

Analyse, inform and activate

# LAKA

Analyseren, informeren, en activeren

*Stichting Laka: Documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie*

## De Laka-bibliotheek

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

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

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

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

## The Laka-library

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

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

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

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

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



[www.laka.org](http://www.laka.org) | [info@laka.org](mailto:info@laka.org) | Ketelhuisplein 43, 1054 RD Amsterdam | 020-6168294

# Kan Borssele langer open blijven?

Vragen naar aanleiding van het voornemen de kerncentrale Borssele langer open te houden

World Information Service on Energy (WISE)  
Postbus 59636  
1040 LC Amsterdam  
tel: 020-6126368  
fax: 020-6892179  
wiseamster@antenna.nl  
www.antenna.nl/wise



## **Inhoudsopgave:**

**3 - Inleiding**

**7 - KERNAFVAL IN NEDERLAND**

**7 - Inleiding**

**7 - De soorten**

**9 - Laag- en middelactief afval**

**9 - Hoogactief afval**

**11 - Opwerking**

**13 - Directe opslag**

**15 - Overzicht van de problemen**

**19 - NIEUWE RECHTVAARDIGING VOOR OPWERKEN: MOX GEBRUIK**

**19 - De vraag naar MOX**

**21 - Kan Borssele MOX inzetten ?**

**21 - Gevaren MOX gebruik**

**23 - Grotere kans op proliferatie door MOX**

- 4 De atoomketen in beeld
- 5 Het begrip 'radioactief afval'  
De COVRA: onze stralende vuilnisman
- 7 Het afval waar we niet mee zitten
- 10 Nieuwe Europese normen leiden tot meer kernafval  
Ontmantelingsafval
- 12 Schematische weergave: Opwerking / plutonium route – Directe opslag route
- 14 Plutonium
- 16 Radioactiviteit en straling
- 18 Internationaal verdrag verbiedt verdere opwerking  
Terrorisme, 'dirty bombs' en het wegraken van radioactief materiaal
- 20 Borssele en werkgelegenheid
- 22 Broeikaseffect en kernenergie
- 24 Is kernenergie economisch rendabel ?

## **Bijlagen:**

- 25 Technische gegevens kerncentrale Borssele
- 26 Geschiedenis kerncentrale Borssele
- 28 Bedrijfsongevallen Borssele sinds 1990
- 30 Levensduurverlenging: veilig en betrouwbaar?
- 33 Het mondiale perspectief

## Inleiding

Het besluit van de Nederlandse regering de kerncentrale Borssele langer open te houden roept tal van vragen op. Het is onbekend of over al die vragen is nagedacht en of er een oplossing is gevonden voor de problemen die hoe dan ook verbonden zijn aan het langer openhouden van de kerncentrale. De tekst van het regeerakkoord doet vermoeden dat er niet of nauwelijks is nagedacht over consequenties. In feite is het een carte blanche voor de eigenaren (Essent en Delta Nuts) om door te produceren zonder na te hoeven denken over de gevolgen.

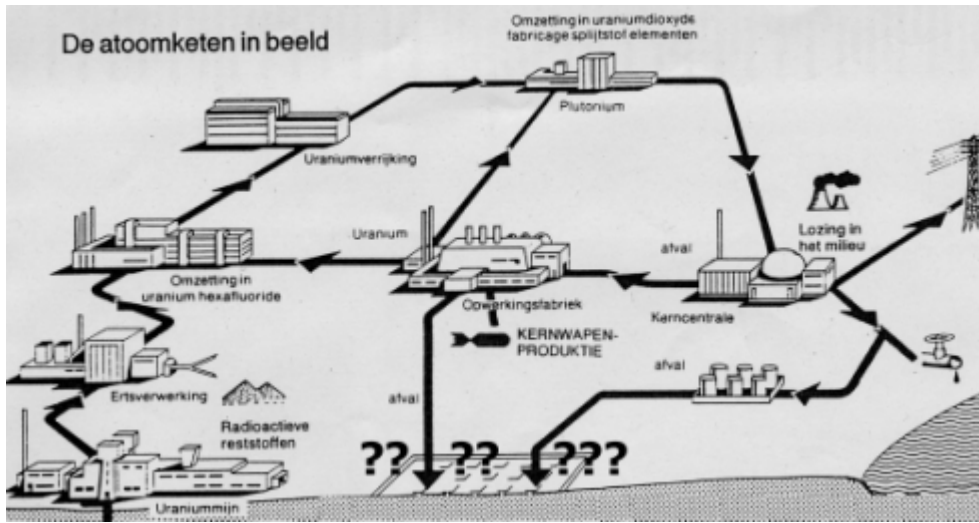
In het regeerakkoord staat letterlijk: "In de overgang naar een duurzame energiehuishouding en gegeven de Kyoto-verplichtingen is het niet zinvol de kerncentrale te Borssele voortijdig te sluiten. Het Kabinet dient met de producent / eigenaar in overleg te treden over het openhouden van de centrale in relatie tot de economische en veilige levensduur en hier afspraken over te maken".

Met name over het extra te produceren kernafval is veel onduidelijk. Daarnaast wordt er wel erg makkelijk gedacht over de gevolgen voor de centrale zelf: langer draaien heeft consequenties voor de veiligheid van de reactor. Na 30 jaar intensief debat en strijd worden we teruggeworpen in de tijd. Wij zijn bereid die strijd opnieuw aan te gaan.

In dit rapport worden een aantal zaken uitgelegd en beoordeelt. Veel van de hierin genoemde feiten leiden tot vragen die ook de huidige regering-in-wording nog niet heeft opgelost. De belangrijkste vragen worden hieronder op een rijtje gezet

### **We dagen de politiek uit met antwoorden te komen.**

- Wat denkt de Nederlandse regering te gaan doen om het probleem van het Nederlandse plutonium op te gaan lossen ?
- Als Borssele kiest voor verdere opwerking; is Nederland dan van plan het OSPAR-verdrag op te zeggen ?
- Als Borssele kiest voor opwerking; hoe snel denkt de Nederlandse regering dan extra opslag-capaciteit voor het opwerkingsafval gereed te hebben ?
- Als Borssele kiest voor opwerking; is het zeker zo dat de eigenaren van Borssele (Essent en Delta Nuts) de meerkosten dragen ? – ook als die tegenvallen ?
- Als het opwerkingsafval en het plutonium langer dan voorzien in het buitenland blijft - bijvoorbeeld omdat er geen oplossing wordt gevonden - draaien Essent en Delta Nuts dan op voor de extra kosten of worden die, eventueel alleen in het geval van plutonium, gedragen door de overheid ?



- Wat gebeurt er als Frankrijk – zoals ze volgens de eigen wetgeving verplicht is – het extra opwerkingsafval en het plutonium terugstuurt voordat er in Nederland een voorziening is getroffen voor opslag ?
- Als Borssele kiest voor directe opslag (ipv. opwerking); hoe snel denkt de Nederlandse regering een nieuwe opslagfaciliteit te hebben gebouwd ?
- Wie draait er op voor de kosten van de bouw van deze faciliteit – ook als de kosten tegenvallen ?
- Als Borssele kiest voor directe opslag; hoe denkt de EPZ of haar aandeelhouders het probleem van het conditioneren van het afval op te lossen ?
- Hoe veilig is Borssele als ze langer open blijft ? Wie draait op voor de kosten als blijkt dat er ingrijpende veranderingen moeten plaatsvinden om Borssele veilig langer te kunnen laten produceren ?

### **Het begrip 'radioactief afval'**

Kernafval, radioactief afval, stralend afval, atoomafval, verschillende begrippen waarmee één en hetzelfde afval bedoeld wordt. De term kernafval wordt vaak gebruikt voor afval van kerncentrales.

Radioactief afval is een term die breder is, dus ook afval uit andere bronnen aanduidt. De Nederlandse Wet kent het begrip 'radioactief afval' niet.

Wel zijn een aantal regels opgesteld die ertoe leiden dat stoffen behandeld moeten worden als afval omdat ze niet in het milieu terecht mogen komen.

Artikel 1 lid 1 van de Kernenergiewet definieert het begrip 'radioactieve stoffen' als "materie, welke ioniserende stralen uitzendt, alsmede stoffen welke zodanige materie bevatten".

Aangezien de meeste stoffen van nature ook een geringe hoeveelheid radioactiviteit bevatten regelt het Besluit stralenbescherming Kernenergiewet (Bsk) boven welke grenzen de Kernenergiewet van toepassing is en er een vergunningplicht geldt om deze stoffen te "bereiden, te vervoeren, voorhanden te hebben, toe te passen, binnen Nederlands grondgebied te brengen of te doen brengen, danwel zich daarvan te ontdoen." (Kernenergiewet, art. 29).

Over het algemeen is de norm nog gesteld op 100 Becquerel per gram, daarboven is dus een vergunning nodig om met het materiaal om te gaan. Voor stoffen, die van nature radioactiviteit bevatten zijn deze normen inmiddels gelijk getrokken: 100 Bq/g.

---

### **De COVRA: onze stralende vuilnisman**

Bij overheidsbesluit van 31 augustus 1987 werd de COVRA aangewezen als enige instantie voor de interim-opslag van radioactief afval. Daarbij is vastgelegd dat ze een acceptatieplicht heeft, zij mag aangeboden afval niet weigeren.

Ook werd vastgelegd dat de COVRA alleen Nederlands afval mag opslaan. Het eerste afval werd in november 1991 in de nieuwe bedrijfsgebouwen in Borssele opgeslagen en was afkomstig van de voorraad die tot die tijd op het terrein van ECN in Petten was opgeslagen.

Inmiddels staan er op het COVRA terrein een aantal opslaggebouwen voor laag- en middelactief afval. Daar is al het laag- en middelactief afval opgeslagen wat sinds 1982 is geproduceerd. Voor die tijd werd het in de Atlantische Oceaan gedumpt. In een verwerkingsgebouw worden aangevoerde vaten geperst (o.a. om volume te besparen) en in vaten met beton gestopt. Een deel van het "organisch afval" wordt in een oven verbrand. De opslag moet voldoen aan de zogenaamde IBC-criteria, wat wil zeggen: Isoleren (in beton in vaten), Beheersen (opslag in gebouwen) en Controleren (inspecties en eventueel herverpakken). Daarnaast geldt het ALARA-principe (As Low As Reasonable Achievable).

Dit laatste begrip is natuurlijk rekbaar en onderwerp van voortdurend wetenschappelijk en politiek debat. Immers; de vraag wat 'reasonable' is wordt met name bepaald door politieke keuzes: kernenergie of niet, opwerken of niet.

## **KERNAFVAL IN NEDERLAND**

### **Inleiding**

Nederland is wettelijk verantwoordelijk voor slechts een deel van het (door haar keuze voor kernenergie) ontstane kernafval. De verantwoordelijkheid voor afvalstromen uit delen van de cyclus die niet toegepast worden in Nederland laten we over aan andere landen. Alleen verrijking en elektriciteitsproductie vindt in Nederland plaats. Gevaarlijke radioactieve reststoffen uit de andere delen van de cyclus (zie pagina 4) kunnen onder de huidige wetgeving genegeerd worden.

Daarnaast komt in de (verre) toekomst een stroom afval vrij waar we nu ook nog geen verantwoordelijkheid voor nemen: het ontmantelingsafval van de kerncentrales.

Nederland slaat (bijna) al haar kernafval op bij de COVRA.

Plutonium wordt in dit rapport apart behandeld. We maken het maar willen en mogen het niet in Nederland opslaan. Wat er mee moet gebeuren is volstrekt onduidelijk, alle opeenvolgende regeringen hebben zich hierover niet durven uitspreken.

