

Analyse, inform and activate

LAKA

Analyseren, informeren, en activeren

Stichting Laka: Documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie

De Laka-bibliotheek

Dit is een pdf van één van de publicaties in de bibliotheek van Stichting Laka, het in Amsterdam gevestigde documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie.

Laka heeft een bibliotheek met ongeveer 8000 boeken (waarvan een gedeelte dus ook als pdf), duizenden kranten- en tijdschriften-artikelen, honderden tijdschriftentitels, posters, video's en ander beeldmateriaal. Laka digitaliseert (oude) tijdschriften en boeken uit de internationale antikernenergie-beweging.

De [catalogus](#) van de Laka-bibliotheek staat op onze site. De collectie bevat een grote verzameling gedigitaliseerde [tijdschriften](#) uit de Nederlandse antikernenergie-beweging en een verzameling [video's](#).

Laka speelt met oa. haar informatie-voorziening een belangrijke rol in de Nederlandse anti-kernenergiebeweging.

The Laka-library

This is a PDF from one of the publications from the library of the Laka Foundation; the Amsterdam-based documentation and research centre on nuclear energy.

The Laka library consists of about 8,000 books (of which a part is available as PDF), thousands of newspaper clippings, hundreds of magazines, posters, video's and other material. Laka digitizes books and magazines from the international movement against nuclear power.

The [catalogue](#) of the Laka-library can be found at our website. The collection also contains a large number of digitized [magazines](#) from the Dutch anti-nuclear power movement and a [video-section](#).

Laka plays with, amongst others things, its information services, an important role in the Dutch anti-nuclear movement.

Appreciate our work? Feel free to make a small [donation](#). Thank you.



www.laka.org | info@laka.org | Ketelhuisplein 43, 1054 RD Amsterdam | 020-6168294

Definitieve reparatie van BPL-reducers

Haalbaarheidstudie
"betonroute"

Vertrouwelijk

rev. nr.	datum	omschrijving
B	09-01-2009	Intern commentaar verwerkt
A	31-12-2008	1 ^e concept voor interne review

auteur (s):	F.J. Wijtsma	<i>2009-01-09</i>	beoordeeld:	J.F. Offerein	<i>09/01/2009</i>
				J.J. Bijlsma	<i>12/01/09</i>
				C. Kalverboer	<i>13/01/09</i>
naam:	92828.doc		goedgekeurd :	E.J. de Widt	<i>14-01-2009</i>
Referentienr:	NRG-25079/08.92828				
49 blz	09 januari 2009				

Inhoudsopgave

Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	4
Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Systeembeschrijving	9
2.1 Algemeen	9
2.2 In Service Inspecties	9
2.3 Bottom Plug Liner	11
3	12
3 Probleemstelling	13
3.1 Algemeen	13
3.2 Definitieve oplossing	14
3.3 Draineren primair systeem	14
3.4 Verwijderen beton	14
3.5 Haalbaarheid	15
4 Verwijderen componenten	17
4.1 Algemeen	17
4.2 Demontage van reactorvatcomponenten	17
4.3 Verwijderen bassincomponenten opslag- en hulpstukken	18
4.4 Regelstaaf aandrijfmechanismes	18
5 Ondersteunen en fixeren reactorvat	21
5.1 Algemeen	21
5.2 Fixeren van het reactorvat	23
5.3 Ondersteunen bodemplug in subpile room	24
5.4 Ondersteunen 8" doorvoering in subpile room	25
5.5 Ondersteunen van bodemconstructie reactorbassin	25
5.6 Conclusies en aanbevelingen	25
6 Verwijderen beton rondom reducers	29
6.1 Algemeen	29
6.2 Reducer zuid	29
6.2.1 Drainleiding van het reactorvat	31
6.2.2 Toe- en afvoerleidingen van bassinkoeling	33
6.2.3 Werkwijze reducer Zuid	33
6.3 Reducer Noord	34
6.3.1 Aanwezige leidingen	35
6.3.2 Werkwijze Reducer Noord	36
6.4 Conclusies en aanbeveling	36

7	Stralingshygiënische aspecten	39
7.1	Algemeen	39
7.2	Drainen primair systeem	39
7.3	Identificatie stralingsbronnen	40
7.4	Drainen reactorbassin	40
7.5	Dosistampi en –limieten	41
7.6	Benodigde afscherming	41
7.7	Conclusies en aanbeveling	41
8	Conclusies	43
	Referenties	45
Bijlage A	Tekeningenlijst	47
	Distributielijst	49

Lijst van tabellen

Overzicht verwijderen reactorvat internals en externals	19
---	----

Lijst van figuren

HFR reactorgebouw met rechts doorsnede reactor en spent fuel pool.....	9
Doorsnede van de reactor en 3D impressie van de BPL met reduceerstukken	10
Deformaties noord en zuid reducer	11
Foto van de reducer Noord voor het storten van beton	12
Constructietekening reactorbassin.....	22
Onderbouw reactorhal	27
Reduceer zuid, gezien vanaf de westzijde.....	30
Reduceer zuid, gezien vanaf de oostzijde	31
Subpile room, aanzicht onderkant bodemplug.....	32
Zicht op bovenkant bodemplug, aan de linkerzijde is de opening van de drainleiding reactorvat zichtbaar	32
Reducer Noord	35

Samenvatting

In dit rapport wordt de haalbaarheid voor het creëren van werkomstandigheden die de definitieve reparatie van de beschadigde bodemplug reducers via de betonroute mogelijk maken beschreven. Deze aanpak van de definitieve reparatie wordt gekenmerkt door de noodzaak tot het verwijderen van grote hoeveelheden beton van uit de onderzijde van de vloer van het reactorbassin en wordt daarom de “betonroute” genoemd.

Bij een dergelijke reparatie worden de beide reducers bloot gelegd voor de uitvoering van de reparatie. Vervolgens worden de beschadigde delen van de reducers vervangen.

De haalbaarheid is gebaseerd op een evaluatie van mogelijkheden en potentiële problemen ten aanzien van:

- Verwijderen van componenten (reactorvat internals, externals en overige systeemdelen);
- Ondersteuning en fixatie van het reactorvat en bodemplug;
- Bereikbaarheid van de reducers;
- Stralingshygiënische aspecten.

Een definitieve reparatie is haalbaar indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De reparatie kan droog worden uitgevoerd i.v.m. de toegankelijkheid en het lassen van de Al-reducers;
- De locatie van de reparatie (beperkt) toegankelijk is voor het personeel. De stralingsniveaus moeten daartoe tot een acceptabel niveau worden gereduceerd.

De technische uitvoeringsaspecten, met name de wijze waarop het beton wordt verwijderd en de reparatie/vervanging van de reducers, vallen buiten het kader van de haalbaarheidstudie.



1 Inleiding

Tijdens de in-service inspectie van de HFR in augustus 2008 is ter plaatse van de deformaties in de noord reducer (deformatie 2) een gasbellenspoor waargenomen. De locatie van optreden was in de buurt van de las van de reducer en in de nabijheid van de flens van het manteldroogstelsysteem.

Ten gevolge van deze waarneming heeft NRG besloten de reactor niet te starten voor de geplande september cyclus en om nader onderzoek t.a.v. de omvang, oorzaak en de consequenties van de beschadigingen van de reducers uit te voeren. Ook het reeds in gang gezette onderzoek naar mogelijke reparaties is met hoge prioriteit voortgezet.

Een van de mogelijke oplossingen is het compleet vervangen van de beschadigde delen van de reducers door het verwijderen van het beton, verwijderen van de beschadigde (gedeformeerde) delen, repareren van de reducers en vervolgens weer aanbrengen van beton teneinde de afscherming en mechanische sterkte te herstellen. Deze oplossing maakt het dus noodzakelijk om grote delen van het beton te verwijderen om toegang tot de reducers te krijgen.

Dit rapport beschrijft de haalbaarheid van het creëren van werkomstandigheden die een definitieve reparatie van de beschadigde bodemplug reducers mogelijk maken. De haalbaarheid is gebaseerd op een evaluatie van mogelijkheden en potentiële problemen ten aanzien van:

- Verwijderen van componenten (hoofdstuk 4);
- Ondersteuning en fixatie van het reactorvat en bodemplug (hoofdstuk 5);
- Bereikbaarheid van de reducers (hoofdstuk 6);
- Stralingshygiënische aspecten (hoofdstuk 7).

De technische uitvoeringsaspecten, met name de wijze waarop het beton wordt verwijderd en de reparatie/vervanging van de reducers, vallen buiten het kader van de haalbaarheidstudie.

Naast een systeembeschrijving in hoofdstuk 2 en een nadere probleemstelling gepresenteerd in hoofdstuk 3, worden de voornaamste conclusies in hoofdstuk 8 samengevat.

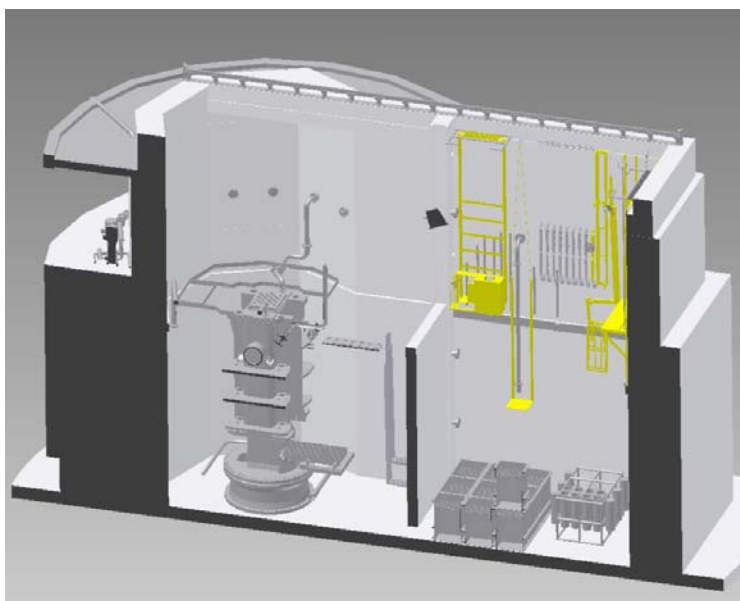


2 Systeembeschrijving

2.1 Algemeen

Nuclear Research and consultancy Group (NRG) bedrijft en onderhoudt de Hoge Flux Reactor in Petten, Nederland. De HFR is een 45 MW tank-in-pool ontwerp nucleaire reactor en is in 1961 in bedrijf genomen. De HFR wordt gebruikt voor de productie van medische radio-isotopen en voor het doen van onderzoek op het gebied van nucleaire brandstoffen en materialen.

