

December 2011

www.kernvisie.com

KernVisie wenst u
een voorspoedig 2012!



Vijftig jaar HFR

De Hoge Flux Reactor (HFR) in Petten is een halve eeuw in bedrijf. Op woensdag 9 november om exact 21.48 uur was het precies vijftig jaar geleden dat de eerste kernsplijting plaatsvond in de toen spiksplinternieuwe onderzoeksreactor. "Dat de HFR anno 2011 zo'n belangrijk onderzoeksinstrument voor een CO₂-vrije Europese energievoorziening én een 'fabriek' voor medische isotopen zou zijn, hadden we toen niet durven hopen", aldus NRG directeur Rob Stol.

Het is de Bataafse Aannemings Maatschappij die in 1957 in de Noord Hollandse duinen begint met de bouw van de HFR. De onderzoeksreactor van het Amerikaanse ACF Industries diende als basis voor een alomvattend Nederlands nucleair programma. De reactor werd gebouwd met als doel het

verwerven van kennis voor de vreedzame toepassing van kernenergie en het beschikbaar stellen daarvan, in het bijzonder aan Nederlandse instellingen en ondernemingen. De aanzet tot de oprichting komt van FOM, de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie die haar onderzoeksterrein

wilde uitbreiden tot kernenergie. De Tweede Kamer ziet echter liever een aparte stichting met een scheiding voor fundamenteel onderzoek in Rijnhuizen en een toegepast onderzoek door het Reactor Centrum Nederland (RCN) in Petten. Na de inbedrijfstelling werkt RCN nauw samen met universitaire werkgroepen van Amsterdam, Groningen en Leiden. Maar ook de internationale betekenis van de HFR is vanaf het begin duidelijk. Nog tijdens de bouw in 1961 werd de reactor overgedragen aan de Europese Commissie. Nederland tekent daartoe een overeenkomst met Euratom. RCN blijft als voorloper van ECN (Energieonderzoek Centrum Nederland) en het latere NRG (Nuclear Research and consultancy Group) belast met de bedrijfsvoering. Tot in 1968 draait de reactor op een vermogen van 20 megawatt (MW). In 1970 wordt dit opgevoerd tot het huidige reactorvermogen van 45 MW.

Mijlpalen

De afgelopen vijftig jaar heeft de reactor een aantal mijlpalen bereikt. Zo werd in 1984 het aluminium reactorvat vervangen. Tegelijkertijd worden horizontale bestralingsbuizen aangebracht. Deze kunnen, in aanvulling op de bestralingsposities in de kern, worden gebruikt voor bestralingen voor wetenschappelijk onderzoek en medische nucleaire toepassingen.

- 1 Vijftig jaar HFR, een overzicht
- 4 HFR door de tijd heen
- 7 En het leven na de HFR?
- 9 Symposium Kivi Niria KE/ NNS: Stresstest, wat en hoe?
- 11 Veiligheidsmarges kerncentrale Borssele groter dan in ontwerp-eisen gesteld
- 13 Voltooiing omhulling rond de Fukushima-Dai-ichi eenheid 1
- 13 Stresstest toezichthouders minstens zo belangrijk als voor de kerncentrales
- 14 Ervaringen in China



Elektrische auto's

Jaarlijks bestraalt NRG in de HFR zeven ton silicium voor de productie van Neutron Transmutation Doped (NTD) Silicium. Dit materiaal wordt onder andere toegepast in hoogvermogen elektronica zoals elektromotoren voor hybride en elektrische auto's. Het NTD-silicium is een materiaal dat zich wat betreft elektrische geleiding bevindt tussen de isolatoren die geen stroom geleiden en materialen als metalen die juist hele goede geleiders zijn. Puur silicium geleidt geen stroom en werkt dus als isolator. Het silicium-kristal is half geleidend te maken door er onzuiverheden in aan te brengen. Dit heet silicium doperen of silicium doping. De markt voor NTD-Silicium bedraagt op dit moment ongeveer tweehonderd ton per jaar. De verwachting is dat deze in 2030 zal groeien tot 1.000 ton per jaar wat overeenkomt met een groei van 8,5 procent op jaarbasis. De belangrijkste aanjager voor deze groei is de toenemende productie van 'duurzame' hybride en elektrisch aangedreven auto's. De HFR beschikt over een capaciteit van maximaal twintig ton per jaar. Voor PALLAS, de beoogde opvolger van de HFR is een capaciteit voorzien van honderd tot honderdvijftig ton per jaar.

Anderhalf jaar later start de HFR weer op. In 2001 gaat de reactor tijdelijk buiten bedrijf op last van Jan Pronk, toenmalig minister van VROM die zich zorgen maakt over de veiligheidscultuur. Een inspectie door het Internationaal Atoom Energie Agentschap volgt. In 2002 maakt het reactorbedrijf een doorstart. In 2005 gaat de Kernenergiewetvergunning voor de HFR over van de Europese Commissie naar NRG. Met de gewijzigde vergunning kan de reactor overschakelen van hoogverrijkt naar laagverrijkt uranium als reactorbrandstof. 'Petten' is daarmee de eerste onderzoeksreactor ter wereld die deze overschakeling succesvol volbrengt. In 2008 komt tijdens een reguliere inspectie een technisch mankement in de hoofdkoelwaterleiding van de reactor aan het licht. NRG legt de reactor stil voor reparatie. In 2010 start de reactor na reparatie weer op en kan NRG de productie van medische isotopen en het energieonderzoeksprogramma hervatten.

Energie-onderzoek

In het onderzoek naar een schone, betrouwbare en betaalbare energievoorziening speelt de HFR een hoofdrol in Europa. De behoefte aan onderzoek naar kernsplijting en kernfusie in de kernreactor is in vijftig jaar steeds verder toegenomen. Waar in de beginjaren de focus lag op fundamenteel onderzoek en het testen van materialen en splijtstoffen voor de bouw van kernenergiecentrales, vormen veiligheidstests, recycling van kernafval en materialen voor kernfusiecentrales nu belangrijke speerpunten in het programma van de reactor. In de jaren tachtig verbreedt de reikwijdte van het energieonderzoek in Petten. Uitbreiding van het nucleaire energieonderzoek vindt plaats met nieuwe energietechnologieën, zoals zon, wind en biomassa. NRG, ECN en het Institute for Energy & Transport (IET) van de Europese Commissie in Petten zijn op dit moment toonaangevend bij de Europese

inspanningen voor een verduurzaming van onze energievoorziening. Het gebruik van onderzoeksreactoren zoals de HFR zal de komende decennia verder toenemen. Met de HFR 'op leeftijd', is het van groot maatschappelijk belang om op tijd een opvolger te ontwikkelen en te bouwen. NRG voorziet hierin met het PALLAS-project. PALLAS is de naam van de nieuwe kernreactor die de medische productieactiviteiten en het energieonderzoek van de HFR moet overnemen. Het wachten is nu op een kabinetsbesluit over de financiering van PALLAS.

Wetenschappelijk instrument

Als halverwege de jaren vijftig de Nederlandse regering besluit tot de aanschaf van een onderzoeksreactor, reist Jaap Goedkoop, voormalig wetenschappelijk directeur RCN in 1958 naar het Amerikaanse plaatsje Oak Ridge voor een bezoek aan het HFR-prototype: de Materials Testing Reactor. Voor de inrichting van de nieuwe reactor neemt Goedkoop drie belangrijke beslissingen. De HFR wordt voorzien van metersgrote afschermingsblokken van met ijzererts verzaaid beton. De uitvoering van het onderzoek moet niet geïsoleerd, maar van meet af aan breed worden opgezet tezamen met de wetenschappelijke wereld in Nederland. Verder neemt RCN de verantwoordelijkheid voor de kosten voor het gebruik van de neutronenbundels om niet de aanstaande onderzoekers of hun laboratoria te belasten.

