

Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

> Retouradres Postbus 20101 2500 EC Den Haag

N.V. Elektriciteits-Produktiemaatschappij Zuid-Nederland EPZ
Postbus 130
4380 AC Vlissingen

Directoraat-generaal voor
Energie, Telecom en Markten
Directie Energie en
Duurzaamheid

Bezuidenhoutseweg 30
Postbus 20101
2500 EC Den Haag

T 070 379 8911 (algemeen)
www.rijksoverheid.nl/eleni

Ons kenmerk
ETM/ED / 10167477

Uw kenmerk

Bijlage(n)

Datum 7 MAART 2011

Betreft Ontwerpbeschikking Brandstofdiversificatie NV EPZ

**KERNENERGIEWET-VERGUNNING VERLEEND AAN
DE N.V. ELEKTRICITEITS- PRODUKTIEMAATSCHAPPIJ
ZUID-NEDERLAND (NV EPZ) TEN BEHOEVE VAN
BRANDSTOFDIVERSIFICATIE
KERNCENTRALE BORSSELE**

Verleend door:

**DE MINISTER VAN ECONOMISCHE ZAKEN, LANDBOUW
EN INNOVATIE**

INHOUDSOPGAVE

1	HET BESLUIT	3
1.1	VERGUNNING	3
1.2	INHOUD EN GELDIGHEID VAN DE VERGUNNING	4
1.3	TOT HET VERGUNDE BEHORENDE AANVRAAGDOCUMENTEN	5
1.4	VOORSCHRIFTEN VAN DE VERGUNNING	5
1.5	HET VAN KRACHT WORDEN VAN DE BESCHIKKING	11
2	DE AANVRAAG	11
2.1	DE AANVRAAGDOCUMENTEN	11
2.2	INHOUD VAN DE AANVRAAG ZOALS AANGEGEVEN DOOR NV EPZ.....	12
2.3	AMBTSHALVE AANPASSING VAN VOORSCHRIFTEN.....	14
3	WETGEVING EN PROCEDURES	15
3.1	VAN TOEPASSING ZIJNDE WET- EN REGELGEVING	15
3.2	HET VERLOOP VAN DE PROCEDURE	17
4	REACTIES, ADVIEZEN EN CONCLUSIES MET BETREKKING TOT HET MER	19
4.1	INSPRAAK REACTIES OP HET MILIEUEFFECTRAPPORT (MER).....	19
4.2	ADVIES VAN DE COMMISSIE VOOR DE M.E.R. EN VAN DE KFD.....	31
4.3	CONCLUSIE VAN DE MINISTER VAN EL&I MET BETREKKING TOT HET MER	33
4.4	TOEKOMSTIGE EVALUATIE VAN HET MER	34
5	BEOORDELINGSKADER VOOR DE WIJZIGING VAN DE VERGUNNING	34
5.1	RECHTVAARDIGING, ALARA, EN DOSISLIMIETEN.....	34
5.2	OVERIGE ASPECTEN	37
6	DE TOETSING VAN DE AANVRAAG	37
6.1	RECHTVAARDIGING	37
6.2	VEILIGHEID, ALARA, STRALINGSBESCHERMING, TRANSPORTEN, NON-PROLIFERATIE	38
6.3	CONCLUSIE TEN AANZIEN VAN VEILIGHEID, ALARA EN DOSISLIMIETEN	46
7	SLOTCONCLUSIE	47
8	BEROEP	47
9	ONDERTEKENING	48
	BIJLAGE A LIJST NUCLEAIRE VEILIGHEIDSREGELS EN –RICHTLIJNEN (NVR’S)	49
	BIJLAGE B VERKLARENDE WOORDENLIJST.....	54

1 Het Besluit

1.1 Vergunning

Op grond van artikel 15, onder a en b, van de Kernenergiewet (Kew) wordt aan de aanvrager N.V. Elektriciteits-Produktiemaatschappij Zuid-Nederland (NV EPZ), Zeedijk 32, 4454 PM Borssele (Postadres: Postbus 130, 4380 AC Vlissingen) vergunning verleend voor de bij de brief van 7 juli 2010, kenmerk EPZ/Bon/Roo/B1000059, aangevraagde wijzigingen ten behoeve van Brandstofdiversificatie in de kerncentrale Borssele, te Borssele (gemeente Borsele).

Het voorhanden hebben en toepassen van splijtstof wordt, naast het gebruik van verrijkt natuurlijk uranium (ENU) en verrijkt gerecycleerd uranium (ERU), verruimd met de inzet van mengoxide splijtstofelementen (MOX) en met de inzet van splijtstofelementen met gecompenseerd verrijkt gerecycleerd uranium (c-ERU).

Deze wijzigingen zijn omschreven in de bijbehorende aanvraagdocumenten en worden toegelicht in hoofdstuk 2 van deze vergunning.

Eén en ander wordt vergund zoals nader omschreven onder 1.2. De onder 1.3 genoemde documenten maken deel uit van de vergunning.
Ter waarborging van de veiligheid en stralingbescherming zullen onder 1.4 voorschriften verbonden worden aan deze vergunning.

Tegelijkertijd worden op grond van artikel 19, eerste lid, van de Kernenergiewet ambtshalve een aantal voorschriften aan de vergunning gewijzigd die betrekking hebben op enerzijds het opnemen van een herziende lijst van Nucleaire Veiligheidsregels (NVRs) in Bijlage A en anderzijds op het actualiseren van een voorschrift in verband met de opslag van radioactief afval.

In bijlage B is een verklarende woordenlijst opgenomen van begrippen zoals die in deze beschikking aan de orde komen. Deze woordenlijst vormt geen onderdeel van onderhavige beschikking.

1.2 Inhoud en geldigheid van de vergunning

Met het verlenen van de gevraagde vergunning wordt de vigerende Kernenergiewet-vergunning van 18 juni 1973 met kenmerk nr. 373/1132/EEK zoals nader vastgesteld bij Koninklijk besluit van 13 september 1979, nr. 46, op grond van de artikelen 15, onder a en b, 29 en 34 van de Kew, laatstelijk gewijzigd bij beschikking d.d. 13 december 2005, met kenmerk SAS/2005212596, ten behoeve van de kerncentrale Borssele gelegen aan de Zeedijk 32 te Borssele, gewijzigd.

De vergunde wijzigingen naar aanleiding van de aanvraag betreffen:

Naast het reeds vergunde voorhanden hebben en toepassen van splijtstoffen in de vorm van splijtstofelementen met verrijkt natuurlijk uranium (ENU) en met gerecycleerd verrijkt uranium (ERU) tot een maximale verrijkingsgraad van 4,4 gew.% uranium-235 mag NV EPZ tevens de volgende vormen van splijtstof voorhanden hebben en toepassen:

Mengoxide (MOX)

1. Het voorhanden hebben van splijtstoffen in de vorm van splijtstofelementen met mengoxide (MOX) met ten hoogste 5,41 gew.% splijtbaar plutonium en ten hoogste 0,25 gew.% uranium-235.
2. Het toepassen van splijtstoffen in de vorm van MOX splijtstofelementen tot ten hoogste 48 stuks (40%) in de reactorkern en waarbij de MOX splijtstofelementen aanwezig in de reactorkern ten hoogste 5,41 gew.% splijtbaar plutonium en ten hoogste 0,25 gew.% uranium-235 bevatten.
3. De maximaal gemiddelde opbrand van een splijtstofstaaf in de MOX splijtstofelementen bedraagt 68 MWd/kg in het geval van splijtstofelementen van het HTP-type.
4. Bij het toepassen van MOX splijtstofelementen in de reactorkern tot een maximum van 40% MOX splijtstofelementen bestaat het overige deel van de 121 elementen in de reactorkern uit splijtstofelementen met verrijkt natuurlijk uranium (ENU) of met verrijkt gerecycleerd uranium (ERU) met een maximale verrijkingsgraad van 4,4 gew.% uranium-235 of uit splijtstofelementen met gecompenseerd verrijkt gerecycleerd uranium (c-ERU) met een maximale verrijkingsgraad van 4,6 gew.% uranium-235.

Gecompenseerd verrijkt gerecycleerd uranium (c-ERU)

1. Het voorhanden hebben van splijtstoffen in de vorm van splijtstofelementen met gecompenseerd verrijkt gerecycleerd uranium (c-ERU) tot een maximale verrijkingsgraad van 4,6 gew.% uranium-235.
2. Het toepassen van splijtstoffen in de vorm van (c-ERU) splijtstofelementen tot ten hoogste 121 stuks in de reactorkern waarbij de c-ERU splijtstofelementen waarvan de maximale verrijkingsgraad 4,6 gew.% uranium-235 bedraagt.

3. De maximale gemiddelde opbrand van een splijtstofstaaf van de c-ERU splijtstofelementen is 68 MWd/kg in het geval van splijtstofelementen van het HTP-type.

De vergunning is geldig voor onbepaalde tijd.

1.3 Tot het vergunde behorende aanvraagdocumenten

De in de bijlage bij de aanvraag van 7 juli 2010, kenmerk EPZ/Bon/Roo/B1000059, onder de aanvraag en VR-KC93 REV.6 aangegeven wijzigingen en toevoegingen in het Veiligheidsrapport Kernenergie-eenheid Borssele 1993, worden overeenkomstig overgenomen ter vervanging van eerdere versies daarvan, en maken deel uit van de tot het vergunde behorende documenten.

De volgende bij de aanvraag gevoegde bijlagen behoren tot het vergunde:

1. Aanvraag tot wijziging van de Kernenergiewetvergunning Brandstofdiversificatie d.d. 7 juli 2010.
2. Aanpassingen van het Veiligheidsrapport Kerncentrale Borssele Wijziging van het veiligheidsrapport als gevolg van Brandstofdiversificatie d.d. 1 juli 2010 NRG-22277/09.98679.

Het document onder 2. heeft tot doel om aan te geven wat de verschillen tussen revisie 5 en revisie 6 van het 'Veiligheidsrapport Kernenergie-eenheid centrale Borssele 1993' zijn. Deze verschillen zijn als wijzigingen in het Veiligheidsrapport, revisie 6, opgenomen.

1.4 Voorschriften van de vergunning

De voorschriften verbonden aan de vergunning, als verleend bij beschikking van 18 juni 1973 met kenmerk nr. 373/1132/EEK, laatstelijk gewijzigd d.d. 13 december 2005 bij beschikking met kenmerk SAS/2005212596, worden als volgt gewijzigd en aangevuld.

De hierna volgende voorschriften onder I. hebben betrekking op de door NV EPZ aangevraagde wijziging (zoals vergund onder 1.2).

De overige voorschriften onder II. zijn door het bevoegd gezag ambtshalve opgenomen en hebben betrekking op enerzijds het vervangen van de Nucleaire Veiligheidsregels en -richtlijnen (NVRs) door de meest recente versie. De lijst van nieuwe NVRs is separaat in bijlage A bijgevoegd. Anderzijds is voorschrift II.D.1 met betrekking tot de opslag van radioactief afval geactualiseerd.

I Voorschriften met betrekking tot de aangevraagde wijziging, zoals vergund onder 1.2:

1.

De voorschriften verbonden aan de vergunning van 18 juni 1973, met kenmerk nr. 373/1132/EEK, zoals nader vastgesteld bij Koninklijk besluit van 13 september 1979, nr. 46 en laatstelijk gewijzigd bij beschikking d.d. 13 december 2005, met kenmerk SAS/2005212596, worden, voor zover relevant voor deze wijziging, tevens verbonden aan deze wijzigingsvergunning.

2.

NV EPZ dient de directeur KFD regelmatig te berichten over de voortgang van de implementatie van de vergunde wijzigingen en alle gegevens te verstrekken die de directeur KFD voor de uitoefening van zijn functie nodig acht.

3.

Voorschrift I.1 wordt gewijzigd en luidt thans als volgt:

1. Voor zover in deze vergunning niet anders is bepaald dient de KCB na voltooiing van de wijzigingen te zijn ingericht en te worden bedreven in overeenstemming met het gestelde in paragraaf 1.2 en de hoofdstukken 3 tot en met 21 van het veiligheidsrapport VR-KCB93, als gewijzigd en aangevuld met de revisies met kenmerk VR-KCB93 REV.1, VR-KCB93 REV.2, VR-KCB93 REV.3, VR-KCB93 REV.4, VR-KCB93 REV.5 en VR-KC93 REV.6.

4.

Voorschrift II.A.2 wordt gewijzigd en luidt thans als volgt:

2. De verrijkingsgraad van de voor herladingen gehanteerde splijtstofelementen met als splijtstof uranium mag niet meer bedragen dan:
 - a. 4,4 gew.% uranium-235 ($4,40 \pm 0,05$ gew.% U-235) voor verrijkt natuurlijk uranium (ENU) en voor verrijkt gerecycleerd uranium (ERU); en,
 - b. 4,6 gew.% uranium-235 ($4,60 \pm 0,05$ gew.% U-235) voor gecompenseerd verrijkt gerecycleerd uranium (c-ERU; equivalent aan $4,40 \pm 0,05$ gew. % uranium-235 voor onbestraalde ENU splijtstof).

5.

Voorschrift II.A.9 tot en met II.A.11 worden gewijzigd en luiden thans als volgt:

9. De gemiddelde opbrand per splijtstofstaaf mag in het geval van splijtstofelementen van het HTP-type niet meer bedragen dan 68 MWdag/kg splijtstof en voor elementen van het type MCW/HCW en FOCUS niet meer dan 60 MWdag/kg splijtstof.

10. Om zeker te stellen dat splijtstofelementen van het HTP-type gekwalificeerd blijven in het gebied van de hogere opbranden (meer dan 60 MW dag/kg splijtstof staaftgemiddeld), dient NV EPZ daartoe een programma voor een kwalificatieproces, waaronder tevens wordt begrepen het volgen van de relevante internationale onderzoekprogramma's, op te stellen en uit te voeren. Het huidige lopende programma dient daartoe aangepast te worden zodanig dat ook splijtstofelementen met c-ERU en MOX in dit programma meegenomen worden. Gedurende het gehele kwalificatieproces geldt een maximale staaftgemiddelde opbrandlimiet van 60 MWd/kg splijtstof. Met name dient onderdeel van dit kwalificatieproces te zijn de rechtvaardiging van de verhoging van de opbrandlimiet voor de equivalente rek van de splijtstofomhulling ten gevolge van het opzwellen van 2,5% naar 3,5% van de splijtstoftabletten bij hogere opbrand. Daarbij dient aangetoond te worden dat de tangentiële spanning niet boven de 90 MPa uitkomt om zeker te stellen dat er geen heroriëntatie van de gevormde hydriden plaatsvindt. Het aangepaste programma van het kwalificatieproces dient uiterlijk negen maanden voorafgaande aan de eerste inzet van c-ERU splijtstofelementen of de eerste inzet van MOX splijtstofelementen ter goedkeuring te worden voorgelegd aan de directeur KFD. De resultaten van het kwalificatieproces dienen regelmatig (tenminste jaarlijks) te worden gerapporteerd aan de directeur KFD. Naar aanleiding van de resultaten van het kwalificatieproces kan de directeur KFD goedkeuring verlenen voor een maximale staaftgemiddelde opbrand die boven de 60 MWd/kg splijtstof ligt.
11. De bewijsvoering voor de vereiste onderkriticaliteit van het splijtstofopslagbassin dient te worden geactualiseerd voor de opslag van MOX en c-ERU splijtstofelementen in het splijtstofopslagbassin. Deze bewijsvoering dient tenminste 3 maanden voorafgaand aan de ontvangst van c-ERU splijtstofelementen of MOX splijtstofelementen ter goedkeuring te worden voorgelegd aan de directeur KFD. Als uitgangspunt geldt hierbij dat te allen tijde zekergesteld blijft dat de vermenigvuldigingsfactor k-effectief van de opgeslagen splijtstof de waarde 0,95 niet overschrijdt.

6.

Na voorschrift II.A.12 worden de voorschriften II.A.13 tot en met II.A.23 toegevoegd:

13. De splijtstofelementen met MOX bevatten per splijtstofelement ten hoogste gemiddeld 5,41 gew.% splijtbaar plutonium (plutonium-239 en plutonium-241) en ten hoogste 0,25 gew.% uranium-235. In ieder splijtstofelement met MOX zal het percentage splijtbaar plutonium in de afzonderlijke splijtstofstaven als volgt zijn: ten hoogste 2,6 gew.% in 12 staven, ten hoogste 3,6 gew.% in 56 staven en ten hoogste 6,4 gew.% in 137 staven.

14. Het maximale aantal splijtstofelementen met MOX in de reactorkern bedraagt te allen tijde ten hoogste 48, waarbij het overige deel van de 121 elementen in de reactorkern bestaat uit uraniumelementen van uraniumdioxide op basis van natuurlijk uranium (ENU) of verrijkt gerecycleerd uranium (ERU) met een verrijking van maximaal $4,40 \pm 0,05$ gew.% uranium-235 of uraniumdioxide van gecompenseerd verrijkt gerecycled uranium (c-ERU), met een verrijkingsgraad van maximaal $4,60 \pm 0,05$ gew.% uranium-235.
15. Voordat een eerste kernbelading met MOX splijtstofelementen plaatsvindt dient de boriumsamenstelling in het koelwater aangepast te zijn, waarbij gebruik dient te worden gemaakt van 32 gew.% verrijkt borium.
16. Bij de eerste kernbelading waarbij MOX splijtstofelementen worden geladen mag het aantal te beladen MOX elementen niet meer dan 8 bedragen. Deze elementen dienen als voorloperelementen beschouwd te worden. Daarom dienen tenminste 4 daarvan op posities van het kogelmeetsysteem te worden geplaatst. Een analyse van de kogelmetingen dient binnen drie maanden na de volgende splijtstofherlading aan de directeur KFD te worden overlegd.
17. In de 4 daarop volgende splijtstofcycli mogen per keer slechts maximaal 12 verse MOX splijtstofelementen worden geladen. Gedurende deze cycli dienen, zoveel als redelijkerwijs mogelijk en uitvoerbaar is, de MOX elementen op een positie van het kogelmeetsysteem te staan. De voorloperelementen die gedurende de eerste cyclus op een positie van het kogelmeetsysteem hebben gestaan, dienen, zoveel als redelijkerwijs mogelijk en uitvoerbaar is, gedurende hun restlevensduur in de kern op een willekeurige positie van het kogelmeetsysteem te worden geplaatst. NV EPZ dient voor het plaatsen van MOX splijtstofelementen op posities van het kogelmeetsysteem een meetprogramma op te stellen dat uiterlijk 6 maanden voor de eerste inzet van MOX splijtstofelementen ter goedkeuring aan de directeur KFD dient te worden overlegd.
Een analyse van de resultaten van de kogelmetingen dient jaarlijks aan de directeur KFD te worden overlegd. In de cycli na deze eerste 5 cycli mogen maximaal 16 verse MOX elementen per cyclus worden geplaatst mits er voldoende afstand tot de grenswaarden van de sleutelparameters blijft bestaan en het maximum van 48 MOX splijtstofelementen in de kern niet wordt overschreden. Met voldoende afstand wordt een mate van conservatisme bedoeld die in een onzekerheidsanalyse met een foutenmarge van 2σ onderbouwd kan worden of die door een andere wijze van bewijsvoering van het bedoelde conservatisme aangetoond wordt.

18. Tenminste 6 maanden voorafgaande aan de eerste kernbelading met MOX splijtstofelementen wordt een plan van aanpak betreffende het bijbehorende meetprogramma ter goedkeuring aan de directeur KFD overlegd.
19. Tenminste 6 maanden voorafgaande aan de eerste kernbelading met MOX splijtstofelementen wordt een plan van aanpak ter goedkeuring aan de directeur KFD overlegd omtrent een monitoringsysteem betreffende eventuele vormveranderingen van de splijtstofelementen. Met name dient aandacht te worden geschonken aan de mogelijkheden voor het kunnen detecteren van een beginnend kromtrekken van de splijtstofelementen. De resultaten van het monitoringsprogramma worden jaarlijks ter goedkeuring aan de directeur KFD overlegd.
20. Minimaal 6 maanden voor de eerste inzet van MOX splijtstofelementen overlegt NV EPZ ter goedkeuring aan de directeur van de Kernfysische Dienst:
 - a. de herziene sleutelparameter rapporten;
 - b. een implementatieplan ten behoeve van de inzet van MOX splijtstofelementen met minimaal daarin:
 - i. een plan van aanpak betreffende de invoering van boorzuur met verrijkt boor;
 - ii. lijst met aangepaste instelwaarden van het reactorregelsysteem;
 - iii. eventuele andere procedurewijzigingen behorend bij de invoering van MOX.
21. Wanneer de reactorkern significant gaat afwijken van de huidige praktijk van de zgn. 'Low Leakage Kern', bijvoorbeeld door het plaatsen van verse MOX splijtstofelementen in de buitenste ring van de reactorkern, dienen de berekeningen van het effect van de neutronenfractie met een snelheid van meer dan 1 MeV op de wand van het reactorvat ten gevolge van deze nieuwe situatie opnieuw te worden uitgevoerd. De gemiddelde opbrand voor zowel BOC ('begin of cycle') als EOC ('end of cycle') dienen jaarlijks in het ontwerprapport van de reactorkern te worden vermeld.
22. NV EPZ dient na de eerste kernbelading met MOX splijtstofelementen de neutronenfluentie op het reactorvat bij iedere 10-jaarlijkse veiligheidsevaluatie te herevalueren.
23. Indien MOX splijtstof met de plutonium samenstelling zoals beschreven in het aanvraagdocument, niet meer verkrijgbaar is, dan dient NV EPZ de directeur KFD daarvan onmiddellijk in kennis te stellen. Met een afwijkende plutonium samenstelling wordt hier bedoeld een samenstelling waarvan de verhouding tussen de hoeveelheid splijtbaar plutonium en niet-splijtbaar plutonium met meer dan 10% wijzigt (bij een gelijkblijvend gewichtspercentage splijtbaar

plutonium) en/of de verhouding tussen Pu-239 en Pu-241 binnen de fractie splijtbaar plutonium met meer dan 10% verandert. Minimaal 6 maanden voordat het desbetreffende veranderde MOX in de kern geladen kan worden dient NV EPZ nieuwe kernberekeningen van de evenwichtskern, d.w.z. een evenwichtskern waarvan de 48 MOX elementen de nieuwe samenstelling van het MOX hebben, aan de directeur Kernfysische Dienst ter goedkeuring te overleggen.