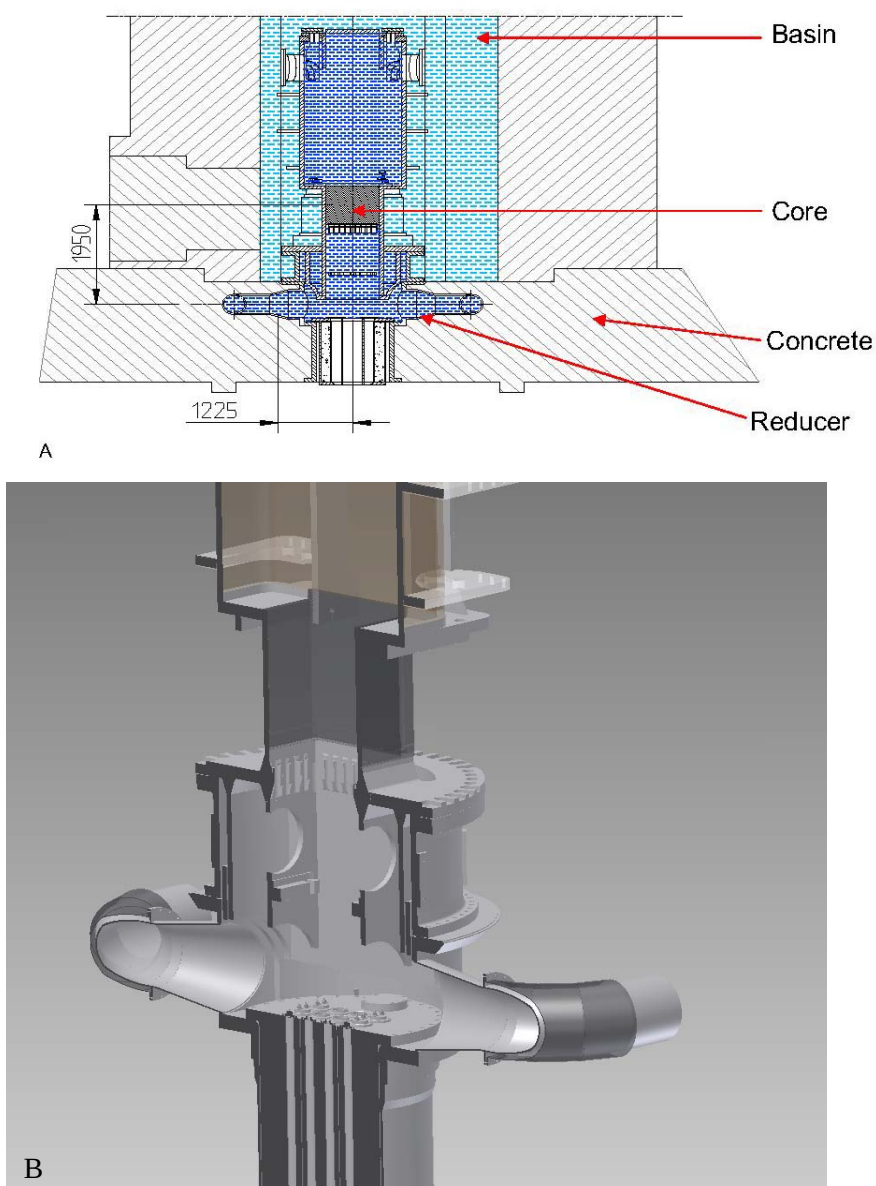
De reactor is gemiddeld 280 dagen per jaar in bedrijf. Deze beschikbaarheid is verdeeld over 10 cycli van circa 28 dagen met daartussen korte stopperiodes voor het uitvoeren van preventief en correctief onderhoud en het wisselen van de experimenten en splijtstofelementen. Figuur 2.1 geeft een overzicht van het reactorgebouw en een meer gedetailleerd beeld van de verschillende bassins met daarin het reactorvat.



Figuur 2.1 HFR reactorgebouw met rechts doorsnede reactor en spent fuel pool

2.2 In Service Inspecties

Ieder jaar worden 2 periodes van 3 à 4 weken besteed aan grootschalig onderhoud, modificaties en (vergunningsgelerateerde) inspecties. Gedurende de inspectie in 2005 zijn er 4 deformaties in het primaire systeem waargenomen. Deze deformaties bevinden zich in het uitgaande gedeelte van het reactorvat, de zogenaamde reduceerstukken in de noord- en zuidzijde van de bodemplug liner ("BPL Bottom Plug Liner"). Dit gedeelte van het primaire systeem (Figuur 2.2) bevindt zich direct onder het reactorvat.



Figuur 2.2 Doorsnede van de reactor en 3D impressie van de BPL met reduceerstukken

In de hierop volgende jaren zijn de deformaties gekarakteriseerd (contour, locatie en wanddikte) en is de ontwikkeling van de deformatie gevolgd. Deze In Service Inspecties zijn uitgevoerd in 2006 (2x), 2007 en 2008 en hebben aangetoond dat lokaal de wanddikte significant is afgenomen t.o.v. de originele waarde van 9.5 mm.

Tijdens de ISI van 2008 zijn kleine gasbellen afkomstig van het oppervlak van één van de deformaties aan de noord reducer waargenomen. Dientengevolge heeft NRG besloten de cyclus van september 2008 niet te starten.

In het algemeen worden 3 types inspecties uitgevoerd. Visuele inspecties worden uitgevoerd d.m.v. onderwatercamera's en ultrasoonstechnieken worden toegepast ter bepaling van wanddiktes en contouren en om corrosie aan te tonen. Wervelstroomtechniek wordt toegepast om oppervlaktebrekende defecten aan te tonen. De inspecties worden uitgevoerd onder toezicht van en volgens door Lloyd's Register goedgekeurde procedures.

Tijdens de 2005 ISI zijn 4 deformaties waargenomen, 1 in de zuid reducer en 3 in de noord reducer. Deze deformaties dringen de reducers in en bevinden zich in de nabijheid van de las, dus aan de zijde van de overgang naar de primaire leiding (zie Figuur 2.3).



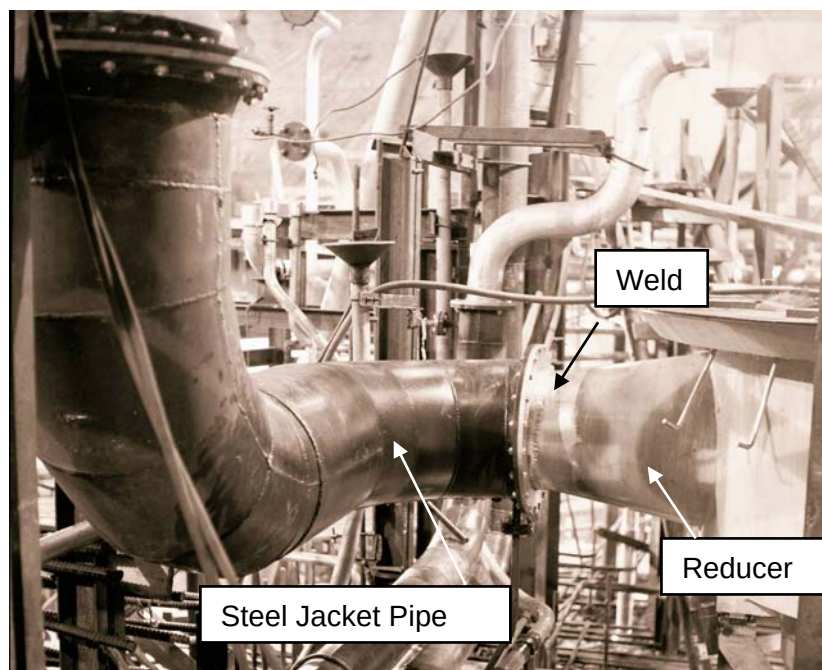
Figuur 2.3 Deformaties noord en zuid reducer

2.3 Bottom Plug Liner

Het primaire koelwater treedt vanaf de bovenzijde de bodemplug in en stroomt vervolgens naar de noord en zuid reducers van het primaire systeem. De reducers hebben een diameter van circa 600 mm (22") aan de intreezijde en verlopen naar circa 400 mm (16") aan de uittreezijde. Het materiaal van de reducers is AA5052-0. De primaire leidingen zijn aan de reducers gelast. Deze leidingen worden omgeven door een stalen mantelpijp die mechanisch d.m.v. een flensverbinding verbonden is met de primaire leiding (zie Figuur 2.4). Om de luchtvochtigheid te beheersen wordt de ruimte tussen de mantelpijp en de primaire leiding gespoeld met droge lucht.

Het geheel van bodemplug, reducers, primaire leidingen en mantelpijpen is gegoten in 2 meter dik beton.
 Figuur 2.4 geeft een impressie van de BPL en de primaire leiding voor het storten van het beton.