Bij de bundelkanalen kwamen in eerste instantie faciliteiten voor onderzoek naar de structuur en het magnetisme in vaste stoffen en voor kernfysica-onderzoek. Enkele jaren later volgde een installatie voor het onderzoek naar de dynamica van vaste stoffen. De onderzoekers werkten nauw samen met diverse universiteiten. Zo werd vanuit Utrecht en Leiden het kernfysica-programma gestart. Later namen RCN-medewerkers dit werk over. Voor

Medische isotopen



Bassin HFR, (foto NRG)

het structuuronderzoek werd aansluiting gezocht bij universitaire werkgroepen van Amsterdam, Groningen en Leiden. In het magnetisch onderzoek ontstonden samenwerkingen met de universiteiten van Leiden en Eindhoven. Een uitbreiding van de HFR-faciliteiten volgde met installaties voor kristalstructuuronderzoek, voor kernfysica met gepolariseerde neutronen en voor kleine-hoekverstrooiing voor materiaalonderzoek. Het hele programma resulteerde in een zeer groot aantal proefschriften en publicaties in wetenschappelijke tijdschriften. Het was de combinatie van de neutronenbundels en de zeer gevarieerde experimentele faciliteiten die bij de HFR een breed spectrum van onderzoek mogelijk maakte. Een van de successen was de ontwikkeling van een nieuwe vorm van analyse met een bijbehorende computercode. De methode heeft tot een wereldwijd succes geleid. RCN-wetenschapper Hugo Rietveld ontving hiervoor de wetenschappelijke Aminoffprijs uit handen van de Zweedse koning en later een hoge Nederlandse koninklijke onderscheiding. Een ander hoogtepunt in het fundamenteel

onderzoek bij de HFR betrof onderzoek naar de magnetische structuur van anti-ferromagnetisch materiaal en de veranderingen daarin bij een faseovergang. Het ging hierbij om een bijzonder resultaat van onderzoek met neutronenbundels van de HFR waarmee op verrassende wijze een theorie werd bewezen over de kritieke verschijnselen die zich voordoen bij deze faseovergang. De theorie is bekend geworden onder de naam renormalisatietheorie en was afkomstig van de theoretisch fysisch Kenneth Wilson, die hiervoor in 1982 de Nobelprijs ontving. Aan het eind van de jaren tachtig onderging ECN, de opvolger van RCN, ingrijpende beleidswijzigingen. De nucleaire afdelingen van ECN en KEMA gingen samen in NRG. Het wetenschappelijk onderzoek met gebruikmaking van de neutronenbundels van de HFR paste niet meer in deze gewijzigde beleidsstructuur en werd daarom sterk gereduceerd. Maar de kennis die het fundamenteel onderzoek bij de HFR heeft opgeleverd, heeft Nederland wetenschappelijk mede op de kaart gezet.

Wereldwijd bestaan er slechts enkele onderzoeksreactoren die als nevenactiviteit grote hoeveelheden medische isotopen produceren. De HFR in Petten is één van deze reactoren en NRG is daarmee de grootste producent van medische isotopen in Europa en de nummer twee in de wereld. Dagelijks zijn ruim 24.000 patiënten afhankelijk voor een behandeling van materialen uit Petten die in ziekenhuizen worden ingezet bij diagnostiek, therapie en pijnbestrijding. De productie van medische isotopen in de HFR heeft sinds 1996 een vlucht genomen. Op de locatie zijn sindsdien verschillende faciliteiten gebouwd voor de verwerking van isotopen voor ziekenhuizen. De ontstane infrastructuur in Petten is uniek in de wereld. Nergens anders is een vergelijkbare cluster van faciliteiten rond een kernreactor met een hoge beschikbaarheid van tweehonderdnegentig bedrijfsdagen per jaar. De wereldwijde aanmaak van isotopen voor medische toepassingen kwam in 2010 in gevaar toen naast de Canadese reactor Chalk River ook de HFR voor reparatie werd stilgelegd. Na het herstel van het primaire koelwatersysteem hervatte NRG daarom onmiddellijk de productie van onder meer molybdeen-99, het moederisotoop van technetium-99m en het belangrijkste isotoop voor de nucleaire geneeskunde. Het is met name de HFR in Petten waar als een van de weinige locaties ter wereld juist het molybdeen-99 in grote hoeveelheden wordt geproduceerd. NRG voelt daarom een zware verantwoordelijkheid en werkt hard mee aan het waarborgen van leveringszekerheid. In november 2011 startte in de HFR de 1000e productie van het medische isotoop Lutetium dat wordt ingezet in de strijd tegen alveolair- en darmkanker. De HFR loopt tegen het einde van zijn technische levensduur. Investerings- en een akkoord van de overheid voor de opvolger PALLAS zijn cruciaal voor de gegarandeerde leveringszekerheid van medische isotopen.



Oplossingen voor kernafval

Eén van de bezwaren die leeft tegen het gebruik van kernenergie is het kernafval dat overblijft na kernsplijting en waarvan een klein deel voor lange tijd radioactief blijft. Eén van de functies van de HFR is het faciliteren van onderzoek naar het verkorten van de levensduur van radioactief afval. Dit afval is grofweg onder te verdelen in twee groepen elementen:

de actiniden die zwaarder zijn dan uranium en de splijtingsproducten. In Petten is al vanaf begin jaren negentig gekeken naar de mogelijkheid van transmutatie, de omzetting tot elementen die minder schadelijk zijn. Zo blijkt het onder andere mogelijk de levensduur van kernafval sterk te verkorten door de langlevende componenten te verbranden in gewone bestaande reactoren. Maar op termijn zijn ook snelle reactorsystemen (actinidenverbranders) nodig om ook de moeilijkst splijtbare restanten te verbranden. Experimenten in de HFR laten zien dat de levensduur van actiniden aanzienlijk kan worden teruggebracht door de afzonderlijke actiniden uit het afval af te scheiden, toe te voegen aan nieuwe splijstof en vervolgens in reactoren herhaaldelijk bloot te stellen aan een bombardement van neutronen. Hierdoor wordt een deel van deze stoffen omgezet in lichtere elementen met een veel kortere levensduur. Voor verdere verkorting tot 250 jaar zijn verbeterde afscheidingsprocedures en actinidenverbranders vereist. Het gebruik van een onderzoeksreactor zoals de HFR of de toekomstige PALLAS in combinatie met de aangrenzende Hot Cell Laboratories en Actinidenlaboratorium zijn bij het onderzoek naar de ontwikkeling van een meer duurzame splijstof cyclus onontbeerlijk.

De reparatie

De reactor is een belangrijke schakel in de productie van radio-isotopen voor de medische sector en speelt een prominente rol in internationaal energieonderzoek. In augustus 2008 werd tijdens een standaard in-service inspectie een bellenspoortje waargenomen in de primaire koelwaterleiding van de HFR. Hoewel geen sprake was van een lek besloot NRG de reactor niet op te starten maar uitvoerig onderzoek te doen naar de omvang, oorzaak en consequenties van de vervormingen. Begin 2009 kreeg NRG toestemming voor het opstarten en tijdelijk in bedrijf nemen van de HFR met extra veiligheidsmaatregelen. Tegelijkertijd werd gekeken naar de mogelijkheden voor de reparatie. Als onderdeel van een HFR 'return-to-service'-programma ontwikkelde NRG een plan voor de herstart van de reactor. Ook werd een gedetailleerd reparatieplan gemaakt voor het herstel van de aangetaste koelwaterleidingen. De reparatievoorbereidingen namen twaalf maanden in beslag. In die tijd werden de reparatietechnieken en het plaatsen van de stralingsafscherming uitgebreid

beproefd en getest. In februari 2010 ging de definitieve reparatie van start. De te herstellen onderdelen van de primaire koelwaterleiding bevonden zich onder de reactorkern en waren ingegoten in een betonnen vloer. De locatie en de strenge veiligheidseisen maakten de operatie bijzonder en uitdagend. Veiligheid en gezondheid van alle betrokken medewerkers stonden tijdens de reparatie te allen tijde voorop. Een op maat gemaakte densimet stralingsafscherming in én om het reactorvat zorgde voor de bescherming van de werkers tegen straling vanuit de reactorkern. Het bassin was leeggepompt om de reparatie 'droog' uit te kunnen voeren. Op basis van de inspectie en meetresultaten van de in het beton vrijgeboorde reducers besloot NRG in overleg met autoriteiten de reparatie lokaal uit te voeren. De aangetaste delen werden verwijderd waarna een gespecialiseerde aannemer nieuw aluminium leidingmateriaal inlaste. Hierna volgde het herstel met zwaar beton en de verwijdering van de densimet stralingsafscherming. Na uitgebreide veiligheidstesten werd de HFR op 9 september 2010 weer in bedrijf genomen.

HFR door de tijd heen

16 mei 1956

Overeenkomst tussen het Reactor Centrum Nederland (RCN) en de American Car and Foundry Industries Incorporated (ACF) voor de levering van de reactor.

1958-1961

Bouw van de reactor.

25 juli 1961

Overdracht reactor naar Euratom.

9 nov. 1961, 21.48 uur

Reactor voor de eerste maal kritiek.

25 mei 1962

Ontwerpvermogen van 20 MW gerealiseerd.

8 mei 1966

Reactor vermogen naar 30 MW.

1968

De Europese Commissie wordt vergunninghouder en formele bedrijver. RCN bedrijft onder EC-contract de HFR.

