

KERNVISIE **MAGAZINE**

**» URANIUM UIT ZEE
MAAKT KERNENERGIE
DUURZAAM**

**» RADIOACTIVITEIT
FUKUSHIMA BRENGT
GOLFSTROMEN IN BEELD**

**» NIEUWE
MOLYBDEENFACILITEIT
VOOR AUSTRALIË**

**CONTROLLEREN
TUMORSNIJRANDE
MET CHERENKOVLICHT**



COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

JAARGANG 11, NUMMER 4, SEPTEMBER 2016

KERNVISIE VERSCHIJNT TWEEAANDELIJKS

OPLAGE 2200 EX

ONTWERP & GRAFISCHE REALISATIE

StudioHusken.nl, Den Helder

BESTUUR STICHTING KERNVISIE

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter

Ir. G.H. Boersma, secretaris

Ir. E.W. Schuurung, penningmeester

Drs. J.J. de Jong

Ir. J.C.L. van Cappelle

Prof. Ir. R.W.J. Kouffeld

Ir. G.C. van Uiter

REDACTIE KERNVISIE

Ir. G.H. Boersma

M. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

E.S. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

Dr. Ir. A. van Heek

I. van Kessel (Irene van Kessel Fotografie)

REDACTIE ADRES

Dokter Bosmanshof 32, 6851 MJ Huissen

Telefoon 026-2130214

E-mail: kernvisie@kernvisie.com

Internet: www.kernvisie.com

Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70,

t.n.v. Kernvisie, Foundation for Nuclear Energy te
Zwijndrecht.

OP DE COVER

Dr. Marcel Stokkel - © Irene van Kessel

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.

VOORWOORD

CHJERENKOV- STRALING IN DE OPERATIEKAMER



Als er iets de associatie opwekt met kerntechnologie dan is het Cherenkovstraling, het blauwe licht dat zichtbaar is in het bassin van een werkende kernreactor. Het natuurkundige verschijnsel wordt veroorzaakt door elektromagnetische straling die een geladen deeltje afgeeft op het moment dat dit zich door een medium voortbeweegt met een snelheid die groter is dan de lichtsnelheid in dat medium. De blauwe gloed gaat het Antoni van Leeuwenhoek tijdens operaties gebruiken om na te gaan of tumoren geheel verwijderd zijn. Hier zijn de hoogenergetische deeltjes afkomstig van gallium-68 dat wordt gebruikt voor het maken van PET-scans. In kerncentrales is de blauwe gloed het gevolg van het splijten van uranium-235. In de gastcolumn dit keer een kritisch geluid van Wim Turkenburg over de kosten van kernenergie, hoe verstandig is de bouw van nieuwe kerncentrales nu eigenlijk? Onlangs werd bekend dat uranium weleens op de lijst van 'echte' renewables kan komen, omdat de hoeveelheid uranium in zeewater net zo onuitputtelijk is als wind- of zonne-energie. De technologische doorbraak van de Pacific Northwest (PNNL) en Oak Ridge (ORNL) National Laboratories lijkt uraniumwinning uit zeewater economisch haalbaar te maken. Wanneer de commerciële winning start, is nog niet bekend. Meer zekerheid geeft het Antoni van Leeuwenhoek dat onlangs grote subsidies ontving voor de ontwikkeling van de technieken met de Tsjerenkovstraling en hoopt binnen twee jaar de eerste klinische resultaten te kunnen presenteren.

André Versteegh
voorzitter Stichting Kernvisie

INHOUD

MEDISCH

CONTROLLEREN TUMORSNIJRANDEN MET CHERENKOVLICHT

Het Antoni van Leeuwenhoek ontving grote subsidies voor de ontwikkeling van een nieuwe techniek die bijdraagt aan het volledig verwijderen van tumoren tijdens een operatie. Hierbij wordt met behulp van Cherenkovlicht gekeken of de snijranden vrij van tumorweefsel zijn.



P08 ENERGIE

Met een ononderbroken inbedrijfstelling van 895 dagen claimt unit 8 van de Heysham-kerncentrale een nieuw wereldrecord.

P12 INBEELD

Om een idee te geven van de omvang van de Tokamak-fusiereactor is er een enorme poster van 25 bij 50 meter opgehangen aan de productiehal.

P18 MAATSCHAPPIJ

Ralf Güldner, waarschuwt: Wanneer de strijd tegen klimaatverandering een prioriteit is, zal nucleair nodig hebben als onderdeel van de energiemix.

P20 COLUMN

Aliki van Heek over de ambivalente houding van Oostenrijk ten opzichte van nucleair.

ENERGIE

URANIUMWINNING UIT ZEE MAAKT KERNENERGIE DUURZAAM

De VS, Japan en China zijn in een race verward om het eerste land te zijn dat kernenergie toevoegt aan het lijstje duurzaam. De uitdaging waar ze voor staan is het op economische wijze onttrekken van uranium aan zeewater. Met een technologische doorbraak van de Amerikanen lijkt dat voor het eerst te gaan lukken.

P10

MAATSCHAPPIJ

RADIOACTIVITEIT FUKUSHIMA BRENGT GOLFSTROMEN STILLE OCEAAN IN BEELD

Er is niet veel bekend over de dynamiek van oceanen. Maar de radioactiviteit die in de Stille Oceaan is vrijgekomen na het ongeluk bij de Fukushima Daiichi kerncentrale, heeft wetenschappers in staat gesteld om golfstromen in kaart te brengen.



P21 MEDISCH

YUKIYA AMANO, DG VAN DE IAEA BEZOECT NIEUWE MOLYBDEENFACILITEIT AUSTRALIË

Amano bezocht half augustus de nieuwe nucleaire faciliteit in Australië waar binnenkort 25 procent van de wereldwijde behoefte aan molybdenium-99 geproduceerd gaat worden.



MEDISCH



CONTROLLEREN TUMORSNIJRANDE MET CHERENKOVLICHT

Het Antoni van Leeuwenhoek ontving onlangs grote subsidies voor de ontwikkeling van nieuwe technieken die bijdragen aan het volledig verwijderen van tumoren tijdens een operatie. Eén project richt zich specifiek op prostaatoperaties. Hierbij kunnen artsen met behulp van Cherenkovlicht controleren of tumorweefsel volledig is weggenomen. Marcel Stokkel, clusterhoofd van het cluster Diagnostische Oncologische Disciplines (DOD) en hoofd van de afdeling Nucleaire Geneeskunde van het Antoni van Leeuwenhoek, licht het project toe.

Twee jaar geleden werd Stokkel benaderd door Lightpoint Medical, een Brits bedrijf dat is gespecialiseerd in de ontwikkeling van medische apparatuur voor image-guided surgery, ofwel in vivo beeldvorming tijdens de operatie. Lightpoint Medical heeft zich gespecialiseerd in moleculaire beeldvormingstechnologie gebaseerd op Cherenkov Luminescence Imaging (CLI). Deze techniek geeft de mogelijkheid om kankercellen waar te nemen tijdens operaties. Cherenkovstraling (ook wel Tsjererkovstraling genoemd) is het blauwe licht dat te zien is bij kernreactoren en sterke radioactieve bronnen, die bijvoorbeeld gebruikt worden bij het ontsmetten van voedsel, zoals een kobalt-60-bron ondergedompeld in water.

GENAVIGEERD OPEREREN

Stokkel: "Niet elke tumor heeft dezelfde aanpak nodig. Bij borsttumoren kan je doorgaans radicaal opereren vanwege het omliggende vetweefsel, bij hoofd- en halstumoren of bij prostaatkanker ben je beperkt door kritische structuren in de directe omgeving van de tumor." De medische term 'radicaal' kan hier dezelfde verwarring opleveren als 'positief' en 'negatief' in medisch verband, maar betekent dat het resultaat van de operatie positief is in algemene zin en tumorvrij

snijranden oplevert. De vraag is bij moeilijk benaderbare tumoren wat je moet doen om radicaal te worden. Stokkel: "In een kwart van de gevallen is een prostaatoperatie niet radicaal. De PET-scan geeft weliswaar informatie over de randen van de tumor, maar met een resolutie van 4 millimeter mis je de microscopische tumorresten wat de kans op het terugkomen van de kanker heel groot maakt." De oplossing zit volgens hem dan ook in het genavigeerd opereren waarbij een préoperatieve scan de tumor helder in beeld brengt.

