

Aanvraag wijziging Kew vergunning TU Delft

OYSTER

Augustus 2018

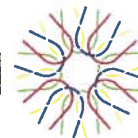
Reactor Instituut Delft (RID)

Technische Universiteit Delft



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Lijst met afkortingen	5
1. Inleiding	7
1.1. Algemeen	7
1.2. Aanleiding tot de aanvraag	7
1.3. Aanvraag wijziging KEW vergunning	8
2. Gegevens van de ondernemer	9
2.1. Gegevens van de aanvrager	9
2.2. Gegevens van de locatie	9
3. Huidige vergunningssituatie	11
4. Voorgenomen wijziging van de inrichting	12
4.1. Algemeen	12
4.2. Installatie en toepassing CNS faciliteit	12
4.3. Aanpassing bundelbuizen	16
4.4. Wijziging reactorhal doorvoeringen	17
4.5. Uitbreiding reactorbeveiligingssysteem	18
4.6. Toepassing CNS-utilities voor CNS faciliteit	18
5. Toetsingskader voor de vergunningaanvraag	20
5.1. Toetsingskader	20
5.2. Rechtvaardiging	21
5.3. ALARA en Dosislimieten	21
6. Stralingsbescherming en nucleaire veiligheid	22
6.1. Rechtvaardiging van de nucleaire milieueffecten	22
6.2. Bevoegdheden en verantwoordelijkheden met betrekking tot de stralingsveiligheid	22
6.3. ALARA en dosislimieten: Stralingsbescherming tijdens normaal bedrijf	23
6.4. Nucleaire veiligheid	24
6.5. Conclusie stralingsbescherming en nucleaire veiligheid	25
7. Conventionele milieuaspecten	26
7.1. Deskundigheid ten aanzien van arbo- en milieuaspecten	26
7.2. Conventionele milieueffecten	26
7.3. Conclusie conventionele milieuaspecten	27
8. Bijlagen	28
Bijlage I Vereiste informatie ingevolge het Bkse	29



Bijlage II	Cold Neutron Source (CNS) faciliteit.....	33
Bijlage III	Aanpassing bundelbuizen R1 en R2	55
Bijlage IV	Wijziging doorvoeringen door de wand van de reactorhal.....	60
Bijlage V	Locatiebeschrijving van het Reactor Instituut Delft	
Bijlage VI	Aanpassingen van het Veiligheidsrapport (VR)	
Bijlage VII	Milieueffectrapportage (MER)	



Lijst met afkortingen

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
ANVS	Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming
ASD	Algemeen Stralingsdeskundige
Bkse	Besluit Kerninstallaties, Splijtstoffen en Ertsen
Bbs	Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming
CNS	Cold Neutron Source
COVRA	Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval
HOR	Hoger Onderwijs Reactor
IPA	In-Pool Assembly
Kew	Kernenergiewet
MER	Milieueffectrapport
NCS	Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten
OYSTER	Optimized Yield – for Science, Technology & Education – of Radiation
RID	Reactor Instituut Delft
SBD	Stralingsbeschermingsdienst
TU	Technische Universiteit
VOBK	Veilig Ontwerp en het veilig Bedrijven van Kernreactoren (Handreiking)
VR	Veiligheidsrapport
WHW	Wet op het hoger onderwijs en wetenschappelijk onderzoek



1. Inleiding

1.1. Algemeen

Het Reactor Instituut Delft (RID) is gelegen aan de Mekelweg 15 op het Technopolis bedrijventerrein in Delft. Het RID is onderdeel van de Technische Universiteit Delft (TU Delft).

De TU Delft beschikt voor het RID over een vergunning op grond van artikelen 15, onder a en b, 29 en 34 van de Kernenergiewet (Kew). In verband met de geplande aanpassingen op haar terrein vraagt het College van Bestuur van de TU Delft bij brief (gedateerd 1 augustus 2018) een wijziging van de vergunning op grond van artikel 15, onder b van de Kew aan. Dit verzoek is in de voorliggende vergunningaanvraag en de daarbij behorende bijlagen verder uitgewerkt.

De kwantitatieve en kwalitatieve kenmerken van de aanpassingen waarvoor wijziging van de vergunning wordt gevraagd, zijn vermeld in hoofdstuk 3 van deze aanvraag. De gegevens over de feitelijke vergunningsaanvraag zijn vermeld in hoofdstuk 4.

1.2. Aanleiding tot de aanvraag

Het RID is in Nederland het universitair centrum voor straling gerelateerd onderzoek en onderwijs en draagt bij aan fundamenteel onderzoek op verschillende terreinen, waaronder duurzame energie en gezondheid. Er wordt daartoe voortdurend geïnvesteerd in betere methodes en technieken. Het OYSTER project heeft in dat kader tot doel om de toepassingen gekoppeld aan de reactor een stuk preciezer en breder inzetbaar te maken. De wijzigingen die nodig zijn voor het OYSTER project zijn aanleiding om een vergunningswijziging in te dienen met daarbij een Milieueffectrapportage.

Op 1 mei 2013 heeft de TUD daartoe de "Mededeling Milieueffectrapportage OYSTER" bij het bevoegd gezag ingediend. In deze mededeling is aangegeven dat de modernisering van de reactor, middels het project onder de naam OYSTER, drie onderdelen omvat:

- het verhogen van het continue, nominale (thermische) reactorvermogen van 2 MW naar 3 MW met als doel de verhoging van de neutronenflux (het aantal neutronen per vierkante centimeter)
- het aanbrengen van een koude bron (neutronenkoeler) naast de reactorkern met als doel de neutronen van de reactor te vertragen
- de herconfiguratie van de kern met als doel de cycluslengte van de kern en de neutronenflux voor experimenten te optimaliseren.

Inmiddels is besloten dat van deze drie onderdelen van de voorgenomen activiteit, alleen het tweede (het aanbrengen van een koude bron) zal worden uitgevoerd. Alleen dit onderdeel is daarom als wijziging onderdeel van deze vergunningsaanvraag, samen met enkele daaraan gerelateerde wijzigingen.



1.3. Aanvraag wijziging KEW vergunning

Zoals hierboven aangegeven heeft de TUD het voornemen om haar onderzoeksreactor te verbeteren. Hiervoor is een wijziging van de Kernenergiewet-vergunning nodig. Een overzicht van de ingevolge het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) vereiste informatie voor het aanvragen van een wijzigingsvergunning is gegeven in bijlage I.

Deze vergunningsaanvraag wordt onderbouwd met een Milieueffectrapport (MER) en een opgave van de benodigde aanpassingen van het Veiligheidsrapport. Het MER beschouwt de te verwachten milieueffecten van de voorgenomen wijzigingen in relatie tot de reeds vergunde milieueffecten van de inrichting. De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) is bevoegd gezag in deze procedure.

In het Besluit MER (bijlage 1, onderdeel C en D) zijn categorieën van activiteiten benoemd waarbij het opstellen van een Mer-rapportage of een Mer-beoordelingsrapportage noodzakelijk is. Voor de voorgenomen wijzigingen en activiteiten geldt geen Mer(besluit)plicht op basis van bijlage 1 van dat besluit. Toch is besloten om voor de onderhavige vergunningswijziging in het kader van de Kew een Mer-rapportage op te stellen. Een beoordeling van de betreffende milieuaspecten en de nucleaire veiligheid maakt hier onderdeel van uit.



2. Gegevens van de ondernemer

2.1. Gegevens van de aanvrager

Aanvrager is de Technische Universiteit Delft (kortweg "TU Delft"), een publiekrechtelijke rechtspersoon op basis van artikel 1.8, lid 2, van de Wet op het hoger onderwijs en wetenschappelijk onderzoek (WHW), te dezen op grond van art. 9.2, lid 3, van de WHW rechtsgeldig vertegenwoordigd door Prof.dr.ir. T.H.J.J. van der Hagen, voorzitter van het College van Bestuur (CvB).

Adres:

Technische Universiteit Delft
Stevinweg 1
2628 CN Delft

Postadres:

Technische Universiteit Delft
Postbus 5
2600 AA Delft

Contactpersoon:

W.J.C. Okx, algemeen stralingsdeskundige, gemandateerd door het College van Bestuur van de TU Delft
Tel: +31 15 278 79 27
E-mail: W.J.C.Okx@tudelft.nl

2.2. Gegevens van de locatie

De aanpassingen zoals bedoeld in deze aanvraag zullen plaatsvinden op het terrein van het Reactor Instituut Delft (RID), gelegen op het Technopolis/TU Delft terrein (zie Figuur 1), Mekelweg 15, te Delft (kadastrale sectie L1410).

Een nadere omschrijving van de locatie en de zich daarop bevindende gebouwen is gegeven in bijlage V (zie hoofdstuk 8).



Figuur 1 Ligging van het RID (Copyright Esri Nederland en het Kadaster)



3. Huidige vergunningssituatie

Op het terrein van het RID van de TU Delft is momenteel een vergunning op grond van artikelen 15, onder a en b, 29 en 34 van de Kernenergiewet (Kew) van kracht. Het betreft de vergunning met nr. E/EE/KK/96056756 van 18 november 1996, laatstelijk gewijzigd bij beschikking met kenmerk ANVS-2017/9323 d.d. 14 augustus in verband met het CNS Utility gebouw en de versneller. De vergunning is geldig voor onbepaalde tijd.

Naast de Kew-vergunning beschikt het RID over de volgende vergunningen:

- Waterwet (voorheen Wet verontreiniging oppervlaktewater (Wvo)); deze regelt de lozing van het afvalwater ten aanzien van verontreinigingsparameters en het lozingsvolume
- Gebruiksvergunning; deze regelt de brandveiligheid voor de gebruikers binnen het gebouw. Het RID beschikt over een gebruiksvergunning voor het gehele instituut in het kader van het Besluit brandveilig gebruik bouwwerken (Gebruiksbesluit).

De milieuaspecten die onder het regime van de Wet milieubeheer (Wm) vallen zijn geïntegreerd in de Kernenergiewet-vergunning. Wijziging van de Waterwet- en gebruikersvergunningen is niet voorzien als gevolg van de voorgenomen activiteit.

In onderstaande tabel is de vergunningssituatie in het kader van de Kew van de inrichting weergegeven.

Kenmerk Kew-vergunning	Datum	Algemene beschouwing veranderingen
E/EE/KK/96056756	18-11-1996	Revisie vergunning in het kader van de Kernenergiewet
E/EE/KK/97079053	06-02-1998	Voorhanden hebben van thorium
E/EE/KK/99006307	18-03-1999	Plaatsing van tijdelijke portocabins
DGM/SVS/2000136563	01-01-2000	Nieuwbouw van kantoor- en laboratoriumruimten
DGM/SAS/2001140812	07-12-2001	Verlenging tijdelijke opslag Delphi-splijtstof
SAS/2002079182	01-01-2002	Gebruik van neutronengeneratoren
SAS/2003016465	08-04-2003	Gebruik van een sub-kritisch ensemble ("DELPHI")
SAS/2005196009	27-10-2005	Verklaring nissenhut RID
SAS/2007025597	15-03-2007	Verklaring computergebouw
ETM/ED/10167481	29-03-2011	Toepassen van radioactieve stoffen op dieren
DGETM-PDNIV/14094940	16-06-2014	Realisatie van HollandPTC
ANVS-2015/922	29-06-2015	Wijzigingen HollandPTC
ANVS-2017/9323	14-08-2017	Wijzigingen CNS Utility gebouw, elektronenversneller



4. Voorgenomen wijziging van de inrichting

4.1. Algemeen

De Technische Universiteit Delft (TU Delft) beschikt over een vergunning op grond van de Kernenergiewet (Kew). Aanpassing van deze Kew-vergunning wordt aangevraagd voor de volgende onderdelen:

1. Aanbrengen en toepassen van een Cold Neutron Source (CNS) faciliteit in het reactorgebouw
2. Aanpassen van de bundelbuizen R1 en R2 in het reactorbassin
3. Wijzigen van de doorvoeringen door de wand van de reactorhal t.b.v. de CNS utilities, buizenpostsysteem e.d.
4. Uitbreiden van het reactorbeveiligingssysteem met een reactor-vergrendeling met betrekking tot de koude bron
5. Gebruik van de CNS-utilities (met name de koelinstallatie) voor de CNS faciliteit in het reactorgebouw.

De voorgenomen wijzigingen beperken zich tot de reactorhal van de HOR en de directe omgeving daarvan. De bijbehorende koelinstallatie is reeds vergund (voor testen) en bevindt zich in het kort geleden vergunde en gerealiseerde CNS Utility gebouw buiten het reactorgebouw.

Deze onderdelen worden achtereenvolgens behandeld in de volgende paragrafen 4.2 t/m 4.6 en de drie eerste onderdelen worden uitgebreider beschreven in bijlages II, III en IV.

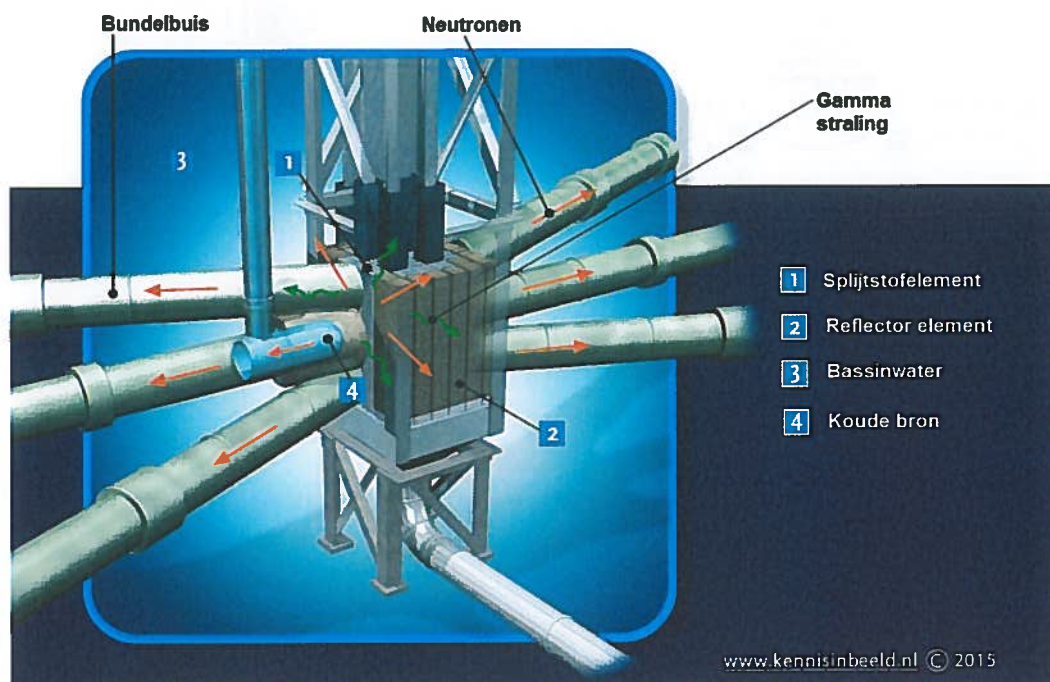
Vergunning wordt gevraagd voor onbepaalde tijd.

4.2. Installatie en toepassing CNS faciliteit

Het aanbrengen en toepassen van de CNS faciliteit met een koude bron naast de reactorkern heeft tot doel om de reactor preciezer en breder inzetbaar te maken zodat daarmee nog beter kan worden voldaan aan vragen vanuit de wetenschappelijke wereld en vanuit de markt.

Het hoofdonderdeel van de CNS faciliteit betreft de koude bron, een reservoir met sterk gekoeld waterstof welke naast de reactorkern (bestaande uit splijtstof- en reflectorelementen) in een bestaande bundelbuis in het reactorbassin wordt geplaatst (zie Figuur 1).

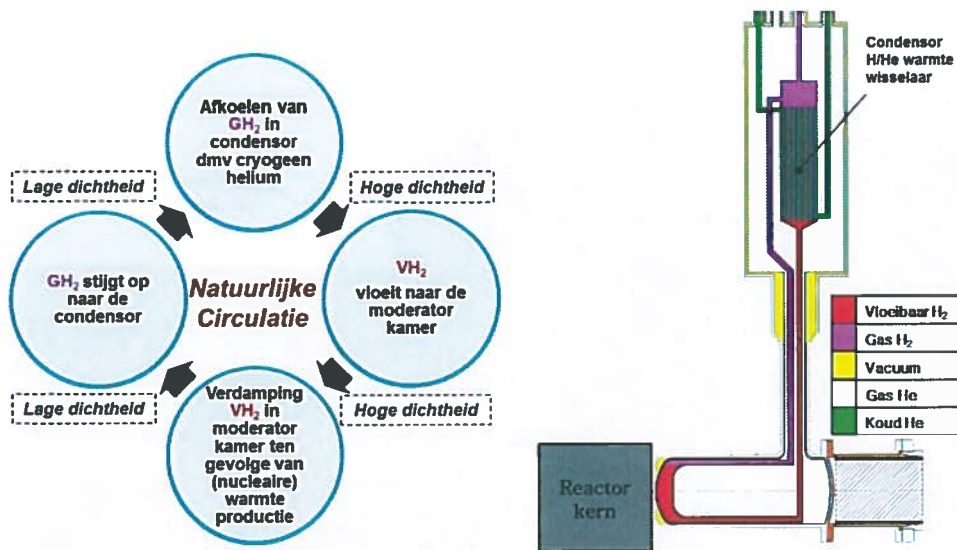
De reactorkern kan neutronen opwekken die worden gebruikt voor het onderzoek. Een deel van de neutronen vliegt door de bundelbuizen naar de onderzoeksinstrumenten. Wanneer de neutronen door de koude bron gaan worden zij sterk afgekoeld door de koude waterstof en als gevolg daarvan vertraagd (gemodereerd). Het waterstofreservoir wordt daarom ook wel moderatorkamer genoemd. De koude bron is overigens geen radioactieve bron die additionele straling uitzendt.



Figuur 1 Reactorkern met bundelbuizen en koude bron

Door het koelen van de neutronen veranderen de eigenschappen van de neutronen zodanig dat ze beter zijn te bundelen en te geleiden. Vervolgens worden neutronen buiten de reactor naar de meetopstellingen geleid. Hierdoor ontstaan nieuwe mogelijkheden om te meten en bestaande meetmethodes worden tot een factor honderd nauwkeuriger. In combinatie met de bestaande en nieuw te bouwen innovatieve wetenschappelijke instrumenten zullen de meetmogelijkheden voor het onderzoek daarmee zeer sterk worden vergroot en de metingen veel preciezer worden. Een bestaande bundelbuis zal worden aangepast voor het veilig huisvesten en koelen van de koude bron (zie paragraaf 4.3).

De moderatorkamer, transportleidingen en warmtewisselaar vormen samen een thermosifon kringloop (zie Figuur 2), waarbij de waterstof circulatie met behulp van zwaartekracht op een intrinsiek veilige manier tot stand komt. Vloeibaar waterstof bevindt zich onderin de koude bron in de moderatorkamer. Door opname van warmte als gevolg van straling en omgevingswarmte kookt de waterstof. De hierbij ontstane waterstofdamp stijgt op naar een warmtewisselaar die wordt gekoeld met helium. Door de koeling wordt de waterstof weer vloeibaar en stroomt terug naar de moderatorkamer.