20 februari 1970

HFR-vermogen op 45 MW. Op dit vermogen draait de reactor nog steeds.

Juni 1970

Eerste bestraling in een nieuwe onderzoeks-faciliteit met Druk Water Reactor-condities.

1976

RCN wordt ECN.

Juli 1984

Installatie van een nieuw reactorvat na 21 jaar bedrijf. Dit vat maakt meer experimen-ten mogelijk.

14 februari 1985

Opstart reactor na vatvervanging.

Mei 1986

Start met een van de bundelkanalen (HB-12) voor het astrofysisch onderzoek.

1996

Start productie Molybdeen-99 voor de nucleaire geneeskunde.

1997

BNCT: de eerste patiënt wordt in een spe-ciale behandelruimte bestraald aan een hersentumor.

1998

ECN en KEMA voegen nucleaire afde-lingen samen. Oprichting van Nuclear Research & consultancy Group (NRG).

1999

De HFR wordt bedreven door NRG onder contract en verantwoordelijkheid van JRC.

2 februari 2002

Minister Pronk legt de HFR stil na berich-ten over mogelijke misstanden.

22 maart 2002

De reactor start weer op.

2003

Nieuwe vergunningsaanvraag voor de HFR.

11 januari 2005

De Europese Commissie draagt het ver-gunninghouderschap over aan NRG.



HFR in aanbouw

21 oktober 2005

Start conversie reactor van hoog- naar laagverrijkt uranium.

22 augustus 2008

Reactor stilgelegd na constatering bellen-spoor in koelwaterleiding.

12 februari 2009

Opstart HFR. De toestemming geldt tot 1 maart 2010.

Februari 2010

Start reparatie koelwaterleiding.

9 september 2010

Reactor opgestart na reparatie.



Testen herladen reactorkern (toen)



Brandstof onderzoek HTR

In de HFR heeft NRG in samenwerking met het Institute for Energy van de Europese Commissie in 2005 voor het Europese project Raphael onderzoek verricht naar de brandstof voor Hoge Temperatuur Reactoren (HTR). Het was het eerste van een reeks experimenten die de HTR-brandstoftechnologie moet verbeteren met als doel: een hogere temperatuurbestendigheid en hogere energieopbrengst. Met dit bestralingsproject was het mogelijk het gedrag van de brandstof in kaart te brengen, omdat bij de HTR, zoals de naam al zegt, de brandstoftemperaturen beduidend hoger zijn dan in traditionele watergekoelde reactoren. Na tien cycli van intensieve bestralingen werd het bestralingsexperiment in de HFR in november 2005 succesvol afgerond. Een groot voordeel van de HTR is de inherente veiligheid. Inherent, of intrinsiek veilig bij kernreactoren betekent dat er geen noodkoelsystemen nodig zijn om de integriteit van de brandstof te garanderen. Bij een inherent veilige kerncentrale is het fysisch uitgesloten dat de splijtstof in de reactor kan beschadigen door oververhitting. Een HTR maakt bovendien op innovatieve en effectieve wijze gebruik van de brandstof in de vorm van pebbles, bollen van koolstof ter grootte van tennisballen waarin het uranium in de vorm van gecoate korreltjes is opgenomen. Vijf van dit soort ballen heeft NRG in het kader van Raphael beproefd in de HFR. NRG is al in 1993 gestart met onderzoek naar de HTR. Het is zelfs één van de speerpunten in het onderzoeksprogramma van NRG en Euratom.

Twintig jaar op de reactorvloer

Arco Lameree werkt al twintig jaar bij de HFR. Hij noemt zichzelf ook wel meewerkend voorman. "Mijn baan bestaat uit meewerken, meebeslissen en verantwoordelijkheid dragen", omschrijft de reactorbedrijfstechnicus zijn functie bescheiden. "Ik ben begonnen bij ECN en later NRG en ben in de loop van de tijd opgeklommen tot deze functie." Als reactorbedrijfstechnicus heeft Lameree een hoge verantwoordelijkheid die wordt verkregen op basis van persoonlijke competentie, opleiding en werkervaring. "Maar er moet ook ruimte zijn om überhaupt voor een functie in aanmerking te komen", licht Lameree toe, "Je kunt immers pas 'doorschrijven' als iemand anders ook van functie wisselt."

De betrokkenheid van de mensen bij de HFR op de werkvloer is volgens Lameree groot. "Wij realiseren ons dat we isotopen produceren met een korte halfwaardetijd en wat de gevolgen zouden kunnen zijn wanneer een productie vertraging oploopt." Ook weten alle medewerkers dat de HFR de aandacht heeft van de landelijke media. Heel bewust worden ontwikkelingen

in de maatschappij met betrekking tot kerntechniek in het algemeen en de ontwikkelingen rond de HFR gevolgd. Lameree noemt de reparatie van de HFR in 2010 zonder twijfel het hoogtepunt in zijn carrière. "Het was meer dan spannend. Het ging niet alleen om het uitvoeren van een reparatie aan het primaire koelwatersysteem, maar ook om de leveringszekerheid van medische isotopen en uiteindelijk ons werk." Hij omschrijft de reparatie als een huzaarenstukje. "De voorbereidingen waren ongekend. De complete reparatie is eerst 'droog' geoefend om er zeker van te zijn dat het werk ter plaatse in de daarvoor bestemde tijd kon worden uitgevoerd." Alle HFR-ploegen hebben hun volledige medewerking verleend, niet in de laatste plaats omdat de uitvoering ook kon leiden tot wat Lameree het einde van het 'reactorbedrijf' noemt. "De reparatie gaf pijnlijk zichtbaar aan hoe kwetsbaar we eigenlijk zijn." Een dag stilliggen is een dag geen productie. Met 24.000 mensen die dagelijks worden behandeld met producten uit Petten, ligt de lat hoog. "Je zult maar in de krant lezen dat de HFR wordt gere-

Arco Lameree (foto NRG)



pareerd terwijl je op de wachtlijst staat”, aldus Lameree. Na de succesvolle reparatie kan de HFR volgens Lameree nog zeker tien jaar probleemloos draaien. Hij hoopt echter wel dat de overheid

snel een beslissing neemt tot de bouw van PALLAS, de beoogde opvolger van de HFR. “Ik hoop vurig dat hij er komt. Het is goed voor NRG, goed voor ons en goed voor de maatschappij.”

En het leven na de HFR?

Met de vijftigjarige verjaardag van de HFR in Petten gaat de vraag gepaard: hoe lang gaat de reactor nog mee? De reactor werd in 1961 in bedrijf genomen, met het vooruitzicht dat hij ten minste veertig jaar zou meegaan. Aan deze belofte is inmiddels ruimschoots voldaan en nog steeds doet de HFR trouw dienst als instrument voor nucleair technologisch onderzoek en de productie van (medische) isotopen.

Echter, net als bij een auto op leeftijd, wordt steeds vaker de vraag gesteld: hoelang is het nog zinvol te investeren in onderhoud van de installatie en wanneer is het tijd voor een nieuwe? Denk aan de grootscheepse reparatie naar aanleiding van het bellenspoortje in de primaire koelwatervoorziening van de HFR, in 2010. Hoe veel van dit soort ingrepen is de HFR nog waard?

Tegen deze achtergrond heeft NRG in 2004 besloten een project te starten voor de realisatie van een nieuwe reactor: PALLAS. Deze ‘state-of-the-art’ installatie moet als het aan NRG ligt, na het rondkomen van de financiering in circa tien jaar in gebruik worden genomen.

PALLAS is nodig voor het zekerstellen van de levering van medische isotopen in Europa en de rest van de wereld. Deze isotopen worden veelal gebruikt voor het stellen van diagnoses, (kanker)therapie en pijnbestrijding. Daarnaast is het de vaste overtuiging van NRG dat het wereldwijde gebruik van nucleaire energie de komende decennia internationaal eerder toe dan af zal nemen, een ontwikkeling waarvoor een sterke kennisbasis cruciaal is.

De publieke discussie over PALLAS concentreert zich voornamelijk aan twee zaken. Ten eerste voeren nucleaire sceptici aan dat er voldoende alternatieve productietechnologieën (versnellers) voorhanden zijn om Europa op de lange termijn te voorzien van medische isotopen. Als lichtend voorbeeld noemt men Canada, nu nog 's werelds belangrijkste producent van reactorisotopen.