Voor het maken van een Positron Emissie Tomografie (PET)-scan krijgen patiënten via een infuus de radioactieve vloeistof gallium-68 ingespoten, die gekoppeld is aan een stof die heel specifiek bindt aan prostaatkanker. Door de interactie van hoogenergetisch geladen deeltjes met elektronen in het weefsel van de patiënt ontstaat ook hier Cherenkovstraling. Het licht is waarneembaar exact op de plek waar zich het gallium-68 bevindt en dus waar de tumorcel de tracer heeft opgenomen. Het idee is nu dat tijdens een operatie het optreden van Cherenkovstraling aantoont waar nog gallium-68 is achtergebleven en waar dus nog tumorcellen aanwezig zijn. Wanneer vervolgens tijdens de operatie de verwijderde prostaat op Cherenkovstraling

DR. MARCEL STOKKEL

Na zijn artsopleiding in Amsterdam "rolde" Stokkel, zoals hij het zelf zegt de nucleaire geneeskunde in en volgde zijn specialisatie in het Academisch Ziekenhuis Leiden (tegenwoordig het LUMC). Hij deed zijn promotieonderzoek in Utrecht dat hij al na twee jaar kon afronden. "Toen kwam een telefoontje van het LUMC met het verzoek of ik terug wilde komen." Tien jaar lang werkte Stokkel in Leiden als hoofd van de sectie Nucleaire Geneeskunde. In 2010 deed zich de mogelijkheid voor om over te stappen naar het Antoni van Leeuwenhoek (AVL). Stokkel is nu al zes jaar werkzaam als clusterhoofd van het cluster Diagnostische Oncologische Disciplines (DOD) en hoofd van de afdeling Nucleaire Geneeskunde. "De patiënten staan altijd op nummer 1, maar ik kan het wetenschappelijk onderzoek ook niet loslaten." Zijn positie bij het Antoni van Leeuwenhoek geeft Stokkel de mogelijkheid om invulling aan beide aandachtsgebieden te geven, omdat ontwikkeling en vernieuwing ontegenzeggelijk de patiëntenzorg ten goede komt. Daarnaast is hij als opleider actief betrokken bij het doorgeven van kennis en vaardigheden aan arts-assistenten, studenten en promovendi. "Als clusterhoofd van het cluster DOD streef ik ernaar alle betrokken afdelingen op het gebied van patiëntenzorg, onderwijs en wetenschap stap voor stap vooruit te helpen."

wordt gescand, is direct duidelijk of de snijranden vrij van tumorweefsel zijn. Zo niet, dan kan de chirurg direct ingrijpen om de snijranden alsnog schoon te krijgen.

LIGHTPATH CAMERA

Voorlopig is het nog niet zo ver. In september krijgt het Antoni van ➤



Leeuwenhoek de beschikking over de LightPath, een camera die in staat is Cherenkovstraling te detecteren. Hiermee is het mogelijk om vast te stellen of snijranden van verwijderde tumoren geen kankercellen meer bevatten. De LightPath camera van Lightpoint Medical uit Groot-Brittannië heeft een enorm hoge resolutie van 117 μm en een hoge gevoeligheid voor radioactieve straling: 2,64 kBq/ml voor fluor-18. Of dat voldoende is voor het doel waarvoor Stokkel het instrument wil inzetten, moet blijken uit

de komende onderzoeken en testen. De verwachting is dat het lichtsignaal afkomstig van gallium-68 sterker is, waardoor de resultaten beter moeten kunnen zijn.

SUBSIDIE

De 350.000 euro subsidie die het Antoni van Leeuwenhoek heeft ontvangen gaat het ziekenhuis inzetten voor de ontwikkeling van technische middelen en materialen die het gebruik van de LightPath camera mogelijk maakt. Het daaropvolgende

half jaar gaat een promovendus full-time onderzoek naar de klinische toepassing doen. Een intensieve samenwerking tussen het Antoni van Leeuwenhoek, de TU Twente en de Lightpoint Medical zal mogelijk al na een half jaar leiden tot een uitbreiding in de operatiekamer met de LightPath. Voor de toekomst ziet Stokkel nog meer mogelijkheden. "Waar ik eigenlijk naar toe zou willen werken, is de ontwikkeling van een scope waarmee je tijdens de operatie in de patiënt kunt kijken of er nog



licht is. Dat geeft op dat moment direct aan of er nog tumorweefsel is of niet." Het meten van radioactiviteit in de patiënt zou dat ook aangeven, maar het meten hiervan zou volgens Stokkel in een probe resulteren die veel te zwaar in gewicht is om mee te kunnen werken. Wanneer het apparaat bij het Antoni van Leeuwenhoek staat is de eerste stap het verhogen van de lichtopbrengst. "We weten gewoon nog niet hoe breed het spectrum moet zijn om voldoende opbrengst te krijgen, ofwel,

hoeveel activiteit moet in een patiënt worden gebracht om een bruikbaar signaal of helder beeld te krijgen. Daarnaast willen we de 'ruis' zoveel mogelijk reduceren die ontstaat wanneer activiteit terecht komt op een plek waar het niet gewenst is." Met behulp van een 3D-printer zal een prostaafantoom worden gemaakt. Deze is zodanig te manipuleren dat exact de hoeveelheid activiteit is in te brengen die nodig is voor de beste beeldvorming. In de loop van de komende maanden

zullen de eerste vorderingen worden gemaakt. "Naar verwachting hopen we na een half jaar aansluitend met de eerste patiëntenonderzoeken te kunnen beginnen", aldus Stokkel. De klinische resultaten zijn in de loop van het tweede jaar te verwachten. Het Antoni van Leeuwenhoek is op dit moment het enige ziekenhuis in Europa dat met dit systeem bij deze tumorsoort het onderzoek uitvoert. **K**

Menno Jelgersma

CHERENKOVSTRALING

Bij Cherenkovstraling is sprake van een schokgolf van fotonen, die ontstaat wanneer een geladen deeltje sneller gaat dan de fasesnelheid van licht in dat medium. Licht gaat in een medium zoals water namelijk minder snel dan in vacuüm en een geladen deeltje kan sneller gaan. Het is te vergelijken met een eend die zwemt waarbij hij een snelheid ontwikkelt die hoger is dan de snelheid waarmee de golfjes die over het wateroppervlak bewegen waardoor er een 'boeggolf' ontstaat en de oppervlaktegolfjes achter de eend zich in een v-vorm of kegel voortbewegen. Doordat de hoogenergetische deeltjes met hoge snelheid door water (of ander medium) bewegen, brengen ze de elektronen in het water uit hun evenwichtstoestand. Deze losgemaakte elektronen zullen in een isolator weer terugvallen en een foton uitzenden. Zolang de hoogenergetische deeltjes de snelheid van het licht niet overschrijden zullen de tijdens interacties gevormde fotonen elkaar uitdoven, maar in het geval van een deeltje, dat sneller dan deze snelheid beweegt, wordt net als bij de eend die zich met enige snelheid over het wateroppervlak beweegt, een coherent golffront gevormd. De straling is gericht volgens een kegel achter het deeltje. De openingshoek van de kegel is kleiner naarmate het deeltje (of de eend) sneller beweegt.

'TECHNOLOGY FOR ONCOLOGY'

De subsidies van Technologiestichting STW en het KWF zijn toegekend in het kader van het 'Technology for Oncology'-project. Het doel van STW en KWF is de beste medische wetenschap te verbinden met de innovatiekracht van de technische universiteiten. Met Technology for Oncology krijgen onderzoekers uit beide werelden de kans om financiering aan te vragen voor gezamenlijk onderzoek. Een voorwaarde voor financiering is dat ten minste één technische universiteit bij het onderzoek is betrokken, evenals minstens één niet-technisch onderzoeksinstituut met specifieke oncologische kennis. Bijzonder aan Technology for Oncology is dat het zich richt op technische innovatie die uitgaat van het welzijn van patiënten – ofwel technologie die direct leidt tot een betere behandeling of het voorkomen van kanker. Het programma staat daarom open voor toepassingsgerichte onderzoeken die moeten leiden tot innovaties met een duidelijke meerwaarde voor (toekomstige) patiënten. STW en KWF rekenen vooral op innovaties op het gebied van preventie, diagnose, behandeling en zorg binnen de oncologie. <http://www.stw.nl/nl/content/samenwerking-stw-en-kwf-technology-oncology>

HEYSHAM 2 BREEKT WERELDRECORD

Met een ononderbroken inbedrijfstelling van 895 dagen claimt unit 8 van de Heysham-kerncentrale een nieuw wereldrecord.

Unit 8 bij Heysham ging hiermee de Ontario Power Generation Pickering 7 voorbij die met 894 dagen tussen 26 april 1992 en 7 oktober 1994 tot nu toe het wereldrecord had, dat 22 jaar stand hield. John Munro, station director: "Dit is een fantastische prestatie en het bewijs voor de professionaliteit van het team dat we hier bij Heysham 2 hebben. Dit record komt in het jaar dat de centrale 28 jaar in bedrijf is. Dit geeft aan wat er mogelijk is met een competent team en gerichte investeringen in de installatie. Eerder dit jaar hebben we de levensduur van Heysham 2 met 7 jaar verlengd tot 2030 en voor de komende 14 jaar ga ik de uitdaging graag aan om ons eigen record te verbeteren." De unieke prestatie bij Heysham 2 is volgens EDF Energy

onderdeel van de duurzame verbeteringen in veiligheid en betrouwbaarheid die bij alle EDF Energy kerncentrales plaatsvindt sinds de centrale door EDF in 2009 werd overgenomen. Vincent de Rivaz, EDF Energy CEO: "Vanaf de overname van de Britse kerncentrales in 2009 hebben we de productie met 50 procent verhoogd, de veiligheidsprestaties met 51 procent en de levensduur met 25 procent. De productie in 2008 was 40 TWh. In 2015 bedroeg deze 60,6 TWh. Het verschil van 20 TWh per jaar komt overeen met 6 procent van de jaarlijkse behoefte aan stroom in Groot-Brittannië. We hebben het voor elkaar gekregen om in het afgelopen jaar de beste prestatie ooit te leveren, terwijl we tegelijkertijd de veiligheid van onze centrales verhoogden. De eer komt

onze mensen toe die werkzaam zijn bij de kerncentrales in het land. We hebben het gedaan door te investeren in de centrales als onderdeel van onze verantwoordelijke, lange termijn aanpak."

