

KERNVISIE MAGAZINE

» EEN SCHEEPJE IN
EEN FLES BOUWEN

» NRG DOET
ONDERZOEK NAAR
WARMTETRANSPORT
VLOEIBARE METALEN

» NIEUWE AUTORITEIT
ANVS IS KENNISBANK,
TOEZICHTHOUDER EN
GESPREKSPARTNER

**NEDERLAND WORDT
MONDIALE KOPLOPER
PROTONENTHERAPIE**

COLOFON

KernVisie Magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

JAARGANG 10, NUMMER 3, APRIL 2015
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 Uitert

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

Notarisappel 37, 6662 JN Elst
Telefoon: 0481-841156
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

professor Jean-Philippe Pignol © 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 PROTONENTHERAPIE: DE NEDERLANDSE AANPAK



In mei van dit jaar gaat in Delft de eerste spade de grond in voor de bouw van het Holland Particle Therapy Centre (PTC), de eerste Nederlandse protonenkliniek. Vorig jaar heeft minister Schippers vergunningen verleend voor de bouw van vier van dergelijke centra: in Delft, Groningen, Amsterdam en Maastricht. Zorgverzekeraars dreigden een stokje te steken voor de bouw van 'zoveel' centra en voorzagen een overeenkomst met één enkele kliniek. De Autoriteit Consument en Markt (ACM) bepaalde echter dat zorgverzekeraars geen onderlinge afspraken mogen maken om een contract te sluiten met slechts één centrum voor protonentherapie, de vorm van radiotherapie die een belangrijke meerwaarde kan hebben ten opzichte van reguliere bestraling. Je zou denken dat het oordeel van de ACM ongunstig is voor HollandPTC die waarschijnlijk als eerste de deuren kan openen en daarmee haar kansen op een monopoliepositie verrijdeld ziet, maar niets is minder waar. Jean-Philippe Pignol, de nieuwe algemeen directeur van HollandPTC legt op pagina 4 uit dat het juist de, mondiaal gezien, unieke Nederlandse aanpak is om met vier centra kennis en ervaring te delen en zo vooruitgang te boeken met de veelbelovende protonentherapie. Ook voor Jan van den Heuvel, de nieuwe directeur van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) is het delen van kennis een belangrijke doelstelling. Hij vertelt over de onafhankelijke positie die zijn autoriteit inneemt waarbij ze fungeert als kennisbank, toezichhouder, maar vooral ook gesprekspartner.

André Versteegh
voorzitter Stichting Kernvisie

> INHOUD

GEZONDHEID

NEDERLAND WORDT MONDIALE KOPLOPER PROTONENTHERAPIE

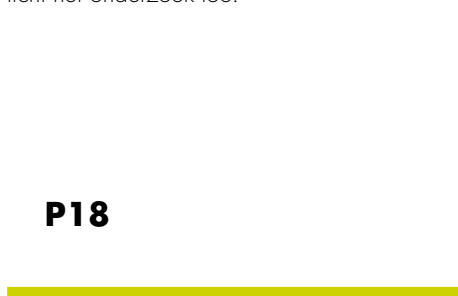
Binnenkort verrijst in Delft het Holland Particle Therapy Centre (HollandPTC). Jean-Philippe Pignol staat te popelen om te beginnen met de unieke samenwerking tussen ziekenhuizen en universiteiten. "Protonentherapie is voor specifieke gevallen van kanker de beste keuze."



ENERGIE

NRG DOET ONDERZOEK NAAR WARMETRANSPORT VLOEIBARE METALEN

Als projectleider van het Europese project SESAME doet NRG samen met 25 partners onderzoek naar de koeling van kernreactoren met vloeibare metalen. Het onderzoek is onderdeel van het grotere Europese Horizon 2020 voor onderzoek en innovatie. Ferry Roelofs, projectcoördinator SESAME bij NRG licht het onderzoek toe.



MAATSCHAPPIJ

NIEUWE AUTORITEIT ANVS IS KENNISBANK, TOEZICHTHOUDER EN GESPREKSPARTNER

Sinds februari dit jaar staat mr. Jan van den Heuvel aan het roer van de nieuwe Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS). Aan hem de taak om van de samengevoegde rijksdiensten één integraal werkende organisatie te maken. "We zijn ons bewust van de verschillende rollen."



P09 COLUMN

Aliki van Heek over de strijd om ruimte

P12 INBEELD

Werken op grote hoogte aan de koeltorens van Dampierre.

P16 BERNARD BIGOT IS NIEUWE DG ITER

Bigot volgt per direct prof. Osamu Motojima op als Director General van het onderzoeksprogramma ITER.

P17 VRAAG & ANTWOORD

Wat gebeurt er wanneer een kerncentrale haar stroom niet meer kan afvoeren naar het elektriciteitsnet?