### **De soorten**

Radioactief afval wordt onderscheiden in 3 categorieën; laag, middel en hoogactief. De criteria voor de indeling verschillen per land. De COVRA hanteert de hoeveelheid straling aan de buitenkant van de verpakking als maatgevend. Een grens van 10 milliSievert per uur is vastgesteld voor hoogradioactief afval. Boven die grens is de straling zo intens dat dit afval alleen op afstand gehanteerd kan worden met speciale machines. Onder die grens wordt het afval als laag of middelradioactief beschouwd. Plutonium-houdend afval, dat sterke radiotoxische eigenschappen heeft, wordt door de COVRA deels behandeld als laagradioactief afval. Als de straling voornamelijk afkomstig is van het plutonium en dus uit alfastraling bestaat is er aan de buitenkant van een vat weinig straling te meten. Het plutonium zelf ligt opgeslagen in het buitenland in afwachting van een goed idee.

De Nederlandse wetgeving en dus de COVRA onderscheidt 4 categorieën.

Categorie A:	Afval met alfastralers. Dit bestaat uit afval van onderzoeksinstellingen, oude rookmelders en andere bronnen.
Categorie B	Bedrijfsafval van kerncentrales en bevat uitsluitend bèta- en gammastralers.



## Het afval waar we niet mee zitten

### Mijnbouw

De nucleaire cyclus begint bij de mijnbouw, waarbij ook een hoeveelheid afval ontstaat. In uraniumerts zit maar een kleine hoeveelheid in principe bruikbaar uranium; gemiddeld 0,065%. Momenteel wordt nog steeds alleen uranium gewonnen uit de relatief rijkste ertsen die een half procent uranium bevatten. Dit percentage zit in slechts een kwart van de huidig aangetoonde voorraden erts.

Uitgaande van de gemiddelde rijkheid van de erts die nu gewonnen wordt heeft Borssele jaarlijks ongeveer 22.400 ton erts nodig. Dit levert uiteindelijk 27 ton brandstof en 22.000 ton achtergebleven ertsafval en nog een paar andere restproducten (zoals verarmd uranium) op.

Het ertsafval bevat nog altijd uranium en radioactieve vervalproducten. Ertsafval wordt bij een mijn opgeslagen in de open lucht, waarbij (o.a.) het vrijkomende radongas zorgt voor extra stralingsbelasting in de omgeving. Daarnaast wordt het afval ook wel gebruikt voor aanleg van wegen en zelfs voor huizen.

Borssele koopt haar uranium op de 'spotmarkt' op basis van contracten van telkens een jaar. De prijs is van doorslaggevend belang. Deze wordt onder andere bepaald door de mate waarin het producerende land voldoet aan normen op het gebied van veiligheid en milieu. De meest recente voorraad is ingekocht in Rusland.

### Verarmd uranium

Nadat uranium uit het erts is gewonnen wordt het, via allerlei tussenstappen, omgezet in uraniumhexafluoride voor de verrijking. Daarbij wordt de fractie splijtbaar uranium (uranium-235) verhoogd van 0,7 procent tot 3 á 4 procent om gebruik in een kerncentrale mogelijk te maken.

Bij de verrijking ontstaat een hoeveelheid uranium die minder splijtbaar uranium bevat (0,3 procent): verarmd uranium. In Almelo is sinds het midden van de jaren zeventig van de vorige eeuw de verrijkingsfabriek Urenco in gebruik. Het verarmd uranium wordt in containers op het terrein opgeslagen. Op dit moment is in totaal 15.000 ton opgeslagen. De COVRA houdt rekening met opslag op haar terrein en heeft in 1998 een vergunning gekregen voor de bouw van een aantal opslaggebouwen. Dit betekent dat Nederland er vooralsnog van uit gaat dat het verarmd uranium afval is.

Toch heeft het internationale Urenco-consortium in 1995 een contract gesloten met Rusland voor export met een waarde van enkele honderden miljoenen gulden en een looptijd van 10 jaar. In drie verrijkingsfabrieken (Angarsk, Tomsk en Sverdlovsk) wordt verarmd uranium van het Urenco consortium herverrijkt tot een 'natuurlijk nivo'. De fabriek in Almelo heeft de afgelopen jaren meer dan 9.638 ton geëxporteerd naar Rusland.

De vergunning aan de COVRA suggereert dat het om afval gaat, de export naar Rusland suggereert dat het beschouwd wordt als een bruikbare grondstof. Een vreemde zaak omdat afval niet geëxporteerd zou mogen worden naar Rusland.

Categorie C	Overig afval met bèta- en gammastralers die een langere halfwaardetijd hebben dan 15 jaar.
Categorie D	Bevat bèta- en gammastralers met een halfwaardetijd die korter is dan 15 jaar.

Volgens de Milieu Effect Rapportage mag de COVRA in de komende honderd jaar maximaal de volgende hoeveelheden opslaan (uitgedrukt in volumes en radioactiviteit)

<b>Laag en middel-actief afval</b>		
Verwerkt	60.000 m3	14.300 TBq
onverwerkt (calcinaat, verarmd uranium)	108.000 m3	1.600 TBq
Opwerking	2.000 m3	4.000 TBq
Ontmanteling	18.000 m3	6.000 TBq
<b>Hoog-actief afval</b>		
bestraalde splijtstofelementen	40 m3	980.000 TBq
verglaasd opwerkingsafval	70 m3	9.620.000 TBq
ander opwerkingsafval	810 m3	300.000 TBq
ontmanteling	2.000 m3	20.000 TBq
overig	120 m3	16.000 TBq

Hieruit blijkt dat het afval uit kerncentrales voor meer dan 90 procent verantwoordelijk is voor de totale hoeveelheid radioactiviteit (10.961.900 TBq) die zal worden opgeslagen. Het betreft met name splijtstofelementen, kernsplijtingsafval (KSA) en ander opwerkingsafval .

Elk jaar dat Borssele langer openblijft wordt er tien ton extra kernsplijtingsafval geproduceerd. De vraag is wat hiermee gaat gebeuren; opwerking of directe opslag. Beide keuzes roepen vragen op.

- Milieueffectrapport (behorende bij de aanvraag tot wijziging van de Kew-vergunning van COVRA NV), COVRA, 1995.
- Inventarisatie en mogelijkheden voor bovengrondse opslag voor 300 jaar van laag- en middelactief afval , KEMA nucleair, 1998

## Nieuwe Europese normen leiden tot meer kernafval

Per mei 2000 gelden nieuwe Europese normen die bepalen wat er wel en wat er niet binnen de categorie "radioactief afval" valt. Deze nieuwe normen moeten door alle lidstaten overgenomen en geïmplementeerd worden. Ze zijn over het algemeen strenger dan de tot dan toe geldende Nederlandse normen maar verschillen per zogenaamde nuclide.

Dit heeft direct gevolgen voor de hoeveelheid afval waar de nucleaire industrie voor verantwoordelijk is. Zo wordt de norm voor cobalt-60 tien maal strenger. Dit is een element dat veel voorkomt in ontmantelingsafval en de nieuwe norm heeft dus direct gevolgen voor de hoeveelheid afval die na sloop van de kerncentrales opgeslagen en beheerd zal moeten worden.

- Council Directive 96/29/EURATOM  
<http://europa.eu.int/comm/environment/radprot/legislation/9629.pdf>
- 

## Ontmantelingsafval

Tijdens het bedrijf wordt de kerncentrale zelf radioactief. Na het verstrijken van de levensduur, is de kerncentrale zelf radioactief afval geworden en moet daarom afgebroken (ontmanteld) worden. Omdat brandstofstaven nooit helemaal lekdicht zijn wordt het koelsysteem van een kerncentrale besmet met splijtingsproducten. Nadat de centrale is stilgelegd moeten deze systemen ontsmet worden. Daarnaast is door de intense neutronenstraling het reactorvat radioactief geworden. Het hoogradioactieve staal moet stukje bij beetje worden stukgezaagd en opgeslagen in het HABOG bij de COVRA. Inclusief verpakking zal de ontmanteling van Borssele 2700 m<sup>3</sup> afval opleveren. Overigens is er nog geen plan voor de wijze waarop de ontmanteling en sloop van de kerncentrale Borssele zal worden aangepakt.

Voor de inmiddels stilgelegde centrale in Dodewaard is uit financiële overwegingen (fondsgroei door rente) gekozen om eerst 40 jaar te wachten voordat begonnen wordt met sloop.

Overigens is er internationaal nog weinig ervaring opgedaan met ontmanteling. Laat staan dat duidelijk is hoeveel het precies gaat kosten. Tot nu toe hebben alle ontmantelingsprojecten veel meer gekost dan oorspronkelijk begroot. Een treurig voorbeeld is de Duitse Julich-(test)reactor. De ontmanteling gaat waarschijnlijk ongeveer 500 miljoen Euro kosten. De originele kosten van de ontmanteling waren geschat op 39 miljoen euro.

- Tageszeitung, 24-06-2002

## Opwerking

Kerncentrales produceren verschillende soorten afval: filters, besmette kleding en de gebruikte brandstof (splijstofstaven).

De gebruikte brandstofelementen van de kerncentrale gaan nu, nadat ze voldoende zijn afgekoeld, naar een opwerkingsfabriek. De brandstof van Borssele gaat naar La Hague in Frankrijk (Cogema). In een opwerkingsfabriek worden de gebruikte brandstofelementen eerst in kleine schijfjes geknipt en daarna opgelost in chemische stoffen. Bij de opwerking worden drie fracties afgescheiden: het gevormde plutonium (1%), het nog ongebruikte uranium (95.5%) en het hoogradioactieve, warmte-afgevend kersplijtingsafval (3.5%).

De keuze voor opwerking heeft alles te maken met het aanvankelijke optimisme over kernenergie. Verwacht werd dat in zogenaamde kweekreactoren het afgescheiden plutonium gebruikt zou kunnen worden om opnieuw plutonium te kweken dat dan weer in de kerncentrale ingebracht zou kunnen worden. Een optimale benutting van grondstoffen en een bijna gesloten cyclus.

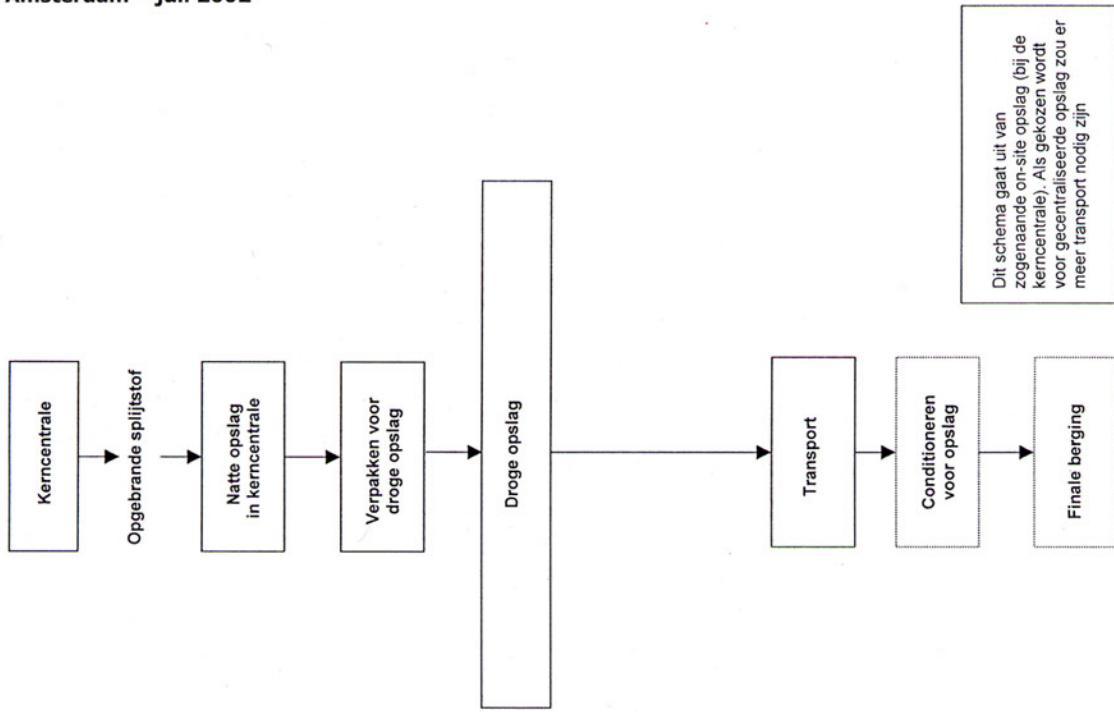
De kweektechnologie is echter op een mislukking uitgedraaid. De kweekreactor in Kalkar - waar Nederland in participeerde - is door een combinatie van technische, financiële en politieke factoren nooit in gebruik genomen. De Franse Superphenix reactor - waar Nederland ook aan deelnam - kampte met technische problemen, is vervolgens stilgelegd en zal worden ontmanteld. Naast plutonium wordt bij opwerking de resterende hoeveelheid uranium teruggewonnen en een fractie splijtingsproducten afgescheiden. In dit kersplijtingsafval (KSA) zitten een aantal stoffen die zijn ontstaan na de splijting van uranium (cesium, strontium, technetium, etc).