Op 31 oktober 2010 kreeg de organisatie die de National Research Universal (NRU; operationeel sinds 1957), het oudere ‘zusje’ van de HFR bedrijft, nog een verlening van haar vergunning met vijf jaar, dus tot 31 oktober 2016. Maar daarna stapt Canada van de ‘reactorroute’ af. Een beslissing die Nederland ook zou moeten nemen, aldus de PALLAS-sceptici. Een andere discussie is de locatie van de nieuwe reactor. Waarom kan de nieuwe reactor niet in Zeeland (Borsele) verrijzen, te midden van de reeds aanwezige nucleaire activiteiten (EPZ en Covra) aldaar? NRG heeft in de twee discussies een heldere visie. Medische isotopen die met versnellers worden gemaakt zijn inderdaad hard nodig, maar náást reactorisotopen. Beide vullen elkaar perfect aan en zullen hard nodig zijn in een rap vergrijzende wereld. De terugtrekking van Canada van de wereldmarkt biedt verder een uitgelezen kans voor Nederland om wereldmarktleider te worden.

Het locatieargument benadert de nucleaire dienstverlener ook anders. De huidige aanwezigheid van een uitgekende infrastructuur (o.a. laboratoria en de Amerikaanse farmaceut Covidien) voor het

Nieuwe splijtstof

Het kwaliteitswerk aan splijtstoffen is altijd een belangrijk Nederlands handelsmerk gebleven.

NRG is één van de weinige bedrijven ter wereld die de ingewikkelde tests en veiligheidsexperimenten kan uitvoeren die nodig zijn voor de veiligheidskwalificaties van nucleaire brandstoffen. Daardoor heeft Petten met zijn HFR nog steeds een wereldwijde aantrekkingskracht voor splijtstofonderzoekers. Omdat kernenergie in grote delen van de wereld wordt gezien als belangrijke energiebron voor de nabije toekomst, blijven de onderzoeksvragen bij NRG binnenkomen. Zo onderzoekt NRG momenteel in de HFR hoe nucleaire brandstof te recycleren is, omdat zich in gebruikte splijtstof nog grote hoeveelheden bruikbaar uranium en plutonium bevinden. Als die uit de gebruikte splijtstof worden gehaald, is het mogelijk om er weer nieuwe brandstof van te maken. Dat heet dan MOX (Mixed OXide). Maar voordat deze gerecyclede splijtstof bruikbaar is, zijn uitgebreide testen op gedrag en effect vereist. Dit kan in Petten waar de noodzakelijke expertise en juiste faciliteiten aanwezig zijn.



Fusieonderzoek

Nabij het Zuid-Franse stadje Cadarache verrijst 's werelds eerste fusie-reactor ITER. Dit mondiale samenwerkingsproject moet de technische haalbaarheid aantonen van het opwekken van elektriciteit uit kernfusie. De HFR speelt een belangrijke rol bij de ontwikkeling van de fusiereactortechnologie. Meer dan de helft van alle materiaalgegevens voor het Europese ITER-project is afkomstig uit Petten. De HFR wordt daarom ook wel het 'werkpaard' van het Europese programma genoemd. In een fusiereactor smelten lichte atoomkernen samen tot helium. De energie die vrijkomt als de atoomkernen fuseren wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken of om bijvoorbeeld waterstof te maken. Het fusieproces lukt alleen onder extreme condities van dichtheid en temperatuur zoals die in het heetst van een ster heersen. Bij zulke hoge temperaturen vormt materie een plasma, een heet gas van geladen deeltjes. Bij een fusiereactor heb je niet te maken met radioactief afval zoals bij kernsplijting in een kerncentrale. Maar het vat waarbinnen de fusie plaatsvindt, wordt door bestraling wel radioactief. Dit betekent dat de gebruikte constructiematerialen bestand moeten zijn tegen de hoge temperaturen, druk en straling. In de HFR wordt materiaalonderzoek gedaan om vast te stellen hoe snel staalsoorten en composiete materialen in een fusiereactor van karakter veranderen onder extreme condities en hoe de veiligheid daarbij niet in het geding komt.



Het pallas-team

klaarmaken van de isotopen voor gebruik in het ziekenhuis, pleit sterk voor Petten.

Ten slotte is het behoud van werkgelegenheid in de kop van Noord-Holland ook een belangrijke factor. Dit argument gebruiken met name de provincie Noord-Holland en belangengroepen voor het bedrijfsleven om Pallas in Petten te krijgen.

Maar vooralsnog ligt de beslissing over het definitieve groene sein voor Pallas in Den Haag. Maar liefst vier ministeries moeten het eens worden over de financiering van de nieuwe reactor. NRG hoopt zeer binnenkort uitsluitsel te krijgen.

NRG-Pallas, Jorinde Schrijver.

Behandeling van (hersens)tumoren

Als er één HFR-onderdeel is dat tot de verbeelding spreekt, is dat wel de BNCT-faciliteit. Deze herbergt de laatste behandelmogelijkheid voor mensen met niet operabele snelgroeïende (hersens)tumoren, die niet met conventionele medische technieken kunnen worden behandeld. Aan het einde van één van de bestralingsbuizen onder de reactor is de behandelkamer gebouwd. BNCT staat voor Boron Neutron Capture Therapy en betreft een therapie waarbij de bestraling vanuit de tumoren zelf

de tumoren bestrijdt. De therapie berust op twee verschijnselen: de voorkeur van de tumor voor de opname van bepaalde boriumverbindingen en de splijting van de atoomkern van borium na de vangst van een neutron. De geschiedenis van de therapie dateert al van eind jaren dertig van de vorige eeuw, slechts enkele jaren na de ontdekking van het ongeladen kerndeeltje: het neutron. De kern van de therapie is om ervoor te zorgen dat het borium in de tumorcellen terecht komt. Vervolgens on-

dergaat de patiënt een bestraling met neutronen uit de kernreactor. Als gevolg van de vangst van een neutron in een boriumkern, splijt het boriumatoom in lithiumkern en een heliumkern, ofwel alfastraling. Doordat dit in een tumorcel gebeurt, wordt de dubbele helix van het DNA in de celkern gebroken en sterft de cel. De energie van de vrijgekomen deeltjes is groot maar de afstand die de deeltjes afleggen blijft beperkt tot de afmeting van een cel. Het omliggende gezonde weefsel raakt hierdoor in principe

niet beschadigd. De kennis en ervaring uit het fundamentele kernfysische onderzoek tijdens de 'jonge' jaren van de HFR in de RCN-periode vormen de basis voor de ontwikkeling van de huidige geavanceerde bestralingsfaciliteit voor BNCT bij de HFR. Op dit moment vindt geen patiëntbehandeling plaats doordat de vergunningsaanvraag door het Medisch Centrum Alkmaar voor behandelingen door de overheid is afgewezen. Toch is de impact van het BNCT-werk in de HFR mondiaal gezien

belangrijk. Het heeft bijgedragen aan de invoering van BNCT in Finland, Argentinië, Taiwan, China en Italië. Voor Nederland en de HFR is het te hopen dat nieuwe gesprekken op gang komen. NRG is met enkele andere instellingen en het MCA een intensief samenwerkingsverband aangaan onder de naam Holland Health. Dit cluster van medische bedrijven wil in de regio innovatieve zorgbedrijven ontwikkelen en realiseren. BNCT zou daarin een plaats verdienen.

Symposium van KIVI-NIRIA KE/NNS: Stresstests geven ruime veiligheidsmarge voor de reactoren

Op vrijdag 18 november werd door de afdeling Kerntechniek van KIVI-NIRIA een avondsymposium georganiseerd met als titel: "Stresstest, Wat en Hoe?". Vier sprekers gaven een overzicht van de bevindingen tot nu toe voor de HFR in Petten, de kerncentrales in België en Duitsland, en de kerncentrale in Borssele. De avondvoorzitter was Jan Leen Kloosterman, bestuurslid van de afdeling Kerntechniek.

