



OpdenKamp ADVIESGROEP

• MILIEU • WATER • LEEFOMGEVING

1204-125

EVALUATIE MER MODIFICATIE HFR PETTEN

IKC-NUMMER: 41341

P1204-125

OpdenKamp • M&T

OpdenKamp • B&R

OpdenKamp • MON

OpdenKamp • O&S

1204-125

EVALUATIE MER MODIFICATIE HFR PETTEN

IKC-NUMMER: 41341



© Copyright OpdenKamp ADVIESGROEP BV

Dit document mag alleen worden gebruikt en gekopieerd voor het doel waarvoor het is bedoeld
Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van OpdenKamp ADVIESGROEP BV mag dit document niet
voor andere doeleinden worden gekopieerd of aan derden worden getoond.

OpdenKamp Adviesgroep B.V.
Koninginnegracht 23, 2514 AB, Den Haag
tel. (070) 426 00 00, fax (070) 426 00 01
e-mail : mailbox@oag.nl
<http://www.oag.nl>

Den Haag: juli 2010
Document: \\VR\HFR\10-46
Projectleider: Ir. Agaath E. Klein

PROJECTGEGEVENS

INITIATIEFNEMER MER

Nuclear Research and consultancy Group (NRG)

BEVOEGD GEZAG

Ministers van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), van Economische Zaken (EZ), van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) en van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS).

ACTIVITEIT

- Omschakeling van hoog verrijkt uranium (HEU) als brandstof naar laag verrijkt uranium (LEU);
- Veiligheidsverhogende maatregelen die voortvloeien uit een veiligheidsherevaluatie van de gehele installatie.

BESLUIT

Vergunning voor het wijzigen en in werking houden van de Hoge Flux Reactor (HFR) te Petten, verleend aan NRG krachtens de Kernenergiewet (KEW) op 7 januari 2005 onder kenmerk SAS/2004166322.

ONDERZOEKSOPDRACHT

Dit onderzoek dient ter voldoening van de artikelen 7.37, tweede lid, en 7.39 t/m 7.43 van de Wet Milieubeheer.

HET ONDERZOEK IS UITGEVOERD IN OPDRACHT VAN:

Het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

SAMENVATTING

Op 7 januari 2005 is aan de Nuclear Research and consultancy Group (NRG) vergunning verleend voor het wijzigen en in werking houden van de Hoge Flux Reactor (HFR) te Petten (beschikking SAS/2002013372).

De voorgenomen activiteiten betroffen:

- Omschakeling van hoog verrijkt uranium (HEU) als brandstof naar laag verrijkt uranium (LEU);
- Veiligheidsverhogende maatregelen die voortvloeien uit een veiligheidsherevaluatie van de gehele installatie.

Onderdeel van de procedure van vergunningverlening was het uitvoeren van een milieueffectrapportage. Krachtens de artikelen 7.37, tweede lid, en 7.39 t/m 7.43 van de Wet Milieubeheer dient door het bevoegd gezag een onderzoek plaats te vinden naar de gevolgen voor het milieu van de activiteit waarvoor een milieueffectrapport is opgesteld. Dit rapport bevat de resultaten van het evaluatieonderzoek.

Bij de evaluatie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De evaluatie beperkt zich tot de in het milieueffectrapport (MER) voorgenomen activiteiten van de inrichting en de effecten die daarvan het gevolg zijn.
- Het evaluatieonderzoek betreft de milieugevolgen van genoemde activiteiten. Omdat alleen de milieuaspecten worden geëvalueerd, wordt niet ingegaan op andere aspecten, zoals arbeidshygiëne.
- Het evaluatieonderzoek heeft betrekking op de periode vanaf de aanvang van het conversietraject (oktober 2005) tot en met twee jaar nadat de conversie is voltooid (mei 2008). De gegevens met betrekking tot de milieuaspecten over de periode 2005-2008 worden vergeleken met de voorspellingen in het MER hierover.
- De evaluatie behelst geen veldwerk en bestaat alleen uit documentenonderzoek en toelichtingen hierop van de betrokken partijen. De milieuaspecten en -gevolgen zijn zoveel als mogelijk kwantitatief beschreven.

Het MER doet uitspraken over de optredende milieugevolgen bij de uit te voeren activiteiten. In dit evaluatierapport worden de effecten voor de verschillende milieuaspecten nader beschouwd.

Van oktober 2005 tot en met mei 2006 is de conversie van HEU naar LEU gefaseerd uitgevoerd. In deze periode zijn 6 overgangskernen toegepast. In mei 2006 is de conversie voltooid met de eerste volledig geconverteerde kern (evenwichtskern).

Van de acht in het MER voorgenomen veiligheidsverhogende maatregelen zijn er vier uitgevoerd en één half. Drie maatregelen zijn nog niet uitgevoerd.

NRG heeft conform de voorschriften uit de vergunningen de milieubelasting bepaald en bewaakt. Hiervoor heeft zij de noodzakelijke metingen verricht of laten verrichten en hierover gerapporteerd. Hieruit kunnen de volgende conclusies worden getrokken ten aanzien van de milieugevolgen voor de evaluatieperiode.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging van de stralingsbelasting van leden van de bevolking ten gevolge van luchtgedragen activiteit door lozingen van de HFR en ten gevolge van depositie hiervan in de omgeving.

De voorgenomen activiteit heeft, zoals verwacht in het MER, geen invloed op de grootte en samenstelling van de lozing van radioactieve stoffen naar de Noordzee.

De voorgenomen activiteit heeft geen invloed gehad op de externe stralingsdosis in de omgeving.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de hoeveelheden laag- en middel-radioactief afval.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de aantallen elementen en staven, maar wel op de activiteit van het hoog-radioactief afval, waarbij deze onder de in het MER voorspelde waarden blijft.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging in de lozingen van koelwater in de Noordzee.

Met betrekking tot de geluidsniveaus kan worden geconcludeerd dat, zoals verwacht in het MER, de voorgenomen activiteit geen invloed heeft op de geluidsbelasting.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de voorgenomen activiteit, zoals voorspeld in het MER, buiten een beperkte verhoging van de activiteit van het hoog-radioactief afval, geen significante milieugevolgen heeft.

Met betrekking tot de veiligheid kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

Zoals verwacht in het MER is tijdens de overgangsperiode van HEU- naar LEU-kern met betrekking tot de reactorfysische en thermohydraulische eigenschappen van de kernsamenstelling voldaan aan de veiligheidsvoorschriften.

Doordat slechts een deel van de voorgenomen maatregelen is uitgevoerd, zijn de kans op kernbeschadiging en het individueel risico niet gedaald tot de in het MER aangegeven waarden. Wel is reeds 63% veiligheidswinst geboekt. Het individueel risico voldoet ruim aan het toetsingscriterium van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

De meeste meldingen over bijzondere gebeurtenissen in de periode 2005-2008 hebben geen relatie met de in het MER beschreven voorgenomen activiteiten. De storingen in oktober 2006 en mei 2007 zijn wel het gevolg van een in het MER voorgenomen activiteit en wel van de uitgevoerde veiligheidsmaatregel drukvereffeningsleidingen.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat door de uitvoering van de veiligheidsverhogende maatregelen de veiligheid van de HFR is verbeterd. Doordat (nog) niet alle maatregelen zijn uitgevoerd is dit echter (nog) niet in de mate gebeurd zoals aangegeven in het MER.

Zoals aangegeven in het MER is aan de veiligheidscriteria met betrekking tot ontwerpgegevens en aan de risicocriteria met betrekking tot ernstige ongevallen voldaan.

Met betrekking tot de in het MER aangegeven leemte in kennis over de exacte samenstelling van de kern kan worden gesteld dat deze niet relevant is. Met de conservatieve vooronderstellingen in het MER zijn deze onzekerheden ondervangen. De werkelijke samenstelling (activiteit) valt ruim binnen de in het MER aangegeven samenstelling.

Ook de leemten in kennis met betrekking tot de reikwijdte en de onzekerheidsmarges in de veiligheidsanalyses zijn niet relevant. Met de uitgevoerde veiligheidsanalyses is voldoende inzicht in de veiligheidsrisico's verkregen en de HFR voldoet aan de gestelde eisen ten aanzien hiervan. Door de conservatieve aannamen zijn de veiligheidsrisico's lager dan de berekende waarden en de berekende risico's voldoen ruimschoots aan de risicocriteria.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING.....	6
1.1	ALGEMEEN.....	6
1.2	OPDRACHT.....	6
1.3	UITGANGSPUNTEN.....	7
1.4	LEESWIJZER.....	7
2	VOORGENOMEN EN UITGEVOERDE ACTIVITEITEN.....	8
2.1	SITUATIEBESCHRIJVING.....	8
2.2	BESCHRIJVING INSTALLATIE.....	8
2.3	VEILIGHEIDSSYSTEMEN.....	9
2.4	OMSCHAKELING NAAR LAAGVERRIJKT URANIUM.....	9
2.5	VEILIGHEIDSVERHOGENDE MAATREGELEN.....	10
3	REFERENTIEKADER MILIEU.....	13
3.1	ALGEMEEN.....	13
3.2	RADIOLOGISCHE LUCHTKWALITEIT.....	13
3.3	RADIOLOGISCHE WATERKWALITEIT.....	14
3.4	RADIOLOGISCHE BODEMKWALITEIT.....	15
3.5	DIRECTE STRALING.....	16
3.6	RADIOACTIEF AFVAL.....	16
3.7	CONVENTIONELE MILIEUASPECTEN.....	16
4	MILIEUGEVOLGEN.....	18
4.1	ALGEMEEN.....	18
4.2	RADIOLOGISCHE LUCHTKWALITEIT.....	19
4.3	RADIOLOGISCHE WATERKWALITEIT.....	19
4.4	RADIOLOGISCHE BODEMKWALITEIT.....	20
4.5	DIRECTE STRALING.....	21
4.6	RADIOACTIEF AFVAL.....	21
4.7	CONVENTIONELE LOZINGEN NAAR OPPERVLAKTEWATER.....	23
4.8	GELUID.....	23
5	VEILIGHEID EN ALARA-BEGINSEL.....	24
5.1	ALGEMEEN.....	24
5.2	ONTWERPONGEVALLEN.....	24
5.3	BUITEN-ONTWERPONGEVALLEN.....	25
5.4	GEVOLGEN CONVERSIE.....	27
5.5	GEVOLGEN VEILIGHEIDSVERHOGENDE MAATREGELEN.....	28
5.6	MELDINGEN.....	29
6	LEEMTEN IN KENNIS.....	32
7	CONCLUSIES.....	33
	REFERENTIES.....	36

1 INLEIDING

1.1 ALGEMEEN

Op 7 januari 2005 is aan de Nuclear Research and consultancy Group (NRG) vergunning verleend voor het wijzigen en in werking houden van de Hoge Flux Reactor (HFR) te Petten (beschikking SAS/2002013372) [Ministerie van VROM 2005].

De voorgenomen activiteiten betroffen:

- Omschakeling van hoog verrijkt uranium (HEU) als brandstof naar laag verrijkt uranium (LEU);
- Veiligheidsverhogende maatregelen die voortvloeien uit een veiligheidsherevaluatie van de gehele installatie.

Onderdeel van de procedure van vergunningverlening was het uitvoeren van een milieueffectrapportage [NRG 2003a]. Krachtens de artikelen 7.37, tweede lid, en 7.39 t/m 7.43 van de Wet Milieubeheer dient door het bevoegd gezag een onderzoek plaats te vinden naar de gevolgen voor het milieu van de activiteit waarvoor een milieueffectrapport is opgesteld. Het bevoegd gezag bestaat in dit geval uit de Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Economische Zaken (EZ), Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) en Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS).

In de vergunning is bepaald dat deze wettelijk voorgeschreven evaluatie de periode bestrijkt vanaf de aanvang van het conversietraject in oktober 2005 tot en met twee jaar nadat de conversie is voltooid. Het conversietraject is in oktober 2005 begonnen en voltooid in mei 2006. De evaluatieperiode bestrijkt de jaren 2005 tot en met 2008.

In de evaluatiefase moet een onderzoeksprogramma worden uitgevoerd dat erop is gericht na te gaan of er geen grotere of andere effecten optreden dan die zijn beschreven in het milieueffectrapport (MER).

De hoofdpunten in dit evaluatieprogramma zijn (conform de vergunning paragraaf 4.4) in ieder geval:

1. De ontwikkeling van het milieu ter plaatse van de inrichting te Petten, dit mede in relatie tot de resultaten uit de lozingsrapportages en het omgevingsmeetprogramma, zowel op de Onderzoekslocatie Petten (OLP) als aan de terreingrens;
2. Het verloop van de conversie en de bij de besluitvorming gehanteerde uitgangspunten inzake veiligheid en de uitvoering van het ALARA-beginsel. Daarbij wordt de nodige aandacht besteed aan de verificatie van de reactorfysische en thermohydraulische karakteristieken van de reactorkern, betrekking hebbend op zowel de overgangskernen als op de nieuwe evenwichtskern;
3. Gebeurtenissen waarbij zich een (onmiddellijke dreiging van een) buitennormale lozing voordeed of gebeurtenissen die overeenkomstig voorschrift A.44 of A.46 van de vergunning zijn gemeld.

Dit rapport bevat de resultaten van het evaluatieonderzoek.