> P23 DYG BEZOekt TSJECHIË EN OOSTENRIJK

Een reisverslag van het bezoek van de Dutch Young Generation aan de TRIGA-reactor, Temelín kerncentrale en de IAEA. En natuurlijk mocht een bezoek aan een Tsjechische brouwerij niet ontbreken.



INTERVIEW



NEDERLAND WORDT MONDIALE KOPLOPER PROTONENTHERAPIE

In mei van dit jaar start de bouw van het Holland Particle Therapy Centre (HollandPTC). Professor Jean-Philippe Pignol (Erasmus MC) is één van de twee medische directeuren van HollandPTC. Hij gaat mede vorm geven aan 'de Nederlandse aanpak', een unieke samenwerking tussen ziekenhuizen en universiteiten om het maximale uit protonentherapie te halen. Een gesprek met een bevlogen wetenschapper die al sinds zijn jeugd gefascineerd is door natuurkunde. "Physics is magic!"

"PROTONENTHERAPIE IS VOOR SPECIFIEKE GEVALLEN VAN KANKER DE BESTE KEUZE."

Pignol studeerde nucleaire fysica en stralingsoncologie aan de universiteit Louis Pasteur in Frankrijk. De laatste post die hij bekleedde, voor hij als afdelingshoofd radiotherapie bij het Erasmus MC begon, was hoogleraar bij de afdelingen stralingsoncologie en medische biofysica aan de universiteit van Toronto in Canada. Van jongs af aan was hij in de ban van natuurkunde. "Physics is magic!", is één van zijn gevleugelde uitspraken. Zijn carrière kenmerkt zich door een fascinatie voor radiologie en deeltjes en de toepassing daarvan in de medische wetenschap. Het aanwenden van 'de magie' om mensen beter te maken klinkt bijna metafysisch, maar dat is zeker niet de insteek die Pignol voor ogen heeft. "Ik heb de overtuiging dat de inzet van nucleaire technieken kan bijdragen aan een betere gezondheidszorg, maar dat betekent uiteraard niet dat we dit kunnen doen zonder onderzoek. Ik wil met HollandPTC in samenwerking met de drie andere protonenklinieken, waarvoor vergunning voor de bouw ervan is verleend, laten zien dat protonentherapie voor specifieke gevallen van kanker de beste keuze is."

THE DUTCH APPROACH

Drs. Dirk Jan van den Berg, voorzitter College van Bestuur van de TU Delft verklaarde onlangs bij de bekendmaking van de bouwplannen door de

initiatiefnemers Erasmus MC, LUMC en TU Delft: "Het fundamentele voordeel van protonentherapie staat al vast, maar er is nog zoveel potentieel voor verdere innovatie. Niet alleen klinisch, maar ook op technologische gebieden waar we nu al toonaangevend zijn." Om de doorbraak van protonentherapie mogelijk te maken zijn dus innovatieve technologieën nodig. Pignol ziet de deelname van de TU Delft aan HollandPTC dan ook als een essentieel aspect in de Nederlandse aanpak, die uniek is in de wereld. "Vier samenwerkende protonenklinieken (Delft, Groningen, Amsterdam en Maastricht) waarbij universitaire medische centra en universiteiten betrokken zijn, verstevigen de positie van Nederland als een van de wereldleiders in radiotherapie. Toponderzoekers op het gebied van protonentherapie uit de VS en Canada kijken met spanning uit naar wat er zich hier afspeelt." Het vreemde is natuurlijk dat die combinatie niet eerder is bedacht in de VS waar zich momenteel het leeuwendeel van het mondiale aanbod aan protonenklinieken bevindt. Pignol: "De Amerikanen zijn van het business model en dat leidt niet per definitie tot proefondervindelijk bewijs van een techniek. Terwijl de ontwikkeling van de protonentherapie in Nederland juist gericht is op de combinatie van patiëntenzorg en een gezamenlijk onderzoeksprogramma."

VALSE HOOP EN VEEL TE KOSTBAAR

Kritiek op protonentherapie is er ook. Het gaat daarbij voornamelijk om het verkopen van 'valse hoop' aan patiënten en de hoge kosten die met de bouw van de klinieken zijn gemoeid. "Kritiek is goed en houdt ons scherp. Het is de basis van de wetenschappelijke benadering", aldus Pignol. Wat betreft de hoop die wordt gewekt, zegt hij onomwonden: "Kom maar met data. Ik ga zelf die data immers ook vergaren met onderzoek." Ook met betrekking tot de kosten gaat Pignol de confrontatie aan. "De investeringen zijn hoger dan bij de bouw van reguliere ➤

behandelcentra, maar een protonenfaciliteit gaat ook langer mee. Bovendien gaat het om kwaliteit van behandelingen en kwaliteit van leven." Is Nederland niet te klein voor vier protonenklinieken? Het is volgens hem belangrijk een kliniek in de directe omgeving van de patiënt te bouwen. Dit draagt bij aan het welbevinden en mogelijk ook aan de effectiviteit van de behandeling. Van concurrentie tussen de klinieken zal op termijn geen sprake zijn. Het bundelen van de krachten van de verschillende centra en universiteiten zal uiteindelijk alleen maar leiden tot betere resultaten.