De stresstest, of beter robuustheidsonderzoek, is gedefinieerd door de European Nuclear Safety Regulator (ENSREG) naar aanleiding van de kernongevallen in Fukushima en geldt voor alle kerncentrales in Europa. In Nederland en België zullen tevens de onderzoeksreactoren en andere nucleaire installaties aan de test worden onderworpen en moeten naast extreme natuurlijke voorvallen ook 'man-made' gebeurtenissen worden meegenomen. De test is erop gericht om de veiligheidsmarge tussen de vergunningseis en de faalgrens van de installatie te bepalen. Bovendien moeten verbeterpunten worden aangegeven die de veiligheid van de installatie verhogen. De meeste studies hebben een duale aanpak. Enerzijds wordt deterministisch het gedrag van de centrale geanalyseerd onder ex-

trema externe omstandigheden, zoals overstroming, aardbevingen, bliksem, overvloedige regen- of sneeuwval, extreme temperaturen en combinaties hiervan. Anderzijds wordt volgens een 'defence-in-depth' principe verondersteld dat, ongeacht de oorzaak, de veiligheidsfuncties achtereenvolgens falen en wordt bepaald in hoeverre de 'Severe Accident Management' (SAM) maatregelen daarna effectief zijn. De eerste spreker was de heer Verweken van NRG in Petten met een overzicht van de analyses die zullen worden uitgevoerd voor de Hoge Flux Reactor (HFR) in Petten. Onderzoeksreactoren hoeven pas eind februari 2012 de resultaten van de stresstest gereed te hebben, vandaar dat nog geen concrete resultaten konden worden getoond. Hoewel de locatie van de HFR niet kan overstromen, zal

deze bij overstroming wel onbereikbaar worden. Aardbevingsbestendigheid is oorspronkelijk niet in het ontwerp van de HFR meegenomen (Petten ligt ver van alle bekende breuklijnen), maar zal wel in de analyses worden meegenomen. Verder zullen extreme weersomstandigheden worden beschouwd, evenals diverse ongevalsscenario's zoals een verlies aan koudebron, verlies aan externe voeding en een totaal verlies aan elektrische voeding ('Station Black Out'). De SAM maatregelen zijn erop gericht de installatie toch via alternatieve vermogens- en waterbronnen te kunnen blijven koelen.

De tweede spreker was de heer Van Wonerghem van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) in Brussel. België heeft 2 kerncentrales met 4 reactoren in Doel en 3 in Tihange. De twee oudste reactoren in Doel en de oudste in Tihange zullen bij ongewijzigd beleid in 2015 gesloten worden. Alle reactoren hebben een dubbele veiligheidsomhulling, twee niveaus noodsystemen en een dubbele uitvoering van de koude bron. Voor Doel is dat bijvoorbeeld de Schelde en



De heer Van Wouterghem van het FANC in Brussel geeft uitleg over de resultaten in België.

een waterreservoir. Op beide locaties staan meerdere reactoren waardoor noodstroomdiesels ruim voorhanden zijn. Tihange ligt aan de Maas, zodat kan worden geanticipeerd op overstromingen. Toch zullen maatregelen getroffen worden om de overstroomingsfrequentie te verlagen. De kerncentrales in Doel liggen 0,76 meter boven de waterstand gemeten in 1953 en worden bovendien beschermd door een dijk met een hoogte van 3 meter boven die stand. Wel kunnen de omliggende polders overstromen, wat de bereikbaarheid sterk beperkt. Hierop zal moeten worden geanticipeerd. De kerncentrales in Tihange kunnen in geval van aardbevingen een versnelling van 0,23 g (0,23 maal de valversnelling) weerstaan. In Doel is dat 0,17 g. Beide waarden liggen boven de ontwerpwaarden, maar in Tihange zal wel een gebouw voor elektrische installaties versterkt moeten worden. Vliegtuiginslag zal voor de drie oudste reactoren leiden tot zware schade aan het reactorgebouw, maar zal niet leiden tot verlies van essentiële veiligheidsfuncties. De nieuwere reactoren zijn wel bestand tegen vliegtuiginslag. Als verbetermaatregel wordt overwo-

gen om hoge obstakels te plaatsen rondom de centrales. Bij verlies aan elektrische voeding en koudebron ligt de faalgrens van de centrales boven de ontwerppeis. Verbetermaatregelen op dit vlak betreffen de uitbreiding van het gebunkerd gebouw met tweede niveau noodsystemen in Tihange 1 en een uitbreiding van de mobiele middelen op beide locaties. Bovendien moeten de splijstofopslagbassins en andere waterreservoirs op alternatieve wijze kunnen worden bijgevuld.

De situatie in Duitsland kwam uitgebreid aan bod in de presentatie van de heer Van der Borst (RWE). In Duitsland werden al zeer snel na Fukushima acht kerncentrales gesloten. RWE is hierdoor onevenredig zwaar getroffen. Omdat de Europese robuustheidstest sterk is geënt op die van de Duitse nucleaire veiligheidscommissie (RSK), lopen veel Duitse centrales voor op de rest van Europa. Duitse centrales hebben ruim voldoende marge in aardbevingbestendigheid en extreme weeromstandigheden. Dit geldt ook voor overstromingen, waarop voor veel kerncentrales in Duitsland (net als in Tihange) ruim van te voren kan worden

geanticipeerd. Wel zullen de gevolgen van een langdurige overstroming nader worden onderzocht. Een verbeterpunt betreft de invoering van SAM maatregelen, omdat in Duitsland lange tijd de nadruk heeft gelegen op preventie van ernstige ongevallen en minder op mitigatie. Ook zullen maatregelen getroffen worden om de diverse waterreservoirs op alternatieve wijze te kunnen bijvullen.

De laatste voordracht werd verzorgd door de heer Van Cappelle van EPZ. Bijzondere aandacht ging uit naar overstroming. De kerncentrale Borssele is bestand tegen 7,30 meter boven NAP ('Amersfoort aan zee'), maar het onderzoek heeft aangetoond dat tot 8,55 meter geen enkel relevant veiligheidssysteem wordt getroffen. De luchtinlaat voor het tweede niveau noodstroomdiesels ligt zelfs bij 9,80 meter boven NAP. De aardbevingsbestendigheid bedraagt 0,15 g, wat twee keer zo groot is als de ontwerppeis. Dit betreft een voorlopige bevinding die door EPZ in de toekomst nauwkeuriger zal worden bepaald. Verder hebben de analyses aangetoond dat de kerncentrale Borssele meer dan twee weken als 'eiland' kan opereren en dat met verbetermaatregelen deze periode kan worden verlengd. Deze betreffen zowel de noodstroomvoorziening als de beschikbaarheid van koelwatervoorraden. Op het gebied van SAM heeft EPZ al in het jaar 2000 richtlijnen ingevoerd. Verbetering is mogelijk door uitzonderlijke maatregelen in werkinstructies voor te bereiden om tijdverlies op cruciale momenten te voorkomen. Als conclusie kan worden gesteld dat de Nederlandse kerncentrale en die van onze buurlanden ruime veiligheidsmarges hebben bovenop de gestelde ontwerppeisen. Daarnaast zijn diverse verbeterpunten geïdentificeerd die na realisatie de veiligheid van de centrales verder zullen verhogen.

Jan Leen Kloosterman, TU-Delft.

Veiligheidsmarges kerncentrale Borssele groter dan in ontwerpisen gesteld

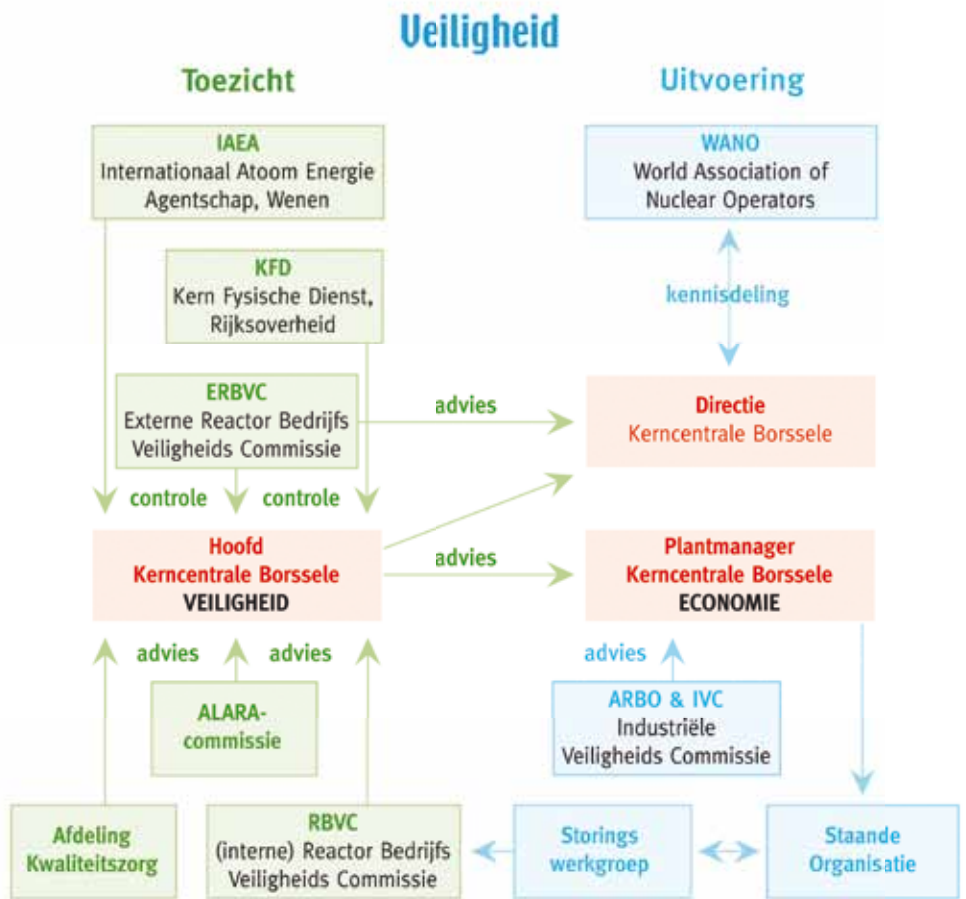
“Het nemen van aanvullende maatregelen om de veiligheidsmarge verder te verruimen is in lijn met ons beleid van voortdurend verbeteren.”