1.2 OPDRACHT

De evaluatie is uitgevoerd door OpdenKamp Adviesgroep in opdracht van het Ministerie van VROM, directie SAS. De rapportage beantwoordt aan de opdracht zoals die is omschreven in de brief van de opdrachtgever van 5 augustus 2008 en in het evaluatieprogramma van oktober 2008.

1.3 UITGANGSPUNTEN

Bij de evaluatie zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De evaluatie beperkt zich tot de in het milieueffectrapport (MER) voorgenomen activiteiten van de inrichting en de effecten die daarvan het gevolg zijn.
- Het evaluatieonderzoek betreft de milieugevolgen van genoemde activiteiten. Omdat alleen de milieuaspecten worden geëvalueerd, wordt niet ingegaan op andere aspecten, zoals arbeidshygiëne.
- Het evaluatieonderzoek heeft betrekking op de periode vanaf de aanvang van het conversietraject (oktober 2005) tot en met twee jaar nadat de conversie is voltooid (mei 2006). De gegevens met betrekking tot de milieuaspecten over de periode 2005-2008 worden vergeleken met de voorspellingen in het MER hierover.
- De evaluatie behelst geen veldwerk en bestaat alleen uit documentenonderzoek en toelichtingen hierop van de betrokken partijen. De milieuaspecten en -gevolgen zijn zoveel als mogelijk kwantitatief beschreven.

1.4 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 zijn de voorgenomen en uitgevoerde activiteiten globaal beschreven. In hoofdstuk 3 is het referentiekader uit het MER voor de verschillende milieuaspecten weergegeven. Hoofdstuk 4 en 5 bevatten de feitelijke evaluatie. In hoofdstuk 4 zijn de voorspellingen uit het MER over de optredende milieugevolgen bij de uit te voeren activiteiten vergeleken met de daadwerkelijke effecten voor de verschillende milieuaspecten (radiologische effecten lucht, water, bodem, directe straling, radioactief afval en conventionele milieuaspecten). Hoofdstuk 5 bevat de evaluatie met betrekking tot de veiligheid en het ALARA-beginsel, waarbij deze zich met name richt op de reactorfysische en thermohydraulische karakteristieken van de reactorkern, de veiligheidsverhogende maatregelen en meldingen over bijzondere gebeurtenissen.

Hoofdstuk 6 gaat in op de in het MER aangegeven leemten in kennis. En hoofdstuk 7 bevat de conclusies.

2 VOORGENOMEN EN UITGEVOERDE ACTIVITEITEN

In dit hoofdstuk worden de voorgenomen en uitgevoerde activiteiten globaal beschreven. Slechts die onderdelen krijgen meer aandacht die voor het onderzoek van belang zijn. Voor een gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar het milieueffectrapport (MER) [NRG, 2003a] en het veiligheidsrapport (VR) [NRG, 2003b].

Na een korte beschrijving van de situatie en de installatie in paragraaf 2.1 en 2.2 en van de veiligheidssystemen in paragraaf 2.3 volgt de beschrijving van de activiteiten in paragraaf 2.4 en 2.5.

2.1 SITUATIEBESCHRIJVING

De Hoge Flux Reactor (HFR) is een watergekoelde nucleaire onderzoeksreactor te Petten met een vermogen van maximaal 50 MWth. De reactor fungeert als neutronenbron voor toegepast en wetenschappelijk onderzoek, alsmede producent van radio-isotopen voor medische en industriële toepassingen. Ook worden er nucleaire genezingsmethoden en geneesmiddelen ontwikkeld en toegepast.

Het gebouwencomplex van de HFR ligt op het terrein van het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek (GCO) van de Europese Commissie te Petten. De reactor ligt op ca. 2,5 km ten noorden van het dorp Petten.

2.2 BESCHRIJVING INSTALLATIE

De reactor en de bassins zijn ondergebracht in het reactorgebouw: een stalen koepelvormig gebouw dat de nucleaire systemen isoleert van de omgeving. De koepel heeft een diameter van 25 meter en is van 1,2 cm dik staal. Het reactorgebouw wordt op een kleine onderdruk gehouden als extra barrière tegen de verspreiding van radioactieve stoffen in de lucht.

De warmtewisselaars en pompen van de koelsystemen zijn ondergebracht in het naastgelegen primaire pompgebouw.

Het reactorvat met daarin de reactorkern bevindt zich in het reactorbassin: een met dikke betonnen wanden omringd bassin van ongeveer 9 m diep, gevuld met gedemineraliseerd water. Het reactorvat is 5,4 m hoog, heeft 4 à 5 cm dikke wanden gemaakt van een aluminium legering. Bovenin het reactorvat bevinden zich twee inlaat- en uitlaatleidingen voor het koelwater.

De reactorkern bestaat uit 72 kerncomponenten: ca 33 splijtstofelementen, 6 regelementen, ca 23 reflectorelementen en ca 10 vulelementen voor bestralingsposities. Naast de reactorkern bevindt zich een rij met 9 posities waarin reflectorelementen of elementen met bestralingsexperimenten worden geplaatst.

Een splijtstofelement bevat parallelle splijtstofstaven bestaande uit een legering met uranium in een aluminium matrix met aan weerszijden aluminium bekledingsplaten. Het uranium dient als brandstof. Het uranium bestaat uit een mengsel van uranium-235 en uranium-238. Voor het splijttingsproces is alleen uranium-235 bruikbaar. Wordt een uranium-235 kern getroffen door een neutron dan kan dit neutron worden ingevangen in de kern waardoor deze uiteenvalt in twee kleinere kernen. Bij het splijten komen diverse soorten straling vrij, waaronder neutronen, en een hoeveelheid energie die wordt omgezet in warmte. De vrijgekomen neutronen kunnen op hun beurt weer kernsplijtingen veroorzaken, zodat een kettingreactie ontstaat.

De regelementen dienen om het aantal vrije neutronen te regelen. Het bovenste gedeelte is voorzien van een neutronenabsorberend materiaal. Daaronder bevindt zich een gedeelte met splijtstof. Door het in- of uitbewegen van de regelstaaf wordt het vermogen geregeld.

De beryllium reflectorelementen zijn rondom de kern geplaatst en hebben als doel neutronen naar de kern terug te reflecteren.

De bestralingsposities zijn voorzien van vulelementen waarin experimenten kunnen worden geplaatst.

Het reactorvat is gekoppeld aan het primaire reactorkoelsysteem dat met behulp van pompen water door de kern voert ten behoeve van de afvoer van warmte. Door middel van warmtewisselaars wordt dit water gekoeld door het secundaire koelwatersysteem, dat koelwater uit het Noord-Hollands kanaal pompt. Het koelwater uit het kanaal wordt na opwarming in de warmtewisselaars naar de Noordzee afgevoerd. De koeling van het water in de bassins vindt plaats met het bassinkoelwatersysteem, dat de warmte ook via warmtewisselaars aan het secundair koelwatersysteem afvoert.

De toe- en afvoer van splijtstoffen en radioactieve stoffen gebeurt per vrachtwagen met behulp van specifieke voorzieningen, zoals speciaal daarvoor ontworpen containers.

2.3 VEILIGHEIDSSYSTEMEN

De HFR is uitgerust met diverse veiligheidssystemen, die kunnen worden gerangschikt naar de volgende functies:

1. afschakeling van de reactor
2. koeling van de splijtstof
3. insluiting van de radioactieve stoffen

De eerste functie wordt gewaarborgd door het afschakelsysteem met de regelstaven, die de neutronenstroom verminderen en daarmee het kernsplijtingsproces onderbreken.

De tweede functie wordt allereerst vervuld door het reactorkoelwatersysteem. Twee extra pompen zijn beschikbaar. Daarnaast is het reactorvat voorzien van twee convectiekleppen die bij opening bassinwater binnenlaten, waardoor de kern wordt gekoeld door natuurlijke circulatie (=convectie). Een derde mogelijkheid is het aanvoeren van water uit de drinkwaterkelder via een aansluiting bovenin het reactorvat.

De derde veiligheidsfunctie wordt gewaarborgd door de diverse barrières tussen de splijtstof en de omgeving, namelijk de splijtstofbekleding, het reactorvat, het bassin en het reactorgebouw. Het reactorgebouw kan vrijwel luchtdicht worden afgesloten en is voorzien van ventilatiesystemen met filters die de radioactieve stofdeeltjes binnenhouden.

2.4 OMSCHAKELING NAAR LAAGVERRIJKT URANIUM

In 1999 heeft de GCO (toenmalige vergunninghouder van de HFR) besloten de conversie van hoogverrijkt uranium (HEU) naar laagverrijkt uranium (LEU) door te voeren. De achtergrond hiervan wordt gevormd door de toenemende problemen van het verkrijgen van hoogverrijkt uranium. Dit heeft te maken met het mogelijke misbruik van dit uranium voor de fabricage van kernwapens. Laagverrijkt uranium is daar niet rechtstreeks bruikbaar voor.

VOORGENOMEN ACTIVITEIT

De voorgenomen wijziging uit het MER omvat de omschakeling van hoogverrijkt (ca 91%) naar laagverrijkt (<20%) uranium (zie tabel 2.1). Het gaat daarbij om het procentuele aandeel van het splijtbaar uranium-235 in de totale hoeveelheid uranium. Belangrijke kenmerken van de wijziging zijn de overschakeling van een uranium/aluminium legering naar een uranium/silicium legering in een aluminium matrix met een verhoging van de uraniumdichtheid en dus van de hoeveelheid uranium per element en een verlaging van het aantal splijtstofstaven per element. Per saldo levert dit een verhoging op van de hoeveelheid splijtbaar materiaal in de kern van circa 20%.

Tijdens de overgangsfase zullen een aantal gemengde kernen worden toegepast, waarin zowel HEU- als LEU-splijstofelementen worden toegepast. Na iedere cyclus worden een aantal gebruikte HEU-elementen verwijderd en vervangen door nieuwe LEU-elementen, net zo lang totdat alle splijstofelementen zijn vervangen door LEU-elementen.

Tabel 2.1 Belangrijkste kenmerken HEU en LEU splijstof- en regelementen (uit MER tabel 4.3.2)

	HEU	LEU
Type brandstof	uranium/aluminium legering	uranium/silicium legering
Verrijkingsgraad (%)	ca. 91	< 20
Uraniumdichtheid (g/cm ³)	1,1	4,8
Hoeveelheid uranium-235 (g/element)	450 (splijstofelement) 310 (regelstaaf)	550 (splijstofelement) 440 (regelstaaf)
Aantal splijstofplaten per element/regelstaaf	23 (splijstofelement) 19 (regelstaaf)	20 (splijstofelement) 17 (regelstaaf)
Type splijtend gif	Borium poeder	Cadmium draden

UITVOERING OMSCHAKELING NAAR LEU

Van oktober 2005 tot en met mei 2006 is de conversie van HEU naar LEU gefaseerd uitgevoerd. In deze periode zijn 6 overgangskernen toegepast. In mei 2006 is de conversie voltooid met de eerste volledig geconverteerde kern (evenwichtskern).

In paragraaf 5.4 zijn de nucleaire en thermohydraulische karakteristieken van de overgangskern en de evenwichtskern beschreven.

2.5 VEILIGHEIDSVERHOGENDE MAATREGELEN

De HFR heeft in 2001-2003 een veiligheidsherevaluatie ondergaan met als doel na te gaan of de installatie en de bedrijfsvoering voldoen aan de huidige stand der techniek ten aanzien van nucleaire veiligheid en stralingsbescherming. Dit heeft geresulteerd in een aantal verbeterpunten.

VOORGENOMEN ACTIVITEIT

De voorgenomen wijzigingen in het MER betreffen de volgende veiligheidsmaatregelen:

- TM-1: Toevoegen van vacuümbrekers
- TM-2: Drukvereffeningsleidingen tussen reactorvat en uitlaatleidingen
- TM-3: Verbinding van het reactorvat met het bassin
- TM-4: Vervangen van de dieselaangedreven koelpomp door een elektrische pomp met additionele accuvoeding
- TM-5: Beperking van de mogelijke gevolgen van de val van een splijstofcontainer
- TM-6: Additioneel afschakelsysteem
- TM-7: Verbetering van de insluiting van het reactorkoelsysteem
- TM-8: Installatie van een noodmonitoringpaneel

TM-1: Toevoegen van vacuümbrekers

De uitlaatleidingen zijn voorzien van vacuümbrekers die voorkomen dat bij een lekkage het reactorvat leeg wordt geheveld. Bij een groot lek van de inlaatleidingen kan zich hetzelfde voordoen: het water kan uit het reactorvat worden geheveld ("Veldman-scenario"). De voorgenomen wijziging voorziet in vacuümbrekers op het reactorvat ter voorkoming hiervan. Deze worden dubbel uitgevoerd. De vacuümbrekers op de uitlaatleidingen worden eveneens dubbel uitgevoerd.

TM-2: Drukvereffeningsleidingen tussen reactorvat en uitlaatleidingen

Bij een lekkage in het primaire koelwatersysteem kan een stoomkussen worden gevormd, dat bij voldoende volume het water in het reactorvat kan wegdrukken tot onder het niveau van de

bovenkant van de reactorkern. Ter voorkoming hiervan wordt voorzien in twee drukvereffeningsleidingen tussen de bovenkant van het reactorvat en de uitlaatleidingen.