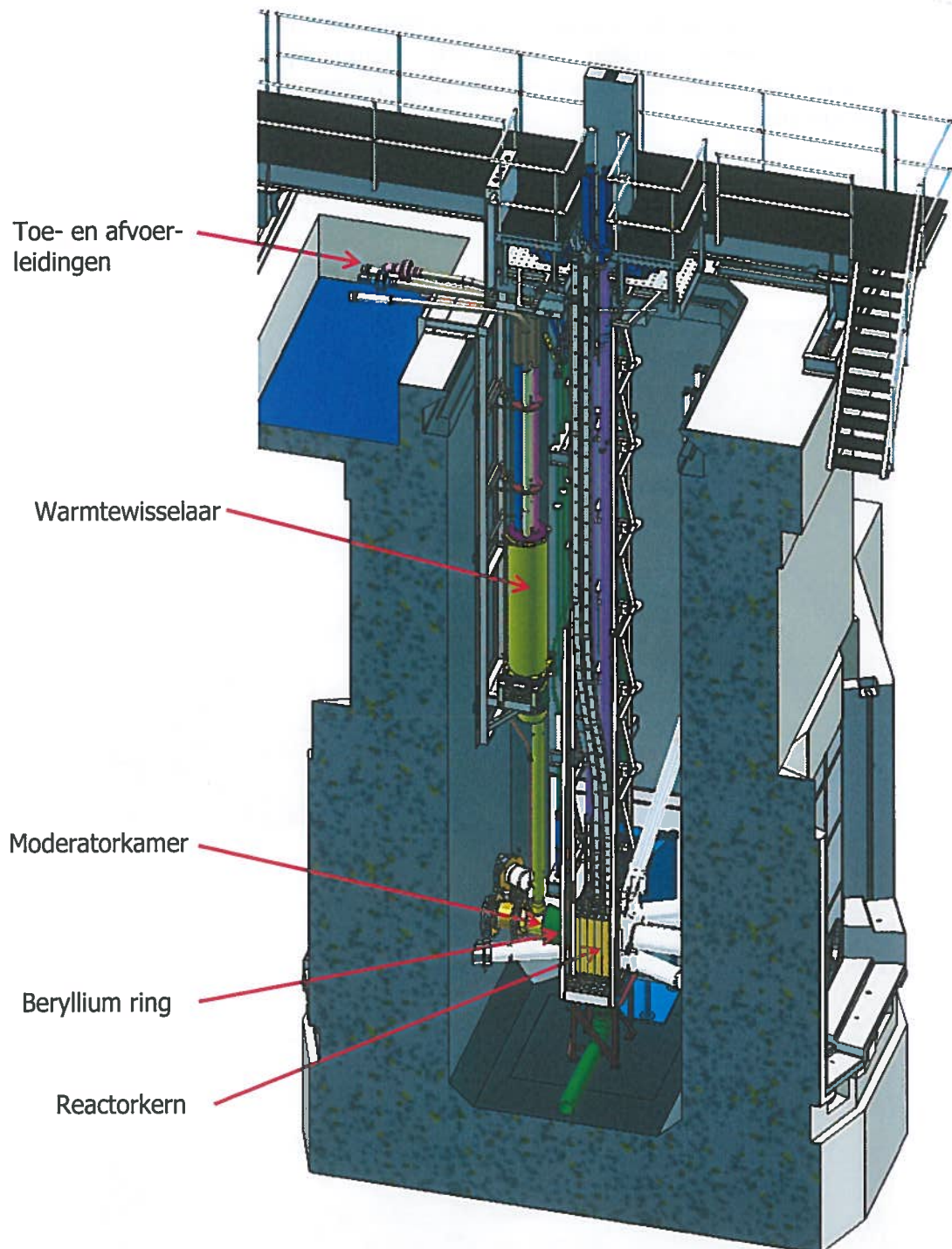


Figuur 2 Globale werking van de thermosifonkringloop met natuurlijke circulatie van vloeibaar waterstof (VH_2) en gasvormig waterstof (GH_2)

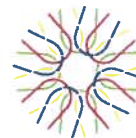
De moderatorkamer is voorzien van een waterstof toevoerleiding die naar een waterstof buffervat (op de reactorhalvloer) voert voor het instellen van de juiste hoeveelheid waterstof. Alle componenten die waterstof bevatten bevinden zich in de reactorhal. De totale massa waterstof in het systeem is beperkt tot maximaal 1000 gram.

Het geheel van koude bron (moderatorkamer omgeven door een beryllium ring), transportleidingen, warmtewisselaar en de waterstof toevoerleiding is in het reactorbassin geplaatst en vormt daarom het de In-Pool-Assembly (IPA, zie Figuur 3).

De warmtewisselaar bevindt zich direct boven de moderatorkamer in het reactorbassin, en wordt gekoeld met gasvorming helium. Het helium wordt door helium transportleidingen van een koelinstallatie in het CNS-utility gebouw (buiten de reactorhal) naar de IPA in de reactorhal gevoerd. De heliumtransportleidingen passeren de wand van de reactorhal door speciale doorvoeringen (zie paragraaf 4.4).



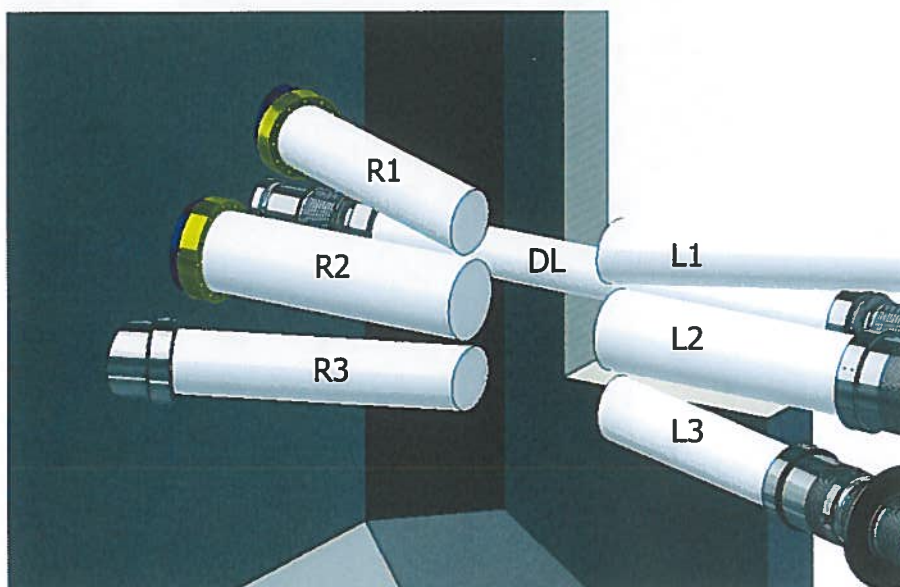
Figuur 3 "In-Pool Assembly" (IPA) van de CNS faciliteit in het reactorbassin



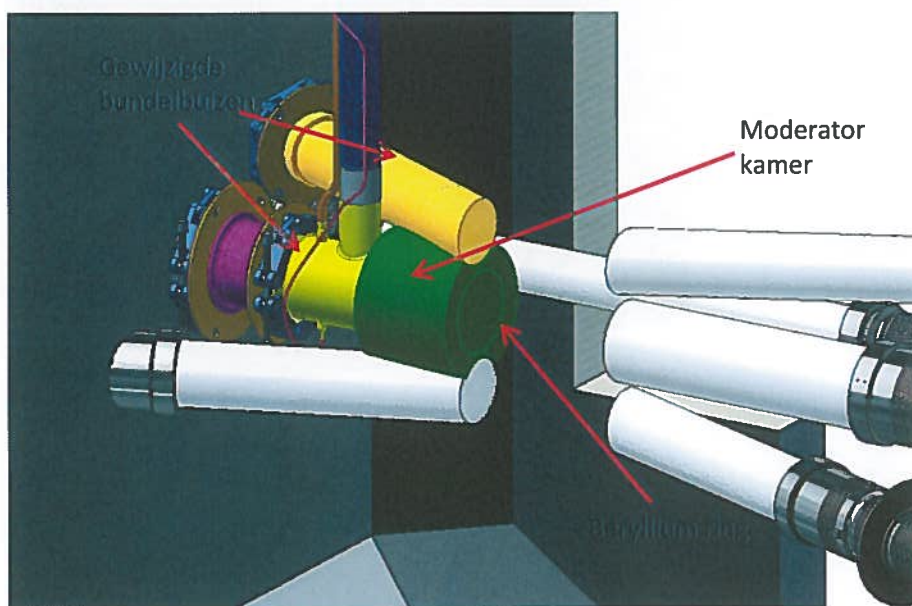
4.3. Aanpassing bundelbuizen

Ten behoeve van de experimenteerfaciliteiten kent het bassin doorvoeringen in de vorm van bundelbuizen, die neutronenbundels vanuit de reactorkern naar de experimenteeropstellingen voeren (zie Figuur 4). Deze bundelbuizen zijn zodanig uitgevoerd dat zij elk een dubbele barrière vormen tegen lekkage van bassinwater.

Voor het veilig huisvesten en koelen van de koude bron zal de bestaande bundelbuis R2 worden aangepast (zie Figuur 5). Om het plaatsen en later onderhouden van de koude bron mogelijk te maken wordt de bundelbuis R1 aangepast zodat deze demontabel is.



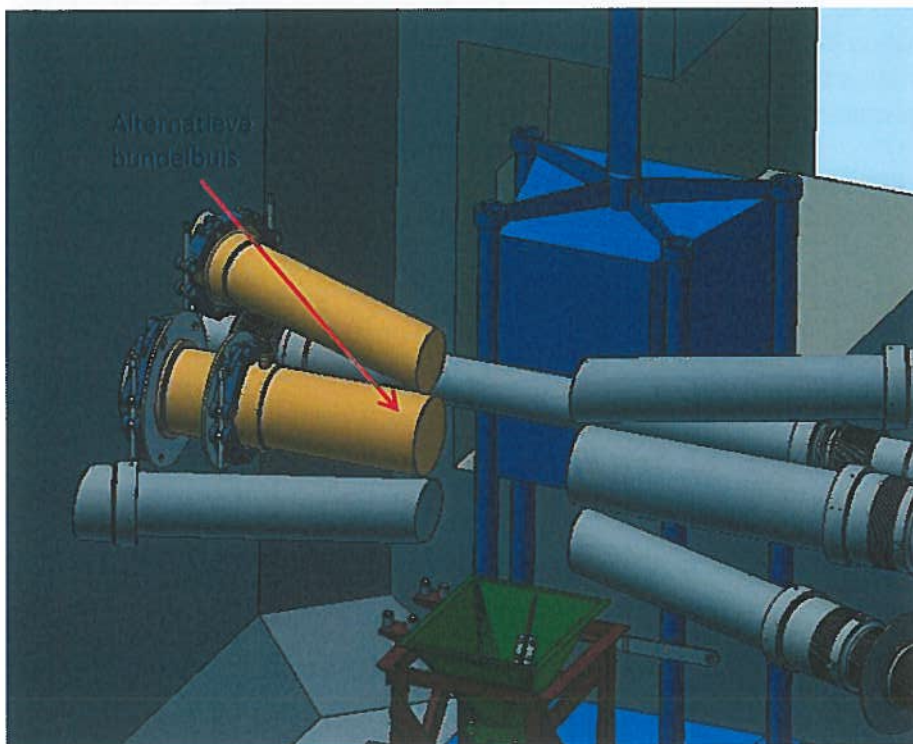
Figuur 4 Bundelbuizen voor modificatie





Figuur 5 Bundelbuizen na modificatie met geplaatste IPA

Voor de situatie dat de IPA niet is geplaatst (bijvoorbeeld voor onderhoud of reparatie) is er een alternatieve buis die op de bundelbuis R2 kan worden geplaatst (zie Figuur 6).



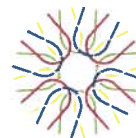
Figuur 6 Bundelbuizen na modificatie met alternatieve bundelbuis R2

4.4. Wijziging reactorhal doorvoeringen

Alle leidingen en kabels die nodig zijn voor het reactorbedrijf en de experimenteeropstellingen in de reactorhal worden via gasdichte doorvoeringen door de wand of bodem van de reactorhal geleid. Dit betreft onder meer leidingen voor de koeling van de reactor, voor reiniging van het bassin, voor de stikstofgasvoorziening, pneumatische leidingen, dunne leidingen voor drukmetingen, evenals een deel van de bundelbuizen, de ventilatiekanalen en diverse kabels naar bijvoorbeeld de regelkamer. Daarnaast zijn er nog toegangssluisen die een doorvoering door de wand van de reactorhal vormen. Door de gasdichte uitvoering van deze doorvoeringen en door toepassing van isolatiekleppen kan de reactorhal gasdicht worden afgesloten van de omgeving.

Voor de CNS installatie zijn 6 nieuwe leidingdoorvoeringen door de wand van reactorhal nodig, namelijk voor:

- 2 heliumleidingen (toe- en afvoer)
- 1 waterstofleiding (toe-/afvoer)
- 1 vacuümleiding
- 1 stikstofmantelleiding



- 1 heliummantelleiding.

Vijf van de leidingen worden ondergebracht in een gezamenlijke doorvoerstomp ter hoogte van de brug tussen het CNS Utility gebouw en de reactorhal. De leiding voor het vullen en legen van het waterstof systeem krijgt een separate doorvoerstomp op grondniveau. Er is voor een andere doorvoer gekozen om deze leiding zo kort mogelijk te houden om zodoende geen onnodig waterstof te verliezen tijdens het vullen van het systeem. Tevens wordt hierdoor bereikt dat de leiding met explosieve gassen gescheiden blijft van leidingen waar geen explosieve gassen doorheen gevoerd worden.

Vanuit het nieuwe CNS controle gebouw dienen tevens een aantal kabels doorgevoerd te worden naar de reactorhal. Hiervoor is in de CNS doorvoerstomp een separaat compartiment aangebracht. Deze wordt aan beiden zijden van de doorvoerstomp afgedicht met behulp van ramen en vulblokken. Dit type van kabeldoorvoering is meer toegepast bij vernieuwing van doorvoeringen in de reactorhal.

Daarnaast worden nieuwe doorvoeringen voor de buizenpostleidingen (rabbitvoerende leiding en onderdruk retourleiding met lucht) aangebracht. Dit betreft minimaal 6x2 doorvoeringen. De bestaande doorvoeringen van de buizenpostleidingen worden dichtgemaakt.

De doorvoeringen door de reactorhal voldoen aan de eisen van de Handreiking VOBK. De leidingen zijn voorzien van een containment-isolatieklep aan de buitenzijde van de reactorhal zodat het altijd mogelijk is om het containment te isoleren (luchtdichte veiligheidsbarrière).

4.5. Uitbreiding reactorbeveiligingssysteem

Het bestaande reactorbeveiligingssysteem heeft tot doel om bij overschrijding van bepaalde grenswaarden te voorkomen dat de reactor in een onveilige toestand komt. Het systeem neemt dan automatische acties zoals het afschakelen van de reactor en/of het isoleren van de reactorhal.

De uitbreiding betreft het vergrendelen van de reactor voor verder bedrijf in het geval de helium koelinstallatie van de CNS faciliteit uitvalt, zodat wordt voorkomen dat de koude bron wordt beschadigd door onvoldoende warmteafvoer. Hiervoor wordt in het reactorbeveiligingssysteem een aantal drukmeters opgenomen die de waterstofdruk meten en de reactor uitschakelen bij het overschrijden van een vooraf ingestelde grenswaarde. Dit betreft dus een uitbreiding van het bestaande reactorbeveiligingssysteem, welke niet nodig is om de reactor te beschermen maar om de CNS faciliteit te beschermen tegen oververhitting.

4.6. Toepassing CNS-utilities voor CNS faciliteit

Het CNS Utility gebouw bevat de koel- en regelinstallaties ten behoeve van de CNS faciliteit. Het gebouw en de installaties zijn al eerder vergund, gebouwd en in werking ten behoeve van het testen van en trainen met de testopstelling van



de CNS faciliteit buiten het reactorgebouw. Het aansluiten van de installaties op de uiteindelijke CNS faciliteit in het reactorgebouw en het reguliere gebruik daarvan zijn echter nog niet vergund. Daarvoor wordt in deze aanvraag vergunning aangevraagd.



5. Toetsingskader voor de vergunningaanvraag

5.1. Toetsingskader

Het mogelijk van toepassing zijnde beleidskader betreft:

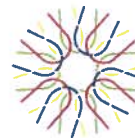
- wetgeving:
 - Kernenergiewet met bijbehorende uitvoeringsbesluiten, zoals het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs) en het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse)
 - Wet milieubeheer
 - Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo)
 - Besluit omgevingsrecht (BOR)
 - Besluit Milieueffectrapportage
 - Algemene wet bestuursrecht
 - Arbeidsomstandighedenwet (ARBO)
 - Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (BEVI en REVI)
 - Besluit risico's zware ongevallen 2015 (BRZO)
 - Grondwaterbescherming
 - Wet Natuurbescherming
 - Wet geluidhinder/Besluit geluidhinder
 - Waterwet
 - Activiteitenbesluit
- geldende vergunningen
- beoordelingskader:
 - wettelijk kader Kernenergiewet
 - handreiking VOBK (Veilig Ontwerp en het veilig Bedrijven van Kernreactoren)
- Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten (NCS).

In het MER (zie bijlage VII in hoofdstuk 8) wordt een toelichting geschetst van de voor de besluitvorming meest relevante randvoorwaarden van het toetsingskader.

Het wettelijk kader van de Kernenergiewet is gebaseerd op de volgende drie principes van stralingsbescherming die zijn neergelegd in het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs):

- Rechtvaardiging (Bbs §2.2)
- Optimalisatie /ALARA (Bbs §2.3)
- Dosislimieten (Bbs §2.4; art. 18 Bkse).

Deze drie principes worden hieronder verder uitgewerkt. De toetsing van de stralingsbescherming en nucleaire veiligheid wordt in hoofdstuk 6, en van de conventionele milieuaspecten in hoofdstuk 7 behandeld.



5.2. Rechtvaardiging

Het principe van rechtvaardiging wil zeggen dat een activiteit pas wordt toegestaan als de sociale, economische en andere voordelen opwegen tegen de gezondheidsschade die er het gevolg van kan zijn. Bij de gezondheidsschade gaat het om de schade voor alle direct betrokkenen: werknemers en overige leden van de bevolking. Hiervoor zijn criteria aangegeven in de ministeriële Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Stcrt. 2018-1349). Hierin staat in bijlage 2.1 van een aantal toepassingen aangegeven dat deze algemeen gerechtvaardigd zijn. De HOR wordt met name genoemd onder categorie I.B.3 "Onderzoek en experimenten".

5.3. ALARA en Dosislimieten

Het ALARA-beginsel (As Low As Reasonably Achievable) is het streven naar zo laag als redelijkerwijs mogelijke emissies en blootstelling aan radioactiviteit. Bij de toepassing van dit beginsel wordt rekening gehouden met maatschappelijke en economische factoren en met zowel milieuhygiënische als arbeidshygiënische aspecten. Bij wijze van een globale invulling van ALARA kunnen door de overheid dosisbeperkingen voor specifieke activiteiten worden gesteld. Dosisbeperkingen zijn dus vooral bedoeld als hulpmiddel om ALARA toe te passen. Dosislimieten zijn maximaal toegestane doses, die in geen geval overschreden mogen worden om een minimum beschermingsniveau te garanderen.



6. Stralingsbescherming en nucleaire veiligheid

Met betrekking tot de nucleaire milieueffecten gaat het om de stralingsrisico's die verbonden zijn aan het bedrijven van de installatie, namelijk directe straling en emissies in lucht en water bij normaal bedrijf en ongevallen.

6.1. Rechtvaardiging van de nucleaire milieueffecten

Uit het feit dat Onderzoek en experimenten als een gerechtvaardigde activiteit wordt aangemerkt (zie paragraaf 5.2) en dat een bedrijfsvergunning aan het RID is verleend, mag worden afgeleid dat het hier in zijn algemeenheid om een activiteit gaat die is toegestaan binnen de kaders van de van toepassing zijnde wet- en regelgeving.

In het kader van deze vergunningaanvraag betreft de wijziging van de toepassing van ioniserende straling, de afkoeling en als gevolg daarvan vertraging van neutronen door middel van de koude bron. Het nut hiervan is dat nieuwe mogelijkheden om te meten ontstaan en bestaande meetmethodes tot een factor honderd nauwkeuriger worden.

Nadelen van de toepassing van ioniserende straling kunnen worden gevormd door stralingsbelasting van de omgeving bij normaal bedrijf en als gevolg van ongevallen (zie paragraaf 6.3 en 6.4).

Doordat in het RID experimentele en fundamentele onderzoeksprogramma's mogelijk zijn, neemt de Nederlandse onderzoeksreactor een onmisbare plaats in tussen grote internationale instituten. Na OYSTER wordt deze positie sterker: meer onderzoek, grotere precisie en met een grotere spin off naar de samenleving. De nieuwe mogelijkheden na OYSTER zorgen voor:

- continuering van de aansluiting bij internationale topinstituten in de wereld
- een impuls voor het wetenschappelijk onderzoek bij de TU Delft
- een impuls voor productontwikkeling in Nederland en ver daarbuiten
- ontwikkeling van effectievere behandelmethodes in de gezondheidszorg
- ontwikkeling van nieuwe mogelijkheden bij energieopwekking en –opslag.

6.2. Bevoegdheden en verantwoordelijkheden met betrekking tot de stralingsveiligheid

De TU Delft heeft, als Kew-vergunninghouder, stralingsbeschermingsexpertise in de organisatie ingebed in de vorm van een Algemeen Stralingsdeskundige (ASD) en een Stralingsbeschermingsdienst (SBD) die zorg dragen voor deskundigheid en toezicht. De ASD vervult een centrale rol voor de hele TU Delft waarbij deze het College van Bestuur (CvB) adviseert met betrekking tot stralingsbescherming, waar ook op de campus. De SBD heeft de



eindverantwoordelijkheid wat betreft stralingsbescherming en stralingshygiëne binnen de TU Delft. De organisatie is omschreven in KEW-vergunning.