7.

Na voorschrift II.B.29 wordt voorschrift II.B.30 toegevoegd:

30. De procedure voor het berekenen van de tijdsafhankelijke benodigde koelcapaciteit van het splijfstofopslagbassin als functie van de temperatuur van het water van de Westerscheide en de vervalwarmte van de afgeschakelde kern wordt ter goedkeuring voorgelegd aan de directeur KFD en vastgelegd in de achtergrond bij de bedrijfstechnische specificaties.

8.

Na voorschrift II.C.22 wordt voorschrift II.C.23 toegevoegd:

23. NV EPZ dient minimaal 1 jaar voor de eerste inzet van MOX-splijstofelementen een plan van aanpak betreffende zowel het transporteren als het hanteren van onbestraalde MOX-splijstofelementen aan de directeur KFD ter informatie voor te leggen. Een wezenlijk onderdeel van dat plan van aanpak is een opleiding- en trainingsprogramma voor het bedrijfseigen personeel dan wel een beschrijving hoe zeker gesteld wordt dat personeel van derden voldoende gekwalificeerd is om deze splijstof te hanteren.

II Ambtshalve aan de vergunning verbonden voorschriften:

1.

Voorschrift II.B.7 wordt gewijzigd en luidt thans als volgt:

7. Er dient te worden voldaan aan het gestelde in de Nucleaire Veiligheidsregels en -richtlijnen zoals vermeld in bijlage A, met uitzondering van NVR NS-R-1 en NS-G-1.1 t/m NS-G-1.13. Voor NVR NS-R-1 en NS-G-1.1 t/m NS-G-1.13 geldt dat aan het gestelde daarin voldaan dient te worden, tenzij dit redelijkerwijs niet kan worden verlangd.
De Nucleaire Veiligheidsregels beschrijven de hoofddoelstellingen en voorwaarden waaraan moet worden voldaan en de Nucleaire Veiligheidsrichtlijnen geven acceptabele manieren van uitvoering weer.

2.

Voorschrift II.B.8 is komen te vervallen.

3.

Voorschrift II.D.1 wordt gewijzigd en luidt thans als volgt:

1. Alle radioactieve afvalstoffen voor zover deze niet worden geloosd overeenkomstig de navolgende voorschriften 5 tot en met 9 en dus bestemd zijn voor afvoer buiten de inrichting, mogen voorafgaand aan de afvoer slechts worden opgeslagen in de daarvoor bestemde opslagruimtes binnen gecontroleerd gebied in gebouw 01/2/3, inclusief het splijtstofopslagbassin, of binnen het afvalopslaggebouw. Een dergelijke opslag vindt plaats voor een periode van maximaal 2 jaar, tenzij uit een rapportage blijkt dat op grond van ALARA overwegingen een langere periode noodzakelijk is. Een dergelijke rapportage dient te allen tijde beschikbaar te zijn voor de KFD. Opslag van radioactief afval mag uitsluitend geschieden na beoordeling en schriftelijke instemming door de in voorschrift II.C.1 bedoelde ter zake kundige. Het opgeslagen afval dient zo spoedig als redelijkerwijs mogelijk is te worden gereedgemaakt voor afvoer naar COVRA. In een register dient aantekening te worden gehouden van de in opslag gehouden radioactieve afvalstoffen onder vermelding van soort, type verpakking en datum van gereedmaking voor afvoer.

1.5 Het van kracht worden van de beschikking

Deze beschikking treedt in werking overeenkomstig het bepaalde in artikel 20.3 van de Wet milieubeheer (Wm).

2 De Aanvraag

2.1 De aanvraagdocumenten

De aanvraag van NV EPZ, gedateerd 7 juli 2010, kenmerk EPZ/Bon/Roo/B1000059, is op 8 juli 2010 ontvangen. Bij de aanbestedingsbrief zijn de volgende bijlagen gevoegd:

1. Aanvraag tot wijziging van de Kernenergiewetvergunning Brandstofdiversificatie van Juli 2010;
2. Aanpassingen van het Veiligheidsrapport Kerncentrale Borssele. Wijzigingen van het veiligheidsrapport als gevolg van Brandstofdiversificatie, d.d. 1 juli 2010, NRG-22277/09.98679;
3. Milieueffectrapport (MER) Brandstofdiversificatie KCB door NV EPZ d.d. 7 juli 2010;
4. Samenvatting MER Brandstofdiversificatie KCB d.d. 7 juli 2010.

Bijlage 1 beschrijft de feitelijke aanvraag en licht deze toe. Bijlage 2 beschrijft de aanpassingen van het 'Veiligheidsrapport Kernenergie eenheid centrale Borssele 1993' die voortkomen uit de brandstofdiversificatie. Deze aanpassingen moeten als wijzigingen in het Veiligheidsrapport, revisie 6, worden opgenomen (in het vervolg als VR aangeduid). Bijlage 3 betreft het Milieueffectrapport Brandstofdiversificatie Kerncentrale Borssele (in het vervolg als MER aangeduid) en Bijlage 4 de samenvatting daarvan.

2.2 Inhoud van de aanvraag zoals aangegeven door NV EPZ

In 2006 hebben NV EPZ en haar aandeelhouders met de Staat een overeenkomst gesloten (het Borssele Convenant) waarin 31 december 2033 als sluitingsdatum voor Kerncentrale Borssele (KCB) is overeengekomen. Dit is inmiddels ook in de Kernenergiewet vastgelegd.

Als gevolg van de voorgenomen verlenging van de levensduur tot eind 2033 zal NV EPZ, na afloop van eerder gesloten brandstofcontracten, nog voor de rest van de levensduur kernbrandstof moeten inkopen.

In voorgaande jaren heeft NV EPZ zich geconcentreerd op de verlaging van de zgn. 'back-end' kosten. De kostprijs van het afvoeren van splijtstof, het opwerken en het recyclen van uranium en plutonium is ongeveer evenredig met het aantal af te voeren elementen. NV EPZ heeft zich daarom gericht op het zo klein mogelijk houden van het aantal jaarlijks uit te wisselen splijtstofelementen. NV EPZ heeft geconcludeerd dat aan de kant van het radioactief afval er niet zo veel mogelijkheden zijn om kosten te reduceren.

Er is momenteel een sterke ontwikkeling gaande op het gebied van brandstoffen die wordt gedomineerd door sterk fluctuerende prijzen van de grondstof 'yellowcake' (natuurlijk uranium).

Dat leidt voor NV EPZ tot meer kostenonzekerheid met betrekking tot de splijtstofkosten, en daarmee dus de 'front-end' kosten, om tegen gunstige prijzen lange termijn contracten aan te gaan. De fluctuaties in de prijs van natuurlijk uranium zijn onder meer veroorzaakt door de sterk toegenomen vraag naar nieuw kernenergievermogen in de wereld.

Er bestaan alternatieve splijtstoffen voor verrijkt natuurlijk uranium (ENU) die geschikt zijn voor hergebruik en die tevens kunnen worden toegepast in de KCB. De betreffende alternatieven zijn teruggewonnen uit gebruikte kernbrandstoffen door middel van opwerking. Het betreft in casu:

- plutonium in de vorm van mengoxide (MOX) met een gemiddeld gehalte van 5,41 gew.% Pu splijtbaar (Pu-239 plus Pu-241) met voor MOX kernen maximaal 40% aan MOX-elementen.
- (gecompenseerd) verrijkt opgewerkt uranium (c-ERU) met een verrijkingsgraad van maximaal 4,6 gew.%.

Door het breder samenstellen van de brandstofmix, brandstofdiversificatie, ontstaat de mogelijkheid voor NV EPZ om tot bedrijfseconomische optimalisatie te komen.

MOX splijtstof

MOX is een industrieel alternatief voor uranium waarmee internationaal ervaring bestaat. In de opwerkingsfabriek in La Hague (Frankrijk) wordt het plutonium dat tijdens bedrijf in Borssele in de splijtstofelementen is gevormd, evenals het uranium, weer voor hergebruik beschikbaar gemaakt.

Bij de MOX-technologie wordt plutoniumoxide vermengd met oxide van verarmd uranium totdat een splijtstof is verkregen die op gelijke wijze ingezet kan worden als verrijkt uranium (ENU). Het plutonium, dat uit circa acht uitgewerkte ENU-splijtstofelementen wordt teruggewonnen, is voldoende om één nieuw MOX-splijtstofelement te maken.

Omdat NV EPZ voor het gebruik van MOX nog geen vergunning heeft, werd tot op heden het vrijgemaakte plutonium van NV EPZ door het bedrijf AREVA NC gebruikt om MOX-splijtstofelementen voor andere kerncentrales te produceren.

Uit een economische analyse die NV EPZ heeft gemaakt, blijkt dat het vanuit het oogpunt van kostenbeheersing voor NV EPZ interessant is om zelf MOX splijtstofelementen te gaan toepassen.

NV EPZ heeft de hoogte van en de variatie in de kosten van MOX-inzet afgewogen tegen die voor uraniumerts, verrijkingarbeid en verwerkingskosten. De uitkomst van deze afweging heeft tot de conclusie geleid dat het voor NV EPZ aantrekkelijk is om MOX-splijtstof te kunnen inzetten. Volgens NV EPZ laat de ervaring van andere commerciële kerncentrales zien dat MOX kan worden ingezet als gedeeltelijke vervanging van verrijkt uranium.

ERU en gecompenseerd ERU (c-ERU)

De gebruikte splijtstof afkomstig van de Kerncentrale Borssele bevat nog ongeveer 94% van de oorspronkelijke hoeveelheid uranium. Met dit uranium kunnen op de gebruikelijke manier – na verrijking – weer splijtstofelementen worden gefabriceerd. In de huidige bedrijfsvoering gebruikt NV EPZ al verrijkt opgewerkt uranium (Enriched Reprocessed Uranium, ERU).

Gerecycled uranium levert een lagere kwaliteit splijtstof op dan natuurlijk uranium. Als gevolg van de kernprocessen in de reactor zijn er namelijk niet splijtbare uraniumisotopen gevormd die in de natuur niet voorkomen zoals uranium-232 en uranium-236.

Vooraf het uranium-236 in gerecycled uranium maakt splijtstofelementen minder werkzaam waardoor er in de kernreactor een lagere energieopbrengst (opbrand) wordt bereikt.

Een methode om de lagere kwaliteit van gerecycled uranium (ERU) te compenseren, zodat er toch de gewenste hoeveelheid energie mee geproduceerd kan worden, is het verrijken van het gerecyclede uranium tot een hogere waarde. Met dit gecompenseerde gerecyclede uranium, c-ERU, kunnen splijtstofelementen gefabriceerd worden met dezelfde energieopbrengst als de huidige elementen op basis van natuurlijk uranium. Hoewel de extra benodigde verrijkingsarbeid kostenverhogend is, weegt dit volgens NV EPZ op tegen de besparing aan het gebruik van natuurlijk uraniumerts.

In de huidige situatie gebruikt NV EPZ al gerecycled uranium, maar de vigerende bedrijfsvergunning staat niet toe om de verminderde energieopbrengst ten gevolge van uranium-236 te compenseren door toepassing van een hogere verrijking dan 4,4 gew.% aan uranium-235.

NV EPZ heeft veiligheidsstudies laten uitvoeren naar de gevolgen van de inzet van c-ERU en MOX in de KCB. Het blijkt dat als gevolg van MOX er sprake is van een verminderde werkzaamheid van de chemische stof boor (boor-10) dat, opgelost in de vorm van boorzuur in het reactorkoelwater, het kernsplijtingsproces regelt en beheerst. Dit nadeel kan door een aangepaste samenstelling van het boorzuur gecompenseerd worden. Natuurlijk Boor bevat circa 20% van het werkzame boor-10; verrijking tot 32% boor-10 zorgt ervoor dat alle regel- en veiligheidsfuncties gewaarborgd blijven.

Op basis van bovenstaande heeft NV EPZ geconcludeerd dat gebruik van splijtstofelementen met gecompenseerd verrijkt gerecycleerd uranium (c-ERU) en splijtstofelementen met mengoxide (MOX) voor haar de volgende voordelen heeft:

- het maakt NV EPZ minder afhankelijk van de prijsontwikkeling van natuurlijk uranium;
- door hergebruik wordt meer energie gewonnen uit dezelfde hoeveelheid natuurlijk uranium;
- door het gebruik van MOX in de KCB hoeft NV EPZ haar plutonium niet meer over te dragen aan derden.

2.3 Ambtshalve aanpassing van voorschriften

Geactualiseerde Nucleaire Veiligheidsregels

De door het Internationaal Atoomenergie Agentschap (IAEA) uitgebrachte Safety Requirements en Safety Guides worden na een bepaalde periode geactualiseerd en aangepast. Dit heeft gevolgen voor de Nederlandse Veiligheidsregels (NVR's) die daarop gebaseerd zijn. Ook deze dienen na verloop van tijd geactualiseerd te worden. Hiermee vertegenwoordigen de geactualiseerde NVRs de laatste stand der techniek.

Aangezien de NVR's als voorschrift aan de Kernenergiewetvergunning van de Kerncentrale Borssele verbonden zijn, is het logisch dat de oude NVR's door de geactualiseerde NVRs vervangen worden. Derhalve is voorschrift II.B.7 aangepast

en is er een aangepaste lijst met NVR's in Bijlage A bij deze beschikking opgenomen.

Ten aanzien van NVR NS-R-1 en NS-G-1.1 t/m NS-G-1.13 geldt daarbij in het bijzonder dat in voorschrift II.B.7 is bepaald dat aan het gestelde daarin voldaan dient te worden, tenzij dit redelijkerwijs niet kan worden verlangd. NVR NS-R-1 en NS-G-1.1 t/m NS-G-1.13 betreffen eisen met betrekking tot het ontwerp van een kerncentrale. Voor sommige van deze eisen die zijn vastgesteld conform de laatste stand der techniek, zou het technisch niet haalbaar en daarmee niet redelijk zijn om de kerncentrale Borssele volledig daaraan te laten voldoen. Met het nieuwe pakket NVRs wordt gewaarborgd dat de kerncentrale Borssele aan de hoogst mogelijke veiligheidseisen blijft voldoen.

Voorschrift II.B.8, waarin de directeur KFD eventueel kan verlangen dat NV EPZ voldoet aan het hetgeen in de NVR's is gesteld, komt te vervallen, omdat reeds in vigerend voorschrift II.H.1 is bepaald dat NV EPZ is verplicht te voldoen aan nadere eisen die kunnen worden gesteld door de directeur KFD met betrekking tot de onder I en II.A tot en met II.D en II.F gegeven voorschriften. Dat maakt voorschrift II.B.8 overbodig en is derhalve komen te vervallen.

Opslag van radioactief afval op daarvoor geschikte plaatsen

Aangezien het niet geheel duidelijk was waar en onder welke omstandigheden binnen de inrichting van NV EPZ radioactief afval opgeslagen mocht worden, is voorschrift II.D.1 daarop aangepast.

3 Wetgeving en procedures

3.1 Van toepassing zijnde wet- en regelgeving

De wetgeving

Voor de gevraagde wijziging van de inrichting is een vergunning op grond van artikel 15, onder a en b, van de Kew vereist. De ambtshalve aanpassing van voorschriften geschiedt op grond van artikel 19, eerste lid, van de Kew. De gevraagde wijzigingen van de voorschriften geschieden op grond van artikel 19, derde lid, van de Kew.

Gelet op artikel 15 van de Kew is de Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie bevoegd te beslissen op deze aanvraag, alsmede bevoegd tot het ambtshalve aanpassen van de voorschriften.

Ingevoege artikel 17, eerste lid, en artikel 20, eerste lid, van de Kew is op deze aanvraag respectievelijk de ambtshalve wijziging van de betreffende voorschriften, de uniforme openbare voorbereidingsprocedure als bedoeld in afdeling 3.4 Awb van toepassing, alsmede afdeling 13.2 Wm.

MER-beoordelingsplicht

Op grond van het Besluit milieueffectrapportage 1994, in het bijzonder artikel 22.3, onder 1, van onderdeel D van de bijlage, is een wijziging van de soort, hoeveelheid of verrijkingsgraad van de splijtstof op een kernenergiecentrale m.e.r.-beoordelingsplichtig. NV EPZ heeft op voorhand in de startnotitie voor het milieueffectrapportage (hierna: m.e.r.) aangegeven dat zij op eigen initiatief als onderdeel van de aanvraag een MER zal vervaardigen, zodat bedoelde beoordeling door het bevoegd gezag achterwege kon blijven.

Betrokken bestuursorganen

Ingevolge artikel 15, aanhef en onder a, van het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) zijn bij de totstandkoming van deze (ontwerp)beschikking de volgende besturen van provincie, gemeenten en waterschappen betrokken:

- Gedeputeerde Staten van Zeeland
- Burgemeester en Wethouders van Borsele
- Burgemeester en Wethouders van Middelburg
- Burgemeester en Wethouders van Noord-Beveland
- Burgemeester en Wethouders van Sluis
- Burgemeester en Wethouders van Terneuzen
- Burgemeester en Wethouders van Veere
- Burgemeester en Wethouders van Vlissingen
- Burgemeester en Wethouders van Goes
- Waterschap Zeeuwse Eilanden te Middelburg
- Waterschap Zeeuws-Vlaanderen te Terneuzen

Belgische betrokkenheid

De volgende Belgische autoriteiten zijn geïnformeerd en zullen in het verdere verloop van de procedure door mij geïnformeerd blijven:

- Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) te Brussel
- Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE), Algemeen Milieu, Natuur en Energiebeleid, Dienst MER te Brussel
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Aminal te Brussel
- Departement LNE Afdeling Milieuvergunningen te Brussel
- Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Operationeel Waterbeheer te Brussel
- Agentschap voor Natuur en Bos, Centrale Diensten te Brussel
- Secretariaat-Generaal van het Departement LNE te Brussel
- De Gouverneur van de provincie Oost-Vlaanderen te Gent
- Departement Leefmilieu, Natuur en Energie Milieuvergunningen Oost-Vlaanderen te Gent

Regelgeving

De belangrijkste regelgeving hierbij is:

- Kernenergiewet (Kew); met name de artikelen 15-19, 29 en 34
- Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse)
- Besluit stralingsbescherming (Bs)
- Wet milieubeheer (Wm), met name hoofdstukken 7, 13 en 20

- Besluit Milieueffectrapportage 1994
- Algemene wet bestuursrecht (Awb), met name hoofdstuk 3
- Regeling kwaliteitsborging van kerncentrales
- Convenant Borssele (2006)
- Regeling Analyse Gevolgen van Ioniserende Straling (MR-AGIS)
- Regeling bekendmaking rechtvaardiging gebruik van ioniserende straling (MR Rechtvaardiging)
- Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding (NPK)
- Wet aansprakelijkheid Kernongevallen (Wako)

3.2 Het verloop van de procedure

De m.e.r.-procedure

Het verloop van de m.e.r.-procedure is als volgt geweest:

7 mei 2008

Startnotitie milieueffectrapportage door NV EPZ ingediend.

4 juni 2008

Publicatie van de openbare kennisgeving van de startnotitie, waarmee de m.e.r.-procedure van start gaat.

5 juni - 16 juli 2008

Inspraakperiode. Een ieder heeft in deze periode de gelegenheid gekregen om zienswijzen in te dienen naar aanleiding van de startnotitie.

Er zijn drie zienswijzen ingebracht naar aanleiding van de startnotitie, te weten door Stichting Greenpeace Nederland, door de Zeeuwse Milieufederatie (ZMF) en door dhr. Meulendijks, Borssele.

25 september 2008

Commissie voor de m.e.r. heeft advies voor de MER-richtlijnen uitgebracht aan het bevoegd gezag.

17 april 2009

De richtlijnen voor het milieueffectrapport zijn door het bevoegd gezag op basis van het advies van de Commissie voor de m.e.r. en de ingebrachte zienswijzen vastgesteld.

Ontvangst en ontvankelijkheidstoetsing van het MER en de aanvraag

Op 8 juli 2010 is van NV EPZ de vergunningsaanvraag (als hiervoor in paragraaf 2.1 omschreven) inclusief het MER ontvangen. Vervolgens is geoordeeld dat met betrekking tot het MER de situatie als bedoeld in artikel 7.18 Wm (oud) zich niet voordeed en dat het MER voldoet aan de daarvoor geldende regels en richtlijnen. Het MER is tezamen met de aanvraag toegezonden aan de Commissie MER en de adviseurs, te weten de directeur Kernfysische Dienst van de VROM-Inspectie van

het voormalige ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en de directeur van de Directie Zuid van het voormalige Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit te Deventer.

De aanvraag met bijlagen is bij ontvangst getoetst aan de daaraan te stellen eisen krachtens de Awb, het Bkse (met name de artikelen 3 en 11) en het Bs en voldoet daaraan.

Bekendmaking en inspraak op het MER

Op 21 juli 2010 is van de vergunningaanvraag met MER door het plaatsen van een kennisgeving in in de Staatscourant, de Volkskrant, de Provinciale Zeeuwse Courant en de Faam/de Bevelander in Nederland en in België door plaatsing van een advertentie in De Standaard en Het Laatste Nieuws, regio Gent-Oudenaarde-Eeklo openbaar kennisgegeven .

Inzage aanvraag en MER

Van 22 juli tot en met 30 september 2010 had iedereen de gelegenheid om zienswijzen in te dienen over het MER. Met het oog op de vakantie periode is besloten om de gebruikelijke inspraaktermijn van 6 weken met instemming van NV EPZ met enkele weken te verlengen.

In de avond van woensdag 15 september 2010 is er tevens een informatiebijeenkomst/hoorzitting gehouden in Vergader- en Congrescentrum De Stenge, Stengeplein 1, te Heinkenszand.

Van deze bijeenkomst is een verslag gemaakt (Verslag Informatiebijeenkomst/Hoorzitting 15 september 2010 Vergunningaanvraag & MER Brandstofdiversificatie Kernenergiecentrale Borssele' door Opdenkamp Adviesgroep BV).

Tijdens de bijeenkomst is 1 vraag gesteld. Geen van de aanwezigen maakte op dat moment gebruik van de mogelijkheid tot het indienen van een zienswijze ten aanzien van het MER Brandstofdiversificatie KCB.

Inspraak op het MER

De zienswijzen konden betrekking hebben op:

- de inhoud van het MER, mede gelet op de gegeven richtlijnen;
- het niet voldoen van het rapport aan de wettelijke vereisten;
- onjuistheden met betrekking tot de inhoud van het rapport.