TM-3 Verbinding van het reactorvat met het bassin

Ter verbetering van de verbinding tussen het reactorvat met het bassin (is enkelvoudig en te groot) wordt voorzien in het aanbrengen van twee kleinere afsluiters aan het reactorvat, boven het niveau van de kern. Hierdoor ontstaat een redundante mogelijkheid om bassinwater in het reactorvat te laten stromen met een debiet dat juist voldoende is voor koeling van de kern.

TM-4: Vervangen van de dieselaangedreven koelpomp door een elektrische pomp met additionele accuvoeding

Ter verhoging van de betrouwbaarheid wordt de extra dieselaangedreven noodkoelpomp vervangen door een elektrische noodkoelpomp met additionele accuvoeding.

TM-5: Beperking van de mogelijke gevolgen van de val van een splijtstofcontainer

Voor het transport van gebruikte splijtstof wordt gebruik gemaakt van speciale splijtstofcontainers. Voorzieningen worden aangebracht om de gevolgen van de val van een container tijdens hijswerkzaamheden te beperken. Het gebied waarin de kraan een container kan verplaatsen wordt beperkt zodat deze tijdens reactorbedrijf niet boven het reactorvat kan bewegen. Daarnaast wordt de vloer in het bassin verstevigd met een opvangconstructie op de plaats waar de container wordt geplaatst voor be- en ontlading.

TM-6: Additioneel afschakelsysteem

In het onwaarschijnlijke geval dat het reactorafschakelsysteem met de regelstaven volledig faalt waardoor de reactor gedurende een ongeval niet afgeschakeld kan worden, zal het vermogen vanzelf inzakken als gevolg van de terugkoppeling van de koelwatertemperatuur op de reactiviteit. Om in deze situatie de reactor toch uiteindelijk te kunnen afschakelen, wordt voorzien in een additioneel afschakelsysteem, bestaande uit een sterke neutronenabsorber die aan de buitenzijde van het reactorvat geplaatst kan worden.

TM-7: Verbetering van de insluiting van het reactorkoelsysteem

De primaire leidingen van het reactorkoelsysteem lopen vanuit het reactorgebouw door het primair pompegebouw en weer terug. Om te voorkomen dat als gevolg van een lekkage een open verbinding ontstaat tussen de reactor en het pompegebouw (waarvan de insluitfunctie beperkt is), zijn de leidingen voorzien van U-bochten die dienst doen als waterslot.

Om de insluitfunctie ook te waarborgen in het geval een lekkage optreedt in de stukken leiding tussen reactorgebouw en U-bochten, worden deze stukken voorzien van een mantelpijp met lekdetectie.

TM-8: Installatie van een noodmonitoringpaneel

Indien de regelkamer niet beschikbaar is vanwege bijvoorbeeld brand of een verhoogd stralingsniveau, is het van belang op een andere locatie procesparameters af te kunnen lezen. Hiertoe wordt voorzien in de installatie van een noodmonitoringpaneel op een locatie die ruimtelijk voldoende is gescheiden van de regelkamer.

UITVOERING VEILIGHEIDSVERHOGENDE MAATREGELEN

De huidige stand van zaken (eind 2009) met betrekking tot de uitvoering van de veiligheidsverhogende maatregelen is in onderstaande tabel weergegeven. Van de acht voorgenomen maatregelen zijn er vier uitgevoerd en één half. Drie maatregelen zijn nog niet uitgevoerd.

Tabel 2.2 Stand van zaken uitvoering veiligheidsverhogende maatregelen 2009 [NRG 2009b]

TM-1	Toevoegen van vacuümbrekers	gereed
TM-2	Drukvereffeningsleidingen tussen reactorvat en uitlaatleidingen	gereed
TM-3	Verbinding van het reactorvat met het bassin	niet gereed
TM-4	Vervangen van de dieselaangedreven koelpomp door een elektrische pomp met additionele accuvoeding	gereed
TM-5	Beperking van de mogelijke gevolgen van de val van een splijtstofcontainer	gereed ¹⁾
TM-6	Additioneel afschakelsysteem	half gereed
TM-7	Verbetering van de insluiting van het reactorkoelsysteem	niet gereed
TM-8	Installatie van een noodmonitoringpaneel	niet gereed

1) Deze maatregel is anders uitgevoerd dan beschreven in het MER; de maatregel is geïmplementeerd middels een procedure en kan daarmee als gereed worden bestempeld.

3 REFERENTIEKADER MILIEU

In het MER [NRG 2003a] worden de bestaande toestand van het milieu en de autonome ontwikkelingen hierin beschreven, als referentiekader voor de voorspelde milieugevolgen. In dit hoofdstuk wordt dit referentiekader uit het MER voor de verschillende milieuaspecten weergegeven.

3.1 ALGEMEEN

De HFR bevindt zich in het smalle duingebied ten noorden van Petten, op circa 1 km ten zuidwesten van St. Maartenszee en circa 2,5 km ten noordoosten van Petten (dichtstbijzijnde woonkernen). De gebouwen staan op het terrein van de GCO, dat grenst aan het terrein van het ECN.

Een groot deel van het duingebied van IJmuiden tot Den Helder behoort tot de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) en grote delen hebben een beschermde status vanwege natuurlijke en landschappelijke waarden. Ten zuiden van de OLP liggen de Staatsduinen (beschermde gebied op grond van de Europese Habitatrichtlijn) en naar het noorden toe ligt het natuurreservaat Het Zwanenwater (beschermde gebied op grond van de Europese Habitat- en Vogelrichtlijn). Ook de Noordzee valt onder het beschermingsregime van de EHS en de EU-richtlijnen.

Naar het oosten toe liggen grootschalige poldergebieden. Het grondgebruik is agrarisch: grasland, tuinbouw, akkerbouw, waaronder bollenteelt.

3.2 RADIOLOGISCHE LUCHTKWALITEIT

De radiologische luchtkwaliteit vanwege de HFR in de omgeving wordt bepaald door de hoeveelheid en aard van de naar de lucht geloosde radionucliden en de verspreiding hiervan. Door middel van een ventilatiesysteem met filters wordt lucht uit het reactorgebouw via een ventilatieschacht naar de lucht geloosd. De verspreiding van de geloosde activiteit leidt op een zekere afstand van het emissiepunt, waar de pluim de grond raakt, tot een maximale concentratie van radionucliden in de lucht op leefniveau. Blootstelling aan radioactieve stoffen in de lucht vindt plaats langs twee wegen: door inademing en door uitwendige bestraling door radionucliden in de pluim.

De lozingen naar de radioactieve stoffen naar de lucht bestaan hoofdzakelijk uit:

- edelgassen, met name argon (^{41}Ar),
- waterdampgebonden tritiumactiviteit (^3H) en
- aerosolgebonden of dampvormige β/γ -activiteit, met name jodium (^{131}I).

In tabel 3.1 staan de lozingen van de HFR naar de lucht in 2000-2002 weergegeven. Deze lozingen bedragen 20-30% van de vergunningslimiet van 100 Re_{inh} /jaar (1 Re_{inh} is de hoeveelheid radioactiviteit die bij complete inhalatie een dosis van 1 Sv geeft).

Tabel 3.1 Lozing via schoorsteen HFR van radioactieve stoffen naar de lucht in 2000-2002 met tussen haakjes de percentages t.o.v. de vergunningslimiet (uit MER tabel 4.5.1)

Radionuclide	Lozing 2000 (MBq)	Lozing 2001 (MBq)	Lozing 2002 (MBq)
α -activiteit	< ¹⁾	< ¹⁾	< ¹⁾
β/γ -activiteit (m.n. ^{131}I)	1,77 (0,02%)	1,45 (0,02%)	0,035 (<0,01%)
^3H (tritium)	$793 \cdot 10^3$ (13%)	$506 \cdot 10^3$ (8%)	$230 \cdot 10^3$ (4%)
Edelgassen (m.n. ^{41}Ar)	$9.100 \cdot 10^3$ (16%)	$7.490 \cdot 10^3$ (13%)	$5.900 \cdot 10^3$ (10%)

1) < betekent kleiner dan minimaal detecteerbare activiteit

Door het ECN zijn in 1990 verspreidings- en dosisberekeningen uitgevoerd voor een eenheidslozing van 1 Bq/s (31,5 MBq/jaar) naar de lucht. Hieruit blijkt dat de locatie van de maximale concentratie zich op 0,8 km ten noordoosten van de HFR bevindt.

Op basis van gegevens uit de ECN-studie en van dosiscoëfficiënten voor de inhalatiedosis uit het Besluit stralingsbescherming is de lozing van de vergunningslimiet per nuclide omgerekend naar de dosisbijdragen voor leden van de bevolking via uitwendige bestraling en inhalatie (zie tabel 3.2). Daarbij wordt uitgegaan van een continu verblijf op de plaats van het maximum.

Tabel 3.2 Dosisbijdragen ten gevolge van luchtgedragen activiteit bij lozing van de totale vergunningslimiet per radionuclide (uit MER tabel 5.5.3 en VR tabel 12.6)

Radionuclide	Lozing vergunningslimiet (GBq/jaar)	Uitwendige bestraling ($\mu\text{Sv/jaar}$)	Inwendige bestraling (inhalatie) ($\mu\text{Sv/jaar}$)	Totaal (uitwendig + inwendig) ($\mu\text{Sv/jaar}$)
β/γ -activiteit (^{131}I)	8	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$
HTO (^3H)	$6 \cdot 10^3$	-	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$
Edeigassen (^{41}Ar)	$6 \cdot 10^3$	0,4	-	0,4

Uit de berekening blijkt dat de hoogste bijdrage wordt geleverd indien de vergunningslimiet wordt geloosd als lozing van het edelgas ^{41}Ar . Normaal wordt een mix van de verschillende nucliden geloosd zodat de bijdrage lager is.

3.3 RADIOLOGISCHE WATERKWALITEIT

Met uitzondering van de Noordzee, kan oppervlaktewater uitsluitend door de HFR worden besmet door depositie van radionucliden vanuit de lucht. Vanwege de geringe lozing naar lucht van aerosolgebonden activiteit en de korte halveringstijd van de in dit opzicht belangrijkste radionuclide ^{131}I , is de depositie en concentratie in oppervlaktewater verwaarloosbaar. De concentratie zal, zelfs in het geval van stilstaand water met een geringe diepte, niet hoger zijn dan ongeveer 1 mBq/m³.

Het mogelijk radioactieve afvalwater van de HFR wordt, evenals al het andere mogelijk radioactief afvalwater van de Onderzoekslocatie Petten (OLP), via de waterbehandeling van de Decontamination and Waste Treatment (DWT) in de Noordzee geloosd. In de waterbehandeling wordt het afvalwater grotendeels ontdaan van radioactieve stoffen en andere verontreinigingen, waarna het via een pijpleiding in de Noordzee wordt geloosd op 4,4 km uit de kust. Blootstelling kan plaatsvinden via de consumptie van zeevis, mosselen en garnalen.

In tabel 3.3 staan de lozingen van de belangrijkste radioactieve stoffen naar de Noordzee in 2000-2002 weergegeven. Omdat alle lozingen via de DWT gaan, betreft het radioactieve stoffen van alle gebruikers van de OLP. Ongeveer driekwart van de activiteit hiervan is afkomstig van de HFR, behalve voor jodium-131: dit is grotendeels niet afkomstig van de HFR.

Deze lozingen bedragen circa 25% van de vergunningslimiet voor lozingen naar water door DWT van 2000 Re_{ing} /jaar (1 Re_{ing} is de hoeveelheid radioactiviteit die bij complete ingestie een dosis van 1 Sv geeft).

Tabel 3.3 Lozingen naar de Noordzee van de gehele OLP in 2000-2002 met tussen haakjes de percentages t.o.v. de vergunningslimiet (uit MER tabel 4.5.2)

Radionuclide	Lozing 2000 (MBq)	Lozing 2001 (MBq)	Lozing 2002 (MBq)
^3H	283.200 (0,3%)	232.000 (0,3%)	205.300 (0,2%)
^{131}I	6.300 (7%)	2.890 (3%)	2.068 (2%)
^{134}Cs	5.250 (5%)	7.120 (7%)	7.951 (8%)
^{137}Cs	11.600 (8%)	20.100 (13%)	14.641 (10%)
$\beta^{(1)}$	78.200 (3%)	91.350 (4%)	80.792 (3%)

1) Totale β -activiteit met uitzondering van tritium (^3H)

Door het ECN zijn in 1990 dosisberekeningen uitgevoerd voor een eenheidslozing. Als gevolg van gewijzigde inzichten en beleidsstandpunten met betrekking tot te hanteren dosiscoëfficiënten, concentratiefactoren in aquatische organismen en consumptie van zeevoedsel, zijn de dosisfactoren aangepast. Op basis van de gegevens uit de ECN-studie en de aangepaste dosisfactoren is de lozing van de vergunningslimiet omgerekend naar bijdragen tot de individuele dosis (zie tabel 3.4). De verdeling over de nucliden is gemaakt op basis van de verdeling van de werkelijke lozingen. Van de totale dosis is normaal 90-95% het gevolg van radioactieve stoffen van de HFR.