Figuur 2.4 Foto van de reducer Noord voor het storten van beton



3 Probleemstelling

3.1 Algemeen

Teneinde de bedrijfsvoering van de HFR weer mogelijk te maken zijn er 3 verschillende oplossingen ontwikkeld, te weten:

- Interim oplossing; hierbij wordt na het installeren van aanvullende detectie-, beheers- en monitoringsystemen en procedurele maatregelen de bedrijfsvoering hervat. Het doel van de aanvullende instrumentatie is om in een vroegtijdig stadium lekkage vanuit de reducers waar te kunnen nemen en de ontwikkeling van de lekgrootte te kunnen volgen en te beheersen.
- Tijdelijke oplossing; door het aanbrengen van bussen (“sleeves”) over de beschadigde delen van de reducers, worden de lektheid en daarmee de functionaliteit (koelwatergeleiding) hersteld. Hierbij vormen de afdichting van de sleeve in de reducer cq primaire pijp d.m.v. een epoxy pakking en het niet weghalen van de oorzaak van deformaties de grootste problemen.
- Definitieve oplossing; door het vervangen van de gedegradeerde delen van de reducers en door het wegnemen van de oorzaak van de deformaties worden de functionaliteit (koelwatergeleiding en lektheid) volledig hersteld.

De definitieve oplossing heeft zonder twijfel de voorkeur; de benodigde tijd voor realisatie wordt op dit moment op 2 jaar geschat. Deze 2 jaar is gebaseerd op een zogenaamde natte reparatie waarbij het reactorvat gevuld blijft en waarbij de plaats van de reparatie met speciale voorzieningen (“cofferdam”) droog kan worden gemaakt. In dit rapport wordt nagegaan of het mogelijk is om de reparatie geheel droog, dus geen water in het reactorvat, uit te voeren. Hierdoor zou de voorbereidingstijd voor de reparatie aanmerkelijk bekort kunnen worden.

De interim oplossing kan alleen worden geïmplementeerd in combinatie met óf de definitieve oplossing óf in combinatie met de tijdelijke oplossing. De interim oplossing op zich kan geen lange termijn bedrijfsvoering mogelijk maken.

Een definitieve reparatie is haalbaar indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De reparatie kan droog worden uitgevoerd i.v.m. de toegankelijkheid en het lassen van de Al-reducers;
- De locatie van de reparatie (beperkt) toegankelijk is voor het personeel. De stralingsniveaus moeten daartoe tot een acceptabel niveau worden gereduceerd.

3.2 Definitieve oplossing

De definitieve oplossing bestaat globaal uit de volgende activiteiten:

- Verwijderen beton ter plaatse van de reducers;
- Verwijderen van de beschadigde delen van de reducers;
- Repareren van het manteldroogstelsel ter plaatse;
- Repareren van het beton en wegnemen van de oorzaak van de deformaties;
- Monteren van nieuwe delen van de reducers;
- Aanbrengen van beton ter plaatse van de reducers.

Deze activiteiten worden gekenmerkt door twee noodzakelijke voorwaarden, het drainen van het primaire systeem inclusief de reducers en het verwijderen van grote hoeveelheden beton om toegankelijkheid mogelijk te maken.

3.3 Draineren primair systeem

Het primaire systeem kan eenvoudig worden gedraind door gebruik te maken van de aanwezige drainleiding. Door het verwijderen van het water zal echter de afschermbreuk verdwijnen en zullen de stralingsniveaus in de delen van de installatie significant toenemen. Om de belasting op de bodem van het reactorbassin en daarmee de betonconstructie in de subpile ruimte te verminderen dient het water in het reactorbassin te worden verlaagd. Het verlagen van het waterniveau in het reactorbassin draagt eveneens bij aan de toename van de stralingsniveaus in de werkomgeving.

3.4 Verwijderen beton

Het beton in de subpile ruimte maakt deel uit van de draagconstructie van het reactorvat en van de bodemplug. Tevens functioneert het beton als afscherming en is een aantal leidingen van het bassin en primair systeem ter plaatse van de reducers in beton gegoten. Om het verwijderen van beton mogelijk te maken dienen deze systeemdelen vooraf geïsoleerd danwel gedraind te worden. Ook de ondersteunende functie van het beton als deel van de draagconstructie dient op een alternatieve wijze zeker gesteld te worden.

3.5 Haalbaarheid

Om de haalbaarheid van de definitieve oplossing via de betonroute in te schatten, dienen de volgende vragen beantwoord te worden:

- Kan het water in het primaire systeem gedrained worden terwijl de toegankelijkheid van de reactorhal zeker gesteld blijft?
- Is het mogelijk om het waterniveau in het reactorbassin te verlagen zodat de belasting op de bassinbodem wordt gereduceerd terwijl de toegankelijkheid van de reactorhal zeker gesteld blijft?
- Kan de draagconstructie van het reactorvat en van de bodemplug tijdens het verwijderen van het beton op alternatieve wijze worden uitgevoerd zodat de positionering van het reactorvat en bodemplug niet wijzigt?
- Kunnen de in het beton aanwezige leidingen van het bassin en primaire systeem geïsoleerd en gedrained worden opdat de integriteit (lektheid) van de overige systeemdelen gewaarborgd blijft?

Uitgangspunt is om zeker te stellen dat tijdens de uitvoering van de reparatie de veiligheid, zowel conventioneel als radiologisch, voor medewerkers en installatie is gegarandeerd.

In de volgende hoofdstukken worden deze aspecten in detail beschouwd en waar mogelijk conclusies ten aanzien van de haalbaarheid getrokken.



4 Verwijderen componenten

4.1 Algemeen

Voordat tot het verwijderen van het beton kan worden overgegaan dient een groot aantal voorbereidende werkzaamheden te worden uitgevoerd. Deze werkzaamheden zijn te verdelen in:

- Demontage en verwijderen van reactorvatcomponenten;
- Verwijderen bassin componenten en opslag- en hulpsystemen;
- Aanbrengen van afscherming (lokaal en generiek);
- Ondersteunen en fixeren van het reactorvat en bodemplug;
- Implementeren van fysieke toegangsbeperkingen tot met name het 3^{de} bordes reactorhal.

In dit hoofdstuk worden de aspecten m.b.t. de demontage en verwijderen van reactorvatcomponenten, bassincomponenten en overige hulpsystemen nader toegelicht.

4.2 Demontage van reactorvatcomponenten

Het demonteren en verwijderen van de reactorvatcomponenten volgen de werkwijze zoals beschreven in BV M-25 “Demontage van de in- en externals van het reactorvat t.b.v. periodieke inspecties aan en rond het reactorvat” [1].

De werkzaamheden kunnen als volgt worden samengevat:

- Verwijderen van alle kerncomponenten (experimenten, fillers, splijstofelementen, regelstaven en reflectorelementen) alsmede de externe reflectorrij;
- Demontage reactorvat internals (koelwater geleidingsschotten, zijdeksels, oplegplaten, gridbars, lower grid en lower guide plate);
- Verwijderen van vatknives, geleiderollen en PSF-ophangblokken;
- Verwijderen externe experimentele faciliteiten:
 - RODEO monsterhouder en bestralingsbuis;
 - SIDO monsterhouder en neutronenscherm;
 - SURP faciliteit;
 - PSF-tafel Oost;
 - PSF-tafel West.

Een gedetailleerd overzicht van de werkzaamheden en de daarbij noodzakelijke systeemcondities worden in Tabel 4.1 weergegeven.

4.3 Verwijderen bassincomponenten opslag- en hulpstukken

Teneinde het zover mogelijk verlagen van het waterniveau in het reactorbassin mogelijk te maken en daarmee de belasting op de poolliner en onderliggende constructie te minimaliseren, dienen ook alle overige stralingsbronnen, voor zover demontabel, te worden verwijderd. In [6] worden de resultaten van de verkennende metingen naar stralingsbronnen gerapporteerd. Naast de reeds in sectie 4.2 genoemde componenten dienen alle in-kern experimenten, na het verwijderen van de instrumentatieslangen in bassin 1 of het DM-cell bassin geplaatst te worden. Hiermee blijft de experimentenopslag aan de noord- en zuidzijde van het reactorbassin leeg. Ook de PSF-opslagtafel en de eventueel aanwezige PSF-rekken dienen naar bassin 1 (westzijde) te worden verplaatst; indien noodzakelijk worden deze van de hulpsystemen losgekoppeld.

De LEU splijtstofelementen en regelstaven worden verplaatst naar de opslagrekken in het DM-cell bassin resp. aan de westzijde van bassin 1. Dit geldt ook voor de overige kerncomponenten (Al-fillers en reflectorelementen).

Voor de afvoer van de nog resterende HEU splijtstofsecties naar de COVRA dient, in overleg met COVRA en het bevoegd gezag, de planning voor 2009 aangepast te worden opdat vroegtijdig het restant aan HEU kan worden afgevoerd. De HEU secties die bij aanvang van de definitieve reparatie (nog) niet zijn afgevoerd dienen in het DM-cell bassin te worden opgeslagen.

4.4 Regelstaaf aandrijfmechanismes

Het verwijderen van de onderdelen van de regelstaafaandrijfmechanismes en de overige in de sub pile room aanwezige systemen en componenten t.b.v. het ondersteunen van de bodemplug en van het reactorvat wordt in sectie 5.3 beschreven.