Er zijn in totaal twee zienswijzen op het MER Brandstofdiversificatie KCB ingebracht namelijk door de Stichting Greenpeace Nederland en door de Zeeuwse Milieu Federatie, mede namens De Provinciale Milieufederaties.

Alle zienswijzen zijn na de sluitingstermijn gebundeld naar de Commissie voor de m.e.r. gestuurd. Hierna wordt in paragraaf 4.1 ingegaan op de ingebrachte zienswijzen.

Advies van de Commissie voor de m.e.r. en de overige adviseurs

De Commissie voor de m.e.r. heeft vervolgens in een toetsingsadvies rapportnummer 2111-71 d.d. 19 oktober 2010 haar visie op het gemaakte MER gegeven. De Commissie m.e.r. betrok daarbij ook de ingebrachte zienswijzen op het MER. Hierna zal in paragraaf 4.2 nader op dit advies ingegaan worden.

Van de zijde van de KFD is advies ontvangen van de directeur KFD. De directeur van de Directie Zuid van het voormalige Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit heeft van deze gelegenheid geen gebruik gemaakt.

4 Reacties, adviezen en conclusies met betrekking tot het MER

4.1 Inspraak reacties op het Milieueffectrapport (MER)

Naar aanleiding van de terinzagelegging van het MER zijn er in totaal twee zienswijzen ontvangen: van de Stichting Greenpeace Nederland en van de Zeeuwse Milieu Federatie, mede namens de Provinciale Milieufederaties. Hieronder volgen die zienswijzen (in cursief) en mijn reactie daarop.

A. Zienswijze Stichting Greenpeace Nederland (verder Greenpeace):

De zienswijze van Greenpeace heeft betrekking op 3 hoofdpunten:

- 1. Greenpeace geeft een overzicht van de nadelen van het gebruik van MOX en c-ERU brandstof. Greenpeace is van mening dat daarbij tevens de nadelen van de opwerking van kernafval moeten worden toegevoegd en dat bij de beoordeling van de onderhavige aanvraag ook de discussie over het wel of niet opwerken van kernafval zou moeten worden betrokken.*
- 2. Verder geeft Greenpeace een opsomming van de belangrijkste kritiekpunten op het MER. Greenpeace verzoekt het ministerie om EPZ opdracht te geven deze kritiek in een aanpassing van het MER te verwerken.*
- 3. Greenpeace geeft in haar zienswijze aan ook de bij brief van 28 juni 2008 ingediende zienswijze op de startnotitie als ingelast te beschouwen. Greenpeace geeft daar in een overzicht aan welke bezwaren Greenpeace ziet tegen het gebruik van MOX en c-ERU brandstof.*

Ad 1.

Het doel van het initiatief van NV EPZ is de inzet van MOX en c-ERU in de Kerncentrale Borssele. Op basis van dit doel zijn de richtlijnen voor de inhoud van het MER vastgesteld en worden de gevolgen daarvan voor de veiligheid en voor omwonenden in de aanvraag en in het MER weergegeven. Het opwerken van bestraalde splijtstof is niet vergunningsplichtig en maakt ook geen onderdeel uit van de onderhavige aanvraag. Derhalve hoeft de discussie over het wel of niet opwerken van bestraalde splijtstof niet in deze aanvraag betrokken te worden evenals de door Greenpeace genoemde nadelen van de opwerking van bestraalde splijtstof.

Overigens zijn in het verleden de gevolgen met betrekking tot gehele splijtstofcyclus waarbij enerzijds directe opslag van bestraalde splijtstof in en anderzijds de opwerking van bestraalde splijtstof in oenschouw zijn genomen,

reeds meerdere malen onderzocht. De overeenkomst in de resultaten daarvan is dat de milieugevolgen van beide opties niet significant verschillen.

Hieronder wordt op specifieke punten van de zienswijze onder 1. van Greenpeace ingegaan.

- *Het veiligheidsniveau van de kerncentrale neemt af.*
 - *Vanwege de hogere opgeslagen energie in splijtstofstaven is het risico op een kernsmelt bij gebruik van MOX hoger [Aanvraag, p31].*

De desbetreffende tekst op pagina 31 van de aanvraag luidt evenwel anders, n.l.:

"Het belangrijkste effect van de inzet van MOX is dat de in de splijtstoftabletten opgeslagen energie hoger is dan in die van uraniumelementen. Het vrijkomen van deze hogere opgeslagen energie tijdens een LOCA zou kunnen leiden tot onacceptabele splijtstofomhullingstemperaturen en als gevolg daarvan tot schade aan de splijtstofstaaf."

Schade van de splijtstofomhulling als gevolg van een groot koelmiddelverlies ongeval (LB-LOCA) is, alhoewel op zichzelf ernstig genoeg, iets anders dan kernsmelten en heeft daar als zodanig niets mee van doen. Bij kernsmeltprocessen is er sprake van langdurige uitval van kernkoeling waarbij de vervalwarmte de bepalende factor is. Bij een groot koelmiddelverlies ongeval is het niet de vervalwarmte die bepalend is, maar de opgeslagen warmte t.g.v. het kernsplijtingsproces zelf uitgedrukt in kJ/kg. De warmteafvoer van deze opgeslagen warmte die tijdens een LOCA kortdurend wordt verstoord, is een kortdurend proces in tegenstelling tot kernsmeltscenario's. Tijdens de hier bedoelde koelmiddelverlies ongevallen vindt er een korte onderbreking van de warmte afvoer plaats tijdens de uitstroomfase van het koelmiddel voordat de noodkoelsystemen in werking treden. Er vindt dus wel lange termijn koeling plaats, waardoor er geen sprake van kernsmelten kan zijn.

De opgeslagen warmte is afhankelijk van de opbrand, de vermogensfactor van het splijtstofelement en het zgn. lineaire staafvermogen. Gedurende de levensduur van een splijtstofelement in de kern neemt de opbrand toe en nemen de vermogensfactoren en het lineaire staafvermogen af. Netto leidt dit tot een afname van de opgeslagen warmte. Deze afname is echter beperkt, zodat in het hoge opbrand gebied waar de splijtstofomhulling al enige mate van oxidatie heeft ondergaan, er een probleem voor de integriteit van de splijtstofomhulling zou kunnen ontstaan. Door de tijdelijke onderbreking van de warmteafvoer bij LOCA situaties loopt de temperatuur in de splijtstof op. Dit kan leiden tot extra oxidatie van de splijtstofomhulling, waardoor deze lokaal defect kan raken. De thermo-hydraulische berekeningen met het internationale standaard rekenmodel RELAP laten zien dat de grenswaarden, met name de maximaal te bereiken dikte van de oxidelaag, niet worden overschreden waardoor schade van de splijtstofomhulling onwaarschijnlijk is. Om echter deze kans nog verder te minimaliseren geldt de

bestaande beperking aan de opbrand voor UO_2 splijtstof ook voor MOX splijtstof (zie voorschrift II.A.9).

- o *De verminderde werking van boorzuur en regelstaven bij MOX brandstof hebben tot gevolg dat het bereiken van onderkritikaliteit in geval van incidenten langer duurt [Aanvraag, p33].*

Het klopt dat door de verminderde werking van het boorzuur en de regelstaven er meer boorzuur moet worden toegediend om de onderkritikaliteit te bereiken. Het daarmee gepaard gaande tijdsprobleem alsmede de mogelijkheid tot overschrijding van de gestelde grenswaarde aan de verdunningsgraad van het boor (B-10) in het primaire koelwater (2300 ppm) kan echter ondervangen worden door in plaats van natuurlijk boor gebruik te maken van verrijkt boor. In verrijkt boor is de hoeveelheid van het neutronen absorberende isotoop B-10 via een verrijktingsproces toegenomen van een kleine 20% tot 32%. De hoeveelheid benodigd boorzuur kan daardoor min of meer hetzelfde blijven (zie voorschrift II.A.15).

- o *Door gebruik van MOX is er een verhoogd risico op vervormingen van splijtstofelementen [Aanvraag, p27].*

Het klopt dat er een verhoogd risico is op het kromtrekken van splijtstofelementen ten gevolge van een hogere neutronenfluentie van snelle neutronen (> 1 MeV) bij MOX splijtstofelementen ten opzichte van UO_2 splijtstofelementen (een zgn. harder neutronen spectrum). Dit effect is tot nu toe niet waargenomen, ook niet bij de veel langere splijtstofelementen van de 900 MWe en 1300 MWe centrales in Frankrijk en Duitsland waar MOX wordt toegepast. Desondanks is er een voorschrift opgenomen waarin een monitoringsprogramma wordt vereist met een nadruk op zowel de mogelijkheid van het kromtrekken van splijtstofelementen als het vroegtijdig detecteren daarvan (zie voorschrift II.A.19). Indien het plaatsvindt is een proces van kromtrekken een geleidelijk proces. Om die reden is een dergelijk monitoringsprogramma een afdoende waarborg dat het in de kern bewegen van een of meerdere regelstaven niet wordt belemmerd door een of meerdere kromgetrokken elementen.

- o *Door het hardere neutronenspectrum van MOX slijt het reactorvat sneller [MER, p57].*

Het klopt dat door het gebruik van MOX de neutronenfluentie van de snelle neutronen (> 1 MeV) toeneemt, waardoor de daartoe gestelde grenswaarde aan het reactorvat eerder wordt bereikt. Echter deze grenswaarde zal pas worden bereikt na eind 2033, de datum waarop de kerncentrale Borssele sluit. Deze grenswaarde die tijdens het ontwerp van de kerncentrale werd geformuleerd, is overigens zeer conservatief gesteld. Achteraf blijkt het staal van het reactorvat qua samenstelling veel beter te zijn dan destijds voorzien was (zie voorschrift II.A.21 en II.A.22).

- *MOX splijtstofstaven zijn minder goed bestand tegen ongevallen met reactiviteitstoevoer door een hogere vorming van splijtingsgassen [MER, p 58].*

Het klopt dat er mogelijk negatieve effecten zijn ten gevolge van een toename van de hoeveelheid splijtingsgassen door een andere splijtingsopbrengst van plutonium dan van uranium. Door zowel de opbrand te beperken als door een beperking te stellen aan de maximale enthalpiesprong die op mag treden bij een reactiviteitsongeval (uitgedrukt in cal/g) zal de invloed van de extra inwendige gasdruk t.g.v. splijtingsgassen beperkt blijven. Overigens zijn de splijtstofstaven al gevuld met helium om de uitwendige druk in de reactor tijdens vol vermogen te kunnen weerstaan. Bij de bepaling van de hoeveelheid helium is al rekening gehouden met de vorming van splijtingsgassen.

- *De stralingsbelasting van werknemers neemt toe.*
 - *De individuele dosislimiet van werknemers van de kerncentrale zal moeten worden verhoogd van <0.05 naar <1,0 mSv per jaar [MER, p72]*

Niet de dosislimiet wordt verhoogd maar de te verwachten op te lopen dosis voor werknemers die belast zijn met het hanteren van de verse splijtstof tijdens het ontladen van de aanvoercontainers. De dosislimiet blijft voor die werknemers 20 mSv per jaar. Onder de dosislimiet geldt de ALARA-verplichting. Ook blijft de genoemde dosisbelasting ruim onder de interne dosislimiet van NV EPZ (3 mSv/jaar).

- *De stralingsbelasting van werknemers tijdens de splijtstofproductie zal hoger zijn bij de fabricage van MOX en c-ERU dan bij de fabricage van normale brandstof [MER, p78]*

De constatering is juist indien van gemiddelden uitgegaan wordt. De beoordeling van die stralingsbelasting vindt echter plaats in het kader van de vergunningverlening van die activiteit in het buitenland en kan derhalve in deze procedure geen rol spelen. Overigens blijft ook deze stralingsbelasting ruim binnen de dosislimiet van 20 mSv per jaar voor werknemers.

- *Het risico voor omwonenden neemt toe.*
 - *Voor alle geanalyseerde ongevalsscenario's geldt dat hoe groter het percentage MOX, hoe groter de effectieve en schildklierdosis bij ontwerpongevallen [MER, p64,65].*

Het klopt dat door de gewijzigde samenstelling van de inventaris splijtingsproducten de effectieve en schildklierdosis toeneemt bij toenemend percentage MOX. Deze toename is zowel procentueel als absoluut gezien marginaal. De totale effectieve dosis en schildklier dosis is, ook in de situatie met MOX, voor alle beschouwde ontwerpbasis ongevallen orden van grootte kleiner dan de daartoe gestelde dosislimieten.

Overigens zijn de dosisberekeningen van de ontwerpbasis ongevallen niet bedoeld om een schatting te geven van de stralingsbelasting van de omgeving, maar om een beoordeling te maken van de effectiviteit van de veiligheidsinsluiting (containment) en de ventilatiesystemen met daarbij behorende filters. De methode om de zgn. brontermen (de hoeveelheid radioactieve stoffen die vrijkomt binnen het containment, dan wel de reactorbijgebouwen) te berekenen is zeer conservatief gesteld om zeker te stellen dat ondanks gemaximaliseerde brontermen het ontwerp van het containment, andere insluitsystemen en ventilatiesystemen van voldoende kwaliteit zijn om te zorgen dat de belasting voor de bevolking ruimschoots onder de daartoe gestelde limieten blijft. De werkelijke stralingsbelasting bij deze scenario's zal dus naar verwachting lager zijn dan de berekende waarden.

- o *Het groepsrisico en individueel risico bij buitenontwerpongevallen neemt toe [MER, p68]*

Op pagina 68 van het MER in tabel 6.4.6 en 6.4.7 zijn de waarden voor het individueel risico en het groepsrisico van de voorgenomen activiteit en de alternatieven opgenomen. Daaruit blijkt dat het individuele risico voor de voorgenomen activiteit iets toeneemt in vergelijking met de huidige situatie, maar dat het groepsrisico geen verschil te zien geeft. De toename voor het individueel risico wordt echter als niet significant gezien. Zie tabel hieronder.

	Bestaande situatie	40% MOX	c-ERU	Toegestane limiet
Maximaal individueel risico (per jaar)	$1,9 \cdot 10^{-8}$	$2,0 \cdot 10^{-8}$	$2,0 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$
Maximaal groepsrisico > 10 slachtoffers (per jaar)	$5,6 \cdot 10^{-9}$	$5,6 \cdot 10^{-9}$	$5,6 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de toenames zowel procentueel als absoluut gezien, marginaal zijn. Een toename van het maximale individuele risico van $1,9 \cdot 10^{-8}$ /jaar naar $2,0 \cdot 10^{-8}$ /jaar wordt als niet significant bestempeld. Zowel het totale individuele risico als het groepsrisico blijven ruimschoots onder de daartoe gestelde limieten.

- o *Bij gebruik van c-ERU neemt de hoeveelheid tritiumlozing toe [Aanvraag, p40]*

Ook deze bewering is juist, maar ook hiervoor geldt dat deze toename marginaal is. De limieten voor lozingen naar lucht en water zoals die in de vigerende vergunning van de KCB zijn opgenomen, zullen niet wijzigen. Ook de gestelde dosislimiet wordt niet overschreden.

- o *Bij de aanvoer van MOX treedt een verdubbeling op van het transportrisico voor omwonenden en weggebruikers. [MER, p71]*

De risico's van transport worden niet beoordeeld in deze procedure maar bij de procedure voor het verlenen van de transportvergunning. Desondanks wordt hier toch op ingegaan. Uit Tabel 6.6.1 van het MER kan worden afgeleid dat de maximale jaarlijkse individuele dosis (in mSv per jaar) voor de voorgenomen activiteit (40% MOX in de kern) verdubbelt ten opzichte van de dosis voor aanvoer van ENU splijtstofelementen. De belangrijkste reden daarvoor is het feit dat voor de aanvoer van MOX per jaar 14 transporten noodzakelijk zijn en voor de aanvoer van ENU slechts 7. Dat verklaart de verdubbeling. Absoluut bezien heeft deze verdubbeling geen betekenis omdat deze waarden zeer laag zijn.

- o *Bij transportongevallen is het individueel risico groter bij MOX en c-ERU brandstof [MER, p80]*

Ook voor transportongevallen geldt dat het verschil marginaal is in absolute zin. Deze risico's zullen beoordeeld worden bij de procedure voor het verlenen van de transportvergunning en niet in deze procedure.

Ad 2.

Ten aanzien van het verzoek van Greenpeace om NV EPZ opdracht te geven de kritiek van Greenpeace in een aanpassing van het MER te laten verwerken, verwijs ik naar het toetsingsadvies van de Commissie voor de m.e.r. over dit MER. De Commissie voor de m.e.r. heeft als onafhankelijke organisatie geoordeeld dat de essentiële informatie voor besluitvorming in het MER aanwezig is en dat het MER op overzichtelijke wijze het voornemen en de effecten weergeeft. Het MER en de samenvatting zijn duidelijk en goed leesbaar. In het MER is uitvoerig ingegaan op de effecten van het voornemen op de totale keten (zie ook paragraaf 4.2). Ik zie daarom geen redenen aan het verzoek van Greenpeace te voldoen.

Ad 3.

Voor wat betreft de bezwaren die Greenpeace ziet tegen het gebruik van MOX en c-ERU brandstof, zoals aangegeven in de bijlage gevoegd bij de zienswijze en eerder ingebracht per brief van 28 juni 2008 naar aanleiding van de Startnotitie m.e.r., wordt onderstaand specifiek ingegaan.

Risico's gebruik MOX-brandstof en RepU

Instabiliteit kernreactie door MOX-brandstof

Het verbranden van MOX, heeft consequenties voor de veiligheid en stabiliteit van de kernreactie. Plutonium heeft een aantal kernfysische eigenschappen die anders zijn dan die van uranium-235 waardoor de kernreactie instabieler wordt en worden de veiligheidsmarges van de reactor kleiner.

Het gegeven dat bepaalde reactorfysische parameters voor plutonium anders zijn dan voor uranium, is correct. De conclusie dat het daarom onveilig wordt, wordt echter niet gedeeld omdat er nog steeds ruime afstand bestaat tot de daartoe geldende veiligheidsgrenzen. Op de door Greenpeace ingebrachte specifieke punten wordt hieronder ingegaan. Verder verwijs ik tevens, daar waar dat relevant is, naar de reactie op specifieke punten onder ad 1.

Zonder op technische details in te gaan worden hieronder een aantal specifieke problemen opgesomd die ontstaan door het gebruik van MOX-brandstof:

- *Gebruik van MOX-brandstof leidt tot een vermindering van het aantal 'nakomende neutronen' waardoor de reactie moeilijker onder controle te houden is.*

De fractie vertraagde neutronen (β) is voor Pu-239 kleiner (0,22%) dan die voor uranium-235 (0,67%) waardoor de marge van Pu-239 tot prompt kritisch kleiner is. MOX bevat echter niet alleen Pu-239, maar ook Pu-241. Het gehalte Pu-241 neemt toe met toenemende opbrand. De fractie vertraagde neutronen voor Pu-241 is bijna gelijk aan die van U-235. Daarom is het overall effect in een MOX kern toch gering en zal die van een UO₂ kern benaderen bij toenemende opbrand. De huidige toegestane grenswaarde aan het begin van de cyclus (BOC) ($\geq 0,485$) en aan het einde van de cyclus (EOC) ($\geq 0,427$) worden niet overschreden. Door het plaatsen van een te grote hoeveelheid verse MOX in een keer in de kern zouden de grenswaarden voor de fractie vertraagde neutronen benaderd kunnen worden. Om dat te voorkomen is een voorschrift opgenomen, waarin de inzet van verse MOX splijtstof wordt beperkt tot 12 splijtstofelementen per cyclus voor de eerste 5 cycli en voor de vervolgcycli tot maximaal 16 MOX splijtstofelementen (zie voorschrift II.A.17).

- *De reactiviteit van plutonium is hoger bij hogere temperatuur waardoor de reactie moeilijker onder controle te houden is;*

De bewering dat plutonium reactiever wordt naarmate de temperatuur stijgt klopt, maar is hier niet zo belangrijk, omdat:

- a. het een MOX kern betreft en niet een zuivere plutonium kern; 60% van de kern bestaat uit (verrijkte) UO₂ splijtstofelementen; en
- b. meer dan 90% van de MOX splijtstofstaven bestaat net als van de UO₂ staven uit U-238.

De reactie van de splijtstof op een temperatuurverandering wordt bepaald door de splijtstoftemperatuurcoëfficiënt (ook wel Dopplercoëfficiënt). Het teken van deze coëfficiënt bepaalt of een temperatuurstijging van de splijtstof resulteert in een toename of afname van de reactiviteit (negatief betekent een afname) en de absolute waarde bepaalt hoe sterk dit effect is. Een algemene eis is een negatieve splijtstoftemperatuurcoëfficiënt, omdat in dat geval een mogelijke ongewenste toename in reactiviteit, die zich uit in een temperatuurverhoging van de splijtstof, gelijk tegengewerkt wordt.

De splijtstoftemperatuurcoëfficiënt wordt voornamelijk bepaald door de resonantie absorptie van U-238. Hoe hoger de temperatuur, hoe meer neutronen door U-238 geabsorbeerd worden. U-238 speelt daarmee een belangrijke rol als waarborg voor een veilige kern. Naast U-238 spelen ook alle andere isotopen in de splijtstof een rol in de splijtstoftemperatuurcoëfficiënt, maar hun bijdrage is veel kleiner.

Voor Pu-239 geldt dat bij een hogere temperatuur de werkzame doorsneden voor thermische neutronen voor absorptie en splijting van Pu-239 afnemen. Dit suggereert dat er minder splijtingen van en absorpties in Pu-239 optreden. De thermische neutronenflux neemt echter sterker toe, waardoor de reactiesnelheden voor zowel absorptie als voor splijting bij Pu-239 netto toenemen. Uiteindelijk is de splijtstoftemperatuurcoëfficiënt van een MOX kern hierdoor inderdaad minder negatief dan die bij een uranium kern, maar nog steeds negatief. De resonantievangst van U-238 neemt namelijk sterk toe naarmate de temperatuur stijgt. Dit laatste fenomeen is numeriek gezien belangrijker dan de toename van de reactiesnelheden voor absorptie en splijting van Pu-239 bij temperatuurstijging.