Tabel 3.4 Dosisbijdragen ten gevolge van lozing van de totale vergunningslimiet naar de Noordzee (uit MER tabel 5.5.4)

Radionuclide	Lozing (Re_{ing})	Lozing (MBq)	Dosisfactor ($\mu\text{Sv}/\text{MBq}$)	Dosis ($\mu\text{Sv}/\text{jr}$)
^3H	20	$1,1 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^{-13}$	$3,0 \cdot 10^{-7}$
^{131}I	400	$1,8 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$
^{134}Cs	600	$3,2 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$
^{137}Cs	940	$7,2 \cdot 10^4$	$8,4 \cdot 10^{-9}$	$6,1 \cdot 10^{-4}$
Overig β/γ	40	$2,3 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Totaal	2.000			$1,3 \cdot 10^{-3}$

Uit de berekening blijkt dat de hoogste dosisbijdragen worden geleverd door de lozingen van de cesiumisotopen. De relatief hoge lozing van deze isotopen is grotendeels het gevolg van de aanwezigheid in onopgeloste vorm hiervan in het Hot Drain systeem van de HFR als gevolg van een falend bestralingsexperiment in het verleden. Bij elke overdracht aan DWT wordt een deel alsnog opgelost en geloosd.

3.4 RADIOLOGISCHE BODEMKWALITEIT

Radiologische belasting van de bodem vanwege de HFR treedt op door depositie van naar de lucht geloosde radioactieve stoffen. Dit betreft natte depositie (uitregenen) en droge depositie (uitzakken door zwaartekracht of invangen door vegetatie). Blootstelling kan plaatsvinden via verschillende wegen: rechtstreekse uitwendige straling van radioactieve stoffen op de bodem, inademing van stoffen die via resuspensie (opwaaien) weer in de lucht zijn gekomen en consumptie van besmette gewassen en producten (zoals vlees, melk, eieren) die via de voedselketen besmet zijn geraakt.

Door het ECN zijn in 1990 verspreidings- en dosisberekeningen uitgevoerd voor een eenheidslozing. Als gevolg van gewijzigde inzichten en beleidsstandpunten ten aanzien van berekeningswijzen zijn de dosisfactoren aangepast. Op basis van de gegevens uit de ECN-studie en de aangepaste dosisfactoren is de lozing naar de lucht van de vergunningslimiet omgerekend naar bijdragen tot de individuele dosis (zie tabel 3.5).

Tabel 3.5 Dosisbijdragen ten gevolge van lozing van de totale vergunningslimiet naar de lucht per radionuclide (uit MER tabel 5.5.6)

Radionuclide	Uitwendige bestraling ($\mu\text{Sv/jaar}$)	Inwendige bestraling (ingestie) ($\mu\text{Sv/jaar}$)	Totaal (uitwendig + inwendig) ($\mu\text{Sv/jaar}$)
β/γ -activiteit (^{131}I)	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$
HTO (^3H)	-	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$

Uit de berekening blijkt dat de hoogste dosisbijdrage wordt geleverd indien de vergunningslimiet wordt geloosd door jodium (^{131}I). Normaal wordt een mix van de verschillende nucliden geloosd zodat de bijdrage lager is.

3.5 DIRECTE STRALING

De directe straling vanuit de HFR, als gevolg van de in de installatie aanwezige radioactieve stoffen, levert een bijdrage aan de dosis voor de omgeving die maximaal is aan de terreingrens. Ter bewaking van de dosis zijn langs het gehele terrein van de OLP dosimeters geplaatst. Aangezien meerdere bedrijven op de OLP met radioactieve stoffen werken, zijn de geregistreerde doses een optelling van meerdere bijdragen.

In 2002 bedroeg de maximaal bepaalde jaardosis aan de terreingrens $10 \mu\text{Sv}$. Ter hoogte van de HFR was deze $4 \mu\text{Sv}$. De waarden zijn gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie en voor de theoretische mogelijke verblijftijd (langs het terrein is de meest beperkende bestemming die van dagrecreatiegebied, waarvoor een correctiefactor van 0,03 geldt).

3.6 RADIOACTIEF AFVAL

Binnen de HFR wordt vast radioactief afval geproduceerd, dat kan worden onderscheiden in hoog-, middel- en laag-radioactief afval. Het afval wordt op gezette tijden afgevoerd naar de COVRA.

Het hoog-radioactief afval betreft voornamelijk de opgebruikte splijtstofelementen en regelstaven. Per jaar worden maximaal 70 splijtstofelementen en 12 regelstaven uit de kern verwijderd. De gebruikte elementen worden eerst gedurende een afkoelperiode opgeslagen in een opslagbassin. De afgekoelde elementen worden vervolgens afgevoerd.

In tabel 3.6 staat de gemiddelde productie van hoog-radioactief afval per jaar.

Tabel 3.6 Gemiddelde productie van hoog-radioactief afval per jaar (uit MER tabel 5.6.1)

	Splijtstofelement	Regelstaaf	Totaal
Aantal	≤ 70 per jaar	≤ 12 per jaar	≤ 82 per jaar
Activiteit:			
- splijttingsproducten	170 TBq/element	120 TBq/staaf	$\leq 13\,000$ TBq/jaar
- actiniden	2 TBq/element	1 TBq/staaf	≤ 150 TBq/jaar

Het middel-radioactief afval bestaat voornamelijk uit ^{60}Co geactiveerde metalen componenten, dat ten tijde van de MER nog in de bassins van de HFR lag opgeslagen.

Laag-radioactief afval betreft papier, plastic, textiel, glaswerk, gebruikte luchtfilters en metaalafval.

Het middel- en laag-radioactief afval wordt bij de DWT verwerkt en gereedgemaakt voor afvoer naar de COVRA.

3.7 CONVENTIONELE MILIEUASPECTEN

De conventionele (niet-radiologische) milieugevolgen van de HFR zijn relatief beperkt. Ze betreffen met name conventionele lozingen naar oppervlaktewater en geluid.

CONVENTIONELE LOZING NAAR OPPERVLAKTEWATER

De HFR loost, naast licht radioactief afvalwater (zie paragraaf 3.3), koelwater naar de Noordzee. Het gaat hierbij om een lozing van maximaal 2.500 m³/uur met een maximale lozingstemperatuur van 34°C, conform de Wvo-vergunning. In het koelsysteem wordt voor aangroeibestrijding een hoeveelheid actief chloor van 0,2-0,4 mg/l chloor gedoseerd.

De temperatuursverhoging is aan het wateroppervlak in een zone tot hooguit 200 meter van het lozingspunt merkbaar en de lozing heeft zo goed als geen effect op het Noordzeemilieu.

Vanuit de OLP wordt huishoudelijk en niet radioactief belast laboratoriumafvalwater geloosd op het gemeentelijk riool. Via de rioolwaterzuiveringsinstallatie van het Hoogheemraadschap wordt dit geloosd op het Noord-Hollands kanaal. Deze lozingen veranderen niet als gevolg van de voorgenomen activiteiten en worden daarom niet verder beschouwd.

GELUID

De geluidsbelasting als gevolg van ventilatie, koeling en pompen beperkt zich tot de directe nabijheid van het HFR terrein. In het kader van de vergunningprocedure is een geluidsonderzoek uitgevoerd waaruit onder andere de volgende conclusies zijn getrokken. De etmaalwaarde ter plaatse van de meest nabij gelegen geluidsgevoelige bestemmingen bedraagt 26 à 31 dB(A) en is daarmee tenminste 14 dB(A) lager dan de richtwaarde voor een “rustige woonwijk met weinig verkeer”, zijnde 45 dB(A). De berekende waarden voor de piekniveaus (L_{Amax}) ter plaatse van geluidsgevoelige bestemmingen zijn ruimschoots lager dan de in de “Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening” genoemde maximaal te vergunnen waarden, te weten 70 dB(A) in de dagperiode, 65 dB(A) in de avondperiode en 60 dB(A) in de nachtperiode. De geluidsbelasting vanwege het verkeer van en naar de HFR ter plaatse van de geluidsgevoelige bestemmingen zijn zeker lager dan 50 dB(A) etmaalwaarde, zijnde de voorkeursgrenswaarde uit de circulaire “Beoordeling geluidhinder wegverkeer i.v.m. vergunningverlening Wm”.

4 MILIEUGEVOLGEN

4.1 ALGEMEEN

Het MER [NRG 2003a] doet voorspellingen over de optredende milieugevolgen door de uit te voeren activiteiten. In dit hoofdstuk worden de daadwerkelijke effecten voor de verschillende milieuaspecten nader beschouwd.

In de vergunning voor de HFR (Kew-vergunning NRG d.d 7 januari 2005, kenmerk SAS/2004166322, [Ministerie van VROM 2005]) staat een aantal voorschriften met betrekking tot het bepalen en bewaken van de milieubelasting.

Voorschrift E1 van de vergunning bepaalt dat de lozing van radioactieve stoffen in de lucht voortdurend dient te worden bewaakt en dat over deze lozingen aan de directeur KFD dient te worden gerapporteerd.

Voorschrift F9 bepaalt dat de stralingsdeskundige ieder jaar over het voorafgaande jaar in een jaarverslag dient te rapporteren. Het jaarverslag bevat in ieder geval onder andere een inschatting van de totale stralingsbelasting voor het milieu ten gevolge van alle stralingsbronnen in de inrichting. Het jaarverslag moet ieder jaar worden toegezonden aan de directeur KFD.

Voorschrift G8 bepaalt dat ieder jaar een milieujaarverslag over het voorgaande jaar moet worden opgesteld en dat dit tegelijkertijd met de onder F9 bedoelde rapportage moet worden toegezonden aan de KFD. Het milieujaarverslag betreft de niet op straling betrekking hebbende milieuaspecten.

In de Kew-vergunning van de NRG (Kew-vergunning NRG d.d. 2 augustus 2001, kenmerk DGM/SAS/2001049111, [Ministerie van VROM 2001]) voor onder andere het lozen van radioactieve stoffen in de Noordzee staat het volgende voorschrift met betrekking tot het bepalen en bewaken van deze lozingen.

Voorschrift I5 bepaalt dat voorafgaand aan elke lozing van vloeibaar radioactief afval in de Noordzee van het afvalwater een representatief monster dient te worden genomen en te lozen activiteit dient te worden bepaald. Voorschrift I6 bepaalt dat de lozingen dienen te worden geregistreerd in het beheersysteem zoals omschreven in voorschrift L1 (te weten een overzichtelijk beheersysteem met betrekking tot stralingshygiëne, dat tenminste vijf jaren moet worden bewaard).

Conform de genoemde voorschriften uit de vergunningen heeft de NRG de verschillende metingen verricht of laten verrichten en hierover gerapporteerd. De volgende registraties en rapportages zijn in dit verband relevant:

- NRG-jaarverslagen Milieu en veiligheid
- Registratie van via de schoorsteen geloosde hoeveelheid activiteit
- Registratie van via de zeeleiding geloosde hoeveelheid activiteit
- Registratie van effectieve dosis op 58 punten van het bedrijfsterrein Petten

Daarnaast zijn de volgende rapportages van belang voor de evaluatie van de MER:

- HFR Kernontwerprapporten
- Rapportages lozingsgegevens secundair koelwater
- Notitie NRG 2009 met gegevens ten behoeve van de MER-evaluatie
- Storingsrapportages van de VROM-Inspectie

4.2 RADIOLOGISCHE LUCHTKWALITEIT

VOORSPELLING MER

In het MER wordt de verwachting uitgesproken dat de voorgenomen activiteit niet zal leiden tot een wijziging van de stralingsbelasting van leden van de bevolking ten gevolge van luchtgedragen activiteit door lozingen van de HFR.

De overgang van hoog verrijkt uranium (HEU) naar laagverrijkt uranium (LEU) is in de eerste plaats van invloed op de kerninventarissen van de splijtingsproducten. Uit de vergelijking van de kerninventarissen van de HEU- en LEU-kern volgt dat de activiteit van het ten aanzien van de luchtlozing belangrijkste splijtingsproduct ^{131}I met ongeveer 15% toeneemt. Daaruit afgeleid neemt de gemiddelde lozing hiervan met hetzelfde percentage toe. Gezien de geringe bijdrage van ^{131}I op de totale stralingsbelasting, heeft deze stijging een verwaarloosbare invloed.

Door de overgang van HEU naar LEU zal de gemiddelde neutronenflux nauwelijks veranderen. Daarmee zullen ook de lozingen van de activeringsproducten ^{41}Ar en ^3H (tritium) gelijk blijven. Omdat de totale stralingsbelasting als gevolg van luchtlozingen vooral door deze twee nucliden worden bepaald, zal deze belasting niet wijzigen.

LOZINGEN NAAR LUCHT 2005-2008

De activiteitsconcentratie van de afgevoerde lucht wordt gemeten voordat deze naar de ventilatieschacht wordt geleid. In tabel 4.1 staan voor de jaren 2005 t/m 2008 de via de HFR schoorsteen geloosde hoeveelheid activiteit weergegeven. De gegevens komen uit de registratie van het NRG [NRG Registers 2005-2008].

