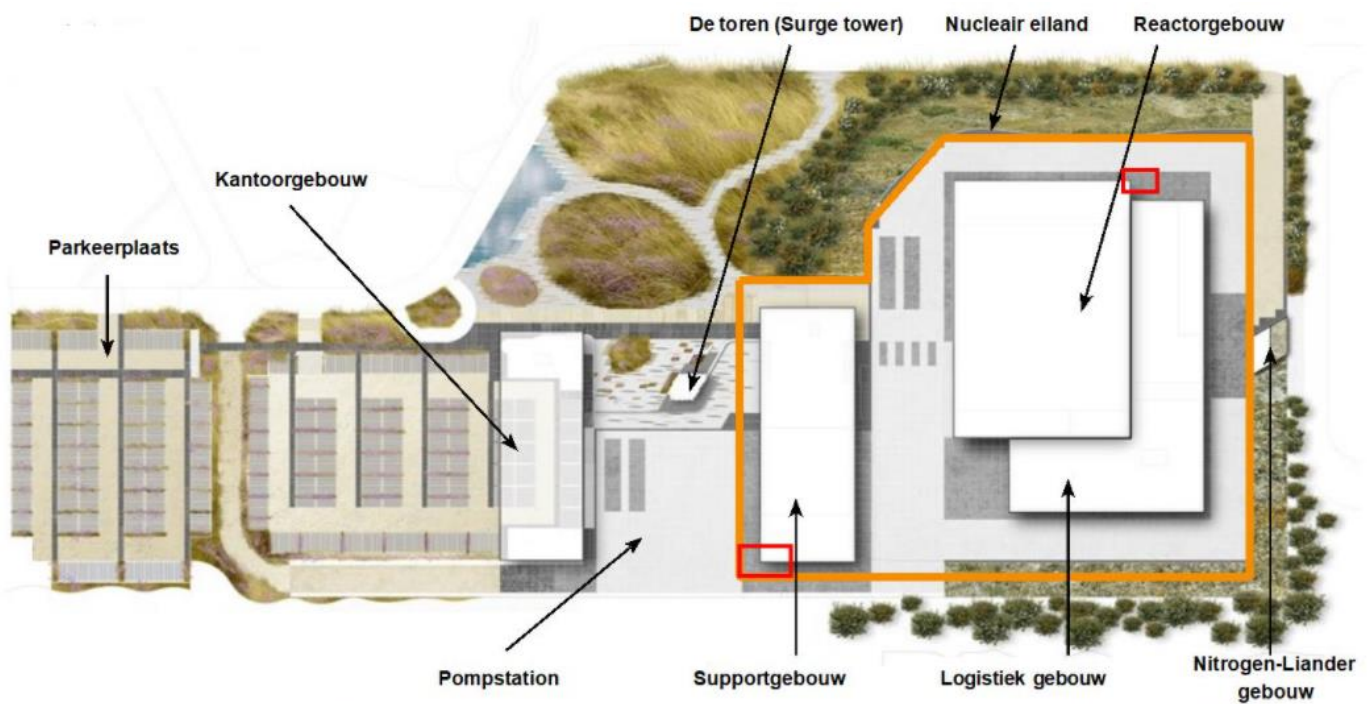
### 4.1 Beschrijving PALLAS-plot

De PALLAS-reactor wordt gepositioneerd op een beveiligd terrein. Dit terrein is omzoomd met hekken en is alleen via bewaakte toegangen te betreden. Het terrein kan grofweg worden opgedeeld in twee delen: het nucleaire eiland en het terrein rondom het nucleaire eiland, waar de ondersteunende faciliteiten zijn gelegen. Op het PALLAS-plot werken in de exploitatiefase overdag ongeveer 190 fte aan eigen personeel en 30 inhuurkrachten.

Het gehele PALLAS-plot betreft een beperkte toegangszone. Op de EHC komt een aparte receptie waar toegang tot het PALLAS-plot wordt verkregen. Het gehele PALLAS-plot valt onder dit beperkte toegangsregime.

Op het PALLAS-plot bevindt het nucleaire eiland zich binnen een streng beveiligde zone. Deze zone start bij het supportgebouw dat toegang verschaft tot het reactorgebouw en logistiekgebouw. In Figuur 10 t/m Figuur 12 is de inrichting van het PALLAS-plot weergegeven:

1. Het nucleaire eiland: reactorgebouw, het logistiek gebouw en het supportgebouw.
2. Overige gebouwen: pompstation voor de secundaire koeling ("SCS building") met toren (surge tower) en bijbehorende infrastructuur en het kantoorgebouw.
3. Parkeerzone.



Figuur 9 Inrichting van het terrein, artist impression vanuit de lucht. In de rode rechthoeken is de locatie van de kelders met de dieseltanks aangegeven (Bron: ICHOS/PALLAS, bewerking door Arcadis).





Figuur 10 Artist impression van het PALLAS-plot



Figuur 11 Terreininrichting met maaiveldhoogten in mm t.o.v. NAP (Bron: ICHOS/PALLAS)

Het terrein rond de gebouwen krijgt straks de maaiveldhoogten ten opzichte van NAP die in Figuur 11 staan aangegeven. Het terrein van het nucleaire eiland ligt op + 5,89 meter NAP en het overige terrein met kantoorgebouw en parkeerplaatsen ligt op +3,48 meter NAP. Het aansluitende terrein ter plaatse van de ontsluitingen is eveneens +3,48 meter NAP.

### 4.1.1 Nucleair eiland: Het reactorgebouw met logistiek gebouw en supportgebouw

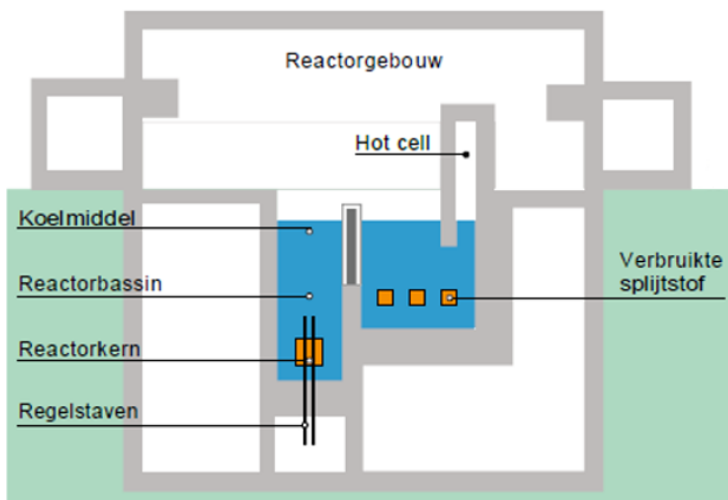
Het nucleaire eiland bestaat uit het reactorgebouw, het logistiek gebouw en het supportgebouw met bijbehorende infrastructuur. Het wordt gebruikt voor experimenten en isotopenbestralingen zoals beschreven in hoofdstuk 3.

De ventilatieschacht van het reactorgebouw heeft een hoogte van 48,5 meter + NAP en is onafhankelijk van de hoogte van het reactorgebouw. In het reactorgebouw zullen tevens een of meerdere hot cells worden gerealiseerd. Een hot cell is een afgeschermd behandelruimte waar middels een telemanipulatoren veilig gewerkt kan worden met radioactief materiaal (zie hoofdstuk 3).

Daarnaast behoren tot het nucleaire eiland onder andere:

- De bewakingspost die toegang verschaft tot het nucleaire eiland.
- Kantoor- en vergaderfaciliteiten en kleedkamers.
- De controlekamer en secundaire controlekamer.
- Containeroverslag en een werkplaats.
- Ventilatie- en (nood)stroom voorzieningen.
- De afmetingen van de bouwput voor het reactorgebouw zijn 54 meter bij 49 meter.

Rondom het reactorgebouw komt het logistiekgebouw. Dit heeft een lagere hoogte dan het reactorgebouw en ligt er als een L omheen (zie Figuur 13). In figuur 13 is een schematische weergave van het reactorbassin weergegeven.



Figuur 12 Schematische weergave pool-type reactor



Figuur 13 Artist impression aanzicht reactorgebouw en logistiekgebouw (Bron: ICHOS/PALLAS)



### 4.1.2 Overige gebouwen

Hierna volgt een opsomming van de gebouwen en voorzieningen die worden voorzien op het PALLAS-plot:

- Kantoor: dit gebouw wordt 24 bij 42 meter groot met een hoogte van ongeveer 12 meter. Bij de receptie, die in het kantoorgebouw komt, wordt een eerste veiligheidscontrole gedaan bij personeel en bezoekers en kan het gebied met beperkte toegang worden betreden.
- Supportgebouw: de gates in dit gebouw vormen de toegangen tot het beschermde gebied.
- Het SCS Gebouw (bevat bluswater pompen en de pompen voor het secundaire koelsysteem) heeft een afmeting van 24x25,5 meter met een diepte van 10-11 meter –NAP. Zie verder paragraaf 4.2.
- De surge tower vormt ondergronds constructief een geheel met het pompgebouw en heeft twee functies. Ten eerste wordt de surge tower gebruikt om de fluctuaties in druk als gevolg van golven en getijden in de Noordzee op het aangesloten pompsysteem te verminderen. Ten tweede verwijdert het (kleine) luchtballen uit het opgewarmde water.
- Een ondergrondse kelder naast het Logistiekgebouw met een dieseltank van 25 m<sup>3</sup> voor het noodaggregaat.
- Een ondergrondse kelder naast het Supportgebouw met een dieseltank van 25 m<sup>3</sup> voor het noodaggregaat en de door diesel aangedreven bluswaterpompen.
- Een onderstation elektriciteit dat wordt gecombineerd met opslag van vloeibare stikstof. Stikstof wordt gebruikt in een pneumatisch systeem om targets te laten bestralen. De afmetingen van het gebouw zijn 8,5 x 8 meter in ruitvorm met een bouwhoogte van ongeveer 6,35 meter en 12,1 meter. De bouwdiepte is 2,3 meter +NAP.

Om de geluidsbelasting op de omgeving zoveel mogelijk te beperken wordt een aantal bronnen zoals ventilatoren, koelinstallaties en luchtbehandelingskasten in een verdiept gelegen installatiehof op het dak van het logistiekgebouw geplaatst.



Figuur 14 Artist impression supportgebouw (Bron: ICHOS/PALLAS)



Hierdoor wordt het geluid in alle richtingen in belangrijke mate afgeschermd. Aanvullend wordt op diverse gebouwen een groot aantal ventilatoren, ventilatieopeningen en luchtbehandelingskasten voorzien van een geluiddemper. Door het toepassen van deze maatregelen wordt voldaan aan de richtwaarde voor een landelijke omgeving. Deze maatregelen hebben allemaal betrekking op de exploitatiefase en zijn integraal overgenomen door PALLAS. De bronvermogens inclusief demping zijn weergegeven in het achtergrondrapport Geluid.

### 4.1.3 Parkeerzone

Ten slotte bevinden zich op het PALLAS-plot nog parkeervoorzieningen:

- Alle auto's worden buiten het gebied met beperkte toegang geparkeerd.
- In het beschermde gebied worden alleen parkeerplekken voor vrachtwagens en 'laden en lossen' mogelijkheden opgenomen.
- Op de parkeerplaats op het PALLAS-plot is plek voor ruim 250 auto's (zie Figuur 9). Dit is voldoende en betreft een worst-case situatie die is aangehouden in het project-MER. Mogelijk kan worden volstaan met minder parkeerplaatsen, dit wordt dan in het kader van de aanvraag omgevingsvergunningen gemotiveerd.

## 4.2 Secundair koelsysteem

Een belangrijke basisvoorwaarde voor het veilig kunnen bedrijven van de PALLAS-reactor is het hebben van voldoende koeling. Dit is nodig om de warmte die wordt gegenereerd bij het bedrijven van de reactor af te voeren. De PALLAS-reactor beschikt over een primair en een secundair koelwatersysteem.

Deze wijze van koeling is afgeleid van de huidige praktijk van de HFR. Het secundair koelsysteem van de HFR onttrekt zijn water uit het Noordhollandsch Kanaal, dat zoet is. Na het primaire systeem gekoeld te hebben, wordt het water geloosd op de zoute Noordzee. In Figuur 15 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 15 Schematische weergave secundair koelsysteem

### Uitgangspunten doorstroomkoeling

Koelwater wordt uit het Noordhollandsch Kanaal onttrokken. Er wordt gedoseerd vrij chloor toegevoegd om biologische aangroei in het koelsysteem te voorkomen. Het koelwater wordt geloosd in de Noordzee om de warmtevracht af te voeren.

Voor een efficiënt proces moet het inkomende koelwater uit het Noordhollandsch Kanaal zich in een bepaalde temperatuurrange bevinden. Als het te koud is, wordt reeds gebruikt, en dus opgewarmd, koelwater ingezet om het water in de vereiste temperatuurrange te brengen. Dit gebeurt in de ondergrondse SCS Gebouw. De ingangstemperatuur naar de reactor (dus vanuit het SCS Gebouw) is altijd 32°C. Dus via de warmtewisselaar opgewarmd water gaat terug naar het SCS Gebouw en wordt daar gedeeltelijk gebruikt om het inkomende water van het kanaal op te warmen.

In geval van droogte is het mogelijk om de PALLAS-reactor net als de HFR af te schakelen. In een tijdsbestek van enkele seconden kan het koelvermogen naar 10% van het maximum gereduceerd worden (330 m<sup>3</sup>/uur), waarna het koelvermogen langzaam verder afgeschaald kan worden, indien nodig. Dankzij het afschakelen van de PALLAS-reactor en de HFR is in geval van droogte ook tijdens de overgangsfase geborgd dat er voldaan wordt aan de verdringsreeks van water vanuit het Noordhollandsch Kanaal. Dit afschakelen heeft echter wel consequenties voor de isotopenproductie en een negatieve financiële impact.

In Tabel 3 zijn de kenmerken van de koelwateronttrekking en -lozing weergegeven.