In de radiologisch gecontroleerde ruimtes zal permanente stralingsdosiscontrole plaatsvinden met behulp van ruimtedosimeters, die extern bij een externe dosimetriedienst worden geëvalueerd.

Met betrekking tot de bevoegdheden en verantwoordelijkheden voor de stralingsveiligheid is geen wijziging nodig.

6.3. ALARA en dosislimieten: Stralingsbescherming tijdens normaal bedrijf

Met betrekking tot de stralingsbelasting als gevolg van het normale bedrijf van de reactor zijn de volgende onderdelen van belang die kunnen leiden tot stralingsbelasting voor de omgeving:

- Directe straling vanuit het reactorgebouw
- Lozingen van radioactieve stoffen naar de lucht en het rioolwater
- Afvoer van gebruikte splijtstofelementen naar de COVRA
- Productie van radioactief afval dat wordt afgevoerd naar de COVRA.

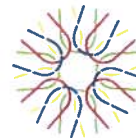
In de huidige Kew-vergunning van het RID zijn met betrekking tot deze onderdelen voorschriften opgenomen.

Directe straling

Door het gebruik van de CNS faciliteit zal geen verhoging optreden van de stralingsbelasting van de omgeving en voor het personeel. Door de CNS faciliteit worden namelijk geen extra straling of radioactieve stoffen gegenereerd. Indien er door de verandering van de neutronenbundel toch locaties in de installatie zijn (b.v. rond de bundelbuizen) waar een grotere stralingsbelasting optreedt, dan wordt door toepassing van extra afscherming deze extra stralingsbelasting zo ver als nodig teruggebracht.

Bij de werkzaamheden tijdens de inbouw van de installatie zal wel een bepaalde stralingsbelasting van personeel optreden omdat in en rond het reactorbassin wordt gewerkt. Deze zal zoveel mogelijk worden beperkt door middel van verplaatsing van stralende onderdelen (met name de reactorkern), decontaminatie (reiniging) en de toepassing van stralingsafscherming zodat de blootstelling aan ioniserende straling zoveel mogelijk wordt beperkt. Hierbij wordt rekening gehouden met het ALARA beginsel. Er wordt voor zorg gedragen dat de stralingsbelasting ruim binnen de geldende dosislimieten zal blijven.

De blootstelling aan ioniserende straling buiten het terrein van het RID verandert niet als gevolg van de werkzaamheden en blijft binnen de reeds vergunde limieten. Toezicht op de stralingsbelasting vindt plaats door de verantwoordelijk Algemeen Stralingsdeskundige (ASD) en de Stralingsbeschermingsdienst (SBD) (zie paragraaf 6.2).



Lozingen en splijstofelementen

Door het gebruik van de CNS faciliteit zal er geen invloed zijn op de lozingen van radioactieve stoffen omdat er bij de CNS-faciliteit geen radioactieve stoffen vrijkomen die geloosd moeten worden. De afvoer van gebruikte splijstofelementen verandert niet omdat het vermogen van de reactor gelijk blijft.

Radioactief afval

De reguliere productie van radioactief afval verandert niet omdat de CNS faciliteit geen extra straling of radioactieve stoffen genereert. Er zal wel sprake zijn van een beperkte additionele hoeveelheid radioactief afval als gevolg van de plaatsing van de CNS-installatie. Dit additionele radioactieve afval is eenmalig en zal met name bestaan uit:

- Materiaal van de ingekorte bundelbuizen
- Beschermende kleding en handschoenen
- Diverse werkmaterialen.

De afgezaagde delen van de bundelbuizen zijn radioactief besmet en geactiveerd. Deze worden eerst opgeslagen in het bassin om uiteindelijk op reguliere wijze te worden afgevoerd naar de COVRA. Dit betreft in principe geen extra radioactief afval aangezien het anders bij de uiteindelijke ontmanteling van de reactor was vrijgekomen. De overige (besmette) materialen worden bij de normale radioactieve afvalstromen gevoegd en regulier afgevoerd naar de COVRA.

Naast het radioactieve afval als gevolg van de realisatie zal er aan het eind van de bedrijfsduur van de HOR additioneel radioactief afval beschikbaar komen bij de ontmanteling van de installatie. Dit betreft het dan geactiveerde deel van de CNS faciliteit dat zich dicht bij de reactorkern bevindt, waaronder het beryllium-deel daarvan. De hoeveelheid radioactief afval bij de ontmanteling zal als gevolg van geactiveerde of gecontamineerde materialen van de CNS-faciliteit met ongeveer 1.500 kg of 2 m³ toenemen. Op het geheel van de ontmanteling van de installatie zal dit slechts een kleine bijdrage (<1%) betreffen.

6.4. Nucleaire veiligheid

De HOR is zodanig ontworpen, gebouwd en bedreven dat de veiligheid optimaal gewaarborgd is. Ten einde de gevolgen van ongevallen zo veel mogelijk te beperken zijn technische veiligheidsvoorzieningen aanwezig. Het veiligheidsniveau van een kernreactor wordt bepaald door de veiligheidseisen die aan het ontwerp ten grondslag hebben gelegen (de zogenaamde ontwerpbasis) en de wijze van bedrijfsvoering. Vanwege het specifieke karakter van een kernreactor moet aan het ontwerp de eis worden gesteld dat de veiligheid voor de omgeving onder alle redelijkerwijs denkbare omstandigheden gewaarborgd moet zijn. Dit betekent dat een aantal ongevallen worden verondersteld, bijvoorbeeld het breken van een leiding of het uitvallen van de koeling, waarvan wordt aangetoond dat de installatie de gevolgen hiervan beheerst zodat de invloed op de omgeving beperkt blijft binnen de geldende wettelijke criteria.



In de bij de onderhavige vergunningsaanvraag ingediende aanpassingen van het Veiligheidsrapport is beschreven dat het ontwerp van de CNS faciliteit zodanig is uitgevoerd dat mogelijke gebeurtenissen met deze faciliteit geen negatieve invloed hebben op de veiligheid en de radiologische milieugevolgen van de reactor. Voor de CNS-faciliteit zijn hierbij de volgende drie gebeurtenissen van belang (conform VOBK):

- falen van de koeling van het vloeibare waterstof
- reactiviteitsveranderingen in de reactorkern
- ontwrichting van barrières als gevolg van waterstof.

Zoals in het Veiligheidsrapport beschreven heeft falen van de koeling geen negatieve gevolgen voor de nucleaire installatie omdat de CNS-faciliteit voldoende bestand is tegen de maximaal optredende druk en temperatuur en de reactor automatisch wordt afgeschakeld bij een drukstijging.

Een reactiviteitsverandering als gevolg van de CNS-faciliteit treedt op maar is statisch en wordt gecompenseerd in de berekening voor iedere nieuwe reactorkern. Verder is de reactiviteitsbijdrage van de waterstof in de CNS-faciliteit (in gasvorm of vloeibaar) nihil vanwege de beperkte hoeveelheid.

Als laatste zijn er een aantal voorzorgsmaatregelen waardoor een waterstofexplosie niet kan optreden, namelijk meerdere barrières die voorkomen dat er zuurstof bij de waterstof kan komen en de afwezigheid van een ontstekingsbron. Daarnaast is aangetoond dat zelfs in het hypothetische geval dat een waterstofexplosie zou optreden, de buitenste barrière van de CNS intact blijft en er geen effect is op de integriteit van reactorkern.

Daarmee is aangetoond dat de gevaarstelling van de reactor als gevolg van de toepassing van de koude bron niet wordt vergroot.

6.5. Conclusie stralingsbescherming en nucleaire veiligheid

De hierboven genoemde nucleaire milieueffecten van de voorgenomen wijzigingen worden verder behandeld in het Veiligheidsrapport en het MER (zie bijlage VI en VII in hoofdstuk 8). Geconcludeerd is dat ten aanzien van de nucleaire milieugevolgen geen significante invloed van de CNS faciliteit is voorzien (zie paragraaf 5.1 en hoofdstuk 6 van het MER). Er zal een beperkte hoeveelheid additioneel radioactief afval beschikbaar komen als gevolg van de realisatie en op langere termijn zal bij de ontmanteling van de HOR additioneel radioactief afval beschikbaar komen. Deze hoeveelheden zijn echter beperkt en vormen geen significante toename ten aanzien van de normale afvalstroom. Vanwege het aanwezige waterstofgas is er theoretisch een zeer geringe potentiële toename van het risico van de installatie, maar vanwege de geringe hoeveelheid waterstofgas en vanwege de technische voorzieningen is de potentiële gevaarstelling en het resulterende risico hiervan verwaarloosbaar.



7. Conventionele milieuaspecten

Bij de behandeling van de conventionele milieuaspecten gaat het om de niet-nucleaire milieugevolgen die verbonden zijn aan het bedrijven van de installatie.

7.1. Deskundigheid ten aanzien van arbo- en milieuaspecten

De Arbo- en milieuaspecten zijn binnen de TU Delft centraal geregeld. Het toezicht wordt verzorgd door een Arbo-milieuadviseur (AMA) en een Department Safety Officer (DSO). Het RID maakt hier onderdeel van uit via de faculteit TNW van de TU Delft. Op dit punt is geen wijziging nodig.

7.2. Conventionele milieueffecten

Met betrekking tot de conventionele milieueffecten zijn in de Kew-vergunning van RID voorschriften opgenomen voor het aanwezig zijn en het gebruiken van instrumenten, goederen en stoffen in de inrichting, welke aanleiding kunnen geven tot nadelige gevolgen voor het milieu die niet direct voortvloeien uit het nucleaire karakter van de inrichting. Dit betreft met name:

- Afvalstoffen (niet-radioactief)
- Emissies van stoffen, geur en koolwaterstoffen
- Uitgeworpen gassen van noodstroomaggregaten
- Voorkomen van verontreiniging van de bodem en het grondwater onder de inrichting (d.m.v. lekbakconstructies, vloeren van vloeistofdicht materiaal, dubbelwandige leidingen, e.d.).
- Het geluidsniveau veroorzaakt door geluid afkomstig uit de inrichting
- De opslag, het transport en het gebruik van gecomprimeerde gassen in gasflessen alsmede de opstelling van flessenbatterijen
- De opslag van vloeistoffen in tanks.

De nieuwe installatie bevat aspecten die onder deze voorschriften vallen. Zo is er sprake van smeermiddelen voor bijvoorbeeld pompen en zal er gebruik worden gemaakt van gecomprimeerde gassen in gasflessen. Dergelijke aspecten welke aanleiding kunnen geven tot nadelige gevolgen voor het milieu die niet direct voortvloeien uit het nucleaire karakter van de inrichting zijn van beperkte omvang en vallen binnen het kader van de huidige vergunning. Deze worden hier daarom niet apart beschouwd.

Aspecten met betrekking waartoe mogelijk wel een uitbreiding van eventuele nadelige gevolgen voor het milieu kunnen ontstaan zijn de volgende:

- Geluid
- Invloed op landschap en natuur, bijvoorbeeld als gevolg van het nieuwe gebouw voor de CNS-installatie
- Gebruik van koelstoffen in vloeibare en gasvormige vorm
- Additioneel energieverbruik
- Verontreiniging van de bodem
- Constructie van de installatie



- Archeologie.

7.3. Conclusie conventionele milieuaspecten

De hierboven genoemde conventionele milieueffecten van de voorgenomen wijzigingen worden behandeld in het MER (zie bijlage VII in hoofdstuk 8). Hierbij is geconcludeerd (zie paragraaf 5.2 en hoofdstuk 6 van het MER) dat de conventionele milieugevolgen zeer beperkt zijn en dat alleen de toename van het stroomverbruik door het gebruik van de koelinstallaties van de CNS faciliteit significant is (met ongeveer 50%, toename van ca. 6.000 MWh/jr op het huidige gebruik van ca. 11.000 MWh/jr). De conventionele milieuaspecten blijven binnen de geldende vergunningsvoorschriften.



8. Bijlagen

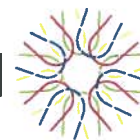
Bijlage I	Vereiste informatie ingevolge het Bkse
Bijlage II	Cold Neutron Source (CNS) faciliteit
Bijlage III	Aanpassing bundelbuizen R1 en R2
Bijlage IV	Wijziging doorvoeringen door de wand van de reactorhal
Bijlage V	Locatiebeschrijving van het Reactor Instituut Delft
Bijlage VI	Aanpassingen van het Veiligheidsrapport (VR)
Bijlage VII	Milieueffectrapportage (MER)



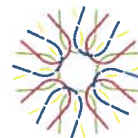
Bijlage I Vereiste informatie ingevolge het Bkse

In de hierna volgende tabel wordt een overzicht gegeven van de ingevolge het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) vereiste informatie voor het aanvragen van een wijzigingsvergunning. Per relevant artikel van het Bkse wordt in de tweede kolom de inhoud van dit artikel en in de laatste kolom de invulling van dit vereiste gegeven. Hierbij wordt, waar nodig, verwezen naar andere aanvraagdocumenten.

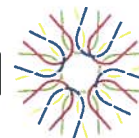
Artikel	Inhoud	Respons
3.3 a	Naam en adres van de aanvrager;	Zie par. 2.1 van deze aanvraag
3.3 b	Een feitelijke omschrijving van hetgeen de aanvrager met de betrokken splijtstoffen of ertsen wenst te doen onderscheidenlijk een aanduiding van de betrokken inrichting of uitrusting, onder vermelding van het gebruik, dat de aanvrager van die inrichting of uitrusting wenst te maken;	Niet gewijzigd
3.3 c	Voor zover een of meer der in de artikelen 4 tot en met 11 vervatte bepalingen op de betrokken aanvraag van toepassing zijn, de gegevens, welke de aanvraag uit dien hoofde in het bijzonder dient te bevatten dan wel, ingeval zodanige gegevens in een bij de aanvraag behorende bijlage zijn vermeld, een korte aanduiding van de aard en de inhoud dezer gegevens met verwijzing naar de betrokken bijlage;	Zie hieronder
3.3 d	Een opgave van de tijdsduur, waarvoor de vergunning wordt verlangd;	Vergunning wordt aangevraagd voor onbepaalde tijd
3.3 e	Indien een vergunning wordt aangevraagd voor een handeling die in de krachtens artikel 19 in samenhang met artikel 2.3 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming geldende regeling, als gerechtvaardigd is bekendgemaakt, een verwijzing naar die bekendmaking;	Zie par. 6.1 van deze aanvraag
6.1 a.	Een opgave en beschrijving van de plaats, waar de inrichting zal worden gevestigd, onder vermelding van alle terzake doende omstandigheden van geografische, geologische, klimatologische, demografische, hydrologische, ecologische en andere aard;	Niet gewijzigd



Artikel	Inhoud	Respons
6.1 b.	Een beschrijving van de inrichting met inbegrip van de daarin te bezigen installaties, alsmede van de werking van die inrichting en installaties, met opgave van de leveranciers van die onderdelen, welke voor de beoordeling van de veiligheid van belang zijn, en onder vermelding van het hoogste vermogen, waarop de inrichting zal werken;	Voor zover gewijzigd, zie hoofdstuk 4 van deze aanvraag
6.1 c.	Een opgave van de chemische en fysische toestand, de vorm, het gehalte en de verrijkingsgraad der splijtstoffen, welke in de inrichting zullen worden gebruikt, onder vermelding van de hoeveelheid der onderscheidene splijtstoffen, welke ten hoogste te eniger tijd in de inrichting aanwezig zal zijn;	Niet gewijzigd
6.1 d.	Een beschrijving van de wijze, waarop de onder c bedoelde splijtstoffen in de inrichting zullen worden gebruikt, en van de wijze, waarop de splijtstoffen voor en na het gebruik zullen worden bewaard;	Niet gewijzigd
6.1 e.	Een globale opgave van het totaal aantal personen, dat bij normaal bedrijf in de inrichting werkzaam zal zijn, alsmede een opgave van het aantal deskundigen en het aantal andere leden van het personeel, dat rechtstreeks bij het vrijmaken van kernenergie betrokken zal zijn, en van de onderlinge taakverdeling tussen die personeelsleden, zomede - voor wat betreft toezichthoudend personeel - van de gronden, waarop zij geacht kunnen worden voldoende deskundigheid voor het verrichten van hun taak te bezitten;	Niet gewijzigd
6.1 f.	Een beschrijving van de wijze, waarop de aanvrager voornemens is zich na gebruik te ontdoen van de onder c bedoelde splijtstoffen;	Niet gewijzigd
6.1 g.	Een beschrijving van de wijze, waarop de aanvrager voornemens is zich te ontdoen van radioactieve stoffen, welke tijdens het gebruik van de onder c bedoelde splijtstoffen zullen ontstaan;	Niet gewijzigd



Artikel	Inhoud	Respons
6.1 h.	Een veiligheidsrapport, inhoudende een beschrijving van de maatregelen, die door of vanwege de aanvrager zullen worden getroffen ter voorkoming van schade, of ter beperking van de kans op schade, waaronder begrepen de maatregelen ter voorkoming van schade buiten de inrichting, tijdens normaal bedrijf, en ter voorkoming van schade voortvloeiende uit de in die beschrijving te vermelden gepostuleerde begin-gebeurtenissen, alsmede een risicoanalyse van de schade buiten de inrichting als gevolg van die gebeurtenissen;	Zie bijlage VI van deze aanvraag voor de wijzigingen van het Veiligheidsrapport
6.1 i.	Een risicoanalyse van de schade buiten de inrichting als gevolg van buiten-ontwerpongevallen;	Zie bijlage VII van deze aanvraag voor de risicoanalyse als onderdeel van het MER
6.1 j.	Een opgave van de verzekering of andere financiële zekerheid, welke de aanvrager ter voldoening aan de Wet aansprakelijkheid kernongevallen zal hebben en in stand houden, onder vermelding van alle ter zake doende gegevens.	Niet gewijzigd
11.1 a.	een opgave van de vergunning, krachtens welke de betrokken inrichting is opgericht dan wel in werking gebracht of gehouden;	Zie hoofdstuk 3 van deze aanvraag
11.1 b.	een beschrijving van de voorgenomen wijziging;	Zie hoofdstuk 4 van deze aanvraag
11.1 c.	indien de aanvraag betrekking heeft op een inrichting als bedoeld in artikel 6, 7 of 8 en de voorgenomen wijziging van invloed is op een of meer gegevens als vermeld in het ter verkrijging van de onder a bedoelde vergunning overgelegde veiligheidsrapport of de risicoanalyse, bedoeld in artikel 6, onder h, een desbetreffende aanvulling hiervan;	Zie bijlage VI van deze aanvraag voor de wijzigingen van het Veiligheidsrapport
11.1 d.	indien de aanvraag betrekking heeft op een inrichting als bedoeld in artikel 6, 7 of 8 en de voorgenomen wijziging van invloed is op een of meer gegevens als vermeld in de ter verkrijging van de onder a bedoelde vergunning overgelegde risicoanalyse, bedoeld in artikel 6, eerste lid, onder i, een desbetreffende aanvulling van die risicoanalyse;	Zie bijlage VII van deze aanvraag voor de risicoanalyse als onderdeel van het MER





Bijlage II Cold Neutron Source (CNS) faciliteit

1. Samenvatting

Binnen het OYSTER project is als nieuw experiment een koude neutronen bron voorzien (Cold Neutron Source (CNS) faciliteit).

Door neutronen die zijn ontstaan in de reactorkern interactie te laten ondergaan met koud waterstof (23 K) in de moderatorkamer van de koude bron verschuift de gemiddelde energie van de neutronen in het energiespectrum naar een lagere waarde. Naar verwachting betekent dit een 20-30 maal hogere neutronenflux bij golflengten van 0,5 en 1 nm waarvan diverse experimenten in de experimenteerhal profiteren.

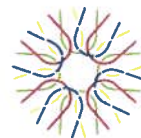
In deze bijlage wordt aangegeven hoe het CNS experiment wordt geïnstalleerd en aan welke veiligheidsvoorwaarden het systeem moet voldoen. Het systeem dient onder alle omstandigheden veilig te zijn voor de reactorkern en is daarom voorzien van een explosiebestendige buitenste schil die tegen een hypothetische explosie van 30 bar bestand is. Ook dient de opstelling robuust en betrouwbaar te functioneren en dient de moderator kamer in de opstelling beschermd te worden tegen een plotselinge temperatuurstijging. De opstelling voldoet aan de eisen uit de handreiking VOBK sectie 5 en 5.1 betreffende experimenten in onderzoeksreactoren.