2 MILJOEN HUISHOUDENS

Heysham 2 biedt direct werk aan ongeveer 515 mensen en genereert CO₂-vrije energie voor ongeveer 2 miljoen huishoudens afkomstig van twee geavanceerde gasgekoelde reactoren (advanced gas cooled reactors - AGR). Ongeveer 1.500 mensen werken bij de kerncentrales van Heysham 1 en 2 waarvan meer dan 95 procent van de mensen binnen een straal van 16 kilometer van de centrale woont. Heysham 2 is ontworpen om zonder stop te worden herladen. Gedurende de huidige inbedrijfstelling zijn 123 splijfstofkanalen van nieuwe splijstof voorzien. De LaSalle 2 kokend water reactor (BWR) van Exelon heeft het wereldrecord voor onafgebroken in bedrijf zijn van een lichtwaterreactor. In februari 2007 werd de unit gesloten na een 'run' van 739 dagen. De Calvert Cliffs 2 heeft het record van een hogedruk waterreactor (PWR) voor het voor een periode van 693 dagen continu genereren van elektriciteit. Dit record werd bereikt in februari 2009. **K**





© Irene van Kessel

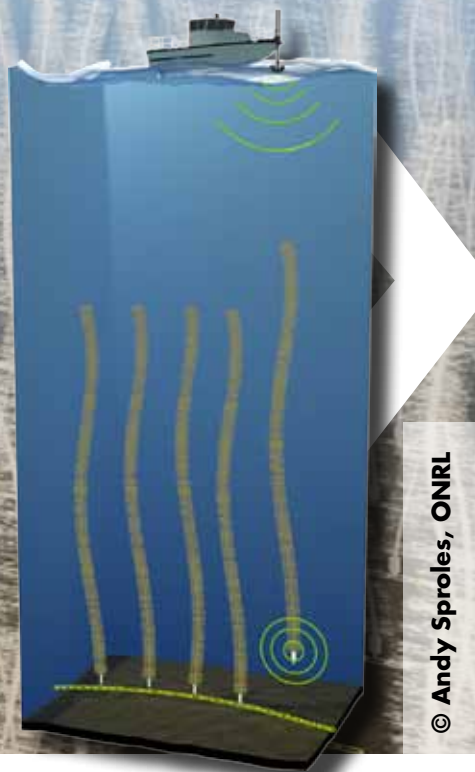
NWO-VENI BEURS VOOR DR. ANNA SMITH VAN DE TU DELFT

Dr. Anna Smith van de afdeling Radiation Science and Technology van TU Delft heeft een Veni-onderzoeksbeurs ontvangen van De Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO). Anna werkt binnen de leerstoel Chemie van de Splitsstofcyclus van de TU Delft die wordt bekleed door professor dr. Rudy Konings.

Smith gaat zich richten op de ontwikkeling van vernieuwende onderzoeksmethoden om deze, gecombineerd met geavanceerde fysisch-chemische modellen, te gebruiken om de structuur, thermodynamische stabiliteit en viscositeit van vloeibare brandstofzouten in de gesmoltenzoutreactor te onderzoeken. De gesmoltenzoutreactor is één van de zes generatie-IV-reactortypen die wereldwijd worden onderzocht.

NWO heeft drie typen beurzen die ieder binnen een bepaalde tijd na wetenschappelijke promotie kunnen worden aangevraagd. De Veni-onderzoeksbeurs is de eerste en is gericht op excellente onderzoekers die aan het begin staan van hun wetenschappelijke carrière. Daarna volgen de Vidi- en Vici-beurzen. De beurzen van NWO worden als prestigieus beschouwd omdat ze sterk selecteren op zowel de kwaliteit van de onderzoeker als op kwaliteit en wetenschappelijke inhoud van het ingediende voorstel. **K**

Anna Louise Smith werd in 1988 geboren in het Franse Limoges. In 2006 slaagde ze met de hoogste lof aan de Lycée Saint Jean in Limoges waar ze Science als hoofdvak had. Als voorbereiding op de strenge toelatingsexamens voor de prestigieuze Grande Ecoles studeerde ze twee jaar intensief fysica, chemie en wiskunde aan de Lycée Sainte Geneviève in Versailles. Hierna behaalde ze in 2011 haar Master of Science in Chemistry en Engineering in een 'dubbel-diploma' aan zowel de Franse Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris (ENSCP) als de Britse University of Cambridge in het Department of Chemical Engineering and Biotechnology. In 2015 voltooide ze haar Ph.D. in Materials Science met een thesis over de Structural and Thermodynamic Properties of Sodium Actinide. Haar studie was een samenwerking tussen de University of Cambridge, Department of Materials Science and Metallurgy en het Institute for Transuranium Elements (ITU) in Karlsruhe. Op dit moment woont Anna Smith in Delft.



© Andy Sproles, ORNL

URANIUMWINNING UIT ZEE MAAKT KERNENERGIE DUURZAAM

Technische ontwikkeling ontsluit 'eeuwige' bron uranium uit oceanen

De VS, Japan en China zijn in een race verwickeld om het eerste land te zijn dat kernenergie toevoegt aan het lijstje renewables. De hobbel die nog te nemen is, is het op economische wijze onttrekken van uranium aan zeewater, want de hoeveelheid uranium in zeewater is net zo onuitputtelijk als wind- of zonne-energie. Met de technologische doorbraak van de Pacific Northwest (PNNL) en Oak Ridge (ORNL) national laboratories lijkt voor het eerst uraniumwinning uit zeewater economisch haalbaar.

De oceanen bevatten meer dan vier miljard ton uranium en dat is genoeg om aan de mondiale energiebehoefte voor minimaal de komende duizenden jaren te voldoen. Voorwaarde is dat we het uranium uit het zeewater kunnen halen om onze kerncentrales te bevoorraden. Over de grote vooruitgang op dit gebied werd in april gepubliceerd in het Amerikaanse tijdschrift van de American Chemical Society (ACS): *Industrial & Engineering Chemistry Research*. Als het lukt om op grote schaal uranium uit zeewater te halen, zal dat kernenergie als bron 'renewable' maken. Niet alleen is de 4 miljard ton uranium dat zich nu in de oceanen bevindt voldoende om duizend kerncentrales met een vermogen van 1.000 MW de komende 100.000 jaar van splijtstof te voorzien, het uranium wordt ook continu opnieuw aangevuld. Hiermee is kernenergie, zoals James Conca in *Forbes* schreef, net zo onuitputtelijk als zon-, water- en windenergie.

In de afgelopen vijftig jaar hebben onderzoekers wereldwijd geprobeerd om uranium uit de oceanen te mijnen, tot nu toe met beperkt succes. In de jaren negentig liepen wetenschappers van de Japan Atomic Energy Agency voorop met de ontwikkeling van materialen die uranium konden binden of adsorberen ondergedompeld in zeewater. In 2011 startte het Amerikaanse Department

of Energy (DOE) een programma waarin een multidisciplinair team deelnam van laboratoria, universiteiten en onderzoekscentra om aandacht te geven aan de fundamentele uitdagingen van het economisch haalbaar winnen van uranium uit zeewater. Binnen vijf jaar heeft dit team nieuwe adsorbens (adsorberende materialen) ontwikkeld die de kosten van uraniumwinning uit zeewater aanzienlijk verlaagden.

URANIUM UIT ZEE ECONOMISCH HAALBAAR

Om dit en andere successen onder de aandacht te krijgen bij een groter publiek, richt de recente speciale editie *Industrial & Engineering Chemistry Research* zich geheel op 'Uranium in Seawater' en presenteerde de resultaten van het onderzoek van internationale wetenschappers die aan de ACS-bijeenkomst in Denver deelnamen. Grote bijdragen kwamen van onderzoekers van het Fuel Resources Program (DOE) dat een internationaal initiatief coördineert waaraan ook Chinese en Japanse onderzoekers deelnemen. Het DOE-programma heeft de technologische basis

gelegd om de economische haalbaarheid te onderzoeken van uraniumwinning uit zeewater. Het programma ondersteunt onderzoekers bij Amerikaanse laboratoria, universiteiten en onderzoeksinstituten die zich richten op de ontwikkeling en het testen van de nieuwe generatie adsorberende materialen die een hogere adsorptiecapaciteit vertonen, sneller binden en minder snel kwaliteit verliezen bij meervoudig gebruik in zeewater. "Om kernenergie een duurzame energiebron te laten blijven, moet een economisch haalbare en veilige bron van splijtstof beschikbaar zijn", zei Phillip Britt van het DOE-programma. Dat lijkt nu de goede kant op te gaan. De inspanningen die de PNNL en ORNL verrichtten, hebben er nu al toe geleid dat de kosten in de afgelopen vijf jaar met een factor vier of vijf zijn gedaald. Dat neemt niet weg dat uraniumoxide uit zeewater op dit moment met 40 euro per ons twee keer zo duur is als uranium afkomstig uit de landmijnbouw. Daar staat volgens Conca tegenover dat de kosten van uranium slechts een klein percentage uitmaken van de uiteindelijke kosten van splijtstof, wat ook weer

een klein deel is van de kosten van kernenergie. Hij betoogt dan ook dat zelfs bij de huidige prijs voor uranium uit zeewater de stijging per kWh slecht een fractie van een cent zou zijn.