Daarnaast zitten in dit afval zogenaamde actiniden. Actiniden zijn over het algemeen zeer lang-levende, zwaar-radioactieve stoffen. In het KSA gaat het om neptunium, americium en curium.

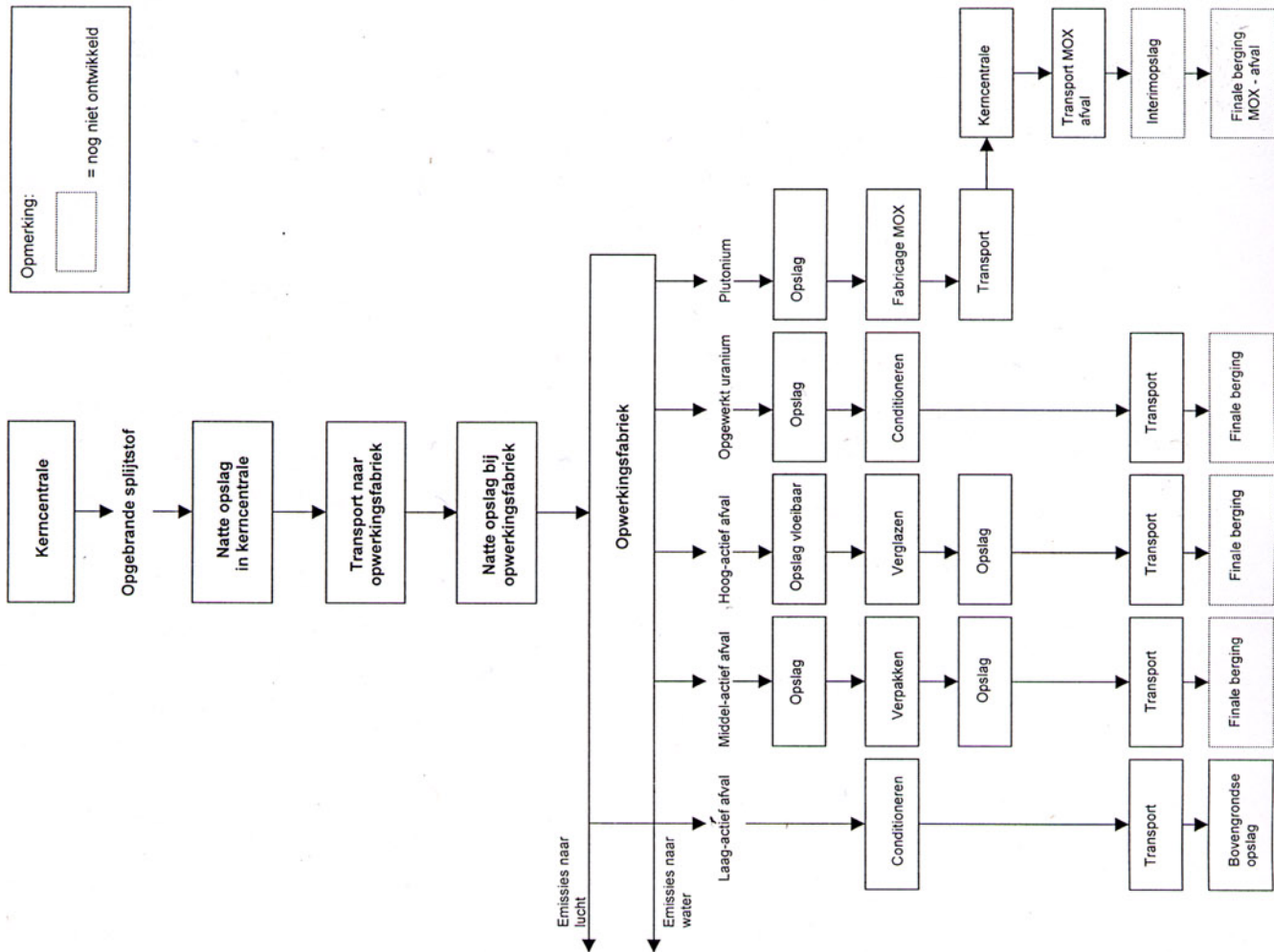
De splijtingsproducten worden in glas gegoten en verpakt in "vaten" van 175 liter. Dit kersplijtingsafval (KSA) bevat hoge concentraties radioactieve stoffen waardoor het warmte produceert en gekoeld moet worden. Voor opslag bij de COVRA wordt het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag Gebouw (HABOG) gebouwd. De COVRA verwacht het HABOG in 2003 in gebruik te nemen. In de HABOG-bunker zullen de KSA-vaten in stalen pijpen worden opgeslagen, waarbij koeling plaatsvindt door lucht die van buiten wordt aangevoerd. In totaal zal 70 m<sup>3</sup> KSA worden opgeslagen. Hoewel dit volume gering lijkt zal het qua radioactiviteit 88 procent bedragen van de totale hoeveelheid in opslag bij de COVRA .

Door de opwerkingsfabrieken zal ook ander afval worden teruggezonden. Dit bestaat uit niet-warmteproducerend hoogradioactief afval (810 m<sup>3</sup>), voornamelijk brandstofhulzen en filters uit de fabriek.

Directe opslag route



Opwerking / plutonium route



Verder wordt er laag- en middelactief afval (2000 m<sup>3</sup>) teruggestuurd. Dit betreft bedrijfsafval, zoals kleding, pompen, etc. Volgens de opwerkingscontracten neemt Nederland een relatief deel van het ontmantelingsafval van beide fabrieken voor haar rekening. Inmiddels wordt er over gesproken om in plaats daarvan extra KSA in Nederland op te slaan (de zogenaamde becquerel-swop).

Qua radioactiviteits-inventaris zou het om dezelfde hoeveelheid gaan. Zo wordt voorkomen dat er een grote hoeveelheid laagactief afval (beton) moet worden verwerkt, getransporteerd en opgeslagen .

- Kernafval en Kernethiek, maatschappelijke en ethische aspecten van de terughalbare opslag van kernafval, hoofdrapport, Damvel en vd. Berg, januari 2000
- Nader onderzoek naar de verwerking van gebruikte splijtstof uit Nederlandse kerncentrales, NRG maart 1999

### **Directe opslag**

Tal van landen die kernenergie toepassen kiezen voor directe opslag. Ook landen die jarenlang hebben opgewerkt stappen over op directe opslag. Duitsland mag na 2005 niet meer opwerken.

Bij directe opslag worden de splijtstofstaven, na een afkoelingsperiode in het bassin van de centrale, afgevoerd naar een tussenopslag ter verdere afkoeling (enkele tientallen jaren) daarna moeten ze geconditioneerd worden (zodanig verpakken dat niet vrijkomen van splijtstof gegarandeerd is). Hierna kunnen ze naar de al dan niet definitieve opslag.

Tussenopslag voor enkele tientallen jaren zou plm. 90 miljoen Euro kosten.

Tussenopslag vind dan plaats in zogenaamde Castor-containers in een nieuw te bouwen HABOG.

Nederland heeft geen conditioneringsfaciliteit. Bouwen ervan zou tussen de 215 en 285 miljoen Euro kosten. Gezien de relatief geringe hoeveelheid splijtstof die Nederland heeft lijkt het niet logisch zelf een conditioneringsfabriek te bouwen. Dit zou dus in het buitenland moeten gebeuren. Gegeven het feit dat dit conditioneren nog nergens plaats vindt en de kans dat een ander land bereidt zal zijn Nederlandse splijtstof te bewerken gering is kan gesteld worden dat deze route voorlopig nogal problematisch is.

## Plutonium

In de volgende tabel een overzicht van de totale hoeveelheid plutonium die zal worden geproduceerd uit de uitgewerkte brandstof van Borssele, uitgaande van opwerking van splijtstof die tot 2004 geproduceerd wordt. Borssele heeft in totaal drie opwerkingscontracten gesloten, de derde beslaat de periode tot en met 2003.

### Opwerking en plutoniumproductie

	Brandstof	Plutonium
Borssele	85 ton (La Hague)	0.85 ton
	140 ton (La Hague)	1.40 ton
	156 ton (La Hague)	1.65 ton

In totaal zal dus ongeveer 3.9 ton plutonium worden geproduceerd, oorspronkelijk bedoeld voor gebruik in de kweekreactoren. Het is nog onbekend wat Nederland met haar plutonium gaat doen. Voorlopig blijft het in opslag bij de opwerkingsfabriek maar in de (overigens geheime) contracten is wel vastgelegd dat het uiteindelijk naar Nederland terugkeert. Behalve in de contracten is dit ook geregeld in de Franse wet, deze schrijft voor dat er geen buitenlands afval mag worden opgeslagen nadat opwerking heeft plaatsgevonden. De verklaring van Dublin staat terugkeer van opgewerkt plutonium naar Nederland niet toe.

De kosten van de opslag van plutonium (in Frankrijk) zijn geheim. Omdat bij het afsluiten van in elk geval de eerste twee opwerkingscontracten men ervan uit ging dat het plutonium maar beperkte tijd in Frankrijk zou worden opgeslagen (want het zou gebruikt worden in kweekreactoren) is er ergens in de afgelopen twee decennia een nieuwe deal gesloten tussen de contractanten; de meerkosten van plutonium-opslag zijn waarschijnlijk door Frankrijk op zich genomen. Immers; als duidelijk zou worden wat de kosten zijn zou de roep om te stoppen met opwerking groter worden. Officieel zijn de kosten van opslag plutonium voor rekening van de contractant. In dit geval de EPZ (en daarmee Essent en Delta Nuts).

De kosten worden geschat op minimaal 2.500 euro per kilo per jaar.

- Milieuforum, januari 1994
- The Dutch plutonium dead end, WISE-Paris, oktober 1997
- Verslag van een Algemeen Overleg, Tweede Kamer, 7 februari 2000, nr. 25 422

### **Overzicht van de problemen.**

Beide routes roepen specifieke vragen op, leiden tot problemen en brengen kosten met zich mee. Bovendien geldt voor beide routes dat ze op dit moment in feite onmogelijk zijn. In onderstaand overzicht zijn de problemen verkort weergegeven. De keuze om Borssele nog langer open tot houden (tot voorbij 2007) vergroten de problemen alleen maar nog meer.