De Minister van VWS besloot in 2013 de therapie voor 2.200 Nederlandse patiënten per jaar in de verzekerde zorg op te nemen. 600 hiervan zal HollandPTC kunnen behandelen. HollandPTC is een belangrijk speerpunt binnen de Medical Delta, de medisch-

technologische samenwerking tussen de universiteiten en universitair medische centra van Leiden, Delft en Rotterdam. De combinatie biedt unieke mogelijkheden om beeldvormingsinnovaties te realiseren en biologische factoren die een rol spelen bij radiotherapie in kaart te brengen. Het zijn deze onderwerpen die Pignol heeft doen besluiten om van Toronto naar Rotterdam te verhuizen. Een goedbetaalde baan in Calgary heeft hij laten gaan voor het Erasmus MC. "Het was misschien makkelijker geweest om in Canada te blijven, maar de uitdaging hier is veel groter en voor een wetenschapper veel interessanter." Hij is er zich ook van bewust van hoger gelegen gronden naar een locatie onder de zeespiegel te zijn verhuisd. Om de overgang niet al te groot te laten zijn, heeft Pignol wel gekozen voor een woning in één van de hogere gebouwen van Rotterdam.

HET POTENTIEEL VAN DEELTJESTHERAPIE

Pignols expertise is deeltjestherapie. Bij zijn eerste onderzoeksprojecten, begin jaren negentig, richtte hij zich op behandeling op basis van selectieve nucleaire reacties. "Ik realiseerde me toen het geweldige potentieel van deeltjestherapie om de zorg van kankerpatiënten te verbeteren." Of het nu gaat om zware ionentherapie of directe bestraling met neutronen, Pignol heeft er ervaring mee. Ook heeft hij ervaring met Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) waarvoor hij in de jaren tachtig verscheidene malen met patiënten naar Petten reisde waar zich in de HFR één van de weinige BNCT-faciliteiten ter wereld bevond. Maar het meest verwacht hij van protonentherapie die op dit moment ook al in het buitenland wordt toegepast bij de behandeling van kanker. Protonen hebben in vergelijking met fotonen die in conventionele radiotherapie worden gebruikt fundamenteel andere eigenschappen. Het belangrijkste voordeel van protonentherapie is dat tumoren veel gericht kunnen worden aangepakt, met veel minder schade aan het omringende weefsel. Voor sommige kankersoorten, bijvoorbeeld rond het oog, het hoofd-, halsgebied en de hersenen is een dergelijke precieze bestraling van groot belang. Ingrijpende bijwerkingen kunnen met protonentherapie voorkomen worden. Deze en andere patiënten die nu nog met conventionele radiotherapie behandeld worden, zullen duidelijk voordeel hebben bij de nieuwe therapie. "Je moet je realiseren dat bestraling met fotonen vanaf de jaren vijftig tot ruwweg 2000, maar voor één procent het doel raakte; 99 procent ging eraan. In combinatie met computer- en beeldvormende technologieën is een enorme vooruitgang geboekt zodat we nu naar tien procent gaan." Pignol heeft in Toronto ervaring opgedaan met de door hem geïnitieerde 'multicenter clinical trials' om te testen of een innovatie in de radiotherapie, de intensiteitsgemoduleerde

FOTONEN

Fotonen (zwarte lijn) zijn elektromagnetische energiegolven die hun maximale dosis afgeven vlak na het binnengaan in het lichaam. Zij geven onderweg geleidelijk hun stralingsdosis af. Hierdoor komt bij bestraling met één bundel relatief veel stralingsdosis in de gezonde weefsels die vóór de tumor liggen. Bovendien wordt er ook straling afgegeven in de gezonde weefsels die achter de tumor liggen. Met de huidige bestralingstechnieken wordt daarom meestal gebruik gemaakt van meerdere fotonenbundels uit verschillende richtingen, waarbij de dosis straling als het ware wordt uitgesmeerd over de gezonde weefsels. Op deze wijze kan een effectieve dosis worden gegeven op het tumorgebied met een zo laag mogelijke dosis in de gezonde weefsels.