Tabel 4.1 Lozing via de schoorsteen HFR van radioactieve stoffen naar de lucht in 2005-2008 (bron: NRG Registers 2005-2008)

Radionuclide	Lozing 2005 (MBq)	Lozing 2006 (MBq)	Lozing 2007 (MBq)	Lozing 2008 (MBq)
α -activiteit	0	0	0	0
β -activiteit	0,587	0,16	0	0
γ -activiteit (^{131}I)	0	0,0296	0	0,12
^3H (tritium)	$390 \cdot 10^3$	$262 \cdot 10^3$	$221 \cdot 10^3$	$246 \cdot 10^3$
Gas (^{41}Ar)	$5,16 \cdot 10^6$	$4,31 \cdot 10^6$	$4,41 \cdot 10^6$	$3,09 \cdot 10^6$
Totaal in % van vergunninglimiet)	16%	12,4%	11,8%	9,9%

Uit de resultaten blijkt dat de lozingen, zoals voorspeld in het MER, niet zijn gestegen. In 2005-2008 bedroegen de jaarlijkse lozingen 12 tot 16% van de vergunninglimiet. Daarmee liggen de dosisbijdragen ten gevolge van de luchtgedragen activiteit ook ruim onder de in het MER berekende maximale bijdragen bij lozing van de vergunninglimiet.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging van de stralingsbelasting van leden van de bevolking ten gevolge van luchtgedragen activiteit door lozingen van de HFR.

4.3 RADIOLOGISCHE WATERKWALITEIT

VOORSPELLING MER

In het MER wordt de verwachting uitgesproken dat de overgang van HEU naar LEU vrijwel niet van invloed zal zijn op de lozingen van radioactieve stoffen naar de Noordzee. Bij de overgang zal de gemiddelde neutronenflux nauwelijks veranderen, waardoor ook de productie en daarmee de lozing van tritium en andere activeringsproducten gelijk blijft.

LOZINGEN 2005-2008

In tabel 4.2 staan de lozingen van de belangrijkste radioactieve stoffen naar de Noordzee in de evaluatieperiode weergegeven: 2005 tot en met 2008. Onderaan staan de percentages van de vergunningslimiet voor lozingen naar water door DWT van 2000 Re_{ing} /jaar (1 Re_{ing} is de hoeveelheid radioactiviteit die bij complete ingestie een dosis van 1 Sv geeft).

Tabel 4.2 Lozingen naar de Noordzee van de gehele OLP in 2005-2008 (bron: NRG Registers 2005-2008)

Radionuclide	Lozing 2005 (MBq)	Lozing 2006 (MBq)	Lozing 2007 (MBq)	Lozing 2008 (MBq)
3H	$261 \cdot 10^3$	$337 \cdot 10^3$	$267 \cdot 10^3$	$200 \cdot 10^3$
^{131}I	347	491	458	233
^{134}Cs	1.390	456	552	101
^{137}Cs	3.100	1.310	1.417	634
β^{11}	$75,6 \cdot 10^3$	$54,8 \cdot 10^3$	$98,1 \cdot 10^3$	$60,4 \cdot 10^3$
Totaal van vergunningslimiet	6,9%	4,2%	6,0%	3,7%

1) Totale β -activiteit met uitzondering van tritium (3H)

De lozingen laten ten opzichte van de lozingsgegevens van 2000, 2001 en 2002 een aanzienlijke daling in geloosde activiteit veroorzaken door jodium zien. Het overgrote deel van deze activiteit wordt echter niet geloosd door de HFR, maar heeft een andere herkomst binnen de OLP.

De lozingen van de activiteit afkomstig van de beide cesiumisotopen zijn met een factor 10 verminderd. Zoals in het MER is aangegeven is de lozing van deze Cs activiteit het gevolg van de aanwezigheid van deze isotopen in onopgeloste vorm in het Hot Drain Systeem van de HFR, als gevolg van een falend bestralingsexperiment in het verleden. De daling zal dus niet zijn veroorzaakt door de overgang van HEU naar LEU.

De hoeveelheden aan activiteit en de percentages van de vergunningslimiet veroorzaakt door zowel tritium als de totale β -activiteit (met uitzondering van tritium) zijn bij vergelijking van de beschouwde perioden van voor en na de overgang van HEU naar LEU vergelijkbaar.

Uit de resultaten blijkt dat de gemiddelde lozing naar de Noordzee van tritium en andere activeringsproducten nauwelijks is veranderd, zoals voorspeld in het MER. In 2005-2008 bedroegen de jaarlijkse lozingen 4 tot 7 % van de vergunninglimiet. Daarmee komen de dosisbijdragen ten gevolge van de lozingen naar de Noordzee overeen met de in het MER berekende jaarlijkse lozing van de vergunninglimiet.

De voorgenomen activiteit heeft, zoals verwacht in het MER, geen invloed op de grootte en samenstelling van de lozing naar de Noordzee.

4.4 RADIOLOGISCHE BODEMKWALITEIT

VOORSPELLING MER

In het MER wordt de verwachting uitgesproken dat de lozingen naar lucht van radioactieve stoffen nauwelijks zullen veranderen en zeker onder de huidige vergunningslimiet zullen blijven (zie paragraaf 4.2). Daardoor zal ook de maximale dosisbijdrage ten gevolge van depositie van radioactieve stoffen in de omgeving gelijk blijven.

LOZINGEN 2005-2008

De lozingen naar de lucht van radioactieve stoffen (zie paragraaf 4.2) zijn zoals voorspeld in het MER, niet gestegen. In 2005-2008 bedroegen de jaarlijkse lozingen 12 tot 16% van de vergunninglimiet. Daarmee liggen de dosisbijdragen ten gevolge van depositie van radioactieve

stoffen ruim onder de in het MER berekende maximale bijdragen bij lozing van de vergunninglimiet.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging van de stralingsbelasting van leden van de bevolking ten gevolge van depositie van door de HFR geloosde radioactieve stoffen.

4.5 DIRECTE STRALING

VOORSPELLING MER

In het MER wordt de verwachting uitgesproken dat de voorgenomen activiteit niet of nauwelijks van invloed zal zijn op de externe stralingsdosis aan de terreingrens.

STRALINGSNIVEAUS 2005-2008

Uit de registratie van de effectieve dosis op 58 punten van het bedrijfsterrein Petten [NRG Registers 2005-2008] en de rapportage hiervan in de NRG-jaarverslagen "Veiligheid en Milieu" [NRG 2006,2007,2008] blijkt dat in de jaren 2005-2007 de effectieve stralingsdosis aan de terreingrens ter hoogte van de HFR 4 μ Sv per jaar bedroeg. In 2008 bedroeg de effectieve dosis 2 μ Sv.

Uit deze gegevens blijkt dat de stralingsdosis, zoals voorspeld in het MER, niet is gestegen. De voorgenomen activiteit heeft geen invloed gehad op de externe stralingsdosis aan de terreingrens.

4.6 RADIOACTIEF AFVAL

VOORSPELLING MER

Met betrekking tot het laag- en middel-radioactief afval is in het MER aangegeven dat de voorgenomen activiteit hier geen invloed op heeft.

In het MER wordt aangegeven dat bij de overgang van HEU naar LEU de kerninventaris na volledige opbrand verandert en daarmee ook de hoeveelheid hoog radioactief afval.

Door de conversie kan de activiteit van de reactorkern met circa 18% stijgen. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door een hoger percentage actiniden (met name neptunium, plutonium, americium en curium) en anderzijds door de verhoogde splijfstofmassa per element in de LEU-splijstof. Het hogere percentage actiniden wordt veroorzaakt door het sterk verhoogde percentage uranium-238 in LEU (80%) ten opzichte van HEU (7%). De actiniden ontstaan door neutronenabsorptie in dit uranium. De genoemde verschillen leiden tot een hogere activiteit van de elementen na opbrand.

In tabel 4.3 staat de gemiddelde productie van hoog-radioactief afval in de nieuwe situatie.

Tabel 4.3 Gemiddelde productie van hoog-radioactief afval per jaar (uit MER tabel 5.6.2)

Aantal	Splijstofelement	Regelstaaf	Totaal
	≤ 70 per jaar	≤ 12 per jaar	≤ 82 per jaar
Activiteit:			
- splijtingsproducten	170 TBq/element	160 TBq/staaf	≤ 14.000 TBq/jaar
- actiniden	19 TBq/element	19 TBq/staaf	≤ 1.600 TBq/jaar

PRODUCTIE LAAG- EN MIDDEL/RADIOACTIEF AFVAL

Hieronder is een overzicht gegeven van de aantallen naar de COVRA afgevoerde vaten radioactief afval voor de jaren 2001-2008. De bulk (meer dan 95%) betreft 110 liter vaten.

Tabel 4.4 Aantal naar COVRA afgevoerde vaten radioactief afval voor 2001-2008 (bron: NRG 2009a)

Jaar	Aantal vaten radioactief afval	
	van NRG totaal	van HFR
2001	456	245
2002	388	284
2003	332	286
2004	381	280
2005	458	386
2006	428	401
2007	460	405
2008	595	332

Uit het overzicht is geen trend met betrekking tot de voorgenomen activiteit (HEU-LEU conversie) te halen. De conversie is geen significante bron van extra laag- en middel-radioactief afval. Bepalend voor schommelingen in de hoeveelheden zijn met name de diverse sanerings- en opruimacties.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de hoeveelheden laag- en middel-radioactief afval.

PRODUCTIE HOOG-RADIOACTIEF AFVAL 2005-2008

Hieronder is een overzicht gegeven van de productie van hoog-radioactief afval voor de jaren 2005-2008. Daarbij zijn de aantallen ontladen splijtstofelementen en regelstaven en de bijbehorende activiteit gegeven. Deze activiteit is berekend op basis van de activiteit per element (zie tabel 4.3).

Tabel 4.5 Productie hoog-radioactief afval in 2005-2008 (bron: NRG 2010)

Jaar	Aantal		Activiteit		
	splijtstofelementen	regelstaven	Splijttingsproducten	actiniden	Totaal
2000	50	12	9940	112	10052
2001	55	12	10790	122	10912
2002	49	10	9530	108	9638
2003	60	12	11640	132	11772
2004	53	11	10330	117	10447
2005	56	12	11080	382	11462
2006	49	10	9810	795	10605
2007	45	9	9090	1026	10116
2008	30	6	6060	684	6744

Uit het overzicht blijkt dat de aantallen elementen en staven niet zijn gestegen en onder de in het MER voorspelde waarden (zie tabel 4.3) blijven. Zoals ook aangegeven in het MER is de activiteit van het hoog-radioactief afval wel veranderd met de overgang van HEU naar LEU. Dit is vooral te zien in een stijging van de activiteit door actiniden. De activiteiten blijven onder de in het MER voorspelde waarden (zie tabel 4.3).

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de aantallen splijtstofelementen en regelstaven, maar wel op de activiteit van het hoog-radioactief waarbij deze onder de in het MER voorspelde waarden blijft.

4.7 CONVENTIONELE LOZINGEN NAAR OPPERVLAKTEWATER

VOORSPELLING MER

In het MER is aangegeven dat de voorgenomen activiteit geen wijziging brengt in de conventionele lozingen naar het oppervlaktewater. Met betrekking tot de HFR gaat het hierbij met name om het naar de Noordzee geloosde koelwater.

LOZINGEN KOELWATER NAAR DE NOORDZEE 2005-2008

Uit de rapportages van de koelwaterlozingen over 2005-2008 blijkt dat het debiet, de temperatuur en de concentratie vrij chloor over het algemeen waarden hebben zoals aangegeven in het MER, te weten respectievelijk maximaal 2.500 m³/uur, maximaal 34 °C en 0,2-0,4 mg/l chloor.

In warmere periodes zijn echter hogere debieten (tot 3.300 m³/uur) en hogere temperaturen (tot iets boven de 40 °C) geloosd. Ook de concentraties vrij chloor kunnen vooral in warmere periodes hoger zijn dan de aangegeven waarden, tot 0,5 mg/l. In maart 2008 is gedurende twee dagen door een storing in het nieuw geïnstalleerde chloorbleekloogdoseringssysteem te veel chloor in de secundaire koelwaterleiding gekomen. Dit heeft geleid tot concentraties vrij chloor van 0,75 mg/l en 2,2 mg/l [VROM-Inspectie 2009].

Op een enkele uitzondering na zijn de waarden voor de parameters binnen de in de Wvo-beschikking vergunde hoeveelheden gebleven: debiet maximaal 3125 m³/uur, temperatuur maximaal 40 °C en concentraties vrij chloor maximaal 0,5 mg/l.

De hogere waarden hebben geen relatie met de conversie van HEU naar LEU. Ze zijn (uitgezonderd het hierboven aangegeven incident) veroorzaakt door het ook in warme perioden bedrijven van de reactor op een bepaald vermogen, hetgeen mogelijk wordt gemaakt door de verruiming van de Wvo-vergunning sinds 2004 (verhoging maximum debiet) en 2005 (verhoging maximum temperatuur).

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging in de lozingen van koelwater in de Noordzee.

4.8 GELUID

VOORSPELLING MER

In het MER wordt aangegeven dat de voorgenomen activiteit geen invloed heeft op de geluidsbelasting.

GELUID 2005 -2008

Er zijn geen geluidmetingen gedaan in de periode 2005-2008. Er zijn echter geen redenen om aan te nemen dat de uitgevoerde conversie van HEU naar LEU of de uitgevoerde veiligheidsmaatregelen invloed hebben gehad op de geluidsbelasting. Uit de jaarverslagen van NRG met betrekking tot veiligheid en milieu blijken geen klachten over geluid.

Geconcludeerd kan worden dat zoals verwacht in het MER de voorgenomen activiteit geen invloed heeft op de geluidsbelasting.

5 VEILIGHEID EN ALARA-BEGINSEL

5.1 ALGEMEEN

Het ALARA-beginsel (As Low As Reasonably Achievable) is één van de uitgangspunten van de stralingsbescherming. In dit kader wordt gestreefd naar zo laag als redelijkerwijs mogelijke emissies en blootstelling. Met betrekking tot de veiligheid betekent dit het nemen van alle redelijkerwijs uitvoerbare maatregelen om ongevallen te voorkomen en de gevolgen te beperken.