#### **1. Borssele open tot 2007, directe opslag:**

Nieuwe HABOG, kosten plm. 230 miljoen Euro, bouwtijd nieuwe HABOG minimaal 7 jaar, waarschijnlijk langer, probleem benodigd conditioneren afval niet opgelost, kosten voor EPZ (aandeelhouders)

#### **2. Borssele open tot voorbij 2006, directe opslag**

Nieuwe HABOG, kosten plm. 230 miljoen euro bouwtijd nieuwe HABOG minimaal 7 jaar, waarschijnlijk langer, probleem benodigd conditioneren afval niet opgelost, kosten voor EPZ (aandeelhouders) .

#### **3. Borssele open tot 2007, opwerking,**

Niet voldoen aan internationale verplichtingen OSPAR-verdrag, verdere bijdrage aan zware vervuiling Noordzee en Atlantische Oceaan, capaciteit huidige HABOG onvoldoende, bijbouw extra module, kosten hiervan plm. 22 euro, te betalen door EPZ (aandeelhouders) .

#### **4. Borssele open tot voorbij 2006, opwerking,**

Niet voldoen aan internationale verplichtingen OSPAR-verdrag, verdere bijdrage aan zware vervuiling Noordzee en Atlantische Oceaan, capaciteit HABOG onvoldoende, nieuwbouw extra HABOG (module voldoet niet) kosten hiervan onbekend maar in de orde van grootte van 115 miljoen euro, te betalen door EPZ (aandeelhouders).

Een potentieel groot twistpunt vormen de kosten als gekozen wordt af te zien van opwerking en dus voor directe opslag. De huidige HABOG is hier immers niet voor geschikt en er zal dus een nieuw type HABOG (voor splijststofstaven) gebouwd moeten worden. De EPZ en de COVRA schatten de kosten op zo'n 230 miljoen euro. De EPZ heeft aangegeven in gesprek te zijn met de overheid over de vraag wie dit gaat betalen. Dit is vreemd. Het kan niet zo zijn dat de overheid alsnog een directe subsidie verleent aan Borssele (en dus aan Essent en Delta Nuts) door de extra kosten van het langer produceren van afval over te nemen.



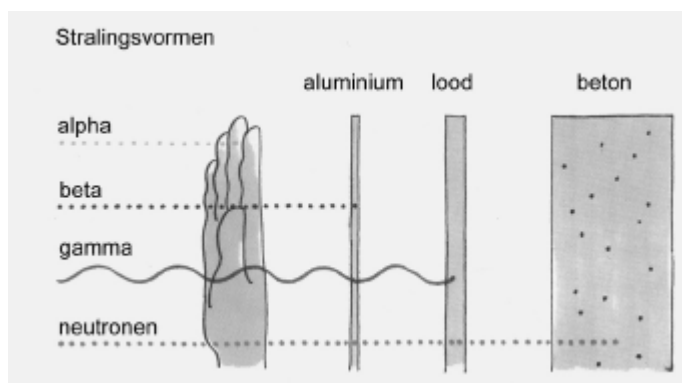
## Radioactiviteit en straling

Alle stoffen zijn opgebouwd uit atomen. De atomen zijn weer opgebouwd uit een kern met daar omheen een aantal deeltjes, de elektronen. Atomen zijn onvoorstelbaar klein. Eén waterdruppeltje bevat ongeveer 6000 triljoen (een zes met 21 nullen) atomen. De kern zelf is opgebouwd uit twee soorten deeltjes: de positief geladen protonen en de neutronen zonder elektrische lading. De elektronen die in een baan rond de kern zweven zijn negatief geladen.

Onder radioactiviteit verstaan we de eigenschap van bepaalde atomen om een karakteristieke straling uit te zenden en daarbij doorgaans in een andere stof over te gaan. Deze straling wordt ook wel ioniserende straling genoemd omdat het andere atomen om kan zetten in positief of negatief geladen deeltjes (ionen).

Als de kern van een atoom vervalt, komt er straling vrij. Er zijn verschillende soorten straling: Alfa, Bèta en Gammastraling

- Alfastraling bestaat uit 'pakketjes' van twee protonen en twee neutronen die stevig aan elkaar vastzitten. Die pakketjes worden met hoge snelheid weggeschoten uit de kern.
- Bètastraling bestaat uit elektronen die met hoge snelheid uit de atoomkern worden weggeschoten als een neutron zich splitst in een proton en een bètadeeltje.
- Gamma- en röntgenstraling bestaan uit elektromagnetische golven. Gammastraling komt vaak voor in combinatie met alfa- en bètastraling.



De verschillende soorten straling zijn niet allemaal even doordringend. Alfastraling kan men tegenhouden met een stukje papier, maar veroorzaakt wel schade aan de longen bij inademen. Bètastraling daarentegen komt niet door een menselijke hand. Gamma- en röntgenstraling gaan zelfs dwars door een metalen plaat heen. Daarnaast verschilt het per element hoe sterk de straling is.

Een Becquerel (Bq) is de eenheid voor straling en geeft aan hoeveel atomen er per seconde vervallen. Een stralingsbron heeft een sterkte van één Bq als er per seconde één atoomkern vervalt. Vroeger werd als eenheid van straling de Curie gebruikt. Eén Curie is 37 miljard Bq.

De verschillende soorten straling werken verschillend in op de mens, geven een verschillende stralingsbelasting. De maat voor deze stralingsbelasting is de sievert (Sv), vroeger werd rem gebruikt (röntgen equivalent man; één sievert is 100 rem). Per jaar ontvangt een mens in Nederland gemiddeld 2,5 milli-Sievert. Dit is deels natuurlijke straling uit de bodem, radongas in gebouwen, via voedsel, van kunstmatige straling van röntgenfoto's, lichtgevende wijzerplaten, maar ook nog steeds een kleine hoeveelheid straling als gevolg van de ramp in Tsjernobyl. Voor kunstmatige straling heeft de overheid normen opgesteld voor de bevolking. Per jaar mag men maximaal 1 milli-Sievert aan kunstmatige straling ontvangen.

Anderzijds is de staat de enige aandeelhouder van de COVRA, de organisatie die bij wet verplicht is al het radioactieve afval dat in Nederland geproduceerd wordt, op te slaan. De COVRA heeft al, bij monde van de directeur de heer Codee, laten weten dat de kosten voor de producent zijn. De EPZ laat doorschemeren uit te zijn op een deal. Ze wil wel stoppen met opwerking maar dan in ruil (gedeeltelijke) betaling door de overheid van de extra kosten van het bouwen van een opslag voor niet-opgewerkte splijtstofstaven. "Nu wij langer open mogen blijven (nav. uitspraak Raad van State) kunnen we wel praten over stoppen met opwerking", aldus R. Kok van de EPZ in 2000.

- PZC, 29 februari 2000
- Nader onderzoek naar de verwerking van gebruikte splijtstof uit Nederlandse kerncentrales, NRG maart 1999
- OSPAR-verdrag, [www.ospar.org](http://www.ospar.org)

### **Internationaal verdrag verbiedt verdere opwerking.**

In het zogenaamde OSPAR verdrag staat letterlijk:

"Nuclear reprocessing facilities in the North-East Atlantic area are the dominant sources of discharges, emissions and losses of radioactive substances and that implementing the non-reprocessing option for spent nuclear fuel would, therefore, produce substantial reductions of discharges, emissions and losses of radioactive substances in the North-East Atlantic. Encouraging relevant Contracting Parties to immediately begin negotiations with regard to all existing contracts for the reprocessing of spent nuclear fuel, with the aim of implementing the non-reprocessing option for spent nuclear fuel."

Nederland heeft zich in 2000 gebonden aan bovenstaande toevoeging bij het OSPAR-verdrag. Alleen Frankrijk en Engeland hebben dit deel niet ondertekent. Dit natuurlijk omdat zij de opwerkingsfabrieken exploiteren.

---

### **Terrorisme, 'dirty bombs' en het wegraken van radioactief materiaal.**

Is het waarschijnlijk dat er van de kerncentrale Borssele radioactief materiaal wordt gestolen om bijvoorbeeld een 'dirty bomb' te maken. Het antwoord hierop is waarschijnlijk "nee, maar het kan ook niet uitgesloten worden".

Jaarlijks verdwijnt er wereldwijd veel radioactief materiaal. Hoeveel is niet precies duidelijk, verantwoordelijke instanties zijn er niet zo happig op om dit soort gegevens publiek te maken. Dat het hierbij niet alleen gaat om staten die slecht zijn georganiseerd blijkt wel uit het feit dat er in de Verenigde Staten sinds 1996 meer dan 1500 radioactieve spullen "zoek geraakt" zijn.

Het meeste materiaal raakt 'kwijt' tijdens transporten en wordt ook niet meer teruggevonden.

Is kerncentrale Borssele een mogelijk doelwit voor terroristen? Dit is ook weer een moeilijk te beantwoorden vraag. De kans is niet groot maar kan, alweer, niet uitgesloten worden. De stelling (geponeerd op de website van de EPZ en in de media) dat de kerncentrale een aanslag als op 11 september in New York kan weerstaan is overigens een pertinente leugen. De IAEA zei het zo:

"nuclear facilities are perhaps the strongest, most robust industrial structures in the world but none had been designed to withstand the kind of attacks that brought down New York's World Trade center".

- Reuters, 1 november, 2001

## **NIEUWE RECHTVAARDIGING VOOR OPWERKEN: MOX GEBRUIK**

De keuze voor opwerking is altijd gerechtvaardigd met het argument dat plutonium ingezet zou kunnen worden in kweekreactoren. Nu deze techniek volledige gefaald heeft wordt er gezocht naar een nieuwe rechtvaardiging: hergebruik van het gescheiden plutonium en uranium in zogenaamde MOX-fuel als brandstof voor kerncentrales. Eerst halen we het uit elkaar en dan voegen we het weer bij elkaar om het te kunnen gebruiken. Behalve technische, financiële en veiligheidsbezwaren tegen het gebruik van MOX speelt de vraag of er überhaupt een markt is voor MOX. De Nuclear Research group (NRG, een samenwerkingsverband van de ECN en de KEMA) heeft in opdracht van Jorritsma in 1999 een onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor MOX-gebruik. Met die studie werd de keuze voor opwerking gerechtvaardigd. De redenering was als volgt: het is niet erg dat we vast zitten aan opwerkingscontracten want we kunnen het resterende afval weer samenvoegen tot MOX en dat kunnen we weer verkopen of zelf inzetten.

### **De vraag naar MOX**

Er is wereldwijd een gigantisch overschot aan plutonium. Juist door de keuze voor opwerking en het mislukken van de kweekreactortechnologie is er zoveel plutonium beschikbaar dat het een negatieve waarde heeft. Er moet fors bijbetaald worden om het kwijt te kunnen aan een gebruiker.

Minister Jorritsma van Economische Zaken heeft in een debat over opwerking in het jaar 2000 nogmaals laten weten dat de kosten voor opslag van het MOX voor rekening van de betreffende elektriciteitsbedrijven komt. Dit lijkt leuker dan het is; immers, er is nog geen keus voor MOX gemaakt. Het is nu plutonium en het is vooralsnog onduidelijk wie de meerkosten van de opslag van het plutonium draagt.

De verschillende MOX programma's (met name in Japan maar ook in Amerika en Frankrijk) kampen met grote problemen. De verwachtingen voor de hoeveelheid kerncentrales die MOX (zullen gaan) gebruiken zijn fors naar beneden bijgesteld. Er is dus vele malen meer plutonium beschikbaar voor gebruik in MOX dan er, op basis van de verwachte vraag, gebruikt zal kunnen worden.

De prijzen van zowel natuurlijk uranium als van het verrijken zijn de laatste jaren alleen maar verder gezakt. Dit leidt ertoe dat er minder noodzaak is te besparen op brandstofkosten door oud materiaal (plutonium en uranium uit de opwerking) in te zetten.