PROTONEN

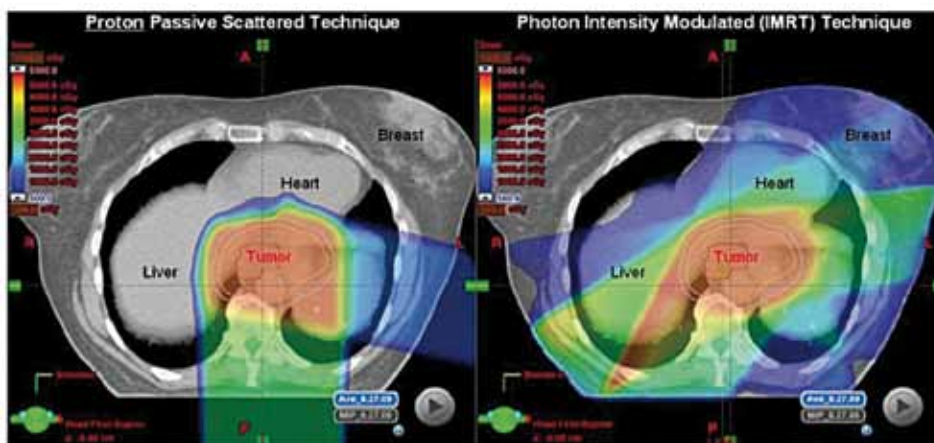
Protonen zijn positief geladen deeltjes die hun maximale dosis pas afgeven bij het bereiken van een bepaalde indringdiepte. Daarna komen de protonen tot stilstand en stopt de straling. Hierdoor ontstaat een soort stralingspiek, die de Bragg-piek wordt genoemd (donkerblauwe lijn). De diepte van de Bragg-piek kan afhankelijk van de plaats van de tumor worden aangepast door de energie van de protonenbundel aan te passen. Bij een lage energie komt de Bragg-piek minder diep, terwijl bij een hoge energie de Bragg-piek dieper in het lichaam komt. Door een groot aantal van deze Bragg-pieken van verschillende energie achter elkaar te plakken, ontstaat een zogenaamde spread-out Bragg-piek (lichtblauwe lijn in de grafiek).

Bron kader en grafiek: UMCGroningentpc.nl

radiotherapie of IMRT, de behandeling voor de patiënt daadwerkelijk zou kunnen verbeteren en bijwerkingen verminderen.

IMRT OF IMPT

Op dit moment zijn we volgens Pignol aangekomen op een punt waarbij de soort straling van belang is voor de behandeling. Afhankelijk van de soort kanker kan daarbij de keuze vallen op bestraling met gamma's dan wel protonen. Hij wijst hierbij naar nieuwe technieken zoals de MRI-linac, een IMRT-technologie die gebruik maakt van gammastraling en waarvan de eerste faciliteit ter wereld vorig jaar in het Universitair Medisch Centrum Utrecht (UMC) werd gebouwd. Dit project is een samenwerkingsverband tussen Elekta, Koninklijke Philips en het UMC. Met de bouw is een belangrijke mijlpaal bereikt in de ontwikkeling van een klinisch systeem voor het krijgen van uiterst gedetailleerde MR-beelden van tumoren en omliggend gezond weefsel tijdens de bestraling van een patiënt. Hierdoor zijn artsen in staat de radiotherapie tijdens de toediening 'in situ' aan te passen hetgeen leidt tot een preciezere behandeling en waarschijnlijk ook tot minder bijwerkingen, naast de mogelijkheid om de therapeutische dosis



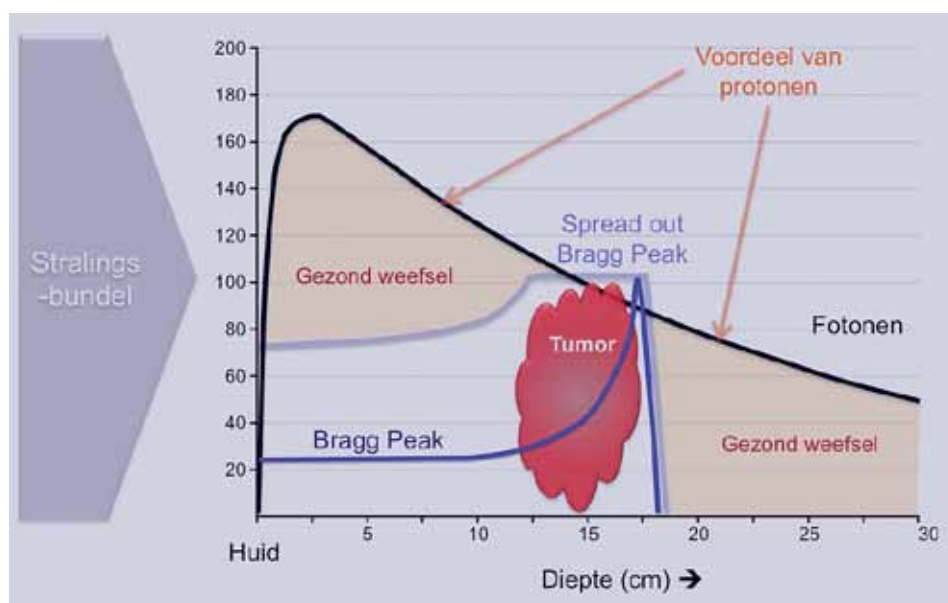
➤ Fotonen geven hun maximale dosis af na het binnengaan van het lichaam, terwijl protonen dat pas doen na het bereiken van een bepaalde indringdiepte.

te verhogen. In lijn hiermee noemt Pignol de nieuwste protonentherapie: IMPT-technologie, waarbij de P staat voor proton. "Dit is een vooraanstaande techniek waarbij geavanceerde beeldvorming van de tumor wordt gekoppeld aan een deeltjesbundel." Het is volgens Pignol de belofte van 'cancer ablation therapy' ofwel CAT, waarbij de tumor en zijn locatie exact in beeld zijn gebracht en daardoor beter wordt bestreden.