Tabel 4.1 Overzicht verwijderen reactorvat internals en externals

<u>Hoog water RB:</u> - PSF opslagrek uit reactorbassin naar 3^{de} Bordes verplaatsen. - Lossen Reactorkern (conform DOC II) . Bij het in de opslag plaatsen van de Incore experimenten de opslag posities 13,16,18 en 19 vrij houden i.v.m verwijdering Neutrografie camera. - PSF experimenten verwijderen en opslaan in Bassin 1 langs zuidwand. - Rodeo monsterhouder lossen en opslaan in Bassin 1.
<u>Laag water RB:</u> - Neutrografie camera verwijderen van PSF en verplaatsen naar 3^{de} Bordes naast Hotcell. - Voorbereiden I-rij verwijderen. De borgblokken verwijderen en wegzetten in bassin 1. - PSF-tafel oost los koppelen en voorbereidingen treffen voor verplaatsing naar Bassin 1 bij hoog water. - Nucleaire kanalen 6, 7 en 12 uit geleide buizen verwijderen. - Geleide buizen nucleaire kanalen 6 en 7 losmaken en voorbereiden voor verwijdering bij hoog water. - SIDO aandrijving verwijderen. - SIDO mantelbuis losmaken en voorbereiden voor verwijdering bij hoog water. - SURP losmaken van PSF en weghangen in RB aan de noordwest kant. - RODEO motor verwijderen. - RODEO faciliteit loskoppelen, verwijderen en weghangen aan oostkant in het RB. - Scheidingsplaten PSF-tafel west verwijderen en opslaan op bodem in bassin 1. - PSF trolley's verwijderen van PSF-tafel west en in volgorde op bodem RB parkeren. - PSF-tafel west los koppelen en voorbereidingen treffen voor verplaatsing naar Bassin 1 bij hoog water.
<u>Hoog water RB:</u> - Be-elementen van de I-rij verwijderen en verplaatsen naar de opslag in Bassin 1 (conform DOC II) . - Geleide buizen Nucleaire kanalen 6 en 7 verwijderen en opslaan in RB oost of Bassin 1. - SIDO mantelbuis verwijderen en opslaan in Bassin 1. - PSF-tafel west verplaatsen en opslaan in Bassin 1. - PSF-tafel oost verplaatsen en opslaan in Bassin 1.
<u>Laag water RB:</u> - Knevels t.b.v. het reactorvatdeksel verwijderen. - Geleiderollen voor reactorvatdeksel verwijderen.

- Ophangblokken voor PSF experimenten verwijderen.
- Drukvereffeningsleidingen Noord en Zuid vanaf side-lids tot aan ingebouwde balgen verwijderen (balgen met blindflens afdichten).

Assistentie verlenen aan MS bij het demonteren en verwijderen van de volgende reactorvat internals:

- Demontage Side-lid Noord en flow deflector.
- Demontage Side-lid Zuid en flow deflector.
- Demontage van de gridbar oplegplaat en gridbars aan de noordzijde. De onderdelen weghangen in emmer in reactorvat.
- Demontage van de gridbar oplegplaat aan de zuidzijde. De onderdelen weghangen in emmer in reactorvat.
- Side lids afblindplaten monteren.

Hoog water RB:

- Emmer(s) met oplegplaten uit het reactorvat verplaatsen naar de noordhoek van het RB (aan de bassinoverlooprand afhangen zo dicht mogelijk bij de bodem).
- Drie gridbars uit het reactorvat verplaatsen naar bassin 1.

Laag water RB:

- Demontage Lowergrid.

Hoog water RB:

- Lowergrid met kleine hijs uit reactorvat hijsen en opslaan in het reactorbassin.

Laag water RB:

- Demontage lowerguide plate.
- Plaatsen beschermplaat op bodemplug.
- Zijdeksels en stroming geleide schotten verwijderen en opslaan op 3^{de} Bordes.

Hoog water RB:

- Lowerguide plate met kleine hijs uit reactorvat hijsen en opslaan in Bassin.

5 Ondersteunen en fixeren reactorvat

5.1 Algemeen

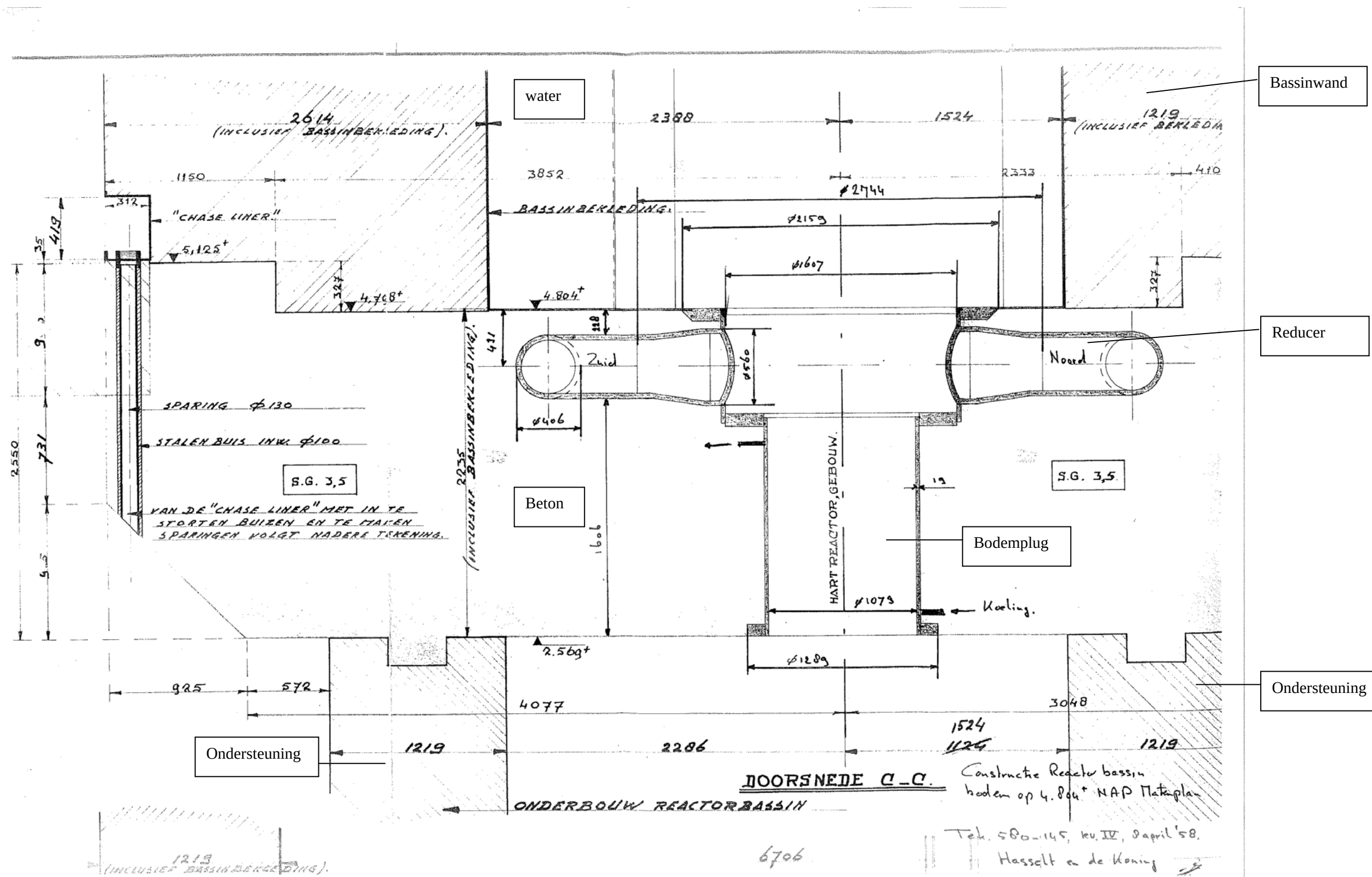
De bodemplug is niet gecentreerd geplaatst in de bodemplug liner en is concentrisch 135 mm in westelijke richting t.o.v. de centerline van reactorvat en bodemplug liner gemonteerd. Hierdoor komt de bodemplug niet gecentreerd uit in de subpile room. Ook de bodemplug liner ligt niet gecentreerd in de subpile room. Deze ligt weer 380 mm in noordelijke richting t.o.v. de centerline subpile room gemonteerd. Het gevolg hiervan is dat mogelijkwerwijs naast een deel van het beton van de bassinbodem (plafond subpile room) ook een deel van de ondersteunende betonconstructie van de bassinbodem (muur subpile room) moet worden weggehaald om de reducer toegankelijk te maken. Dit is afhankelijk van de benodigde ruimte t.b.v. de reparatie (zie Figuur 5.1).

Bijkomend nadeel is dat de begane grond vloer van de reactorhal ook afsteunt en opligt op de bassinbodem en hierop dus extra druk uitoefent.

Bij het verwijderen van het beton van de bassinbodem wordt de fundatie onder het reactorvat, de bodemplug liner en de bodemplug deels weggehaald. Door het verwijderen van de ondersteunende constructie onder de bassinbodem en onder de begane grond vloer wordt de fundatie nog eens extra verzwakt. Het geheel, reactorvat, supportring, bodemplug liner en de bodemplug zal naar beneden willen bewegen. Uiteraard moet dit door maatregelen worden uitgesloten.

Om het beton in de subpile room ter plaatse van de reducers te kunnen verwijderen dienen de volgende voorzorgsmaatregelen getroffen te worden:

- Verwijderen reactorvat internals en externals (zie sectie 4.2);
- Verwijderen en/of verplaatsen componenten uit reactorbassin (zie sectie 4.3);
- Verplaatsen cq afvoeren van LEU en HEU splijfstofsecties (zie sectie 4.3);
- Fixeren van het reactorvat met daaraan de supportring, bodemplug liner en de bodemplug;
- Ondersteunen van de bodemplug in de subpile room;
- Ondersteunen van de 8" doorvoering tussen subpile room en reactorbassin zuid west;
- Ondersteunen van de bodemconstructie van het reactorbassin.



Figuur 5.1 Constructietekening reactorbassin

5.2 Fixeren van het reactorvat

Het fixeren van het reactorvat met daaraan de supportring, de bodemplug liner en de bodemplug heeft tot doel om d.m.v. een hulpconstructie deze componenten zodanig op hun plaats te houden dat beweging in de X, Y en Z-richting te allen tijde wordt voorkomen.

Door middel van een RVS fixeerconstructie op, aan of rond het reactorvat worden het vat en zijn componenten op hun plaats gehouden. De constructie wordt afgestempeld op de reactorbassinwand aan noord- en zuidzijde en vervolgens wordt de constructie doorgetrokken naar boven tot over de bassinrand. Op de bassinrand wordt de constructie d.m.v. chemische ankers vastgezet. Een verplaatsing in X-en Y-richting kan hiermee worden voorkomen.