De NRG kwam in haar studie tot de conclusie dat de keuze voor MOX 'slechts' vier keer zo duur zou zijn als de keuze voor gewone uranium splijtstof. En zegt daarmee impliciet dat Nederland haar plutonium aan de straatstenen niet kwijt zal kunnen.

### **Borssele en werkgelegenheid**

Bij de kerncentrale Borssele werken ongeveer 300 mensen. In november 1999 organiseerde de gemeente in samenwerking met de ondernemersraad van de centrale en de politiek een bijeenkomst over mogelijkheden voor vervangende werkgelegenheid na sluiting van de centrale.

Toenmalige regeringspartij PvdA sprak zich onomwonden uit voor overheidssteun bij het creëren van banen. De VVD sprak zich bij monde van Minister Jorritsma uit tegen hulp aan de provincie.

De burgemeester van Borssele had enkele suggesties die door GroenLinks en de PvdA werden gesteund.

- De keuze voor directe ontmanteling van de kerncentrale (waarvoor veel hoogopgeleid personeel met kennis van zaken op nucleair gebied nodig zouden zijn).
- De oprichting (met overheidssteun) van een kenniscentrum op nucleair gebied (aanvullend op hetgeen bij het ECN in Noord-Holland plaatsvindt) met sterke nadruk op het vergaren van kennis en ervaring op het gebied van het ontmantelen van nucleaire installaties. Een grote groeimarkt in de komende decennia.
- Een expertisecentrum voor veiligheidsmanagement in de transportsector.

Volgens de 'kring van werkgevers in Midden-Zeeland' hoeven werknemers van de kerncentrale zich niet ongerust te maken over de kans op een nieuwe baan. De suggesties van de burgemeester werden ondersteund door de arbeidsvoorziening Zeeland.

- PZC 16 november 1999
- PZC 19 november 1999,
- Jaarverslag EPZ 2000 en 1999

Uitgaande van de in de NRG-studie vermelde negatieve handelswaarde van 14.000 Euro per kilo plutonium betekent dit dat Nederland, wil ze van haar plutonium afkomen, ruim 28 miljoen Euro bij zal moeten leggen. Alle opeenvolgende Nederlandse regeringen hebben een en andermaal laten weten niet van plan te zijn plutonium in Nederland op te slaan. De IAEA heeft dit ook verboden. Dit vereist namelijk een zo compleet nieuw (veiligheids)regime dat dit als onmogelijk en onwenselijk wordt gezien. Opslag van het plutonium in de HABOG is onmogelijk. Dit betekent dat Nederland nog steeds geen idee heeft wat er met het plutonium moet gebeuren.

In theorie is het verMOXen van het plutonium dus de enige oplossing.

### **Kan Borssele MOX inzetten ?**

Zelfs als het technisch en financieel haalbaar zou zijn Borssele om te bouwen tot MOX verbrander raken we nauwelijks een significante hoeveelheid plutonium kwijt. Door de centrale 14 jaren extra open te houden zou al het Nederlandse plutonium gebruikt kunnen worden MAAR de hoeveelheid zou met slechts 3,8% (114 kilo) afnemen. Immers, aan het eind van de MOX rit heb je nog steeds splijtstofstaven over die geconditioneerd en opgeslagen moeten worden. Weliswaar is het plutonium dan opnieuw vermengd en dus relatief makkelijk op te slaan maar gaande het proces van verMOXen worden grote risico's genomen mbt. veiligheid en proliferatie.

De kosten van beide 'routes' (opwerken en verMOXen versus direct opslaan) zijn, althans volgens de NRG, ongeveer gelijk. In de studie is de NRG echter voorbij gegaan aan de extra kosten die gepaard gaan met de keuze voor de MOX-route. Zie weergave van de twee routes. Deze worden in de route voor directe opslag wel vermeld en als 'relatief duur' gekwalificeerd

### **Gevaren MOX gebruik**

De sturing en controle van het kernsplijtingsproces in een LWR (licht water reactor als Borssele) wordt moeilijker naarmate er meer MOX in de kern aanwezig is.

Ter verbetering van die bestuurbaarheid moet bij inzet van MOX-splijtstof het aantal controle-staven vergroot worden en moet de hoeveelheid boron in het koelwater vergroot worden. Door middel van controlestaven wordt het splijtingsproces gereguleerd. Boron vangt neutronen in zodat toevoeging van meer boron het proces vertraagt.

Uit studies blijkt een verband tussen een grotere kans op beschadiging van splijtstofstaven en de hoeveelheid MOX in de kern. In MOX ontstaan meer radioactieve gassen zodat de druk in de splijtstofstaven sneller toeneemt en groter wordt. De kans op beschadiging van de staven en daarmee op het vrijkomen van radioactiviteit neemt toe.

## Broeikaseffect en kernenergie

De mythe die de nucleaire industrie leven probeert in te blazen dat kernenergie niet bij zou dragen aan het broeikaseffect is niet waar. Een kerncentrale stoot geen CO<sub>2</sub> uit maar elke energiedrager moet integraal beoordeeld worden op haar milieu-prestaties. Een belangrijk kenmerk van kernenergie is de lange productie- en afvalcyclus. Er moet veel gebeuren voor er uiteindelijk elektriciteit uit een kerncentrale komt.

Uit een recente studie van Storm van Leeuwen en Smith blijkt dat de aan kernenergie gerelateerde CO<sub>2</sub>-uitstoot (de emissiefactor) niet eens zo veel minder is dan die van een gasgestookte centrale. In de studie wordt de hele productieketen onder de loep genomen: van het bouwen van de centrale, het winnen van uranium tot de sloop van de centrale en de opslag van het afval.

En deze relatief iets geringere bijdrage aan klimaatverandering (dan een gascentrale) is sterk afhankelijk van de rijkheid van het uraniumerts. Immers bij uraniumwinning- en verwerking komt de meeste CO<sub>2</sub> vrij. Hoe meer uraniumerts er gewonnen moet worden om een bruikbare hoeveelheid uranium te extraheren, hoe hoger de CO<sub>2</sub>-emissie-factor. Op dit moment wordt wereldwijd vooral dat deel van de erts-voorraden gewonnen die relatief rijk zijn aan uranium (1% uranium uit 100% erts, vooral te vinden in kalksteen). Dit zijn de ideale voorraden. Hoe meer kernenergie er gebruikt wordt hoe sneller we de minder rijke ertsen zullen moeten aanspreken.

Storm van Leeuwen en Smiths gaan in de studie uit van de nu gebruikte ertsen. Ook wijzen ze in hun studie op het tekort aan uranium. De voorraden nemen langzaam af en worden van steeds slechtere kwaliteit.

Zij stellen dan ook in hun conclusie:

“ What is important is that we are certain that today the claim is false that nuclear power is a sustainable energy source free of CO<sub>2</sub>-emission. The operation of nuclear power plants on the once-through basis leads to the production, under the most favourable circumstances, of less CO<sub>2</sub> than fossil-fuel fired plants. The difference is not large, however, which means that nuclear power certainly cannot be considered a Clean Development Mechanism (CDM). Even more important is the fact that even if exploited to exhaustion in the coming fifty years, existing uranium ores could only provide an insignificant fraction of the energy predicted to be needed.”

- Can nuclear power provide energy for the future; would it solve the CO<sub>2</sub>-emission problem?, J.W. Storm van Leeuwen and P. Smith, revised edition, 28 maart 2002 te vinden op [www.oprit.rug.nl/deenen/](http://www.oprit.rug.nl/deenen/)

Om dit probleem te ondervangen wordt er over het algemeen voor gekozen de hoeveelheid MOX in de kern te beperken. Dit beperkt vervolgens weer de 'burn-up' waardoor de netto-energie opbrengst ook afneemt. De Franse nucleaire veiligheidsinspectie heeft de inzet van MOX-splijtstof, van de soort die door de NRG wordt genoemd als optie voor Borssele, in Frankrijk verboden.

En misschien nog grotere probleem is de vorming van grotere hoeveelheden actiniden door MOX-gebruik; curium-242 15 maal zo veel, curium-244 22 maal zo veel, neptunium-237 vier maal zo veel, americium-241 negen maal zo veel. De soort actiniden zijn met name bepalend voor de vraag hoe lang het afval geïsoleerd moet blijven. Bovendien is de warmte-afgifte van de staven groter waardoor er meer koeling nodig is dan bij de opslag van 'gewone' splijtstofstaven.

### **Grotere kans op proliferatie plutonium door MOX**

Het gebruik van MOX vergroot de kans op proliferatie. Het gebruik en de verspreiding van plutonium zal toenemen. Wordt bij uranium-brandstof plutonium pas gevormd in de kerncentrale, bij het gebruik van MOX zal plutonium al in de brandstof aanwezig zijn voor het gebruik in de kerncentrale. Dit zal verregaande gevolgen hebben voor het omgaan met 'fresh-fuel'. Opslag en transport zullen aan veel strengere voorwaarden moeten voldoen om misbruik te voorkomen. Er zullen veel meer plutonium-transporten nodig zijn, bijvoorbeeld van en naar splijtstofstaven fabrieken.

Het proliferatiegevaar van gebruikte MOX splijtstofstaven is ook groter dan voor gebruikte splijtstof zoals die nu in Borssele (en bij de opwerkingsfabrieken) ligt opgeslagen: MOX bevat 6 tot 8 keer meer plutonium dan gebruikte uranium-splijtstof

Voorstanders van MOX gebruik zeggen dat de kans op misbruik juist afneemt omdat er meer americium in de splijtstof zit (een isotoop dat sterk straalt). Dit zou het minder aantrekkelijk maken voor bv. terroristische groepen om het te willen gebruiken. Het recente verleden heeft echter aangetoond dat terroristische groepen niet malen om een paar slachtoffers in eigen kring. Zogenaamde drempellanden zullen ook geen moeite hebben te accepteren dat er slachtoffers vallen in het traject om een eigen bom te ontwikkelen.

- Nader onderzoek naar de verwerking van gebruikte splijtstof uit Nederlandse kerncentrales, NRG, maart 1999
- THORP: The case for contract renegotiation, Sadnicki et al, June 1999
- Verslag van een Algemeen Overleg, 7 februari 2000, opwerking van radioactief afval, Kamerstuk nr. 25 422)
- C. Küppers and M. Sailer: 'MOX-Wirtschaft oder die zivile Plutoniumnutzung', IPPNW, 1994,
- NEA Newsletter, Spring 1996: 'Plutonium recycling',
- Nuclear Fuel, 6 November 1995, 'French working to improve MOX performance and economics'



## Is kernenergie economisch rendabel ?

De positie die kernenergie in een geliberaliseerde markt inneemt staat onder zware druk. Voor de reeds bestaande centrales zijn de operationele kosten laag. Dit wordt voor een belangrijk deel verklaard door subsidies die in het verleden aan kernenergie werden verschaft.

In het bouwen van nieuwe centrales is waarschijnlijk niemand geïnteresseerd. Waarom? Het duurt een jaar of 10 voordat een kerncentrale gebouwd is en kan gaan werken. De kosten zijn hoog: ongeveer 2 miljard euro.

In de woorden van David Kyd, persvoorlichter van het IAEA, zijn de redenen voor de geringe animo voor kernenergie als volgt samen te vatten:

"Economics, largely. Economics today in liberalizing electricity markets or in countries that are hungry for electricity fast and at the lowest possible price --- they are going for gas, they are going for more coal burning, they are going for something that gives a quick return. The fact of life in nuclear [energy] is that you need something of the order of seven years between a decision [to build a plant] and the electricity being available, and that's a long time. You also need up front as much as \$2 billion per unit and that is very, very challenging to any country -- whereas for a gas plant, within two years you're up and running and it costs a fraction of that."