MULTIDISCIPLINAIRE AANPAK

Wetenschappers van DOE-laboratoria, Oak Ridge National Laboratory (ORNL) in Tennessee en Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) in Washington zijn verantwoordelijk voor meer dan de helft van de 30 publicaties in de special. ORNL-bijdragen concentreerden zich op het synthetiseren en karakteriseren van uranium-adsorbens, terwijl de PNNL-papers zich richtten op het mariene testen van adsorberende materialen die waren gesynthetiseerd in de nationale laboratoria en universiteiten. "Het synthetiseren van een materiaal dat heel goed uranium uit zeewater kan adsorberen, vereist een multidisciplinair, multi-internationaal team van chemici, informatici, mariene wetenschappers en economen", aldus Sheng Dai die het technisch overzicht heeft van het ORNL-programma. "Rekenkundige studies verschaffen inzicht in de chemische groepen die uranium selectief binden. Thermodynamische studies geven inzicht in de chemie van uranium en relevante chemische verbindingen in zeewater. Kinetisch onderzoek legt de agens bloot die bepalen hoe snel uranium aan de adsorbens bindt. Inzicht in de adsorberende eigenschappen in een laboratorium is bepalend voor ons om een meer economisch adsorbent te ontwikkelen en de materialen zo te prepareren dat ze zo veel mogelijk uranium kunnen 'pakken' als haalbaar is."

PRESTATIE ADSORBERENDE MATERIALEN

Het teamwerk leidde uiteindelijk tot de ontwikkeling van matten opgebouwd uit een vlechtwerk van polyethyleen vezels waarin een chemische verbinding is opgenomen met de naam amidoxime dat uranium aantrekt. Tot nu toe zijn de proeven in het lab uitgevoerd met echt zeewater, maar de vlechtwerken zijn toepasbaar in oceanen waar de natuur zorgt voor het mixen en dat scheelt in de kosten van het pompen van grote hoeveelheden zeewater

door de vezels. Na verscheidene weken in zee worden de met uraniumoxide beladen vezels verzameld en onderworpen aan een zuurbehandeling waarmee de ionen uit de matten worden gehaald en de vezels weer gereed gemaakt voor hergebruik. PNNL-onderzoekers hebben de adsorbens getest die door de ORNL en andere laboratoria waren ontwikkeld en maakten gebruik van natuurlijk, gefilterd en ongefilderd zeewater uit de Sequim Baai bij Washington onder gecontroleerde temperatuur- en stromingscondities. Gary Gill, deputy director van de PNNL's Coastal Sciences Division coördineerde drie marine testlocaties, bij de PNNL's Marine Sciences Laboratory in Sequim, Woods Hole Oceanographic Institution in Massachusetts en de University of Miami in Florida. "Begrip over hoe de adsorbens presteren onder natuurlijke zeewatercondities is van doorslaggevend belang om betrouwbaar in te schatten hoe goed de materialen werken", aldus Gill. "In aanvulling op de mariene testen, hebben we beoordeeld hoe goed de adsorbent uranium aantrekt in vergelijking met andere elementen, de duurzaamheid van het materiaal, of de

groei van mariene organismen een impact op de adsorberende kwaliteit zou hebben en we hebben laten zien dat de meeste adsorberende materialen niet giftig zijn. PNNL heeft ook experimenten uitgevoerd om de winning uit de adsorbens en hergebruik ervan door toepassing te optimaliseren."

Volgens Susan Bauer, PNNL en Dawn Levy van het Oak Ridge National Laboratory toonden mariene testen bij PNNL aan dat het ORNL-adsorbent materiaal de capaciteit had om 5,2 gram uranium per kilogram adsorbent in 49 dagen uit natuurlijk zeewater te onttrekken en is hiermee het beste resultaat uit de special. Het programma Uranium from Seawater blijft belangrijke vooruitgang boeken met de productie van materialen die nog meer uranium uit zeewater weten op te nemen. Recente testen leveren 6 gram uranium per kilo adsorbent na 56 dagen in zeewater; een adsorberende capaciteit die 15 procent hoger ligt dan de belichte resultaten in de speciale editie. **K**

Menno Jelgersma

HERNIEUWBARE BRONNEN

Er bevindt zich vier miljard ton uranium in de oceanen. De zeewaterconcentratie van uranium is (pseudo-)stabiel door chemische reacties tussen water en steenlagen zowel op land als in de oceanen. De aardlagen bevatten 100 miljard ton uranium. Wanneer uranium uit zeewater wordt gewonnen, zal er meer vanuit rotsformaties in het water terechtkomen tot het evenwicht weer is bereikt. Het is voor mensen onmogelijk om zoveel uranium gedurende de komende miljard jaar te mijnen en daarmee de concentratie uranium in zeewater te verlagen, ook als kernenergie honderd procent van onze energie verzorgt en wij nog een miljard jaar zouden bestaan. Met andere woorden, uranium in zeewater is daadwerkelijk compleet renewable. Net zoals zonne-energie renewable is. Natuurlijk is uranium in de aardkost, feitelijk, eindig. Maar dat is de zon ook die uiteindelijk zal opbranden. Dat zal echter de komende 5 miljard jaar niet gebeuren. Ook de wind zal stoppen tegen de tijd dat onze atmosfeer overkookt wanneer de zon in een rode reus verandert. Volgens professor Jason Donev van de University of Calgary betekent de term 'renewable' letterlijk 'andermaal nieuw maken'. "Elke bron die zich doorlopend op natuurlijke wijze 'vernieuwt', zoals de wind of de groei van organismes voor biomassa of biobrandstoffen, is renewable. Hernieuwbare energie betekent dat de energie die mensen uit de natuur halen zichzelf vervangt. En nu voldoet uranium als bron aan die definitie." Het is volgens Conca tijd dat de maatschappij erkent dat kernenergie net als wind, zon en water hernieuwbaar is en daarom aan de 'renewable portfolio' kan worden toegevoegd.





INBEELD

Uitzonderlijke omvang
van de ITER-Tokamak

Cadarache, Frankrijk - Hoog boven het gat in de grond waar de Tokamak, de kern van de internationale experimentele fusiereactor ITER komt, bedekt de gevelbekleding de noordoostelijke façade van de nieuwe productiehal. De bekleding is tijdelijk en draagt eraan bij om onder geconditioneerde klimatologische omstandigheden in het gebouw te kunnen werken aan de gereedschappen die nog nodig zijn voor de montage van onderdelen. Uiteindelijk als de bouw van het Tokamak-complex vordert tot aan de productiehal, wordt de gevelbekleding weer verwijderd en de kraaninstallatie vergroot om de recent geïnstalleerde portaalkranen zowel binnen als buiten beide gebouwen te kunnen laten werken. Omdat het nog niet zover is, heeft de ITER-organisatie een enorme poster van 25 bij 50 meter opgehangen waarop een doorsnede van de Tokamak te zien is, veilig opgenomen in een daarvoor bestemd betonnen gebouw. Ondanks de grootte van de poster is de afbeelding slechts 70 procent van de werkelijke afmeting. Volgens de organisatie geeft de poster wel een goed idee van de uitzonderlijke omvang van de Tokamak.

Bron: © ITER



Y IYNC – INTERNATIONAL YOUTH NUCLEAR CONGRESS

Van 24 juli tot 30 juli heeft de IYNC-conferentie plaatsgevonden in Hangzhou, China. Als voorzitter van de DYG (Dutch Young Generation) is Anouk ter Brugge afgereisd naar het verre China.

Hieronder haar verhaal:

Na een reis van bijna twintig uur (huis-hotel) ben ik aangekomen in het hotel, waar tevens de conferentie is, in Hangzhou te China. Voor de mensen die niet bekend zijn met Hangzhou: een stadje met circa 6,6 miljoen inwoners op 180 kilometer van Shanghai. Voor de locatie van de conferentie is hetzelfde hotel gekozen als waar binnenkort de G20-top samenkomt. In het gehele hotel, maar ook in de stad, worden overal security checks uitgevoerd. Bij de welkomstreceptie ontmoet ik twee andere Nederlanders, Ronald van den Berg en Sven Baas, werkzaam bij NRG. Zij zijn al enkele dagen voor de conferentie aangekomen in Hangzhou.

Met bijna twee meter lengte zijn ze een ware attractie in China. Veel mensen die graag met hen op de foto willen. Een onderdeel van de conferentie is een postersessie. Ronald en Sven hebben hieraan mee gedaan met hun poster: 'Safely operating experiments in the HFR: The operator's perspective'. Tijdens de openingssessie van de conferentie wordt aangegeven hoe belangrijk het is om positief te communiceren over nucleair en hoe wij jongeren uit de nucleaire sector daar een belangrijke rol in kunnen en moeten spelen. Dit belang was tevens de focus tijdens verschillende workshops en panel-sessies. De sessies van, voor en door jongeren waren in mijn optiek het meest interessant. Tijdens die sessies werd open gesproken over problematiek, zowel op technisch gebied als culturele issues.