Door op de constructie vier grote hijsogen te monteren en hieraan een voldoende grote viersprong te monteren kan met behulp van de reactorhalkraan (25 ton) het geheel op spanning worden gezet en op spanning worden gehouden. Hiermee wordt voorkomen dat het geheel naar beneden zal bewegen en dat de constructie zal doorbuigen. De Z-richting is dan tevens gewaarborgd. De halkraan moet dan geblokkeerd worden voor de rest van de reparatie en is dan ook gedurende de gehele reparatie periode niet te gebruiken.

Om het gebruik van de kraan gedurende de reparatieperiode niet te belemmeren, kan eventueel de genoemde constructie dusdanig ontworpen worden dat ook beweging in de Z-richting wordt voorkomen. Hierbij wordt opgemerkt dat belasting van de bodem en de wanden van het reactorbassin wordt uitgesloten; de reactiekrachten dienen door het beton van de bassinwanden opgevangen te worden. De verplaatsing in de Z-richting wordt door het ondersteunen van de bodemplug (zie sectie 5.3) eveneens belemmerd.

Om er zeker van te zijn dat het vat, de supportring en de bodemplug liner niet verplaatsen tijdens de reparatie moet de positie in X, Y en Z-richting worden gemeten. Over het reactorbassin moet de meetbrug uit de vatvervangingsperiode worden geplaatst. Op de meetbrug wordt de X-Y coördinatentafel geplaatst waarop een richtkijker of laser wordt gemonteerd. Ter plaatse in het reactorvat en ter hoogte van bulkhead, het lower guide plate en de drive-tubes worden targets geplaatst. Middels de richtkijker en/of laser worden voordat de reparatie wordt begonnen de verticale en horizontale afwijkingen vastgesteld

tussen de onderlinge targets. Tijdens de reparatie van de reducers en na het aanbrengen van nieuw beton wordt regelmatig gemeten of er zich geen significante afwijkingen hebben voorgedaan (bv. $> 0,1$ mm). Bijkomend voordeel in deze is dat de bestaande bordessen in het reactorbassin, het reactorvat aan de bovenzijde reeds in de bewegingsrichting X en Y beperken.

Daarnaast moet een eventuele verzakking continue worden gemeten. Door een laser continue van Noord naar Zuid of visa versa te laten meten kan de verplaatsing in Z-richting worden gecontroleerd.

Nadat de reparatie is uitgevoerd en alle voorzorgsmaatregelen zijn verwijderd moet een eindmeting worden uitgevoerd welke de verticale lijn “gridbars, lower guide plate en bodemplug” vastlegt. Deze mag maximaal 0,1 mm in X- en Y-richting afwijken. Wordt er een grotere afwijking gemeten dan kan het gebeuren dat valtijden van de regelstaven of een regelstaaf niet meer aan de veiligheidstechnische specificaties voldoen.

5.3 Ondersteunen bodemplug in subpile room

In de subpile room dient de bodemplug met behulp van een vijzelconstructie volledig te worden ondersteund. Alvorens dit kan gebeuren wordt de bodemplug gedraaid en worden de volgende componenten verwijderd:

- de regelstaafaandrijvingen met de betreffende drivetubes;
- de schokabsorbers en de supporttubes;
- alle drain- en aftapleidingen en bijbehorende appendages;
- kabelbanen en de hierin liggende kabels;
- de lekopvanggoot met afvoerleidingen;
- het regelstaven bordes;
- de ophanging en ondersteuning van het bordes;
- het gedeelte van de 8” vul en drain leiding in de subpile room;
- diverse kabels, lichtarmaturen, leidingen, appendages en o.a. de hotdrainpomp.

Nadat alle componenten zijn verwijderd, worden de open doorvoeringen van de bodemplug afgedicht en kan de vijzelconstructie onder de bodemplug worden gemonteerd. Ter bescherming van bodemplug en van de vijzelconstructie wordt de constructie in een gesloten stofdichte ruimte gebouwd.

5.4 Ondersteunen 8" doorvoering in subpile room

Naast de bodemplug, in de zuidwest hoek, is een 8" aluminium doorvoering met een RVS afschermplug gemonteerd welke de subpile room en het reactorbassin met elkaar verbindt. Door het verwijderen van het beton komt deze buis vrij te hangen aan de liner van het reactorbassin. Ook deze buis zal analoog aan de bodemplug volledig met een vizelconstructie ondersteund en afgeschermd moeten worden.

De doorvoering is opgenomen in het manteldroogsysteem. De hiervoor gemonteerde toevoer- en afvoerleidingen worden verwijderd en tijdelijk afgeblind.

5.5 Ondersteunen van bodemconstructie reactorbassin

Doordat een gedeelte van de reactorbassinbodem ondersteuning en een gedeelte van de reactorbassinbodem zelf moet worden verwijderd, dient de reactorbassinbodem ondersteund te worden. Aan de omtrek van de reactorbassinbodem rond de subpile room zijn er 5 á 6 plaatsen waar stempels en vizels geplaatst kunnen worden (zie Figuur 5.2). Deze worden aangebracht nadat de bodemplug is ondersteund (sectie 5.3).

5.6 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van het uitgevoerde onderzoek naar het fixeren van de positie van het reactorvat en de bodemplug kan het volgende worden geconcludeerd:

- Het fixeren van de positie van het reactorvat met daaraan de supportring, bodemplug liner en bodemplug kan met een draagconstructie op de bassinwanden worden uitgevoerd;
- Het gebruik van de roterende halkraan om verticale beweging van het reactorvat te voorkomen sluit gebruik van de kraan tijdens de reparatieperiode uit;
- Om dit te voorkomen heeft een alternatieve oplossing de voorkeur;
- De bodemplug kan d.m.v. een vizelconstructie op de vloer van de subpile room worden afgesteund;
- Dit is ook mogelijk voor het ondersteunen en fixeren van de 8" doorvoering in de subpile room;
- Ter plaatse van de subpile room zijn voldoende posities om m.b.v. stempels en vizels de draagconstructies van het reactorbassin te ondersteunen;
- De positie van het reactorvat en van de regelstaafdoorvoering kan m.b.v. de X-Y coördinatentafel en laser systeem worden gecontroleerd;
- Het verwijderen van het beton t.b.v. de reparatie van de reducers brengt een groot risico met zich mee. Indien de posities van de regelstaafgeleiding door een onvolledige fixatie van de componenten



afwijkt, bestaat de kans dat de valtijden van de regelstaven niet aan de veiligheidstechnische specificaties voldoen. Deze risico's kunnen door de genoemde maatregelen worden beperkt.

NRG-25079/08.92828 rev. B



6 Verwijderen beton rondom reducers

6.1 Algemeen

Om de geconstateerde vervormingen in de reducers tussen de BPL en de primaire uitlaatleidingen te kunnen repareren, is het noodzakelijk het gestorte beton om de reducers en om een deel van de mantelpijpen te verwijderen. In de sectie van het rapport wordt aangegeven welke componenten zich in het beton bevinden en op welke wijze deze systeemtechnisch kunnen worden geïsoleerd dan wel kunnen worden verwijderd.

De methodiek voor het verwijderen van het beton valt buiten de scope van de haalbaarheidstudie.

6.2 Reducer zuid

De ruimte tussen onderzijde bodemplug en de zuidwand van de subpileroom, is aan de zijde van reducer zuid (165-16) 149 cm (zie Figuur 6.1 en Figuur 6.2).

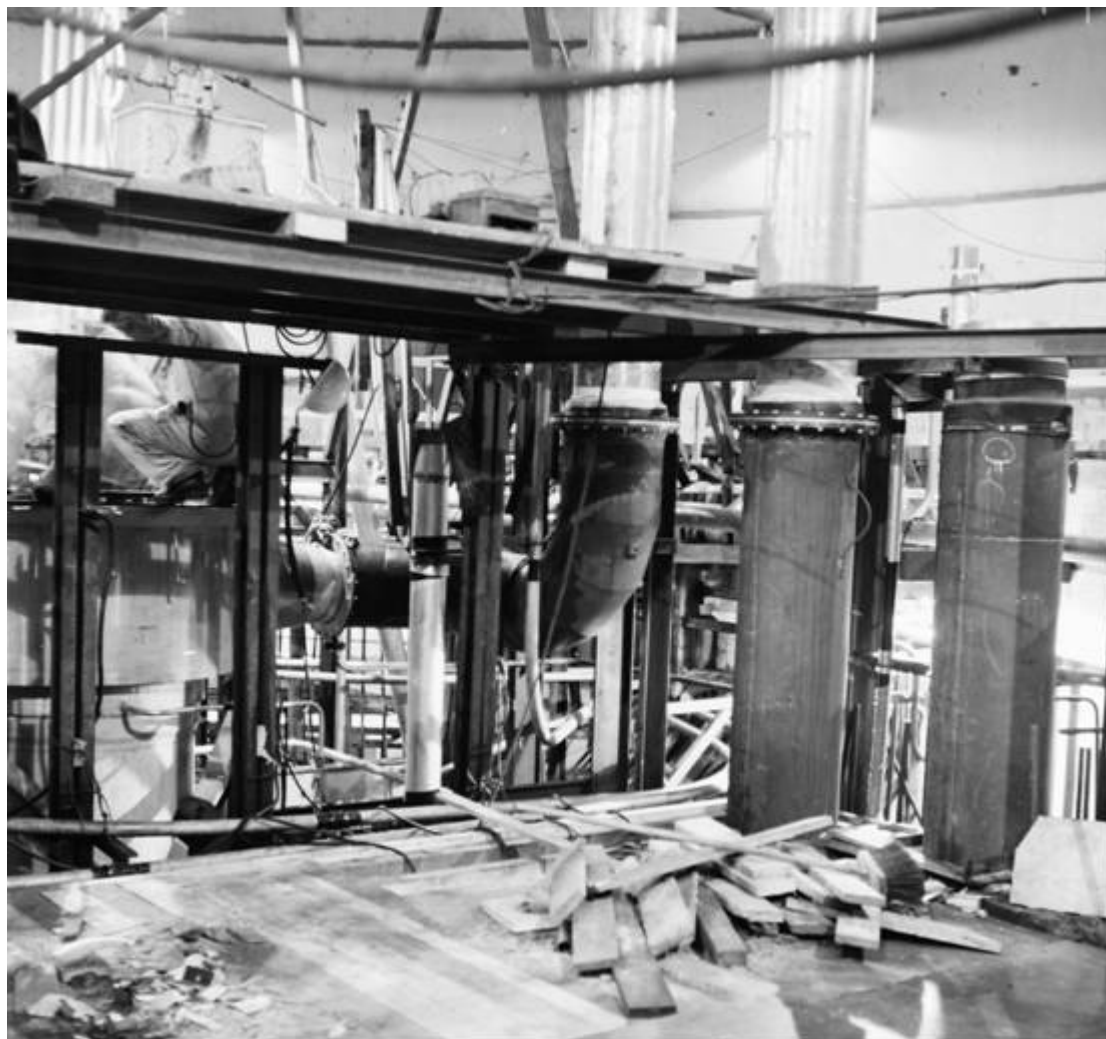
In de AREVA presentatie door Peter Milton op donderdag 2 oktober 2008 [2] is 100 cm in de zuid richting als de benodigde ruimte aangegeven. De flens van de mantelpijp bevindt zich 138 cm uit het hart van de bodemplug; de muur aan de zuidzijde staat op 229 cm afstand. De flens is in bereik van het verwijderingsoppervlak. Het verwijderingsoppervlak begint 90 cm uit het hart van de bodemplug.