De veiligheid van kernreactoren wordt langs twee lijnen benaderd: de ontwerpongevallen en de buiten-ontwerpongevallen.

Ontwerpongevallen zijn ongevallen waarop de installatie ontworpen is. Daarbij moet worden aangetoond dat voor alle relevante begingebourtenissen de gevolgen worden beheerst en dat de mogelijke radiologische gevolgen binnen daarvoor geldende normen (dosiscriteria) blijven.

Buiten-ontwerpongevallen zijn ongevallen die de installatie niet aantoonbaar kan beheersen, maar waarvan de kans zeer gering is. Voor de kansen en gevolgen moeten risicoanalyses worden uitgevoerd. De risico's moeten voldoen aan de hiervoor geldende normen voor het individueel en het groepsrisico.

In het MER [NRG 2003a] zijn de resultaten van de ongevalsanalyses voor de bestaande en de beoogde situatie weergegeven. Deze worden in paragraaf 5.2 en 5.3 behandeld.

De gevolgen van de uitvoering van de voorgenomen activiteiten, met name de conversie van HEU naar LEU en de veiligheidsverhogende maatregelen, worden in paragraaf 5.4 en 5.5 nader beschouwd.

5.2 ONTWERPONGEVALLLEN

Aan het ontwerp van de installatie ligt de eis ten grondslag, dat de veiligheid voor de omgeving onder alle redelijkerwijs denkbare omstandigheden gewaarborgd moet zijn. Daartoe is met behulp van ongevalanalyses aangetoond dat voor alle relevante begingebourtenissen (zoals het breken van een leiding) de gevolgen worden beheerst. Dat wil zeggen dat de essentiële veiligheidsdoelen: afschakelen van de reactor, afvoeren van de vervalwarmte en insluiten van de radioactieve stoffen, zijn gewaarborgd.

De ongevalsanalyses worden onderscheiden in thermohydraulische analyses (gedrag van de installatie) en radiologische analyses (gevolgen voor de omgeving). In het Veiligheidsrapport HFR [NRG, 2003b] zijn de analyses uitgebreid beschreven. In het MER zijn de resultaten van de ongevalsanalyses weergegeven.

Bij een thermohydraulische analyse worden temperaturen en drukken binnen de reactorinstallatie in een computermodel vertaald, waarna wordt berekend hoe de respons van de installatie op de begingebourtenis zal zijn. In het MER is aangegeven dat de analyses voor de bestaande en de beoogde situatie aantonen dat na alle representatieve begingebourtenissen de installatie in een veilige toestand kan worden gebracht en gehouden. De analyses voor de bestaande situatie zijn uitgevoerd in 1994. De begingebourtenissen zijn iets afwijkend ingedeeld, maar komen in grote lijnen overeen met die in de beoogde situatie.

In het algemeen leiden ontwerpongevallen niet tot lozingen van radioactiviteit naar de omgeving, omdat het ontwerp is gericht op het beheersen van deze ongevallen en dus op het insluiten van de radioactiviteit. In bepaalde gevallen kan de lozing toch uitgaan boven de emissies bij normale bedrijfsvoering. In een radiologische analyse worden met behulp van verspreidings- en dosisberekeningen de gevolgen voor de omgeving berekend. De gevolgen worden uitgedrukt in de effectieve dosis, een maat voor het effect van de totale hoeveelheid straling die het menselijk

lichaam ontvangt. Hiervoor gelden, afhankelijk van de kans van optreden van een ontwerp ongeval, dosiscriteria ter beperking van de kans op sterfte ten gevolge van lange-termijn effecten. Ter vermijding van korte-termijn effecten is een aanvullend criterium vastgesteld voor de schildklierdosis.

In het MER zijn de resultaten weergegeven van de radiologische analyses van representatieve begingebourtenissen die een radioactieve lozing tot gevolg kunnen hebben. Voor de bestaande en de beoogde situatie is aangetoond dat de gevolgen onder de daarvoor geldende grenzen blijven (zie tabel 5.1).

Bij de toetsing zijn twee centrale elementen van het risicobeleid gehanteerd, namelijk bescherming van de meest kwetsbare groep (ten aanzien van stralingsrisico's zijn dit kinderen) en het multifunctionaliteitsprincipe. Dit laatste betekent dat het gebied grenzend aan het terrein ten alle tijde voor elke functie beschikbaar moet blijven. Bij de toetsing is dus uitgegaan van het hypothetische geval dat het gebied grenzend aan het terrein een woonbestemming heeft, waar zich ten tijde van het ongeval de referentiegroep kinderen bevindt, die vervolgens ter plaatse gedurende het gehele leven (70 jaar) worden blootgesteld aan de gevolgen van het ongeval.

Tabel 5.1 Toetsing berekende dosis voor representatieve begingebourtenissen aan dosiscriteria voor kinderen (uit MER tabel 5.4.5)

voor kinderen (zie MER tabel 37-43)

Begingebourtenis	Berekende dosis (mSv)		Dosiscriteria voor kinderen (mSv)		Gebeurtenis frequentie F (per jaar)
	Eff. dosis	schildklier -dosis	Eff. dosis	schildklier-dosis	
Bestaande installatie:					
- Volledige blokkering van één splijstofelement in de kern	0,01	-	0,04	500	$F \geq 10^{-1}$
- Falen van een splijstof-bestrallingsfaciliteit in de bassinbestralingsruimte	0,01	-	0,4	500	$10^{-1} \geq F \geq 10^{-2}$
Beoogde installatie:					
- Lekkage van een primaire leiding	0,06	0,06	4	500	$10^{-2} \geq F \geq 10^{-4}$
- Beschadiging van het opslagbassin	$4 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$	4	500	$10^{-2} \geq F \geq 10^{-4}$
- Falen van experimentele apparatuur	0,35	0,35	0,4	500	$10^{-1} \geq F \geq 10^{-2}$

5.3 BUITEN-ONTWERPONGEVALLLEN

Naast de beheersing van ontwerp ongevallen moeten de gevolgen van buiten-ontwerp ongevallen worden beperkt. Daarbij moet worden voldaan aan de in het Nederlandse risicobeleid vastgelegde risicocriteria voor het individueel risico en het groepsrisico.

Met behulp van een risicoanalyse zijn allereerst de begingebourtenissen geïnventariseerd die zouden kunnen leiden tot kernbeschadiging of tot beschadiging van andere grote hoeveelheden radioactiviteit bevattende componenten (zoals experimenten of gebruikte splijstofelementen in het opslagbassin). Uitgaande van deze begingebourtenissen zijn alle mogelijke ongevalsverlopen bepaald die tot lozing van radioactieve stoffen kunnen leiden. Op basis van de ongevalslozingen zijn de radiologische gevolgen voor mens en milieu bepaald. Voor de mens worden korte-termijn en lange-termijn effecten onderscheiden. Samen met de kans van optreden resulteert dit in een overljdensrisico.

In het MER zijn de resultaten van de risicoanalyse voor de bestaande en de beoogde situatie weergegeven.

De kernbeschadigingsfrequentie is voor de bestaande situatie berekend op $5 \cdot 10^{-5}$ per jaar. Voor de beoogde situatie is dit verlaagd tot $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar, een verbetering met een factor 40. In tabel 5.2 zijn de bijdragen van de begingebourtenissen aan de kernbeschadigingsfrequentie weergegeven. De verbetering komt vooral door de kleinere kansen op kernschade bij de breuk in een primaire uitlaatleiding en bij de val van een container. De gevolgen van deze begingebourtenissen zijn minder ernstig door de veiligheidsmaatregelen (zie paragraaf 2.5).

Tabel 5.2 Relatieve bijdragen van de interne gebeurtenissen aan de kernbeschadigingsfrequentie (uit MER tabel 5.4.6)

Begingebourtenis	Bijdrage aan de kernbeschadigingsfrequentie		Verbeteringsfactor
	Bestaande installatie	Beoogde installatie	
Totale kernbeschadigingsfrequentie (per jaar) t.g.v. interne begingebourtenissen	$5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$	40
Verlies van externe voeding:			
- Verlies van externe voeding	12%	20%	24
Onbedoelde toename van reactiviteit:			
- Opstartongeval	0,4%	16%	1
- Foutief bewegen van regelstaven	0,1%	4%	1
- Niet-symmetrische regelstaafposities	<0,01%	<0,01%	-
Verlies van debiet in het primaire systeem:			
- Falen van primaire pompen	1%	1%	40
- Blokkering van een splijfstofkanaal	<0,01%	0,1%	4
- Blokkering van het primaire systeem	5%	4%	50
- Verlies van uiteindelijke warmteafvoer	0,4%	1%	16
Lekkage van koelmiddel:			
- Lekkage van een primaire leiding binnen het reactorbassin	5%	1%	200
- Lekkage van een primaire inlaatleiding	2%	24%	3
- Lekkage van een primaire uitlaatleiding	2%	24%	3
- Breuk van een primaire inlaatleiding	37%	3%	490
- Breuk van een primaire uitlaatleiding	0,2%	3%	3
Foutieve handelingen of falen van apparatuur of componenten:			
- Falen van experimenten	0%	0%	-
Speciale interne gebeurtenissen:			
- Val van een container	36%	0,1%	14.000
- Verlies van hulpsystemen (gelijkspanningsvoeding)	0,06%	0,2%	12

Uitgaande van de begingebourtenissen zijn de mogelijke verlopen van de elkaar opvolgende gebeurtenissen geanalyseerd. De verschillende ongevalsscenario's zijn geanalyseerd met betrekking tot het thermohydraulisch gedrag van systemen en gebouwen. Daarbij zijn de belangrijkste variabelen: de toestand van de kern en van het primaire koelsysteem en de mogelijke routes van de vrijkomende radioactieve stoffen. Hieruit volgt het tijdsverloop van de gebeurtenissen en de hoeveelheden, eigenschappen en nucliden van de vrijkomende radioactieve stoffen. Deze gegevens zijn input voor de berekening van de individuele risico's en de groepsrisico's.

Uit de berekeningen blijkt dat voor de bestaande situatie de mogelijke acute effecten zodanig gering zijn dat er geen sprake is van enig groepsrisico. In de beoogde situatie dalen de eventuele acute effecten nog verder dankzij de veiligheidsmaatregelen, zodat hierin zeker geen sprake is van enig groepsrisico.

Voor het individueel risico blijkt dat dit lager is naarmate de afstand tot het lozingspunt toeneemt. Het maximale individuele risico treedt op aan de terreingrens van de OLP op 150 meter afstand van de HFR en is in de bestaande situatie $3 \cdot 10^{-7}$ per jaar en in de beoogde situatie $2 \cdot 10^{-8}$ per jaar; in beide situaties dus ruim beneden het maximaal toelaatbare niveau van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

5.4 GEVOLGEN CONVERSIE

De conversie van HEU naar LEU heeft gevolgen voor de nucleaire en thermohydraulische karakteristieken van de kern. Het voldoen van het kernontwerp aan bepaalde eisen is van belang voor het kunnen beheersen van de gevolgen in het geval van bepaalde begingebourtenissen.

Bij de veiligheidsanalyses in het veiligheidsrapport (VR) is uitgegaan van een LEU-kern. Met het voor iedere nieuwe cyclus aantonen dat de overgangskern aan de veiligheidseisen voldoet, wordt aangetoond dat in alle situaties wordt voldaan aan de veiligheidsanalyses uit het VR.

Daarnaast is de conversie van invloed op de totale activiteit in de reactorkern. In de radiologische analyses hebben de kerninventarissen van de evenwichtskernen voor de HEU- en de LEU-situatie als basis gediend.

VOORSPELLING MER

In het MER wordt de verwachting uitgesproken dat als gevolg van de conversie de nucleaire karakteristieken als volgt zullen wijzigen. Vergeleken bij de HEU-kern zal in de LEU-kern de overreactiviteit (mate waarin de reactiviteit boven het niveau ligt om kritisch te worden) iets toenemen, het effect van de regelstaven iets minder zijn en de afschakelmarge (verschil tussen de afschakelcapaciteit van de regelstaven en de benodigde afschakelcapaciteit) iets kleiner zijn. Maar aan de bestaande veiligheidsrelevante voorwaarden zal zijn voldaan, met name:

- De maximum overreactiviteit van de kern mag niet groter zijn dan een vastgestelde waarde (15% dk/k).
- De reactor moet subkritisch blijven voor elke kernconfiguratie en gedurende de gehele cyclus, met de meest effectieve regelstaven geheel uitgetrokken en de andere volledig ingedreven.
- De reactor moet subkritisch blijven met alle regelstaven uitgetrokken over een lengte corresponderend met de helft van hun reactiviteitswaarde.

Met betrekking tot de thermohydraulische karakteristieken wordt in het MER de verwachting uitgesproken dat de bestaande limieten niet worden overschrijden. De hydraulische karakteristieken zijn identiek voor het HEU- en het LEU-element. Het temperatuurverschil tussen splijtstofplaatoppervlak en het midden van de plaat kan voor het LEU-geval groter zijn dan voor het HEU-geval.