Tabel 3 Uitgangspunten koelwateronttrekking en -lozing

Aspect	Uitgangspunt
Vermogen reactor	25 MWth
Ontrekkingsdebiet uit Noordhollandsch kanaal t.b.v. PALLAS-reactor	Maximaal 3300 m <sup>3</sup> /uur water <sup>4</sup>
Lozingsdebiet	Maximaal 3300 m <sup>3</sup> /uur water <sup>5</sup>
Lozingstemperatuur	Maximaal 35 °C
Diepte en afstand lozing uit de kust	Diepte zeebodem -9 m NAP; 650 meter uit de Rijkstrandpalenlijn (RSP) <sup>6</sup>
diepte uitmonding lozingsconstructie	-7 m NAP, 2 meter boven bodem van -9 m NAP
Instroomsnelheid water uit Noordhollandsch kanaal	0,2 meter/seconde
Watertemperatuur ingenomen koelwater	Variabel, bepaald op basis van metingen

Het secundaire koelwatersysteem bestaat (van oost naar west) uit de volgende onderdelen:

- Innameconstructies met grof filter in oever van het Noordhollandsch Kanaal.
- Twee leidingen met buitendiameter 900 mm van de innameconstructies naar het Canal Intake Building.
- Het Canal Intake Building, met onder andere een filter- en chloordoseersysteem.
- Twee leidingen van het Canal Intake Building naar het SCS-building op het PALLAS-plot.
- Het SCS-building bestaande uit het pompsysteem en Surge Tower.
- Aanvoer- en afvoerleidingen ten behoeve van koelwater tussen het SCS-building en het Nuclear Island.
- Enkele leiding van het SCS-building naar de Noordzee.
- Uitlaatconstructie in de Noordzee.

### Innameconstructies met Canal Intake Building

Voor het secundair koelsysteem moeten twee innameconstructies bij het Noordhollandsch Kanaal worden gerealiseerd.

Daarnaast worden tussen de reactor, het innamepunt en het uitlaatpunt de koelwaterleidingen met een Canal Intake Building gerealiseerd. De ligging van de koelwaterleidingen staat in Figuur 16.

De inlaten bij het kanaal bestaan uit de volgende faciliteiten:

- Een grof inlaat scherm.
- Twee inlaat koelwaterleidingen.

In het Canal Intake Building is aanwezig:

- Ruimtereservering voor een visretoursysteem (de leiding wordt wel geboord, maar aan beide uiteinden dichtgezet).
- Bandschermen, twee keer volledige capaciteit met huisvesting.
- Een betonnen kelder voor het herbergen van de leidingen.
- Een chloor-doseringsysteem.
- Een pigging systeem

Op basis van hevelwerking transporteren twee leidingen het koelwater verder naar het SCS-Building op het PALLAS-plot. In de zomer worden beide leidingen gebruikt en in de winter één leiding. In de winter is het water kouder en is zodoende minder water nodig dan in de zomer. Om voldoende stroomsnelheid te verkrijgen, nodig tegen bezinking, kan dan maar één leiding worden gebruikt. In de zomer zijn beide leidingen nodig.

<sup>4</sup> Dit is gelijk aan de vergunde innamehoeveelheid van de HFR.

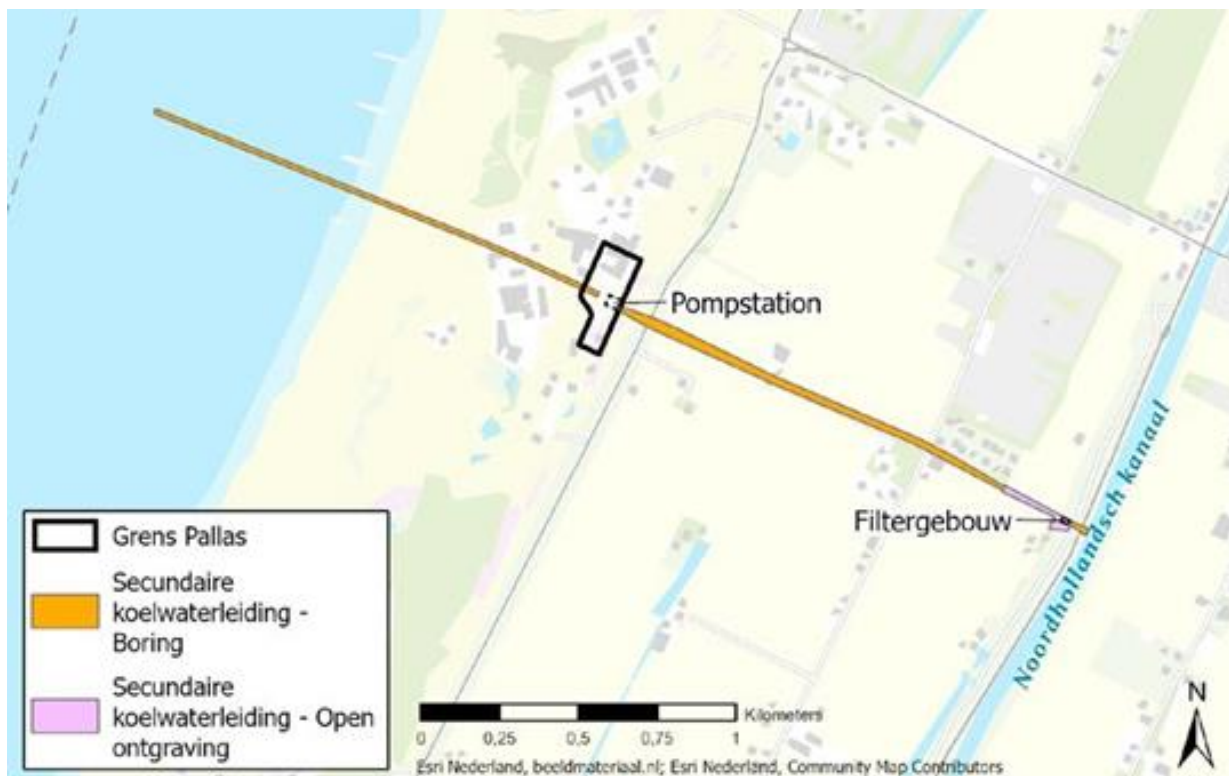
<sup>5</sup> Dit is gelijk aan de vergunde lozingshoeveelheid van de HFR.

<sup>6</sup> De RSP wordt door Rijkswaterstaat gehanteerd om de bodemligging tegen af te zetten.

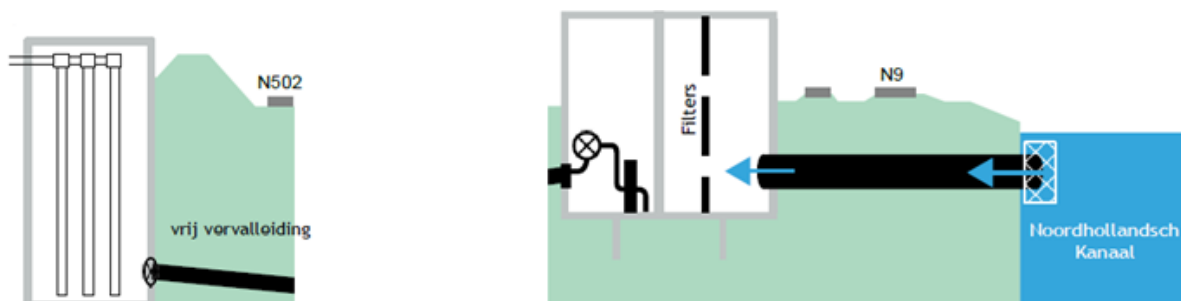
### SCS Gebouw

Tussen het innamepunt en de reactor wordt naast het Canal Intake Building een SCS Gebouw gebouwd. Deze komt op de locatie van het PALLAS-plot. De Surgetower vormt ondergronds constructief een geheel met het SCS Gebouw. Het SCS Gebouw beschikt over de volgende faciliteiten:

- Waterkelders
- Secundaire koelwaterpompen
- Hoofdpompen voor bluswater
- Hoofdkraan.



Figuur 16 Secundair koelsysteem (van filtergebouw (Canal Intake Building)) via pompstation (SCS-building met surgetower) naar de Noordzee)



Figuur 17 Schematische weergave zij-aanzicht van het SCS Gebouw EHC (links) en van de Canal Intake Building (rechts) met inlaatconstructie bij het Noordhollandsch Kanaal. In Figuur 25 is een impressie van de aanlegdiepte van de leidingen van de Canal Intake Building naar het PALLAS-plot weergegeven

Algemene uitgangspunten voor het SCS Gebouw zijn:

- Het SCS Gebouw is circa 24 meter bij 25,5 meter. Het bevat tevens een waterbassin voor bluswater.
- Er komen twee kelders: één voor inkomend water en één voor lozingswater. Gezien de beperkte temperatuurrange voor het secundaire koelingswater kan het inkomend koelwater uit de reactor ingezet worden voor verwarming van het ingaande koelwater<sup>7</sup>.
- Door de diepe ligging wordt de leiding geboord.
- Het SCS Gebouw is geheel ondergronds bij een grondniveau van 6,0 + NAP en een niveau van het pomphuis op circa 8,5 meter onder NAP.
- De door diesel aangedreven bluswaterpompen worden in een brandvrije ruimte geplaatst.
- Het SCS Gebouw zal met boorpalen worden gefundeerd.

Uitgangspunt voor het Canal Intake Building is:

- Het gebouw is tot 5 meter diep en kent een ondergrondse afmeting van circa 7,5 x 21 meter. Bovengrondse afmetingen zijn circa 12,5 x 10 en 5 meter hoog. De Canal Intake Building wordt voorzien van bandschermen, ruimte voor een visretoursysteem, een chloordoseerinstallatie en inlaatsysteem voor een prop om de koelleidingen te reinigen. De aanleg van deze leiding vindt gedeeltelijk plaats middels een open ontgraving.

---

<sup>7</sup> Voor een efficiënt proces moet het inkomende koelwater uit het Noordhollandsch Kanaal zich in een bepaalde temperatuurrange bevinden. Als het te koud is, wordt reeds gebruikt, en dus opgewarmd, koelwater ingezet om het water in de vereiste temperatuurrange te brengen. Dit gebeurt in de ondergrondse SCS Gebouw. De ingangstemperatuur naar de reactor (dus vanuit het SCS Gebouw) is altijd 32oC. Dus via de warmtewisselaar opgewarmd water gaat terug naar het SCS Gebouw en wordt daar gedeeltelijk gebruikt om het inkomende water van het kanaal op te warmen.

## 5 Bouwfase

In de bouwfase worden het nucleair eiland, bijbehorende systemen en de bijbehorende gebouwen, constructies en infrastructuur voorzieningen gerealiseerd. De bouwfase duurt in totaal ongeveer zes jaar.

### 5.1 Hoofdfasering: clusters van bouwactiviteiten

Gedurende de bouwfase van zes jaar gaat het in hoofdlijnen om de volgende clusters van bouwactiviteiten:

1. Inrichting LDA en tijdelijke toegangsweg.
2. Constructie secundaire koeling.
3. Bouwkuip, fundering en constructie reactorgebouw.
4. Constructie gebouwen, installatie en infrastructuur.
5. Afronding LDA en inrichting terrein.

Na het testen kan PALLAS overgaan tot productie.

Voor de bouw- en exploitatiefase zijn een vergunning en een ontheffing op grond van de Wet natuurbescherming verleend en onherroepelijk. Daarvoor zijn een passende beoordeling en Soortenbeschermingstoets opgesteld, waaruit aanbevolen maatregelen zijn voortgekomen. Deze maatregelen hebben allemaal betrekking op de bouwfase en zijn integraal overgenomen door PALLAS en maken deel uit van dit Ontwerpkader.

Hier volgen enkele belangrijke punten:

- In zijn algemeenheid geldt dat het altijd buiten gevoelige periodes werken niet mogelijk is, omdat jaarrond beperkingen zouden gelden. Daarom wordt gebruikgemaakt van de mogelijkheid om bepaalde gebieden ongeschikt te maken en te houden voor de relevante soorten door vegetatie te verwijderen.
- Versturende werkzaamheden als plaatsen van damwanden/diepwanden, de koelwateruitlaat en storten van onderwaterbeton vinden buiten het broed- en foerageerseizoen plaats of met een geluidsarme techniek.
- Visuele verstoring tegengaan door schepen, in overeenstemming met het Natura 2000-beheerplan Noordzeekustzone, minimaal 500 meter afstand te laten houden van vogelconcentraties van topper, eidereend en de zwarte zee-eend.
- Beperken van kunstlicht en voorkomen van uitstraling vanwege vleermuizen.
- Voorkomen van kolonisatie van het werkgebied door rugstreeppad en zandhagedis door schermen.
- Voorkomen van vorming van ondiepe plassen in het werkgebied.
- Bij de werkzaamheden voorkomen dat dieren worden ingesloten en zorgen dat ze kunnen vluchten.