In het door AREVA-UDDCOMB aangegeven verwijderingsoppervlak van 150 cm bij 100 cm zijn drie leidingen aanwezig;

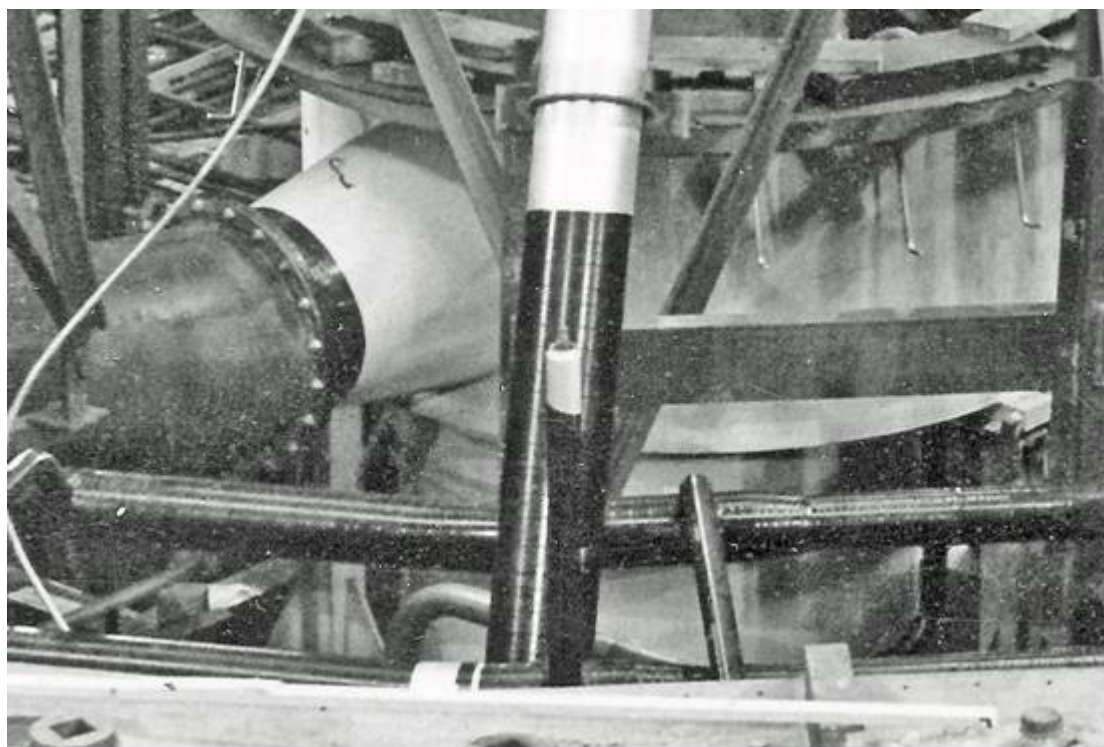
- Drainleiding van het reactorvat;
- Toevoerleiding bassinkoeling bodemplug;
- Afvoerleiding bassinkoeling bodemplug.

Betonijzer (kamstaal) (Ø 2.5 cm bij □ 15 cm) bevindt zich in het beton, horizontaal op 10 cm diepte in het plafond van de subpileroom en op 10 cm vanaf de bodem van het reactorbassin.

Betonijzer (kamstaal) bevindt zich ook in het beton, verticaal op 10 cm afstand vanaf de wand van het gat waarin de bodemplug geplaatst is.



Figuur 6.1 Reduceer zuid, gezien vanaf de westzijde

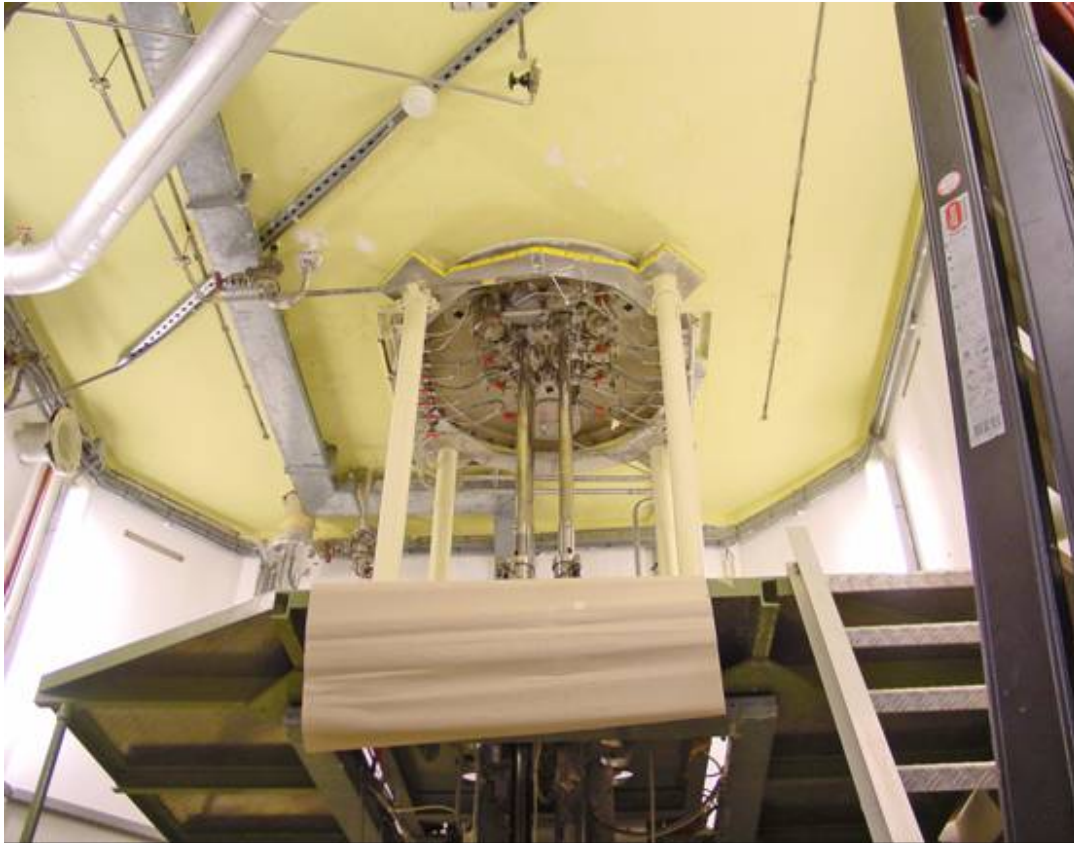


Figuur 6.2 Reduceer zuid, gezien vanaf de oostzijde

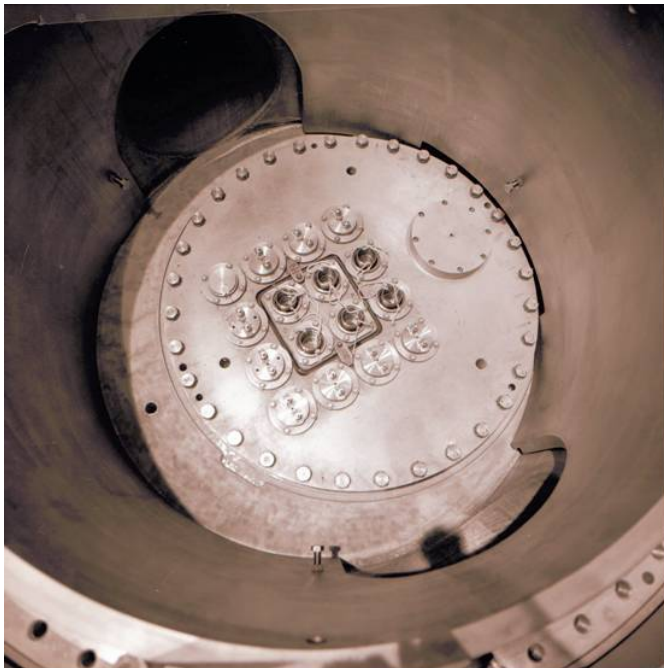
6.2.1 Drainleiding van het reactorvat

In de pijpencorridor bevindt zich afsluiter P-088 waarmee men het reactorvat kan worden gedraind. Om de drainleiding drukloos te maken zal het reactorvat eerst geheel moeten worden gedraind; dit is in ieder geval noodzakelijk als deel van het reparatieplan. Om alleen de drainleiding drukloos te maken, kan worden overwogen een plug of prop aan te brengen in de opening op de bodem van de bodemplugliner (zie Figuur 6.3 en Figuur 6.4).

Details m.b.t. de leidingen en afsluiters kunnen gevonden worden op leidingschema RH-M-P/O sheet 1 “Primary System”.