Hij benadrukt dat het geen wedstrijd is waarbij fotonen en protonen om de eerste

plaats strijden als 'de beste' middelen. IMRT en IMPT vullen elkaar aan. "Van de 100 gevallen zouden 10 tot 15 procent van de patiënten in aanmerking kunnen komen voor IMRT en 10 tot 15 procent voor IMPT. De keuze voor behandeling is altijd afhankelijk van de soort kanker." Bepaalde tumoren in de romp bewegen tijdens de behandeling of hebben geen 'scherpe grens' en komen daarvoor in aanmerking voor 'dynamische' behandeling van IMRT. Tumoren die wel een scherpe rand hebben of waarvan het omliggende gezonde weefsel niet of zo min mogelijk geraakt mag worden zoals in de schedel komen in aanmerking voor een behandeling met protonen.

➤ Een combinatie van Bragg-pieken geeft effectieve spreadout Bragg-peak.



Pignol is op zijn plek in Nederland en kan niet wachten tot de trials starten. Want als er één ding is dat hem als wetenschapper beweegt, zijn het de onderzoeken die op stapel staan en de data die worden gegenereerd op basis waarvan betere behandelingen mogelijk zijn. Op zijn kantoor hangt een grote poster van een polderlandschap. "Ik ben gefascineerd door wat de Nederlanders hebben gepresteerd. Je ziet dat op veel terreinen terug. Misschien heeft het feit dat het land voor driekwart onder de zeespiegel ligt de bevolking extra creatief gemaakt." K

Menno Jelgersma

MEERDERHEID BELGEN VOOR ENERGIEMIX

75% van de Belgen is voorstander van een combinatie van kernenergie en hernieuwbare energie. Hiermee blijft de mening van de Belgen over kernenergie en kerntechnologie stabiel ten opzichte van 2013. Dit blijkt uit een peiling in opdracht van het Belgische Nucleair Forum door TNS Media.



Al meerdere jaren geeft het Nucleair Forum de opdracht aan het onafhankelijk onderzoeksbureau TNS Media om regelmatig (om de 18 maanden) een grootschalige opiniepeiling te organiseren over de perceptie van de nucleaire technologie bij de Belgen. Het Forum wil daarmee onder meer onderzoeken hoe de mentaliteit zowel in het noorden als in het zuiden van het land evolueert, met als doel het debat over kernenergie te objectiveren en te voeden. In januari en begin februari dit jaar werd een enquête uitgevoerd bij een representatieve groep van 1000 personen aan de hand van telefoongesprekken van 30 minuten.

Voor verschillende parameters bleek de balans uitgesproken positief. 63% van de Belgen is vòòr behoud van kernenergie in de energiemix. Driekwart van de Belgen is voorstander van een combinatie van kernenergie en hernieuwbare energie. Het grootste voordeel van kernenergie is de beschikbaarheid, het grootste nadeel blijft de ongerustheid over ongevallen. 75% van de Belgen is voorstander van een combinatie van kernenergie en hernieuwbare energiebronnen. Bijna 80% van de Belgen - een stijging met 10% ten opzichte van 2013 - is overtuigd dat het moeilijk zal zijn om

betrouwbare alternatieven te vinden indien de kerncentrales zouden verdwijnen.