Het is wel zo dat het neutronen spectrum verandert naarmate de temperatuur stijgt, waardoor er relatief meer snelle neutronen overblijven. Overigens is de toegenomen resonantievangst door U-238 ook het geval bij uraniumoxide splijtstof. Dat door het verschoven neutronenspectrum als gevolg van de temperatuurstijging iets minder effectief te controleren zou zijn is alleen een theoretisch gevolg. Echter deze veranderingen zijn zo gering en relatief traag dat het reactorregelsysteem er in feite niets van merkt en geen aanpassingen in de zin van snellere responstijden of iets dergelijks, noodzakelijk zijn.

- *De vervalwarmte van MOX-brandstof is hoger dan het uraniumsplijtstof waardoor koeling van de reactor bij een loss of coolant accident (LOCA) bemoeilijkt wordt;*
- *De hogere burn-up van MOX, de hogere brandstoftemperatuur en de toename van de vorming van splijtingsgas verhogen het risico op schade aan splijtstofstaven;*

Dat door de hogere vervalwarmte van MOX de koeling bij een LOCA bemoeilijkt wordt is onjuist. Dat komt omdat de vervalwarmte van MOX gedurende eerste 46 uur na afschakeling van de reactor juist lager is. Zodra tijdens vermogensbedrijf er een ongeval met koelmiddelverlies (LOCA) plaatsvindt, schakelt de reactor automatisch af en treden de veiligheidssystemen voor noodkoeling in werking. Deze noodkoelsystemen die vanuit allerlei watervoorraden water in het reactorvat suppleren, zijn dermate gedimensioneerd dat deze de vervalwarmte van de reactor direct na afschakeling moeten kunnen afvoeren. Indien er een koelmiddelverliesongeval op zou treden gedurende de periode van de zgn. splijtstofwisselstop, wanneer de reactor al enige dagen afgeschakeld is, maar de vervalwarmte van MOX wel groter is dan die van een vergelijkbare 4.4% verrijkte

uraniumoxide kern, dan is deze vervalwarmte al zo laag dat 1 pomp van zo'n noodkoelsysteem al voldoende is om de kern te koelen.

Het is juist dat er aanwijzingen zijn dat een toename van de vorming van splijtingsgassen, een slechtere warmtegeleidbaarheid en een hogere brandstoftemperatuur een negatieve invloed kunnen hebben op het gedrag van hoog opgebrande MOX-splijtstofelementen tijdens regelstaafuitworpongevallen. Echter de analyses laten zien dat de enthalpiesprong tijdens zo'n ongeval gering is. Daarbij komt nog dat de huidige materialen van splijtstofomhullingen veel beter bestendig zijn tegen bovengenoemde omstandigheden.

Hoge opbrand speelt naast de regelstaafuitworpongevallen ook een rol bij grote koelmiddelverliesongevallen (LOCA). Met name de oxidelaagdikte die met toenemende opbrand ook toeneemt, is daarbij een parameter. Gedurende een LOCA, neemt de temperatuur van de splijtstofomhulling toe tot boven de 1000 °C. Als de betreffende temperatuur boven de 800 °C komt, verandert zgn. α -fase zirconium in β -fase zirconium, terwijl tegelijkertijd de oxidatie versneld toeneemt. Het zuurstof dat in het metaal opgelost is, stabiliseert de α -fase. Een laag α -fase zirconium met een hoog gehalte aan zuurstof vormt zich tussen de oxide laag en de β -fase zirconium laag. Deze laag is redelijk bros. Daarom wordt er een grenswaarde gesteld aan de dikte van deze zuurstofrijke α -fase zirconiumlaag. De dikte van deze laag is sterk afhankelijk van de oxidelaagdikte die tijdens de LOCA bereikt wordt. De oxidatiesnelheid van het in de kernenergiecentrale Borssele voor de splijtstofomhulling gebruikte M5 materiaal is dermate laag, dat voor de te bereiken opbranden dit probleem niet speelt.

Niettegenstaande de slechts geringe effecten die er te verwachten zijn, blijven de huidige beperkingen die er in de vergunning gesteld zijn aan de opbrand (< 68 MWd/kg splijtstof, voor opbranden groter dan 60 +/- 1 MWd/kg splijtstof dient eerst aanvullend bewijs te worden geleverd) van kracht, ook voor MOX-splijtstofstaven. Het gedrag van de MOX elementen bij nog hogere opbrand zal gevalideerd moeten worden door ervaringen en metingen elders

- *Omdat de energie van neutronen vrijgekomen bij splijting van plutonium hoger is dan bij uranium kunnen structuren in de kern zoals het reactorvat beschadigd raken.*

Uit de veiligheidsanalyses blijkt dat ondanks de hoger energetische neutronen (toename met zo'n 17%-19%) de totale geïntegreerde flux (fluentie) t.g.v. snelle neutronen (> 1 MeV) over de hele levensduur van het reactorvat nauwelijks toeneemt. Eind 2033 is de totale bereikte snelle neutronenfluentie in geval van 40% MOX: $3,40 \cdot 10^{19} \cdot \text{cm}^{-2}$ i.p.v. $3,22 \cdot 10^{19} \cdot \text{cm}^{-2}$ met alleen 4,4% verrijkte UO_2 splijtstof. Dit is nog steeds onder de ontwerp limiet van $3,50 \cdot 10^{19} \cdot \text{cm}^{-2}$ die voor het reactorvat geldt. De controle berekeningen die door GRS zijn uitgevoerd laten overigens een geringere toename van de snelle neutronenfluentie zien en blijven nog verder van de grenswaarde.

Radiotoxiciteit MOX

Plutonium is een zeer giftige en radiotoxische stof. Brandstofstaven van uraniumoxide kunnen zonder extra veiligheidsmaatregelen door werkers worden gehanteerd maar voor MOX-brandstof moeten veel extra maatregelen genomen worden bij fabricage, vervoer en hantering van de brandstof. Hierdoor lopen werknemers een hogere dosis op dan bij hantering van uraniumoxidesplijtstof. Opgebrande MOX-brandstof is radioactiever (door de aanwezigheid van onder andere Pu-238, Pu-241, Am en Cm) en produceert meer vervalwarmte dan opgebrande uraniumoxide. Hierdoor moet opgebrande MOX met extra voorzichtigheid behandeld worden. MOX moet twee tot zes keer langer afkoelen dan uraniumsplijtstof voordat het verder verwerkt kan worden.

Dat plutonium een zeer giftige en radiotoxische stof is, is correct. Ook dat extra maatregelen genomen moeten worden om verse MOX splijtstofstaven te kunnen hanteren in vergelijking met verse uranium splijtstofstaven, is juist. Deze maatregelen zorgen ervoor dat de stralingsbelasting voor werknemers bij het hanteren van verse MOX splijtstofstaven zoveel als redelijkerwijs teruggedrongen wordt en dat geen dosislimieten worden overschreden. Voor wat betreft het hanteren van gebruikte MOX-splijtstofelementen: voor de te nemen maatregelen is er geen verschil tussen het hanteren van gebruikte MOX splijtstofelementen en het hanteren van gebruikte uranium splijtstofelementen. Beide typen elementen stralen ongeveer evenveel en beide typen bevatten plutonium. Voor wat betreft de vervalwarmte van gebruikte MOX splijtstofelementen zijn er voldoende garanties dat de koeling van het splijtstof opslagbassin (SOB) voldoende is om de vervalwarmte uit het SOB af te voeren.

MOX en reactorongevallen

Omdat bij het verbranden van MOX splijtstofproducten ontstaan die radioactiever zijn dan in geval van uraniumoxide, zijn de radiologische gevolgen van een ongeluk waarbij een deel van de inhoud van de kern vrijkomt, ernstiger. Doordat ook de kans op een dergelijk ongeval toeneemt bij gebruik van MOX neemt de kans op een ongeval met ernstige radiologische consequenties toe.

Dat het risico als gevolg van ernstige ongevallen is toegenomen wordt niet door mij gedeeld omdat:

- er aan de kans op die ongevallen niets verandert;
- de vervalwarmte van MOX elementen de eerst twee dagen juist lager is dan van UO₂ splijtstofelementen en er dus dientengevolge geen negatief effect op het kern degradatieproces zal zijn;
- de verandering van de inventaris splijtstofproducten in de brontermen marginaal is.

Zoals op pagina 22 is aangegeven in reactie op een eerdere zienswijze is de berekening van brontermen zeer conservatief om zeker te stellen dat de belasting voor de bevolking ruimschoots onder de daartoe gestelde limieten blijft. De uiteindelijke bronterm zal om bovenstaande redenen niet of nauwelijks verschillen in vergelijking met de huidige situatie.

Proliferatierisico en vervoer van MOX-brandstof

Door een toename van het gebruik van MOX-brandstof neemt het aantal transporten van de radioactieve en "proliferatiegevoelige stof plutonium toe. Kernafval uit Borssele wordt eerst vervoerd naar La Hague in Normandië, vervolgens wordt het afgescheiden plutonium naar Zuid-Frankrijk vervoerd voor MOX-fabricage en keren de MOX-brandstofstaven weer terug naar Nederland.

Bij het transporteren van nieuwe MOX-splijtstofelementen zijn extra maatregelen nodig in het kader van de beveiliging van de transporten, omdat nieuwe MOX-splijtstofelementen plutonium bevatten. Hoewel de risico's van de transporten in het MER in beeld zijn gebracht, vindt de beoordeling van deze risico's niet plaats in het kader van deze procedure, maar bij de procedure voor het verlenen van de transportvergunning. Op dat moment zal dan ook bepaald worden welke maatregelen in het kader van beveiliging noodzakelijk geacht worden. Overigens zijn de risico's van transport in het buitenland in het MER niet in beschouwing genomen.

Risico's gebruik RepU

EPZ vraagt een vergunning aan om RepU met hogere verrijkingsgraad te mogen gebruiken zodat deze brandstof qua energiepotentiaal equivalent is aan verrijkt uranium. Door de hogere verrijkingsgraad en de hogere burn-up van de brandstof worden de veiligheidsmarges van de reactor kleiner. Door het hogere stralingsniveau treedt onder andere eerder corrosie op in de brandstofstaven en het reactorvat.

Een hogere verrijkingsgraad van c-ERU met maximaal 0.2 gewichtsprocenten U-235 in vergelijking met ENU heeft geen gevolgen voor de veiligheidsmarges van de reactor. De verhoogde verrijkingsgraad is niets anders dan een compensatie van de reactiviteit van de splijtstof die verloren is gegaan door het neutronen absorberende U-236. Er is dus geen sprake van een daadwerkelijke verhoging van de reactiviteit, maar er is alleen sprake van een compensatie voor het verlies van reactiviteit ten gevolge van de verontreiniging van de splijtstof met U-236. Het verlies wordt slechts aangevuld tot de oorspronkelijke waarde. Ook blijft de opbrand (burn-up) onderhevig aan dezelfde restricties zoals nu ook al gelden. Voor wat betreft de invloed van stralingsniveau op de corrosie van splijtstofomhulling en reactorvat verwijs naar eerdere uitleg hieronder, waar aangegeven is dat de invloed van neutronenstraling op het reactorvat gering is.

Ook de toegestane maximaal gemiddelde staafopbrand voor splijtstofelementen met ENU of met c-ERU verschilt niet van elkaar. De conclusie dat door het gebruik van c-ERU de reactor onveilig wordt, wordt om die redenen niet gedeeld. Er blijft nog steeds ruime afstand bestaan tot de geldende veiligheidsgrenzen.

Problemen back-end strategie MOX en RepU

Opwerking van MOX als van RepU is problematisch, evenals directe opslag van MOX. Daarnaast trekt Greenpeace in twijfel of EPZ werkelijk vanwege lagere brandstofkosten besluit tot deze vergunningaanvraag aangezien brandstofkosten

slechts een klein deel van de kostprijs van kernenergie bepalen. Rechtvaardiging van opwerking deugt niet, Greenpeace heeft voorkeur voor directe opslag. De economische voordelen die EPZ kan behalen wegen niet op tegen de veiligheidsrisico's die genomen worden door KCB toe te staan MOX-brandstof te gebruiken. Verder heeft plutonium een negatieve marktwaarde en is MOX een inefficiënte manier om de gevaarlijke bijproducten van opwerking te verwerken.

De door Greenpeace onder dit kopje genoemde argumenten hebben betrekking op de in hun ogen nadelige aspecten van opwerking van bestraalde splijtstof. Aangezien het in deze procedure handelt om de veiligheid van de inzet van MOX en c-ERU als brandstof en niet om het al dan niet opwerken van bestraalde splijtstof wordt er hier niet verder op ingegaan (zie ook onder Ad 1.). Voor verdere informatie over opwerking verwijs ik naar de brief over opwerken van bestraalde splijtstof, die recent naar de Tweede Kamer is verzonden (Tweede Kamer, vergaderjaar 2010–2011, 25 422, nr. 87).

B. Zienswijzen ZMF mede namens De Provinciale Milieufederaties.

- *Er zijn extra beheersmaatregelen in de centrale noodzakelijk om het huidige veiligheidsniveau te kunnen handhaven. Er is een groter risico op kromtrekken van splijtstofelementen en bij een ongeval met koelmiddelverlies en bij snelle enthalpiestijging kan schade aan splijtstofstaven ontstaan. Door verminderde werking van regelstaven en boorzuur is de reactor eerder kritisch en het bereiken van onderkriticaliteit duurt langer. Ook heeft het hardere neutronenspectrum een negatieve invloed op het reactorvat.*

Voor deze genoemde aspecten verwijs ik naar de relevante passages op pagina 20, 21, 25 en 26 in de reactie op de zienswijze van Greenpeace.

- *Ervaring met bedrijfsvoering met een MOX inzet tot 40% is bijna afwezig. Er wordt verlangd naar een zorgvuldig en adequaat stappenplan waarin voorzien is voldoende expertise in ruimere tijd op te bouwen en waaruit blijkt dat MOX inzet tot 40% hooguit verwaarloosbare effecten met zich meebrengt, voordat de inzet van MOX definitief kan worden toegestaan.*

Dat er te weinig bedrijfservaring is om een inzet van 40% MOX veilig te kunnen waarborgen, wordt door mij niet gedeeld omdat:

- de gebruikte analyses in het gebied waar wel ruime ervaring bestaat met de inzet van een bepaalde hoeveelheid MOX, correcte voorspellingen doen; en
- voor het gebied waar minder ervaring bestaat, de inzet van voorloperelementen tijdig voldoende bedrijfservaringen en meetgegevens oplevert om de veiligheid bij 40% MOX inzet te kunnen waarborgen (zie voorschriften II.A.16 en II.A.17).

De combinatie van goede veiligheidsanalyses en verificatie door metingen wordt als afdoende beschouwd om aan te tonen dat toepassing van 40% MOX veilig is.

- *Werknemers die MOX produceren en die ontvangst van en "handling" van de nieuwe MOX-splijstofelementen verzorgen, zouden blootgesteld kunnen worden aan vergrootte kans aan verhoogde radioactiviteit.*

Dat extra maatregelen genomen moeten worden om verse MOX splijstofstaven te kunnen hanteren in vergelijking met verse uranium splijstofstaven, is juist. Deze maatregelen zorgen ervoor dat de stralingsbelasting voor werknemers bij het hanteren van verse MOX splijstofstaven zoveel als redelijkerwijs teruggedrongen wordt en dat geen dosislimieten worden overschreden.

- *Inzicht van de maatschappelijke kosten voor milieu, veiligheid en gezondheid verschaffen om tot afgewogen verantwoord besluit te komen.*

In het MER zijn de milieugevolgen en de gevolgen voor de veiligheid inzichtelijk gemaakt. Ook naar het oordeel van de Commissie voor de m.e.r. is de essentiële informatie voor besluitvorming in het MER aanwezig en geeft het MER op overzichtelijke wijze het voornemen en de effecten weer.

- *Opwerken van voornemen en alternatief i.p.v. effectenbeschrijving van verantwoord opslaan van MOX, inzicht in milieugevolgen en ook kosten van beide back-end fase opties. Kosten voor opwerking en de extra opslag bij COVRA.*

Het doel van het initiatief is de inzet van MOX en c-ERU in de Kerncentrale Borssele. Op basis van dit doel zijn de richtlijnen voor de inhoud van het MER vastgesteld en worden de gevolgen daarvan voor de veiligheid en voor omwonenden in de aanvraag en in het MER weergegeven. Het opwerken van bestraalde splijstof is niet vergunningsplichtig en maakt geen onderdeel uit van de onderhavige aanvraag. Derhalve hoeft de discussie over het wel of niet opwerken van bestraalde splijstof niet in deze aanvraag betrokken te worden. Overigens zijn in het verleden de gevolgen met betrekking tot gehele splijstofcyclus waarbij enerzijds directe opslag van bestraalde splijstof in en anderzijds de opwerking van bestraalde splijstof in ogenschouw is genomen, reeds meerdere malen onderzocht. De overeenkomst in de resultaten daarvan is dat de milieugevolgen van beide opties niet significant verschillen.

4.2 Advies van de Commissie voor de m.e.r. en van de KFD

Het oordeel van de Commissie voor de m.e.r.

Op 19 oktober 2010 heeft de Commissie voor de m.e.r. haar toetsingsadvies met rapportnummer 2111-71 uitgebracht. Het algemene oordeel van de Commissie luidt als volgt:

De Commissie is van oordeel dat de essentiële informatie voor besluitvorming in het MER aanwezig is om het milieubelang volwaardig mee te kunnen laten wegen in de besluitvorming over deze wijziging van de Kernenergiewet vergunning.

Verder constateert de Commissie dat:

- het MER op overzichtelijke wijze het voornemen en de effecten weergeeft;
- het MER en de samenvatting duidelijk en goed leesbaar zijn;
- in het MER uitvoerig is ingegaan op de effecten van het voornemen op de totale keten;
- uit de vergelijking van de beschreven alternatieven blijkt dat de effecten nauwelijks verschillen;
- de invloed van het voornemen op de benodigde hoeveelheid natuurlijk uranium en de verrijkingsarbeid kwalitatief en voldoende beschreven is.

De Commissie geeft tot slot aan dat de omvang van het splijtingsafval (in aantal containers) wordt gegeven, maar dat op de verandering van de samenstelling van het afval niet in detail wordt ingegaan. De Commissie acht het echter aannemelijk dat de samenstelling van het afval, gemiddeld genomen, niet zal veranderen. In reactie daarop wordt gesteld dat het hier het splijtingsafval betreft dat ontstaat bij de opwerking van bestraalde MOX-splijtstof. Zoals al eerder opgemerkt, opwerking is niet vergunningsplichtig en vormt geen onderdeel van de gevraagde wijziging van de vergunning van NV EPZ. Door NV EPZ zullen in de toekomst nieuwe contracten met een opwerkingsfaciliteit afgesloten dienen te worden voor de opwerking van bestraalde MOX-splijtstof. Tezijnertijd zullen door het bevoegd gezag de specificaties van het afval dat ten gevolge van opwerking terugkeert naar Nederland, vastgesteld worden. Het betreffende afval zal daaraan getoetst worden.

Daarmee bevat het advies van de Commissie voor de m.e.r. geen wezenlijke opmerkingen die tot nadere overwegingen ten aanzien van de aanvaardbaarheid van het MER zouden leiden.

De directeur Kernfysische Dienst

Op 22 november 2010 is van de directeur Kernfysische Dienst per brief met kenmerk VI/KFD/2010029763_547_MVE zijn advies ontvangen. Het betreft een omvangrijk beoordelingsrapport dat ingaat op de verschillende veiligheidstechnische aspecten als gevolg van de vergunningsaanvraag door NV EPZ voor brandstofdiversificatie in de Kerncentrale Borssele en spreekt daarover een oordeel uit.

De directeur KFD geeft aan dat toepassing van MOX maatschappelijk nogal een beladen onderwerp is, omdat de verse splijtstof naast uranium ook plutonium bevat. De directeur KFD heeft aangegeven dat om die reden bij het schrijven van het advies, naast de direct betrokkenen, zo veel mogelijk rekening is gehouden met externe belangstellenden, zoals degenen die zienswijzen naar voren hebben gebracht. Daarom is voor een beoordelingsrapport van de KFD meer uitleg gegeven dan gebruikelijk en wordt expliciet ingegaan op een aantal van de zienswijzen voor zover die rechtstreeks betrekking hebben op de zaken die door de KFD beoordeeld zijn.

Uit het advies blijkt dat de directeur KFD van oordeel is dat de aanvraag technisch gezien ambitieus is. Desondanks is de directeur KFD van mening dat de

technische onderbouwingen die door NV EPZ zijn overlegd van voldoende kwaliteit zijn om vertrouwen in de uitkomsten daarvan te kunnen hebben. De directeur KFD concludeert dan ook dat splijtstofdiversificatie onder voorwaarden veilig kan worden toegepast. Deze voorwaarden worden nader toegelicht in het advies.

Daarnaast stelt het advies voorschriften voor die aan de vergunning gekoppeld zouden moeten worden. Daar is in deze beschikking gevolg aan gegeven. Het advies wordt tevens ter inzage gelegd.

4.3 Conclusie van de Minister van EL&I met betrekking tot het MER

In de aanvraag en het MER is door NV EPZ uiteengezet dat het nulalternatief voortzetting van de huidige situatie betreft en fungeert als referentiekader om de gevolgen van de voorgenomen activiteit mee te vergelijken. Naast de voorgenomen activiteit zijn de volgende alternatieven geanalyseerd: 26% MOX, 40% MOX, 53% MOX en 73% MOX. Verder wordt in het MER geconcludeerd dat het niet zinvol is alternatieven voor het voorgenomen gebruik van gecompenseerd ERU nader uit te werken, aangezien dit ten koste zou gaan van de voorgenomen activiteit.

Het meest milieuvriendelijke alternatief is een samenvoeging van die elementen uit de alternatieven die de beste mogelijkheden voor de bescherming van het milieu bieden. In hoofdstuk 6 van het MER wordt geconcludeerd dat de milieuverschillen tussen de alternatieven ten aanzien van de bedrijfsvoering, proliferatie en de splijtstofcyclus gering zijn. De alternatieven zijn wat betreft de beïnvloeding van het milieu min of meer gelijkwaardig. Het aandragen en behandelen van een meest milieu vriendelijk alternatief brengt vanwege deze geringe verschillen geen extra inzicht. Derhalve is in het MER geen meest milieuvriendelijk alternatief gedefinieerd. Ik kan mij vinden in de conclusies die NV EPZ met betrekking tot het meest milieuvriendelijke alternatief heeft getrokken en ben van mening dat daar geen maatregelen bij zijn die directe uitvoering vereisen.