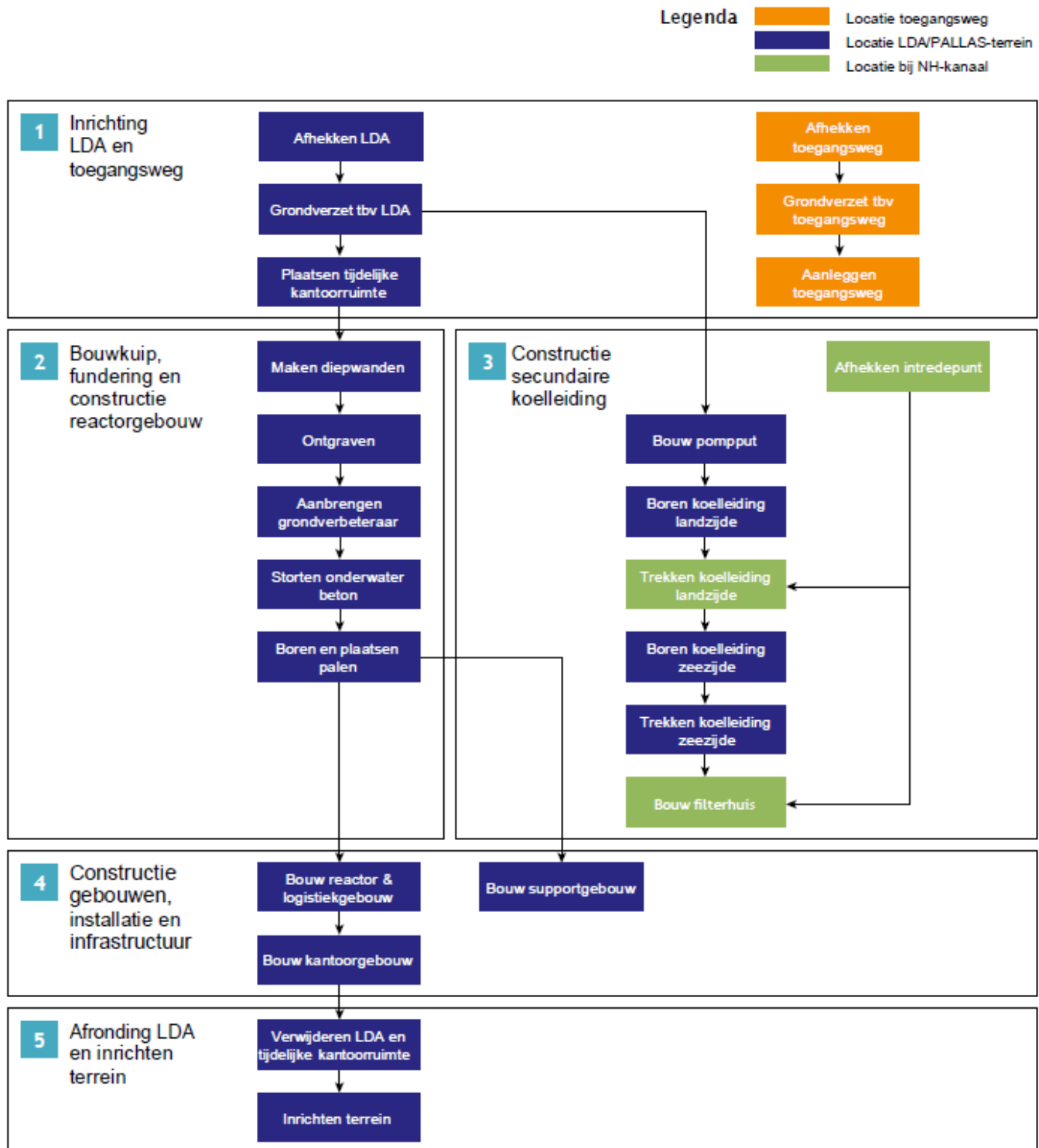
Tabel 4 Ruwe tijdsplanning hoofdfasering clusters bouwfase

#### Clusters bouw

1. Inrichting LDA en tijdelijke toegangsweg 8 mnd	8 mnd	
2. Constructie secundaire koeling		9 mnd
3. Bouwkuip, fundering en constructie reactorgebouw		18 mnd
4. Constructie gebouwen, installatie en infrastructuur		4 jaar
5. Afronding LDA, inrichting terrein		6 mnd

## 5.2 Bouwactiviteiten

De vijf bouwclusters zijn verdeeld in Figuur 18<sup>8</sup>.



Figuur 18 De bouwactiviteiten van de bouwfase

<sup>8</sup> De toegangsweg zoals benoemd in het figuur is tijdelijk van aard en kent mogelijk in een later stadium een permanent karakter.

### 5.2.1 Cluster 1: Inrichting LDA en tijdelijke toegangsweg

Op de EHC wordt een tijdelijk werkterrein, de lay-down area (LDA, ook 'werkterrein' genoemd), aangelegd. Naast tijdelijke bouwketen, kantoren, kleedruimten en een kantine kan op dit gebied opslag van materiaal, materieel en grond plaatsvinden (in de open lucht). Op de smalle strook tussen de westzijde van de LDA en het PALLAS-plot lopen ondergrondse leidingen. Dit gebied maakt daarom geen deel uit van de LDA.

Opgemerkt wordt dat de LDA hoog is in verband met de neutrale grondbalans. Overtollige grond wordt niet afgevoerd en wordt na afronding van de werkzaamheden teruggebracht naar de oorspronkelijke toestand.

Voor toegang tot de LDA zal er een tijdelijke toegangsweg worden aangelegd van de Westerduinweg N502 naar het PALLAS-plot. Hiervoor moet een deel van de Zijperzeedijk worden afgegraven en een deel van het hoogteverschil dat dan nog resteert wordt met een damwand opgevangen.

Op de EHC zelf zal een weg worden rechtgetrokken, waarvoor NRG zorgdraagt. Dit 'rechttrekken' van de weg is gereed vóórdat de LDA wordt aangelegd. Dezelfde weg loopt door tot waar later het reactorgebouw komt te staan. Hier zal de weg meer zuidelijk dan nu een bocht maken.

De LDA bevat de volgende hoofdcomponenten:

- De fundering van de wegen en de LDA zal granulaat zijn. Een deel van de LDA zal geasfalteerd worden, net als de toegangsweg.
- Afhankelijk van het type opslag is een aanvullende fundering met geotextiel ook mogelijk.
- Wegen voor vrachtwagens en parkeerplaatsen bestaan uit granulaat.
- Pre-gefabriceerde onderdelen worden gefundeerd op betonnen voetstukken of betonnen platen.
- Constructie van een afvalwater- en regenwater riool.
- Verlichting.
- Nutsaansluitingen.
- Grondkerende constructies.

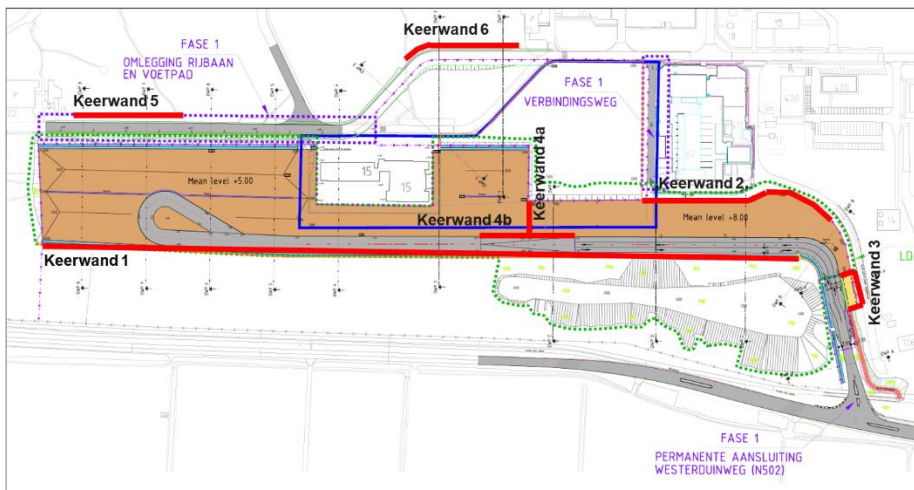
Op het werkterrein kunnen parkeerplaatsen voor personeel worden geplaatst. De hoeveelheid en het type werkzaamheden bepaalt hoeveel personeel aanwezig is op het werkterrein. Dit kan oplopen tot 400 mensen per dag. De ontwikkeling van het tijdelijke bouwterrein bestaat uit de volgende onderdelen:

- Afgraven deel van het dijklichaam.
- Tijdelijke opslag van duinzand op de duinlocatie direct ten zuiden van de toegangsweg.
- Aanleg halfverharding en voorzieningen werkterrein, met afvoer van regenwater naar een greppelsysteem ten behoeve van infiltratie in de bodem en een overstort naar nabijgelegen oppervlaktewater.
- Aanleg parkeerplaatsen en tijdelijke voorzieningen.
- Aanleg overige infrastructuur.
- Omheining met hekwerk.
- Aanleg van tijdelijke keerwanden (zie Figuur 20) ter plaatse waar de waterkering wordt gegraven en op diverse andere locaties aan de rand van de LDA.
- Aanleg van permanente keerwanden (nummer 5 en 6, zie Figuur 20) ter plaatse van de omleggingen van de weg. De verschijningsvorm van deze keerwanden wordt afgestemd op de architectuur van de gebouwen en zullen voldoen aan redelijke eisen van welstand.





Figuur 19 Overzicht Grondstromenplan: rood is afgraven en groen is ophogen (Bron: Grondstromenplan TCF, Arcadis, 12 juli 2019)



Figuur 20 Tijdelijke keerwanden (nummers 1 t/m 4b) en permanente keerwanden (nummers 5 en 6)

Tabel 5 Karakteristieke eigenschappen van de verschillende keerwand trajecten

Keerwand	Lengte traject [m]	Kerende hoogte [m]	Bovenzijde [m NAP]	Onderzijde [m NAP]	Opmerking
1 (noord)	162	<5,0	+12,5	0,0	Creëren ruimte LDA terrein in duingebied
1 (midden)	120	4,5 – 6,0	+12,5 tot +10,0 (verlopend)	-3,0	Creëren ruimte LDA terrein in duingebied
1 (zuid)	303	<4,5	+10,0	-2,0	Creëren ruimte LDA terrein in duingebied
2	154				Scheiding tussen LDA en Nuclear Island
3	45	<1,0	+7,0	+6,0	Keerwand rondom portiersloge
4a	28	3,0	+8,0	0,0	Scheiding tussen 'hoge' en 'lage' deel LDA
4b	44	<1,5	+8,0	0,0	Scheiding tussen hellingbaan weg en LDA
5	78	<3,0	+9,2	+0,2	Creëren ruimte voor weg in duingebied
6	90	<1,25	+5,6	+4,1	Creëren ruimte voor weg in duingebied



Tabel 6 Inzet materieel tijdens de inrichting van de LDA en de tijdelijke toegangsweg

Aantal ureninzet	Voertuig bewegingen	Graafmachine	Kraan	Betonpomp	Trucks	Licht voertuig	Medium voertuig
Afhekken toegangsweg	10		80			120	
Grondverzet t.b.v. toegangsweg	100	240			240		480
Aanleggen toegangsweg	100	640			1280	960	960
Afhekken LDA	20		160			240	
Grondverzet t.b.v. LDA	2200	1920			2880		960
Plaatsen tijdelijke kantoorruimte	20		120			360	120

Het grondverzet is verreweg het meest ingrijpende onderdeel van dit cluster van bouwactiviteiten met de meeste inzet van materieel, zoals blijkt uit Tabel 6. Het plaatsen van de damwanden vindt plaats buiten het broedseizoen van de tapuit, dat loopt van maart tot augustus. Als niet kan worden voorkomen dat de plaatsing van de damwanden in het broedseizoen moet plaatsvinden, worden de werkzaamheden geluidsarm uitgevoerd.

Al deze faciliteiten moeten zo worden vormgegeven dat ze het dagelijks bedrijf op de EHC en de omgeving zo min mogelijk beïnvloeden.

## 5.2.2 Cluster 2: Constructie secundaire koeling

### Inname uit Noordhollandsch Kanaal naar de Canal Intake Building

Aan de kanaaloever worden twee inname-constructies gemaakt, elk voorzien van een handgeruimd krooshek. Vanuit deze constructies worden twee leidingen (diameter 1720 mm) onder de rijksweg (N9) geboord naar de filterput. Deze leidingen komen op een voorgeschreven afstand onder de weg, door middel van GFT (Gesloten Front Techniek) boringen. Deze boormethode wordt gekozen, zodat de weg niet hoeft te worden opgebroken. In de Canal Intake Building worden twee bandfilters opgesteld. Ook wordt er een chloordoseerinstallatie opgesteld tegen mosselgroei in de leidingen naar de site. Via elektrolyse komt chloor vrij en dit wordt direct in de leiding gebracht. Met een pigging installatie worden de leidingen periodiek gereinigd of geïnspecteerd. Naast de Canal Intake Building is een toegang (vanaf de parallelweg) voor onderhoud en levering van zout voor de dosering (maandelijks).

#### Werkwijze uitvoering:

- In het veld (aan zijde filterput) en aan het kanaal wordt een pers- en ontvangkuip gemaakt met stalen damwanden.
- De materialen voor de aanleg worden nabij de boring (bij filterput) aangevoerd en tijdelijk opgeslagen. De overtollige grond wordt afgevoerd via de parallelweg.
- Vanuit een perskuip wordt een buiselement met vijzels in de grond gedrukt. Aan de voorzijde zit een boorschild, die de grond uitboort. Wanneer een buiselement is weggedrukt, worden de vijzels teruggetrokken en kan een nieuw element worden aangekoppeld en weggedrukt.

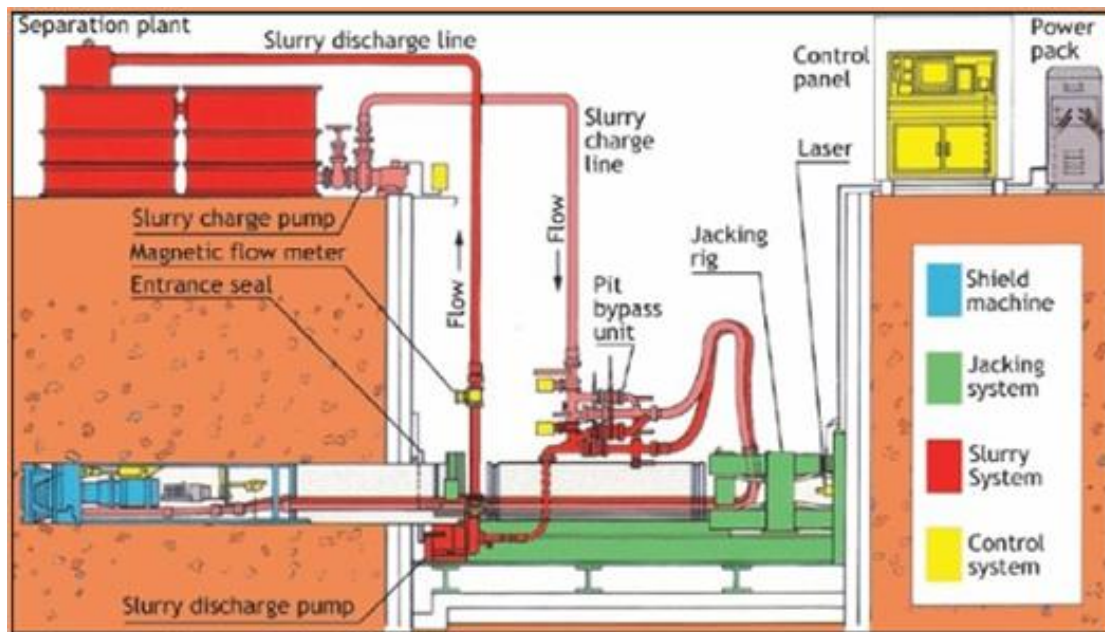
### Pijpleidingen van de Canal Intake Building naar PALLAS-plot

Vanaf de Canal Intake Building worden twee leidingen (diameter 900 mm) gelegd (en geboord tot -32 meter NAP) naar het PALLAS-plot. Dit vindt plaats door middel van een HDD (Horizontal Directional Drilling) techniek. Het intredepunt van de boor is op het PALLAS-plot. Het uittredepunt van de boor is op circa 225 meter vanaf de filterput, vanwege de benodigde uitleglengte en de bocht in dit tracé.