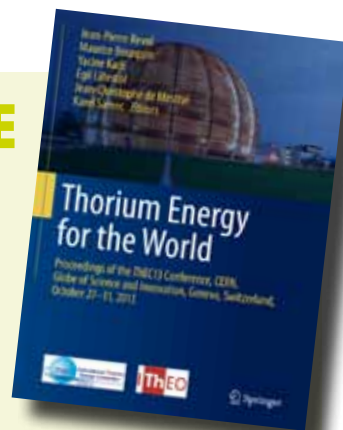
Op de laatste dag van de conferentie stond een bezoek naar de QinShan kerncentrale op het programma. Deze plant heeft maar liefst tien reactoren en heeft daarmee de meeste ter wereld voor een enkele plant. Ondanks dat we bij de plant zelf weinig te zien kregen was het een bijzondere ervaring. **K**

Anouk ter Brugge, voorzitter DYG



VERSLAG THORIUMCONFERENTIE STIMULANS INTERNATIONALE SAMENWERKING

Onlangs verscheen bij uitgeverij Springer het boek: Thorium Energy for the World; proceedings of the ThEC13 conference. De lijvige uitgave (ruim 440 pagina's!) bevat zo'n beetje alles over wat in 2013 de stand van zaken was op het gebied van thorium-energietechnologieën. Onder de aanwezigen uit dertig landen waren onder meer aanwezig: Carlo Rubbia, Nobelprijswinnaar natuurkunde en Hans Blix, voormalig DG van de IAEA. De proceedings worden gezien als een referentiebron voor het gebruik van thorium voor de productie van energie. Het boek verschaft een gedetailleerd en technische overzicht van de status van thoriumtechnologie van R&D tot industriële ontwikkeling.



In de afgelopen 60 jaar is er een enorme hoeveelheid ervaring opgedaan met de bouw en het bedienen van kerncentrales die uranium als splijtstof gebruiken. Volgens Blix moeten we al deze ervaring en kennis gebruiken om op zoek te gaan naar alternatieven voor huidige technologieën. Hij wijst erop dat het ongeluk bij Fukushima heeft geleid tot overhaaste beslissingen zoals de uitsluiting van kernenergie in Duitsland. Volgens hem is er wel degelijk ruimte voor lange termijn ontwikkeling en financiering van innovatie in de nucleaire technologie. Met mondiale thoriumreserves die drie tot vier keer hoger zijn dan die van uranium, ligt het voor de hand de pijlen op de ontwikkeling van thoriumtechnologie te richten. In zijn voorwoord wijst de voormalige bondspresident van Zwitserland Paul Couchepin naar de gevolgen van de Duitse 'Ausstieg' met de toegenomen uitstoot van CO₂ door de overstap naar steen- en bruinkool, ondanks de tientallen miljarden euro's die Duitsland in wind- en zonne-energie heeft gestoken en nog gaat steken. Met de afwijzing van kernenergie worden ook nucleaire technieken overboord gegooid die juist een heel

goede bijdrage aan het milieu zouden kunnen geven. Couchepin: "Thorium, in het bijzonder, is een veelbelovende nucleaire splijtstof. Het heeft niet de nadelen van conventionele nucleaire technologie die is gebaseerd op verrijkt uranium. Daarbij kan in een sub-kritisch systeem een ongeremde nucleaire kettingreactie niet voorkomen." We kennen inmiddels de voordelen van thorium, voornamelijk op papier, dat wel. Couchepin erkent dat en stelt dat de techniek veel onderzoek nodig heeft, maar de kansen op succes zijn volgens hem groot. Tijdens de Thorium Energy Conference (ThEC13) kwamen experts van over de hele wereld bijeen om te praten over de overstap van de uranium-splijtstofcyclus naar een thoriumcyclus. Met thorium als splijtstof is het mogelijk de wereld veilig van energie te voorzien, zonder dat er sprake is van CO₂-emissie en waarbij ook nog eens beduidend minder kernafval wordt geproduceerd dan nu met uranium het geval is. In het boek wordt onder meer ingegaan op de internationale R&D-programma's op het gebied van thoriumtechnologie, innovatieve reactorconcepten, de thoriumsplijtstofcyclus en transmutatie. In de conclusie roept ThEC (international Thorium Energy Committee) president dr. Jean-Pierre Revol op tot intensieve

wereldwijde samenwerking. Hij ziet de verschijning van Thorium Energy for the World als een manier om aan die samenwerking bij te dragen. "Het doel van ThEC is om de internationale samenwerking bij de ontwikkeling van thoriumtechnologie te promoten om te kunnen voorzien in veilige, schone en ruim voor handen zijnde energie voor alle mensen."

Menno Jelgersma

Titel: Thorium Energy for the World; proceedings of the ThEC13 conference.
Uitgever: Springer International Publishing
Redacteuren: Jean-Pierre Revol, Maurice Bourquin en anderen
Pagina's: 446

eBook: € 107,09
ISBN 978-3-319-26542-1
Hardcover: € 143,09
ISBN 978-3-319-26540-7

<http://www.springer.com/gp/book/9783319265407>



RADIOACTIVITEIT VAN FUKUSHIMA BRENGT GOLFSTROMEN STILLE OCEAAN IN BEELD

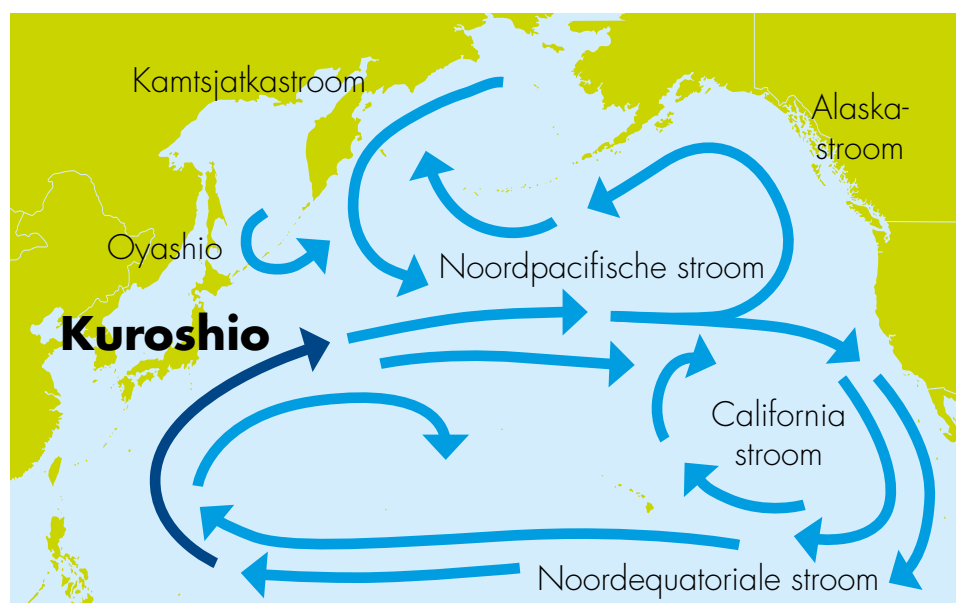
Er is niet veel bekend over golfstromen of, meer algemeen, over de dynamiek van oceanen. Maar de radioactiviteit die in de Stille Oceaan is vrijgekomen na het ongeluk bij de Fukushima Daiichi kerncentrale, die daarna zeer snel tot ongevaarlijke niveaus verdunde, heeft wetenschappers in staat gesteld om golfstromen in kaart te brengen.

Expertise van het Joint Research Centre (JRC) op het gebied van nucleaire metingen kwam van: pas bij het detecteren en kwantificeren van de radioactiviteit in zeewatermonsters. De studie werd uitgevoerd door een team van onderzoekers van twee Japanse universiteiten, gevolgd door de bemonstering en het meten van door mensen gemaakte radionucliden in de Stille Oceaan. Dit maakte het volgen van natuurlijke processen mogelijk. De belangrijkste oceanografische conclusie die uit de studie volgt, is dat het meeste oppervlaktewater dat in oostelijke richting naar de VS wordt getransporteerd, naar beneden wordt gedreven tot een diepte van 400 meter tot ongeveer aan de internationale datumgrens en dan naar het zuidwesten afbuigt. Deze beweging van zeewater was nog onbekend voor de studie werd uitgevoerd en zal van invloed zijn op bijvoorbeeld computermodellen die de opwarming van de aarde berekenen.