De verschillen in de gevolgen voor de omgeving tussen de geformuleerde alternatieven en de voorgenomen activiteit zijn beperkt. Tevens wordt geconcludeerd dat de ingebrachte zienswijzen op de inhoud van het MER niet leiden tot bijstelling of afwijzing van het MER.

Mede gelet op het eindoordeel van de Commissie MER, kom ik tot de conclusie dat het MER inhoudelijk in voldoende mate aan de daaraan gestelde richtlijnen en wettelijke regels voldoet, en juiste en voldoende informatie en inzicht geeft in de milieugevolgen van de activiteit.

Daarmee kan dit MER dienen als basis voor verdere besluitvorming ter zake.

4.4 Toekomstige evaluatie van het MER

Ter voldoening aan de artikelen 7.37, tweede lid, en 7.39 t/m 7.43 van de Wet milieubeheer zal een onderzoek plaatsvinden naar de gevolgen voor het milieu van de voorgenomen activiteit.

Voor deze evaluatie zal een onderzoekprogramma worden uitgevoerd dat erop gericht is na te gaan of er geen grotere of andere effecten optreden dan die zijn beschreven in het milieueffectrapport.

Hoofdpunten in het evaluatieprogramma zullen in ieder geval zijn:

- de ontwikkeling van het milieu ter plaatse van de inrichting te Borssele, dit mede in relatie tot de resultaten uit de lozings- en meetprogramma's als bedoeld in de voorschriften;
- de bij de besluitvorming gehanteerde uitgangspunten inzake veiligheid en de uitvoering van het ALARA-beginsel;
- verificatie van de voorspellingen van de reactorfysische en thermohydraulische veiligheidscriteria met betrekking tot de inzet van c-ERU en MOX splijtstofelementen;
- de bevindingen in relatie tot voorschrift II.A.10;
- gebeurtenissen waarbij zich een (onmiddellijke dreiging van een) buitennormale lozing voordeed of gebeurtenissen die overeenkomstig voorschrift II.B.24, II.D.7 of II.D.9 zijn gemeld;
- de ontvangen dosis voor medewerkers, specifiek de dosis opgelopen bij de ontvangst van nieuwe MOX-splijtstofelementen;
- de ontwikkelingen in kennis inzake het gebruik van MOX-splijtstofelementen bij andere centrales (bijvoorbeeld ten aanzien van de stralingsbelasting).

Het onderzoek zal de periode bestrijken vanaf de aanvang van de in bedrijfstelling van de eerste inzet voorloperelementen in de kern tot en met 2 jaren na de in bedrijfstelling van de maximale inzet van 40% in de kern aan MOX-splijtstofelementen. Het bevoegd gezag zal over de resultaten van het onderzoek een verslag opstellen. Het verslag zal worden toegezonden aan NV EPZ, de Commissie voor de m.e.r. en de eerder genoemde adviseurs. Tevens zal het verslag worden bekendgemaakt conform artikel 3:12, eerste en tweede lid van de Algemene wet bestuursrecht.

5 Beoordelingskader voor de wijziging van de vergunning

5.1 Rechtvaardiging, ALARA, en dosislimieten

Aan het wettelijk kader van de stralingsbescherming zoals vastgelegd in de Kew en onderliggende besluiten, liggen onder meer de drie principes van het

stralingsbeschermingbeleid ten grondslag, te weten: rechtvaardiging, ALARA en dosislimieten.

Rechtvaardiging wil zeggen dat een handeling die blootstelling aan ioniserende straling met zich brengt, slechts is toegestaan indien de economische, sociale en andere voordelen van de betrokken handeling opwegen tegen de gezondheidsschade die hierdoor kan worden toegebracht. Dit principe is in de wetgeving vastgelegd in artikel 19 Bkse, juncto artikel 4, eerste lid, Bs. Ingevolge artikel 19, tweede lid Bs, heeft uitwerking daarvan plaatsgevonden in bijlage 1 van de Regeling bekendmaking rechtvaardiging gebruik ioniserende straling (Stcrt. 2002, nr.248 en wijziging Stcrt. 2004, 181).

Toepassing van ALARA (As Low As Reasonable Achievable) is de optimalisatie, gericht op beperking van (de kans op) emissies en op beperking van blootstelling. In de wetgeving is het ALARA-beginsel vastgelegd in artikel 15c, derde lid, Kew en artikel 19 Bkse, juncto artikel 5 Bs. Optimalisatie vindt plaats zowel in de ontwerpfase, voordat de activiteit is aangevangen, als in de bedrijfsfase door NV EPZ nadat de activiteit is toegestaan.

ALARA leidt tot een proces waarbij gestreefd wordt naar een kans op schade die zo klein is als in de gegeven omstandigheden redelijkerwijs kan worden verwezenlijkt. Hierbij wordt rekening gehouden met maatschappelijke en economische factoren en het omvat zowel milieuhygiënische als arbeidshygiënische aspecten.

Het principe van 'verdediging in de diepte' ('defence in depth') is één van de meer bijzondere uitwerkingen van het ALARA-beginsel in het kader van de stralingsveiligheid bij complexe installaties zoals de KCB.

Met verdediging in de diepte wordt het beginsel bedoeld om onbedoelde radioactieve lozingen uit te sluiten op een wijze waarbij er tussen de radioactieve bronnen en het milieu zowel meerdere barrières zijn als strategieën om deze barrières onder praktisch alle abnormale omstandigheden en ongevalscondities effectief te laten blijven. De manier om deze doelstelling te bereiken omvat een aantal elkaar overlappende niveaus van beschermende maatregelen, elk met een eigen strategie. Elke strategie heeft als doel alle mogelijke vormen van zowel menselijk falen als het falen van componenten, structuren en dergelijke, die op een of andere wijze de insluitfunctie in gevaar kunnen brengen, te voorkomen (preventie) of de gevolgen daarvan zoveel mogelijk te beperken (beheersing, interventie, mitigatie).

De volgende niveaus zijn te onderscheiden:

- *Niveau 1 (preventie)*: Het voorkomen van storingen door de kwaliteit van het ontwerp, de bouw en de bedrijfsvoering door middel van kwaliteitsborging en het handhaven van een adequate veiligheidscultuur.
- *Niveau 2 (beheersing)*: Het voorkomen dat storingen tot ongevallen kunnen leiden door middel van het detecteren van abnormale situaties en het adequaat reageren hierop.

- *Niveau 3 (interventie)*: Het beperken van de gevolgen van ongevallen door middel van toepassing van actieve en/of passieve veiligheidsvoorzieningen.
- *Niveau 4 (mitigatie)*: Het nemen van maatregelen om de gevolgen voor mensen (personeel, derden en omwonenden), dieren, planten en goederen te beperken.

Het eerste niveau richt zich met name op het minimaliseren van de hoeveelheid radioactiviteit in de inrichting, het voorkomen van onbedoelde kritikaliteit met splijtstoffen, het opslaan en afschermen van radioactief materiaal, het voorkomen van ongewilde verspreiding of lozingen, het uitvoeren van inspectie, onderhoud, beproeving en dergelijke.

De volgende niveaus richten zich in toenemende mate op de situatie dat indien er toch activiteit in de atmosfeer binnen de inrichting raakt, de kans op het vrijkomen in het milieu zoveel mogelijk wordt beperkt. Niveau 2 betreft zaken zoals bewaking van stralingsniveaus, van geloosde lucht op radioactiviteit, het in stand houden van een inspectie- en onderhoudsprogramma en het bewaken van procesparameters die bij overschrijding van vooraf ingestelde waarden een procesbeëindiging bewerkstelligen (zoals reactorafschakeling). Een typisch voorbeeld van zaken die niveau 3 betreffen zijn maatregelen die te maken hebben met isolatie van het incident en brandbestrijding. Het veiligheidsniveau 4 betreft zaken aangaande de ongevalsbestrijding, zoals die in interne noodplannen en plannen in het kader van het Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding (NPK) geregeld is.

Dosislimieten vervullen een vangnetfunctie, namelijk indien het toepassen van rechtvaardiging en ALARA niet voldoende is om een bepaald beschermingsniveau te bereiken. De limietwaarden zijn in wetgeving vastgelegd in artikel 19 Bkse, juncto artikelen 48, 49, 76 en 77 Bs.

De veiligheid van nucleaire inrichtingen wordt beoordeeld aan de hand van een analyse van deterministische ontwerp ongevallen. Ontwerp ongevallen betreffen gebeurtenissen waarvan men verwacht dat zij zich gedurende de levensduur van de installatie niet zullen voordoen, maar met het optreden waarvan niettemin rekening is gehouden bij het ontwerp. Zij worden gekenmerkt door conservatieve (pessimistische) uitgangspunten om een veilige basis voor het ontwerp te vormen. Voor de beheersing van deze ongevallen dienen aantoonbaar gerichte voorzieningen en maatregelen te zijn getroffen. Niet uitgesloten is evenwel dat hierbij geringe hoeveelheden radioactiviteit vrij kunnen komen.

Voornoemde deterministische ongevalsanalyse geeft als resultaat de mogelijke radiologische gevolgen van ontwerp ongevallen en is bedoeld om aan te tonen dat een inrichting in voldoende mate bestand is tegen fouten en defecten tijdens bedrijfsvoering en dat de veiligheidssystemen effectief werken.

Eerst wanneer door zeer onwaarschijnlijke oorzaken of door een eveneens zeer onwaarschijnlijke samenloop van omstandigheden het ongevalsverloop niet langer beheerst kan worden, spreken we van 'ernstige' of 'buitenontwerp' ongevallen, welke in ernst dus uitgaan boven de ontwerp ongevallen. Dergelijke ongevallen

worden met name in (probabilistische) veiligheidsanalyses voor kerncentrales nader onderzocht.

Met betrekking tot mogelijke ontwerpbasis en buitenontwerp ongevallen (en ook voor normaal bedrijf) zijn in het huidig wettelijk kader getalsmatige criteria vastgelegd in artikel 18 Bkse. Deze zijn geformuleerd als weigeringsgrond.

In de onderhavige aanvraag speelt de bescherming tegen ongevallen een belangrijke rol en derhalve zal daar bij de toetsing van de aanvraag uitgebreid op worden teruggekomen.

5.2 Overige aspecten

Verder dient naast deze toetsing met het oog op de bescherming van mensen, dieren, planten en goederen, ook getoetst te worden aan de overige belangen die in artikel 15b, Kew worden opgesomd. In dit geval betreft dit met name de veiligheid van de Staat, de bewaking en bewaring van splijtstoffen en de nakoming van internationale verplichtingen. Het zijn vooral dus de aspecten die hun uitwerking vinden in de begrippen beveiliging en non-proliferatie. Naast de stralingsgevolgen worden in de onderhavige Kernenergiewetvergunning ook de conventionele milieugevolgen getoetst.

6 De toetsing van de aanvraag

6.1 Rechtvaardiging

Met betrekking tot de rechtvaardiging stel ik vast dat het aan NV EPZ is vergund om de Kerncentrale Borssele in werking te houden. Tevens verwijs ik naar bijlage 1 van de Regeling bekendmaking rechtvaardiging gebruik van ioniserende straling (Stcrt 2002, nr. 248), waarin de KCB met name genoemd wordt onder categorie I.B.2 'Energieopwekking' en waarmee het bedrijven van de KCB in algemene zin is gerechtvaardigd.

Naast de meer algemene argumenten van werkgelegenheid en economische voordelen voor de maatschappij, is bij deze categorie als argument vermeld elektriciteitsproductie. Er zijn mij thans geen nieuwe, belangrijke gegevens over de doeltreffendheid door NV EPZ verrichte handelingen bekend die aanleiding geven om de rechtvaardiging van deze handelingen te herzien.

Het beginsel van de rechtvaardiging is in het onderhavige geval daarmee alleen van toepassing op de gevraagde brandstofdiversificatie.

De motivatie voor de inzet van andere soorten brandstoffen, i.c. MOX en c-ERU, is van bedrijfsmatige en economische aard, omdat daarmee de kosten voor de aanschaf van de splijtstof beter kunnen worden beheerst.

In de aanvraag en het MER heeft NV EPZ uiteengezet dat marktomstandigheden het nodig maken dat verschillende soorten brandstof in KCB kunnen worden ingezet. Door fluctuerende prijzen van de grondstof 'yellow cake' leidt de aanschaf van de splijtstof (de zg. 'front-end' kosten) tot meer kostenonzekerheid. Om minder afhankelijk te worden van de onzekerheden in de marktontwikkeling, wenst NV EPZ de mogelijkheid te krijgen om splijtstofelementen te laten vervaardigen uit gerecycleerde materialen waarvan de prijzen onafhankelijk zijn van vraag/aanbod op de grondstoffenmarkt. Verder vindt door de inzet van MOX en c-ERU meer hergebruik van materiaal plaats, waardoor de voorraden natuurlijk uranium als grondstof minder aangesproken worden.

Ik ben van mening dat het streven van NV EPZ om op meer economische wijze de kerncentrale te bedrijven door de inzet van MOX en c-ERU in voldoende mate gerechtvaardigd is. De inzet van MOX en c-ERU kan ook veilig uitgevoerd worden. Tevens vindt hierdoor meer hergebruik plaats. In de volgende paragraaf wordt nader ingegaan op de veiligheidsaspecten en worden deze beoordeeld.

Ook de uitkomsten van het gedeeltelijke herziende veiligheidsrapport en van het milieueffectrapport geven mij geen aanleiding om de gevraagde wijzigingen niet te rechtvaardigen.

Mijn conclusie is dat ik de aangevraagde activiteiten in dit kader gerechtvaardigd acht.

6.2 Veiligheid, ALARA, stralingsbescherming, transporten, non-proliferatie

Zowel de aanvraag als het MER en het veiligheidsrapport beschrijven op een duidelijke en overzichtelijke wijze de inrichting en installaties alsmede de veiligheidsaspecten voor mens en milieu. Deze documenten geven een goed inzicht in de activiteiten van NV EPZ en de mogelijke gevolgen daarvan voor de omgeving. Ik kan instemmen met de uitkomsten van de veiligheidsanalyses en stel vast dat bij naleving van de vergunning de inrichting op een veilige wijze bedreven kan worden.

Aanvraag en veiligheidsrapport kunnen derhalve de basis vormen voor de thans te verlenen vergunning.

6.2.1 Veiligheid, ALARA en stralingsbescherming

Hieronder wordt uitgebreid ingegaan op het belangrijkste aspect ten gevolge van de inzet van MOX en c-ERU: de veiligheidsgevolgen. Daarbij is met name gebruik

gemaakt van het advies van de directeur KFD. Daarnaast wordt kort ingegaan op de aan- en afvoer van MOX en c-ERU, op non-proliferatie en beveiliging en op de conventionele (niet stralingsgebonden) milieugevolgen. Vervolgens volgt de toetsing aan het wettelijk kader op deze punten.

1. Aanvullende opbouw bedrijfservaring MOX

Eén van de belangrijkste kwesties is het ontbreken van bedrijfservaring met de aangevraagde hoeveelheid MOX splijtstofelementen (40%) in combinatie met de hoeveelheid splijtbaar plutonium dat in deze elementen aanwezig is (5,41% uitgedrukt in gewichtsprocenten). Dat er gesproken wordt over splijtbaar plutonium komt omdat niet al het plutonium dat afkomstig is uit opwerkingsfabrieken goed splijtbaar is. Slechts 65% bestaat uit splijtbaar plutonium; ca. 55% is plutonium-239 en ca. 10% is plutonium-241.

De bedrijfservaringen met MOX die het meest in de buurt komen van het door NV EPZ aangevraagde, betreffen een centrale in Duitsland, een centrale in Zwitserland en een aantal Franse kerncentrales. In de Duitse kerncentrale Isar 2 is er ervaring met 40% MOX in combinatie met 4.53 gewichtsprocenten splijtbaar plutonium. In de Zwitserse kerncentrale Gösgen (Siemens reactor) is er ervaring met 36% MOX met 4.8% splijtbaar plutonium en er is in een aantal Franse centrales (Framatome reactoren) ervaring met 33% MOX met 5.36% splijtbaar plutonium. Deze ervaringen worden voor zover dat mogelijk is (afhankelijk van wie de splijtstofleverancier is), door AREVA gebruikt in het validatieproces van de computercodes. De gebruikte computercodes die het reactorfysische gedrag moeten berekenen, zijn tot nu toe gevalideerd door het narekenen van allerlei experimenten en de bedrijfservaringen met vooral de SIEMENS reactoren. Om er zeker van te zijn dat de voorspellingen die de gevalideerde codes doen ook het gebied afdekken waarvoor geen bedrijfservaring is, vindt aanvullende validatie plaats door de inzet van voorloperelementen. Het inzetten van voorloperelementen houdt in dat eerst een beperkt aantal splijtstofelementen van een nieuw type wordt ingezet, waarmee zoveel mogelijk informatie over het gedrag van deze elementen in de kern verzameld wordt. Gebruikelijk is een aantal van 4 voorloperelementen (het getal 4 hangt samen met feit dat het kernontwerp in Borssele en de meeste andere lichtwater kerncentrales symmetrisch is opgebouwd over 4 kwadranten), maar door het ontwerp van de kern van de kerncentrale Borssele staan dan slechts 2 elementen op een positie van het neutronenfluxmeetsysteem. Daarom wordt, op advies van de KFD, ervoor gekozen 8 MOX splijtstofelementen als voorloperelement bij de eerste MOX belading in te zetten, zodat 4 daarvan op de positie van het neutronenfluxmeetsysteem staan. Dit is in vergunningsvoorschrift II.A.16 vastgelegd.

Naast deze beperking is ook een beperking opgelegd in voorschrift II.A.17 op het aantal verse MOX elementen dat in de 4 daaropvolgende cycli in de kern mag worden geplaatst. Dit aantal blijft beperkt tot 12 om de opbrand van de MOX elementen in de kern in lijn te houden met de opbrand (mate waarin de splijtstof verspleten is in het kernsplijtingsproces) van de uranium elementen in de kern en er dus geen al te grote afwijkingen met de zgn. evenwichtkern ontstaan die als

basis heeft gediend van alle veiligheidsanalyses. Met name wordt hiermee voorkomen dat de effectieve fractie vertraagde neutronen (te) dicht in de buurt van de gestelde grenswaarden komt. Deze effectieve fractie vertraagde neutronen speelt een belangrijke rol bij het regelen van de reactor. Hoe kleiner deze fractie hoe sneller de reactor reageert. Een gevolg van deze beperking is eveneens dat bij de vierde cyclus nog niet direct 40% MOX in de kern staat, zodat ook dan eerst meer informatie verzameld kan worden. Pas vanaf de zesde cyclus mag, indien het kernontwerp het nodig maakt, maximaal 16 verse MOX elementen in de kern geplaatst worden mits:

- a. er voldoende afstand blijft bestaan tot de alle veiligheidsrelevante grenswaarden, met name die van de effectieve fractie vertraagde neutronen; en
- b. het totale aantal van 48 MOX elementen in de kern niet wordt overschreden.

Tenslotte wordt vereist dat, zoveel als redelijkerwijs mogelijk en uitvoerbaar is, de MOX splijtstofelementen op een positie van het kogelmeetsysteem komen te staan. De 4 voorloper MOX elementen die gedurende de eerste cyclus op een positie van het neutronenflux meetsysteem worden geplaatst, dienen gedurende hun restlevensduur eveneens op een positie van dit systeem te worden geplaatst, voor zover dit redelijkerwijs mogelijk en uitvoerbaar is. Om daaraan te kunnen voldoen dient NV EPZ voor het plaatsen van MOX splijtstofelementen op posities van het kogelmeetsysteem een meetprogramma op te stellen dat aan de directeur KFD ter goedkeuring wordt overlegd.

Met deze maatregelen kan zonder meer worden gesteld dat, ook wanneer mocht blijken dat de codes afwijken van wat gemeten wordt, de veiligheid op geen enkele wijze in het geding is.

2. Gedrag splijtstofomhulling bij hoge opbrand en opbrandbeperking.

Voor wat betreft de splijtstofomhulling doet zich bij zeer hoge opbrand (> 60 MWd/kg splijtstof) de vraag voor of falen daarvan tijdens sommige ongevallen is uit te sluiten. Een risico van hoge opbrand is namelijk dat door opzwellen van de splijtstoftabletten de splijtstofomhulling oprekt, wat in combinatie met allerlei materiaalkundige en chemische mechanismen die bij hoge opbrand een rol spelen, tot verzwakking van het materiaal van de splijtstofomhulling kan leiden. Het materiaal van de splijtstofomhulling van MOX elementen voor Borssele, het zogenaamde M5 materiaal, wordt wereldwijd toegepast en wordt als stand der techniek beschouwd. Ook wordt het M5 materiaal nu al enige jaren in Borssele gebruikt voor de bestaande uraniumoxide splijtstofelementen. De bedrijfservaring bij hoge opbranden is echter nog beperkt, ook voor uraniumoxide elementen. Om die reden wordt de bestaande staaftgemiddelde opbrandbeperking tot 60 MWd/kg splijtstof van de 4.4% verrijkte uraniumoxide splijtstof ook gehandhaafd voor MOX splijtstof. Dit zal zo blijven totdat er naar het oordeel van de KFD voldoende kwalificatie in dat hoge opbrandgebied is geleverd door ervaringen elders en/of door daarop toegesneden laboratoriumexperimenten.

3. Vormvastheid splijtstofomhulling en daarop toegesneden monitoringsprogramma.

Een ander aandachtspunt is de vormvastheid van de splijtstofelementen. Door bestraling met snelle neutronen zetten metalen uit. Hoe meer snelle neutronen per seconde door het materiaal stromen, hoe groter dit effect. Als door een splijtstofelement aan de ene kant meer snelle neutronen stromen dan aan de andere kant zal dat splijtstofelement aan de ene kant dus meer uitzetten dan aan de andere kant, waardoor het kan kromtrekken. Dit kan een rol spelen als een uraniumoxide splijtstofelement pal naast een vers MOX splijtstofelement staat. Berekeningen laten zien dat het verschil in uitzetting heel gering is. Uit bedrijfservaringen met MOX in andere centrales is niets gebleken van kromtrekken van splijtstofelementen met een vergelijkbare lengte en vervaardigd met dezelfde materialen als de splijtstofelementen in Borssele. Omdat de aangevraagde hoeveelheid MOX (40%) gecombineerd met de hoeveelheid splijtbaar plutonium in de MOX splijtstofelementen als ambitieus gezien wordt, kan een eventueel kromtrekken toch niet geheel worden uitgesloten. Daarom is in vergunningsvoorschrift II.A.19 een monitoringsprogramma opgenomen met als doel eventueel kromtrekken van splijtstofelementen in een zo vroeg mogelijk stadium op te sporen.