De veiligheidseisen zijn als volgt gereflecteerd in het CNS-IPA ontwerp:

- het gebruik van een drievoudig barrière concept met een 30 bar (maximum druk hypothetische waterstof explosie) bestendige buitenste schil rondom het koude IPA deel (moderatorkamer tot en met warmtewisselaar).
- een passief systeem voor de waterstofcirculatie.
- ontwerp en realisatie volgens ASME standaarden.
- ontwerp binnen de veiligheidseisen voor nieuwe experimenten zoals vastgelegd in de veiligheidstechnische specificaties (VTS) van de HOR.
- Het initiëren van een reactorsnelafschakeling (RSA) bij een te hoge of te lage bedrijfsdruk in het waterstofsysteem ter bescherming van de integriteit van de moderatorkamer.

Door toepassing van de veiligheidsprincipes wordt gegarandeerd dat:

- Tijdens een hypothetische waterstofexplosie de buitenste schil van de CNS intact blijft en is er geen effect heeft op de integriteit van reactorkern.
- het positieve reactiviteitseffect op de kern door aanwezigheid van de beryllium neutronenreflector binnen vergunde grenzen blijft.
- de aanwezigheid van de opstelling heeft geen effect heeft op de thermohydraulica van de reactorkern.
- de CNS een hoge mate van bedrijfszekerheid kent.



2. Introductie

2.1. Doel van het experiment

Het vergroten van de koude neutronenflux voor de meetopstellingen in de experimenteerhal in het verlengde van bundelbuis R2.

2.2. Bestaande koude neutronenbronnen

Een koude neutronenbron (Cold Neutron Source of CNS) is een beproefd concept toegepast in onderzoeksreactoren om een hogere neutronenflux met een gewenste (langere) golflengte voor neutronenbundelexperimenten te produceren. Tabel 1 toont een overzicht van operationele onderzoeksreactoren waar koude neutronenbronnen worden toegepast.

Reactor	Land	Vermogen MW(th)	Moderator	Type CNS
CARR	China	60	Liquid H ₂	Thermosifon
HANARO	Korea	30	Liquid H ₂	Thermosifon
OPAL	Australia	20	Liquid D ₂	Thermosifon
HFIR	USA (ORNL)	100	Supercritical H ₂	Forced convection
FRM-II	Germany	20	Liquid D ₂	Thermosifon
NBSR	USA (NIST)	14	Liquid H ₂	Thermosifon
BER-II	Germany	10	Supercritical H ₂	Forced convection
JRR-3M	Japan	20	Liquid H ₂	Thermosifon
KUR	Japan	5	Liquid D ₂	Thermosifon
ORPHEE	France	14	Liquid H ₂	Thermosifon

Tabel 1. Voorbeelden van verschillende types operationele koude neutronenbronnen bij onderzoeksreactoren

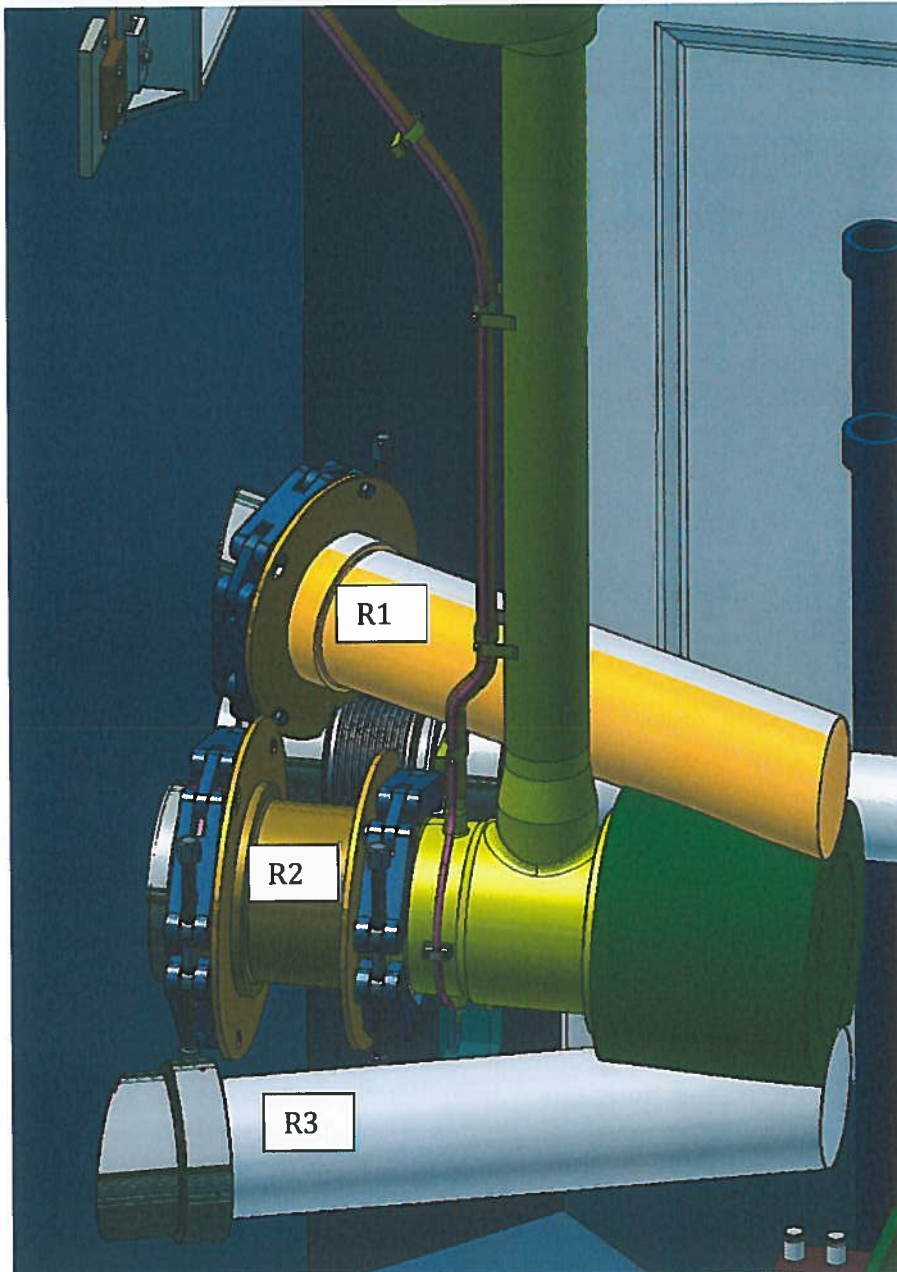
Het voordeel van een dergelijke oplossing is dat er geen verhoging van het reactorvermogen noodzakelijk is om te kunnen profiteren van een toename van het aantal neutronen bij de lage energieën ter plekke van het experiment. De opstellingen die zich in de neutronenbundels achter de koude bron bevinden profiteren van de toegenomen koude neutronen flux. Het gebruik van cryogene vloeistoffen (waterstof of deuterium) als moderator op een locatie direct naast de reactorkern maakt het noodzakelijk om een goed veiligheidsconcept voor de koude bron toe te passen.

2.3. Ontwerp op hoofdlijnen

Voor de 2,3 MW HOR onderzoeksreactor is gekozen voor een vloeibaar waterstof koude bron van het thermosifon type. Vloeibaar waterstof is een zeer effectieve moderator voor neutronen waardoor de energieverdeling achter de koude bron



is verschoven naar een lagere gemiddelde neutronen energie. Door de gekozen locatie, voor de aangepaste bundelbuis R2, zullen de neutronenbundelexperimenten achter het spiegelfilter in de experimenteerhal profiteren van de toegenomen neutronenflux bij lagere energieën.

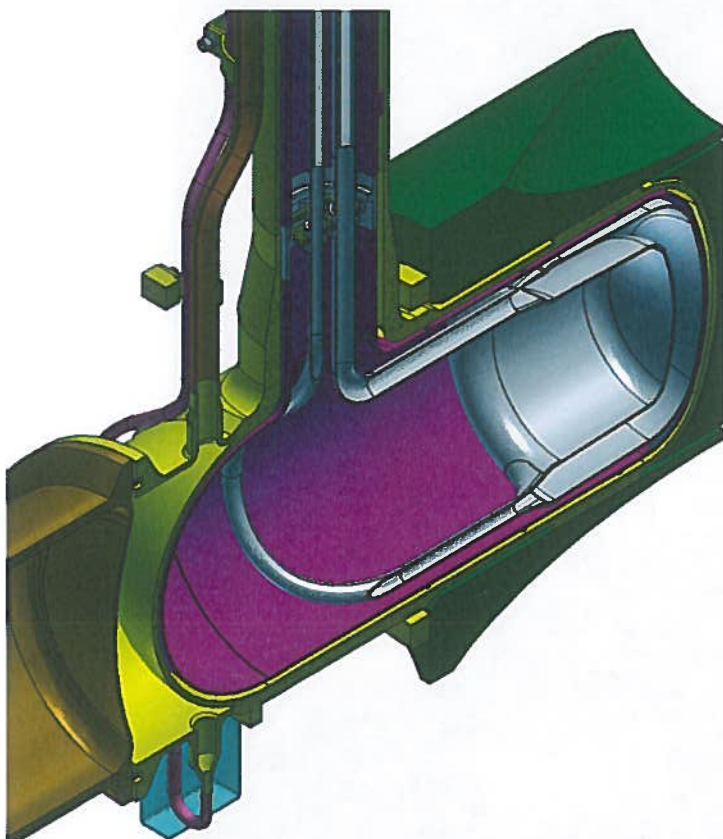


Figuur 7 Opstelling CNS-IPA in het reactorbassin naast de reactorkern

Het in figuur 1 weergegeven systeem is het onderste deel van het IPA systeem, waarbij IPA staat voor In Pool Assembly. Dit is het deel van het CNS systeem dat zich in het reactorbassin bevindt en het hoofdonderwerp vormt van dit veiligheidsrapport. Daarnaast bestaat de CNS uit diverse hulpsystemen die worden beschreven in paragraaf 4.3.2. In bovenstaande figuur zijn de 3 bundelbuizen aan de R-zijde van het bassin afgebeeld in de nieuwe situatie



waarin de koude neutronenbron is geïnstalleerd. De onderste bundelbuis R3 is ongewijzigd. De middelste buis R2 is vervangen door een nieuwe ingekorte buis R2 die fungeert als waterkering welke met een QDS klem is vastgezet op de bestaande, in het beton gegoten RVS buitenbuis. Daarop is met behulp van een speciale QDS klem het IPA bevestigd. De beryllium neutronenreflector is in groen afgebeeld. Van de CNS is de buitenste barrière zichtbaar, de buitenmantel van de helium gasdeken (geel). De bovenste bundelbuis R1 (oranje) is nieuw.



Figuur 8 Inwendige CNS Module. De CNS module is het onderste deel van de CNS IPA.

De vorm van de moderatorkamer die het vloeibaar waterstof bevat is ontworpen volgens ASME ontwerpregels en geoptimaliseerd om voldoende mechanische sterkte te bieden, een stabiel flowregime mogelijk te maken en om een hoge koude neutronenflux in de neutronengeleider naar de experimenteerhal te verkrijgen.

Het systeem is uit drie lagen opgebouwd. Het vloeibare koude waterstof bevindt zich in de moderatorkamer (in grijs weergegeven) welke via leidingen is verbonden met de hoger in het bassin gelegen helium-waterstof warmtewisselaar. De paarse kamer vormt een vacuüm mantel. De buitenste wand (in geel weergegeven) is de CNS explosie barrière. In de spleet tussen het gele en het paarse systeem bevindt zich de helium gasdeken (helium gas blanket). Direct rechts van de bundelbuizen en het beryllium blok bevindt zich de reactorkern. Het vloeibare waterstof is afkomstig uit een warmtewisselaar (niet afgebeeld).



Het geheel wordt opgehangen d.m.v. een supportframe aan de wand van het reactor bassin.

3. Experimentele eisen

3.1. Nucleaire condities

Als ontwerpeis voor de moderatorkamer is een thermische neutronen fluentie van $7,79 \times 10^{25} \text{ n/m}^2$ in 20 jaar voorzien. Het af te voeren vermogen van het IPA is bij normaal reactorbedrijf op 2,3 MW ongeveer 450 W. Dit vermogen bestaat uit nucleaire opwarming ten gevolge van gamma- en neutronenabsorptie in moderatorkamer en moderator en thermische opwarming door uitwisseling van warmte via straling van de omgeving naar het cryogene deel en door warmtegeleiding via de spacers om het cryogene deel. Het beschikbare koelvermogen op de warmtewisselaar ($> 960 \text{ W}$) is voldoende om deze warmte af te voeren.

Tussen de zijde van de kern en de bundelbuizen richting experimenteerhal bevindt zich bassinwater. Het maximum in de thermische neutronenflux in het water ligt op circa 18 mm van de zijde van de kern. Voor een optimale werking van de koude bron dient de neutronen-koppeling van de HOR kern en de moderator kamer zo goed mogelijk te zijn waarbij rekening gehouden moet worden met de veiligheidsvoorzieningen van de HOR. Eén daarvan is dat de kern kan worden verplaatst van het kleine naar het grote bassin. Daarom wordt de koude bron niet aan de kern vast gemaakt maar wordt deze bevestigd aan de aangepaste bundelbuis (R2).

Om de neutronen-koppeling tussen kern en moderatorkamer te verbeteren wordt er een beryllium ring geplaatst rond het IPA, die functioneert als neutronenreflector. Hierdoor kan het ringvormige deel van de moderator kamer beter worden bereikt door de neutronen en wordt de koude neutronen flux verhoogd. Het reactiviteitseffect van deze aanpassingen op de kern wordt beschreven in paragraaf 5.1.

3.2. Proces condities

Het systeem is zo ontworpen dat de moderatorkamer in de koude bron vrijwel volledig gevuld is met vloeibaar waterstof met daarin maximaal 20% gasvormig waterstof. De definitieve procescondities worden vastgesteld naar aanleiding van de tests met de testversie (mock-up) van het IPA en de ingebruikname tests van het uiteindelijke (main) IPA. De waterstofdruk is het hoogste wanneer de koude bron niet afgekoeld is en de reactor buiten bedrijf is. Door afkoeling van het waterstof wordt een deel van het waterstof vloeibaar en daalt de waterstofdruk in het systeem. Alle drukken zijn weergegeven als absolute drukken.



Procesparameter	Mock-up IPA en Main-IPA
Ontwerpdruk	6 bar
Bedrijfsdruk bij 298 K	4 bar
Bedrijfsdruk bij 23 K	2 bar
Systeemvolume	2,1 m ³
He koelvermogen in HX	>960W
Verwarming moderatorkamer	450 W (main, nucleair) 0-1500 W (mock-up, elektrisch)
Bedrijfshoeveelheid H ₂	< 1000 g
H ₂ in IPA bij 298 K	4 g
H ₂ in IPA (MK 23 K)	264 g

Tabel 2 Voorlopige procescondities CNS IPA en waterstofsysteem HYD

3.3. Online metingen

Het CNS IPA systeem is via het waterstofsysteem HYD uitgerust met druk- en temperatuursensoren die “real time” uitgelezen worden. De meetwaarden worden opgeslagen door het besturingssysteem van de CNS utilities.

Het druksignaal van de CNS wordt gebruikt door het besturingssysteem van het helium koelsysteem om de temperatuur van de heliumgasstroming door de warmtewisselaar te besturen door het aansturen van 1 of meerdere cryo generatoren van de CNS utilities.

Een 3 tal druksignalen van het waterstofsysteem zijn gekoppeld aan het reactor beveiligingssysteem in een 2 uit 3 schakeling. Zo wordt gegarandeerd dat de reactor wordt vergrendeld voor verder bedrijf bij een storing van de CNS om thermische overbelasting van de moderatorkamer te voorkomen.

3.4. Offline metingen of inspectie mogelijkheden.

De binnenzijde van de moderatorkamer, het vacuümsysteem en de helium gasdeken zijn na installatie niet langer toegankelijk vanwege de meervoudige barrière en kunnen daardoor niet geïnspecteerd worden. Visuele inspectie van de buitenste barrière (buitenzijde helium gasdeken) wordt opgenomen in de periodieke inspecties.

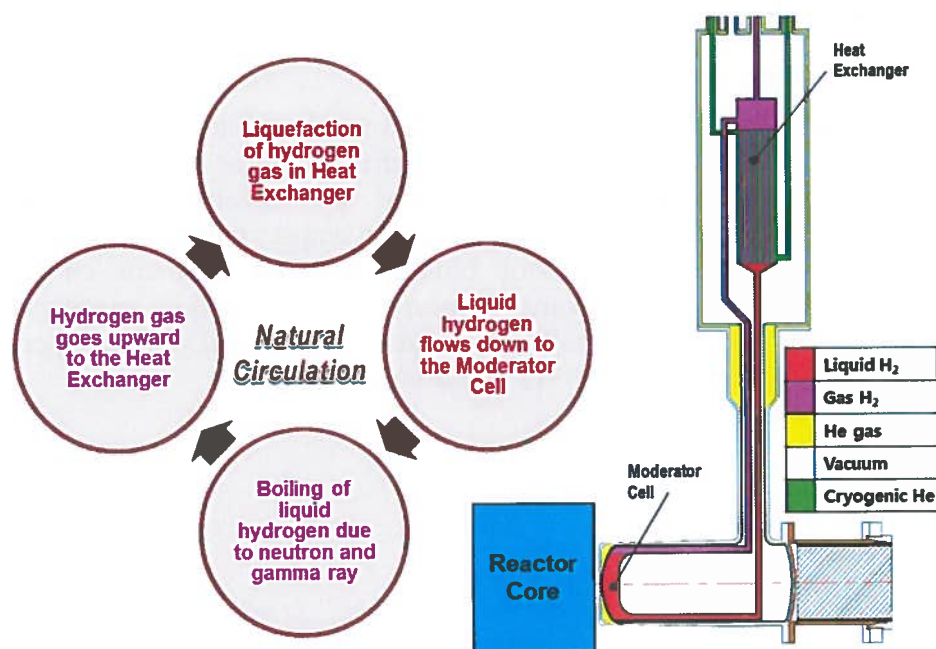


4. Beschrijving van de faciliteit

4.1. Functionele beschrijving van de faciliteit

4.1.1. Thermodynamisch werkingsprincipe van de thermo-sifon CNS

Het werkingsprincipe van een thermosifon CNS (zie figuur 3) kan verklaard worden als natuurlijke circulatie aangedreven door het dichtheidsverschil tussen vloeibaar (koud) en gasvormig (warm) waterstof. Wanneer het vloeibare waterstof in de moderatorkamer wordt verwarmd door neutronen- en gammastraling afkomstig van de reactorkern zal dit gedeeltelijk verdampen. Een twee-fasen mengsel van vloeibaar en gasvormig waterstof stijgt omhoog in de warmtewisselaar van het IPA en wordt hier terug tot vloeistof gekoeld. Het vloeibare waterstof stroomt terug naar de moderatorkamer onder de invloed van de zwaartekracht. Deze, tijdens reactorbedrijf, continue natuurlijke circulatie in het IPA maakt dat bewegende delen zoals pompen in het waterstofcircuit niet nodig zijn.



Figuur 9 Werkingsprincipe van de thermosifon CNS

4.1.2. Neutronenmoderatie door de CNS

Tijdens kernsplijting worden in de HOR reactorkern neutronen met een hoge kinetische energie geproduceerd die in alle richtingen uit de kern ontsnappen. Door deze neutronen interacties te laten ondergaan met een bij voorkeur licht materiaal, de moderator, kan de kinetische energie van het neutron verlaagd worden. De uiteindelijke kinetische energie wordt bepaald door de absolute temperatuur van de moderator. Vanwege de vergelijkbare massa van het neutron en proton is vloeibaar waterstof een zeer effectieve neutronen moderator. Het ontwerp van de moderatorkamer is dusdanig dat de kans dat een vanuit de reactorkern inkomende neutron de moderator als een koud neutron in



de richting van bundelbuis R2 verlaat optimaal is. Het om de buitenste barrière aangebrachte beryllium dient als een neutronenreflector en verhoogt daarmee de efficiency van de CNS.