Het laatste deel vanaf het uittredepunt naar de filterput wordt in open ontgraving gelegd, waar omheen wanden worden geslagen om de hoeveelheid bemaling te beperken. Het dan nog bemalen water wordt opgevangen, bemonsterd, en bij voldoende kwaliteit geloosd naar het Noordhollandsch Kanaal. Indien de kwaliteit onvoldoende is, wordt het water afgevoerd door een erkende verwerker.

Nadat het gat geboord is, worden de leidingen, die dan op het uitlegtracé geheel gelast en getest zijn, door middel van de boormachine in het boorgat getrokken. Het uitlegtracé is naar verwachting de parallelweg langs de N9 naar het zuiden. Bij het uittredepunt wordt een kwelscherm aangebracht om eventuele kwel vanuit de ondergrond te voorkomen. Daarna wordt een sleuf gegraven vanaf het uittredepunt tot aan de filterput. Daarin wordt dit deel van de leidingen gelegd en aangevuld en aan het geboorde deel gelast.

Het geheel wordt op druk getest. Samen voeren deze leidingen de volledige benodigde koelcapaciteit (in de zomer). In een deel van het jaar kan worden volstaan met één leiding in gebruik. In deze leidingen zitten vanaf de filterput tot aan de site geen open putten; dit is een gesloten systeem. De leidingen kunnen (indien nodig) inwendig worden gereinigd met een prop. Op de site staat een pompstation, dat het water door de warmtewisselaars op de site pompt. In Figuur 22 is een impressie van de aanlegdiepte van de leidingen van de Canal Intake Building naar het PALLAS-plot weergegeven. Tijdens de bouwfase is er nog geen sprake van wateronttrekking uit het Noordhollandsch Kanaal. Dit start pas tijdens de testfase van de nieuwe reactor.



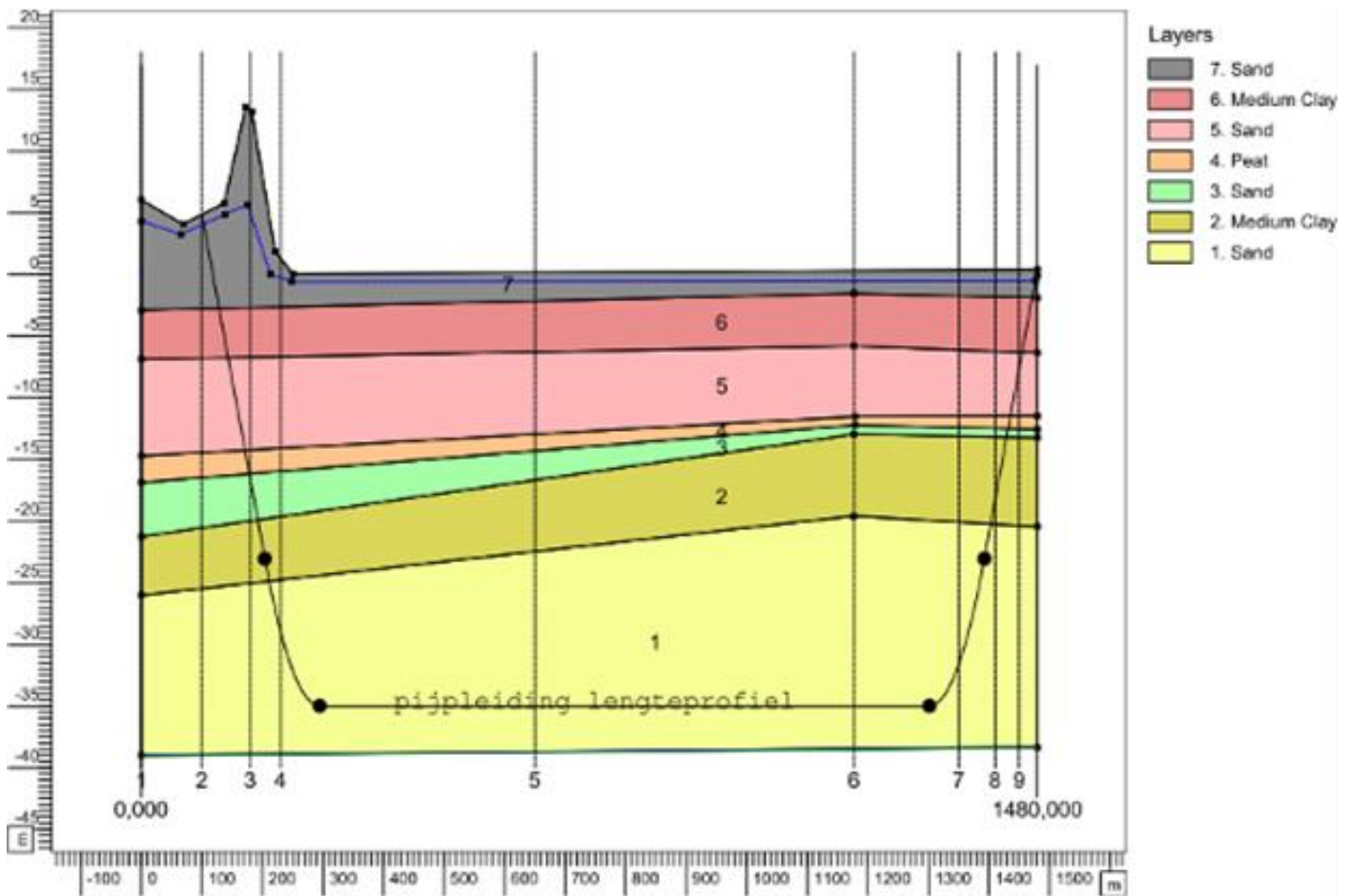
Figuur 21 Visualisatie van de GFT-boring onder de N9 door

Werkwijze uitvoering gelegd deel:

- Voor het te leggen deel van de leidingen wordt een sleuf gegraven. De uitvoeringsmethode en sleufbreedte is gericht op het minimaliseren van de grondwateronttrekking. De grond zal op dezelfde wijze worden aangevuld als deze is uitgegraven. Eventuele bestaande drains zullen worden hersteld. Voor de ontgraving wordt een uitvoeringsplan gemaakt.

Werkwijze uitvoering boringen:

- Naast de parallelweg worden de leidingen aangevoerd. De leidingen worden daar uitgelegd, gelast en gekeurd. Kruisingen met toegangen naar percelen worden bereikbaar gehouden met (tijdelijke) overkluizingen.
- De boorstelling staat op het PALLAS-plot. Met de hydraulische boorunit worden boorstangen met een duwende en roterende beweging één voor één de grond ingebracht. De buizen zijn met een schroefkoppeling onderling verbonden tot een boorstreng. Het boortracé wordt verticaal (en eventueel horizontaal) gebogen uitgevoerd. Het boorproces gebeurt in twee of drie fasen. Als eerste vindt de pilotboring plaats, gevolgd door meerdere ruimeroperaties. De pilotboringen kunnen, voor een goede positiebepaling, bij het intredepunt en het uittredepunt worden gemaakt. De uitgekomen grond van de boring wordt op site opgeslagen. Het boorgat is steeds gevuld met bentoniet (een kleimengsel, geschikt voor smering en steunvloeistof). Voor het aanmaken van bentoniet wordt circa 10.000 m<sup>3</sup> water verbruikt. Daarna wordt de productleiding gekoppeld en ingetrokken. De verwachting is dat de aanleg van de leidingen van filterput tot site enkele maanden (2-3) duurt.
  - Het water dat hierbij vrijkomt wordt opgevangen en per as afgevoerd naar een erkende afvalverwerker.
- Om de positie van de boring ondergronds goed te kunnen bepalen wordt op het maaiveld gemeten tijdens het boren.



Figuur 22 Impressie van de aanlegdiepte van de pijpleidingen van de Canal Intake Building naar PALLAS-plot

### Pijpleiding van PALLAS-plot naar de Noordzee

Vanaf de site wordt een leiding (diameter 1000 mm) gelegd (en geboord tot -35 m NAP) tot circa 650 meter uit de kustlijn in zee. Daar stroomt het warme water boven de zeebodem via een uitlaat uit. Deze geboorde leiding gaat diep onder het duin en de zeebodem door. De leiding kan (indien nodig) inwendig worden gereinigd met een prop (pigging). Dit is een leiding (diameter 1000 mm) die door middel van een HDD (Horizontal Directional Drilling) techniek wordt geboord. Het intredepunt van de boor is op de site. Het uitredepunt van de boor is op de zeebodem. Nadat het gat geboord is, wordt de leiding, die op zee ligt en geheel gelast en getest is, door middel van de boormachine in het boorgat getrokken.

Daarna wordt een sleuf gegraven vanaf het intredepunt tot aan de koppeling op de site. Daarin wordt dit deel van de leiding gelegd en aangevuld en aan het geboorde deel gelast. Het geheel wordt op druk getest.

Werkwijze uitvoering gelegd deel:

- Voor het te leggen deel van de leidingen wordt een sleuf gegraven. De uitvoeringsmethode en sleufbreedte is gericht op het minimaliseren van de grondwateronttrekking. De grond zal op dezelfde wijze worden aangevuld als deze is uitgraven. Voor de ontgraving wordt een uitvoeringsplan gemaakt.

Werkwijze uitvoering boring:

- Op zee wordt de gelaste leiding aangevoerd.
- De boorstelling staat op het PALLAS-plot. Met de hydraulische boorunit worden boorstangen met een duwende en roterende beweging één voor één de grond ingebracht. De buizen zijn met een schroefkoppeling onderling verbonden tot een boorstreng. Het boortracé wordt verticaal (en eventueel horizontaal) gebogen uitgevoerd. Het boorproces gebeurt in twee of drie fasen.

- Als eerste vindt de pilotboring plaats, gevolgd door meerdere ruimeroperaties. De pilotboringen kunnen, voor een goede positiebepaling, bij het intredepunt en het uitredepunt worden gemaakt. De uitgekomen grond van de boring wordt op site opgeslagen. Het boorgat is steeds gevuld met bentoniet (een kleimengsel, geschikt voor smering en steunvloeistof). Daarna wordt de productleiding gekoppeld en ingetrokken. De verwachting is dat de aanleg van de leidingen van de site naar zee enkele maanden (1-2) duurt.
- Het water dat hierbij vrijkomt wordt opgevangen en per as afgevoerd naar een erkende afvalverwerker.
- Om de positie van de boring ondergronds goed te kunnen bepalen wordt op het maaiveld en op zee gemeten tijdens het boren.

Om verstoring van de schelpdieren etende watervogels zwarte zee-eend, eider, topper) te vermijden, wordt de koelwateruitlaat op de Noordzee aangelegd in een periode waarin geen of weinig foeragerende zeevogels (met name zwarte zee-eenden) aanwezig zijn. Daarnaast houden de schepen, volgens de voorschriften die in het Natura 2000-beheerplan Noordzeekustzone (Ministerie van IenM, Rijkswaterstaat, 2016) zijn opgenomen, 500 meter afstand van vogelconcentraties van de topper, eidereend en zwarte zee-eend.

### **Bouw SCS Gebouw en surge tower**

Op het PALLAS-plot wordt ten behoeve van het SCS Gebouw en de surge-tower een bouwkuip van 45,5 bij 31,5 meter aangelegd op een diepte van -9,3 meter t.o.v. NAP. De constructiemethode bestaat uit het in de grond aanbrengen van diepwanden met behulp van het Cutter Soil Mix Systeem (CSM). Dit is een methode waarbij met behulp van een freeskop met twee cutterwielen en de injectie van een cementspecie een homogene gemixte massa wordt gevormd, waar de freeskop door eigen gewicht in wegzakt. Als wapening worden stalen balken in de natte massa gedrukt. De wand wordt geheel trillingvrij en zettingsvrij aangebracht. Binnen de diepwanden wordt nat ontgraven, waarna er een bodem van onderwaterbeton gestort wordt. Deze bodem wordt met groutankers (GEWI) verankerd om opdrijven te voorkomen. Als het beton uitgehard is, wordt de put drooggemalen en kan met de constructie van het bassin worden begonnen.

Het CSM-Systeem (ook wel mixed-in-place genoemd) bestaat uit een freeskop met twee Cutter wielen. In het midden van de freeskop, tussen de wielen, wordt cementspecie geïnjecteerd.

Zo wordt er een homogeen gemixte massa gecreëerd, waarna de freeskop gemakkelijk op eigen gewicht in deze gemixte massa kan zakken.