4. Levensduur reactorvat t.g.v. inzet MOX.

Het staal van het reactorvat wordt brosser naarmate het langer bestraald wordt door snelle neutronen en het staal daardoor gevoeliger voor scheurvorming. Daarom is er in het ontwerprapport van het reactorvat een limiet gesteld aan het totaal aantal snelle neutronen dat gedurende de hele levensduur van de centrale door een vierkante centimeter van de binnenkant van het reactorvat heen mag stromen. Omdat het neutronenspectrum van MOX relatief meer snelle neutronen bevat, zou een overschrijding van deze limiet een probleem kunnen vormen voor de nu voorziene einde levensduur van de kerncentrale Borssele (31-12-2033). Deze datum komt overeen met ongeveer 52 jaar continu bedrijf op vol vermogen. Dat wil zeggen de echte levensduur van de centrale waarbij de tijd dat de centrale door een splijtstofwisselstop, of modificaties buiten bedrijf was, is afgetrokken. De berekeningen geven aan dat enige jaren na 2033, als de centrale nog in bedrijf zou zijn, de limiet zal zijn bereikt. Hoewel er nu nog geen probleem is, kan er mogelijk rond de sluitingsdatum in 2033 een probleem ontstaan. In deze berekening is uitgegaan van een belangrijke aanname die aan verandering onderhevig kan zijn. Daarbij gaat om het huidige concept van een zgn. 'Low Leakage' kern. Dit concept waarbij de verse en dus meest 'actieve' splijtstofelementen niet aan de rand staan maar meer naar binnen toe, blijft gehandhaafd voor kernbelading.

Om deze redenen is in voorschrift II.A.21 gesteld dat wanneer deze aanname structureel wijzigt, NV EPZ vooraf nieuwe berekeningen aan de KFD moet overleggen uitgaande van de nieuwe situatie.

5. Wat te doen bij aanzienlijke afwijkingen in de onderlinge plutonium samenstelling MOX?

Aangezien wereldwijd er een tendens bestaat om naar steeds hogere opbranden te gaan zal in de toekomst ook de onderlinge samenstelling van het

plutonium dat afkomstig is van het opwerkingsproces navenant veranderen. Het feit dat er geen ervaring bestaat met de effecten van andere verhoudingen tussen splijtbaar en niet splijtbaar plutonium met daarbij een fractie splijtbaar plutonium van 5.4% of meer, is de reden dat vergunningsvoorschrift II.A.23 opgenomen is. Dit voorschrift stelt dat wanneer er alleen nog maar MOX geleverd kan worden met een samenstelling die 10% of meer afwijkt van de hier geanalyseerde MOX kern, NV EPZ nieuwe kernberekeningen moet overleggen. Met afwijking wordt bedoeld de verhouding tussen de hoeveelheid splijtbaar plutonium en niet-splijtbaar plutonium (bij een gelijkblijvend gewichtspercentage splijtbaar plutonium) en/of de verhouding tussen plutonium-239 en plutonium-241 binnen de fractie splijtbaar plutonium. De factor 10% is enkel bedoeld om ook in de toekomst een vinger aan de polis te kunnen blijven houden indien dergelijke wijzigingen optreden.

6. Noodzaak tot verhoging borium-10 gehalte in het boorzuur bij MOX inzet.

Om te zorgen dat de kritikaliteit van een kernreactor constant blijft, wordt in een reactor van het type Borssele boorzuur toegevoegd aan het koelmiddel dat door de kern heen stroomt. Het borium in dit boorzuur is borium zoals dat in de natuur voorkomt, en bestaat voor het grootste gedeelte uit het isotoop borium-11 en voor een kleine 20% uit het isotoop borium-10. Borium-10 is een zeer goede neutronenvanger, maar hoe sneller de neutronen zijn hoe slechter het neutronenabsorberend vermogen van borium-10 wordt. Daarom is bij inzet van MOX meer borium-10 nodig dan in een vergelijkbare situatie met alleen uraniumoxide splijtstof.

Dat kan in het algemeen door de concentratie van het boorzuur te verhogen. Daar zitten echter grenzen aan, omdat boorzuur bij hoge concentraties onder bepaalde omstandigheden kristalliseert en neerslaat. De enige methode om dit neerslaan te voorkomen en toch de concentratie borium-10 te verhogen is om niet de totale boorzuurconcentratie te verhogen, maar alleen het aandeel borium-10 daarin. Dit kan bereikt worden door het gehalte van het neutronenabsorberend isotoop borium-10 te verhogen van 19,78% naar 32% verrijkt boor. Om die reden is in vergunningsvoorschrift II.A.20 de eis opgenomen dat NV EPZ tenminste 6 maanden voordat de eerste MOX elementen worden geladen de KFD een MOX implementatieplan overhandigt met daarin een plan van aanpak betreffende de invoering van boorzuur met verrijkt boor.

7. Vervalwarmte

Ten gevolge van het kernsplijtingsproces splijt een uranium-235 kern of een plutonium-239 kern in twee brokstukken. Deze twee nieuwe atoomkernen worden splijtingsproducten genoemd. De splijtingsproducten blijven in de splijtstof dan wel de splijtstofomhulling achter. Veelal zijn deze splijtingsproducten radioactief. Door het radioactieve verval ontstaat er warmte. Deze warmteontwikkeling gaat ook door nadat de reactor gestopt is. Splijtstof die al aan het kernsplijtingsproces heeft meegedaan, moet gekoeld worden. In ieder geval is de eerste 4 à 5 jaar waterkoeling onontbeerlijk. Onderdeel van de aanvraag is de onderbouwing dat de vervalwarmte te allen

tijde afgevoerd kan worden. De KFD is het in haar advies eens met de wijze waarop de vervalwarmte is berekend. De KFD vindt daarnaast de berekende vervalwarmte als functie van de tijd na afschakeling ruimschoots voldoende om als input te dienen in veiligheidsanalyses waarbij vervalwarmte een rol speelt. Het advies van de KFD dienaangaande neem ik over (zie ook voorschrift II.B.30).

8. *c-ERU*

Gerecycleerd uranium heeft een andere samenstelling dan natuurlijk uranium. Met name bevat het een kleine fractie uranium-236. Uranium-236 heeft het nadeel dat het neutronen absorbeert en nagenoeg niet splijt. Hierdoor wordt de reactiviteit van de splijtstof ongunstig beïnvloedt. Met andere woorden splijtstofelementen met verrijkt gerecycleerd uranium hebben een lagere effectieve verrijkingsgraad dan splijtstofelementen met verrijkt natuurlijk uranium met overeenkomstige verrijkingsgraad.

Uit analyses blijkt dat de extra hoeveelheid uranium-235 die nodig is om het verlies t.g.v. neutronenvangst door uranium-236 te compenseren ca. 1/3 is van het aantal gewichtprocenten uranium-236 in het gerecycleerde uranium. De uitgevoerde analyses zijn echter afdekkend tot een maximale compensatie met 0.2 gewichtprocenten uranium-235. In gewijzigd vergunningvoorschrift II.A.2 is daarom de voorwaarde toegevoegd dat de hoeveelheid extra uranium-235 ter compensatie niet meer mag bedragen dan 0.2 gewichtprocenten, i.c. maximaal 4,6 gew.% uranium-235.

9. *Onderkriticaliteit opslagbassin*

Een ander bijkomend aspect van de wijziging is dat ook aandacht geschonken moet worden aan de opslag van de splijtstofelementen in het splijtstofopslagbassin in verband met de vereiste onderkriticaliteit. Kriticaliteit in het splijtstofopslagbassin dient ook bij toepassing van MOX en c-ERU onder alle omstandigheden voorkomen te worden. Om die reden is voorschrift II.A.11 aangepast en zal NV EPZ een geactualiseerde bewijsvoering van de onderkriticaliteit van het opslagbassin 3 maanden voorafgaand aan de ontvangst van MOX of c-ERU splijtstofelementen ter goedkeuring aan de directeur KFD moeten overleggen.

10. *Hantering verse MOX splijtstofelementen.*

Aangezien verse MOX splijtstofelementen actiever zijn dan verse UO_2 splijtstofelementen dienen er hogere eisen te worden gesteld aan de stralenbescherming van het personeel betrokken bij zowel het transport van deze elementen als bij het hanteren daarvan (laden en ontladen van de splijtstofcontainer). Daarom is een nieuw vergunningsvoorschrift II.C.23 opgenomen waarin, ruim voordat de eerste MOX-splijtstofelementen op de centrale arriveren, NV EPZ een implementatieplan behorende bij het hanteren van deze splijtstofelementen aan de directeur KFD dient te overleggen. Hierin moet een opleiding- en trainingsprogramma beschreven worden voor het bedrijfseigen personeel dan wel hoe zeker wordt gesteld dat personeel van derden voldoende gekwalificeerd is om deze splijtstof te hanteren.

6.2.2 Toetsing Veiligheid, ALARA en dosisbelasting aan wettelijk kader

Normaal bedrijf

Bij normaal bedrijf komt de belasting voor personen buiten de inrichting voort uit drie componenten: de lozingen in lucht, de lozingen in het oppervlaktewater en de directe straling. Deze bijdragen zijn nader behandeld in de verschillende paragrafen van hoofdstukken 5 en 6 van het MER.

Uit deze hoofdstukken in het MER blijkt dat de door NV EPZ voorgenomen wijzigingen een marginale invloed hebben op de stralingsbelasting als gevolg van de lozingen naar lucht en water bij normaal bedrijf. De geloosde radioactieve stoffen naar water en lucht zijn kwantitatief beschreven in het MER en blijven ruimschoots onder de toegestane hoeveelheden uit de vergunning.

Het geheel zal naar verwachting resulteren in een nauwelijks waar te nemen wijziging in de maximaal te ontvangen individuele dosis voor omwonenden. De lozingen naar lucht en water blijven daarbij ook dusdanig laag dat er met betrekking tot de individuele stralingsbelasting kan worden vastgesteld dat in voldoende mate aandacht is besteed aan het ALARA-beginsel. De individuele stralingsbelasting als gevolg van de thans vergunde (en niet aan wijziging onderhevige) lozingslimieten bedraagt minder dan het zogenoemde secundair niveau, als bedoeld in de bijlage van de Regeling analyse gevolgen ioniserende straling voor het milieu (Stcrt 2002, 22 en 73, en wijziging Stcrt 2003, 81). De directe straling vanuit de inrichting wordt door de voorgenomen wijziging marginaal beïnvloed. Ook deze stralingsbelasting ligt beneden het secundair niveau.

Omdat de maximaal te ontvangen individuele dosis voor omwonenden beneden het secundaire niveau blijven, worden daarmee ook geen dosislimieten overschreden.

Derhalve ben ik van mening dat overeenkomstig het gestelde in de vigerende vergunning de mogelijke nadelige gevolgen voor mens en milieu aanvaardbaar zijn.

Blootstelling voor werknemers

De aanvoer van verse MOX of c-ERU splijtstofelementen zal voor het personeel van NV EPZ leiden tot een hogere dosis dan de aanvoer van ENU splijtstofelementen. Dat geldt enkel voor de medewerkers die betrokken zijn bij de aanvoer en bij de voorgeschreven handelingen, zoals visuele inspecties. De individuele dosis voor die ca. 10 betrokken medewerkers bedraagt minder dan 0,1 mSv/jaar en blijft daarmee ruim onder wettelijke limiet (20 mSv/jaar) en de interne limiet van NV EPZ (max. 3 mSv/jaar).

Om de te verwachten hogere stralingsbelasting zoveel als redelijkerwijs mogelijk is terug te dringen, is een nieuw vergunningsvoorschrift II.C.23 opgenomen waarin, ruim voordat de eerste MOX-splijtstofelementen op de centrale arriveren, NV EPZ een implementatieplan behorende bij het hanteren van deze splijtstofelementen aan de directeur KFD dient te overleggen. Hierin moet een opleiding- en trainingsprogramma beschreven worden voor het bedrijfseigen

personeel dan wel hoe zeker wordt gesteld dat personeel van derden voldoende gekwalificeerd is om deze splijststof te hanteren.

Ontwerp ongevallen

In het veiligheidsrapport VR-KCB93 van de KCB worden in hoofdstuk 15 de resultaten van de ongevallenanalyses weergegeven. In de aanvulling daarop (VR-KCB93 REV.6) worden onder meer de resultaten gegeven van de vernieuwd uitgevoerde berekeningen van de thermohydraulische en radiologische analyses van de representatieve ontwerp ongevallen. De van belang zijnde gegevens alsmede de verschillen tussen de huidige situatie en de voorgenomen activiteit worden tevens op overzichtelijke wijze weergegeven in paragraaf 6.4 van het MER en in hoofdstuk 6 van bijlage 1 bij de aanvraag (Aanvraag tot wijziging van de Kernenergiewetvergunning Brandstofdiversificatie d.d. 7 juli 2010).

De uiteindelijke conclusie is dat onder de gepostuleerde omstandigheden de te ontvangen doses voor de voorgenomen activiteit marginale verschillen vertonen ten opzichte van de bestaande situatie en daarmee nauwelijks wijzigingen ondergaan. In alle gevallen voldoen de uitkomsten ruimschoots aan de daaraan te stellen criteria als gegeven in artikel 18, tweede lid, Bkse.

Ik kan met deze analyses en conclusies instemmen en stel daarbij vast dat hiermee ook in de gewijzigde situatie blijvend voldaan wordt aan de daaraan te stellen criteria voor ontwerp ongevallen. Ter meerdere zekerstelling blijft evenwel ook voor alle toekomstige kernconfiguraties voorschrift II.A.8 gelden waarmee NV EPZ wordt verplicht om voorafgaande aan elke splijststofwisseling aan de directeur KFD onder meer aan te tonen dat voor de nieuwe kernconfiguratie voornoemde conclusie geldt. Tevens geldt in dit verband nog het (gewijzigde) voorschrift II.A.10 met betrekking tot de kwalificatie van de splijststofomhulling en voorschrift II.A.20 over het aan de directeur KFD ter goedkeuring overleggen ten aanzien van herziende sleutelparameters rapporten en ten aanzien van een MOX implementatieplan, waaronder een plan van aanpak betreffende de invoering van boorzuur met verrijkt boor.

Buitenontwerp ongevallen (PSA)

In paragrafen 5.4.4. en 6.4.3 van het MER worden de resultaten gepresenteerd van de voor deze installatie uitgevoerde probabilistische veiligheidsanalyse (PSA) in relatie tot de voorgenomen activiteit.

Met de uitgevoerde veiligheidsanalyses kan ik instemmen, evenals met de uitkomsten daarvan. Uit de analyses blijkt dat het maximaal individueel risico bij de voorgenomen activiteit in vergelijking met de bestaande situatie zeer marginaal toeneemt (van $1,9 \cdot 10^{-8}$ naar $2,0 \cdot 10^{-8}$), maar ruim blijft voldoen aan de daaraan te stellen criteria als bedoeld in artikel 18, derde lid, Bkse. De toename wordt veroorzaakt door de iets gewijzigde samenstelling van de brontermen; de kans op kernbeschadiging verandert niet. Hetzelfde kan gezegd worden van het groepsrisico. Dit verandert evenwel niet en voldoet ook ruimschoots aan de criteria.

6.2.3 Overige aspecten

De aan- en afvoer van MOX en C-ERU

Op zich maken de transporten van splijtstoffen buiten de inrichting geen deel uit van de onderhavige vergunning. Op de transporten is de vervoersregelgeving neergelegd in het Besluit vervoer splijtstoffen, ertsen en radioactieve stoffen van toepassing. Dit besluit kent een eigen vergunningenstelsel en algemene regels. Wel wordt bij het verlenen van een inrichtingsvergunning nagegaan of de transporten een onoverkomelijk bezwaar tegen de vergunningverlening voor die inrichting zouden vormen. In dit geval zie ik daar geen aanleiding toe. Verder verwijs ik nog naar hetgeen hiervoor is opgemerkt in reactie op zienswijze van Greenpeace in paragraaf 4.1.

Non-proliferatie en beveiliging

Alhoewel de aspecten met betrekking tot deze onderwerpen geen wijziging ondergaan met de onderhavige aanvraag, kan daarover het volgende worden opgemerkt.

NV EPZ blijft onderworpen aan internationale verdragen zoals het Euratom- en het Non-Proliferatie Verdrag (NPV). In het kader van het Euratom-Verdrag en het NPV vinden er regelmatig controles, inclusief onaangekondigde controles, plaats ter verificatie van het gebruik van de splijtstoffen en de toegepaste technologie.

Ook de aspecten met betrekking tot de hiermee verband houdende beveiligingsmaatregelen en maatregelen om het ongewenst binnendringen van de inrichting tegen te gaan, wijzigen niet ten gevolge van de wijziging. Op basis van de huidige regelgeving dient NV EPZ maatregelen treffen om tegen te gaan dat processen, materialen of apparatuur van de inrichting onbevoegd kunnen worden beïnvloed en moet geheimhouding worden verzekerd.

Ik heb geen aanleiding om te veronderstellen dat NV EPZ zich niet aan deze bepalingen zou houden.

Niet stralingsgebonden milieuaspecten

Voor wat betreft de niet stralingsgebonden milieuaspecten stel ik vast dat geen wijzigingen optreden, ook niet in de aan de vigerende vergunning verbonden voorschriften. Datzelfde geldt voor organisatorische aspecten.

6.3 Conclusie ten aanzien van Veiligheid, ALARA en dosislimieten

De conclusie die uit de uitgevoerde veiligheidsanalyses getrokken kan worden, is ten eerste dat de technische onderbouwingen die door NV EPZ zijn overlegd van voldoende kwaliteit zijn en ten tweede dat daarmee aangetoond is dat alle veiligheidsrelevante grenswaarden niet worden overschreden.

Ondanks conservatieve uitgangspunten in de berekeningen blijft er voldoende afstand tot de veiligheidsgrenzen bestaan. Alle relevante veiligheidsparameters vallen binnen de daartoe gestelde grenswaarden. Vanwege het gebruik van die conservatieve uitgangspunten in de berekeningen kan met zekerheid gesteld worden dat er nog steeds een ruime marge bestaat tot desbetreffende grenswaarden.

Daar waar noodzakelijk geacht, worden aan de bepaalde aspecten voorschriften verbonden waarmee mogelijk te veroorzaken nadelige gevolgen voor mensen, dieren, planten en goederen naar mijn mening voldoende worden ondervangen en zoveel als redelijkerwijs teruggedrongen. Ook wordt ruimschoots aan de wettelijke dosislimieten uit voldaan.

Verder blijkt dat de gevolgen naar de omgeving voor wat betreft de conventionele milieuaspecten niet wijzigen, evenals de daartoe in de vergunning opgenomen voorschriften en limieten. Ook vanuit dit oogpunt is er geen beletsel de gevraagde wijzigingen te vergunnen.

Ik concludeer dan ook dat vanuit het oogpunt van ALARA en dosislimieten geen beletselen zijn om de gevraagde wijziging toe te staan.

7 Slotconclusie

Als slotconclusie van de toetsing stel ik vast dat:

- in de aanvraag en de bijlagen, waaronder de aanvulling op het bestaande veiligheidsrapport, de relevante aspecten van de wijzigingen in voldoende mate zijn beschreven;
- de wijziging waarvoor thans vergunning wordt gevraagd voldoende gerechtvaardigd is en er geen eerder genomen besluiten of beleidsmatige overwegingen zijn die zich verzetten tegen de voorgenomen wijziging;
- NV EPZ heeft aangetoond dat in voldoende mate toepassing is gegeven aan het ALARA-beginsel;
- de door het in werking hebben van de inrichting te veroorzaken stralingsbelasting voor werknemers en leden van de bevolking bij normaal bedrijf voldoet aan de normstelling zoals die is neergelegd in het Bs en Bkse;
- uit het veiligheidsrapport en de probabilistische veiligheidsanalyse blijkt dat ook de risico's van ontwerp ongevallen en van buitenontwerp ongevallen voldoen aan de daaraan te stellen criteria;
- door gebruikmaking van de gevraagde vergunning mogelijk te veroorzaken nadelige gevolgen voor mensen, dieren, planten en goederen voldoende kunnen worden ondervangen door de aan deze vergunning te verbinden voorschriften.

De door NV EPZ gevraagde wijzigingen van de Kernenergiewetvergunning kunnen daarmee vergund worden.

8 Beroep

(p.m.)

Directoraat-generaal voor
Energie, Telecom en Markten
Directie Energie en
Duurzaamheid

Ons kenmerk
ETM/ED / 10167477

9 Ondertekening

De Minister van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Drs. M.J.M. Verhagen

BIJLAGE A Lijst Nucleaire Veiligheidsregels en –richtlijnen (NVR's)

De in voorschrift II.B.7 bedoelde Nucleaire Veiligheidsregels en –richtlijnen worden in onderstaande lijst genoemd. Daarbij vormen NVR NS-R-1 t/m NVR NS-R-3 en NVR GS-R-2 t/m NVR GS-R-4 de Nucleaire Veiligheidsregels en zijn de overige aan te merken als Nucleaire Veiligheidsrichtlijnen.