Het ongeluk bij de Fukushima Daiichi kerncentrale in maart 2011 heeft tot de aanwezigheid van grote hoeveelheden radioactiviteit in de Stille Oceaan geleid. Gedurende 2011 en 2012 hebben Japanse wetenschappers bijna achthonderd watermonsters genomen en ongeveer tachtig planktonmonsters en zwevende deeltjes (fijnstof) verzameld. In samenwerking met

het JRC zijn de monsters geanalyseerd, waarbij zeer lage stralingsniveaus werden aangetoond. Om dergelijke lage straling te kunnen meten werden de monsters diep ondergronds (225 meter) gebracht om interferentie met kosmische straling te voorkomen in de gevoelige apparatuur. Drie radionucliden van Fukushima werden gedetecteerd in de oceaanmonsters, te weten: cesium-134 (halfwaardetijd 2,1 jaar), cesium-137 (halfwaardetijd 30 jaar) en zilver-110m (halfwaardetijd 0,68 jaar). Het plankton bevatte een grotere hoeveelheid van het radioactieve cesium dan het fijnstof omdat

het plankton organisch materiaal opneemt en zo het cesium inwendig accumuleert. De studie van plankton is van belang om de opname in de voedselketen te begrijpen en om een schatting te kunnen maken van de impact op biosystemen bij toekomstige lozingen. De meetwaarden van het plankton lieten zien dat op alle monsterlocaties het niveau van radioactief cesium in de orde lag van 30 mBq/g (mei/juni 2011) terwijl alleen de monsters die tot 70 kilometer van Fukushima waren verzameld (vlak bij het epicenter van de aardbeving) meetbare hoeveelheden zilver-110 m bevatten. **K**





© Paul Ridderhof

GASTCOLUMN

KLIMAATVERANDERING & KERNCENTRALES

Kerncentrales kunnen een bijdrage leveren aan het oplossen van het klimaatprobleem, maar zijn ze ook nodig? Die vraag wordt mij veel gesteld. In de Global Energy Assessment (GEA) van 2012 is deze vraag onderzocht. Aan deze studie, die vijf jaar duurde, hebben driehonderd wetenschappers en tweehonderd reviewers gewerkt. Zelf was ik eerste auteur van het hoofdstuk over hernieuwbare energiebronnen. Ook was ik nauw betrokken bij het verkennen van vele denkbare energiepaden richting het jaar 2050. Een van de conclusies van GEA-2012 is dat ook zonder kerncentrales een schone, betrouwbare en toereikende energievoorziening wereldwijd gerealiseerd kan worden. Een noodzaak om kerncentrales te bouwen is er in mijn visie dus niet.

Een vraag die mij vervolgens veel gesteld wordt, is of kerncentrales dan niet nodig zijn om tot een zo goedkoop mogelijk energiesysteem te komen. We hebben dit het afgelopen jaar onderzocht bij de Universiteit Utrecht. Met een rekenmodel is voor West-Europa de elektriciteitsvoorziening in het jaar 2050 uurlijks gesimuleerd, aannemende dat deze net zo betrouwbaar moet zijn als het huidige systeem maar 97 procent minder CO₂ moet uitstoten dan in 1990. Ook namen we aan dat de elektriciteit voor veertig procent, zestig procent dan wel tachtig procent uit hernieuwbare bronnen (met name zon en wind) wordt betrokken. Een aanname daarbij was dat nieuwbouw van kerncentrales in West-Europa ongeveer 4.800 euro per kW gaat kosten.

De resultaten waren verrassend. Een van de bevindingen is dat kerncentrales veel te duur zijn, mede omdat ze in 2050 – door de bouw van veel zon-PV en windvermogen - een aanzienlijk lagere bedrijfstijd zullen kennen dan thans gerekend in vollast-uren per jaar. Alternatieve opties, zoals het bouwen van gasgestookt vermogen gecombineerd met CCS, zijn dan veel aantrekkelijker. Zonder overheidssteun is nieuwbouw van kerncentrales in West-Europa dus niet mogelijk.

Voor Nederland is de conclusie dat een tweede kerncentrale in Borssele er niet in zit, tenzij nieuwbouw veel goedkoper wordt. Als de reactor dan ook nog inherent veilig moet zijn, vergt dit een heel ander ontwerp dan thans op de markt te koop is. **K**

PROF. DR. WIM C. TURKENBURG

Wim Turkenburg is als emeritus hoogleraar 'Science, Technology and Society' verbonden aan de Universiteit Utrecht. Hij is van origine atoomfysicus en studeerde in Leiden en Amsterdam. In Utrecht zette hij een groep op voor onderzoek en onderwijs op het gebied van energie en milieu. Ook was hij wetenschappelijk directeur van het Copernicus Instituut voor Duurzame Ontwikkeling en van het Utrecht Centrum voor Energieonderzoek. Deze activiteiten hebben eraan bijgedragen dat het energieonderzoek van de UU thans internationaal tot de wereldtop wordt gerekend. Wim Turkenburg is lid van de Raad van Toezicht van de Stichting Voorbereiding Pallasreactor. Hij vervult daarnaast diverse advies- en consultancyfuncties. Door de media in ons land wordt hij frequent geraadpleegd over kernenergiezaken en over vraagstukken op het gebied van Energie & Klimaat.



WAARSCHUWING FORUM PRESIDENT RALF GULDNER: VOLG NIET HET PAD VAN DE DUITSE UITFASERING

Wanneer de strijd tegen klimaatverandering een prioriteit is, zal de wereld nucleair nodig hebben als onderdeel van de energiemix en niet moeten afdalen langs het pad van de Duitse uitfasering die irrationeel is en geen rekening hield met het feit dat de kerncentrales veilig waren, aldus Dr. Ralf Guldner, president van het Duitse Atomic Forum (DAF).

Als het beschermen van het klimaat en het terugdringen van de klimaatverandering 's werelds hoogste politieke prioriteit heeft, dan moeten we volgens hem alle bronnen van CO₂-vrije energieopwekking gebruiken en is nucleair onderdeel van de oplossing. Het is het verhaal dat Guldner al twintig jaar verkondigt – nucleair is niet de oplossing, maar een deel van de oplossing. De vraag die volgens hem gesteld moet worden is of er werkelijk een oplossing van de klimaatverandering zonder nucleair is. "Wat kunnen verschillende landen gebruiken voor hun energieopwekking? Wind, zon, fossiel, nucleair? De vraag naar energie door een groeiende wereldbevolking stijgt en waar het om gaat is wat de maatschappij kiest wat de hoogste prioriteit heeft." Guldner is het niet eens met claims die zijn gemaakt in een speech van Jochen Flasbarth, Staatssecretaris, ministerie van Milieubeheer, Natuurbehoud, Bouw en Reactorveiligheid die verklaarde dat de Duitse nucleaire uitfasering een "rationeel" besluit was en geen kwestie van emotie na het ongeluk bij Fukushima. Guldner: "Geloof je dat als het een rationeel besluit zou zijn geweest geen ander land ons was gevolgd? Het is duidelijk dat er in Duitsland een grote antinucleaire druk was. Op het laatst volgde een politieke en emotionele beslissing. Het was geen rationeel besluit."

EEN IRRATIONELE BESLISSING

Volgens Guldner is het argument dat nucleair in Duitsland niet veilig was niet houdbaar. De uitgevoerde stress tests voor kerncentrales in Europa na Fukushima lieten zien dat de Duitse reactoren zich onder veiligste bevonden. Er is doorlopend geïnvesteerd in de vernieuwing en veiligheid van Duitse installaties. Van elk ter zake doend ongeluk

of ernstige storing waar ook ter wereld werden de 'lessons learned' meegenomen. "Tezamen waren de investeringen in renovatie en verbeteringen hoger dan de bouwkosten van de meeste centrales", aldus Guldner. "Als de Duitse overheid een rationele beslissing had genomen, dan zou het gewacht hebben op de resultaten van de stress tests en pas dan zijn gestart met discussies met omringende landen en Europese instituties. Wat gebeurde was zeer irrationeel. Wij hebben geen tsunamis in Duitsland en onze centrales zijn niet minder veilig geworden door een tsunami in Japan." Guldner merkt op dat zes maanden voor Fukushima-Daiichi, Angela Merkel en haar regering het groene licht gaven voor levensduurverlenging voor kerncentrales. Duitsland kan niet altijd vertrouwen op importen vanuit buurlanden omdat als Duitslands vraag hoog is, dan is die vraag bij de burens ook hoog. Merkel kondigde aanvankelijk aan dat kernenergie zou worden uitgefaseerd waarbij zij voorstelde om gasgestookte centrales te bouwen, maar dat is economisch niet haalbaar bij de huidige prijzen en het is twijfelachtig wie hierin wil investeren. "Ik ben benieuwd wat er allemaal op de lange termijn gaat gebeuren. Welke energiebron kan alle ontbrekende capaciteit van renewables vervangen in het geval van hoge vraag en laag aanbod? Wat gebeurt er wanneer er geen wind is en de zon niet schijnt?"

HET HELE PLAATJE

Guldner zei dat Groot-Brittannië (GB) een interessant voorbeeld is omdat ze een contract for difference (CFD), ofwel een financieel contract ter verrekening van verschillen hebben met een uitoefenprijs (strike price) van ongeveer 91 pond per MWh (voor de toekomstige



© Avda - CC BY-SA 3.0

➤ De kerncentrale Grafenrheinfeld is na het ongeluk bij Fukushima op 18 maart 2011 tijdelijk buiten gebruik genomen. In mei 2011 werd in het kader van de 'Ausstieg' echter besloten de centrale definitief niet meer op te starten. credit: © Avda - CC BY-SA 3.0

Hinkley Point C) waarmee GB een 'level playing field' voor alle CO₂-vrije energiebronnen heeft gemaakt. Aan de andere kant bedraagt de offshore windprijs ongeveer 110 pond per MWh bij capaciteitsveilingen. "Als je kijkt naar de situatie in Duitsland en naar de marktstructuur die wij hebben, krijgt nucleair ongeveer 20 euro per MWh in de termijncontracten voor 2018 en 2019, terwijl mijn collega's die verantwoordelijk zijn voor windenergie op zee bijna tien keer zo veel krijgen. Dit is geen gelijk speelveld." Duitsland moet naar het hele plaatje kijken. Toch zal Duitsland de uitfasering volgens hem niet terugdraaien. "We zullen onze centrales één-voor-één gaan sluiten tot 2022 en dan zullen we kijken waar de energie vandaan gaat komen."