4.2. Veiligheidsfilosofie

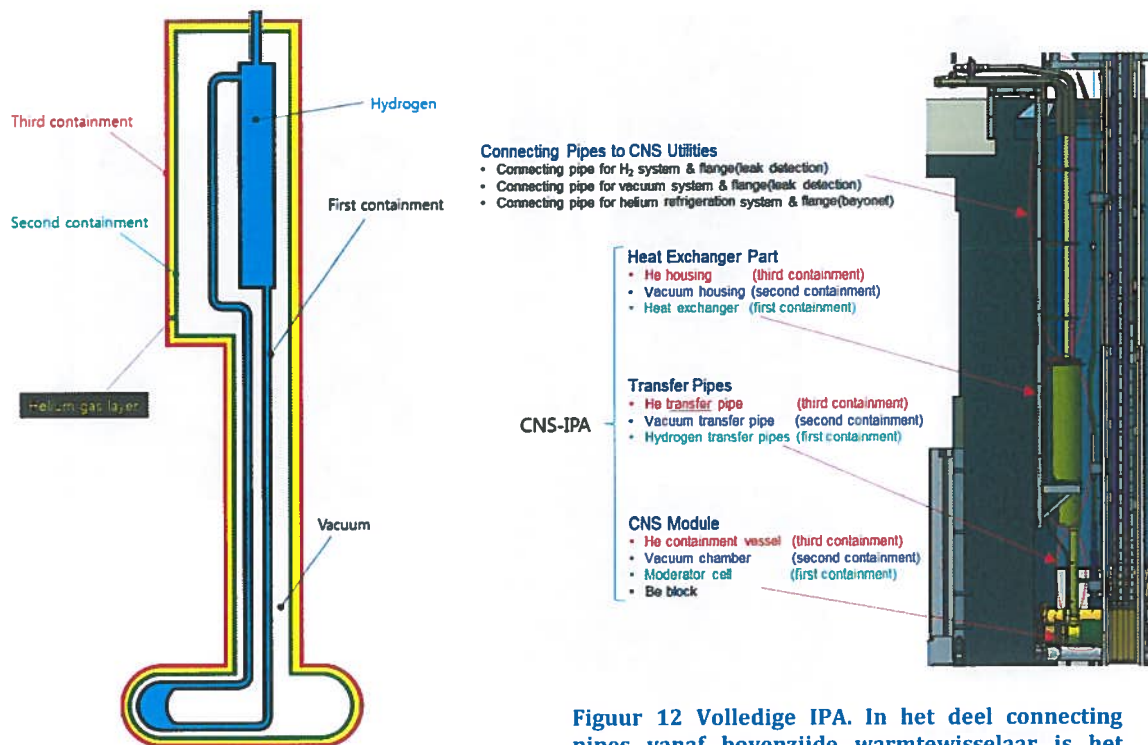
Waterstof is een licht ontvlambaar en potentieel explosief gas. In het ontwerp zijn daarom speciale voorzieningen getroffen om explosies te voorkomen. Ook is er een ATEX explosieveiligheidsanalyse van de CNS opgesteld. De maximale hypothetische explosie veroorzaakt een druk van ongeveer 15 bar op de buitenste mantel van het IPA. Deze is bestand tegen een druk van 30 bar.

4.2.1. Afwezigheid ontstekingsbron

Om waterstof te laten ontbranden zijn zowel brandstof (waterstof), zuurstof als een ontstekingsbron nodig. De thermosifon kringloop bevat geen mechanische delen in het waterstofcircuit zoals pompen of andere potentiële ontstekingsbronnen. Drukopnemers in het waterstof systeem zijn volgens ATEX voorschrift uitgevoerd.

4.2.2. Drievoudig barrièresysteem

Om de kans te minimaliseren dat er zuurstof bij het waterstof kan komen is het koude waterstofsysteem (20-23 K) in het IPA met drie barrières opgebouwd tot en met de warmtewisselaar. Het deel vanaf de bovenzijde van de warmtewisselaar tot en met de waterstofbuffertank is omgeven door 2 barrières (warm waterstof 298K). Het waterstof binnen het IPA systeem en de verbindingspijp naar de buffertank wordt omgeven door een helium gasdeken. De waterstof buffertank in de waterstofbox bevindt zich in een stikstof gasdeken. Het systeem wordt afgevuld met 99,999% zuiver waterstof (5N).

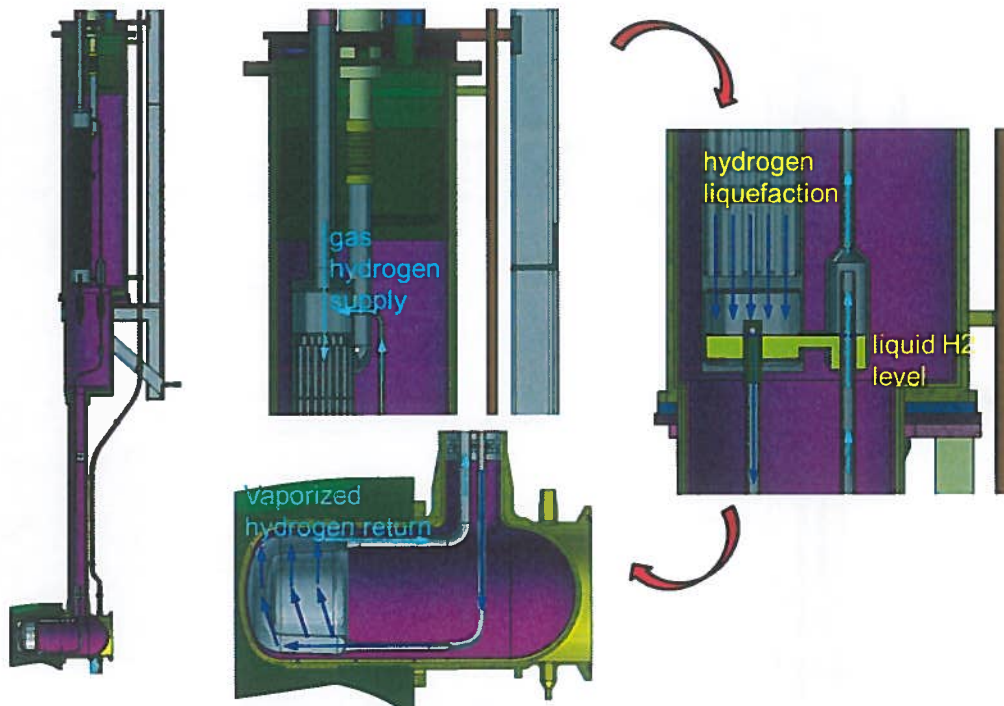


Figuur 11 Deel van het IPA dat is uitgevoerd met drie barrières

Figuur 12 Volledige IPA. In het deel connecting pipes vanaf bovenzijde warmtewisselaar is het waterstof omgeven door 2 barrières, daaronder zijn het 3 barrières.

Binnenste schil

De binnenste schil bestaat uit de warmtewisselaar, de moderatorkamer en de waterstof transfer pijpen tussen warmtewisselaar en moderatorkamer. Deze delen staan in direct contact met het waterstof en ondergaan de temperatuur wisseling tussen de "in bedrijf" (vloeibaar koud waterstof 20-23 K) en "uit bedrijf" (gasvormig warm waterstof, 298K) toestand.



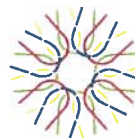
Figuur 12 Waterstofstromingscircuit in het IPA

Middelste schil

De middelste schil bestaat uit de vacuümkamer die de moderatorkamer omhult, de vacuümbehuizing om de warmtewisselaar en de vacuüm transfer pijp. Deze laag vormt de vacuümisolatie waardoor het cryogene waterstof vloeibaar blijft door de warmte overdracht door geleiding en convector te minimaliseren en speelt daarnaast een rol als tweede fysieke barrière tegen waterstoflekage.

Buitenste schil

De derde laag van het drievoudige deel van het IPA wordt gevormd door het heliumvat, de helium behuizing en de helium transfer pijp. Deze laag vormt de buitenste schil en is ontworpen om de kracht van een hypothetische waterstof explosie te weerstaan.



4.2.3. Tweevoudig barrièresysteem

Binnenste schil

De binnenste schil is hier het waterstof gassysteem op omgevingstemperatuur vanaf de bovenzijde van de warmtewisselaar tot aan de verbindingsflens en het waterstof gas systeem op omgevingstemperatuur vanaf de verbindingsflens tot en met de waterstofbuffertank.

Buitenste schil

In het met 2 barrières uitgevoerde deel van bovenzijde warmtewisselaar IPA tot aan de waterstofbuffertank is de helium gasdeken (Gas Blanket System-GBS He) de buitenste schil om het waterstof systeem die bestand is tegen de hypothetische waterstof explosie. In het met 2 barrières uitgevoerde deel van het waterstofsysteem (HYD) om de waterstofbuffertank is de met stikstof gevulde waterstofbox de buitenste schil die bestand is tegen de hypothetische waterstof explosie.

4.2.4. Uitsluiten schade aan de reactorkern

De mogelijkheid dat het experiment de reactorkern kan beschadigen is uitgesloten. De sterkte van de buitenste barrière om het waterstof is overal zodanig dat een explosie van 30 bar kan worden weerstaan en dat zo de gevolgen van een hypothetische waterstof explosie beperkt blijven tot binnen het CNS systeem

4.2.5. Vroegtijdige lekdetectie

De helium gasdeken, waarvan de druk “real time” gemonitord wordt, functioneert als een belangrijke monitor tegen zuurstof inlek. Hetzelfde geldt voor de status van het vacuüm in de tweede laag. Beide meetsystemen zijn hiermee in staat het lekken van één van de barrières direct te signaleren.

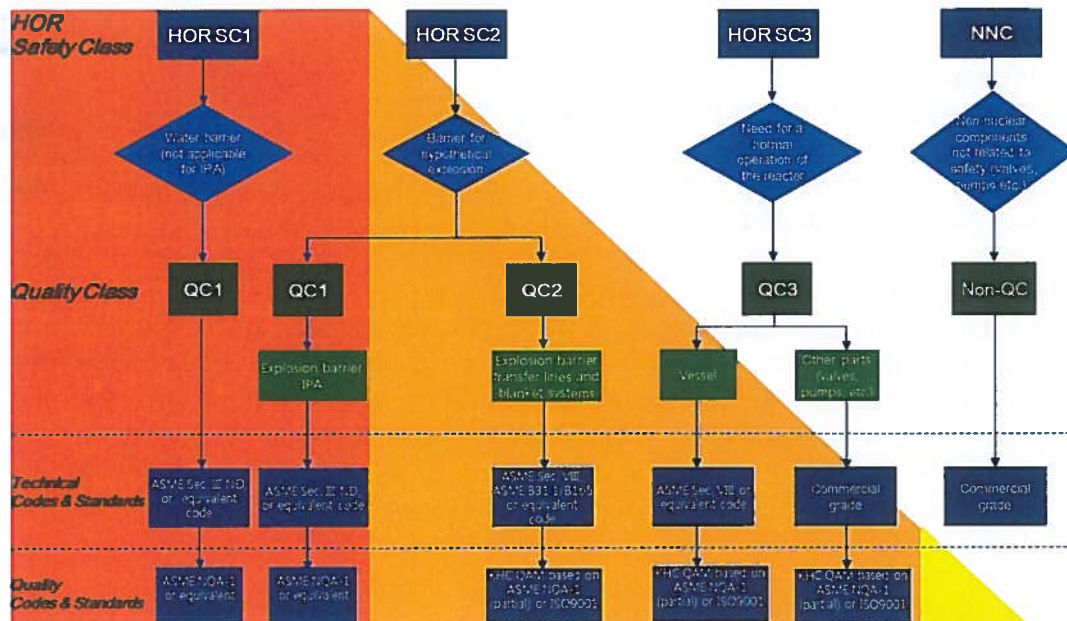
Voorkomen van vrijkomen van radioactieve stoffen

In het waterstof systeem zal door tweetraps neutronen activering (waterstof->deuterium->tritium) ook in zeer geringe mate tritium gevormd worden. Het meervoudige barrière concept biedt voldoende zekerheid om deze radioactieve isotoop binnen het waterstof circuit te houden.

Veiligheidsklasse

De veiligheidskwalificatie van het IPA en de overige delen van het CNS systeem zijn gebaseerd op de huidige HOR veiligheidsklassen SC1, SC2, SC3 en niet-nucleair NNC (zie Figuur 13).

Het IPA als geheel is geklasseerd als veiligheidsklasse SC2, maar een aantal onderdelen en subsystemen hebben een lagere veiligheidsklasse. Veiligheidsklasse HOR SC1 is niet aanwezig in de CNS-IPA omdat deze geen onderdeel uitmaakt van de eerste water barrière van het bassin water.



Figuur 13 Veiligheidsklasse, kwaliteitsklasse en codes en standaarden van het OYSTER IPA

4.3. Interne en externe systemen

De koude bron is opgebouwd uit de subsystemen IPA en CNS utilities.

4.3.1. In Pool Assembly (IPA)

Het IPA bestaat uit de volgende hoofdonderdelen (zie Figuur 12) en heeft als functie het koude waterstof in te sluiten naast de reactorkern om zo de neutronen naar de experimenteerhal af te remmen tot het gewenste koude spectrum.

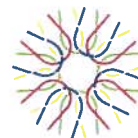
- Moderatorkamer
- Pijpen tussen moderator kamer en warmtewisselaar
- Warmtewisselaar
- Verbindingspijpen tussen warmtewisselaar en CNS utilities (tot aan de speciale flens).

Het IPA systeem bevindt zich in het reactorbassin.

4.3.2. CNS utilities

De CNS utilities hebben als functie om het IPA systeem te voorzien van de gevraagde omgevingscondities om de koude bron te laten functioneren. Deze systemen zijn noodzakelijk voor het normaal bedrijven van de CNS en worden gerealiseerd door gespecialiseerde onderaannemers in opdracht van het RID. De CNS utilities bevinden zich in de reactorhal (HYD) en in het CNS utility gebouw naast de reactor (HRS, GBS, VAS, I&C). Binnen de CNS utilities zijn de volgende deelsystemen gedefinieerd:

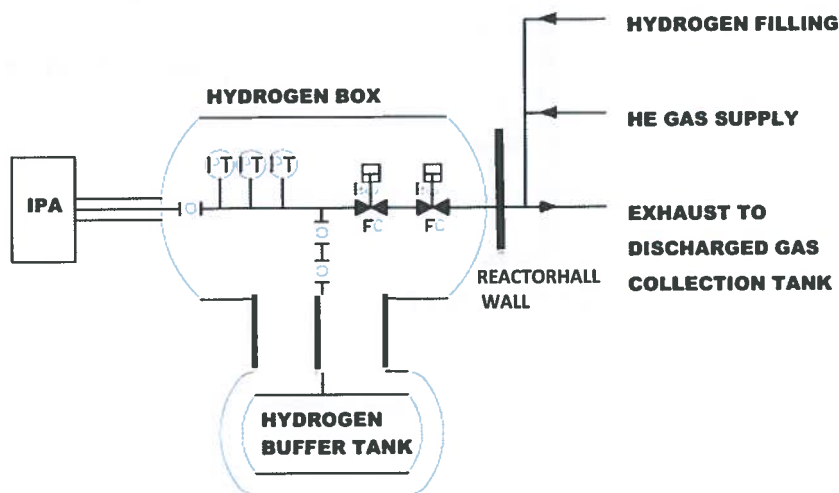
- Waterstofsysteem (HYD)
- Helium koelsysteem (HRS)
- Gasdekensysteem (GBS)



- Vacuümsysteem (VAS)
- Instrumentatie- en besturingssysteem (I&C).

De systemen HRS, GBS, VAS en I&C worden in gebruik genomen tijdens het testen van de koude bron in een proefopstelling buiten de reactorhal (het zogenaamde niet nucleaire deel van OYSTER).

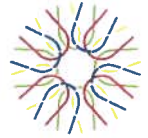
Waterstofsysteem (HYD)



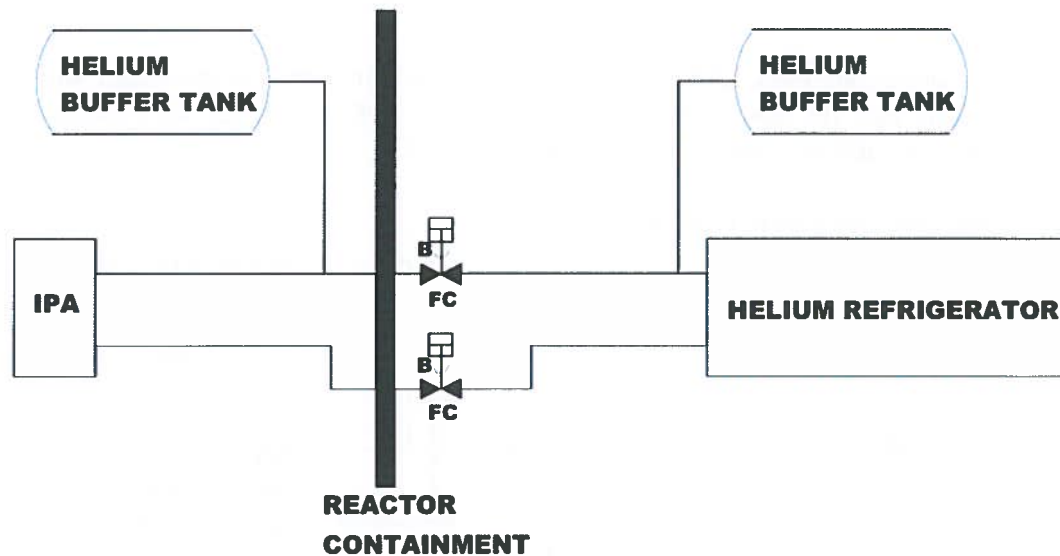
Figuur 14 Principe schema HYD systeem

Het doel van het waterstofsysteem is om het IPA te voorzien van waterstof en om de expansie van opwarmend waterstof op te vangen in een buffertank. Het systeem bevindt zich in de waterstofbox in de reactorhal, op de halvoer in de buurt van de halwanddoorvoeren. Het vullen of legen van het waterstofsysteem gebeurt van buiten de reactorhal om te voldoen aan de ATEX regelgeving. Om het systeem bevindt zich een inert gas (helium in het IPA, stikstof in de waterstof box). Twee drukopnemers op het waterstofcircuit bevinden zich binnen de waterstofbox en worden gebruikt om het helium koelsysteem te regelen en drie drukopnemers zijn gekoppeld aan het reactorbeveiligingssysteem. De drukopnemers in waterstofsysteem is het enige systeem van de CNS, dat gekoppeld is aan het reactorbeveiligingssysteem.

Wanneer het noodzakelijk is het waterstofgas uit CNS IPA te evacueren dan wordt dit opgevangen in de uitlaatgas verzameltank in het CNS utilities gebouw, waar de uitlaatgassen van alle systemen opgevangen worden. Hier kan een monster gecontroleerd worden op de aanwezigheid van radioactieve stoffen. Het verzamelde gas kan vrijgelaten worden aan de omgeving indien de waterstof concentratie beneden de onderste explosiegrens ligt.



Helium koelsysteem (HRS)



Figuur 15. Principe schema helium koelsysteem.

Waar in de figuren “reactor containment” staat aangegeven wordt daarmee de reactorhalwand bedoeld.

Het HRS systeem levert cryogeen helium aan de warmtewisselaar in het IPA. In deze warmtewisselaar wordt opgewarmd waterstof afkomstig uit de retourleiding van de moderatorkamer weer vloeibaar gemaakt en afgegeven aan de moderatorkamer aanvoerleiding. Het systeem is zo ontworpen dat tijdens normaal bedrijf de druk van het koude waterstof constant is. Om koude verliezen te minimaliseren zijn alle cryogene leidingen tussen het IPA en de helium koelmachines vacuüm geïsoleerd. Reactorhalisolatiekleppen zijn voorzien in de cryogeen helium aanvoer- en retourleiding. In het geval dat de helium koelinstallatie stopt en/of de reactorhalisolatie kleppen sluiten zal de druk in het cryogene systeem oplopen door de temperatuurstijging. Om deze drukstijging te compenseren is het systeem uitgerust met twee helium buffer tanks, een aan elke zijde van de reactorhalisolatieklep. De helium buffertank in de reactorhal komt op de halvloer te staan en is gelokaliseerd onder de halwanddoorvoeren en nabij de waterstof buffertank. Het HRS systeem wordt bestuurd door zijn eigen onafhankelijke regelsysteem gebaseerd op de waterstofdruk.



4.3.3. Veiligheidsinstrumentatie

IPA

Het IPA bevat geen veiligheidsinstrumentatie. De toestand van het IPA wordt bewaakt door de drukmetingen die onderdeel uitmaken van het waterstofsysteem HYD (zie volgende paragraaf).