Figuur 6.3 Subpile room, aanzicht onderkant bodemplug



Figuur 6.4 Zicht op bovenkant bodemplug, aan de linkerzijde is de opening van de drainleiding reactorvat zichtbaar

6.2.2 Toe- en afvoerleidingen van bassinkoeling

De bassin decay tank dient als eerste te worden gedraind, waarbij moet worden gelet op de juiste manier van beluchten i.v.m. kans op imploderen bij onderdruk in de decay tank. Voor een gedetailleerd overzicht zie de tekeningen van het leidingschema Bassin Systeem : RH-M-B/0 sh 1, RH-M-B/0 sh 2 en RH-M-B/0-2.

Alvorens met het drainen van de toe- en afvoerleidingen te beginnen moet eerst een aantal afsluiters worden gesloten om deze leidingen van het bassinsysteem te isoleren.

T.b.v. de toevoerleiding van de bodemplug koeling moeten worden gesloten:

- B-100;
- B-027;
- B-016.

T.b.v. de afvoerleiding van de bodemplug koeling moeten worden gesloten:

- B-206;
- B-055;
- B-030;
- B-101;
- B-160;
- B-161;
- B-008;
- B-009.

De toe- en afvoerleidingen van de bassinkoeling kunnen worden gedraind onderaan de U-benen in het Zwanenmeer d.m.v. van afsluiter B-066 voor de toevoerleiding en B-067 voor de afvoerleiding.

6.2.3 Werkwijze reducer Zuid

De werkwijze voor het verwijderen van het beton ter plekke van de reducer Zuid is samengevat als volgt:

- Staafaandrijvingen en support verwijderen (zie sectie 5.3);
- Kabelgoot verwijderen (zie sectie 5.3);
- Plafond subpileroom ondersteunen (zie sectie 5.5);
- Reactorvat positie zeker stellen (zie sectie 5.2);

- Koelleidingen van de bodemplug aftappen en afsluiters demonteren;
- Drainleiding van het reactorvat aftappen;
- Verlagen van het waterniveau in het reactorbassin;
- Beton (en eventueel koelleidingen van de bodemplug) in verwijderingsoppervlak wegnemen tot op een diepte van ca. 10 cm;
- Kamstaal verstevigingsnet verwijderen;
- Beton, koelleidingen van de bodemplug en de drainleiding van het reactorvat in het verwijderingsoppervlak wegnemen tot op een totale diepte van ca. 160 cm.
Op deze diepte wordt de onderkant van de reducer bereikt;
- Beton verwijderen tot eventueel een hoogte van ca. 2 cm boven de reducer tot 8cm onder het tweede kamstaal verstevigingsnet van rond 2,5 cm – 15 cm. Boven dit net bevindt zich dan nog minimaal ca.10 cm beton waarop de poolliner van de reactorpool rust.

6.3 Reducer Noord

De ruimte tussen onderzijde van de bodemplug en de noordwand, is aan de zijde van reducer noord (86–16) 70 cm (zie Figuur 6.5).

In de AREVA presentatie [2] is 100 cm in deze richting als de benodigde ruimte aangegeven.

De flens van de mantelpijp bevindt zich 138 cm uit het hart van de bodemplug; de muur aan de noordzijde staat op 152 cm afstand. De flens is in bereik van het verwijderingsoppervlak. Het verwijderingsoppervlak begint 90 cm uit het hart van de bodemplug en eindigt tegen de wand bij 150 cm.

Betonijzer (kamstaal, Ø 2.5 cm bij 15 cm) bevindt zich in het beton, horizontaal op 10 cm diepte in het plafond van de subpileroom en op 10 cm. vanaf de bodem van het reactorbassin. Betonijzer (kamstaal) bevindt zich ook in het beton, verticaal op 10 cm. afstand vanaf de wand van het gat waarin de bodemplug geplaatst is.



Figuur 6.5 Reducer Noord

6.3.1 Aanwezige leidingen

In het door AREVA-UDDCOMB aangegeven verwijderingsoppervlak van 150 cm bij 100 cm zijn geen leidingen aanwezig. Er moet rekening gehouden worden met het op geringe afstand benaderen van de bassinkoelleidingen (oude D₂O leidingen) die door het beton lopen aan de noordkant van het uitneembeid. Ook voor deze leidingen dienen vooraf adequate maatregelen te worden getroffen.

6.3.2 Werkwijze Reduceer Noord

De werkwijze voor het verwijderen van het beton ter plaatse van Reduceer Noord is samengevat als volgt:

- Staafaandrijvingen en support verwijderen (zie sectie 5.3);
- Plafond subpileroom ondersteunen (zie sectie 5.5);
- Reactorvat positie zeker stellen (zie sectie 5.2);
- Verlagen van het waterniveau in het reactorbassin;
- Beton in verwijderingsoppervlak wegnemen tot op een diepte van ca. 10 cm;
- Kamstaal verstevigingsnet verwijderen;
- Beton in het verwijderingsoppervlak wegnemen tot op een totale diepte van ca. 160 cm. Op deze diepte wordt de onderkant van de reducer bereikt;
- Beton verwijderen tot eventueel een hoogte van ca. 2 cm boven de reducer tot 8cm onder het tweede kamstaal verstevigingsnet van rond 2,5 cm – 15 cm. Boven dit net bevindt zich dan nog minimaal ca. 10 cm beton waarop de poolliner van de reactorpool rust.

6.4 Conclusies en aanbeveling

Uit de voorgaande beschouwing en beschrijving kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het is mogelijk om d.m.v. het verwijderen van beton vanuit de subpileroom de reducers te bereiken;
- De voor de reparatie noodzakelijke ruimte dient met de potentiële reparateur te worden afgestemd. De voorliggende beschouwing is gebaseerd op het advies van AREVA-UDDCOMB.
- In tegenstelling tot het door AREVA-UDDCOMB [2] aangegeven verwijderingsoppervlak van 150 cm bij 100 cm moet getracht worden dit te minimaliseren;
- In geen geval is het aan te raden om het beton rond de reducers geheel weg te halen, aangezien boven de reducers maar een dunne laag beton overblijft. De sterkte en afscherming hiervan zijn onvoldoende;
- In plaats van een rechthoekige uitsparing is boogvormige verwijdering sterktechnisch een betere oplossing. Ook kan slechts de helft van het beton (tot hartlijn reducer) worden weggehaald waarna de reducer wordt doorgesneden. Vervolgens kan, via de dan ontstane opening, het andere deel van de reducer worden verwijderd. Hiermee blijft zo veel mogelijk beton intact waardoor de afscherming alsmede de mechanische sterkte verbeteren;
- Het isoleren en onderbreken van de in het verwijderingsvolume aanwezige leidingen is mogelijk;
- Om zeker te stellen dat er zich geen onvoorziene componenten in de verwijderingsvolumen bevinden en om de kwaliteit van het beton te bepalen, kan verder onderzoek d.m.v. GPR (“Ground Penetration Radar Imaging”) [3] aanvullende mogelijkheden bieden.



7 Stralingshygiënische aspecten

7.1 Algemeen

De definitieve oplossing noodzaakt het drainen van het primaire systeem inclusief de reducers en het verlagen van het waterniveau in het reactorbassin om de belasting op de bassinbodem en de draagconstructie te verminderen. Beide activiteiten, drainen primair systeem en verlagen waterniveau reactorbassin, hebben een significante invloed op de stralingsniveaus in de werkgebieden en kunnen daardoor bepalend zijn voor de haalbaarheid/succes van de definitieve oplossing. Om een beter inzicht in de te verwachten stralingsniveaus te krijgen en ter ondersteuning van de haalbaarheidstudie zijn er in de periode november/december 2008 een groot aantal metingen onder verschillende systeemcondities uitgevoerd.

In de volgende secties worden de verschillende metingen en resultaten op hoofdlijnen besproken; detailresultaten worden in de betreffende referenties [4] t/m [7] gegeven.

7.2 Drainen primair systeem

Om een indicatie van de mogelijkheid tot het drainen van het primair systeem inclusief de reducers te krijgen, is op 23 november het primaire systeem tot en met de reducer gedraind. Bij de uitvoering in aanwezigheid van de KFD is gebruik gemaakt van een geautoriseerd werkplan. Gezien de positieve resultaten [4] is een meer gedetailleerde meting uitgevoerd op 28 november 2008 [5]. Bij deze laatste metingen waren opnemers geplaatst in de reducer, boven en naast het reactorvat, op de omloop van het reactorbassin en op het derde bordes. Verder werd gebruik gemaakt van de vast aanwezige stralingsmeetapparatuur; de ruimtemonitoren in de reactorhal en de hoogbereikmonitoren van het CRM systeem [8].

De voornaamste conclusies van de 2 meetsessies zijn, ondanks de extreem hoge stralingsniveaus in het reactorvat en de reducers, dat:

- Toegang tot de reactorhal via de personensluis en goederensluis niet wordt beperkt;
- werkzaamheden in de kelder, 1^{ste} bordes en 2^{de} bordes niet worden beïnvloed;
- het 3^{de} bordes i.v.m. het ALARA-principe beperkt toegankelijk is;
- de omloop van het reactorbassin en bassin 1 niet toegankelijk is.

7.3 Identificatie stralingsbronnen

In de periode 09-12 december 2008 is onderzoek gedaan naar de locatie van stralingsbronnen in het reactorbassin [6]. De metingen zijn eerst uitgevoerd met een gecollimeerde hoog bereikmonitor (locatie bepaling) en zijn vervolgens herhaald met een niet gecollimeerde monitor om een indruk van de brongrootte te verkrijgen. De resultaten worden gebruikt voor de volgende activiteiten:

- Demontage en herpositionering van verwijderbare radioactieve bronnen, (bijv. SURP-ophangblokje);
- Ontwerpen van lokale afscherming bij de niet verwijderbare bronnen (bijv. kerndoos en restraint structure);
- Ontwerpen generieke afscherming om stralingsniveau bij reducers te beperken.