In het Energy Report dat de Britse regering in februari 2002 uitbracht staan de kosten voor de verschillende energieopwekkers ook nog eens onder elkaar, met een voorspelling over hoe de kosten zich in de toekomst zullen ontwikkelen. Kernenergie, zo blijkt, is duurder dan windenergie (on- en off-shore), warmte kracht koppeling (WKK) en gasgestookte centrales.

Enkele gegevens uit het rapport:

Technologie	Prijs tot 2020	Vertrouwen in de schatting	Kosten trend tot 2050
grootschalig wkk	< 3,1 cent/kWh	Hoog	beperkte afname
kleinschalig wkk	3,9-5,5 cent/kWh	Gemiddeld	behoorlijke afname
onshore wind	2,3-3,9 cent/kWh	Hoog	beperkte afname
offshore wind	3,1-4,7 cent/kWh	Gemiddeld	afname
kernenergie	4,7-6,2 cent/kWh	Gemiddeld	afname
gascentrale	3,1-3,6 cent/kWh	Hoog	beperkte afname

- The Energy Review: Performance and Innovation Unit, februari 2002
- <http://www.rferl.org/nca/features/2000/11/01112000154626.asp>
- Nuclear power in the OECD, International Energy Agency, 2001

### Technische gegevens kerncentrale Borssele (KcB)

De kerncentrale in Borssele is een zogenaamde Licht Water Reactor. Een verzamelnaam voor alle met water (H<sub>2</sub>O) gemodereerde en gekoelde centrales. Ongeveer 80% van de centrales op de wereld is gebaseerd op deze techniek. De centrale in Borssele valt in de subcategorie Pressurised Water Reactor (PWR) of Druk Water Reactor.

#### De werking:

In het reactorvat bevindt zich een kern waarin de splijtstofelementen in metalen buizen zitten: de splijtstofbuizen. De splijtstofbuizen zitten gerangschikt in elementen waarin ook de regelstaven zijn opgenomen. Het koelmiddel stroomt langs de splijtstofbuizen om de warmte op te nemen. Vervolgens wordt deze warmte weer afgegeven aan een tweede koelcircuit waarin stoom wordt opgewekt die een turbine aandrijft. Het water in de reactorkern is ongeveer 300 °C maar door de hoge druk (155 bar) gaat de koelvloeistof niet koken.

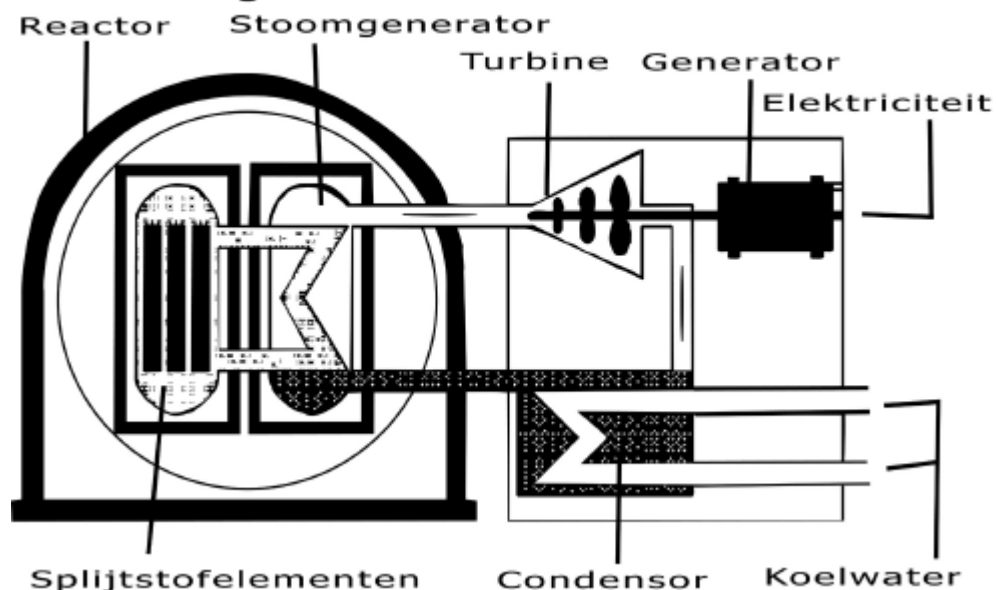
Type:	Licht Water Reactor (PWR)
Netto elektrisch vermogen:	449 MW
Netto rendement:	33 %

Primair systeem (reactor)	
systemedruk:	155 bar
temperatuur:	305 °C
splijtstofelementen	121
regelstaven:	28

secundair systeem (stoom generator)	
stoomdruk:	58 bar
stoomtemperatuur:	260 °C

geleverde stroom 1997-2001: 3572 GWh (gemiddeld p/j)

### Reactor gebouw



## **Geschiedenis kerncentrale Borssele (KcB)**

In 1969 wordt er door de Provinciale Zeeuwse Elektriciteits Maatschappij een kerncentrale besteld bij Siemens. Het gaat hierbij om een zogenaamde lichtwater-reactor (LWR). Het bouwen van de kerncentrale is vanaf het begin omstrepen. Dit heeft, behalve met de gevaren die kernenergie met zich meebrengt, te maken met het feit dat de gelijktijdig gebouwde aluminiumfabriek van P  chiney wel erg goedkope stroom geleverd krijgt uit de centrale. Verder blijkt P  chiney later ook nog via een nieuw opgerichte dochteronderneming Uranex de uranium te leveren aan Borssele.

De oplevering van de centrale wordt ernstig vertraagd doordat er haarscheurtjes in het reactorvat worden gevonden. Ook andere kleine foutjes vertraagden de oplevering.

De centrale wordt uiteindelijk door Siemens in het voorjaar van 1973 opgeleverd. In juni van 1973 wordt een vergunning verleend om de kerncentrale in fases op te starten. Na een aantal maanden van testen neemt de PZEM op 25 oktober 1973 de centrale officieel in gebruik.

De centrale is gebouwd voor een economische levensduur van 30 jaar en een verwachte technische levensduur van 40 jaar. De PZEM verwacht zelf dat de centrale ongeveer 30 jaar in bedrijf zal zijn.

Naar aanleiding van het ongeluk met de centrale in Harrisburg (Three Miles Island) in 1979 vindt er in Nederland een pittige discussie plaats over de KcB. Iedereen is er als de kippen bij om te zeggen dat, hoewel de centrale in Borssele van hetzelfde type is als die in TMI, een dergelijk ongeluk hier niet kan plaatsvinden. Toch worden naar aanleiding van het ongeluk de veiligheidsvoorzieningen aangepast. Het gaat hierbij voornamelijk om het koelsysteem, wat in Harrisburg (door menselijke fouten) uitgevallen was.

Na het ongeluk in Tsernoby (1987) wordt de centrale in Borssele doorgelicht door het International Atomic Energy Agency, de IAEA. Het rapport wat verschijnt is zeer kritisch over de centrale: de brandveiligheid is onvoldoende, de noodstroomvoorziening is onvoldoende, de regelzaal is organisatorisch niet in orde, er ontbreekt een reserve regelkamer en de noodsystemen zijn niet altijd 'standby'. De centrale moet een grote onderhoudsbeurt ondergaan (door Borssele zelf steeds eufemistisch aangeduid als modificatie) om de productie voort te kunnen zetten.

De veranderingen die de KcB moet ondergaan zijn zo ingrijpend dat er een volledige nieuwe Milieu Effect Rapportage (MER) moet worden gemaakt. In de MER worden niet minder dan 16 punten aangevoerd ter verbetering van de veiligheid in de centrale. De MER-procedure duurt lang en uiteindelijk wordt in december 1993 dit proces afgerond.

In 1994 wordt een vergunning verleent voor het aanpassen van de centrale. Tegelijkertijd met de vergunningverlening wordt de bedrijfstijd van de KcB verlengd tot 2007. Dit om de gedane investeringen terug te kunnen verdienen. Bij het kamerdebat over de vergunningverlenging in november 1994 worden er vraagtekens gezet bij deze langere bedrijfstijd. GroenLinks dient een motie in de om KcB gewoon te sluiten per 01-01-2004. Nadat eerst de stemmen staken, wordt de motie met 76 tegen 73 stemmen aangenomen.

Na het aannemen van deze motie treden de Samenwerkende Elektrische Producenten (SEP, de toenmalige koepelorganisatie van alle producenten) en het ministerie van EZ met elkaar in overleg om te bekijken hoe de motie tot uitvoer moet worden gebracht. In december 1994 komen het ministerie van EZ en de SEP overeen dat de centrale sluit op 01-01-2004. Het ministerie stelt hier een financiële compensatie van 32 miljoen euro tegenover.

In 1997 wordt de opknapbeurt van de centrale afgerond. Eind '99 spant de EPZ [op dat moment eigenaar van de KcB] een kort geding aan bij de Raad van State waarin ze het sluitings-besluit aanvecht; de regering heeft het besluit tot vernietiging van de oude (uit '73) vergunning niet op de juiste wijze genomen (onder andere geen MER laten uitvoeren naar gevolgen sluiting).

Op 24 februari 2000 vernietigt de Raad van State de vergunning voor Borssele waarin staat dat de centrale moet sluiten op 01-01-2004.

De regering reageert hierop met de mededeling dat er een afspraak is om Borssele te sluiten. Dit wordt bestreden door EPZ. In december 2000 besluit de overheid om EPZ voor de rechter te dagen om haar aan de gemaakte afspraken te houden. In eerste instantie oordeelt de rechter dat er te weinig bewijs is voor de afspraak, ze wil getuigen horen.

De getuigenverhoren vinden plaats in van januari, maart en april van 2002. Uit de verklaringen die gegeven worden door oud minister Weijers en oud directeur van de SEP Ketting komt duidelijk naar voren dat er een onderling afspraak ligt over de sluiting.

In juli 2002 wordt de uitspraak in de rechtszaak voor de zoveelste keer uitgesteld. De rechtbank in Den Bosch verwacht op 25 september aanstaande definitief uitsluitsel te geven.

Uitstel leidt tot afstel. De uitspraak doet er niet mee toe. De regering-in-wording heeft inmiddels anders besloten.

- Brochure van PZEM, 1973
- Verslag bespreking EPZ en ministers VROM en EZ op 6 juli 2000
- Verslag bespreking SEP-EPZ van 14 december 1994
- Milieueffectrapport modificaties kernenergie-eenheid centrale Borssele, EPZ en KEMA, december 1993

## **Bedrijfsongevallen Borssele sinds 1980**

### **Definities incidenten of storingen**

De bij het ministerie van VROM (vroeger ministerie van Sociale Zaken) horende Kernfysische Dienst brengt sinds 1980 jaarlijks een overzicht uit van de storingen in de kerncentrale Borssele. Dit gebeurt vanaf 1980 omdat de Tweede Kamer er niet eerder naar had gevraagd.

In de loop der jaren is de indeling van soorten incidenten, ongevallen en storingen verandert. Tot augustus 1990 hanteerde men de volgende categorieën:

Categorie 1 en 2 hebben betrekking op storingen in een component of systeem dat niet nodig is voor het functioneren van een veiligheidssysteem. Dit zijn "alledaagse voorvallen" en worden daarom niet opgenomen in het overzicht van storingen.

Categorie 3 en 4 betreffen storingen aan veiligheidssystemen. Bij categorie 3 is geen onmiddellijke afschakeling van de reactor vereist, maar vermindert de beschikbaarheid van de veiligheidssystemen wel. Storingen in deze categorie heten ook wel "grote bedrijfsstoringen". Bij categorie 4 gaat het om vereiste afschakeling van de reactor, dan wel vermindering van het elektrisch vermogen.

In categorie 5 en 6 vallen pijpbreuken en gebeurtenissen die mogelijk leiden tot het vrijkomen van radioactieve stoffen naar de omgeving.