De afgelopen maanden heeft EPZ het Europese Robuustheidsonderzoek voor kerncentrales (Complementary Safety margin Assessment, of CSA) uitgevoerd. De kerncentrale heeft op alle onderzochte gebieden extra veiligheidsmarges bovenop de marges in de ontwerpisen. Ook zijn mogelijkheden vastgesteld om deze marges verder te vergroten.

zeer serieus en wil dan ook dat experts het rapport zorgvuldig bestuderen”, aldus Verhagen. De KFD is hiervoor de aangewezen instantie. Na 31 december zal de Nederlandse regering inhoudelijk rapporteren aan de Tweede Kamer en het eindrapport doorsturen naar de

Europese Commissie. Daarna zullen alle Europese nucleaire toezichthouders de ingestuurde rapporten uit de lidstaten opnieuw bekijken. Medio 2012 volgt de behandeling van alle resultaten in de Europese Raad.

Op 31 oktober 2011 rapporteerde EPZ de resultaten van het onderzoek aan vicepremier Maxime Verhagen, minister van EL&I die het rapport doorstuurde naar de Tweede Kamer. Jan van Cappelle, hoofd kerncentrale Borssele: “Uit het onderzoek blijkt dat de centrale en de organisatie beter zijn voorbereid op denkbare en ondenkbare gebeurtenissen dan wordt geëist. Het nemen van aanvullende maatregelen om de veiligheidsmarge verder te verruimen is in lijn met ons beleid van voortdurend verbeteren. Al sinds 1973 toetsen wij de kerncentrale periodiek aan de stand der techniek en voeren daarna veiligheidsverbeteringen door. Daardoor blijven we bij de veiligste kerncentrales in de wereld behoren.” Verhagen geeft in zijn Kamerbrief nog geen inhoudelijk eindoordeel. “Ik neem de stresstest

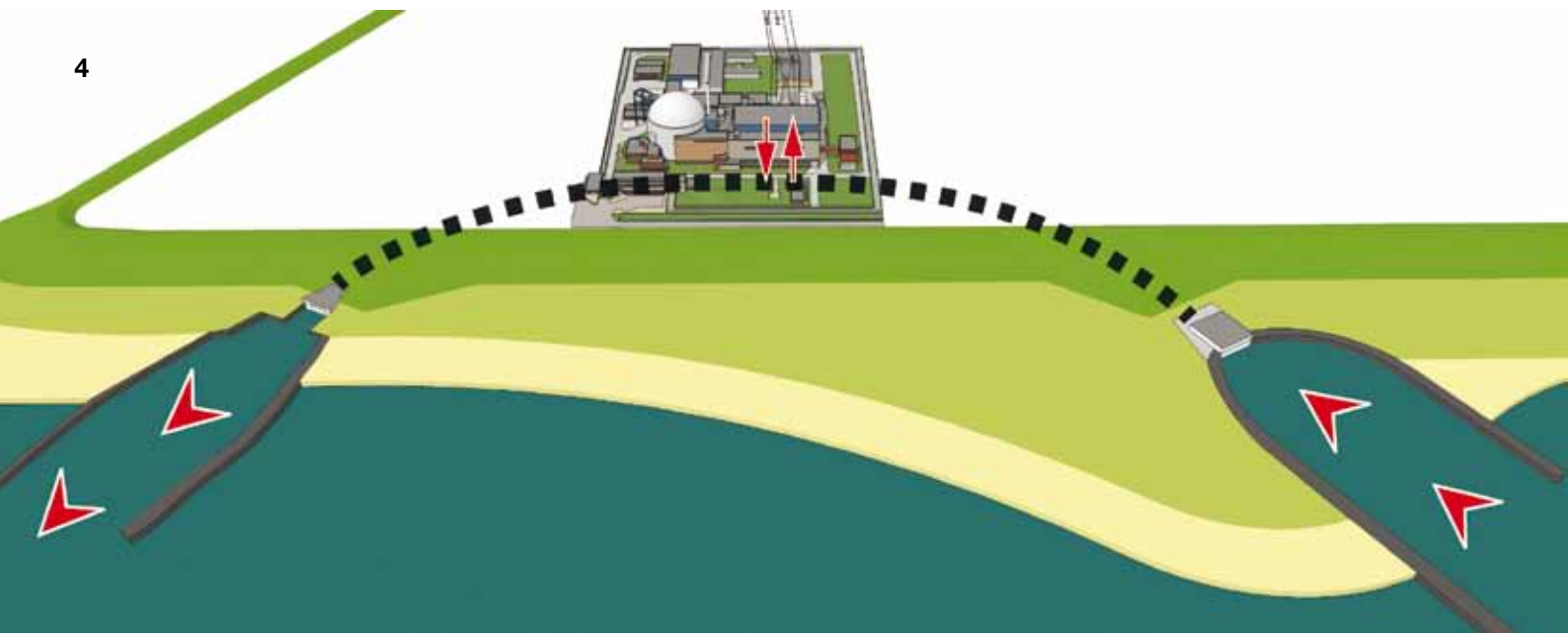


Onderzoek en resultaten kerncentrale Borssele

Het Europese Robuustheidsonderzoek is gestart na de gebeurtenissen in maart in Japanse kerncentrales nabij Fukushima. In opdracht van het ministerie van EL&I is onderzocht welke marges er zitten tussen de vergunningseisen en het (theoretische) uiterste moment van falen van de veiligheidssystemen van de kerncentrale Borssele. Daarnaast is gekeken naar mogelijkheden om deze marges verder te vergroten.



1. Aardbeving Ontwerpeis: grondversnelling van 0,075 g. Aangetoond: 0,15 g. Extra veiligheidsmarge: 0,075 g.
2. Overstroming Ontwerpeis: 7,30 meter boven NAP. Aangetoond: 8,55 meter boven NAP. Extra veiligheidsmarge: 1,25 meter.
3. Extreem weer: Geen enkele (combinatie van) zeer extreem weer vormt een bedreiging voor de vitale gebouwen. De kerncentrale is er tegen bestand.
4. Verlies van spanning en koeling: De kerncentrale kan met talrijke middelen meer dan 2 weken zonder hulp van buitenaf in eigen elektriciteit voorzien. Bij wegvallen Westerschelde en alternatieve koelmogelijkheden kan zeker twee weken lang zonder hulp van buitenaf de centrale in een veilige toestand worden gehouden.
5. Andere extreme gebeurtenissen: De kerncentrale is, door de verscheidenheid aan diverse, ruimtelijk ver uit elkaar liggende veiligheidssystemen, voorbereid om zeer extreme, door de mens veroorzaakte, gebeurtenissen het hoofd te bieden.
6. Ongevalsebestrijding: De kerncentrale beschikt over procedures en middelen gericht op het voorkomen van een nucleair ongeluk en om na een nucleair ongeluk de gevolgen te beperken.



Stresstest toezichthouders minstens zo belangrijk als voor kerncentrales.

- Een falend toezicht vermindert het maatschappelijk draagvlak voor kernenergie -

Uit de artikelen die wij als redactie over de stresstest van de nucleaire installaties krijgen, is een verontrustend beeld ontstaan. Hoofdonderwerpen van de stresstests zijn o.a. de aardbevingen en de koeling van reactor en splijtstof-opslagbassins. Opvallend is echter dat over de diepere oorzaak, namelijk falend nationaal en internationaal toezicht, weinig kritiek lijkt te bestaan.

Aardbevingen en koeling als onderwerpen voor stresstesten zijn niet bepaald onderwerpen die nieuw zijn. Het verwondert ons dan ook niet dat alles onder controle is. Hier en daar een aanvullende studie en wellicht extra maatregelen om de veiligheid van installaties verder te optimaliseren. Wat betreft de situatie in Fukushima wist de bedrijfver, maar ook de toezichthouder dat er een behoorlijke kans was dat tsunami's van dergelijke grootte konden optreden. Ook was bekend dat de nooddiesels

zouden falen bij dergelijke tsunami's. (Zie KernVisie juni 2011). Desondanks waren daarvoor in Japan geen voorzieningen getroffen en liet men de situatie bestaan. Kennelijk was er onvoldoende kritisch vermogen bij de Japanse bedrijfver en toezichthouder om maatregelen te nemen.