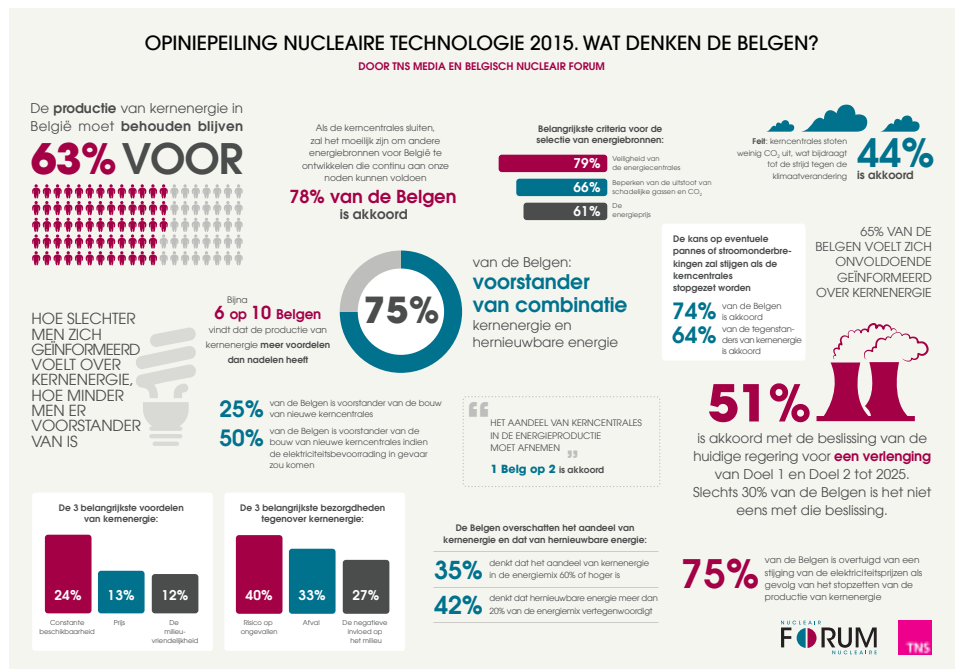
BEHOEFTE AAN MEER INFORMATIE

Hoewel de Belgen vinden dat ze beter geïnformeerd zijn over kernenergie dan in 2013, vindt 65% van de bevroegde personen zich nog steeds onvoldoende geïnformeerd. Wat betreft de andere toepassingen van kerntechnologie, zijn de medische toepassingen het best gekend

(78%), gevolgd door onderzoek inzake ruimtevaart (51%). Het informatieniveau staat in verband met het standpunt tegenover kernenergie: bevroegden die zich minder goed geïnformeerd voelen, zijn ook minder voorstander van kernenergie.

Meer informatie over de peiling en het volledige rapport is te vinden op de website van het Belgische Nucleair Forum: <https://www.nucleairforum.be/onze-opiniepeilingen>

✚ Van de Belgen is 75% voorstander van mix kernenergie en hernieuwbare energie.



KORT NIEUWS

WNN: Mondiale nucleaire productiecapaciteit gestegen in 2014

Het in Londen gevestigde World Nuclear News maakte bekend dat de wereldwijde nucleaire productiecapaciteit afgelopen jaar licht is gestegen tot een totaal van 377,7 GWe, met vijf nieuwe reactoren die online kwamen en slechts één die werd gesloten. De nieuwe reactoren schroefden de totale capaciteit met 4,8 GWe op: Ningde 2, Fuqing 1 en Fangjiashan 1 in China, Atucha 2 in Argentinië, en Rostov 3 in Rusland. Een vermogenstoename bij de Fermi 2 in de Verenigde Staten voegde nog eens 15-20 MWe aan het totaal toe. De enige reactor die eind december voorgoed dichtging was de 604 MWe kerncentrale Vermont Yankee van Entergy. Er zijn nu wereldwijd 436 reactoren in bedrijf. Dit aantal omvat ook alle 48 Japanse reactoren die in afwachting van toetsing door de toezichthouder buiten bedrijf blijven. Vier Japanse centrales kregen toestemming voor een herstart in 2014, maar niet één hiervan is opnieuw in bedrijf genomen. Er zijn 70 kerncentrales wereldwijd in aanbouw met een totale capaciteit van 74 GWe. Met de bouw van drie hiervan is begonnen in 2014: Ostrovets 2 in Wit-Rusland, Barakah 3 in de Verenigde Arabische Emiraten en in Argentinië de Carem-25, een in eigen land ontworpen kleine modulaire reactor.



Bedrijfsduurverlenging voor Zuid-Koreaanse CANDU

De CANDU-kerncentrale Wolsong 1 in Zuid-Korea krijgt toestemming om nog 7 jaar langer in bedrijf te blijven. De Zuid-Koreaanse toezichthouder heeft onlangs de licentie voor bedrijfsduurverlenging afgegeven voor de Korea Hydro and Nuclear Power's (KHNP) Wolsong 1 nuclear reactor in de provincie Gyeongju. Het betreft een CANDU 6 hogedruk zwaarwaterreactor die nu tot 2022 energie zal blijven leveren. KHNP deed de aanvraag voor verlenging al in 2009. In dat jaar werd de centrale uit bedrijf genomen voor een grote renovatie waaronder het vervangen van alle drukleidingen en brandstof- en koelleidingen in de horizontaal geplaatste reactor kern (calandria), een activiteit die elke CANDU-reactor per 25 jaar ondergaat. De renovatie werd ook gebruikt om het vermogen van 629 naar 657 MWe te verhogen. In juli 2011 werd de centrale weer opgestart, maar moest eind 2012 stoppen nadat de vergunning was verlopen.