De totale activiteit van de reactorkern zal na de HEU-LEU conversie met circa 18% kunnen stijgen als gevolg van een hoger percentage actiniden en een verhoogde splijtstofmassa per element. Door deze verhoogde activiteit zal bij eventuele ongevallen met lozing van radioactiviteit de hoeveelheid radiotoxiciteit in het milieu kunnen toenemen. Deze verhoging zal echter worden gecompenseerd door de veiligheidsverhogende maatregelen (zie paragraaf 5.5).

In het MER is aangegeven dat tijdens de overgangsperiode waarin zowel HEU- als LEU-splijtstofelementen worden toegepast, de milieugevolgen globaal tussen die van de HEU- en de LEU-kern in liggen en dat aan de voor de bestaande HEU-kern geldende veiligheidsvoorschriften wordt voldaan.

REACTORFYSISCH EN THERMOHYDRAULISCH KARAKTERISTIEKEN 2005-2008

Na iedere splijtstofwisseling wordt, voordat de reactor wordt opgestart, met berekeningen aangetoond dat voldaan wordt aan de reactorfysische en thermodynamische eisen.

In de HFR Kernontwerprapporten [NRG 2005-2006] is voor iedere beladingscyclus in de overgang tussen HEU- en LEU-kern aangetoond dat de kernsamenstelling voldoet aan de ontwerpregels.

Het gaat daarbij om de volgende ontwerpregels:

1. Het maximale operationeel vermogen van de HFR is 50 MW (thermisch).
2. De uitlaattemperatuur van het primair koelwatersysteem is beperkt tot 66 °C.
3. Een thermodynamische analyse moet aantonen dat de kernsamenstelling aan het thermohydraulisch veiligheids criterium voldoet (het "bubble detachment" criterium).
4. De overreactiviteit van een koude, schone kern (zonder xenonvergiftiging) mag niet meer bedragen dan 15% $\Delta k/k$.
5. Een reactorfysische analyse moet aantonen dat de maximale overreactiviteit van de kern niet meer dan 50% van de totale reactiviteitswaarde van de 6 regelstaven bedraagt.
6. Een reactorfysische analyse moet aantonen dat de kern subkritiek is wanneer de 2 meest reactieve regelstaven volledig uit bewogen zijn en de overige 4 regelstaven volledig in bewogen zijn.
7. Een reactorfysische analyse moet aantonen dat de kern subkritiek is bij een gemeenschappelijke staafstand die correspondeert met de helft van de totale reactiviteitswaarde van de regelstaven. Deze staafstand wordt aangeduid met SUBKRITIEK.
8. Bij gemeenschappelijke regelstaafstanden boven SUBKRITIEK mag het reactiviteitstoename tempo niet meer dan 120 pcm/s bedragen tijdens de gemeenschappelijke verplaatsing van de regelstaven.
9. De versplijtingsgraad van splijtstof in LEU splijtstofelementen en regelstaven mag niet meer dan 98% FIMA bedragen.
10. De gewenste overreactiviteit aan het einde van de cyclus is ten minste 1000 pcm.
11. Wanneer het reactiviteitseffect van een bestralingsfaciliteit met dekseldoorvoering meer dan 450 pcm bedraagt, moet de faciliteit redundant en diversitair geborgd worden aan het vatdeksel om uitschieten te voorkomen.
12. In geval van een vermogensexcursie mag de maximum temperatuur van de bekleding van de splijtstofplaten niet meer dan 425 °C bedragen.

Uit de resultaten zoals deze zijn weergegeven in de Kernontwerprapporten blijkt dat de kernsamenstellingen voor de cycli 2005-10, 2005-11, 2005-12, 2006-1, 2006-2, 2006-3, 2006-4 (volledig geconverteerde kern) voldoen aan de hierboven aangegeven ontwerpregels.

Zoals verwacht in het MER is tijdens de overgangperiode van HEU- naar LEU-kern met betrekking tot de reactorfysische en thermohydraulische eigenschappen van de kernsamenstelling voldaan aan de veiligheidsvoorschriften.

5.5 GEVOLGEN VEILIGHEIDSVERHOGENDE MAATREGELEN

VOORSPELLING MER

In het MER is aangegeven dat de invloed van de veiligheidsverhogende maatregelen op de buiten-ontwerpongevallen duidelijk zichtbaar is (zie paragraaf 5.3, tabel 5.2). De kans op kernbeschadiging neemt af met een factor 40: van $5 \cdot 10^{-5}$ naar 10^{-6} per jaar.

Als gevolg daarvan neemt ook het individueel risico af. De verhoogde activiteit van de LEU-kern ten opzichte van die van de HEU-kern verhoogt de stralingsrisico's. Deze verhoging wordt echter ruimschoots gecompenseerd door het effect van de veiligheidsverhogende maatregelen. In totaal neemt het individueel risico af van $3 \cdot 10^{-7}$ per jaar in de bestaande situatie naar $2 \cdot 10^{-8}$ per jaar in de beoogde situatie.

UITVOERING VEILIGHEIDSVERHOGENDE MAATREGELEN

Van de acht voorgenomen veiligheidsverhogende maatregelen zijn er vier uitgevoerd, één half en drie niet (zie paragraaf 2.5). Bij deze huidige stand van implementatie van de maatregelen is de kans op splijtstofschaade berekend op $2,7 \cdot 10^{-5}$ per jaar¹; uitgedrukt in afname van de kans op splijtstofschaade is ongeveer 63% van de beoogde veiligheidswinst gerealiseerd [NRG 2009b]. Bij deze berekening is niet uitgegaan van de analyses die ten grondslag liggen aan het MER, maar van uitgebreidere analyses uit de Risk Scoping studies (inclusief de mogelijke gevolgen van brand) die eveneens onderdeel uitmaken van de vergunningaanvraag [NRG 2003c]. In deze studies is de kans op splijtstofschaade voor uitvoering van de maatregelen berekend op $6,9 \cdot 10^{-5}$ (in plaats van $5 \cdot 10^{-5}$ zoals in het MER) per jaar en de kans op splijtstofschaade na uitvoering van de maatregelen op $2 \cdot 10^{-6}$ (in plaats van $1 \cdot 10^{-6}$ zoals in het MER) per jaar.

Voor het effect op het individuele risico kan ervan worden uitgegaan dat deze bij benadering proportioneel is aan de veiligheidswinst in de kans op splijtstofschaade van 63%. Dit betekent dat het individuele risico is gedaald naar $1,2 \cdot 10^{-7}$ per jaar.

Doordat slechts een deel van de voorgenomen maatregelen is uitgevoerd, zijn de kans op kernbeschadiging en het individueel risico dus niet gedaald tot de in het MER aangegeven waarden. Wel is reeds 63% veiligheidswinst geboekt. Het individueel risico voldoet ruim aan het toetsingscriterium van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

5.6 MELDINGEN

Een onderdeel van de evaluatie betreffen de meldingen over bijzondere gebeurtenissen.

Voorschrift A.44 van de vergunning [Ministerie van VROM 2005] bepaalt dat de NRG is verplicht om bijzondere gebeurtenissen, inclusief stralingsincidenten, die van belang zijn voor een veilige bedrijfsvoering van de inrichting tijdig aan de directeur KFD te melden (storingmeldingssysteem). Tot deze bijzondere gebeurtenissen worden ook gerekend gebeurtenissen waarbij sprake was of had kunnen zijn van een lozing van radioactieve stoffen, een verhoging van een normaal voorziene lozing van radioactieve stoffen, een verhoging van het stralingsniveau van de terreingrens of het onbedoeld buiten de inrichting geraken van radioactieve stoffen.

Voorschrift A.46 bepaalt dat indien in een aaneengesloten periode van ten hoogste 24 uur een luchtlozing ter grootte van meer dan 5% van de vergunde jaarlozing optreedt of verwacht wordt op te kunnen treden, de directeur KFD in overeenstemming met het storingmeldingssysteem dient te worden geïnformeerd.

In de evaluatieperiode (okt. 2005 – mei 2008) zijn de volgende meldingen van bijzondere gebeurtenissen gedaan.

22-24 februari 2006: Niet beveiligde molybdeen-99 productie (INES²-niveau 0)

De temperatuurbewaking van een bestralingsfaciliteit (PROMETEO-8) heeft gedurende 37 uur in de stand 'test' gestaan. Dit betekent dat optredende alarmsignalen wel worden gemeld op de

¹ De kans op splijtstofschaade is inclusief het effect van de corrosie in een koelwaterleidingdeel. Dit effect geeft slechts een geringe verhoging van de kans op kernbeschadiging van $2 \cdot 10^{-7}$. De reparatie van de leidingen is voorzien vanaf half februari tot half augustus 2010, waarna de reactor weer in bedrijf zal gaan met gerepareerde koelwaterleidingen.

² INES: International Nuclear Event Scale van het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) en het Nucleair Energie Agentschap (NEA) van de OESO. De schaal is oplopend van 1 naar 7. Kernenergiwet-vergunningen zijn stringenter dan INES. Gebeurtenissen die moeten worden gemeld, maar beneden de schaal vallen hebben INES-niveau 0. INES-niveau 1 betreft gebeurtenissen waarbij bijvoorbeeld de bedrijfsvoorwaarden worden overschreden.

alarmpanelen, maar dat geen automatische reactorafschakeling bij te hoge temperaturen plaatsvindt. Na waarneming van de afwijking is de schakelaar direct op “normaal” gezet en is de bestraling gestopt. Na een test van het temperatuur-bewakingscircuit is de faciliteit weer in bedrijf genomen. [NRG 2007; VROM-Inspectie 2007]

6 oktober 2006: Gescheurde balg (compensator) in primair koelsysteem (INES-niveau 1)

De reactor is 6 oktober 2006 uit bedrijf genomen wegens een lekkage aan een compensator in een leiding van het primaire koelsysteem. De compensator bleek niet juist gemonteerd te zijn mede omdat er onvolkomenheden waren in de productie en montage van de leidingdelen waartussen de compensator was geplaatst. Deze leidingdelen waren geplaatst in augustus 2005 als onderdeel van een nieuw veiligheidssysteem dat het primaire koelsysteem moet beveiligen tegen grote leidingbreuken. Na vervanging van het leidingwerk en de compensator is de reactor op 11 oktober 2006 weer in bedrijf genomen. [VROM-Inspectie 2007]

7 mei 2007: Lekkage balg in drukvereffeningssysteem (INES-niveau 1)

De reactor is handmatig gestopt wegens het ontdekken van een druppellekkage bij de compensator van de drukvereffeningsleiding (op dezelfde plaats als de balg die 6 oktober 2006 faalde). De oorzaak bleek spanningsgerelateerde corrosie te zijn. De balg is vervangen door een meerlaagsbalg en de ophanging en bevestiging van het betreffende leidingdeel zijn verbeterd. Er is een hoeveelheid primair koelwater in de reactorhal terechtgekomen, dat volgens voorschriften is opgeruimd. De storing had geen directe veiligheidsrelevante gevolgen. De reactor is op 22 mei 2007 weer in gebruik genomen. [NRG 2008; VROM-Inspectie 2008]

14 november 2007: Besmetting reactorhal (INES-niveau 0)

Tijdens het zoeken naar een lekkage in de instrumentatiekop van een nieuw experiment wordt door een fout druk afgelaten, waardoor de hallucht licht besmet raakt. De hal is plaatselijk gereinigd en de filters van de continue luchtstofmonitoren zijn vervangen. [NRG 2008; VROM-Inspectie 2008]

22 januari 2008: Vondst technetium-99 bron in kast (INES-niveau 0)

Aan een KFD-inspecteur wordt tijdens een inspectie gemeld dat een tot dusver onbekende radioactieve bron is gevonden in een kast binnen de HFR. De bron is opgeborgen op een daartoe geschikte plaats en toegevoegd aan de bronnen lijst. [VROM-Inspectie 2009]

25 januari 2008: Besmetting van twee medewerkers (INES-niveau 1)

Twee medewerkers hebben een uitwendige besmetting opgelopen bij het verwisselen van twee waterzuiveringsfilters van het primaire (reactor)systeem en het reactorbassin. De filterwisseling is afwijkend van de bedrijfsvoorschriften uitgevoerd. [VROM-Inspectie 2009]

28 juni – 12 juli 2008: Overschrijding van veiligheidstechnische specificaties t.a.v. pH bassin koelwater (INES-niveau 0)

De zuurgraad van het reactorbassin is gedurende een ononderbroken periode onder de 5,5 pH geweest. Dit is ruimschoots langer dan de maximaal toegestane periode van 48 uur volgens de veiligheidstechnische specificaties. NRG heeft de ionenwisselaars geregenereerd.

21 augustus 2008: Afkeur van reducer in bottom plug liner (INES-niveau 1)

Een deel van de primaire koelwaterleiding van de HFR aan de onderzijde van het reactorvat is gestort in beton. De diameter van de leiding wordt hier teruggebracht van 22 naar 16 duim (inch). De in deze zogenoemde reducers waargenomen deformaties worden sinds april 2006 met Niet Destructief Onderzoek (NDO) geïnspecteerd. Tijdens een herhalingsinspectie wordt op 21 augustus 2008 op één van de deformaties een van het oppervlak loslatend bellenspoor waargenomen. Dit gasbellenspoor is naar verwachting afkomstig van zeer geringe hoeveelheden gasvormige corrosieproducten van de buitenzijde van de reducer in het primaire systeem. De potentiële gevolgen bij draaiende reactor leiden tot een INES-niveau 1 inschaling volgens het

veiligheidslagen concept. NRG heeft de reactor na stillegging van juli 2008 tot februari 2009 in februari 2009 weer in bedrijf genomen voor radio-isotopenproductie na verkregen goedkeuring van het bevoegde gezag.