Ook de internationale organisaties als WENRA, WANO, IAEA (met de International Regulatory Review Team, Operational Safety Review Team en Convention on Nuclear Safety) die veiligheid

hoog in het vaandel hebben, zijn in het gunstigste geval in staat gebleken de noodzaak tot het nemen van voorzieningen te signaleren. Maar ze hebben het falende Japanse toezicht niet aangepakt of kunnen aanpakken. Het is noodzakelijk om zowel de nationale toezichthouders maar ook de internationale veiligheidsorganisaties aan een diepgaand onderzoek te onderwerpen. Een stresstest voor de toezichthouders is minstens even belangrijk als een stresstest voor kerncentrales. Immers falend toezicht vermindert het maatschappelijk draagvlak voor kernenergie in hoge mate en, nog veel erger, leidt tot slachtoffers en veel menselijk leed.

Redactie Kernvisie

Voltooiing beschermende omhulling rond de Fukushima – Daiichi eenheid 1

Tepco, eigenaar en exploitant van de Fukushima Daiichi kerncentrale heeft een beschermende omhulling over een van de vernielde reactoren aangebracht die tot doel heeft de lozing van radioactieve deeltjes naar de omgeving te stoppen.

Tepco (Tokyo Electric Power Company) heeft aan de beschermende omhulling van reactor nummer 1 gewerkt sinds juni van dit jaar. Deze reactor werd zwaar beschadigd door een waterstofexplosie die volgde op de aardbeving en de tsunami van maart 2011. De bouw van de omhulling was gereed op 28 oktober. De omhulling is 54 meter hoog, 47 lang en 42 meter breed en is voorzien van een eigen ventilatiesysteem met filter voor radioactieve stoffen. Tijdens het testen

van het systeem is meer dan negentig procent van het radioactieve cesium verwijderd dat uit de reactor vrijkwam. Het bedrijf beoogt met het aanbrengen van de omhulling dat op den duur alle emissies van radioactieve stoffen uit de reactor binnen de omhulling blijven. Tepco is van plan om soortgelijke omhullingen te installeren voor de eenheden 3 en 4. Het werk daarvoor kan niet eerder beginnen dan nadat alle brokstukken zijn verwijderd, hetgeen waarschijnlijk



pas in de zomer van 2012 het geval zal zijn. Ook deze reactoren werden zwaar beschadigd door waterstofexplosies.



Tepco verklaarde verder dat op 31 oktober 2011 de hoeveelheid koelwater die geïnjecteerd werd in eenheid 1 verminderd kon worden. Dit resulteerde in een verbetering van de werkomstandigheden binnen de nieuwe omhulling.

Het belangrijkste doel van alle werkzaamheden is om de centrales stabiel te

koelen en de reactoren in een stabiele 'cold-shutdown' toestand te brengen. 'Cold-shutdown' wordt volgens Tepco bereikt zodra de temperatuur in het reactorvat van alle reactoren stabiel beneden de honderd graden celsius kan worden gehouden, de lozing van radioactieve stoffen van de eenheden onder controle is en de publieke stralingsdosis

als gevolg van de lozingen is gedaald tot beneden 1 mSv per jaar op de grens van het terrein. Deze condities zijn nu vrijwel bereikt. Volgens Tepco zijn de temperaturen onderin de drukvaten van de reactoren van de eenheden 1, 2 en 3 nu stabiel beneden de honderd graden.

Nucnet, WNN

Ervaringen in China

Van 1 november 2010 tot 1 mei 2011 heeft ondergetekende, promovendus bij de sectie 'Physics of Nuclear Reactors' (PNR) aan de TU-Delft, onderzoek gedaan bij het 'Institute for Nuclear and New Energy Technology' (INET) aan de Tsinghua University in Beijing, dat leidend is in de realisatie en toepassing van de kogelbed Hoge Temperatuur Reactor (HTR). INET bedrijft onder meer de HTR-10 demonstratiereactor met een thermisch vermogen van 10 MW. Ook zijn er in China twee HTR-PM reactoren in aanbouw in Shidaowan met een gezamenlijk vermogen van 210 MW elektrisch. Na de succesvolle afronding van dit project zullen volgens planning nog 18 van deze reactoren worden gerealiseerd. Mijn onderzoek in Delft en Beijing richt zich vooral op de koelmiddelstroming en warmtegeleiding door het kogelbed en de

invloed van de variatie in pakkingdichtheid van de splijtstofkogels.

Het wetenschappelijk werk bij INET is meer toegepast dan in Delft, mede doordat INET verantwoordelijk is voor het vergunningstraject van het Chinese HTR project. De HTR-10 testreactor wordt nu vooral gebruikt voor experimentele validatie van nieuwe technologie. Het onderzoek richt zich vooral op het ontwerp en toepassing van heliumturbines voor elektriciteitsproductie en op meer geavanceerde brandstofttechnologie. Overigens wordt bij INET ook onderzoek gedaan aan andere typen reactoren en aan nieuwe toepassingen voor de HTR zoals waterstofproductie en ontzilting van water. In China worden in rap tempo nieuwe kerncentrales gebouwd. Naast de 13 bestaande centrales zijn er 30 in aanbouw en meer dan honderd gepland, waaron-

der 18 HTR-PM reactoren. Het merendeel van de nieuwbouw bestaat uit drukwaterreactoren aangezien de Chinezen deze technologie al zelf beheersen. Inmiddels heeft China een eigen type drukwaterreactor ontwikkeld, al worden er ook reactoren door AREVA (EPR) en Westinghouse (AP1000) gebouwd. Recent is er zelfs een snelle kweekreactor in gebruik genomen.

Kernenergie is onder de Chinese bevolking niet speciaal populair, maar ook geen belangrijk gespreksonderwerp. Andere zaken, zoals het vinden van een baan, de huizenprijzen en de vervuiling vindt men belangrijker. Beijing en andere grote steden als Xi'an en Datong zijn zeer vervuild. Er hangt bijna dagelijks een smog over de stad en alles raakt gaandeweg bedekt met een dun laagje zwarte stof. In Beijing zie je nooit wolken. Als het al vochtig genoeg is voor wolken wordt de lucht direct heig door de smog. Je raakt hier wel aan gewend, maar terug in Nederland valt het meteen op hoe schoon de lucht hier is, hoe fijn het ademen is, hoe lekker het ruikt, en hoe blauw de lucht is!

Luchtvervuiling en andere soorten van vervuiling worden een steeds belangrijker thema in China dat steeds meer mensen bezig houdt. Het kernongeval in Fukushima is dan ook geen reden voor de Chinese overheid om minder kerncentrales te bouwen, al worden wel alle bestaande en nieuwe reactoren opnieuw getoetst op veiligheid.

*Gert Jan Auwerda,
Sectie Physics of Nuclear Reactors,
TU-Delft*

Gert Jan Auwerda op het Tianmen plein in Beijing onder (uitzonderlijk!) een blauwe hemel.



Angst voor straling is grotendeels zonder reden

- Stralingsparadox: bevolkingsgroepen die blootstaan aan verhoogde straling zijn gezonder dan bevolkingsgroepen die in stralingsarme milieus leven -

In Stralingstekort beschrijft journalist Theo Richel het verschijnsel stralingshormese; kleine doses straling die bij hoge dosis schadelijk zijn, zijn gezondheidsbevorderend. Dit betekent dat het beleid op gebied van straling op onjuiste gronden is gebaseerd.