Chinese Fangjiashan 2 in recordtijd aan net gekoppeld

China's Fangjiashan 2, een CPR-1000 hogedrukwaterreactor van Chinese makelij werd in januari in de provincie Zhejiang aan het net gekoppeld. De centrale vestigde een record voor de kortste tijd tussen eerste kritikaliteit - bereikt op 25 december - en netverbinding. Fangjiashan 1, ook een CPR-1000, werd half december commercieel ingezet.

AREVA-China I&C

De Franse kerncentralebouwer AREVA en China's Central Nuclear Control System Engineering Co. zijn in Peking het gezamenlijk bedrijf AREVA-China I&C gestart. De onderneming die voor 49 procent eigendom is van AREVA en bekend staat als AREVA Nuclear Safety Instrument Control Engineering Co. ofwel CASI, zal veiligheidsgerelateerde digitale controlesystemen voor kerncentrales gaan leveren. De fabricage en ontwikkeling van softwaremodules van AREVA's Teleperm XS safety instrumentation and control (I&C) zullen geleidelijk naar China worden overgeheveld met CASI als centrum van de voorziening wereldwijd. Het Teleperm XS-systeem is in 81 kerncentrales verdeeld over 16 landen in gebruik, onder meer in China's General Nuclear's Ling AO 3 en 4.

Bronnen: WNN en Nuclear Energy Institute



▶ EEN SCHEEPJE IN EEN FLES BOUWEN

Het installeren van een divertorcassette in het ITER-vacuümvat heeft veel weg van het invoeren van een modelschip in een fles. Beide verrichtingen vereisen een zorgvuldige planning, handigheid en uiterste precisie bepaald door uiterst krappe ruimte. Maar waar een modelschip voor altijd in zijn fles moet blijven, dienen de 54 divertorcassettes minstens één maal tijdens een ITER-leven te worden vervangen. De divertor dient om onzuiverheden uit het plasma te halen.

Net zoals bij een lege fles voor een scheepje, bepaalt de vorm van het vacuümvat de manier waarop de divertor in het vat wordt opgebouwd. Om dat voor elkaar te krijgen moeten eerst de negen delen in de juiste assemblagevolgorde komen en worden gelast voordat met de installatie van de divertor kan worden begonnen, waarbij slechts drie relatief nauwe invoeropeningen in het vacuümvat (the lower remote-handling ports) beschikbaar zijn voor de installatie van de divertor.

In 1994 toen ITER zich nog in het vroege stadium bevond van engineering en ontwerp, werd begonnen met de ontwikkeling van de procedures, de software en de machines die

in staat moesten zijn om de delicate taak van het geleiden van de 54 segmenten van de divertor, die cassetteassemblages worden genoemd, door de openingen in positie te brengen op de bodem van het vat als deel van een volkomen cirkelvormige zetting. Toentertijd, de ITER-machine bestond nog slechts op papier, had hij tweemaal de grootte van vandaag en woog elke divertorcassette 25 ton.

VAN BRASIMONE NAAR TAMPERE

Het eerste Divertor Test Platform (DTP1) werd in het ENEA centrum van Brasimone (I) opgebouwd onder toezicht van de Europese Overeenkomst van de Ontwikkeling van de

K Bij VTT Tampere in Februari, culmineerden twintig jaar van inspanning, vindingrijkheid en technologische innovatie tot de uiteindelijke demonstratie van bekwaam remote handling - het vervangen van een divertor centrale cassette, vereist een zorgvuldige planning, handigheid en precisie op de millimeter.

(1) Assystem leidt een team van vermaarde deskundigen op het gebied van op afstand bestuurbare systemen, bestaande uit het Centrum van Culham voor de Fusie-energie, CCFE (VK); Soil Machine Dynamics Ltd, SMD (VK); Technisch Onderzoekscentrum VTT (Finland); en de Technische Universiteit van Tampere, TUT (Finland).

Fusie (EFDA). Terwijl de ITER in omvang werd teruggebracht tot zijn huidige omvang en het gewicht van de divertorcassette tot ongeveer 10 ton was afgenomen, nam een tweede team de uitdaging over en werd er een tweede Divertor Test Platform (DTP2) gevestigd op het Technische Onderzoekscentrum VTT in Tampere, Finland, ongeveer 180 kilometer ten noordwesten van Helsinki. Enkele weken geleden kwamen twintig jaar inspanning, vernuft en technologische innovatie tezamen in een beslissende demonstratie: de plaatsing van een centrale mockup cassette op zijn plek binnenin een 1:1 schaaldeel van het ITER-vacuümvat. Vier jaar na de foutloze uitwisseling van twee andere types van divertorcassettes (standaardcassettes en tweede cassettes) te hebben aangetoond, was de cirkel rond. "Dit was de laatste verrichting die moest worden geoefend en ook de meest uitdagende, omdat de drie centrale cassettes de cirkel van de divertorassemblage moesten sluiten," zei Mario Merola, ITER leider van de Afdeling van Interne Componenten. De gebeurtenis was ook van grote betekenis voor de vertegenwoordigers van het Europese Binnenlandse Bureau voor ITER, die ook in de DTP2-zaal aanwezig waren. Na jaren Europees-gefinancierde R&D van

op afstand bestuurbare systemen (ontwerp, modelvervaardiging en demonstraties) voor ITER, was de tijd gekomen om de uitdaging aan de industrie over te dragen. In juni 2014 ondertekende Europa een contract voor 40 miljoen euro met een vennootschap van laboratoria en bedrijven die door het Italiaanse Assystem worden geleid voor het ontwerp, de productie, de levering, het bouwen ter plaatse, het opdragen en de definitieve goedkeuringstests voor het op afstand bestuurbare ITER Divertor-systeem.