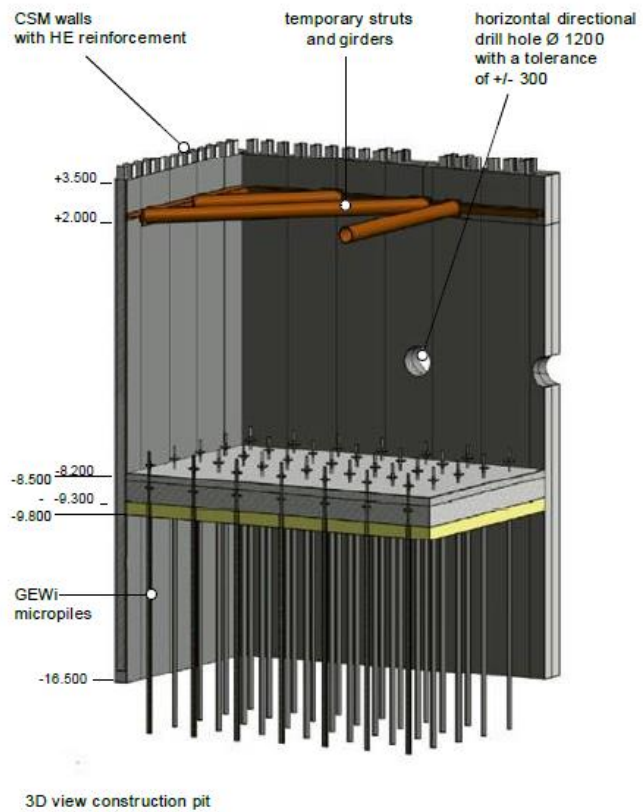
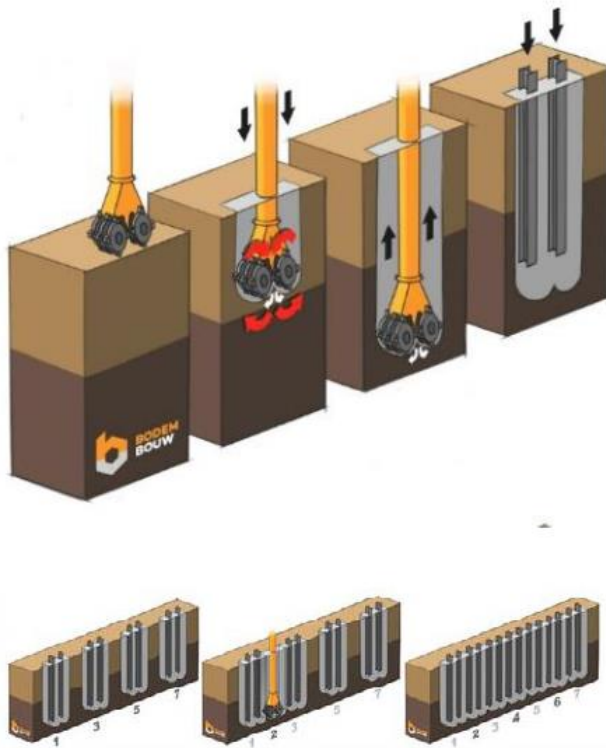
Nadat de freeskop uit de gemixte kolom (CSM-moot) gekomen is, kan deze gewapend worden. Type wapening is afhankelijk van de toepassing van de CSM-wand. Stalen IPE-balken zullen worden gebruikt als wapening voor de wand van het pompstation. De toe te passen wapening wordt boven de CSM-moot gehesen en zakt op eigen gewicht in het zojuist gemixte CSM-moot.

Bij het frezen van een CSM-wand wordt gestart met de oneven moten. Nadat de oneven moten voldoende zijn uitgehard (circa 1 dag) worden de even (tussen-) moten gefreesd. Op deze manier wordt een optimale kwaliteit verkregen van elke moot en zo wordt de stabiliteit van de omringende grondslag gegarandeerd<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Tekst en figuren overgenomen van: <https://www.bodembouw.com/nl/cutter-soil-mixing>





Figuur 23 Schematische uitleg van de CSM-methode

Figuur 24 Constructie bouwput voor pompstation

Tabel 7 Inzet materieel tijdens constructie secundaire koeling

Aantal uren inzet	Voertuig bewegingen	Graaf-machine	Kraan	Beton pomp	Trucks	Licht voertuig	Medium voertuig	Boor installatie landzijde	Boor installatie zeezijde
Afhekken intrede	10		40			40			
Bouw pompput	100	560	280	70	140				
Boren koelleiding landzijde	50							800	
Trekken koelleiding landzijde	50		80						
Boren koelleiding zeezijde	40								400
Trekken koelleiding zeezijde									
Bouw Canal Intake Building	150		600	300					

### 5.2.3 Cluster 3: Bouwkuip, fundering en constructie reactorgebouw

Het reactorgebouw wordt gebouwd met in situ gewapende betonnen wanden (diepwanden), vloeren en een dak van potentieel 1,5 m dik. De wanden van de bouwkuip reiken tot ver onder waterafsluitende kleilagen. De dikte van de wanden kan variëren van 0,5 tot 1,5 meter. De wand is opgebouwd uit panen, waarvan de breedte afhankelijk is van het gebruikte materieel. Vanwege het ingesloten grondwater, opkomend lekwater en hemelwater zal de ontgraving van de bouwput voornamelijk in den natte worden uitgevoerd. Na het storten van de onderwaterbetonvloer worden de vervolgwerkzaamheden in den droge worden uitgevoerd. Er wordt geen grondwater door bronbemaling onttrokken.

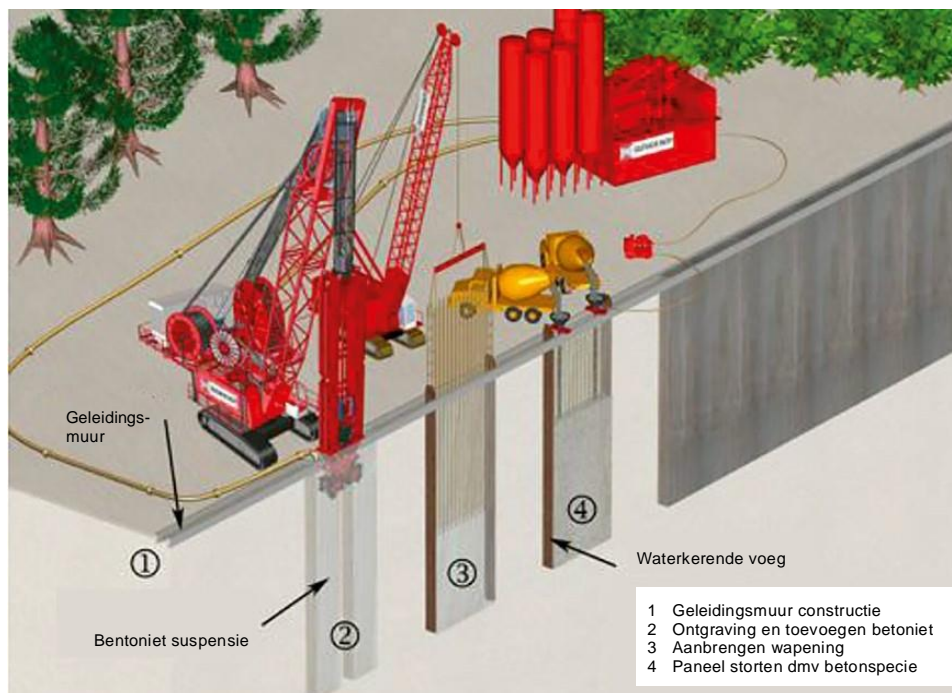
## Methode bouwkuip

De werkwijze voor het bouwen van de diepwand is geïllustreerd in Figuur 25. Het materieel bestaat uit één of meer graafmachines, betonpompen en een bentonietinstallatie. De opbouw is als volgt:

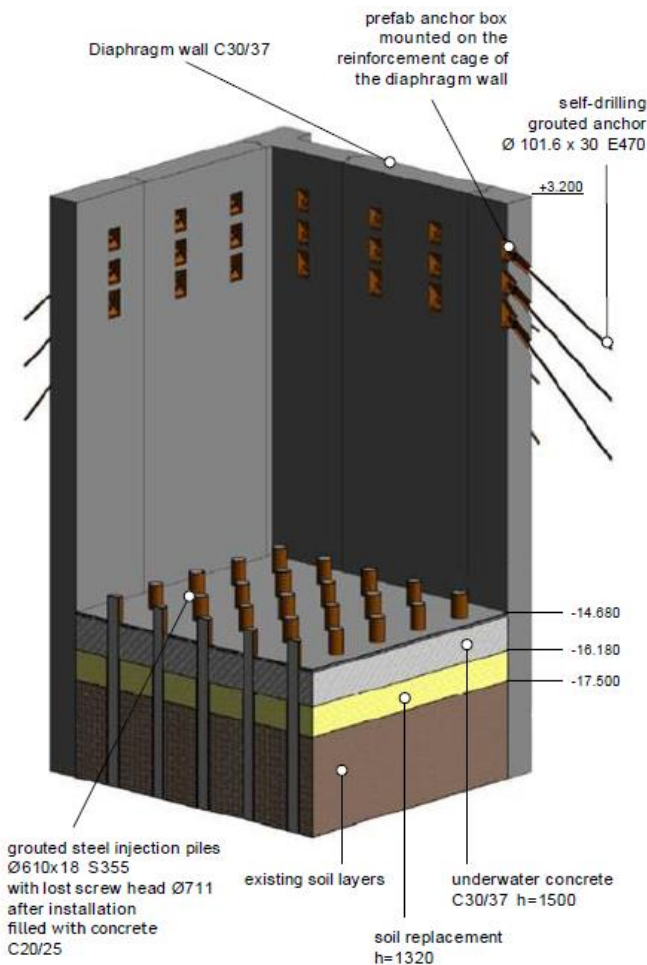
- **Vorbereiding:** Als eerste wordt een frame (geleidewanden in Figuur 25) gebouwd op de plaats waar de top van de wand komt te liggen. Langs dit frame wordt een geul gegraven. Het frame levert een goede geleiding voor de cutters en beschermt de rand van de geul.
- **Uitgraven van de geulen:** De geul wordt verder uitgegraven met speciale 'cutters' volgens de opgegeven diepte en breedte. De cutters hangen met een kabel aan de graafmachine. De speciale vorm van de cutter zorgt ervoor dat deze stabiel in de geul kan zakken. Om de geul te beschermen tegen instorten wordt bentoniet (een dikke vloeistof gemaakt van klei) in de geul gepompt.
- **Installeren:** Om een aaneengesloten waterdichte wand te maken, moeten de panelen waterdicht geassembleerd kunnen worden. Aan beide zijden van het paneel worden daarvoor rubberen of stalen elementen ingebracht.
- **Versterking:** Voordat het beton wordt gestort, wordt een kooiconstructie in de geul aangebracht. Deze constructie vangt de krachten op die op de wanden worden uitgeoefend.
- **Storten van beton:** Ten slotte wordt het beton in de geul gestort. Speciale methoden zorgen ervoor dat het beton aaneengesloten blijft en dat er niet te veel circulatie plaatsvindt. Gedurende dit proces wordt het bentoniet uit de geul gezogen en daarna gezuiverd voor hergebruik. De grond wordt hergebruikt bij de naastgelegen diepwand op de EHC locatie. Als de gehele diepwand voor de bouwput rondom klaar is, wordt het overgebleven bentoniet afgevoerd.
- **Voor de toepassing van bentoniet is water nodig.** Dit water zal worden verkregen uit de pompkamer van de bestaande HFR (er zal geen grondwater worden gebruikt) op de locatie van de EHC.

## Uitgraven van de bouwkuip

Na het aanbrengen van de diepwanden wordt de bouwkuip uitgegraven. De eerste meters worden boven het grondwater afgegraven, maar het grootste deel van de put bevindt zich onder de grondwaterspiegel. In de constructie worden groutankers aangebracht om de stabiliteit van de wanden te zekeren. Het zand uit de bouwkuip zal tijdelijk worden opgeslagen. Als het schoon is wordt de grond gebruikt voor aanleg van het PALLAS-plot en het overige deel zal op het terrein van de EHC in depot gaan totdat het een definitieve bestemming op de EHC krijgt.



Figuur 25 Werkwijze aanbrengen diepwanden



Figuur 26 Schematische weergave van geboorde palen en groutankers

### Aanbrengen geboorde palen en betonnen vloer

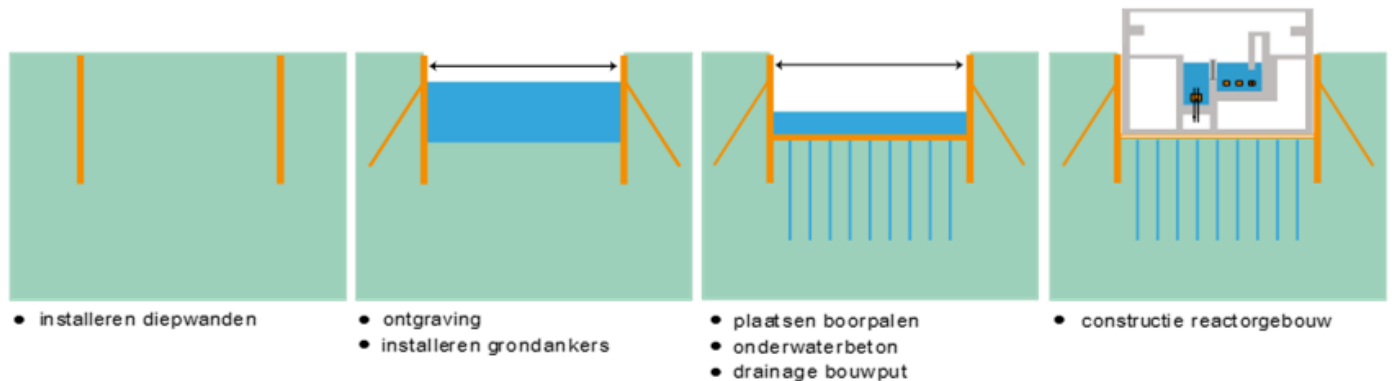
De palen worden geboord vanaf een diepte van ongeveer 9 meter onder NAP. Binnen de diepwanden wordt de bouwput tot deze diepte ontgraven. Er worden stalen buizen in de grond geboord. Als alle palen erin zitten, wordt de bouwput met water gevuld en nat ontgraven tot de gewenste diepte. Als de diepte bereikt is, worden de diepwanden en palen schoongemaakt door duikers. Er wordt een stabiliserende zandlaag aangebracht. Daarna wordt een betonnen vloer van onderwaterbeton (OWB) gestort. Als deze voldoende sterk is (na circa drie weken) wordt de put leeggepompt. Het oppervlak wordt schoongemaakt en er wordt een werkvloer op het onderwaterbeton gestort. Dan worden de palen voorzien van wapening en beton. De paalconstructie en de betonnen vloer bieden voldoende treksterkte tegen de tegendruk van het grondwater en voorkomen dat de bodem van de put barst. Dit vanwege de opwaartse grondwaterdruk.

### Constructie van het reactorgebouw

Nadat de bodem van de constructie is drooggelegd, kan het reactorgebouw worden gebouwd. Dit vindt plaats door middel van traditionele bekisting en beton dat van buiten wordt aangevoerd (geen betoncentrale op de LDA).

### Grondwaterdrain

Om het huidige grondwaterniveau te handhaven worden op de locatie ten westen van het gerealiseerde reactorgebouw twee drains geplaatst. Deze drains bevinden zich op een diepte van circa 0,0 meter NAP, en ten oosten van het reactorgebouw wordt een infiltratiedrain aangelegd.



Figuur 27 De constructiefase

### Aanvullen omliggend terrein

Het terrein rondom het reactorgebouw wordt opgebouwd door zand aan te brengen tot een hoogte van 6 meter + NAP. Hiervoor wordt zand toegepast dat afkomstig is uit de bouwkuip.