Waterstofsysteem

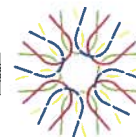
Het waterstofsysteem is door middel van 3 drukopnemers verbonden met het reactorbeveiligingssysteem. Wanneer 2 van de 3 drukopnemers een hogere waarde dan het setpoint aangeven (veroorzaakt door opwarming van de moderatorkamer) wordt de reactor vergrendeld voor bedrijf (afgeschakeld) om schade aan de moderatorkamer te voorkomen. Wanneer 2 van de 3 drukopnemers een lagere waarde aangeven dan het setpoint wordt eveneens de reactor afgeschakeld.

Koppeling reactorhalisolatiesysteem

De leiding naar de gas collection tank wordt tevens als vulleiding gebruikt voor het waterstofsysteem. De leiding wordt alleen gebruikt voor het vullen en legen van het systeem. In deze leiding bevindt zich een isolatieklep die wordt aangestuurd door het reactorhalisolatiesysteem. Wanneer de CNS in bedrijf is bevindt al het waterstof van het HYD systeem zich in de reactorhal.

4.4. Data registratie en controlesystemen

De CNS wordt bestuurd vanuit het CNS utilities gebouw. Hier worden de parameters van het systeem in de procescomputer opgeslagen, monitoring van de belangrijkste parameters is ook mogelijk in de reactorregelkamer d.m.v. een 2^e werkstation.



5. Karakteristieken van de opstelling

5.1. Nucleaire aspecten

De berekeningen geven een positieve reactiviteitsbijdrage van circa 0,5% $\Delta k/k$ ten gevolge van de beryllium ring om het IPA. Dit betreft een statisch effect. Dit effect zal meegenomen worden in de kernwijzigingsberekeningen om ervoor zorg te dragen dat voldaan wordt aan het maximale overreactiviteitscriterium uit het VTS en dat de fluxverdeling over de kern optimaal is. De reactiviteitsbijdrage van het waterstof in gasvorm of vloeibaar is nihil.

5.2. Radiologische aspecten

De activering van het CNS IPA is meegenomen in het ontmantelingsplan. De verwachte stralingsbelasting ten gevolge van installatie van het IPA wordt meegenomen in de uitvoering van de Beam Tube Modifications en CNS IPA installatie (Wijzigingsvoorstel beam tube modifications).

Naar aanleiding van de toegenomen koude neutronen flux en het gewijzigde spectrum wordt lokaal in de experimenteerhal een toename van het dosistempo verwacht. Indien nodig worden na een dosistempo meting aanvullende maatregelen getroffen om het dosistempo te reduceren, zoals bijvoorbeeld het toevoegen van extra afscherming.

5.3. Thermo hydraulische aspecten

De opstelling heeft geen effect op de thermohydraulica van de reactor, de gemodificeerde bundelbuis inclusief het IPA bevindt zich net zo ver van de kern af als de huidige bundelbuizen.

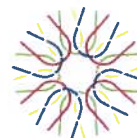
5.4. Mechanische aspecten

Het CNS-IPA is ontworpen volgens de ASME standaarden en wordt door een gekwalificeerde derde partij geverifieerd op het voldoen aan deze ontwerpisen. Een gedeelte van de opstelling zal gekwalificeerd worden als een nucleair drukvat volgens de regeling nucleaire drukapparatuur binnen de project specifieke aanwijzing voor het OYSTER project. Er zijn uitgebreide analyses verricht aan de 30 bar explosie limiet en aan de sterkte van de constructie.

5.5. Chemische aspecten

Vanuit de bedrijfservaring van op waterstof gebaseerde koude bronnen in andere onderzoeksreactoren zijn er geen problemen bekend met chemische stabiliteit en corrosie. Door de continue neutronenflux zal een deel van waterstof uiteindelijk omgezet worden in het radioactieve tritium. Het gevormde tritium is ingesloten binnen 3 barrières.

Om te voorkomen dat het waterstof kan ontbranden is het systeem ontworpen met een inert gas barrière om de vacuümmantel waardoor er geen zuurstof bij



het waterstof kan komen. Ook is er geen ontstekingsbron aanwezig in de thermosifon kringloop.

Voor het IPA wordt aluminium 6061 toegepast dat goed bestand is tegen corrosie. Het is tevens voor diverse andere koude bronnen gebruikt.

6. Ontmantelingsaspecten

Activering

Door de neutronenstraling worden de delen van de faciliteit nabij de reactorkern geactiveerd. Dit zijn de beryllium ring, de aluminium explosie barrière, vacuümkamer en moderator kamer en de nieuwe bundelbuis.

Besmetting

De buitenzijde van de opstelling (de explosie barrière) zal besmet raken door het contact met bassinwater.

Technieken en kosten

In het nieuwste ontmantelingsplan van de HOR is al rekening gehouden met de toekomstige demontage van de koude bron en de kosten hiervan.

Afvoer

Het afvoeren van geactiveerd aluminium dat vooral cobalt-60 bevat kan in standaard COVRA afvalverpakkingen.



7. Storings- en ongevalsanalyse

7.1. Load cases

Voor het bedrijven van de CNS zijn een aantal scenario's voor zowel de opstelling als de reactor gedefinieerd, de zogenaamde "load cases". Deze worden gebruikt om de gevolgen van een optredend event op de CNS te bepalen. Er is een risicoanalyse uitgevoerd om de potentiële gevolgen te bepalen.

Load case	
Normaal bedrijf	1. Normaal bedrijf 2. Start-up bedrijf 3. Shutdown bedrijf
Afwijkingen	1. Verlies van koeling (HRS) 2. Verlies van vacuüm (VAS) 3. Verlies van gasdeken (He) 4. Verlies van gasdeken (N ₂) 5. Test condities
Incidenten	1. Lekkage in koud waterstof systeem 2. Lekkage in vacuüm kamer 3. Lekkage in vacuüm systeem 4. Lekkage in gasdeken (He) 5. Lekkage in gasdeken (N ₂) 6. Verlies van integriteit moderator kamer
Hypothetisch maximaal ongeval	1. Hypothetische waterstof explosie

Tabel 3 CNS load cases

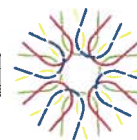
7.2. Normaal bedrijf

7.2.1. Normaal bedrijf

De CNS is afgekoeld en op bedrijfsdruk, de reactor is op vermogen of staat uit. De waterstof druk in de CNS is stabiel.

7.2.2. Start-up bedrijf

De reactor staat uit. De waterstof druk in de CNS daalt langzaam doordat het waterstofgas gekoeld wordt in de warmtewisselaar door koud helium.



7.2.3. Shut-down bedrijf

De reactor wordt (handmatig) gestopt. De toevoer van koud helium aan de warmtewisselaar wordt gestopt. Onder invloed van de vervalwarmte van de kern en thermische verliezen neemt de temperatuur en druk van het waterstofsysteem toe.

7.3. Afwijkingen

7.3.1. Verlies van koeling (HRS)

De reactor is op vermogen. Wanneer een deel van de koeling wegvalt, kan de koelmachine overschakelen naar een andere koelmachine om de CNS op bedrijfstemperatuur te houden. Wanneer te veel koelcapaciteit wegvalt, zal de helium koeling niet genoeg koelvermogen beschikbaar hebben om de moderatorkamer op bedrijfstemperatuur te houden. De reactor zal uiteindelijk afschakelen op het drukalarm "hoog" uit het waterstofsysteem om de moderatorkamer te beschermen.

7.3.2. Verlies van vacuüm (VAS)

De reactor is op vermogen en de CNS is in bedrijf. Een storing in het eerste vacuüm systeem stopt de eerste pompreeks. Het systeem schakelt over op het tweede vacuüm systeem, dat stand-by is en herstelt de normale bedrijfssituatie. Het eerste vacuüm systeem dient gerepareerd te worden om de redundantie te herstellen.

Wanneer beide vacuüm pompreeksen uitgeschakeld zijn door een storing zal de druk in het vacuüm systeem oplopen en verdwijnt de isolatie voor het IPA. Het gevolg is dat de CNS opwarmt en er een reactorvergrendeling volgt wanneer de toegenomen waterstofdruk het drukalarm "hoog" bereikt.

7.3.3. Verlies van gasdeken (He en N2)

De gas blanket is een statisch systeem. Wanneer het is afgevuld met de juiste hoeveelheid helium kan de druk alleen wijzigen onder invloed van de buitentemperatuur variatie. De druk wijzigt ook wanneer een klep naar het systeem geopend wordt door een externe storing of bedieningsfout.

Een dergelijke storing heeft geen gevolgen voor de CNS. Er dient nader onderzoek plaats te vinden om de oorzaak van de storing te achterhalen, aangezien een drukwijziging binnen het gasdekensysteem (GBS) ook veroorzaakt kan worden door een lekkage vanuit de omgeving of naar het vacuüm systeem.

7.3.4. Test condities

Test condities treden op tijdens de ingebruikname tests.



7.4. Incidenten

7.4.1. Lekkage in koud waterstof systeem

Een lek in het koude waterstof systeem betekent dat er waterstof ontsnapt naar het vacuüm systeem. Indien dit niet wordt gedetecteerd en er niet wordt ingegrepen dan zal er meer waterstof ontsnappen naar het vacuümsysteem en zal de druk binnen het IPA dalen tot onder het laag niveau dat een reactorvergrendeling initieert.

7.4.2. Lekkage in vacuümkamer

Een lek in de vacuümkamer veroorzaakt een toegenomen opwarming van de moderator kamer die niet gecompenseerd kan worden door de koelcapaciteit van het heliumkoel systeem. De druk in de moderatorkamer zal toenemen en een reactorvergrendeling wordt geïnitieerd.

7.4.3. Lekkage in vacuümsysteem

De thermische isolatie van het koude vloeibaar waterstof en koude helium valt weg bij een lekkage in het vacuüm systeem. De druk van het waterstof in de moderatorkamer neemt toe en de reactor schakelt af via een reactorvergrendeling

7.4.4. Lekkage in gasdeken (He)

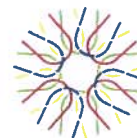
Een lekkage van de gas blanket naar buiten wordt gedetecteerd door een alarm aan de operator, de druk van de gasdeken wordt gemonitord. De operator dient de reactor en vervolgens de reactor en de CNS utilities uit te schakelen om de oorzaak te onderzoeken.

7.4.5. Lekkage in gasdeken (N₂)

Een lekkage van de gas blanket naar buiten wordt gedetecteerd door een alarm aan de operator, de druk van de gasdeken wordt gemonitord. De operator dient de reactor en vervolgens de CNS utilities uit te schakelen om de oorzaak te onderzoeken.

7.4.6. Verlies van integriteit moderatorkamer

Het falen van de moderator kamer veroorzaakt direct een drukwijziging van het vacuüm systeem door het binnenstromen van waterstof in dit systeem. Ook zal in eerste aanzet de druk in het waterstofsysteem licht dalen omdat het aanwezige koude waterstof zich over een groter volume verspreidt. Dit waterstof komt in contact met de warme wand van het gasdeken systeem en zal snel verdampen. De drukstijging van het waterstofsysteem initieert een reactorvergrendeling. Het gevolg van deze storing is dat de IPA blijvend beschadigd is en zal moeten worden vervangen door een nieuw IPA of door het plaatsen van de verlengde R2 buitenbuis.



7.5. Hypothetisch maximaal denkbare ongeval

Het hypothetisch maximaal denkbare ongeval is een explosie van het waterstof in de moderatorkamer met een stoichiometrische hoeveelheid zuurstof ($H_2:O_2$ is 2:1). Dit wordt voorkomen door een zorgvuldig ontwerp met 3 barrières om het koude deel van het IPA waardoor uitgesloten wordt dat er zuurstof bij het waterstofmengsel kan komen. Ook vereist de thermosifon kringloop geen bewegende delen zoals een pomp maar berust het werkingsprincipe op natuurlijke circulatie gedreven door het dichtheidsverschil tussen warmer en kouder waterstof. Er is geen ontstekingsbron aanwezig in het waterstofcircuit.

Er ontbreken dus 2 van de 3 benodigheden om een potentiële explosie te veroorzaken.

Berekening hypothetische maximale explosie

KAERI heeft het effect van een stoichiometrische waterstof zuurstof explosie in de CNS berekend. Hieruit blijkt dat de maximaal optredende piekdrukken (15 bar) op de buitenste barrière binnen de toegestane mechanische piekbelasting van de buitenste schil blijven (30 bar). Hierdoor wordt gegarandeerd dat een hypothetische explosie geen schade aan de reactorkern kan aanrichten.

Het gevolg van dit maximaal denkbare ongeval is wel dat de integriteit van de moderator kamer verloren is gegaan met de daarbij behorende consequenties, zoals het niet beschikbaar zijn van de CNS.

7.6. Ontwerpongevallen

In de Handreiking VOBK is een uitgebreide lijst opgenomen van ongevallen die voor een kernreactor beschouwd dienen te worden. Onderdeel van deze set zijn een aantal specifieke begingebourtenissen met betrekking tot de CNS faciliteit (zie Tabel 4).

Nr.	Omschrijving van de gepostuleerde begingebourtenis
R2-10	Falen van het koelsysteem van experimenteertoestellen, zoals de koude bron
R2-16	Reactiviteitsveranderingen als gevolg van het bedrijven van de koude bron
R3a-24	Ontwrichting van de barrières van de koude bron

Tabel 4 Gepostuleerde begingebourtenissen voor de CNS faciliteit

De CNS faciliteit is zodanig uitgevoerd dat deze begingebourtenissen geen negatieve invloed hebben op de veiligheid van de reactor zoals in de voorgaande hoofdstukken is beschreven.



8. Referenties

1. Allowable Pressure Limit for CNS-IPA against Explosion, OYSTER-KM-IPA-TR-001 rev. 1, 2018



Bijlage III Aanpassing bundelbuizen R1 en R2

1. Beschrijving van de wijziging

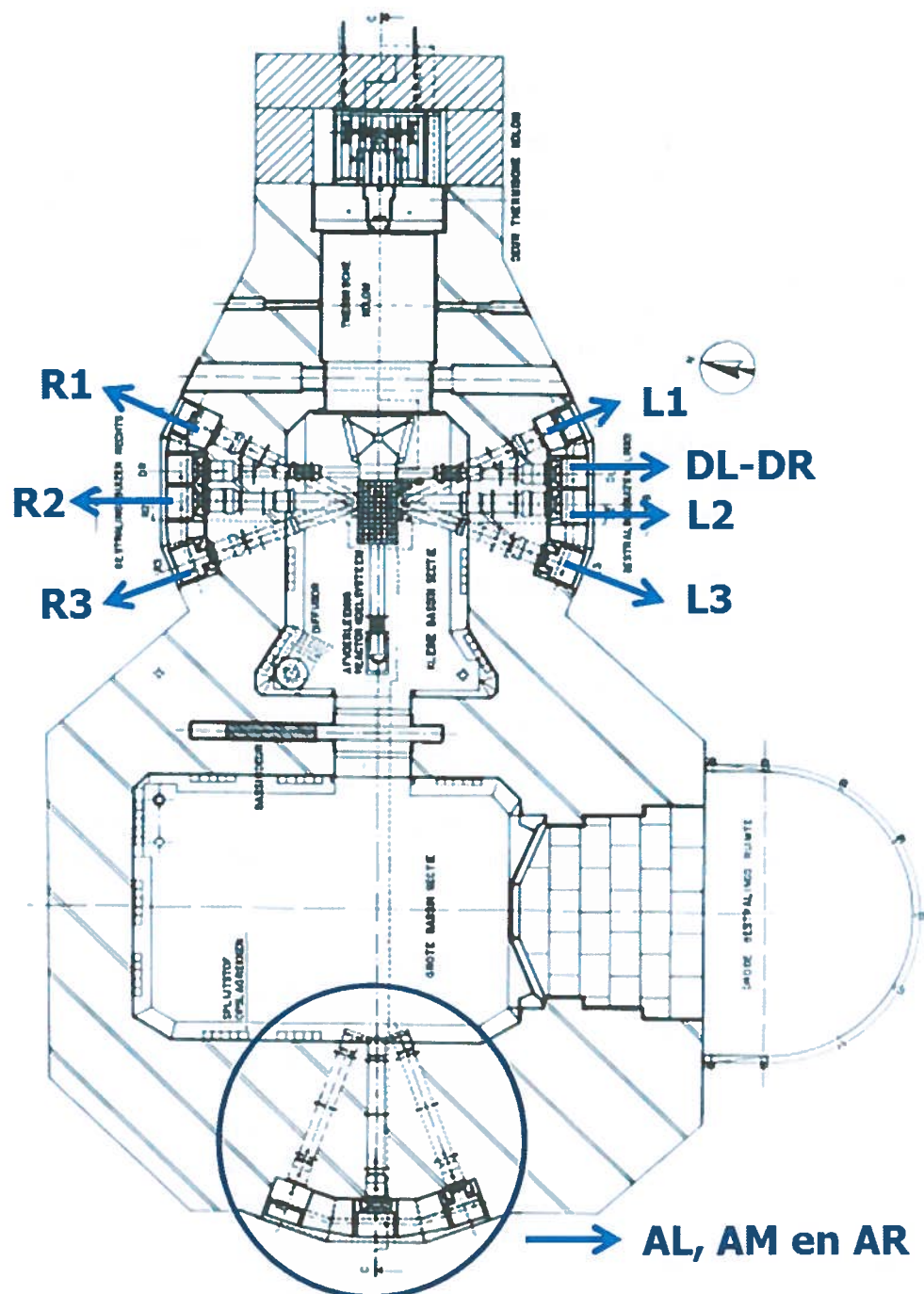
De bundelbuizen bij de HOR dienen als doorvoering van een neutronen- of positronenbundel door de wanden van het reactorbassin met als doel om experimenten met neutronen of positronen buiten het reactorbassin te kunnen uitvoeren. In de betonnen wanden van het reactorbassin zijn in totaal 11 bundelbuizen ingebouwd (zie Figuur 16):

- 9 bundelbuizen steken of staken gedeeltelijk uit het bassin:
 - AL, AM en AR aan de achterkant (de delen in het bassin zijn verwijderd);
 - L1, L2 en L3 aan de linkerkant;
 - R1, R2 en R3 aan de rechterkant.
- 2 bundelbuizen, DL aan de linkerkant en DR aan de rechterkant, zijn aan de binnenkant van het bassin met elkaar verbonden.

Bundelbuis R2 voert door de wand van de reactorhal naar de experimenteerhal en voorziet daar 4 experimenteeropstellingen van neutronen.

In het kader van de modernisering van de HOR reactor, middels het project onder de naam OYSTER, zal een koude bron (CNS) naast de reactorkern worden aangebracht in bundelbuis R2 met als doel de neutronen van de reactor te vertragen en de experimenteeropstellingen in de experimenteerhal te voorzien van zgn. koude neutronen. Om dit mogelijk te maken moet bundelbuis R2 worden aangepast. Bundelbuis R1 moet voor de modificatie van R2 ook aangepast worden.

Bundelbuizen R1 & R2 worden verwijderd en vervangen door andere bundelbuizen met een speciale klem verbinding. Bundelbuis R1 behoudt zijn oorspronkelijke lengte, maar bundelbuis R2 wordt ingekort zodat hieraan de koude bron (het In-Pool Assembly, IPA) gekoppeld kan worden. Figuur 17 schetst de situatie voor de modificatie, Figuur 18 de situatie na de modificatie van de bundelbuizen en de installatie van de CNS-IPA en Figuur 19 de situatie waarbij de CNS-IPA vervangen is door de R2 verlengde bundelbuis. Normaal bedrijf vindt in principe plaats in de configuratie waarbij de CNS-IPA operationeel is, zie Figuur 3. Indien er echter problemen zijn met de CNS-IPA (bijv. onvoldoende koeling van de CNS) dan kan worden besloten om de CNS-IPA te verwijderen en de alternatieve bundelbuis R2 (ook wel R2 dummy genoemd) te plaatsen. Hierdoor kunnen neutronen experimenten met R2 weer worden gedaan (Figuur 19).