Nr.	Titel
NVR NS-R-3	Beoordeling van de vestigingsplaats voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Requirements Safety Standard Series No. NS-R-3, Site Evaluation for Nuclear Installations Safety Requirements
NVR NS-G-3.1	Externe door de mens veroorzaakte gebeurtenissen bij de beoordeling van de vestigingsplaats voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-3.1, External Human Induced Events in Site Evaluation for NPPs
NVR NS-G-3.2	Verspreiding van radioactieve stoffen in lucht en water en beschouwing van de verdeling van de bevolking bij de beoordeling van de vestigingsplaats voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-3.2, Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for NPPs
NVR NS-G-3.3	Beoordeling van seismische gebeurtenissen van invloed op de veiligheid van kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-3.3, Evaluation of Seismic Hazards for NPPs
NVR NS-G-3.4	Meteorologische gebeurtenissen bij de beoordeling van de vestigingsplaats voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-3.4, Meteorological Events in Site Evaluation of NPPs
NVR NS-G-3.5	Beoordeling van overstromingsgevaar voor kernenergiecentrales met vestigingsplaats aan de kust of aan een rivier Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-3.5, Flood Hazard for NPPs on Coastal and River Sites
NVR NS-G-3.6	Geotechnische aspecten bij de beoordeling van de vestigingsplaats en funderingen voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-3.5, Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for NPPs
NVR NS-R-1	Veiligheid van kernenergiecentrales: veiligheidseisen voor het ontwerp Bewerking van IAEA Safety Requirements Safety Standard Series No. NS-R-1, Safety of Nuclear Power Plants: Design Safety Requirements

Nr.	Titel
NVR NS-G-1.1	Programmatuur voor computergestuurde veiligheidsrelevante systemen voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.1, <i>Software for Computer Based Systems Important to Safety in NPPs</i>
NVR NS-G-1.2	Veiligheidsbeoordeling en -verificatie voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.2, <i>Safety Assessment and Verification for NPPs</i>
NVR NS-G-1.3	Veiligheidsrelevante meet- en regelsystemen voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.3, <i>Instrumentation and Control Systems Important to Safety in NPPs</i>
NVR NS-G-1.4	Ontwerp van splijstofhantering en -opslag systemen in kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.4, <i>Design of Fuel Handling and Storage Systems in NPPs</i>
NVR NS-G-1.5	Externe gebeurtenissen met uitzondering van aardbevingen in het ontwerp van kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.5, <i>External Events Excluding Earthquakes in the Design of NPPs</i>
NVR NS-G-1.6	Seismisch ontwerp en kwalificatie voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.6, <i>Seismic Design and Qualification for NPPs</i>
NVR NS-G-1.7	Bescherming tegen interne branden en explosies in het ontwerp van kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.7, <i>Protection Against Internal Fires and Explosions in the Design of NPPs</i>
NVR NS-G-1.8	Ontwerp van noodstroom systemen voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.8, <i>Design of Emergency Power Systems for NPPs</i>
NVR NS-G-1.9	Ontwerp van het reactor koel- en aanverwante systemen in kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.9, <i>Design of the Reactor Coolant System and Associated Systems in NPPs</i>
NVR NS-G-1.10	Ontwerp van reactor insluiting systemen voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.10, <i>Design of Reactor Containment Systems for NPPs</i>
NVR NS-G-1.11	Bescherming tegen interne gevaren anders dan branden en explosies in het ontwerp van kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.11, <i>Protection Against Internal Hazards other than Fires and Explosions in the Design of NPPs</i>
NVR NS-G-1.12	Ontwerp van de reactor kern voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.12, <i>Design of the Reactor Core for NPPs</i>
NVR NS-G-1.13	Stralingsbescherming aspecten in het ontwerp voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-1.13, <i>Radiation Protection Aspects of Design for NPPs</i>

Nr.	Titel
NVR NS-R-2	Veiligheid van kernenergiecentrales: veiligheidseisen voor de bedrijfsvoering Bewerking van IAEA Safety Requirements Safety Standard Series No. NS-R-2, Safety of Nuclear Power Plants: Operation Safety Requirements
NVR NS-G-2.1	Brandveiligheid in de bedrijfsvoering van kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.1, Fire Safety in the operation of NPPs
NVR NS-G-2.2	Bedrijfslimieten en –voorwaarden en bedrijfsvoeringsprocedures voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.2, Operational Limits and Conditions and Operating Procedures for NPPs
NVR NS-G-2.3	Wijzigingen aan kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.3, Modifications to NPPs
NVR NS-G-2.4	De bedrijfsvoeringsorganisatie voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.4, The Operating Organization for NPPs
NVR NS-G-2.5	Beheer van de kern en splijtstof hantering voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.5, Core Management and Fuel Handling for NPPs
NVR NS-G-2.6	Onderhoud, toezicht en in-service inspecties in kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.6, Maintenance, Surveillance and In-service Inspection in NPPs
NVR NS-G-2.7	Straling bescherming en radioactief afval tijdens het bedrijven van kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.7, Radiation Protection and Radioactive Waste Management in the Operation of NPPs
NVR NS-G-2.8	Werving, kwalificatie en training van personeel voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.8, Recruitment, Qualification and Training of Personnel for NPPs
NVR NS-G-2.9	Inbedrijfstelling voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.9, Commissioning for NPPs
NVR NS-G-2.10	Periodieke veiligheidsbeoordeling voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.10, Periodic Safety Review of NPPs
NVR NS-G-2.11	Een systeem voor de terugkoppeling van ervaringen van gebeurtenissen in nucleaire installaties Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.11, A System for the Feedback of Experience from Events in Nuclear Installations
NVR NS-G-2.12	Verouderingsbeheer voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.12, Ageing Management for NPPs

Nr.	Titel
NVR NS-G-2.13	Beoordeling van seismische veiligheid voor bestaande nucleaire installaties Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.13, Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installations
NVR NS-G-2.14	Bedrijfsvoering van kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.14, Conduct of operations at NPPs
NVR NS-G-2.15	Beheer van zware ongevallen voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. NS-G-2.15, Severe Accident Management Programmes for NPPs
NVR GS-R-3	Het managementsysteem voor faciliteiten en activiteiten Bewerking van IAEA Safety Requirements Safety Standard Series No. GS-R-3, The Management System for Facilities and Activities
NVR GS-G-3.1	Toepassing van het managementsysteem voor faciliteiten en activiteiten Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. GS-G-3.1, Application of the Management System for Facilities and Activities
NVR GS-G-3.5	Het managementsysteem van nucleaire installaties Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. GS-G-3.5, The Management System of Nuclear Installations
NVR GS-R-4	Veiligheidsbeoordeling voor faciliteiten en activiteiten Bewerking van IAEA Safety Requirements Safety Standard Series No. GS-R-4, Safety Assessment for Facilities and Activities
NVR GS-G-4.1	Vorm en inhoud van het veiligheidsrapport voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. GS-G-4.1, Format and Content of the Safety Analysis Report for NPPs
NVR SSG-9	Seismische gevaren bij de beoordeling van de vestigingsplaats voor nucleaire installaties Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. SSG-9, Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations
NVR SSG-2	Deterministische veiligheidsanalyse voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. SSG-2, Deterministic Safety Analysis for NPPs
NVR SSG-3	Ontwikkeling en toepassing van niveau 1 probabilistische veiligheidsanalyse voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. SSG-3, Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for NPPs
NVR SSG-4	Ontwikkeling en toepassing van niveau 2 probabilistische veiligheidsanalyse voor kernenergiecentrales Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. SSG-4, Development and Application of Level 2 Probabilistic Safety Assessment for NPPs

Nr.	Titel
NVR GS-R-2	Gereedheid voor en bestrijding van een nucleaire of radiologische noodsituatie Bewerking van IAEA Safety Requirements Safety Standard Series No. GS-R-2, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency
NVR GS-G-2.1	Vorbereiding voor de gereedheid voor en bestrijding van een nucleaire of radiologische noodsituatie Bewerking van IAEA Safety Guide Safety Standard Series No. GS-G-2.1, Arrangement for Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency
NVR 2.1.1	Safety functions and component classification for BWR, PWR and PTR Bewerking van IAEA Safety Guide Series No. 50 SG-D1
NVR 3.2.1	Voorschriften Opleiding van Bedieningspersoneel van Kernenergiecentrales

BIJLAGE B Verklarende woordenlijst

Verklarende woordenlijst van begrippen gehanteerd in onderhavige beschikking.

Absorber

Een absorber is een materiaal dat neutronen absorbeert. Sterke neutronen absorbers zijn borium, gadolinium, hafnium en cadmium.

Barn

barn is de eenheid van botsingsdoorsnede $1 \text{ barn} = 1 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$. 1 barn is ruwweg gelijk aan het oppervlak van een atoomkern.

BOC

Begin Of Cycle (begin van de bedrijfsperiode) is het ogenblik waarop de reactor gestart is na de splijtstofwisselstop en op vol vermogen draait.

Boorzuurwerkzaamheid

De reactiviteitsafname per ppm boorzuur in het primaire koelmiddel ten gevolge van de absorptie van neutronen door B-10. De boorzuurwerkzaamheid is o.a. afhankelijk van de energie van de neutronen; thermische neutronen worden beter geabsorbeerd door B-10 dan hoger energetische neutronen. Tevens kan de boorzuurwerkzaamheid afnemen indien er andere absorbers aanwezig zijn die de neutronenflux verlagen. Dit is o.a. het geval bij MOX waar Pu-239 en Pu-241 meer neutronen absorberen en resp. Pu-240 en Pu-242 vormen dan ingeval van U-235.

Bronterm

Onder bronterm verstaat men het geheel van factoren die de samenstelling, hoeveelheid en wijze van vrijkomen beschrijven van radioactieve stoffen die t.g.v. ernstige reactorongevallen in de biosfeer terecht komen.

Buitenontwerp ongevallen

Buitenontwerp ongevallen zijn ongevallen die het ontwerp van de kerncentrale te boven gaan. Veelal worden hier de zeer ernstige ongevallen onder verstaan die ontaarden in kernsmelt scenario's. Deze scenario's kunnen grotendeels door middel van risico analyses worden geïdentificeerd. Alhoewel in het oorspronkelijke ontwerp geen rekening is gehouden met dergelijke ongevallen is het toch mogelijk om in een aantal gevallen hier door speciale maatregelen, zowel nieuwe extra hardware voorzieningen (modificaties en backfitting van de centrale) als speciale ongevalsprocedures (de zgn. Severe Accident Management Guidelines), hier iets tegen te doen.

c-ERU

Compensated Enriched Recycled Uranium is verrijkt uranium waarbij het uranium afkomstig is uit de opwerkingsfabrieken en waarbij het negatieve effect door de absorptie van neutronen door U-236 is goedge maakt door er extra U-235 bij te voegen. U-236 is ontstaan tijdens de bestraling van het U-235 voordat deze opgewerkt werd door neutronenabsorptie van U-235 zonder dat de U-235 kern daarbij spleet.

Effectieve dosis

Dosis is een fysische grootheid die de geabsorbeerde energie per massa-eenheid aangeeft. De SI-eenheid is J/kg die de speciale naam gray (Gy) heeft gekregen. De effectieve dosis is de som van de met de bijbehorende weefselweegfactoren vermenigvuldigde orgaandoses. Op deze wijze krijgt men een maat voor het optreden van stochastische effecten, indien het lichaam niet homogeen aan straling is blootgesteld. Dat is bijvoorbeeld het geval bij inwendige besmetting.

Effectieve fractie vertraagde neutronen β_{eff}

Het blijkt dat de verhouding vertraagde neutronen en neutronen die direct vrijkomen bij de splijting van U-235 en Pu-239 (de prompte neutronen) een andere is dan de verhouding vertraagde neutronen en prompte neutronen die weer meedoen aan het kernsplijtingsproces. Deze laatste fractie wordt in de reactorfysica de effectieve fractie vertraagde neutronen genoemd. Bij reactoren met een kleine compacte kern blijkt dat deze fractie β_{eff} gemiddeld zelfs 25% groter is dan de oorspronkelijke fractie β . Dit komt omdat de vertraagde neutronen in het algemeen een lagere energie hebben (0.2-0.4 MeV) tegen 2 MeV van de prompte neutronen en dus een lagere snelheid hebben dan de prompte neutronen. Neutronen met een lagere snelheid hebben een kleinere kans om uit de reactorkern weg te lekken dan snellere neutronen. Hierdoor blijven er relatief meer vertraagde neutronen over, waardoor de effectieve fractie vertraagde neutronen groter is dan de oorspronkelijke fractie.

Elektronvolt (eV)

Een eV is een energiemaat die o.a. gebruikt wordt om de kinetische energie van neutronen in een kernreactor aan te geven. Een elektronvolt is gedefinieerd als de toename van de kinetische energie van een elektron wanneer deze een potentiaalverschil van een volt passeert. Dit is gelijk aan de lading van het elektron vermenigvuldigd met het potentiaalverschil. $1 \text{ eV} \approx 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ coulomb} \times 1 \text{ volt} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ joule}$. Bij hogere energieën wordt gebruik gemaakt van MeV. $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$.

ENU

Enriched Natural Uranium is uranium dat verrijkt is in verrijkingsinstallaties, zoals die van Urenco, nadat het gewonnen is in de uranium mijnen en omgezet in speciale fabrieken tot UF_6 (uranium hexafluoride). In tegenstelling tot ERU (Enriched Recycled Uranium) waar het uranium niet uit de mijnen komt maar als teruggewonnen product uit de opwerkingsfabrieken zoals van AREVA in Cap la Hague in Frankrijk.

EOC

End Of Cycle is het einde van de cyclus, het ogenblik waarop de reactor gestopt wordt voor splijtstofherlading.

ERU

Enriched Recycled Uranium. ERU is analoog aan c-ERU, met die uitzondering dat het verlies aan reactiviteit t.g.v. de absorptie van neutronen door U-236 niet wordt gecompenseerd door extra U-235, Zie verder c-ERU.

Flux

flux heeft hier de betekenis van neutronenstroombichtheid
(neutronen/cm²·sec)

Fluentie

fluentie heeft hier de betekenis van de over een tijdsperiode geïntegreerde
neutronenstroombichtheid (neutronen/cm²)

Fractie vertraagde neutronen β

Het grootste gedeelte van de neutronen wordt direct bij het splijtingsproces
van U-235 en/of Pu-239 kernen geproduceerd. Echter een klein gedeelte
neutronen ontstaat later als gevolg van radioactief verval van
splijtingsproducten. De fractie vertraagde neutronen is het aantal %
neutronen die niet rechtstreeks bij de splijting ontstaan maar later (wel
gerelateerd aan desbetreffende splijting). De fractie vertraagde neutronen
voor U-235 is 0,67% en voor Pu-239 0,22%.

De vertraagde neutronen hebben een beduidend langere cyclustijd in de
kettingreactie (ook wel levensduur genoemd) dan de snelle neutronen,
hetgeen het regelen van een kernreactor technisch mogelijk maakt.

Gelaagd veiligheidsconcept ('defense-in-depth')

Het gelaagde veiligheidsconcept is het geheel van de opeenvolgende
barrières tussen de radioactieve stoffen in de splijtstoftabletten
(splijtingsproducten) en de omgeving van de kerncentrale in samenhang met
de elkaar overlappende strategieën om de barrières in stand te houden. De
strategieën omvatten o.a. de onafhankelijke veiligheidsvoorzieningen om:

- verstoringen van de normale bedrijfsvoering zoveel mogelijk te voorkomen dan wel de gevolgen daarvan te beperken;
- verstoringen betrouwbaar te detecteren en te corrigeren;
- optredende ontwerpbasis ongevallen effectief te beheersen binnen de gestelde vergunningslimieten.
- Deze strategieën zorgen tevens voor een redelijke balans tussen voorkoming van kerndegradatie, voorkoming van het falen van de veiligheidsomhulling en het verzachten van de gevolgen van kerndegradatie.

Grenswaarde

De term grenswaarde heeft in de tekst de betekenis van een limiet die gesteld wordt aan een zgn. sleutelparameters. Zolang de sleutelparameters, die in het jaarlijkse kernontwerprapport berekend worden, zich binnen de daartoe gestelde grenswaarden bevinden, is verzekerd dat desbetreffende kernconfiguratie geen aanleiding geeft tot een overschrijding van de veiligheidsgrenzen die bij de diverse ontwerpbasis ongevallen (PIE's) behoren.

IAEA

IAEA staat voor International Atomic Energy Agency (Internationaal Atoomenergie Agentschap ook wel Internationaal Atoombureau genoemd) is een onderdeel van de Verenigde Naties dat zich bezig houdt met de vreedzame toepassingen van kernenergie.

Isotoop

De kern van alle atomen is opgebouwd uit een aantal positief elektrisch geladen kerndeeltjes, protonen genaamd, en een aantal elektrisch ongeladen kerndeeltjes, neutronen genaamd. Het aantal protonen in de kern bepaalt tot welk element uit het periodiek systeem het atoom behoort en daarmee ook de chemische eigenschappen. Zo behoort een atoom met 8 protonen bij het element zuurstof en een atoom met 92 protonen bij het element uranium. Atomen waarvan de kernen dezelfde hoeveelheid protonen bevatten maar verschillende aantallen neutronen worden isotopen van desbetreffend element genoemd.

k_{eff}

k_{eff} is de effectieve vermenigvuldigingsfactor is het gemiddelde aantal neutronen afkomstig van een splijting die weer een volgende splijting veroorzaken. De overige neutronen zijn ofwel geabsorbeerd in niet splijtingsreacties, ofwel uit de kern gevlogen zonder een reactie te ondergaan. Als $k_{\text{eff}} < 1$ dan is het systeem subkritisch en dooft de reactie uit, als $k_{\text{eff}} = 1$, is het systeem kritisch en blijft de reactie op gang, en als $k_{\text{eff}} > 1$, dan is het systeem superkritisch waardoor het reactorvermogen toeneemt.

KFD

KFD staat voor Kernfysische Dienst. De KFD is een organisatieonderdeel van de VROM Inspectie dat toezicht houdt op de Nederlandse nucleaire installaties en als zodanig ook beoordelingen doet van alle voorgestelde veranderingen van het ontwerp en de bedrijfsvoering van de kernenergiecentrale.

Kritikaliteit

Kritikaliteit is de toestand van de reactor ten opzichte van de kritieke toestand. Zie verder k_{eff} .

Kritische boorconcentratie

De kritische boorconcentratie is de concentratie boor (in ppm) waarbij de reactor kritisch wordt gegeven de heersende temperatuur, regelstaafstand en hoeveelheid xenon (neutronen absorberend splijtingsproduct) in de splijtstof.

Lineair staafvermogen

Het lineaire staafvermogen is het gemiddelde vermogen van de splijtstofstaaf bij vol reactorvermogen per lengte-eenheid. Dus het vermogen van de staaf (W) gedeeld door de lengte (cm)

LOCA

Een LOCA (Loss of Coolant Accident) is een koelmiddelverliesongeval. Ten gevolge van een lek in het primaire systeem of een in een niet afgesloten daaraan hangend systeem verliest de reactor koelwater. Dit kan zijn door of een breuk in een leidingdeel of door een openstaande afblaasklep cq. veiligheidsklep. Indien het koelmiddel niet tijdig wordt aangevuld raakt op een gegeven ogenblik de koeling van de reactor in gevaar waardoor splijtstofschaad kan ontstaan. Om splijtstofschaad tegen te gaan zijn er diverse veiligheidssystemen die afhankelijk van de heersende druk in de reactor water suppleren.

LB-LOCA

LB-LOCA is een groot koelmiddelverliesongeval ten gevolge van een dubbelzijdige guillotinebreuk in de hoofdkoelmiddelleiding. In korte tijd

verliest de reactor een grote hoeveelheid primair koelmiddel. Gedurende enige seconden kan een gedeelte van de kern zelfs droog komen te staan waardoor de oxidatiesnelheid snel toeneemt. Door injectie vanuit bijvoorbeeld de onder druk staande buffertanks en de opslagtanks van het lage druk kernnoodkoelsysteem en later door injectie van het uitgestroomde water dat zich verzameld heeft onder in de zgn. sump (reactorput) via ditzelfde systeem, wordt de kern weer bedekt en wordt splijstofschaade voorkomen.

Low leakage kern

Een 'low leakage' kern is een kern waarbij de neutronenflux aan de rand beduidend lager is dan in het midden van de kern. Er vliegen daarom relatief minder neutronen naar buiten zonder dat ze ofwel aan het kernsplijtingsproces hebben meegedaan ofwel zijn geabsorbeerd in kernmaterialen zoals uranium-238. Een low leakage kern wordt veelal verkregen om de elementen met een relatief hoge opbrand aan de buitenzijde te plaatsen en de verse splijstofelementen wat meer naar het midden.

Massa-warmtebalans

De massa-warmtebalans is de dynamische relatie tussen druk, temperatuur, hoeveelheid koelmiddel en stromingsdebiet, inclusief de daarbij behorende faseovergangen tussen water en stoom van het reactorsysteem. Het beschrijft o.a. met behulp van de thermo-dynamische behoudswetten de effecten van de in de reactorkern opgewekte warmte, de warmteoverdracht in de stoomgeneratoren, het energieverlies in de turbines, de warmteoverdracht in de condensors, en uiteindelijk de warmteoverdracht naar de Wester-Schelde.

Moderator

De moderator is het medium dat de neutronen via elastische botsingen afremt tot ze een thermisch energieniveau bezitten. Bij lichtwaterreactoren zoals die van de kernenergiecentrale Borssele is de moderator tevens het primaire koelmiddel.

Moderator temperatuurcoëfficiënt

De moderator temperatuurcoëfficiënt, ook wel koelmiddeltemperatuurcoëfficiënt genoemd, geeft de reactiviteitsverandering weer, gerelateerd aan de verandering van de hoofdkoelmiddeltemperatuur. De reactorkern is ondergemodereerd ontworpen. Dat houdt in dat een temperatuurverhoging met als gevolg een afname van de dichtheid van het koelmiddel de neutronen slechter worden afgeremd wat weer tot een afname van de reactiviteit leidt. De moderator temperatuurcoëfficiënt is derhalve negatief.

De reactiviteit van de reactorkern wordt mede beheerst door gebruik te maken van het in het koelmiddel opgeloste boorzuur. Een afname van de dichtheid van het koelmiddel (door een temperatuurverhoging) zal tevens tot een afname van de dichtheid van de neutronenabsorberende boriumatomen in het koelmiddel leiden. Als gevolg daarvan kan de moderator temperatuurcoëfficiënt bij een toenemende boriumconcentratie in de kern minder negatief worden.

MOX

MOX (Mixed Oxide) splijtstof is een splijtstof die samengesteld is uit een mengsel van uraniumoxide en plutoniumoxide.

MWd/kg splijtstof

Eenheid van opbrand; geeft aan hoeveel energie uit desbetreffende hoeveelheid splijtstof is gehaald d.m.v. kernsplijting.

Neutronentransport

Neutronentransport behelst de beschrijving van de stroming met bijbehorende massabalans van de neutronen in de kern. Het betreft o.a. afremmen van de neutronen door de watermoleculen, de vangst door uranium en plutoniumkernen, de verstrooiing door uranium en plutoniumkernen, het weglekken buiten de kern in de wand van het reactorvat.