Naast de bekende stralingsbronnen zoals de kerndoos met daarin aanwezige paspennen, helicoils, etc. leveren vooral de RVS boutjes van de inlaatverdeelstukken van de inwendige vatwandkoeling (locatie NW en NO) een significante bijdrage aan het stralingsniveau. Deze onderdelen kunnen niet verwijderd worden waardoor er met afscherming reductie van de bijdrage bereikt moet worden. De te demonteren dan wel de uit het reactorbassin te verwijderen delen zijn reeds in hoofdstuk 4 beschreven.

7.4 Drainen reactorbassin

Om de belasting op de poolliner en daarmee op de draagconstructie van het bassin te reduceren, is op 23 december 2008 het reactorbassin gedeeltelijk gedraind. Het primaire systeem was tot aan het reactorvatdeksel gevuld. Deze meting is uitgevoerd aan de hand van een geautoriseerd werkplan en in aanwezigheid van de KFD. Het drainen is gestopt bij het bereiken van een waterniveau in het reactorbassin overeenkomend met de bovenzijde van de kerndoos ("upper bulk head").

Tijdens de meting is gebruik gemaakt van de vast aanwezige stralingsmeetapparatuur, te weten de ruimtemonitoren en de hoogbereikmonitoren van het CRM. Op het 2^{de} bordes van de reactorhal ter plaatse van de PSF-gaskasten waren aanvullende meetinstrumenten in gebruik.

De voornaamste conclusies van deze metingen [7] waren dat:

- De toegang tot de reactorhal via de personensluis, BNCT/noodsluis en de goederensluis niet beperkt wordt;
- Werkzaamheden in de kelder van het reactor bijgebouw niet worden beïnvloed;
- Het 1^{ste} bordes en het 2^{de} bordes i.v.m. het ALARA-principe beperkt toegankelijk zijn;
- Het 3^{de} bordes niet toegankelijk is.

7.5 Dosistemp en –limieten

Op basis van de onderstaande aannames wordt een schatting van de benodigde afscherming gemaakt:

- Werkzaamheden worden uitgevoerd door medewerkers met status “Blootgestelde medewerker categorie B”;
- Ter plaatse van de reducer wordt in totaal 20 uur (2x10 per reducer) gewerkt;
- De persoonlijke streefdosisgrenswaarde is 2 mSv (wettelijke limiet voor blootgestelde werker categorie B is 6 mSv);
- De werkzaamheden worden door 1 persoon uitgevoerd, dit betekent een maximum dosistempo van 0.1 mSv.h^{-1} ;
- Op basis van de uitgevoerde stralingsmetingen ([4] t/m [7]) is een afscherming van 10 cm loodequivalent noodzakelijk;
- De halveringsdikte van lood voor ^{60}Co is 18.8 mm. Voor Densimet is deze waarde 7.5 mm.

7.6 Benodigde afscherming

Op basis van de uitgevoerde metingen is de noodzaak tot het ontwerpen van afscherming op de volgende locaties aangetoond:

- Intreezijde reducers noord en zuid;
- Horizontale afscherming t.b.v. de guide plate;
- Inwendige constructie ter plaatse van de kerndoos (buitenzijde kan niet worden afgeschermd);
- Bovenzijde maanvormige ruimte ter plaatse van PSF-west;
- Reactorbassinbodem ter plaatse van reducer noord (onder HB-11/12);
- Reactorbassinbodem ter plaatse van reducer zuid.

7.7 Conclusies en aanbeveling

Op basis van de uitgevoerde metingen kan geconcludeerd worden dat:

- Drainen van het primair systeem inclusief de reducers mogelijk is zonder de toegang tot de reactorhal te beperken;
- Door het drainen van het reactorbassin de vloerbelasting aanzienlijk kan worden verlaagd maar dat hierdoor het 3^{de} bordes (en delen van het 1^{ste} en 2^{de} bordes) niet meer toegankelijk zijn;
- De locatie en grootte van de verschillende stralingsbronnen in kaart zijn gebracht waardoor de benodigde afscherming ontworpen kan worden.



Verder verdient het aanbeveling om op korte termijn de verschillende afschermingsberekeningen te starten en het drainen van het reactorbassin (sectie 7.5) tot een lager waterniveau te herhalen.

8 Conclusies

De voornaamste conclusies die uit het uitgevoerde onderzoek en de verrichte stralingsmetingen kunnen worden getrokken zijn:

- De te verwijderen componenten in en rond het reactorvat maken deel uit van de componenten die normaliter t.b.v. een routinematige ISI worden verwijderd;
- Daarnaast dienen enkele voorzorgsmaatregelen, zoals het herpositioneren van de splijststofopslagrekken, te worden uitgevoerd. De methodiek om het gewenste resultaat te bereiken maakt deel uit van HFR standaard bedrijfsvoorschriften;
- In de werkgebieden ter plaatse van de reducers bevindt zich slechts een beperkt aantal leidingen van het bassin en primaire systeem. Deze leidingen kunnen op eenvoudige wijze geïsoleerd en gedraind worden;
- Fixeren van de reactor en de supporting dient d.m.v. een hulpconstructie op de wanden van het reactorbassin plaats te vinden. De coördinatentafel van de vatvervanging is hierbij een goed hulpmiddel om de ligging te controleren;
- Ondersteuning van de bodemplug en van de 8" doorvoering kan d.m.v. conventionele technieken worden uitgevoerd. Vooraf dienen alle regelstaafaanrijfmechanismen en de aanwezige hulpsystemen te worden verwijderd;
- Ook het ondersteunen van de bassinbodem kan met conventionele technieken worden uitgevoerd;
- Om de belasting op de bassinbodem te reduceren, kan het waterniveau in het reactorbassin gedeeltelijk worden verlaagd. Hierdoor wordt de toegang tot het 1^{ste} en het 2^{de} bordes beperkt en is het 3^{de} bordes beperkt toegankelijk. Het verlagen van het waterniveau dient sterktechnisch verder te worden onderbouwd;
- Het drainen van het primaire systeem inclusief beide reducers is mogelijk. Hoewel toegang tot het 3^{de} bordes dientengevolge nog mogelijk is, is de omloop van het reactorbassin en bassin 1 niet meer toegankelijk;
- Om acceptabele werkcondities te creëren dient specifieke afscherming ter plaatse van de kerndoos, lowerguide plate en intreezijde reducers te worden ontworpen. Ook op de bodem van het reactorbassin (noord- en zuidzijde) dient afscherming te worden geplaatst.
- De technische uitvoeringsaspecten, met name de wijze waarop het beton wordt verwijderd en het repareren van de reducers vallen buiten het kader van de haalbaarheidstudie.

- De gedetailleerde berekeningen en ontwerp van de afscherming moeten nog worden uitgevoerd maar gezien de gemeten stralingsniveaus moet voldoende afscherming nodig zijn om ter plaatse te kunnen werken.

Eindconclusie

Een definitieve reparatie van de reducers is uitvoerbaar. De reducers kunnen vanaf de onderzijde, door verwijdering van beton, worden bereikt.

Het reactorvat/primair systeem kan volledig worden gedraind. Voldoende afscherming kan worden aangebracht voor het werken ter plaatse van de reducers.

De definitieve reparatie kan “droog” en zonder gebruik van robotica worden uitgevoerd.

Referenties

- [1] Plasse, J.: “Demontage van de internals en externals van het reactorvat t.b.v. de periodieke inspecties aan en rond het reactorvat”
Bedrijfsvoorschrift M-25, huidige versie (versie 1).
- [2] Milton, P.: “Long term solution – Hydro demolition of reinforced concrete and welding of reducers/pipes”
AREVA-Uddcomb, presentatie 02 oktober 2008.
- [3] Geo Radar Imaging: “Ground penetrating radar surveys. Structural imaging of concrete utility scan for locating UST, utilities, etc.”
www.georadaringimaging.com
- [4] Thesingh, H.: “Stralingsmetingen 23 november 2008”.
NRG-25079/08.92385, 02 december 2008.
- [5] Thesingh, H.: “Stralingsmetingen 28 november 2008”.
NRG-25079/08.92445, 08 december 2008.
- [6] Thesingh, H.: “Identificatie stralingsbronnen in reactorbassin”.
NRG-25079/08.92699, 20 december 2008.
- [7] Thesingh, H.: “Partieel drainen reactorbassin Stralingsniveaumeting 23 december 2008”.
NRG-25079/09.92856, 09 januari 2009.
- [8] Hoogeboom, N.: “Beschrijving CRM bij de HFR”.
NRG-K5174.25/06.77154/I, 21 november 2006

Bijlage A Tekeningenlijst

Nummer	Titel
P&ID RH-M-P/0 sheet 1	Primair systeem – Reactor/Expansion tank
P&ID RH-M-B/0 sheet 1	Bassin systeem – HX's & decay tanks
P&ID RH-M-B/0 sheet 2	Bassin systeem – Reactor
P&ID RH-M-B/0-2	Bassin systeem – Valve stations and pump
P&ID OT29-HH	Total view of reactor vessel and reducers
Hasselt en de Koning 580-97	Onderbouw reactorhal
Hasselt en de Koning 580-145	Constructie reactorbassin

Distributielijst

BPL stuurgroep

R.J. Stol
E.J. de Widt
V.A. Wichers
R.P.C. Schram
L.E. Zuurbier
C. Kalverboer
R. Klein Meulekamp
R.C.L. van der Stad
R.J. van Santen
P.J. Sayers
W.C.M. van Beek

GCO

G. de Santi
R. May

Beton werkgroep

J.J. Bijlsma
J.J. Plasse
W.J.G. Wijkenga
M.J. Janssen
J.M. Lutgerink
H.G. Thesingh
F.T. van Helvoort
J.A. Waard

Overigen

J.A.N.C. Verbruggen
F.J. Blom
H.T. Wiersema
S. de Groot
J.M.J. van der Laan
R. Huiskamp
E. Brinkman

P.J.M. Thijssen
L. Roobol
J.F. Offerein
D.J. Vonk
E.J. Hartsink
H. Pronk