### Zetting

De bouwfase kan invloed hebben op de direct naastgelegen nucleaire faciliteiten, het Hot Cell Laboratorium (HCL) en de Molybdeen Productie Faciliteit (MPF). De bouwfase levert vanwege de bouwput die nodig is voor de realisatie van het reactorgebouw mogelijk risico's op voor de reeds aanwezige nucleaire installaties. Er is ten aanzien van deze risico's een tweetal zaken te onderscheiden. Enerzijds is dat het inbrengen van de bouwputwanden, anderzijds is dat bij het ontgraven van de bouwput van zettingen in de omgevingen. Beide punten hebben invloed op het maaiveld en op de nabijgelegen gebouwen.

Het inbrengen van de bouwputwanden heeft het risico van trillingsoverlast en van geluidsoverlast. Waarbij trillingen ook tot schade aan naastliggende gebouwen kunnen leiden. Gezien de mogelijke gevoeligheid voor trillingen van de naastliggende metselwerk-gebouwen wordt voor een trillingsarme bouwmethodiek gekozen. Door de keuze van diepwanden als bouwput wand worden de trillingen voorkomen. De bouwputwanden worden dan geformeerd door het graven van een sleuf in de grond, die wordt gevuld met beton.

Het ontgraven van de bouwput geeft zettingen in de omgeving. Het invloedsgebied van deze zettingen bedraagt 1,5 keer de diepte van de ontgraving (circa 30 m) waarbij vlak naast de bouwput de grootste zettingen optreden. Of de direct naastliggende gebouwen in dit invloedsgebied liggen, is nog sterk afhankelijk van de exacte locatie van de bouwput. In het ontwerprapport van de bouwput is berekend dat de gekozen wanden leiden tot een zettingsinvloed op maximaal 21 m afstand. De afstand tot de bestaande gebouwen is meer dan 50 m, dus die liggen niet in het invloedsgebied.

Tijdens de bouwfase treedt er eerst zout water vanuit de bodem in de bouwput, tot aan het moment dat de onderwater betonvloer is gelegd en de onderliggende grondwaterstroom geen contact meer heeft met de bouwput. Daarna vangt de bouwput gedurende de bouwperiode zoet hemelwater op.

Het zoute water wordt terug in de bodem geïnjecteerd op het niveau waar hetzelfde zoutgehalte aanwezig is. Het zoete hemelwater wordt geïnfilteerd op de bodem elders op het PALLAS-plot. Het freatisch grondwater in de bovenlaag van deze bodem is ook zoet. Om te voorkomen dat verontreinigingen uit de bouwput in de bodem terechtkomen, wordt het water eerst opgevangen in een tijdelijke voorziening. Het water uit deze tijdelijke voorziening wordt geanalyseerd alvorens het water wordt geïnjecteerd of geïnfilteerd.



Tabel 8 Inzet materieel tijdens constructie bouwkuip en fundering reactorgebouw

Aantal uren inzet	Voertuig bewegingen	Graafmachine	Kraan	Beton pomp	Trucks	Licht voertuig	Medium voertuig	Pomp bemaling	Bentoniet installatie
Aantal uren inzet	Voertuig bewegingen	Graafmachine	Kraan	Beton pomp	Trucks	Licht voertuig	Medium voertuig	Boor installatie landzijde	Boor installatie landzijde
Maken diepwanden	750	640	640	80	1280				
Ontgraven	4000	640	320		320		640		
Aanbrengen grondverbeteraar	350		160	40	320			3000	
Storten onderwaterbeton	300		40	40	40				
Boren en plaatsen palen	900		1120				560		500

Tabel 9 Inzet materieel tijdens constructie gebouwen, installatie en infrastructuur

Aantal uren inzet	Voertuig bewegingen	Graafmachine	Kraan	Beton pomp	Trucks	Licht voertuig	Medium voertuig
Bouw reactorgebouw & logistiekgebouw	2000			480	3840	11520	7680
Bouw kantoorgebouw	750		1920	240	1920	5760	3840
Bouw supportgebouw	750		1920	240	1920	5760	3840

Tabel 10 Inzet materieel tijdens afronding LDA en inrichting terrein

Aantal uren inzet	Voertuig bewegingen	Graafmachine	Kraan	Beton pomp	Trucks	Licht voertuig	Medium voertuig
Verwijderen LDA en tijdelijke kantoorruimte	500	400	200				
Inrichten terrein	4000	1920	480				
Opheffen toegangsweg	100	80					

## 5.2.4 Cluster 4: Constructie gebouwen, installatie en infrastructuur

De gebouwen worden op een traditionele wijze gebouwd met materialen als staal, beton, hout, glas en steen. Toepassing van geprefabriceerde elementen is een optie. De gebouwen zullen op palen worden gefundeerd.

Nutsvoorzieningen worden op gangbare wijze uitgevoerd door ingraven van benodigde buisleidingen en kabels. Wegen, verhardingen en parkeerplaatsen worden eveneens op gangbare wijze aangelegd d.m.v. asfalt of steenverhardingen. Daarnaast worden hekwerken, verlichting, bewakingscamera's en signalering aangebracht.

## 5.2.5 Cluster 5: Afronding LDA en inrichting terrein

De bouwfase omvat tijdelijke bouwvoorzieningen. Na afloop worden de voorzieningen weggehaald en ook het zand wordt weer teruggeplaatst. Verharding en grond die gebruikt is voor het tijdelijke werkterrein, en niet afkomstig is uit het gebied zelf, wordt afgevoerd na afronding van de werkzaamheden.

## 5.2.6 Testen

Testen omvat de activiteiten die plaatsvinden ná de bouw en vóórdat de reactor zijn volledige operationele capaciteit bereikt. Dit kan worden onderverdeeld in drie hoofdcomponenten:

1. Vereisten voor inbedrijfstelling. De eerste stap bestaat uit fabrieksacceptatietesten, ontvangstinspecties en acceptatietesten op locatie. Aan het einde van de bouw zal een geordende overgang naar inbedrijfstelling worden uitgevoerd. Daartoe wordt elk systeem onderverdeeld in een reeks subsystemen met duidelijk geïdentificeerde grenzen die bekend staan als "testpaden". Elk testpad zal een mechanische voltooiingsinspectie ondergaan voordat het door de constructeur wordt geaccepteerd. Pre-commissioning is een proces van het voorbereiden van nieuw gebouwde systemen voor inbedrijfstelling en operaties, inclusief activiteiten zoals het vullen van leidingen en tanks, hydrostatisch testen en spoelen, elektrische integriteitscontroles, initiële werking van pompen en andere mechanische apparaten, het controleren van kleplekage, het kalibreren van veiligheid van apparaten en instrumentatie. Operational control betekent dat het voor alle partijen in de PALLAS-reactor duidelijk is wie de bevoegdheid heeft om een bepaald systeem te opereren of te laten opereren, zodat tegenstrijdige operaties niet per ongeluk kunnen worden doorgevoerd.
2. Het inbedrijfstellingsprogramma, dat is opgezet om aan te tonen dat de gebouwde installatie voldoet aan de eisen en opzet van het ontwerp, zoals vermeld in dit veiligheidsanalyseverslag, bestaat uit Fase A – tests voorafgaand aan het laden van brandstof; Fase B1 – tests voor het laden van brandstof, initiële kritieke test en testen voor veilige en betrouwbare uitschakeling; Fase B2 – test met laag vermogen; Fase C – drukverhoging en druktasten. De Kew-vergunning voor de oprichting van de PALLAS-reactor betreft alleen Fase A. De vergunning voor de operationele inbedrijfstelling wordt over enkele jaren aangevraagd.
3. Activiteiten die plaatsvinden na de inbedrijfstelling en die verband houden met de voorbereiding van de installatie voor commerciële exploitatie, waarvoor de veiligheidsdemonstratie (inclusief demonstratie van organisatorische capaciteit) wordt bijgewerkt. De volgende activiteiten zullen naar verwachting worden opgenomen: prestatietests, continue bedrijfsperiode en aanloop naar commerciële activiteiten.

## 5.3 Grondwerk PALLAS-plot

Grondwerk omvat alle activiteiten en veranderingen in het grondwerk van het reactorgebouw, de bijbehorende gebouwen en infrastructuur, vergeleken met de huidige situatie. De belangrijkste aspecten en algemene uitgangspunten voor het ontwerp en vergunningen zijn:

- Het gebied met beperkte toegang zal worden verhoogd van 3,5 meter + NAP naar 6 meter + NAP.
- Aan de westzijde van dit perceel zullen betonnen retentiewanden worden geplaatst over een lengte van ruim 300 meter.
  - Overtollige grond wordt per as afgevoerd door een erkende verwerker, alleen in gevallen wanneer hergebruik op locatie aantoonbaar niet mogelijk is.

## 5.4 Verkeer tijdens bouwfase

Het verkeer tijdens de bouwfase bestaat uit vrachtverkeer ten behoeve van de aan- en afvoer van bouw materiaal en het personenverkeer ten behoeve van de werknemers.

### 5.4.1 Dieselmaterieel

Voor de genoemde bouwwerkzaamheden wordt dieselmaterieel ingezet. Hierbij gaat het onder andere om boorstellingen, graafmachines, kranen, pompen en transportbewegingen van vrachtverkeer. In deze fase van het project is de aannemer (nog) niet bekend en dus ook het exacte dieselmaterieel dat wordt ingezet niet.

De levensduur van dieselmaterieel is afhankelijk van het type machine. Het dieselmaterieel dat in dit project wordt ingezet, heeft een mediane levensduur<sup>910</sup> tussen 6 en 12 jaar.

<sup>10</sup> Afkomstig uit TNO-rapport 'Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkoop in combinatie met brandstof Afzet, EMMA' van november 2009.

**Motorisch vermogen**

Het motorisch vermogen van het dieselmaterieel kan sterk variëren. Voor dit onderzoek gaan we uit van relatief zwaar dieselmaterieel.

**Motorbelasting en TAF-factor**

De motorbelasting (aanspreken van motorisch vermogen) van dieselmaterieel gedurende een werkcyclus is wisselend. Er wordt nooit of zelden het maximale motorisch vermogen aangesproken. De gemiddelde belasting varieert voor het meeste dieselmaterieel tussen 50 en 60%.

**5.4.2 Transport**

De diverse materialen worden per vrachtwagen aan- en afgevoerd.

**Vrachtwagens en personenwagens**

Er worden verschillende vrachtwagens ingezet. Er wordt uitgegaan van de volgende categorieën:

- Zware motorvoertuigen: grote vrachtwagens/dumpers.
- Middelsware voertuigen: middelgrote vrachtwagens.
- Lichte motorvoertuigen: autobusjes.

## 6 Buitengebruikstelling en ontmanteling

### 6.1 Wettelijk kader

De Kernenergiewet en het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) geven de randvoorwaarden voor het buiten gebruik stellen of ontmantelen van een inrichting waarin kernenergie kan worden vrijgemaakt. Voor PALLAS zijn in dit stadium met name de ontmantelingsstrategieën en het ontmantelingsplan relevant.

#### 6.1.1 Ontmantelingsstrategie

De ontmantelingsstrategie voor de PALLAS-reactor sluit aan bij de eisen vanuit het Bkse, te weten:

1. een tijdelijke zogenaamde 'veilige insluiting' van een nucleaire inrichting, na de buitengebruikstelling ervan, is voortaan niet meer toegestaan;
2. de buitengebruikstelling en de ontmanteling moet zo snel als redelijkerwijs mogelijk worden voltooid;
3. er moet worden uitgegaan van het realiseren van een zogenaamde 'groene weide' als eindsituatie (zie 6.6).

#### 6.1.2 Ontmantelingsplan

Op grond van artikel 25 van het Bkse moet de vergunninghouder beschikken over een ontmantelingsplan. Een kernreactor kent een lange levensduur, en daarom ziet het ontmantelingsplan er aan het einde van de levensduur anders uit dan aan het begin: Er zal gedurende deze tijd sprake zijn van voortschrijdende technologie, nieuwe inzichten en mogelijk onvoorziene ontwikkelingen. Om het ontmantelingsplan actueel te houden dient het tijdens de operationele fase van de inrichting elke vijf jaar te worden geactualiseerd.

Dit ontmantelingsplan heeft drie belangrijke functies:

1. In de ontwerpfase geeft de (toekomstige) vergunninghouder in het plan aan hoe hij bij het ontwerp rekening houdt met de uiteindelijke ontmanteling ervan;
2. In de operationele fase fungeert het plan als de onderbouwing voor de door de vergunninghouder te stellen financiële zekerheid voor de kosten van buiten gebruikstelling en ontmanteling<sup>3</sup>;
3. In de fase van buitengebruikstelling en ontmanteling vormt het ontmantelingsplan de basis voor de uit te voeren handelingen.

Het ontmantelingsplan, en elke wijziging daarvan, behoeven goedkeuring van de ANVS. De goedkeuring van dit plan is een vereiste in het kader van de Kew oprichtingsvergunning.

Voor de ontwerpfase van de PALLAS-reactor is een ontmantelingsplan opgesteld.

### 6.2 Ontwerp voor ontmanteling

Om tot een zo veilig en milieuvriendelijk mogelijk ontmantelingsresultaat te komen is al in de ontwerpfase met de toekomstige ontmanteling rekening gehouden. De in het ontwerp toegepaste principes voor veilige ontmanteling baseren zich op ervaringen met het ontmantelen van andere nucleaire installaties, beschreven in internationale richtlijnen. Er zijn keuzes gemaakt en maatregelen genomen om de toekomstige ontmanteling te vergemakkelijken.

De hoeveelheid radioactief afval dat zal ontstaan bij de ontmanteling is geminimaliseerd, door activering van materialen en het ontstaan van verontreinigingen tijdens de bedrijfsvoering te minimaliseren. Dit is bijvoorbeeld gedaan door materiaalkeuzes, maar ook door het aanbrengen van coatings en bekleding, waardoor oppervlakken eenvoudig te reinigen zijn. Leidingen zijn zodanig geconstrueerd dat er zich geen radioactieve stoffen in kunnen ophopen.

De ruimtes en systemen die tijdens de bedrijfsvoering van de reactor worden gebruikt, kunnen deels ook worden gebruikt bij de latere ontmanteling, te denken valt aan ventilatiesystemen, kranen en opslagen voor radioactief afval.