De meeste meldingen hebben geen relatie met de in het MER beschreven voorgenomen activiteiten. De storingen in oktober 2006 en mei 2007 zijn wel het gevolg van de in het MER voorgenomen activiteit en wel van de uitgevoerde veiligheidsmaatregel drukvereffeningsleidingen.

6 LEEMTEN IN KENNIS

De in het MER aangegeven leemten in kennis betreffen:

- de voorspelling van de exacte kersamenstelling op elk moment in de tijd,
- reikwijdte en onzekerheidsmarges in de veiligheidsanalyses.

De exacte samenstelling van de kern is niet nauwkeurig te voorspellen, omdat deze van zeer veel factoren afhangt, zoals van de positie en opbrand van de oude elementen, de positie van de nieuwe elementen, de uit te voeren bestralingsexperimenten, de belading van de productiefaciliteiten enz. Theoretisch is via een complexe berekening de kersamenstelling en activiteit op ieder moment uit te rekenen. Dit wordt echter niet gedaan. Wel worden vlak voordat elementen worden afgevoerd naar de COVRA de activiteiten per gebruikt element uitgerekend [NRG 2009b].

In het MER zijn conservatieve vooronderstellingen gedaan zodat de berekende samenstelling voor de meest kritische radionucliden de werkelijke samenstelling niet onderschat. Hiermee zijn deze onzekerheden ondervangen en is deze leemte in kennis niet relevant. De werkelijke samenstelling (activiteit) valt ruim binnen de in het MER aangegeven samenstelling.

De leemten in kennis met betrekking tot de reikwijdte en de onzekerheidsmarges in de veiligheidsanalyses zijn niet veranderd, maar zijn ook niet relevant. Met de uitgevoerde veiligheidsanalyses is voldoende inzicht in de veiligheidsrisico's verkregen en de HFR voldoet aan de gestelde eisen ten aanzien hiervan.

Door de conservatieve aannamen zijn de veiligheidsrisico's lager dan de berekende waarden. De berekende risico's voldoen ruimschoots aan de risicocriteria, waardoor het niet zinvol is de onzekerheden nauwkeuriger in kaart te brengen.

7 CONCLUSIES

Van oktober 2005 tot en met mei 2006 is de conversie van HEU naar LEU gefaseerd uitgevoerd. In deze periode zijn 6 overgangskernen toegepast. In mei 2006 is de conversie voltooid met de eerste volledig geconverteerde kern (evenwichtskern).

Van de acht in het MER voorgenomen veiligheidsverhogende maatregelen zijn er vier uitgevoerd en één half. Drie maatregelen zijn nog niet uitgevoerd.

MILIEUGEVOLGEN

NRG heeft conform de voorschriften uit de vergunningen de milieubelasting bepaald en bewaakt. Hiervoor heeft zij de noodzakelijke metingen verricht of laten verrichten en hierover gerapporteerd. Hieronder zijn de conclusies ten aanzien van de milieugevolgen voor de evaluatieperiode (2005-2008) weergegeven.

Uit de resultaten van de gemeten activiteitsconcentraties in de afgevoerde lucht blijkt dat de geloosde activiteit niet is gestegen. In 2005-2008 bedroegen de jaarlijkse lozingen 12 tot 16% van de vergunninglimiet. Daarmee liggen de dosisbijdragen ten gevolge van de luchtgedragen activiteit en de depositie hiervan, ruim onder de in het MER berekende maximale bijdragen bij lozing van de vergunninglimiet.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging van de stralingsbelasting van leden van de bevolking ten gevolge van luchtgedragen activiteit door lozingen van de HFR en ten gevolge van depositie hiervan in de omgeving.

Uit de resultaten van de gemeten activiteitsconcentraties in het naar de Noordzee geloosde afvalwater blijkt dat de gemiddelde lozing naar de Noordzee van tritium en andere activeringsproducten nauwelijks is veranderd. In 2005-2008 bedroegen de jaarlijkse lozingen 4 tot 7 % van de vergunninglimiet. Daarmee komen de dosisbijdragen ten gevolge van de lozingen naar de Noordzee overeen met de in het MER berekende jaarlijkse lozing van de vergunninglimiet.

De voorgenomen activiteit heeft, zoals verwacht in het MER, geen invloed op de grootte en samenstelling van de lozing van radioactieve stoffen naar de Noordzee.

Uit de resultaten van de metingen van de stralingsdoses aan de terreingrens ter hoogte van de HFR in 2005-2008 blijkt dat deze, zoals voorspeld in het MER, niet is gestegen. De voorgenomen activiteit heeft geen invloed gehad op de externe stralingsdosis in de omgeving.

Uit het overzicht van de afgevoerde hoeveelheden laag- en middel-radioactief afval van 2001-2008 is geen trend met betrekking tot de voorgenomen activiteit (HEU-LEU conversie) te halen. De conversie is geen significante bron van extra laag- en middel-radioactief afval. Bepalend voor schommelingen in de hoeveelheden zijn met name de diverse sanerings- en opruimacties. Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de hoeveelheden laag- en middel-radioactief afval.

Uit het overzicht van de productie van hoog-radioactief afval van 2000-2008 blijkt dat de aantallen splijtstofelementen en regelstaven niet zijn gestegen en onder de in het MER voorspelde aantallen zijn gebleven. Wel is de activiteit van het hoog-radioactief afval veranderd met de overgang van HEU naar LEU. Dit is vooral te zien in een stijging van de activiteit door actiniden. De activiteiten blijven onder de in het MER voorspelde waarden.

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit geen invloed op de aantallen elementen en staven, maar wel op de activiteit van het hoog-radioactief afval, waarbij deze onder de in het MER voorspelde waarden blijft.

Uit de rapportages van de koelwaterlozingen over 2005-2008 blijkt dat het debiet, de temperatuur en de concentratie vrij chloor over het algemeen waarden hebben zoals aangegeven in het MER, te weten respectievelijk maximaal 2.500 m³/uur, maximaal 34 °C en 0,2-0,4 mg/l chloor. In warmere periodes zijn hogere debieten (tot 3.300 m³/uur) en hogere temperaturen (tot iets boven de 40 °C) geloozd. Ook de concentraties vrij chloor kunnen vooral in warmere periodes hoger zijn dan de aangegeven waarden, tot 0,5 mg/l.

De hogere waarden hebben geen relatie met de conversie van HEU naar LEU. Ze zijn veroorzaakt door het ook in warme perioden bedrijven van de reactor op een bepaald vermogen, hetgeen mogelijk wordt gemaakt door de verruiming van de Wvo-vergunning sinds 2004 (verhoging maximum debiet) en 2005 (verhoging maximum temperatuur).

Zoals verwacht in het MER heeft de voorgenomen activiteit niet geleid tot een wijziging in de lozingen van koelwater in de Noordzee.

Met betrekking tot de geluidsniveaus kan worden geconcludeerd dat, zoals verwacht in het MER, de voorgenomen activiteit geen invloed heeft op de geluidsbelasting.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de voorgenomen activiteit, zoals voorspeld in het MER, buiten een beperkte verhoging van de activiteit van het hoog-radioactief afval, geen significante milieugevolgen heeft.

VEILIGHEID

Na iedere splijtstofwisseling wordt, voordat de reactor wordt opgestart, met berekeningen aangetoond dat voldaan wordt aan de reactorfysische en thermodynamische eisen.

Uit de resultaten van deze berekeningen blijkt dat voor iedere beladingscyclus in de overgang tussen HEU- en LEU-kern is aangetoond dat de kernsamenstelling voldoet aan de ontwerpregels. Zoals verwacht in het MER is tijdens de overgangperiode van HEU- naar LEU-kern met betrekking tot de reactorfysische en thermohydraulische eigenschappen van de kernsamenstelling voldaan aan de veiligheidsvoorschriften.

Van de acht voorgenomen veiligheidsverhogende maatregelen zijn er vier uitgevoerd, één half en drie niet. Doordat slechts een deel van de voorgenomen maatregelen is uitgevoerd, zijn de kans op kernbeschadiging en het individueel risico dus niet gedaald tot de in het MER aangegeven waarden. Wel is reeds 63% veiligheidswinst geboekt.

Het individueel risico voldoet ruim aan het toetsingscriterium van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar.

De meeste meldingen over bijzondere gebeurtenissen in de periode 2005-2008 hebben geen relatie met de in het MER beschreven voorgenomen activiteiten. De storingen in oktober 2006 en mei 2007 zijn wel het gevolg van een in het MER voorgenomen activiteit en wel van de uitgevoerde veiligheidsmaatregel drukvereffeningsleidingen.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat door de uitvoering van de veiligheidsverhogende maatregelen de veiligheid van de HFR is verbeterd. Doordat (nog) niet alle maatregelen zijn uitgevoerd is dit echter (nog) niet in de mate gebeurd zoals aangegeven in het MER.

Zoals aangegeven in het MER is aan de veiligheidscriteria met betrekking tot ontwerpgevallen en aan de risicocriteria met betrekking tot ernstige ongevallen voldaan.

LEEMTEN IN KENNIS

Met betrekking tot de in het MER aangegeven leemte in kennis over de exacte samenstelling van de kern kan worden gesteld dat deze niet relevant is. In het MER zijn conservatieve vooronderstellingen gedaan zodat de berekende samenstelling voor de meest kritische radionucliden de werkelijke samenstelling niet onderschat. Hiermee zijn deze onzekerheden ondervangen. De werkelijke samenstelling (activiteit) valt ruim binnen de in het MER aangegeven samenstelling.

De leemten in kennis met betrekking tot de reikwijdte en de onzekerheidsmarges in de veiligheidsanalyses zijn niet veranderd, maar zijn ook niet relevant. Met de uitgevoerde veiligheidsanalyses is voldoende inzicht in de veiligheidsrisico's verkregen en de HFR voldoet aan de gestelde eisen ten aanzien hiervan.

Door de conservatieve aannamen zijn de veiligheidsrisico's lager dan de berekende waarden. De berekende risico's voldoen ruimschoots aan de risicocriteria, waardoor het niet zinvol is de onzekerheden nauwkeuriger in kaart te brengen.

REFERENTIES

- Ministerie van VROM 2001. Kernenergiewet-vergunning verleend aan NRG Petten voor het in werking houden van haar inrichting en voor handelingen met splijtstoffen, radioactieve stoffen, toestellen en het lozen van radioactieve stoffen in de lucht en in de Noordzee. 2 augustus 2001. DGM/SAS/ 2001049111.
- Ministerie van VROM 2005. Kernenergiewet-vergunning verleend aan NRG V.O.F. voor het wijzigen en in werking houden van de Hoge Flux Reactor (HFR) te Petten. 7 januari 2005. SAS/2004166322.
- NRG 2003a. Milieu-effectrapport "Modificatie Hoge Flux Reactor (HFR) te Petten", 2003.
- NRG 2003b. Veiligheidsrapport HFR, 2003.
- NRG 2003c. J.L. Brinkman et al. 'Risk Scoping Study HFR: HFU' (NRG-03.52456 rev.1), 2 december 2003 en 'Risk Scoping Study HFR: LEU' (NRG-03.52476 rev.1), 10 december 2003.
- NRG 2005-2006. HFR Kernontwerprapporten: cyclus 2005-10, 2005-11, 2005-12, 2006-1, 2006-2, 2006-3, 2006-4.
- NRG Registers 2005-2008. Registratie NRG geloosde hoeveelheid activiteit naar lucht en water; Registratie effectieve dosis op 58 punten van het bedrijfsterrein Petten.
- NRG 2006. NRG-jaarverslag 'Veiligheid en Milieu' 2005.
- NRG 2007. NRG-jaarverslag 'Veiligheid en Milieu' 2006.
- NRG 2008. NRG-jaarverslag 'Veiligheid en Milieu' 2007.
- NRG 2009a. E-mail F. Draaisma, Gegevens afval t.b.v. Evaluatie MER HFR d.d. 29 mei 2009.
- NRG 2009b. Notitie R. van der Stad (NRG), 'Gegevens t.b.v. MER evaluatie', referentie K5149/09.98271 IS/RvdS/LE, 1 november 2009, inclusief toelichting en aanvulling hierop van R. van der Stad per e-mail d.d. 23 december 2009.
- NRG 2010. Tabel J.A. Hendriks, 'Fuel loads cycles 2000-2010'. NRG 30 maart 2010.
- VROM-Inspectie 2006. Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire installaties gedurende 2005 (Storingsrapportage 2005).
- VROM-Inspectie 2007. Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire installaties gedurende 2006 (Storingsrapportage 2006).
- VROM-Inspectie 2008. Storingsrapportage 2007. . Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire installaties gedurende 2007.
- VROM-Inspectie 2009. Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire inrichtingen in 2008. 31 augustus 2009.

OpdenKamp ADVIESGROEP

Koninginnegracht 23 · 2514 AB The Hague · The Netherlands

telephone: +31 (0)70-426 00 00 · fax: +31 (0)70-426 00 01

e-mail: mailbox@oag.nl · <http://www.oag.nl>

OpdenKamp ADVIESGROEP:

OpdenKamp • R&N

OpdenKamp • M&T

OpdenKamp • BSM

OpdenKamp • MON

OpdenKamp • O&S