Vanaf augustus 1990 hanteert de overheid een andere indeling. Het gaat om de 'International Nuclear Events Scale' (INES), een initiatief van het Internationale Atoom Energie Agentschap (IAEA) en het Nucleaire Energie Agentschap.

De internationale schaal kent zeven niveaus, die alleen betrekking hebben op nucleaire of radiologische veiligheid. Gebeurtenissen op niveau 1, 2 of 3 heten voortaan "incidenten", bij niveau 4 tot en met 7 gaat het om "ongevallen". De kernramp bij Tsjernobyl is niveau 7, de kernsmelting bij Harrisburg niveau 5.

Gebeurtenissen zonder veiligheidsbelang krijgen de aanduiding niveau nul en heten "storingen", hoewel niveau 1 ook de omschrijving "storingen" krijgt. Bij een storing is sprake van "functionele of operationele afwijkingen welke geen risico met zich mee brengen maar die duiden op een gebrek aan veiligheidsvoorzieningen".

### **Bedrijfsstoringen Borssele**

Hieronder volgt een overzicht van de grote bedrijfsstoringen in de kerncentrale Borssele vanaf 1980. Over de jaren daarvoor beschikken we niet over officiële gegevens. Wel is het zo dat blijkt de toelichting van de minister van Sociale Zaken bij het eerst gegeven

overzicht "de opgetreden storingen in de kerncentrale in 1980 globaal qua aantal en ernst overeenkomen met de voorgaande jaren".

We geven alleen de aantallen weer, het is ondoenlijk om voor alle meldingen een beschrijving te maken.

Geïnteresseerden kunnen de jaaroverzichten opvragen bij de Kernfysische dienst (KFD), onderdeel van VROM.

#### **Overzicht grote bedrijfsstoringen kerncentrale Borssele**

<b>jaar</b>	<b>aantal</b>
1980	17
1981	16
1982	11
1983	7
1984	11
1985	7
1986	8
1987	17
1988	10
1989	25
1990	18
1991	23
1992	20
1993	21
1994	17
1995	8
1996	14
1997	15
1998	10
1999	8
2000	12
<b>totaal</b>	<b>285</b>

- Ministerie van Sociale Zaken, brief 124.813, 8 mei 1981
- Tweede Kamer, 16226, nr. 10
- Persbericht NEA, 18 mei 1990

## Levensduurverlenging: veilig en betrouwbaar?

In plaats van het bouwen van een nieuwe kerncentrale, kan er ook gekeken worden of de bestaande centrale langer mee kan gaan. De zogenaamde Plant Lifetime Extension (PLEX). Voordat we gaan kijken naar de mogelijkheden om een centrale langer in bedrijf te houden, moeten we eerst weten wat de voornaamste slijtage veroorzaakt in een kerncentrale.

Processen die zorgen voor slijtage en veroudering in een kerncentrale:

1. Straling
2. Thermische belasting
3. Mechanische belasting
4. Corrosieve en eroderende processen
5. Combinaties van bovenstaande

Het slijten / verouderen van materialen komt in veel verschillende vormen voor in kerncentrales. De belangrijkste slijtagevormen zijn:

1. Verbrossing van metalen of organische materialen door straling (bijvoorbeeld kabelisolatie)
2. Het ontstaan van scheurtjes in metalen onderdelen door spanning en verwerking
3. Verroesting
4. Verandering van elektrische karakteristieken (bijvoorbeeld door straling of hitte in elektrische componenten)
5. Door mechanische belasting of temperatuurschommeling optredende materiaalmoetheid in metalen, beton en plastics. Voor betondelen die aan de buitenkant zitten geldt ook nog dat weersinvloeden een rol spelen.

De meeste problemen die gerelateerd zijn aan veroudering hebben te maken met "vaste componenten", de componenten zonder bewegende delen. Actieve componenten, zoals pompen en kleppen, laten vaak veel duidelijker slijtage zien en vervanging kan meestal gedaan worden tijdens regulier onderhoudswerk. Toch moet het verouderen van actieve componenten niet verwaarloosd worden als risicofactor bij PLEX.

De maximale leeftijd van een kerncentrale is niet vast te stellen. Dit omdat daar geen algemeen aanvaarde procedure voor bestaat. De beslissing om een kerncentrale langer open te houden dan oorspronkelijk gepland wordt dan ook meestal genomen op basis van economische argumenten en de technische staat van de centrale.

Sommige slijtage processen zijn goed bestudeerd. Zo is er veel bekend over het "dose-rate-effect" wat verbrossing van metalen veroorzaakt. Toch valt er nog steeds niks met zekerheid over te zeggen. Het "dose-rate-effect" kan nog steeds niet betrouwbaar en kwantitatief worden beschreven. De risico's verbonden aan het langer openhouden van kerncentrales zijn daardoor moeilijk in te schatten, omdat het niet te berekenen is welk effect dit zal hebben op het reactorvat (dat het meest te lijden heeft onder het "dose-rate-effect").

Concluderend kan gezegd worden dat wereldwijd het risico op een ongeluk significant toeneemt naarmate er meer kerncentrales in bedrijf zijn die 20 jaar of ouder zijn.

### **Maatregelen om veroudering tegen te gaan.**

Om maatregelen te kunnen nemen, moeten we eerst kijken welke componenten vervangbaar zijn en welke niet. Er bestaat een algemene consensus over het feit dat eigenlijk alles te vervangen is op het reactorvat en het gebouw na. Het reactorvat is eigenlijk ook de enige echte maatstaf voor de leeftijd van een kerncentrale. Er zijn een aantal studies gedaan naar de mogelijkheid om reactorvaten te vervangen, maar dit blijkt niet haalbaar.

Er zijn drie soorten maatregelen die genomen kunnen worden om de bedrijfstijd van een kerncentrale te verlengen:

1. **Vervanging van componenten.** Dit is vaak de enige optie als er duidelijke gebreken zijn zoals lekkages en andere problemen die een directe invloed hebben op de bedrijfsvoering. Zelfs grote componenten zoals stoomgeneratoren en reactorvatdeksels kunnen vervangen worden. De kosten voor dit soort maatregelen zijn meestal erg hoog.
2. **Terugbrengen van de (mechanische of thermische) belasting.** Dit geldt meestal alleen voor het reactorvat, omdat dat niet te vervangen is. Om bijvoorbeeld een "warmte schok" te voorkomen kan het noodkoelwater opgewarmd worden. Om straling te verminderen (en zo te voorkomen dat het staal bros wordt), kan de bewegingsvrijheid van neutronen in het vat tegengegaan worden door het plaatsen van "dummy" elementen of opgebrande elementen aan de buitenkant van de reactorkern. In principe kunnen dit soort maatregelen ook toegepast worden op andere componenten. De kosten voor dit soort maatregelen zijn gemiddeld.
3. **Het verlagen van de veiligheidsstandaard.** Het naar beneden bijstellen van de veiligheidseisen die aan materialen zitten, verlengen de levensduur - althans theoretisch. Veroudering en slijtage kunnen gecompenseerd worden met een verhoogd controleregime. Ervan uitgaande dat fouten eerder ontdekt worden dan dat ze tot ongelukken leiden. De kosten voor dit soort maatregelen zijn relatief laag.



De optie om onderdelen te repareren is niet opgenomen omdat dit onderdeel is van de normale bedrijfsvoering onafhankelijk van het al dan niet uitvoeren van PLEX.

In Centraal- en Oost-Europa passen ze ook nog een bijzondere methode toe: "annealing". Hierbij wordt het reactorvat verhit om de effecten van de verbrossing tegen te gaan. Het is echter niet duidelijk wat de voor- en nadelen hiervan zijn op lange termijn omdat er te weinig bekend is over het opnieuw verbrossen van de reactorvaten na de verhitting.

Als het over PLEX gaat zijn opties 2 en 3 het meest in trek hoewel de vervanging van grote onderdelen op veel plekken al is toegepast. Zeker wanneer de verwachte levensduurverlenging de investering leek te rechtvaardigen. Zo zijn in verschillende reactoren de stoomgeneratoren vervangen en worden deksels van reactorvaten in bijvoorbeeld Frankrijk vervangen.

### **Kosten**

Het prijskaartje dat aan PLEX hangt is erg ondoorzichtig. Amerikaanse studies wijzen op kosten tussen de 10-50 \$/kW, terwijl Russische studies wijzen kosten tussen de 100-250 \$/kW. Ter vergelijking: de kosten voor het bouwen van een nieuwe kerncentrale liggen ver boven de 1000 \$/kW.

Het is heel waarschijnlijk dat de kosten eerder aan de hoge dan aan de lage kant uitvallen. Uitgaande van het feit dat een nieuwe stoomgenerator al tussen de \$90 en \$165 miljoen kost. Daarnaast mag ook verwacht worden dat de veiligheidsstandaarden niet verlaagd worden en dat alle materialen die aan slijtage / veroudering onderhevig zijn vervangen worden.

- Preparatory Study: Nuclear Power Plant Ageing and Plant Life Extension (PLEX); report to Global2000, Vienna by Dr. Helmut Hirsch; Scientific Consultant; Hannover; February 2001, ongepubliceerd
- Status of applications and industry activities, US NRC,

### Het mondiale perspectief

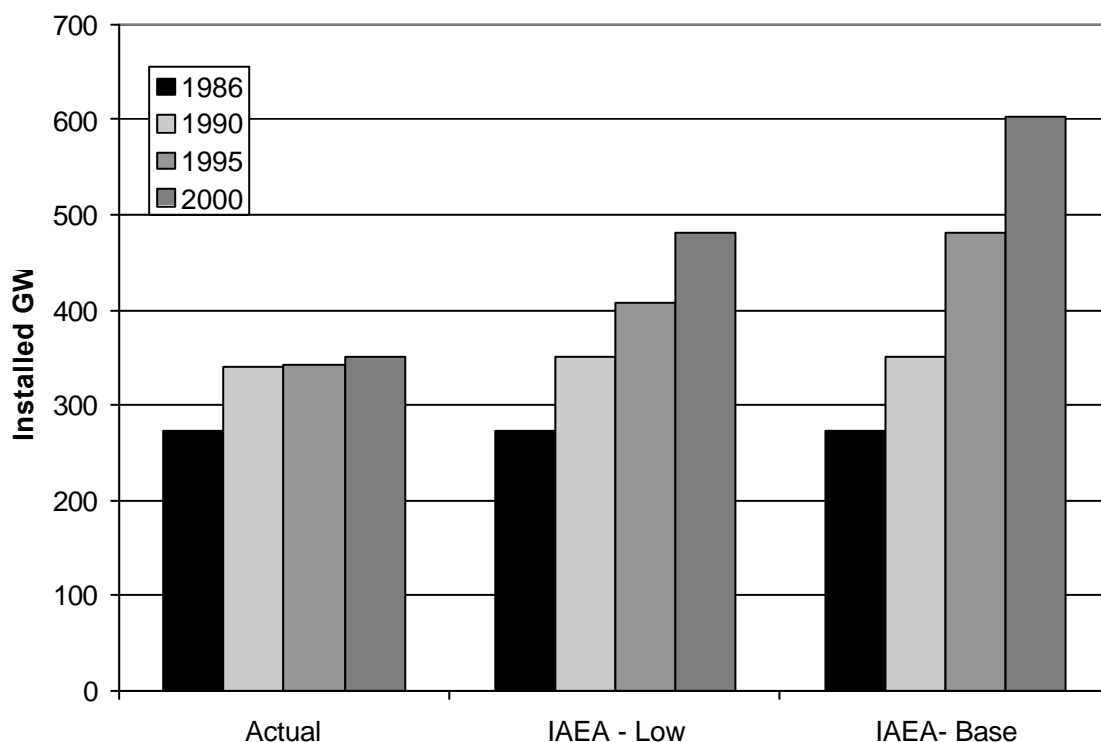
De commerciële toepassing van kernenergie is voortgekomen uit de bombardementen met atoomwapens op Japan. Bijna 50 jaar geleden werd voor het eerst elektriciteit opgewekt door een kerncentrale. Het waren de jaren van het grenzeloze optimisme; kernenergie zou de wereld voorzien van stroom, zo goedkoop dat het nauwelijks loonde om het in rekening te brengen bij de gebruiker en zo schoon dat de wereld zich geen beperkingen hoefde op te leggen als het ging om het gebruik van energie.