Ontwerp ongeval

Een ontwerp ongeval, ook wel ontwerpbasis ongeval of gepostuleerde begingebourtenis genoemd, is een gepostuleerd ernstig voorval in de kerncentrale waarmee in het ontwerp van de centrale al rekening is gehouden door het aanbrengen van extra voorzieningen om de gevolgen van dat voorval teniet te doen dan wel de gevolgen daarvan zoveel mogelijk te beperken. Bijvoorbeeld zijn er extra noodkoel- en injectiesystemen aangebracht om in geval van een grote breuk van de primaire hoofdkoelmiddel leiding toch koelwater in het reactorvat te injecteren en daarmee de koeling te garanderen.

Opbrand

De opbrand ook wel versplijtingsgraad genoemd geeft aan hoeveel energie uit desbetreffende hoeveelheid splijtstof is gehaald als gevolg van kernsplijtingen. Opbrand wordt veelal weergegeven als hoeveelheid MWd/kg splijtstof.

Pcm

par cent mille ($1 \cdot 10^{-5}$) is een maat voor de reactiviteit. $1 \text{ pcm} = 1 \cdot 10^{-3} \%$

PIE

PIE betekent Postulated Initiating Event (gepostuleerde begingebourtenis) en is een hypothetische verstoring en/of ongeval waarbij de veiligheidssystemen van de centrale moeten ingrijpen om verdere escalatie te voorkomen. Veelal wordt hiervoor het begrip ontwerpbasis ongeval gehanteerd. Dat wil zeggen een ongeval waarbij in het ontwerp al rekening is gehouden door de introductie van bepaalde veiligheidssystemen die voldoen aan zowel kwaliteitseisen als aan capaciteitseisen. Om bijvoorbeeld een groot koelmiddelverliesongeval te beheersen is er een nood kernkoelsysteem noodzakelijk.

Ppm

parts per million is een maat voor het aantal moleculen opgeloste stof per aantal moleculen oplosmiddel zoals boorzuur in water.

Primaire koelsysteem

Het primaire koelsysteem is een gesloten koelkringloop die de in de reactor geproduceerde warmte via beide stoomgeneratoren overdraagt aan de stoom/waterkringloop, ook wel secundair systeem genoemd. Behalve het

primaire koelsysteem is er nog het drukhoudsysteem. Samen vormen deze twee systemen het primaire systeem. Het drukhoudsysteem dient om op de benodigde bedrijfsdruk te komen, deze te handhaven en een ontoelaatbare drukstijging te voorkomen en om volumeveranderingen van het hoofdkoelmiddel op te vangen. Het reactorkoelsysteem bestaat in Borssele uit het reactorvat, 2 stoomgeneratoren, 2 hoofdkoelmiddelpompen en de verbindende hoofdkoelmiddelleidingen. Het drukhoudsysteem bestaat hoofdzakelijk uit drukhouder met verwarming en volumevereffeningsleiding, een sproeisysteem en 3 drukbeveiligingstoestellen.

Prompte neutronen

prompte neutronen zijn neutronen die direct bij het splijtingsproces ten gevolge van die splijting vrijkomen. Dit in tegenstelling tot vertraagde neutronen die tot tientallen seconden later kunnen vrijkomen. Zie verder vertraagde neutronen.

Prompte neutronen levensduur

De prompte neutronen levensduur is de gemiddelde tijd tussen vrijkomen van het neutron tijdens de splijting en absorptie in de kern.

Prompt kritisch

Een reactor is prompt kritisch wanneer door de prompte neutronen alleen de reactor al kritisch zou zijn. Echter de nakomende (vertraagde) neutronen zijn er ook nog en zorgen er dan voor dat de reactor dan over-kritisch is. Het reactorvermogen stijgt heel snel totdat door de toenemende temperatuur de Dopplercoëfficiënt binnen milliseconden en de moderator temperatuurcoëfficiënt binnen seconden voldoende tegenkoppeling leveren zodat de reactor weer 'normaal' kritisch is.

PSA

PSA (Probabilistic Safety Assessment) staat voor een probabilistische veiligheidsanalyse ter bepaling van:

- de totale kans van de ongevalsscenario's die tot kerndegradatie leiden, op basis van frequenties van inleidende gebeurtenissen en betrouwbaarheidsanalyses van de diverse veiligheidssystemen (niveau-1 PSA);
- de kans op falen van de reactorinsluiting (containment) uitgaande van van kerndegradatiescenario's en de kenmerken van de bijbehorende radioactieve lozingen (brontermen) (niveau -2 PSA);

De gevolgen voor de mens in termen van gezondheidsschade, zowel acuut als laat (niveau-3 PSA)

Pu_{fiss}

Pu_{fiss} is het splijtbare deel van de plutonium dat zich in de MOX elementen bevindt. Het betreft hier de plutonium kernen met een oneven aantal kerndeeltjes (protonen en neutronen), te weten Pu-239 en Pu-241. Naast het splijtbare deel is er ook een fractie niet splijtbaar plutonium.

Reactiviteit

Reactiviteit is een maat voor het afwijken van de reactor van de kritieke toestand. De reactiviteit ρ is de fractionele verandering van de vermenigvuldigingsfactor ($\Delta k/k$) t.g.v. een verandering in de kern door het toevoegen of weghalen van neutronenabsorberende materialen. M.a.w. de

reactiviteit is het aantal extra neutronen die per generatie geproduceerd wordt gedeeld door het totaal aantal geproduceerde neutronen. Het aantal extra neutronen kan een negatief getal zijn als we te maken hebben met neutronenabsorberende materialen. De reactiviteit wordt veelal weergegeven in fracties van procenten, zoals pcm, of in $\$$. We kunnen deze maat toepassen op elke bijdrage afzonderlijk, zoals absorbers, of op de reactor als geheel.

Als we de reactor als geheel beschouwen dan is in de kritische toestand de reactiviteit 0; is de reactiviteit > 0 dan stijgt het reactorvermogen en is de reactiviteit < 0 dan daalt het vermogensniveau.

Reactorkern

De reactorkern is het totaal aan splijtstof- en regelementen dat zich in het reactorvat bevindt.

Reactorsnelafschakeling

De reactorsnelafschakeling, ook wel scram genoemd, is het in de kern laten vallen van alle regelstaven. De regelstaven worden per regelement vastgehouden door een aandrijfstang. Deze stang wordt o.a. vastgehouden door elektromagneten. Door het ontkrachtigen van die magneten vallen de regelementen door de zwaartekracht omlaag.

Recycleren

Met recycleren wordt hier terugwinnen bedoeld. Het terugwinnen van uranium wordt ook wel opwerking genoemd. Opwerking van opgebrande splijtstofelementen houdt in dat het nog aanwezige uranium en het ontstane plutonium door middel van chemische processen voor terugwinning wordt gescheiden van de splijtings- en activeringsproducten.

Regelement

Een regelement is een splijtstofelement waarin zich 20 beweegbare regelstaven bevinden. Deze regelstaven zijn via een spinvormige constructie bevestigd aan een aandrijfstang. Elk van de 20 regelstaven is opgebouwd uit een metaal buis waarin zich een absorber bevindt, bestaande uit 80% zilver, 15% indium en 5% cadmium.

Regelstaafwerkzaamheid

De regelstaafwerkzaamheid geeft de verandering van de reactiviteit aan, gerelateerd aan de verandering van de inschuifdiepte in de kern.

Rek

Formeel is rek (in het Engels: strain) een geometrische maat voor een deformatie van een onderdeel (hier de splijtstofomhulling) als gevolg van een daarop uitgeoefende kracht, die de relatieve verplaatsing van de deeltjes in het betreffende materiaal aangeeft. Rek definieert de mate waarin dat onderdeel wordt uitgerekt dan wel wordt gecomprimeerd. Rek is een dimensieloze grootheid die o.a. kan worden weergegeven als percentage. Rek wordt veelal genoemd in combinatie met mechanische spanning (in het Engels: stress). Er zijn ruwweg twee fasen te onderscheiden: elastische rek waarbij het materiaal weer terugveert in z'n oorspronkelijke vorm bij het wegvallen van de belasting op het materiaal en plastische rek wanneer de vervormingen blijvend zijn. Net als bij de mechanische spanning kennen we bij de rek een axiale, radiale en tangentiële component

Re-kritikaliteit

Re-kritikaliteit is het weer kritisch worden van de reactor terwijl toch alle regelstaven volledig in de reactor zijn ingeschoven.

Sleutelparameter

Sleutelparameters zijn de uitkomsten van reactorfysische berekeningen die deel uitmaken van het kernontwerprapport dat jaarlijks wordt gemaakt voor de volgende cyclus. De berekende waarden van de sleutelparameters worden als invoergegevens gebruikt in de veiligheidsanalyses. Zolang de berekende waarden van de sleutelparameters zich binnen de daartoe gestelde grenswaarden bevinden, is verzekerd dat de bestaande veiligheidsanalyses nog steeds geldig zijn en derhalve geen nieuwe analyses nodig zijn en dat de veiligheidsgrenzen door de nieuwe kernconfiguratie niet worden overschreden. Indien een berekende sleutelparameter wel een grenswaarde overschrijdt kan men ofwel de kern aanpassen ofwel door nieuwe veiligheidsanalyses aantonen dat de veiligheidsgrenzen niet worden overschreden. In dat laatste geval moet de berekende waarde plus een ruime onzekerheidsmarge als invoerparameter worden genomen in desbetreffende analyses.

Snelle neutronen

Snelle neutronen zijn hier alle neutronen die een veel grotere snelheid hebben dan 2200m/sec (de karakteristieke snelheid van thermische neutronen; dat wil zeggen alle niet-thermische neutronen en dus ook de zgn. epi-thermische neutronen worden hierbij meegenomen. Thermische neutronen hebben ruwweg een energie tussen de 0,001 en 1 eV, epi-thermische neutronen een energie tussen de 1 eV en 1 keV, en snelle neutronen een energie tussen de 1 keV en 10 MeV.

Splijtingsopbrengst

De splijtingsopbrengst is het percentage dat een bepaald isotoop met massagetal X als splijtingsproduct ontstaat bij de versplijting van U-235 of Pu-239 of Pu-241. Zie hoofdstuk 11 waar de splijtingsopbrengst van alle isotopen met een massagetal tussen de 70 en 160 is gegeven voor zowel U-235 en U-239.

Splijtstofelement

Een splijtstofelement is een verzameling van splijtstofstaven die in een open constructie gebundeld zijn. Door de ruimte tussen de staven stroomt het primaire koelmiddel dat tevens dienst doet als moderator. In de kern van de kernenergiecentrale Borssele bevinden zich 121 splijtstofelementen. In 28 van die splijtstofelementen is een regelement ingeschoven. De actieve lengte van de splijtstofstaven bedraagt 2,65 m.

Splijtstofomhulling

De splijtstofomhulling is de buisvormige buitenzijde van een splijtstofstaaf die van onder en van boven gesloten is. De wanddikte bedraagt ca. 1 mm en de buitendiameter is circa 10,75 mm. Het materiaal 'M5' van de omhulling is een Zirconiumlegering waaraan Niobium is toegevoegd om een nog betere corrosiebestendigheid te krijgen.

Splijtstofstaaf

Een splijtstofstaaf is één van de splijtstofhoudende buizen in die zich in een splijtstofelement bevinden. Zie verder splijtstofelementelement.

Splijtstoftemperatuurcoëfficiënt [pcm/K]

De splijtstoftemperatuurcoëfficiënt is de reactiviteitsverandering per graad Kelvin temperatuursverandering. Bij een toename van de temperatuur zal door de thermische beweging van de U-238 atomen in de kristalmatrix van de splijtstof de bijbehorende zgn. resonantie absorptie van U-238 voor neutronen toenemen. Hierdoor worden er meer neutronen weggevangen die daarvoor niet meer voor het kernsplijtingsproces beschikbaar zijn. Deze relatie tussen de temperatuur en de reactiviteit wordt ook wel resonantie-absorptiecoëfficiënt of Dopplercoëfficiënt genoemd. Deze terugkoppeling is in hoge mate afhankelijk van de aanwezigheid van U-238. Alhoewel de numerieke waarde klein is, is het effect op de reactiviteit groot door de bijna instantane werking.

Stoomgenerator

Een stoomgenerator is een grote warmtewisselaar waardoorheen aan de primaire zijde het primaire koelmiddel stroomt en aan de secundaire zijde het secundaire water dat vanuit de condensators via de condensaat voorraadtanks binnenkomt, wordt verhit door het primaire water tot stoom en vervolgens naar de stoomturbines wordt gevoerd en vervolgens in de condensator weer condenseert tot water. Het primaire water stroomt door vele honderden U-vormige dunne buizen (pijpen) waarin het de warmte overdraagt aan het secundaire water daarbuiten.

Stoomgenerator pijpbreuk ongeval

Een stoomgenerator pijpbreuk ongeval is een ontwerpgeval waarbij wordt aangenomen dat er een breuk in een van de U-vormige buizen (pijpen) optreedt. Om dat ongeval tot een goed einde te brengen moet de druk aan de primaire zijde verlaagd worden tot dezelfde druk die aan de secundaire zijde heerst zodat de drijvende kracht voor de uitstroming van primair water niet meer aanwezig is. Vervolgens wordt de water toevoer en de stoomafvoer van desbetreffende stoomgenerator geïsoleerd waardoor het ongeval in feite beëindigd is. Nadat de reactor verder koud en onder-kritisch is, kan de stoomgenerator worden geopend en desbetreffende pijp worden afgestopt, waarna de reactor vervolgens weer kan worden opgestart.

Thermische neutronen

Thermische neutronen zijn langzame neutronen waarbij de kinetische energie kleiner dan 1 eV is. Thermische neutronen zijn neutronen die in thermisch evenwicht zijn met hun omgeving. Voor een temperatuur van ca. 300 K komt dat volgens de zgn. Maxwell – Boltzman verdelingsfunctie neer op een energie van 0.025 eV en een snelheid van 2200 m/s.

Het blijkt dat U-235 kernen het beste gespleten worden als de neutronen heel langzaam zijn. M.a.w. de werkzame vangstdoorsnede voor kernsplijting van U-235 kernen is het grootst voor thermische neutronen. Voor de 0.025 eV neutronen bedraagt deze ca. 600 barn. Voor neutron energieën rond de 1eV bedraagt deze nog maar 60 barn. Voor neutron energieën tussen de 1 eV en 100 eV fluctueert de vangstdoorsnede voor splijting heel sterk. Dit wordt het

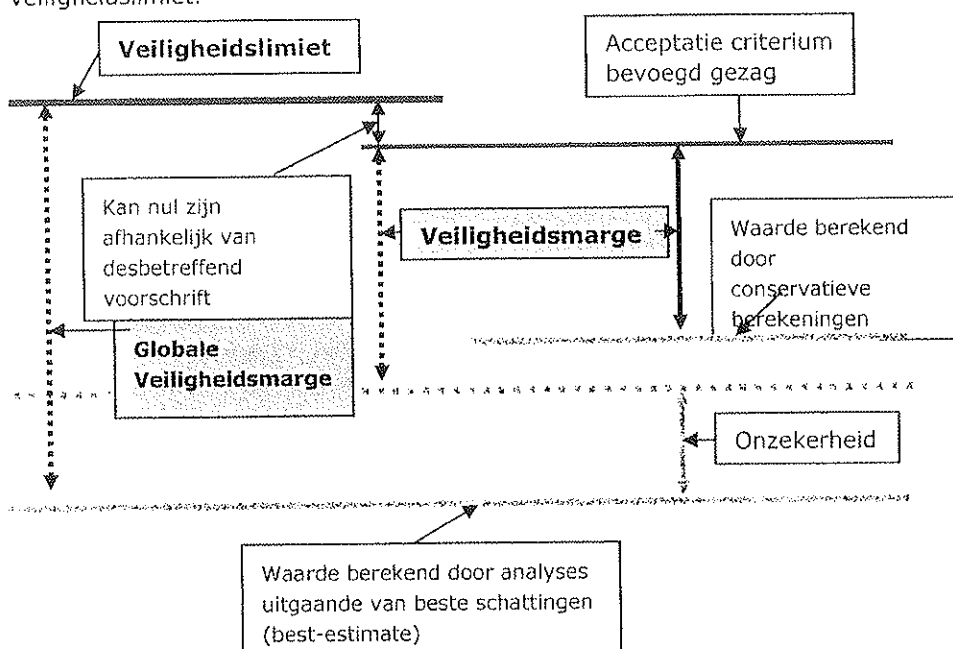
resonantiegebied genoemd. Voor nog grotere energieën neemt de vangstdoorsnede gestadig af. Zie verder snelle neutronen.

Veiligheidsgrens

Een veiligheidsgrens is een limietwaarde die gesteld wordt aan een numerieke uitkomst van een veiligheidsanalyse. Bijvoorbeeld de eis dat er geen schade van de splijtstofomhulling mag plaatsvinden als gevolg van een ongeval kan vertaald worden dat de maximale temperatuur altijd onder een bepaalde waarde blijft waardoor gedeeltelijk smelten van de omhulling niet op kan treden. In dat geval is de grenswaarde een temperatuur. Een andere vertaling is dat er geen filmkoken op mag treden, want bij filmkoken is er geen voldoende warmte afvoer, waardoor desbetreffende temperatuur kan worden overschreden afhankelijk van de tijd waarin filmkoken optreedt. De maat hiervoor is DNBR (Zie verder DNB).

Veiligheidsmarge

Een veiligheidsmarge is het verschil (of de verhouding) tussen de grenswaarde/limiet van een bepaalde veiligheidsrelevante parameter uit een veiligheidsanalyse en de actuele (berekende) waarde daarvan. Het overschrijden van de limiet kan aanleiding geven tot falen van een structuur, systeem of component, of kan aanleiding geven tot een ongewenst fenomeen of overgang daartoe. Veiligheidsmarges zorgen samen met het gelaagde veiligheidsconcept (defence-in-depth) ervoor dat toleranties beperkingen en onzekerheden in de veiligheidsanalyses, aannames, data, systeemgedrag en te leveren menselijke prestaties niet leiden tot overschrijding van limieten. In onderstaande figuur is op schematische wijze aangegeven wat met veiligheidsmarge bedoeld wordt en hoe deze zich verhoudt tot de veiligheidslimiet.



Vermenigvuldigingsfactor

De vermenigvuldigingsfactor k is gedefinieerd als het aantal splijtingen in een generatie gedeeld door het aantal splijting in de generatie daarvoor. Als $k = 1$ noemen we de reactor kritiek, en als $k < 1$ is dan is de reactor sub-kritiek.

Vermogensfactor

De vermogensfactor is een opslag op het nominale vermogen van de reactor om in de analyses een conservatief uitgangspunt te hebben voor de opbrand berekeningen van een splijtstofelement. Het geeft voor elke opvolgende cyclus de meest belaste situatie voor desbetreffend element aan. Zelfs hoog opgebrande elementen die zelf nog maar weinig splijtstof hebben, kunnen als ze naast veel reactievere elementen staan toch nog aanzienlijk belast worden en daardoor nog een relatief hoge bijdrage aan het vermogen leveren.

Verrijkingsgraad

De verrijkingsgraad is het percentage U-235 dan wel splijtbaar plutonium in de splijtstofstaven. Voor UO_2 splijtstof is meer dan 95% het niet splijtbare U-238 oxide en slechts 4,4% U-235 oxide.

Vertraagde neutronen

Sommige splijtingsproducten zoals Kr-87 dat uit radioactief verval van Br-87 ontstaat, hebben een overmaat aan neutronen in de kern en zijn dermate onstabiel dat ze een neutron uitzenden. Deze neutronen worden tot tientallen seconden na de oorspronkelijke splijting uitgezonden. Alhoewel de fractie vertraagde neutronen minder dan 1% is van de neutronen die direct bij het splijtingsproces ontstaan (prompte neutronen) spelen de vertraagde neutronen een belangrijke rol bij het onder controle houden van de reactor.

Vervalwarmte

De twee brokstukken van de respectievelijk gespeten uranium of plutonium kernen (de splijtingsproducten hebben direct na de splijting veelal meer neutronen in de kern dan noodzakelijk is om een stabiele kern te vormen (bij heel lichte stabiele kernen is de verhouding tussen neutronen en protonen ca. 1 en bij heel zware stabiele kernen is deze opgelopen tot ca. 1.6, d.w.z. 1.6 maal zoveel neutronen als protonen). Dus na splijting moet de oorspronkelijke verhouding van 1.6 van de gespeten splijtstofkern teruggebracht worden naar bijv. 1.3 voor beide splijtingsproducten. Dit gebeurt veelal door een reeks aan β vervallen (neutron vervalt in een proton plus elektron en een anti neutrino; $n \rightarrow p + e^- + \text{anti-}\nu$) Zo vervalt bijvoorbeeld Palladium 115 via Zilver 115 via Cadmium 115 naar Indium 115. Deze laatste is stabiel. De bijbehorende β - en γ -straling wordt geabsorbeerd door het materiaal rond desbetreffende kern van vervalend splijtingsproduct, waardoor dit materiaal opwarmt. Veelal is dit materiaal de splijtstofmatrix. Deze warmte wordt vervalwarmte genoemd.

Voorloperelement

Voorloperelementen zijn splijtstofelementen die 1 cyclus voorafgaande aan de commerciële inzet van een nieuw type splijtstof in geringe hoeveelheid (meestal 4) in de kern wordt geladen om eventuele extra kwalificatie te krijgen van het gedrag van desbetreffend splijtstofelement, zoals bijvoorbeeld

corrosiegevoeligheid. Deze voorloper blijven minimaal even lang in de kern staan als de commercieel ingezette splijtstofelementen om ook het gedrag bij hogere opbranden te bepalen.

Werkzame doorsnede

De werkzame doorsnede is in de reactorfysica een maat voor de waarschijnlijkheid dat een bepaalde wisselwerking tussen een neutron en een target kern plaatsvindt (bijv. splijting of absorptie). Deze waarschijnlijkheid is sterk afhankelijk van de energie van de deeltjes of de samenstelling van een target dat wordt beschoten. De werkzame doorsnede wordt aangeduid met σ en heeft de dimensie van oppervlakte. Meestal wordt de werkzame doorsnede uitgedrukt in de eenheid barn. De werkzame doorsnede voor splijtingsprocessen wordt splijtingsdoorsnede genoemd en die voor absorptie absorptiedoorsnede.