Het huidige stralingsbeleid is gebaseerd op de LNT (Linear No Threshold)-hypothese en het ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principe. De LNT-hypothese houdt in dat iedere stralingsdosis schadelijk is, dat het schadelijk effect lineair met de dosis is en dat er geen drempeldosis is. Uitvloeisel van deze hypothese is dat bij straling altijd moet worden uitgegaan van het ALARA-principe, inhoudend dat de dosis zo laag mogelijk moet worden gehouden als redelijkerwijs mogelijk is. Bij dat 'redelijkerwijs' mogen bijvoorbeeld economische factoren in de beschouwing worden betrokken. Het is duidelijk dat wat redelijkerwijs haalbaar is aanleiding geeft tot veel discussie en verschillende interpretaties. Hormese is geen bijzonder effect. Zeer veel stoffen zijn bij grote inname schadelijk, maar bij kleine doses bevorderend of onmisbaar voor de gezondheid. Voorbeelden zijn sommige vitamines en sporenelementen en wat straling betreft: zonlicht. Op het gebied van ioniserende straling heerst al enige decennia strijd tussen kritiekloze aanhangers van de LNT-hypothese en wetenschappers die argumenten aandragen voor stralingshormese. Het probleem is, dat de strijd zich afspeelt in het gebied van lage stralingsdoses, waar epidemiologisch (statistisch) onderzoek zeer moeilijk is. Toch is de zogenoemde stralingsparadox al zeer lang bekend. Deze paradox houdt in dat onderzoek aan bevolkingsgroepen die blootstaan aan verhoogde straling (bijvoorbeeld in gebieden waar deze van nature heerst) stelselmatig als resultaat heeft dat deze gezonder zijn dan bevolkingsgroepen die in stralingsarme

milieus leven. Het uiteindelijke antwoord op de vraag of ook ioniserende stralingshormetisch is, is van groot belang omdat het tot nu toe gevoerde LNT-beleid grote consequenties heeft voor economie en angstbeleving. Hormese zou betekenen dat men zich eerder zorgen moet maken over te weinig straling dan over de geringe doses waar men zich nu vaak over druk maakt. In dit verband wil ik een historisch voorbeeld aanhalen uit eigen ervaring. In de zeventiger jaren was ik lid van een Gezondheidsraadcommissie die moest adviseren over 'Kerncentrales en Volksgezondheid' en daarover een gelijknamig rapport uitbracht. Daarbij deed deze commissie een poging een jaardosis te definiëren waaronder het niet zinvol was speciale maatregelen te nemen, kortom waaronder doses als verwaarloosbaar kunnen worden beschouwd. Hierbij overwoog de commissie dat de natuurlijke bestraling van Nederlanders vanuit de bodem een variatie vertoont van 0,3 millisievert per jaar (in de toenmalige eenheden 30 millirem per jaar). Bewoners op kleigronden zitten aan de hoge kant, die op zandgronden aan de lage kant. Dit kwam de commissie op grote kritiek te staan vanuit de anti-kernenergie beweging. Het vertoog van de commissie, dat 'kleibewoners' zich hier helemaal niet druk over maakten en ook nimmer een geneigdheid tot grote migratie naar de zandgronden was opgetreden, mocht niet baten. Hoe redeneert de LNT-theorie in dit geval? Laten we aannemen dat we alle Nederlanders naar de plaats van laagste stralingsniveau zouden verplaatsen, dan zou dat volgens de gebruikelijke LNT-

sommetjes 120 doden per jaar schelen! Toch leven er op diverse plaatsen op de wereld volken in gebieden waar de jaardosis meer dan honderd maal hoger is dan die 0,3 millisievert per jaar en die een voorbeeld zijn van de eerdergenoemde stralingsparadox. Jarenlang heeft men zich ook druk gemaakt, zowel in als buiten Nederland, over de radondosis in woonhuizen, waarbij men uitging van de LNT-hypothese. Het is duidelijk dat als men de zeer grote aantallen van een bevolking vermenigvuldigt met de eerderstelde zeer lage risicofactor van een lage stralingsdosis, een getal resulteert dat indrukwekkend is. Stralingstekort bevat een grote hoeveelheid gegevens met referenties die wijzen op stralingshormese. Het geeft op zijn minst veel stof tot nadenken. Naar mijn mening wordt in elk geval de LNT-hypothese teveel kritiekloos omarmd, vooral door beleidsinstanties die de neiging hebben om deze hypothese, die ooit uit oogpunt van voorzichtigheid is opgesteld, als dogma te hanteren. De in het boekje geciteerde Nederlandse stralingsonderzoeker Dr. Albert Keverling Buisman stelt: "Alle onderzoeken over achtergrondstraling hebben opgeleverd dat naarmate de achtergrondstraling hoger is, er minder kanker voorkomt. Zonder uitzondering." Lezing van dit boekje kan ik van harte aanbevelen. Stof tot nadenken! Het boekje Stralingstekort is een uitgave van de stichting De Groene Rekenkamer met enige steun van onze stichting Kernvisie. De Groene Rekenkamer werd in 2008 door wetenschappers en journalisten opgericht met het doel het overheidsbeleid op het gebied van milieu, gezondheid, technologie en verwante gebieden kritisch te volgen. Zij baseert zich daarbij op wetenschappelijke analyses van risico's en kosteneffectiviteit van maatregelen en verspreid deze kennis



aan een zo breed mogelijk publiek.
Stralingstekort, Stel dat straling eigenlijk goed voor je is? Een vertaling en ingrijpende bewerking van een Engels boek over stralingshormese.

Ed Hiserodt en Theo Richel, uitgeverij De Groene Rekenkamer, 2011, 184 bladzijden. ISBN 978-815684-1-8

Hugo van Dam.

Xenon uit Fukushima

De herkomst van het recentelijk gedetecteerde xenon in het insluitsysteem van de Fukushima Daiichi reactor 2 is afkomstig van spontane splijting, een proces van radioactief verval dat niets te maken heeft met een nucleaire kettingreactie.

Tepeco heeft het voorkomen van xenon kunnen verklaren na een aanvankelijk onbegrepen detectie van een spoor van dit element. Onderzoek door het Japanse Atomic Energy Agency bevestigde later de aanwezigheid van xenon. Xenon is één van een reeks van elementen dat getraceerd wordt nadat zware atomen spontaan splijten. De gebruikelijke kettingreactie van kernsplijtingen in een reactor wordt in gang gezet door een neutronenbron en onderhouden door de speciale geometrie van splijtstofstaven en moderator in de kern van de reactor. Spontane splijting zonder enige externe bron treedt van nature van tijd tot tijd op in zware elementen met een atoomnummer boven 230 en veroorzaakt gewoonlijk nauwelijks splijtingen van enige betekenis. Tepeco voegde

eraan toe dat boorzuur in de reactor is geïnjecteerd om de mogelijkheid van een kettingreactie uit te sluiten. Na deze injectie werd nog steeds een xenonspoor gedetecteerd en om die reden is geconcludeerd dat de bron van het xenon spontane splijting is. Ook de temperatuur en de druk in het insluitsysteem van eenheid 2 toonden geen verandering, wat er eveneens op duidde dat er geen kettingreactie heeft plaatsgevonden. Spontane splijting treedt met lage intensiteit voortdurend op in alle kernreactoren. Het is een van de mogelijkheden van radioactief verval, het treedt minder frequent op dan verval via alfa- en bètadeeltjes. Het warmte-effect ervan is verwaarloosbaar ten opzichte van de totale vervalwarmte.

(WNN)

Colofon

Jaargang 6, nummer 06
 December 2011

KernVisie verschijnt tweemaandelijks
 Oplage 2200 ex

Grafische realisatie

De OntwerpStek.nl, Den Helder

Tekstproducties

Sherpa en de Fries
 communicatiebureau, West-Grafdijk,
 tenzij anders vermeld

Bestuur van de Stichting KernVisie

Ir. A.M. Versteegh, *voorzitter*
 Ir. G.H. Boersma, *secretaris*
 Ir. E.W. Schuur, *penningmeester*
 Ir. J.C. van Cappelle
 Dr. F.C. Klaassen
 Prof. Ir. R.W.J. Kouffeld
 Ir. G.C. Van Uitert

Bankrekening 6851370,
 t.n.v. KernVisie, Foundation for
 Nuclear Energy te Zwijndrecht.

Redactie KernVisie

Ir. G.H. Boersma
 Ir. P.J. van der Hulst
 Ir. B.J. Visser

Redactie adres

Notarisappel 37, 6662 JN Elst
 Telefoon: 0481-841156
 E-mail: kernvisie@kernvisie.com
 Internet: www.kernvisie.com

Distributie, onder vermelding Stichting KernVisie, via eigen e-mail systemen en gebruik van de informatie voor lezingen, presentaties, studies, discussies, publicaties, enz. wordt op prijs gesteld en toegejuicht.

Wilt u zich aanmelden als begunstiger Stichting KernVisie?

Geeft u dan s.v.p. uw gegevens zoals hieronder gevraagd per e-mail of post door aan:
 Stichting KernVisie, p/a Notarisappel 37, 6662 JN Elst,
 Telefoon: 0481-841156, E-mail: kernvisie@kernvisie.com, Website: www.kernvisie.com

Naam en voorletters:

Titulatuur:

Beroep/functie:

Woonadres:

Postcode: Woonplaats:

Telefoonnummer:

E-mail adres:

De bijdrage is minimaal € 25 per jaar (studenten € 10), over te maken naar het banknummer 6851370 ten name van KernVisie, Foundation for Nuclear Energy te Zwijndrecht.