OLIESTOOK

Het probleem van Duitsland zonder kernenergie als basislast is dat het schommelt tussen "excessieve energieopwekking" en periodes waarin

de renewables bijna niets meer produceren. "Mijn gok is dat we gasgestookte centrales gaan bouwen en die aan het net koppelen om de netstabiliteit te verzekeren", aldus Güldner. Maar hij waarschuwt ook voor de kosten. Zoals in 2012 toen de winter in Europa koud was en er niet genoeg wind was voor de Duitse windturbines. Duitsland probeerde toen om alle fossiele capaciteit op te starten, inclusief de meest moderne gasgestookte centrales in Irsching. Echter, er bevond zich geen aardgas in het systeem; er was niet genoeg druk in de leidingen. "We konden Irsching niet opstarten en startten daarom andere kleinere oliegestookte centrales op in de regio", aldus Güldner. "Om een gasgestookte centrale van aardgas te voorzien is het niet voldoende om hem aan te sluiten aan het gasnet. Je moet ook de infrastructuur van gasleidingen verbeteren en dat brengt kosten met zich mee." De deadline voor de uitfasering in 2022 is nabij en infrastructurele projecten in Duitsland nemen tijd in beslag. "Ik denk dat we echt op moeten schieten. We moeten echt een plan hebben. ➤

Als het gas wordt, dan moet de overheid haar verplichtingen helder maken.”

Güldner riep overheden wereldwijd op om nucleair te ondersteunen bij de standaardisering van vergunningsprocedures zodat installaties kunnen worden gebouwd binnen degelijke tijdsbestekken en voor redelijke kosten. Vertragingen bij Olkiluoto-3 in Finland en Flamanville-3 in Frankrijk zijn “zeer schadelijk” gebleken voor de beoordeling of kernenergie haalbaar is omdat private investeerders hun twijfel zullen hebben over de investering van miljarden in nucleaire projecten zonder enige politieke zekerheid te hebben. “De beslissingen en prioriteiten moeten vanaf de top helder worden - wat zijn onze doelen en prioriteiten op de lange termijn.”

ERVARING MET ONTMANTELING

Pinc, het indicatieve programma van de Europese Commissie dat in april verscheen, was een voorbeeld van gebrek aan richting volgens Güldner die het rapport bovendien “nogal vaag” noemde. Hij zei dat Pinc liet zien dat nucleair een onderdeel zou moeten zijn van de toekomstige energievoorziening in Europa, maar wat de Duitse nucleaire industrie verwacht van Pinc was een “duidelijker commitment” namens de EC – een duidelijker zicht op wat de industrie verwacht hoe de energiemix binnen de EU er uit gaat zien tegen 2050 en wat de rol van nucleair hierin is. “Ze geven aan dat het aandeel nucleair in de mix in 2050 rond de 20 procent zal zijn, maar ik ben er niet zeker van of dit voldoende zal zijn als we aan onze klimaatdoelen willen voldoen. Twintig procent kan genoeg zijn, maar alleen als we de energie-efficiëntie op andere gebieden kunnen verhogen.” Volgens de EC was het aandeel nucleaire stroomgeneratie in Europa in 2013 26,8 procent.

Terwijl de Duitse nucleaire industrie richting ontmanteling beweegt, zegt Güldner: “We weten redelijk goed hoe we dit moeten aanpakken en wat het gaat kosten.” Duitsland heeft al ervaring opgedaan met de ontmanteling van oudere reactoren en er zijn bedrijven met voldoende expertise. “Als de autoriteiten bereid zijn om ons te helpen, zouden wij in staat moeten zijn om de klus te klaren binnen het tijdsbestek voor het bedrag dat er voor staat. Ik verwacht niet voor veel verrassingen te komen staan.” Het grote probleem is het langdurige proces van het vinden van een eindberging diep onder de grond, die als opslag gaat dienen voor de gebruikte splijtstof van ontmantelde kerncentrales. De zoutkoepel in Gorleben geldt nog steeds als potentiële eindberging. De reden voor de enorme lange procedure is volgens Güldner het comité dat zich over de gevoelige materie buigt en dat bestaat uit zestien leden met stemrecht afkomstig van verschillende stakeholders en die tezamen een compromis moeten vinden. “We zijn niet tevreden over alles, maar we kunnen onze argumenten kenbaar maken en het is de politiek die uiteindelijk de beslissing neemt.” **K**

Bron: NucNet - Kamen Kraev

COLUMN



OOSTENRIJKSE LOGICA

Sinds mei dit jaar werk ik bij het Internationaal Atoom Energie Agentschap, de nucleaire helpdesk en waakhond van de Verenigde Naties. Dat die ‘of all places’ gevestigd is in de hoofdstad van Oostenrijk heeft natuurlijk zijn politieke redenen, maar ik vond het altijd een beetje ‘awkward’ omdat juist dat land zich al jarenlang zeer

negatief opstelt ten aanzien van kernenergie. Hun kerncentrale Zwentendorf werd na volledig afbouwen in 1978 niet in bedrijf genomen door een referendum. Sinds 1999 is energiewinning door middel van kernsplijting bij grondwet verboden en wordt elke gelegenheid aangegrepen om te ageren tegen andere Europese kerncentrales, of het nu in de voormalige niet-overzeese gebiedsdelen is, zoals de Tsjechische Dukovany-centrale, of verder weg, zoals vorig jaar de rechtszaak tegen het Engelse Hinkley Point C. Dus ging ik ervanuit dat hun onderzoeksreactoren inmiddels ook wel gesloten zouden zijn, en hun nucleaire vereniging opgeheven of misschien wel verboden.

Wie schetst dus mijn verbazing toen ik de gelegenheid kreeg de onderzoeksreactor van de Technische Universiteit Wenen te bezoeken? Deze 250 MWth TRIGA Mark II bleek gewoon in bedrijf, en niet alleen voor fundamenteel wetenschappelijk onderzoek, maar ook om studenten op te leiden in de reactorfysica. Onlangs zijn de regelstaven en regelconsole nog vernieuwd. Verder is er een kerntechnische vereniging, de Österreichische Kerntechnische Gesellschaft, die de president van het Europese Young Generation Network levert. Dat de huidige Oostenrijkse bondskanselier dan ook nog Kern van zijn achternaam heet, staat hier natuurlijk volkomen los van, maar je vraagt je toch af hoe dit allemaal kan.

Een hint naar een antwoord las ik in een onlangs aangeschaft boekje Wien für Anfänger (Wenen voor beginners). Als twee Weners ergens een mening over hebben die volkomen tegengesteld aan die van de ander blijkt te zijn, verklaren ze gewoon de mening van die ander voor ‘auch wahr’ (ook waar). Daar moet ik nog maar eens goed op kauwen met mijn nieuwverworven diplomatieke status bij de Verenigde Naties. **K**

Aliki van Heek



© ANSTO

K Amano and Paterson at the future molybdenum plant (Image: ANSTO)

K HOOFD IAEA BEZOEKT NIEUWE MOLYBDEEN-FACILITEIT AUSTRALIË

Yukiya Amano, director general of the International Atomic Energy Agency bezocht half augustus de nieuwe nucleaire faciliteit in Australië waar binnenkort 25 procent van de wereldwijde behoefte aan molybdenium-99 geproduceerd gaat worden. ANSTO, de Australian Nuclear Science and Technology Organization bracht Amano op de hoogte van de bouwvoorwaarden in Lucas Heights bij Sydney.

De faciliteit zal naar verwachting al aan het einde van dit jaar in 25 procent van de mondiale behoefte aan het nucleaire medicijn voorzien. Het project van 151 miljoen euro bevindt zich in het laatste bouwstadium. In de productiefaciliteit zijn maar liefst tien hot cells opgenomen die tegen het einde van volgend jaar bij volledige productie 10 miljoen doses per jaar zullen leveren.

“De combinatie van het ANSTO Nuclear Medicine Project en de onderzoeksreactor Opal (Open Pool Australian Lightwater) zijn de twee onderdelen die er tezamen voor zorgen

dat Australische nucleaire medicijnen de wereld over zullen gaan”, aldus ANSTO. “Nucleaire medicijnen zijn een belangrijk element van het huidige medische circuit. In Australië komen ze van de Opal-reactor en maken diagnoses en de behandeling van verschillende vormen van kanker mogelijk.”

Op 12 augustus vierde Opal het tienjarig bestaan sinds de eerste kritikaliteit. ANSTO CEO dr. Adrian Paterson zei dat Opal vanaf de eerste stabiele nucleaire kettingreactie “Miljoenen doses nucleaire medicijnen heeft geproduceerd die door één op elke

twee Australiërs ergens in hun leven werden gebruikt.” De inzet van reactoren zoals Opal is volgens Paterson de enige betrouwbare manier om Mo-99 te produceren op een schaal en van een kwaliteit die door ziekenhuizen en nucleair medische centra wereldwijd worden gebruikt.