Dit optimisme is grondig herzien en gebleken fout te zijn.

Het aanvankelijke optimisme is nog te begrijpen in het licht van de jaren vijftig van de vorige eeuw toen de technologie net ontdekt was. Onbegrijpelijker al zijn de voorspellingen van de industrie in de late jaren '80, na de ongelukken in Harrisburg (1979) en Tsjernobyl (1986). In haar jubileumuitgave ter ere van haar dertigjarig bestaan claimde de IAEA nog steeds dat het aandeel en belang van kernenergie alleen maar zou groeien.

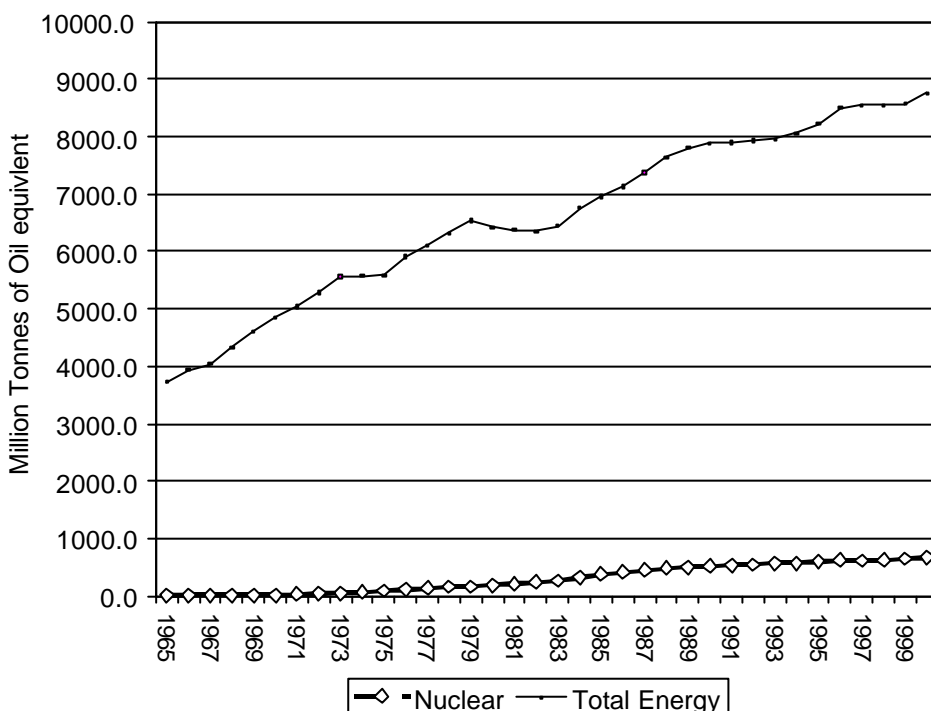
Onderstaande grafiek toont de werkelijkheid. Tussen 1986 en 1990 zijn er nog een paar reactoren aan het net gekoppeld maar sindsdien is er alleen maar sprake van stagnatie of zelfs teruggang. Sinds Tsjernobyl is de capaciteit van het nucleaire vermogen wereldwijd gegroeid met ongeveer 25%.

IAEA's Post Chernobyl Forecast for Global Nuclear Industry



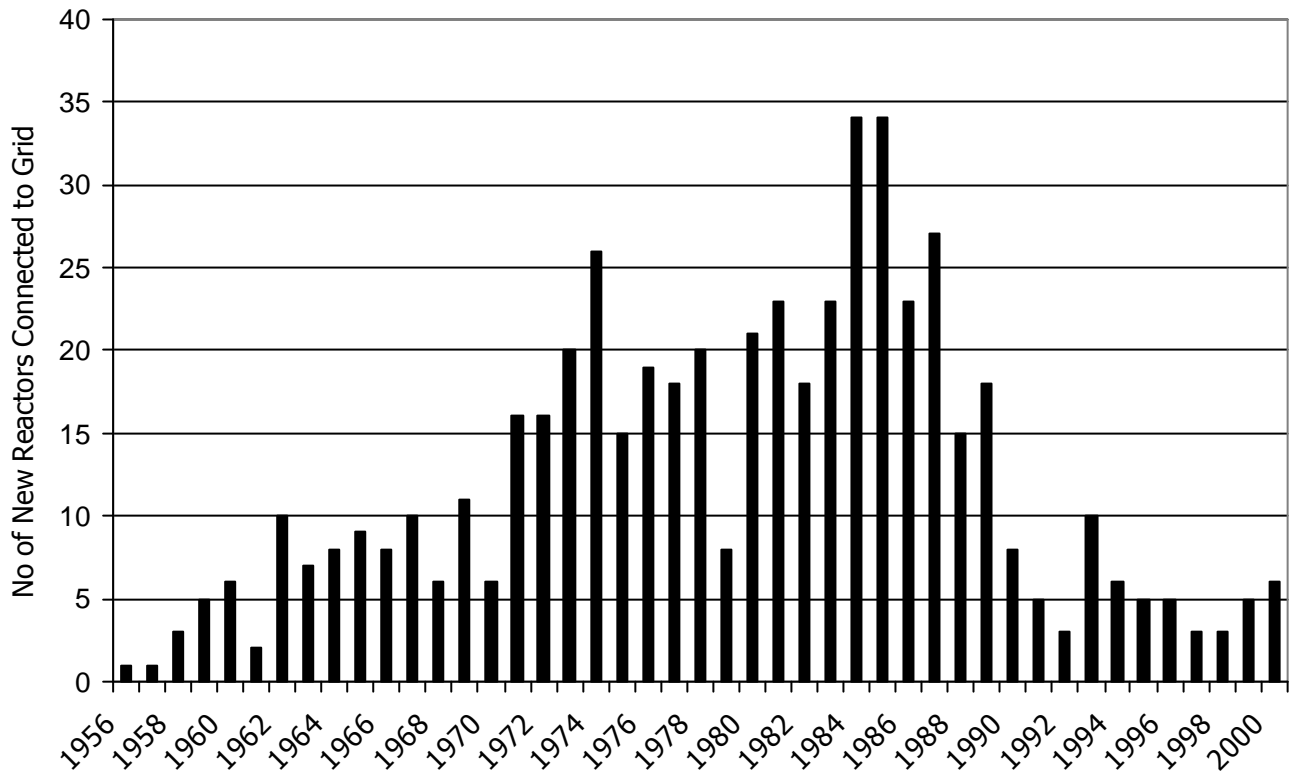
Onderstaande grafiek toont de ontwikkeling van de toename van het totale gebruik van energie en die van kernenergie afzonderlijk. Op dit moment wordt 7,6% van de wereldbehoefte aan energie door kernenergie gedekt (16% van de elektriciteitsbehoefte). In 1990 was dat 6,5% en in 1980 2,8%.

### Global Energy and Nuclear Consumption 1965-2000



Voorstanders van kernenergie zeggen vaak dat kernenergie onvoldoende kansen heeft gekregen om zich ten volle te bewijzen. Los van de vraag of je hierin niet het voorzorgsprincipe zou moeten laten gelden is het ook niet juist: kernenergie is een volwassen technologie die elektriciteit produceert in 32 landen. Er zijn wereldwijd 550 commerciële reactoren gebouwd waarvan er op dit moment nog 440 in bedrijf zijn. Onderstaande grafiek geeft de ontwikkeling weer sinds 1954. De meeste elektriciteit uit kernenergie werd rond 1980 gemaakt toen ongeveer 30 GW aan het net werd geleverd. In 1975 werden de meeste nieuwe centrales besteld, in totaal werd voor 38GW aan nieuwe orders geplaatst. Overigens zijn deze lang niet allemaal gebouwd.

## Global Development of Nuclear Power



Behalve door het ongeluk in Harrisburg werd kernenergie in de jaren daarna vooral minder populair door het voorzichtig doorbrekende besef dat het wel eens minder kosteneffectief zou zijn dan gedacht en door het breed in de publieke opinie doorgedrongen besef dat er nog geen oplossing was voor het radioactieve afval.

De grootste klap werd uitgedeeld door de ramp in Tsjernobyl. In 1986 werd begonnen aan de bouw van maar 1 nieuwe reactor. Tussen 1970 en 1990 werden er jaarlijks gemiddeld 23 nieuwe reactoren aan het net gekoppeld, in de jaren '90 was dit aantal dramatisch teruggelopen tot een gemiddelde van 5.

Uitgaande van een gemiddelde levensduur van 40 jaar (zie levensduurverlenging) zou er op zijn minst elk jaar tien nieuwe reactoren gebouwd moeten worden om een stilstand (status-quo) te bereiken.

Maar de nucleaire industrie en haar instituten, onder andere de IAEA, voorzien een verandering ten gunste van kernenergie. Gehoopt wordt dat bezorgdheid om

klimaatverandering ertoe leidt dat meer landen voorbij gaan aan de nadelen van kernenergie en opnieuw inzetten op een revival van deze energievorm. Deze hoop wordt nog gevoed door de versterkte neiging van westerse landen (zeker na 11-09-01) om niet afhankelijk te willen zijn van olieproducerende landen in met name het Midden-Oosten (politiek instabiel, angst voor te veel invloed van de islamitische wereld) en Rusland (instabiel, onbetrouwbaar bestuur)

Belangrijkste factor en punt van overweging voor beslissers op dit moment is de vraag hoe economisch rendabel kernenergie is. Gedreven door ideologie (vrije markt) en door de wens de invloed van de overheid terug te dringen, het overheidsapparaat in te krimpen en meer aan de markt over te laten wordt de voorheen sterk centraal door de overheid aangestuurde elektriciteitssector - in feite vaak monopolistische bedrijven in handen van de overheid - in meer of minder hapklare brokken verdeeld en geprivatiseerd terwijl de markt zelf in elk geval alvast wordt geliberaliseerd.

Dit heeft er in elk geval toe geleid dat er veel meer inzicht is gekomen in de kostprijs van de verschillende energiedragers. En dus meteen tot de erkenning dat kernenergie gekenmerkt wordt door relatief hoge kapitaalslasten. En in de situatie dat andere - reeds beschikbare - energiedragers sneller, goedkoper en makkelijker te bouwen en te exploiteren zijn heeft een en ander de nucleaire industrie een gevoelige klap toegebracht.

**De kernvraag in de komende jaren is of kernenergie weer zoveel politieke steun krijgt dat diezelfde politiek bereid is de door haar omhelsde doctrine van de vrije markt los te laten teneinde weer te kunnen interveniëren met subsidies, soepele wetgeving en ingrepen in de markt.**

Zonder deze hernieuwde staatssteun zal de opwekking van kernenergie langzaam afnemen om, ergens tussen 2030 en 2050 helemaal van het toneel te verdwijnen. De erfenis echter van het nucleaire tijdperk, in de vorm van het radioactieve afval, zal de toekomstige generaties nog lang belasten.

- Nuclear power developments: History and outlook, events have changed the global prospects for nuclear power, N. Char and B. Csik, IAEA, Bulletin 29/3, 1987
- BP Statistical review 2001,
- Has privatisation reduced the price of power in Britain? S. Thomas, SPRU, University of Sussex Monograph, Unison, november 1999
- Nuclear power in the OECD, International Energy Agency, 2001