Figuur 16 Overzicht van de bundelbuizen bij de HOR

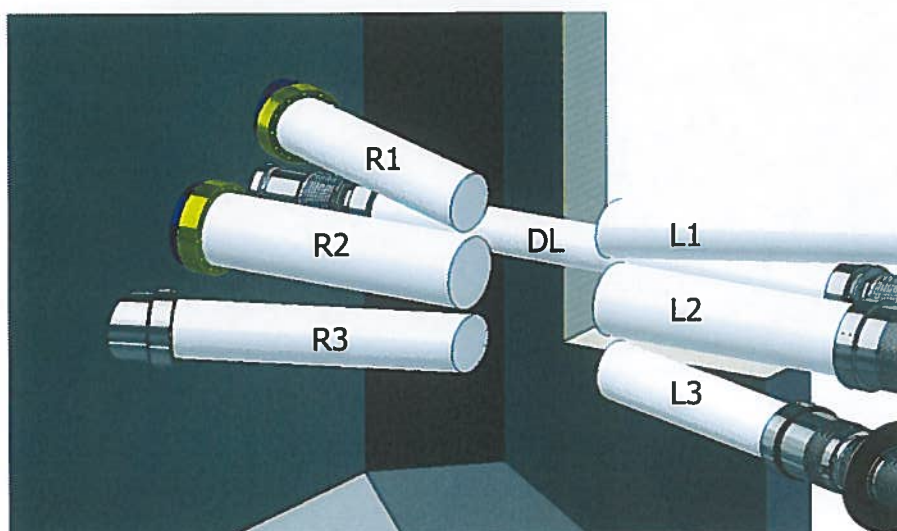
De nieuwe R1 bundelbuis bestaat uit de volgende onderdelen, zie Figuur 18:

- R1 Buitenbuis
- Wartel
- QDS kleminrichting
- Helicoflex afdichting.

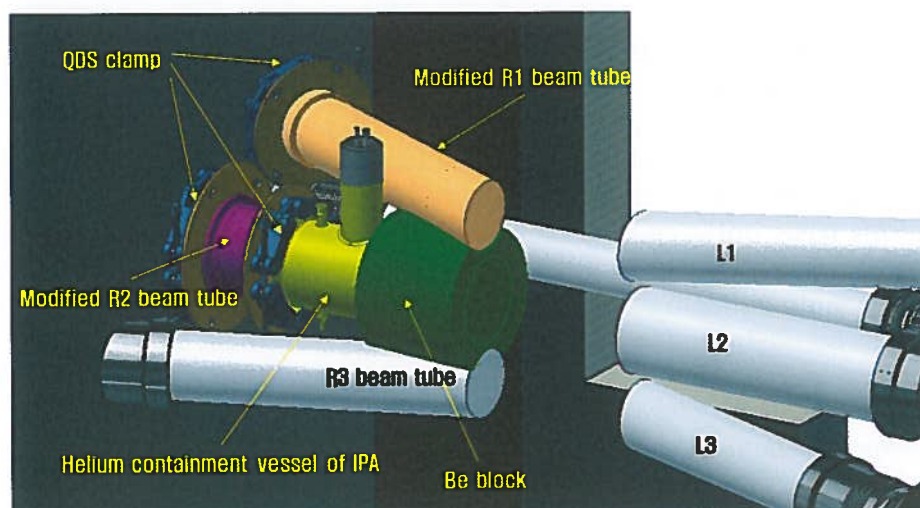


De nieuwe R2 bundelbuis bestaat uit de volgende onderdelen, zie Figuur 18:

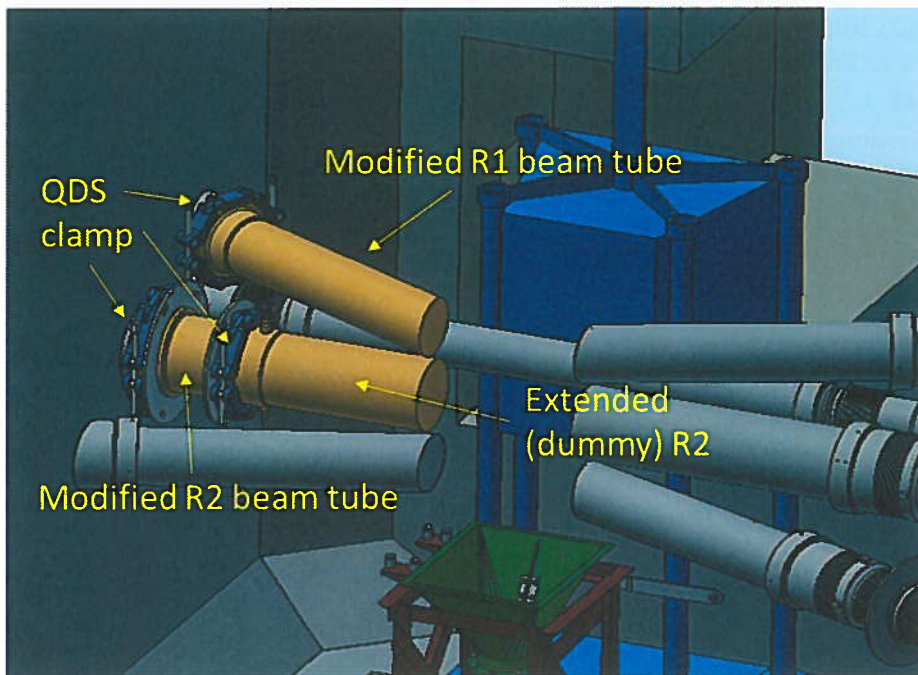
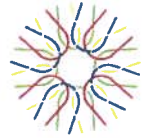
- R2 Buitenbuis
- Wartel
- 2 QDS kleminrichtingen
- Helicoflex afdichting
- Eindkap binnenbuis R2
- Verlengde buitenbuis (Dummy R2).



Figuur 17 Bundelbuizen voor modificatie



Figuur 18 Bundelbuizen na modificatie en installatie van CNS-IPA



Figuur 19 Bundelbuizen R1 & R2 na modificatie zonder CNS-IPA installatie

2. Veiligheidsconcept

Overeenkomstig internationale richtlijnen hanteert de HOR een veiligheidsconcept waarbij verschillende niveaus van veiligheidsmaatregelen worden onderscheiden, de zg. 'defence-in-depth' benadering. De essentiële doelstelling van het veiligheidsconcept is met behulp van opeenvolgende barrières, belemmeringen en beschermende maatregelen voorkómen dat radioactieve stoffen naar de omgeving ontsnappen. Bij schade aan het in het reactorbassin uitstekende deel van de bundelbuizen (in het verleden bestralingsbuizen genoemd) mag geen bassinwater via de bundelbuizen wegstromen. Als basis ontwerpeis is daarom gesteld dat de bundelbuizen een dubbele waterbarrière dienen te bezitten. Dit ontwerpconcept blijft gehandhaafd na modificatie van de bundelbuizen R1 & R2 en is in overeenstemming met de gestelde eis voor bundelbuizen in het VOBK, Annex 6, requirement 4.3 (6) (*Beam tubes penetrating the barriers or which are located inside the pool shall be designed as double wall structure and sealed in such a way, that leakage through such penetrations is reliably prevented in order to avoid uncovering of the core*).

De buitenbuizen van R1 en R2 zijn onderdeel van de eerste waterbarrière van het bassin en vallen daarom in veiligheidsklasse 1 (HOR SC1). De binnenbuizen maken onderdeel uit van de tweede waterbarrière en vallen in veiligheidsklasse 2 (HOR SC2). R2 vormt hierop een uitzondering aangezien hierin een spieghelfter (dat als binnenbuis dient) is ingebouwd met een speciale flens afdichting. Iedere bundelbuis heeft een roestvast stalen (RVS) buitenbuis die in het beton van het reactorbassin zijn ingebouwd.



3. Fabricage, installatie en afname

De aanpassing van de bundelbuizen doorloopt alle benodigde opeenvolgende fasen van het concept ontwerp tot en met de fabricage en assemblage die leiden tot het hervatten van normaal bedrijf.

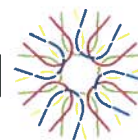
Tijdens de installatie in het reactorbassin zal gebruik gemaakt worden van afscherming. De afscherming wordt zo ontworpen dat de stralingsbelasting voor de werknemers zo laag wordt als redelijkerwijs haalbaar is (ALARA). De Algemeen Coördinerend Deskundige (ACD) houdt toezicht op de stralingsbescherming tijdens de modificatie werkzaamheden. Voor de installatiefase zullen Inspectie & Testplannen (ITP) worden opgesteld, waarin de testresultaten vastgelegd zullen worden.

Zowel de binnen- als buitenbuis worden getest op lekdichtheid (gedefinieerd als Hold Points in het ITP.) Bij bewezen lekdichtheid wordt in de veiligheidsanalyses van de HOR het risico op een Loss of Coolant Accident (LOCA) als heel erg klein geclassificeerd en daarom uitgesloten geacht. Indien de QDS klemmen met afdichting zouden gaan lekken dan kunnen deze worden vervangen. Hiervoor wordt een herinstallatie procedure opgesteld.

Uiteindelijk leidt het doorlopen van de verschillende fasen van het project tot het herstarten van de reactor met CNS-IPA.

4. Ontmanteling

Het ontmantelen van deze nieuwe bundelbuiscomponenten maakt integraal deel uit van het ontmantelingsplan van de HOR. In het ontmantelingsplan van de HOR uit 2015 is een eerste inschatting gemaakt van de ontmantelingskosten van de bundelbuizen en CNS-IPA. Voor de update van het ontmantelingsplan in 2020 wordt een meer gedetailleerde schatting van de ontmantelingskosten toegevoegd op basis van de gekozen materialen voor de verschillende nieuwe bundelbuiscomponenten.



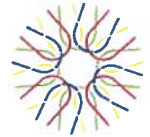
Bijlage IV Wijziging doorvoeringen door de wand van de reactorhal

1. Introductie

Voor het OYSTER project zijn een aantal nieuwe doorvoeren door de reactorhalwand noodzakelijk. De reactorhalwand is onderdeel van het containment van de reactor en vormt daarmee onderdeel van de isolatie veiligheidsfunctie. De reactorhalwand is daarom ingedeeld in veiligheidsklasse 1. In het verleden zijn meerdere nieuwe doorvoeren gerealiseerd in de reactorhalwand, waarvan de doorvoerbuis voor de R2 neutronenbundel richting de experimenteerhal de meest ingrijpende wijziging was. Voor elke grote doorvoer door de reactorhalwand is het een vereiste dat dergelijke doorvoeren afgesloten kunnen worden d.m.v. het Reactorhal Isolatie Systeem (RIS). Deze eis staat o.a. helder beschreven in de handreiking Veilig Opereren en Bedrijven Kernreactoren (VOBK). Meer expliciet staan de eisen aan doorvoeren door een nucleair containment beschreven in sectie 3.6 van de bijbehorende DSR. Dit wijzigingsvoorstel beschrijft de eerste doorvoeren door de reactorhalwand, welke uitgevoerd gaan worden volgens de nieuwe eisen uit de DSR. Naast deze verandering in het eisenpakket aan doorvoeringen door het containment, is de ANVS tevens voornemens om het containment aan te wijzen als nucleaire drukapparatuur, volgens de Regeling Nucleaire Drukapparatuur. Deze nationale regeling geeft invulling aan het hiaat in de Europese wetgeving voor drukapparatuur welke expliciet wordt ingezet voor nucleaire toepassingen. Dit wijzigingsvoorstel houdt rekening met een dergelijke nucleaire aanwijzing voor de reactorhalwand, waarbij de Praktijk Richtlijnen Drukapparatuur (PRDA) gevolgd worden voor de wijziging aan de bestaande reactorhal. Door de nucleaire aanwijzing zal Lloyd's Register Nederland BV als derde partij optreden, vanwege hun aanwijzing als Nucleair Aangewezen Keurings Instelling (NAKI).

Om aan het eisenpakket van de DSR te kunnen voldoen is het noodzakelijk dat de doorvoeren lokaal op lektheid getest kunnen worden. Om dit te realiseren zal om de doorvoeren heen een omhullende luchtdichte doos gelast worden. Deze luchtdichte doos kan periodiek op druk worden gebracht en het drukverloop worden gemeten. In de rest van de tekst is er voor gekozen om deze omhullende luchtdichte doos de naam doorvoerstomp te geven. Deze naamgeving is reeds sinds de bouw van de reactor in gebruik voor een constructie waarbinnen dergelijke concentraties van doorvoeren worden ondergebracht.

Na afloop van het OYSTER project zullen er drie nieuwe doorvoerstoppen aangebracht zijn en de bestaande doorvoerstomp voor de buizenposten zal verwijderd en dichtgelast zijn. Door de drie doorvoerstoppen zullen de voor de koude bron benodigde leidingen en de buizenpost leidingen lopen. Deze leidingen worden afgesloten door veer-sluitende isolatiekleppen, indien de isolatie veiligheidsfunctie (RIS) uit het reactorbeveiligingssysteem hier om



vraagt. Deze RIS isolatiekleppen zijn een onderdeel van veiligheidsacterende systemen.

De reactorhalwand wordt afgedicht op de positie van de verwijderde doorvoerstomp met behoud van sterkte van de reactorhalwand. Een nieuwe buizenpostdoorvoerstomp wordt op een hogere locatie geïnstalleerd. Herpositionering is noodzakelijk vanwege het Cold Neutron Source (CNS) koelgebouw, welke gepositioneerd is tussen laboratorium Noord en de reactorhal. In de nieuwe buizenpostdoorvoerstomp worden voldoende doorvoeringen aangebracht om te kunnen voldoen aan te voorziene pneumatische bestralingsfaciliteiten. Boven de nieuwe buizenpostdoorvoerstomp zal een tweede doorvoerstomp gerealiseerd worden door de reactorhalwand ten behoeve van de benodigde doorvoeren voor de operatie van de CNS installatie. Deze doorvoerstomp omvat zowel leidingen met bijbehorende isolatiekleppen als een beperkt aantal kabeldoorvoeringen. De isolatiekleppen van zowel de buizenpostsystemen als van de andere leidingdoorvoeren zullen gepositioneerd worden aan de buitenzijde van de reactorhalwand, in de overdekte brug tussen het CNS koelgebouw en de reactorhal. Op deze wijze blijven de isolatiekleppen toegankelijk van buiten het containment. De kabel doorvoeringen worden aangebracht in een separaat compartiment van de CNS doorvoerstomp.

Een derde doorvoerstomp wordt aangebracht op grondniveau voor de doorvoering van de leiding waarmee het waterstof in het CNS systeem gebracht kan worden. Dezelfde leiding wordt ook gebruikt om het waterstof weer te verwijderen uit het systeem, indien nodig.

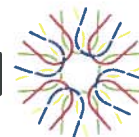
Het betreft hier een wijziging die in directe relatie staat tot het functioneren van het containment. Op grond hiervan is de wijziging dan ook ingedeeld in veiligheidsklasse 1.

In paragraaf 7.3 van het veiligheidsrapport wordt een opsomming gegeven van de doorvoeren, welke afgesloten worden in geval van een overschrijding van de grenswaarde instellingen voor de RIS functie. Alleen een aanpassing van de tekst in het veiligheidsrapport is voor deze wijziging noodzakelijk om de tekst in het veiligheidsrapport de nieuwe OYSTER doorvoeren te laten omsluiten.

2. Beschrijving van de wijziging

2.1. Huidige situatie

Voor dit wijzigingsvoorstel zijn voor de huidige (te wijzigen) situatie alleen de buizenpost doorvoeringen en bijbehorende doorvoerstomp van belang. De buizenpostdoorvoerstomp is onderdeel van het containment sinds de bouw van de reactor. In het ontwerp is rekening gehouden met een zestal buizenposten, waarvan er tegenwoordig vier aanwezig zijn.



2.2. Nieuwe situatie

2.2.1. Doorvoer principe volgens de Dutch Safety Requirements en Regeling Nucleaire Drukapparatuur

Het OYSTER project zal verschillende doorvoeren door de reactorhalwand toevoegen. In de Dutch Safety Requirements for Nuclear Reactors (DSR) worden een aantal eisen gesteld aan de uitvoering van dergelijke reactorhalwand doorvoeringen. De relevante secties uit de DSR zullen hier benoemd worden en er zal kort geschetst worden hoe invulling wordt gegeven aan de gestelde eisen. Verdere details over de uitvoering van de verschillende doorvoeren worden in separate secties in het vervolg van dit hoofdstuk besproken.

Het dient opgemerkt te worden dat alle isolatiekleppen die toegevoegd of verplaatst gaan worden niet direct in contact staan met de interne atmosfeer van de reactorhal, maar zich in een leiding bevinden waar van het leidingwerk dan wel in de reactorhal dan wel buiten de reactorhal afgesloten is. Dergelijke isolatiekleppen staan binnen het RID bekend als RIS hulpkleppen. Dit in tegenstelling tot de RIS hoofdisolatiekleppen, die de interne atmosfeer van de reactorhal direct afsluiten van de omgeving.

DSR 3.6 (3) Reliable, sufficiently fast and adequately long-lasting isolation of the containment penetrations shall be ensured.

Aan deze eis wordt voldaan door gebruik te maken van isolatiekleppen en veersluitende actuatoren met bekende faalkansen. De snelheid van dichtlopen wordt bepaald door de weerstand van de beweging van de klep enerzijds en de sterkte van het verenpakket anderzijds. De sterkte van het verenpakket dient uiteraard overwonnen kunnen worden door de druk voorziening van de actuator. De weerstand van de beweging van de klep hangt naast het specifieke klepontwerp af van de massa van het beweegbare deel van de klep. Sluitertijd van een klep is daarmee in de basis evenredig met de doorlaat diameter van de klep. Voor de initiële afsluiting van de reactorhal zijn met name de hoofdisolatiekleppen van belang. Voor deze kleppen is een maximale sluitertijd vastgesteld van 8 sec. De nieuw te installeren kleppen zullen ten minste een even grote maximale sluitertijd dienen te hebben.

DSR 3.6 (3) The required leak-tightness for the containment shall be quantified by a maximum permissible leak rate for the operating phases in which the containment is closed.

Deze eis wordt afgedekt door de voorwaarde gesteld bij het Bewijs van Onderzoek en Beproeving (BOB) van het HOR insluitingsvat, met registratie nummer D74059. Deze voorwaarde stelt dat de gebruiker een lek dichtheidsbeproeving uitvoert, onder toezicht van het stoomwezen, waarbij moet blijken dat de herleide leksnelheid op 0,1 at en per 24 uur niet groter is dan 3%.

DSR 3.6 (3) The containment and the systems and components affecting the leaktightness of the containment system shall be designed and



constructed in such a way, that the leak rate can be tested after all penetrations through the containment have been installed and during the operating lifetime of the plant. The leak rate shall be tested at the design pressure of the containment.

Door middel van de hallektest, zoals vastgelegd in de procedure Beproeving Insluitsysteem HOR HOR1989-253P, welke onderdeel uitmaakt van het In Service Inspectie plan van de HOR, kan het lekpercentage van de reactorhal beproefd worden. De ontwerpdruk van de reactorhal is vastgelegd in het BOB op 0,1 at, oftewel 0,1 barg.

DSR 3.6 (4) To limit the number of leak paths, the number of penetrations should be kept as low as possible.

Uiteraard hebben alle te realiseren CNS gerelateerde doorvoeren een functie, welke noodzakelijk is voor het bedienen van de koude bron installatie. Voor het aantal buizenpost doorvoeren is overleg geweest met de gebruikers. Ondanks dat er ruimte zou zijn voor 8 buizenpost doorvoeringen is dit aantal vastgelegd op 6.

DSR 3.6 (4) The external extensions of the penetrations should be installed in a confined structure, at least until the first isolation valve, in order to collect and filter any leaks before a radioactive release occurs. Penetrations shall ensure structural integrity and leaktightness.

De stomp, om een gezamenlijke set van doorvoeren, is gekozen als oplossing voor de hierboven gestelde eis van een omsluitende structuur. De isolatiekleppen worden zo dicht mogelijk tegen deze stomp aan gepositioneerd. Door het plaatsen van een testnippel op deze stompen kan de lekdichtheid van de doorvoeren gegarandeerd worden. De structurele integriteit van de doorvoeren en de stomp zal tijdens de ontwerp en constructie fase gegarandeerd worden door toepassing van het stroomdiagram voor wijzigingen, zoals beschreven in de PRDA en onderliggende technische codes. In de gebruikersfase zal de structurele integriteit aangetoond dienen te worden in het In Service Inspectieplan. Het bestaande In Service Inspectieplan dient hiervoor aangepast te worden.

DSR 3.6 (6a) The containment shall be protected by structural decoupling such that its stability is also maintained in case of human induced hazard conditions.

Het CNS koelgebouw blijft structureel ontkoppeld van de reactorhal. De in koppeling van spanningen vanuit het verbindende leidingwerk tussen het koelgebouw en de reactorhal wordt op thermische expansie beoordeeld.

DSR 3.6 (12) Loops that are closed either inside or outside the containment envelope shall have at least one isolation valve outside the containment envelope at each penetration. Each containment isolation valve as such fully complies with the specified tightness conditions.