De indeling van de installatie is direct van invloed op de stralingsblootstelling van het personeel en de gereedschappen en technieken die tijdens ontmanteling kunnen worden gebruikt. Daarom zijn de ruimten en systemen zo ingedeeld dat werknemers voldoende ruimte en toegang hebben om apparatuur te vervangen en om eventueel additionele benodigde apparatuur te plaatsen om bijvoorbeeld te knippen, demonteren of te hysen.

Veel apparatuur is ervoor ontworpen en zodanig gemonteerd dat het later eenvoudig weer gedemonteerd kan worden. De meeste onderdelen van de reactor zijn na demontage in één stuk af te voeren, zodat ze niet ter plekke verkleind hoeven worden. De openingen en toegangen zijn voldoende groot voor het verwijderen van deze onderdelen, die waar nodig verpakt zullen worden in transportcontainers.

## 6.3 Documentatiebeheer voor ontmanteling

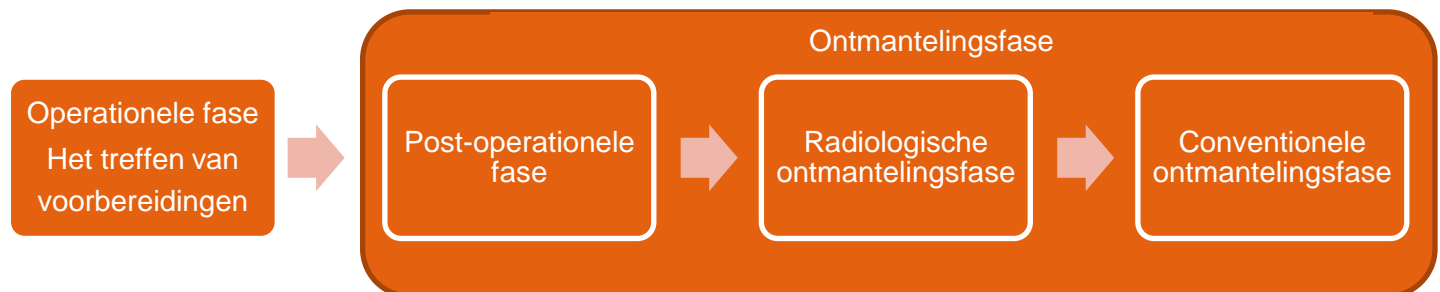
De beschikbaarheid van uitgebreide ontwerp-, bouw- en exploitatiedocumentatie is een belangrijke factor voor de ontmanteling. Het vormt de basis voor een goede planning en efficiënte uitvoering van de ontmantelingswerkzaamheden en leidt tot minder onverwachte situaties tijdens de ontmanteling.

Tijdens het bedrijf van de PALLAS-Reactor wordt de ontwerpdocumentatie periodiek bijgewerkt, inclusief details over de aangebrachte wijzigingen en aanpassingen, alsook informatie over uitgevoerde experimenten en bedrijfsvoorvallen. De documentatie omvat ook het volledige scala van bedrijfs-, onderhouds-, stralingsbeschermings- en inspectieverslagen, alsook informatie over gebeurtenissen betreffende besmette en bestraalde structuren, systemen en componenten.

## 6.4 Fases voor ontmanteling

De voorbereidingen voor de ontmantelingsfase starten tijdens de operationele fase, wanneer de reactor nog in gebruik is. Deze voorbereidingen, waaronder het aanvragen van de benodigde vergunningen, starten minimaal vier jaar voor de definitieve buitengebruikstelling van de reactor.

De ontmantelingsfase onderscheidt drie opeenvolgende fases, te weten de post-operationele-, de nucleaire en de conventionele ontmantelingsfase.



Figuur 28 De verschillende fases benodigd voor de ontmanteling

### De post-operationele fase

De post-operationele fase duurt ongeveer 3 jaar. Deze start met de definitieve buitengebruikstelling van de reactor en eindigt op het moment dat de gebruikte brandstofelementen van de inrichting zijn afgevoerd. Deze tijd wordt gebruikt om onder andere de brandstofelementen veilig te verpakken en af te voeren en de installatie voor te bereiden op ontmanteling. De werkzaamheden tijdens deze fase worden nog onder de exploitatievergunning uitgevoerd. Voor de ontmantelingsfase wordt een aparte Kew vergunning met project-MER aangevraagd.

### De nucleaire ontmantelingsfase

De nucleaire ontmantelingsfase duurt naar verwachting vijf jaar. Deze start wanneer de gebruikte brandstofelementen zijn afgevoerd en eindigt met de vrijgave van de site en haar gebouwen.

In deze fase worden alle nucleaire systemen gedecontamineerd en gedemonteerd. Hierbij valt te denken aan de geactiveerde componenten die zich nabij de reactor bevonden en alle systemen die gecontamineerd zijn met radioactieve stoffen. Na afloop worden de overige structuren en systemen nagemeten (voor vrijgave) om zeker te zijn dat er geen geactiveerd of gecontamineerd materiaal achter blijft.

Al het ontmantelingsafval wordt afgevoerd. Opgemerkt wordt dat radioactieve afvalstoffen met de grootst mogelijke zorg worden verpakt en afgevoerd door een daartoe erkende ontvanger. Reguliere (gevaarlijke) afvalstoffen worden ook door een erkende verwerker opgehaald.

### De conventionele ontmantelingsfase

De conventionele ontmantelingsfase wordt in een half jaar afgerond en start nadat is zeker gesteld dat er geen radioactieve stoffen meer aanwezig zijn en na de vrijgave van de gebouwen.

Tijdens deze fase vindt de sloop plaats van alle overgebleven installaties en gebouwen. Bij deze fase komen ook (gevaarlijke) afvalstoffen vrij, zoals oliehoudende apparatuur. Voor deze (gevaarlijke) afvalstoffen geldt dat deze in lijn met geldende wetgeving worden ingezameld en worden opgehaald door een erkende afvalverwerker.

De vergunninghouder dient vervolgens naar tevredenheid van de ANVS aan te tonen dat de ontmanteling is voltooid, al het afval is afgevoerd en het terrein met daarop eventueel nog achterblijvende gebouwen kan worden vrijgegeven (zie 6.4.3). Op grond hiervan kan de vergunning door de ANVS worden ingetrokken. Dit moment markeert de voltooiing van de ontmanteling, hiermee wordt de ondernemer ontheven van de verplichtingen die hij daarvoor op grond van de Kernenergiewet had.

Deze fase eindigt met het realiseren van een 'groene weide'. Hiermee wordt bedoeld dat er, na voltooiing van de ontmanteling, op de locatie van de nucleaire inrichting geen beperkingen meer zijn voor elke volgende bestemming. Deze beperkingen betreffen zowel de radiologische als de niet-radiologische aspecten.

### 6.4.1 Ontmantelingstechnieken

Er is tegenwoordig ruime ervaring met de ontmanteling van kernreactoren en componenten in nucleaire installaties. Daarnaast zijn er veel technieken en gereedschappen beschikbaar, waar al veel ervaring mee is opgedaan. Uit een beoordeling van het ontwerp van de PALLAS-reactor is gebleken dat deze goed met hedendaagse technieken kan worden ontmanteld.

Bij ontmanteling is het belangrijk dat componenten:

- makkelijk getransporteerd kunnen worden,
- goed gedecontamineerd kunnen worden,
- eventuele radioactiviteit goed gemeten kan worden, en
- effectief kunnen worden verpakt als radioactief materiaal.

Een aantal componenten kunnen in één geheel worden verwijderd, zoals tanks met een grote diameter die niet/beperkt verontreinigd zijn. Andere componenten moeten voor verwijdering in kleinere stukken gesneden worden. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van mechanische (o.a. zagen, hydraulisch knippen) en/of thermische (o.a. plasmaboogsnijden) snijtechnieken. Voor de stralingsveiligheid van de medewerkers is het mogelijk om componenten met robots en onder water te ontmantelen.

### 6.4.2 Decontaminatietechnieken

Decontaminatie is een belangrijk thema tijdens de ontmanteling en vindt plaats voorafgaand en tijdens de ontmantelingswerkzaamheden om de blootstelling aan radioactiviteit te verminderen voor personeel. Na ontmanteling wordt decontaminatie toegepast om de hoeveelheid radioactief materiaal zo veel mogelijk te beperken. Per component wordt de geschikte decontaminatietechniek bepaald, afhankelijk van onder andere de geometrie en de fysische eigenschappen van het materiaal. Voorbeelden van decontaminatietechnieken zijn hogedruk water en droogstralen.

Verwacht wordt dat ongeveer 45% van de radioactieve materialen behandeld wordt met decontaminatie. De overige 55% wordt niet behandeld na ontmanteling. Reden hiervoor zijn bijvoorbeeld dat technieken nodig zijn die niet kunnen worden uitgevoerd op het terrein van PALLAS en/of dat het materiaal een dusdanig hoge radioactiviteit heeft dat decontaminatie plaats dient te vinden bij een specialistische afvalverwerker. Van het gedecontamineerde materiaal blijft naar verwachting ca. 5% (deels) radioactief, dit wordt behandeld als radioactief afval en doelmatig verpakt. Het overige materiaal is niet langer radioactief.

### 6.4.3 Vrijgavemetingen

Bij de ontmanteling moet de ondernemer, zo veel als redelijkerwijs mogelijk, zorgen voor minimalisatie van het ontstaan van radioactief afval. Dat houdt onder meer in dat gestreefd moet worden naar hergebruik. Vrijgave van radioactief afval is een manier om het ontstaan van radioactief afval te beperken.

Met vrijgave wordt bedoeld: het vaststellen dat de locatie, het gebouw of het materiaal, met het oog op de geringe radioactieve eigenschappen, kan worden afgevoerd naar een conventionele afvalverwerker omdat het restrisico voor mens en milieu verwaarloosbaar is.

Het meten en registreren van de radioactiviteit van componenten en gebouwdelen, ten behoeve van vrijgave, is een fundamenteel onderdeel van de nucleaire ontmantelingsfase. Waar in Figuur 30 "preliminary measurement" of "final measurement" staat, worden deze vrijgavemetingen bedoeld.

## 6.5 Omgang met afvalstoffen

De bij buitengebruikstelling en ontmanteling vrijkomende afvalstoffen zijn ruwweg in drie typen onder te verdelen:

- Radioactieve afvalstoffen (incl. mogelijk radioactieve) afvalstoffen
- Niet-radioactieve gevaarlijke afvalstoffen, en
- Niet-radioactieve, niet-gevaarlijke afvalstoffen.

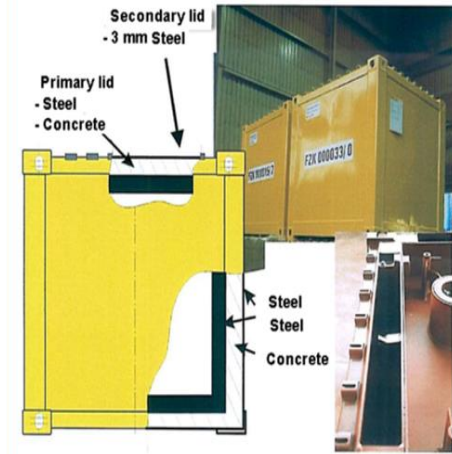
Wat betreft de afvalstoffen in de ontmantelingsfase zal dit niet heel anders zijn dan bij de exploitatiefase. Het soort afval is wel verschillend: bij de exploitatiefase komt immers geen sloopafval vrij. Kenmerkende afvalstromen bij de buitengebruikstellings- en ontmantelingsfase zijn vooral sloopafval, beton en installatiedelen. Deze afvalstoffen komen in grote hoeveelheden vrij bij de verwijdering en ontmanteling van installaties en gebouwen.

Alle afvalstoffen worden gescheiden ingezameld wanneer dit redelijkerwijs mogelijk is. Het radioactief afval wordt gescheiden naar mate van radioactiviteit (categorieën hoog/midden/laag). De omgang met afvalstoffen is daarmee niet anders dan in de exploitatiefase. Het type verpakkingen is ook niet anders, voorbeelden hiervan zijn opgenomen in Figuur 29.

Voor de volledigheid is hieronder het stappenplan (Figuur 30) opgenomen dat gevolgd wordt om te bepalen hoe met radioactieve afvalstoffen wordt omgegaan in de buitengebruikstellings- en ontmantelingsfase. Dit omdat het kan gaan om radioactieve afvalstoffen die niet voorkomen in de exploitatiefase. Voorbeelden hiervan zijn radioactieve afvalstoffen met een groot formaat: deze moeten worden verkleind en/of gedecontamineerd voordat deze door een erkende afvalverwerker kunnen worden opgehaald.