“ANSTO zal vanaf volgend jaar helpen het gat in de productie van Mo-99 op te lossen in een tijd waarin de vraag voor het potentieel levensreddend isotoop wereldwijd groeit”, zei Paterson. In 2012 kondigde de Australische overheid plannen aan voor de bouw van een Mo-99 faciliteit en een demonstratie-afvalverwerkingsinstallatie gebaseerd op de Synroc-technologie voor het beheren van vrijkomende radioactieve bijproducten. Alle faciliteiten bij elkaar worden het ANSTO Nuclear Medicine project genoemd. Bouwactiviteiten op de locatie van de Synroc-afvalverwerkingsinstallatie staan begin volgend jaar gepland. K

SYNROC

Synroc (synthetic rock) is een door ANSTO ontworpen kunstmatige ‘steensoort’ voor het immobiliseren van verschillende vormen van middel- en hoogradioactief afval. Het is een keramisch materiaal gemaakt van diverse natuurlijke mineralen zoals hollandiet en perovskiet die in de vrije natuur voorkomen en zeer stabiel zijn. Dit bracht wetenschappers op het idee dit materiaal te gebruiken voor het insluiten van radioactief afval. De mineralen zijn in staat bijna alle elementen die in hoogradioactief afval voorkomen in een kristalstructuur op te nemen. Een andere manier om radioactief afval te immobiliseren is verglazen. De ontwikkelaars van Synroc beweren echter dat hun steensoort vele malen beter bestand is tegen uitloging door grondwater dan glas en vijfhonderd- tot duizendmaal beter bestand tegen hoge temperaturen (300 graden Celsius) en druk.



KUDANKULAM-1 OVERGEDRAGEN AAN INDIA

Half augustus vond de ceremoniële overdracht van de Kudankulam-1-reactor aan het volk van India plaats. Deze markeerde het einde van de eerste van drie bouwfasen en een volgende mijlpaal in de nucleaire samenwerking tussen Rusland en India, die aansluitend doorgaat met de bouw van de tweede en derde fase en andere Indiase kerncentrales die nog gaan komen.

Op 10 augustus namen Vladimir Poetin en minister-president Narendra Modi deel aan een videoconferentie gewijd aan de overdracht van de Kudankulam Unit 1 aan India. Het gaat daarbij om Russische VVER-1000 hogedrukwaterreactoren. Volgens Modi houdt hiermee de samenwerking op nucleair gebied tussen beide landen niet op. "Kudankulam zal uiteindelijk uit vijf units bestaan met elk een capaciteit van 1.000 MW. We zijn van plan om een serie van 12 grote kerncentrales te bouwen," verklaarde de Indiase premier. In antwoord hierop zei Poetin dat de Russen verwachten aan het einde van dit jaar bouwplannen te ondertekenen van de derde projectfase voor de bouw van de

Kudankulam Units 5 en 6. "Ik weet zeker dat onze gezamenlijke inspanningen op deze en andere economische gebieden, met name in hightech, tastbare resultaten zullen opbrengen en een snelle efficiënte ontwikkeling van onze economieën mogelijk maakt", aldus Poetin.

Kudankulam is al sinds december 2014 operationeel; Kudankulam 2 bereikte deze zomer eerste kritikaliteit en werd in augustus aan het nationale net gekoppeld. De Indiase toezichthouder had al het groene licht gegeven om het vermogen op te voeren, wat in feite een akkoord betekent voor netaansluiting. "De Kudankulam units zijn op dit moment de meest krachtige in India, zowel

onder de kerncentrales als kolengestookte centrales", aldus Malur Ramasamy Srinivasan, oprichter van de Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL). Hij benadrukt het belang van kernenergie voor India. "Mensen hebben elektriciteit nodig. Betrouwbare opwekking ervan is essentieel voor belangrijke gebieden van de nationale economie, in het bijzonder industriële ondernemingen en de landbouw, naast infrastructurele projecten. Daarnaast verlagen kernenergie en renewables de Indiase afhankelijkheid van fossiele brandstoffen."

Een ander belangrijk aspect is de betrokkenheid van lokale aannemers bij het project. Zij zijn al bezig met de productie van bepaalde onderdelen voor de kerncentrale maar de omvang kan aanzienlijk groter worden. Volgens Ramayahi Shanmugam Sundar, Kudankulam site director zal de nieuwe projectfase aanzienlijk meer lokale fabrikanten aantrekken dan bij de eerste twee units. Reactorvaten en zwaar materieel voor de derde en vierde unit zijn al besteld. Net als eerder zullen de zware onderdelen voor de centrale door de Russische bouwers worden geleverd. Vele andere componenten (zoals de elektrische onderdelen, compressoren, onderdelen voor de tweede kringloop, enz.) zullen worden ontworpen en geproduceerd door Indiase bedrijven. "De aanbesteding kan internationaal zijn, maar leveranciers uit India zullen naar aller waarschijnlijk aan onze eisen voldoen", zei Sundar. Hij verwacht dat Indiase bedrijven tot dertig procent van het engineeringgedeelte van het project voor hun rekening nemen. Het is alleen nog te vroeg om over een Indiaas deel in de nucleaire apparatuur te praten omdat de aanbestedingsprocedures nog niet gereed zijn. Sundar merkt op dat de Indiase ingenieurs een aanzienlijke hoeveelheid ervaring hebben opgedaan bij de bouw en installatie van de Units 1 en 2 onder de supervisie van de Russen. **K**

Menno Jelgersma



DR. JUDIT KRAJKÓ PROMOVEERT OP NUCLEAIR FORENSISCH ONDERZOEK AAN DE TU DELFT

© TU Delft

van uiterst gevoelige radiochemische analysetechnieken die de meting van deze sporenelementen mogelijk maken. Dit leidt uiteindelijk tot een 'forensische signatuur' die met grote waarschijnlijkheid de ouderdom, herkomst en beoogd gebruik van het nucleair materiaal aangeeft.

Uiteraard geldt dat de precisie van de analyses toeneemt met het aantal onafhankelijke 'signaturen' dat kan worden bepaald. Krajkó heeft hiervoor de bruikbaarheid van de isotopenverhoudingen van neodymium en zwavel onderzocht. Daarnaast heeft zij gekeken naar de robuustheid en eventuele veranderingen in de samenstelling tijdens de uraniumproductie (het begin van de nucleaire splijstofketen). Voor beide elementen is eerst een methode ontwikkeld om de isotopen te scheiden van de matrix en vervolgens een methode om de isotopen zeer nauwkeurig te meten. Vervolgens is de scheidingmethode gevalideerd aan de hand van referentiematerialen. Ten slotte zijn de isotopenverhoudingen van neodymium en zwavel geëvalueerd als forensische signatuur door ze te testen op 'echte' monsters: uraniumertsen en ertsconcentraten. **K**

Prof. Dr. Ir. Jan Leen Kloosterman, TU Delft

Op 13 juni jongstleden is dr. Judit Krajkó gepromoveerd op het nucleair forensisch onderzoek dat ze afgelopen vier jaar in het kader van de leerstoel 'Chemie van de splijstofcyclus' van TU Delft heeft uitgevoerd. Haar promotoren waren prof. Rudy Konings en prof. Bert Wolterbeek, beiden verbonden als hoogleraar bij de afdeling Radiation Science and Technology van TU Delft. Krajkó heeft haar onderzoek voornamelijk uitgevoerd bij het Europees Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek (Joint Research Centre, JRC) in Karlsruhe.

Het nucleaire forensische onderzoek is een jonge tak binnen de wetenschap die zich het makkelijkst laat vergelijken met de televisieserie CSI (Crime Scene Investigation), maar dan toegespitst op radioactief materiaal. Het onderzoek richt zich op vragen als: 'waar komt het materiaal vandaan?' en 'wat is het beoogd gebruik?' Om deze vragen te beantwoorden wordt er gebruikt gemaakt

van nucleair forensische 'gereedschappen' of 'signaturen' zoals de isotopische samenstelling van het materiaal en de standaard voorkomende verontreinigingen. De uitdaging van het onderzoek ligt in twee zaken: Enerzijds de identificatie van de samenstelling van het materiaal en de sporenelementen die iets zeggen over de herkomst en behandelingen die het materiaal heeft ondergaan en anderzijds op het ontwikkelen



**WORD
BEGUNSTIGER*
VAN STICHTING
KERNVISIE
EN ONTVANG
KERNVISIE
MAGAZINE
6X PER JAAR**

De Stichting KernVisie streeft naar het vergroten van het draagvlak voor kerntechnologie en al haar toepassingen. Haar communicatiemiddelen zijn het tweemaandelijks magazine Kernvisie en de website. Daarnaast verzorgen vertegenwoordigers van de stichting lezingen en gastcolleges. De stichting streeft er naar om de informatie over kerntechnologie toegankelijk en aantrekkelijk te maken voor haar lezers en bezoekers van hun website.

WILT U ZICH AANMELDEN ALS BEGUNSTIGER VAN STICHTING KERNVISIE?

Geef dan uw gegevens door via het contactformulier op de website:

www.kernvisie.com

* De bijdrage is minimaal 25,- euro per jaar (studenten 10,- euro), over te maken naar het banknummer NL19 INGB 0006 8513 70 ten name van Kernvisie, Foundation for Nuclear Energy te Zwijndrecht.



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

E-mail: kernvisie@kernvisie.com