Voor de te installeren isolatiekleppen geldt dat het leidingwerk waarin de isolatiekleppen geplaatst worden tenminste aan één zijde een gesloten kring



vormt. Er zal dus één isolatieklep geplaatst worden aan de buitenzijde van het containment. Voor het beproeven van de lekdichtheid van de isolatiekleppen kan een tweede (hand) klep geïnstalleerd worden. Zie voor een beschouwing van het testen van de lekdichtheid van de verschillende isolatiekleppen de separate secties in het vervolg van dit hoofdstuk. De uiteindelijke eis aan de lekdichtheid van de reactorhal wordt bepaald door de voorwaarden uit het BOB.

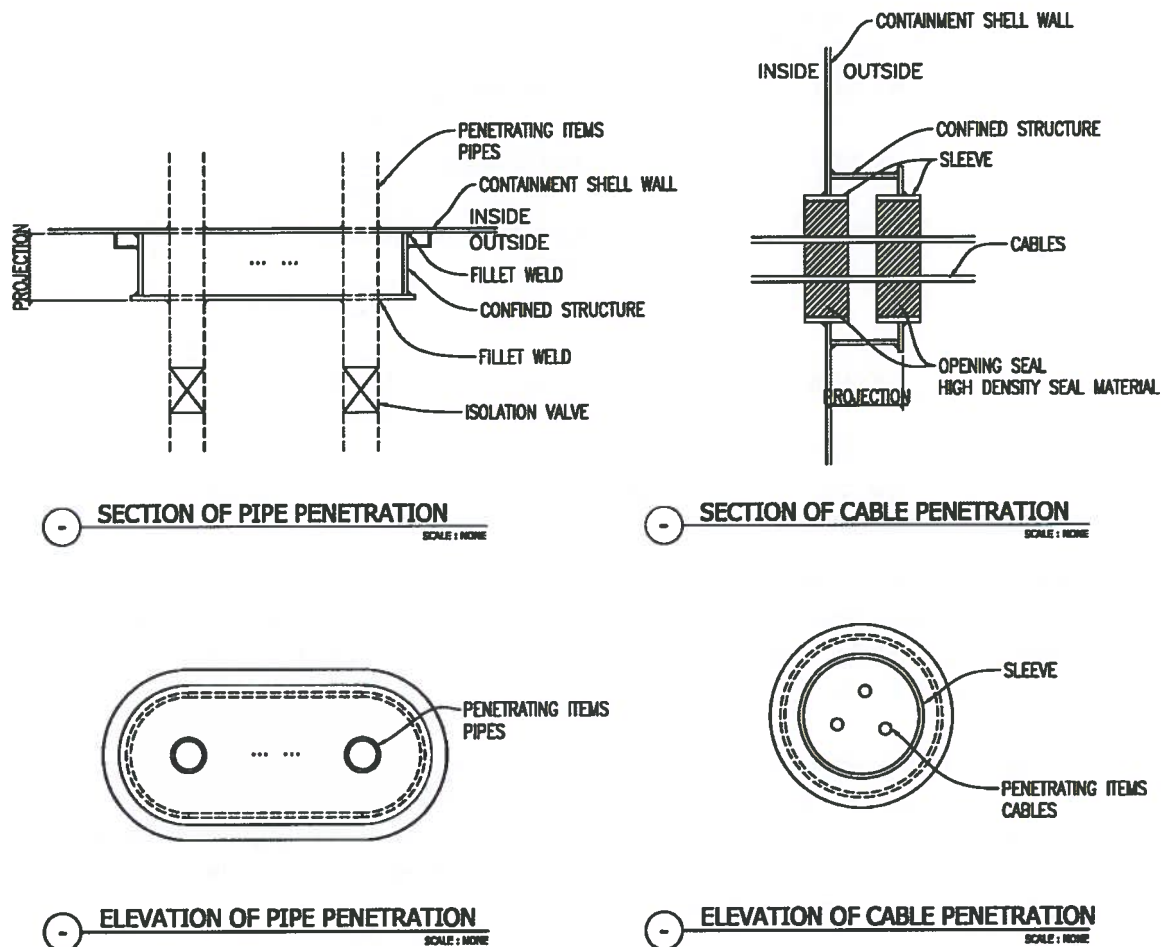
DSR 3.6 (13) Penetrations (e.g. pipes, ventilation ducts, etc.) that are in contact with the reactor coolant or the internal atmosphere of the containment and penetrate the latter generally have two isolation valves, one of them located within the containment and the other outside as near as possible to the containment. Exceptions are permissible if these are necessary due to the technical features or operating mode (e.g. valves that have to be opened for accident management) of the pipe concerned and if the safety function of the containment system is not impaired.

Geen van de in dit wijzigingsvoorstel beschouwde isolatiekleppen staat in rechtstreeks contact met het reactor koelmiddel of de interne atmosfeer van de reactorhal.

In het veiligheid filosofie document van OYSTER staat de principe uitvoering van een doorvoer door de reactorhal volgens de eisen van de DSR beschreven. In Figuur 20 geeft een voorbeeld voor de uitvoering van dergelijke doorvoeren. Leiding doorvoeren worden omringd door een omsloten structuur (de doorvoerstomp). Zo dicht mogelijk tegen deze doorvoerstomp wordt de eerste veersluitende isolatie klep geplaatst. Kabel doorvoeren worden tevens gerealiseerd met een doorvoerstomp, waarbij aan beide zijden een elastische afdichting wordt gerealiseerd. De omsloten structuur wordt aan het containment gelast volgens de richtlijnen uit de PRDA. Voor leidingdoorvoeren geldt dat deze aan beide zijden van de doorvoerstomp gelast zullen worden.

In de doorvoerstoppen wordt een testnippel aangebracht. Met behulp van deze testnippel kan het "lokale" lek van de doorvoerstomp periodiek getest worden op de maximale ontwerpdruk van het containment (10kPa).

In de rest van dit document wordt het bovenstaande principe verder uitgewerkt.



Figuur 20 Reactorhal doorvoeren

2.2.2. Beschrijving nieuwe situatie

Voor het OYSTER project zijn een zestal nieuwe leidingdoorvoeren noodzakelijk. Een overzicht van de nieuwe, door de reactorhalwand te voeren, leidingen voor het functioneren van de CNS is te vinden in Tabel 1. De doorvoering van deze leidingen is verdeeld over twee doorvoerstompen: CNS doorvoerstomp en Waterstof doorvoerstomp. De doorvoeringen van de buizenpost leidingen worden ondergebracht in de buizenpostdoorvoerstomp. Een verdere uitwerking van de details van deze doorvoeringen is te vinden in het vervolg van dit hoofdstuk.



Tagname isolatieklep	Beschrijving		Medium
AV-001	He toevoer leiding	Outer	Vacuum
		Inner	He
AV-002	He retour leiding	Outer	Vacuum
		Inner	He
AV-102	waterstof toe- en afvoerleiding	Outer	N ₂
		Inner	H ₂ , vacuum
AV-216	Vacuum systeem	Outer	He
		Inner	Vacuum
AV-301	Stikstof mantel		N ₂ gas
AV-351	Helium mantel		He gas

Tabel 1: Overzicht van de benodigde CNS kleppen

CNS doorvoerstomp

Vijf van de leidingen voor het functioneren van de CNS worden onder gebracht in een gezamenlijke doorvoerstomp ter hoogte van de brug tussen het CNS koelgebouw en de reactorhal.

In deze doorvoerstomp zitten ten eerste de twee cryogene leidingen welke het koude helium van de cryogene units in het CNS koelgebouw naar de koude bron brengen en weer terug. Deze leidingen zijn dubbelwandig uitgevoerd, waarbij de mantel onder vacuüm wordt gebracht ter thermische isolatie van het cryogene helium ten opzichte van de omgeving.

De derde doorvoer wordt gevormd door een vacuümleiding. De vacuümleiding is tevens een dubbelwandige pijp en zal ook door de CNS doorvoerstomp geleid worden. In dit geval vormt de mantel de hypothetische explosie barrière. De mantel is in dit geval gevuld met helium voor het deel binnen de reactorhal en gevuld met stikstof buiten de reactorhal.

De laatste twee toevoerleidingen die door de CNS doorvoerstomp zullen lopen zijn voor de toevoer van stikstof en helium naar de CNS systemen in de reactorhal. Deze leidingen worden enkelwandig uitgevoerd. Deze gassen gebruikt voor de vulling van de mantels om de eigenlijke proces systemen. Wanneer de mantel blootgesteld kan worden aan straling afkomstig uit de reactorkern dan wordt de mantel gevuld met helium. Wanneer dit niet het geval is dan wordt de mantel gevuld met stikstof.

De 5 bovenstaande doorvoeringen zullen gecombineerd worden in een gezamenlijke doorvoerstomp ter hoogte van de opstelling van de cryogene units in het CNS koelgebouw. Zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** voor een schets van de locatie van de nieuwe CNS doorvoerstomp. In deze CNS doorvoerstomp zullen tevens de kabels doorgevoerd worden, welke noodzakelijk zijn voor de CNS installatie. Deze kabels zullen doorgevoerd worden via een separaat compartiment in de CNS. Beide compartimenten zullen



een eigen aansluitnippel met bijbehorende handafsluiter krijgen. Door middel van deze aansluitnippels kunnen de beide compartimenten individueel op lektheid beproefd worden.

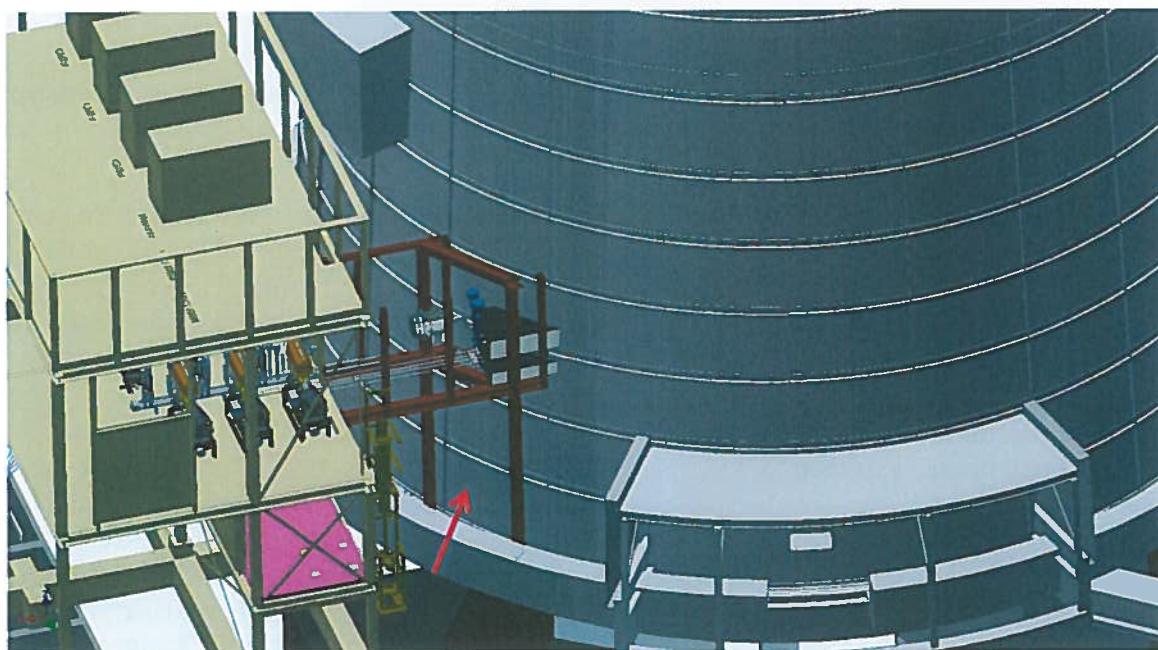
Voor de gezamenlijke CNS doorvoerstomp zal een bijbehorend Test en Inspectie Plan opgesteld worden voor afname van dit onderdeel.

Waterstof doorvoerstomp

De leiding voor het vullen en legen van het waterstof systeem zal een separate doorvoerstomp krijgen op grondniveau. Er is voor een separate doorvoer gekozen om deze leiding zo kort mogelijk te kunnen houden om zodoende geen onnodig waterstof te verliezen tijdens het vullen van het systeem. Tevens wordt hierdoor bereikt dat de leiding met explosieve gassen gescheiden blijft van leidingen waar geen explosieve gassen doorheen gevoerd worden. De locatie van deze doorvoer is nog niet exact vastgelegd, maar is ter indicatie aangegeven met de rode pijl in Figuur 21

Deze leiding die alleen gebruikt wordt tijdens het vullen en legen van het waterstof systeem, is vanwege explosieveiligheidsverplichtingen (ATEX) dubbelwandig uitgevoerd binnen de afgesloten ruimte van de reactorhal. Dit ondanks het feit dat deze leiding onder normale bedrijfsomstandigheden niet met waterstof gevuld zal zijn. De mantel in de reactorhal is gevuld met stikstof.

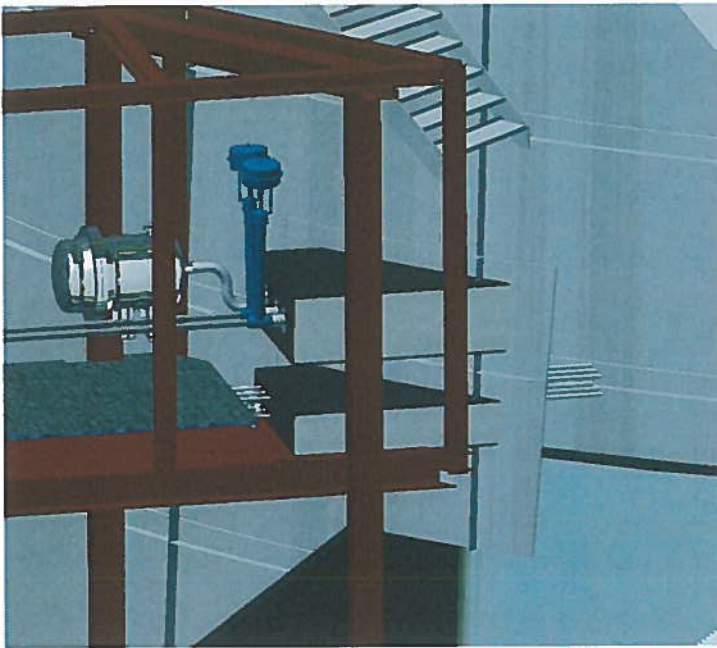
Voor de waterstof doorvoerstomp zal een bijbehorend Test en Inspectie Plan opgesteld worden voor afname van dit onderdeel.



Figuur 21 **Locatie nieuwe doorvoeren**



Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. geeft een detail beeld van de doorvoeringen ter hoogte van de cryogene apparaten. In deze schets is tevens de buizenpostdoorvoerstop te zien. Deze doorvoerstop zal hieronder generiek beschreven worden. Het vat dat gepositioneerd is naast de CNS doorvoerstop is een vat waarbinnen de isolatieklep van de vacuümleiding geïnstalleerd zal worden. Het weergegeven omhullende vat is onderdeel van de zogenaamde hypothetische explosie barrière. Verder zijn in Figuur 22 de cryogene isolatie kleppen ingetekend in blauw.



Figuur 22 Locatie nieuwe CNS doorvoeren ter hoogte van de brug tussen het CNS koelgebouw en de reactorhal (detail)

Buizenpostdoorvoerstop

De buizenpostleidingen zullen in de nieuwe situatie niet langer in een buizenpostbrug van het laboratorium Noord naar de reactorhal geleid worden, maar worden geïntegreerd in het CNS koelgebouw. Dit resulteert in een andere (hogere) doorvoer hoogte door de reactorhalwand en daarom is een nieuwe doorvoerstop met bijbehorende nieuwe doorvoeren nodig. De nieuwe buizenpost doorvoeringen zullen aan de DSR eisen voldoen. Dit biedt tevens de mogelijkheid te voorzien in de huidige wensen van de gebruikers van de buizenpost systemen.

De oude buizenpostdoorvoerstop zal verwijderd worden en de reactorhalwand zal worden dichtgemaakt met behoud van sterkte van de koepel constructie. Speciale aandacht dient besteed te worden aan de sterkte van de reactorhalwand tijdens het verwijderen van de oude buizenpostdoorvoerstop. Aangezien dit sterkte berekeningen zijn aan het containment zullen deze berekeningen voor aanvang van de werkzaamheden gecontroleerd en goedgekeurd dienen te worden door Lloyd's Register Nederland BV.



Zoals te zien in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zal de nieuwe buizenpostdoorvoerstomp gepositioneerd worden onder de CNS doorvoerstomp. De buizenpostdoorvoerstomp zal ruimte beiden aan maximaal 8 buizenpost systemen. Dit zijn maximaal zestien doorvoeren met een bijbehorend aantal isolatiekleppen. Het daadwerkelijke aantal buizenpost systemen is vast gesteld op 6 gebaseerd op de wensen van de gebruikers van de buizenpost systemen.

Voor de gezamenlijke buizenpostdoorvoerstomp zal een bijbehorend Test en Inspectie Plan opgesteld worden voor afname van dit onderdeel.

Aansturing

Alle te installeren isolatiekleppen worden veersluitend (fail to close) uitgevoerd. Bij het wegvallen van de perslucht en/of elektrische aansturing zullen de kleppen dan naar de veilige gesloten positie gaan. Om de faalkans op onveilig falen (dangerous failure rate) van de aansturing van de klep te verlagen worden twee magneet ventielen in serie gezet in de perslucht toevoer. Mocht één van de magneet ventielen niet sluiten, dan zorgt de tweede magneetventiel toch voor een veilige sluiting van de veersluitende isoaltieklep.

2.3. Beoordelen van de nieuwe situatie t.o.v. de oude situatie

Een zestal nieuwe doorvoeren zullen gerealiseerd worden voor de CNS. Daarnaast wordt een doorvoer module geplaatst voor een minimum van 11 kabels.

De bestaande doorvoer van de buizenpostleidingen worden dicht gemaakt en een nieuwe doorvoering zal gerealiseerd worden ter hoogte van de brug tussen het CNS controle gebouw en de reactor. Op deze wijze wordt het onderhoud en periodieke beproeving van de isolatiekleppen vereenvoudigd.

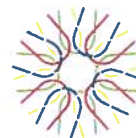
Alle isolatiekleppen zitten in de nieuwe situatie aan de buitenzijde van het containment, in een afgesloten ruimte die beschermd is tegen weersinvloeden.

De doorvoeringen kunnen lokaal op lek dichtheid getest worden.

Ook de lek dichtheid van de isolatiekleppen kan lokaal getest worden (zie per isolatieklep de wijze waarop).

Standmelding op de isolatiekleppen vergroot de zekerheid van de daadwerkelijke stand van de kleppen.

Tweetal magneetventielen in de perslucht toevoer richting de actuator van de isolatieklep ter verkleining van de gevolgen van een gevaarlijk falende magneetventiel (blijven plakken in de open stand).



3. Radiologische aspecten

Alle werkzaamheden zullen plaatsvinden tijdens de langdurige stop van de reactor voor het OYSTER project. De locatie van de doorvoeren en isolatiekleppen is zodanig dat geen extra stralingsbelasting is te verwachten.

De buizenpostleidingen die zullen worden hergebruikt kunnen aan de binnenzijde licht besmet zijn. Werkzaamheden hieraan zullen door RID personeel worden uitgevoerd onder toezicht van de Stralings Beschermings Dienst (SBD).

4. Ontmanteling

Voor ontmanteling is de besmettingsgraad in de buizenpostkleppen van belang. Uit eerdere werkzaamheden aan de buizenpostkleppen is bekend dat de besmettingen in de buizenpost kleppen mee valt en deze eenvoudig zijn te decontamineren. Na decontamineren kunnen deze kleppen evenals de overige kleppen als conventioneel afval worden afgevoerd. In de te vervangen doorvoerkogels in de oude buizenpostleidingen is geen activering of besmetting te verwachten.

5. Storings- en ongevalsanalyse

Voor alle isolatiekleppen geldt dat ze in een gesloten loop geïnstalleerd zijn. Meervoudig falen is daarom noodzakelijk om daadwerkelijk een mogelijk lekpad naar de omgeving te creëren (zowel de klep als de leiding moet falen).

Met een wekelijkse test frequentie van het functioneren van de aansturing van de isolatiekleppen wordt een hoge mate van zekerheid gerealiseerd dat de isolatieklep zal functioneren op het moment van vraag. Door het installeren van een tweetal magneetventielen in de toevoerleidingen van de perslucht voor de sturing van de kleppen, wordt tevens de kans van een niet functionerend magneetventiel verkleind.

Functionering van de isolatiekleppen kan worden geverifieerd door de geïnstalleerde standmelding.