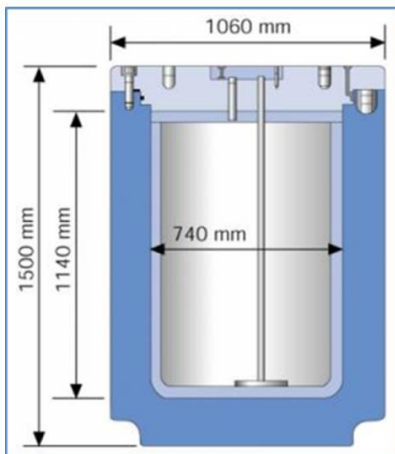
Konrad type II - container, detail



Konrad type II - container, foto



MOSAIK type II - container, detail

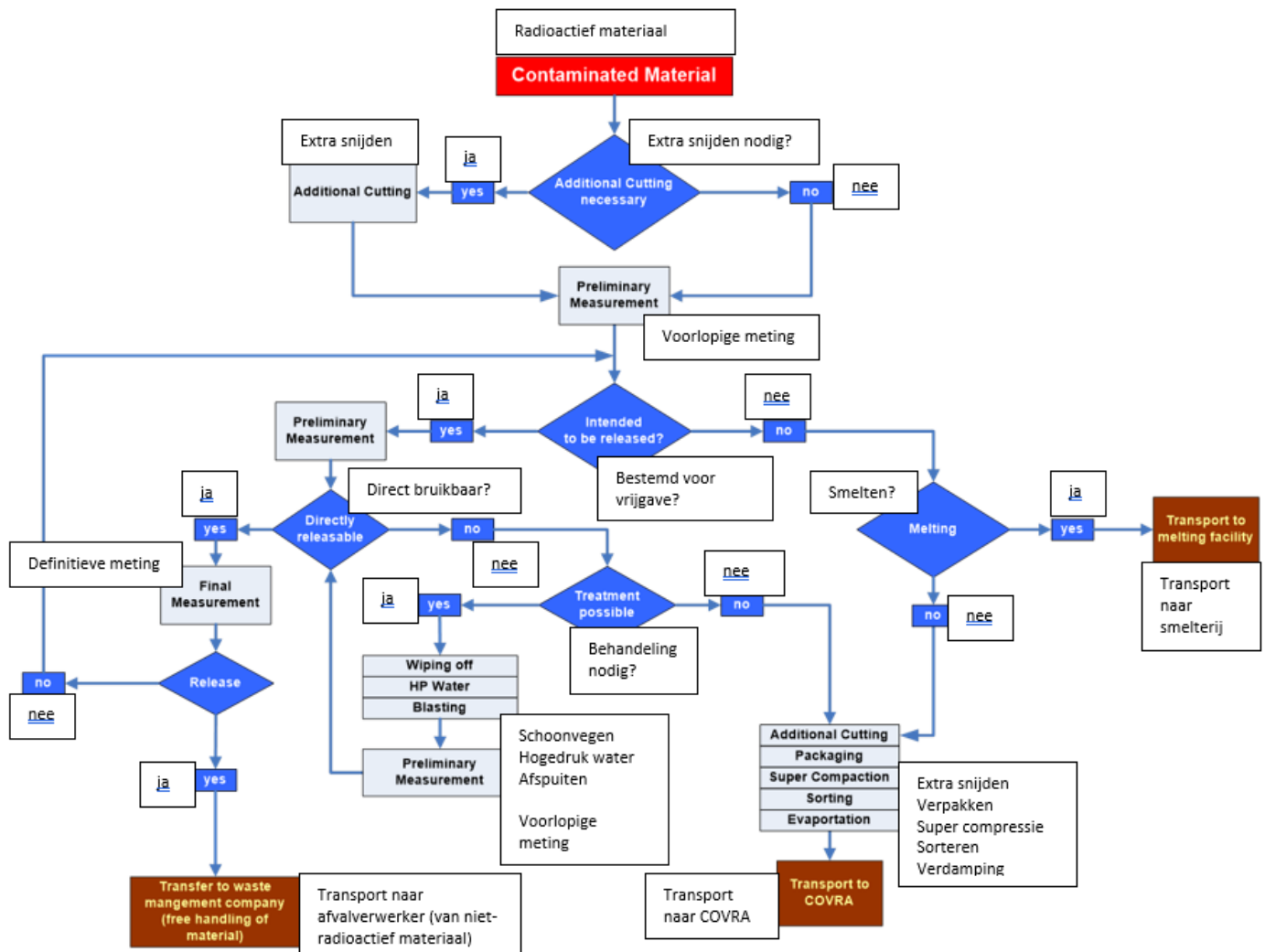


MOSAIK type II - container, foto



*Figuur 29 Voorbeelden verpakkingen radioactief afval*





Figuur 30 Stappenplan omgangwijze radioactief afval (met Nederlandse vertaling)

## 6.6 'Groene weide' als eindsituatie

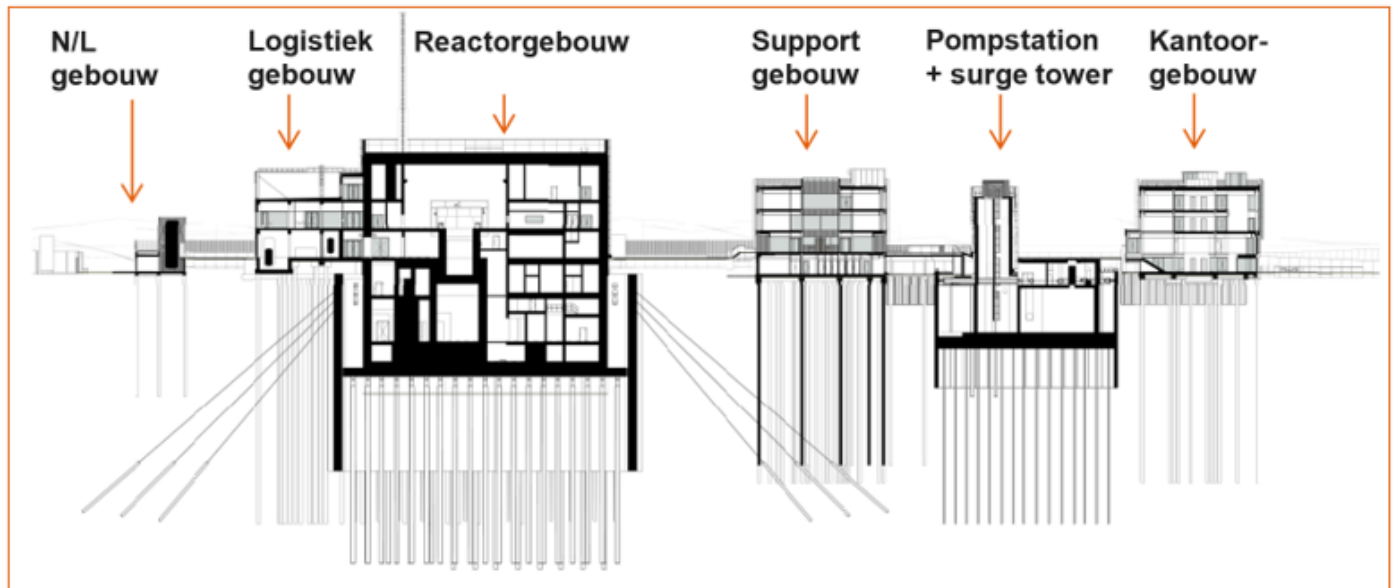
Het doel van de ontmantelingsactiviteiten is om het terrein terug te brengen naar de eindsituatie "groene weide". Wat hier precies onder wordt verstaan is besproken met de eigenaar van het terrein (Staatsbosbeheer), gemeente en de ANVS.

Om tot een goede beslissing te komen is op verzoek van Staatsbosbeheer de oplevering van het terrein oriënterend onderzocht aan de hand van twee varianten:

- Variant 1: laten zitten van de ondergrondse constructies, waarbij alleen de bovengrondse elementen van de gebouwen worden gesloopt.
- Variant 2: verwijderen van de ondergrondse en bovengrondse constructies.

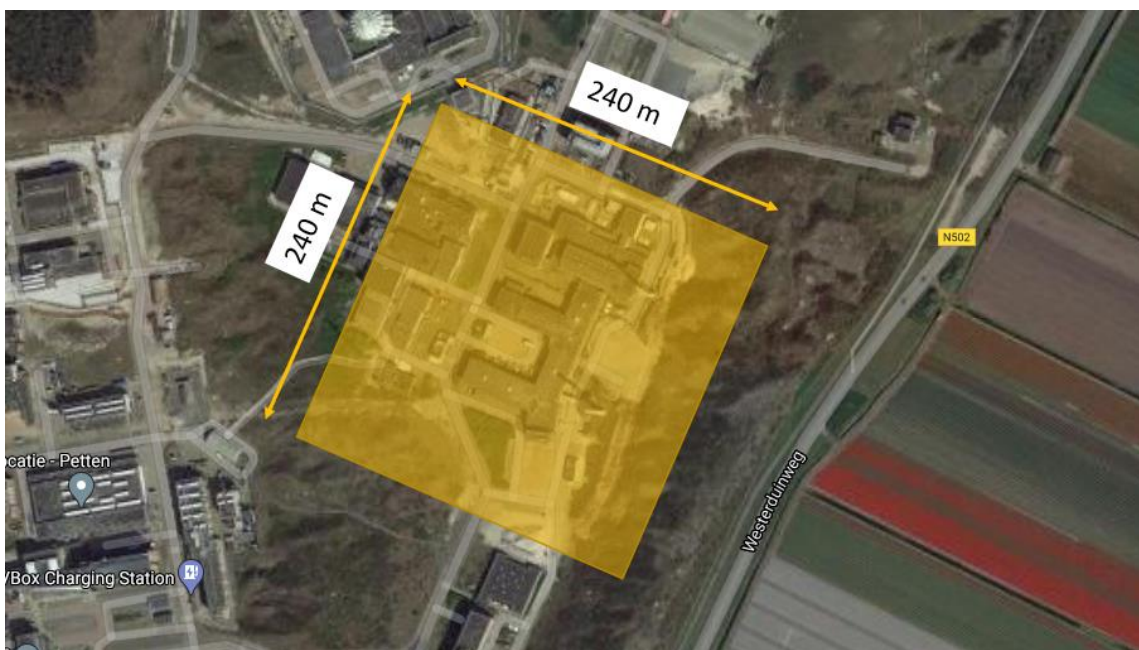
De koelwaterleidingen van het secundaire koelsysteem zijn op verzoek van Staatsbosbeheer buiten beschouwing gelaten in het oriënterende onderzoek.

Voor de bouw van de nieuwe PALLAS-reactor (hier: reactorgebouw en overige gebouwen) worden verschillende ondergrondse constructies aangebracht, zoals diepwanden, onderwaterbeton, groutankers en funderingspalen (zie Figuur 31).



Figuur 31 Overzicht ondergrondse constructies (diepste punt NAP -53 m) gezien vanuit het westen (Noordzee)

Uit het onderzoek blijkt dat het verwijderen van alle constructies tot vloerniveau op een diepte van -24 meter NAP een bouwkuip vereist van 240 meter bij 240 meter (zie Figuur 32). Bij het graven op dieptes groter dan NAP -9 meter moet een grote toestroom van grondwater worden verwerkt. Het slopen van de diepwand kan dan enkel onder water plaatsvinden. Onder water slopen is enkel mogelijk door met explosieven het beton in stukken te breken of met duikers te zagen. De afmetingen van de ontgraving nemen vanwege de hellingshoek al snel buitenproportionele afmetingen aan (bij een ontgraving tot vloerniveau bouwkuip ca. 100 meter talud noodzakelijk). Het verwijderen van de diepwand onder vloerniveau tussen -24 meter en -37 meter NAP is gezien voorgaande als technisch onmogelijk beschouwd.



Figuur 32 Inschatting bouwkuip bij ontgraving tot onderzijde onderwaterbeton vloer (NAP -24 m)

De effecten van verwijderen van de constructies conform beide varianten is beoordeeld op een vijftal criteria. De uitkomsten staan in Tabel 11.

Tabel 11 Overzicht effectscores varianten 'laten zitten' en 'verwijderen'

		Effectscore ondergrondse constructies laten zitten	Effectscore ondergrondse constructies verwijderen
Natuur	• Gebieden	0	--
	• Soorten	+	--
Grondwater		-	--
Waterveiligheid		0	-
Archeologie		0	--

Het verwijderen van de heipalen en ondergrondse betonplaat heeft een significante impact op de natuurlijke omgeving, omdat hiervoor een zeer grote bouwput moet worden gegraven. Op grond hiervan is, in overeenstemming met Staatsbosbeheer, bepaald dat de volgende activiteiten voldoende zijn om "groen weide" als eindsituatie te bereiken:

- Amoveren van het gehele Nuclear Island en het Logistieke gebouw.
- Verwijderen van het bovengrondse deel van de omliggende keerwanden tot 2-3 meter ondergronds.

## Verklarende woordenlijst

COVRA	Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval
Dosis	Geabsorbeerde stralingsenergie per massa-eenheid (eenheid: Gray, Gy)
EHC	Energy and Health Campus (voormalige naam: Onderzoekslocatie Petten (OLP))
Emissie	Uitworp (lozing) van stoffen in het milieu
GFT	Gesloten Front Techniek (boren van leidingen)
HDD	Horizontal Directional Drilling (boren van leidingen)
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICHOS	Bouwconsortium bestaande uit het Argentijnse Invap en de TBI-bedrijven Croonwouter&dros – Mobilis
Ioniserende straling	Straling, te onderscheiden in onder andere a-, b- of g-straling, uitgezonden door radioactief materiaal
Isotopen	Verschillende atomen van eenzelfde element met dezelfde chemische eigenschappen, echter met verschillend kerngewicht
Kew	Kernenergiewet
LDA	Lay Down Area (werkterrein)
MER	Milieueffectrapport
Molybdeen	Stof waarvan het radioactieve isotoop Mo-99 wordt geproduceerd ten behoeve van de diagnostiek van kanker in ziekenhuizen
MW	Mega Watt
NAP	Nieuw Amsterdams Peil (hoogtemaat)
NHC	Nuclear Health Centre
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (in Nederlands: Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling ((OESO)
OWB	Onderwaterbeton
Radioactieve stoffen	Stoffen die ioniserende straling uitzenden
Radioactiviteit	Eigenschap van stoffen met instabiele atomen, gekenmerkt door spontaan optredende veranderingen in de atoomkern waarbij ioniserende straling wordt uitgezonden (eenheid: becquerel, Bq)
Radiologisch	De leer over ioniserende straling betreffend
Risico	Ongewenste gevolgen van een bepaalde activiteit verbonden met de kans dat deze zich zullen voordoen
SCS Gebouw	Secondary Cooling System Building
Sievert (Sv)	De sievert (symbool Sv) is de SI-eenheid voor de equivalente dosis straling waaraan een mens in een bepaalde periode is blootgesteld, en is gelijk aan 1 J/kg. De sievert is afhankelijk van de biologische effecten van straling. De millisievert (mSv) is een duizendste deel van een sievert.

## Colofon

BIJLAGE B ONTWERPKADER  
BEHORENDE BIJ PROJECT-MER KEW

KLANT  
PALLAS

AUTEUR  
Frans Dotinga

PROJECTNUMMER  
30068121.0620

ONZE REFERENTIE  
D10053169:32

DATUM  
23 mei 2022

GECONTROLEERD DOOR

VRIJGEGEVEN DOOR

██████████  
████████████████████

██████████  
████████████████████

## Over Arcadis

Arcadis is een toonaangevend wereldwijd ontwerp- en consultancybureau voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij maken het verschil voor onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Met 27.000 mensen in meer dan 70 landen genereerden we in 2020 een omzet van €3,3 miljard. Wij ondersteunen UN-Habitat met kennis en expertise om leefomstandigheden te verbeteren in gebieden getroffen door de gevolgen van de klimaatverandering.

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)

████████████████████

██████████

████████████████████

Nederland

████████████████████

**Arcadis.** Improving quality of life

**Volg ons op**



[arcadis-nederland](https://www.arcadis-nederland.nl)



[arcadis\\_nl](https://twitter.com/arcadis_nl)



[ArcadisNetherlands](https://www.facebook.com/ArcadisNetherlands)