BEKWAAMHEID IN VIRTUAL REALITY EN CONTROLESOFTWARE

In de DTP2-controlekamer, een paar stappen verwijderd van de 20 meter lange multifunctionele cassetteverplaatser zit VTT senior researcher Hannu Saarinen voor een rij schermen. Aan zijn linkerkant, toont een groot virtueel beeld de voortgang van de cassette in de smalle tunnel van de poort; op de kleinere schermen, hieronder, wisselen getallen en cijfers doorlopend. Omdat er geen manier is om een camera in de tunnel te passen, is alle informatie gebaseerd op sensoren en virtual reality; zonder deze middelen zouden de operators niets zien. "Meer dan 80 procent van de uitvoering is voorgeprogrammeerd", verklaart Saarinen. "Wij gebruiken de joysticks alleen voor kleine aanpassingen." Saarinen en zijn collega Vesa Hämäläinen zitten op slechts een paar meter van de daadwerkelijke activiteiten in de mockup. Maar zij zouden zich ook op duizend kilometer afstand kunnen bevinden. "Dit is één van de grootste uitdagingen van de operatie: het werken met zuivere modellen zonder enige directe visuele connectie", zegt VTT executive vice-president Jouko Suokas. "Maar het is een uitstekend platform geweest om onze bekwaamheid in virtual reality en controlesoftware te verhogen. Deze deskundigheid wordt nu overgebracht naar de industrie, wat één van de belangrijkste redenen voor onze betrokkenheid in dit project was." **K**

Robert Arnoux - bron: www.iter.org



TERRESTRIAL ENERGY GAAT DOOR OP HET PAD VAN DE GESMOLTEN ZOUT REACTOR

Het Canadesche bedrijf Terrestrial Energy gaat samenwerken met het Amerikaanse Oak Ridge National Laboratory (ORNL) om het ontwerp van de gesmolten zout reactor te vervolgen naar de constructiefase

Gesmolten zout reactoren (Molten Salt Reactors, MSRs) gebruiken splijstof die is opgelost in een gesmolten fluoridezout of een gesmolten chloridezout. Het gaat dus om een vloeistof, waarin de functie van warmte-ontwikkeling (door de splijstof) en koelmiddel (transport van de opgewekte warmte) zijn gecombineerd. In zo'n reactor kan daarom niet een ongeluk optreden waarbij tekort aan koelmiddel een melt-down veroorzaakt. Het principe van een dergelijke reactor is niet nieuw. Het werd voor het eerst gedemonstreerd door ORNL in de zestiger jaren van de vorige eeuw. Dat ging toen om een 7,4 MWt reactor die van 1965 tot 1969 opereerde. Terrestrial's Integral Molten Salt Reactor (IMSR) gaat verder op dat vroegere werk en tevens ook op ORNL's latere ontwerp Denatured Molten Salt Reactor (DMSR). Een aantal van ORNL's vroegere onderzoekers maken nu deel uit van Terrestrial Energy's Raad van Bestuur. Terrestrial Energy's CEO Simon Irish gaf in World Nuclear News aan dat samenwerking met ORNL uiterst zinvol was omdat ORNL de expertise en ervaring bezat op basis waarvan de IMSR kon worden ontwikkeld. De samenwerking met ORNL zal het naar verwachting mogelijk maken het

IMSR ontwerp klaar te maken voor het maken van de constructietekeningen eind 2016. Terrestrial's sterke punt ten opzichte van andere MSR ontwerpen is dat het bedrijf reeds een ontwerp klaar heeft dat binnen geaccepteerde industriële normen is te bouwen. Daarmee plaatst het bedrijf zich in een sterke marktpositie.

Het kleine modulaire ontwerp integreert primaire reactoronderdelen in een gesloten en vervangbaar reactorvat. De levensduur van dat vat wordt op 7 jaar gesteld. De IMSR zal werken bij een temperatuur van 700 °C, uitermate geschikt voor het leveren van warmte aan tal van industriële processen. Er zullen types met verschillende vermogens worden aangeboden, variërend van 80 MWt tot 600 MWt. MSR's zijn tegenwoordig ook onderwerp van studie om thorium-gebaseerde splijstof te gaan gebruiken. Maar Terrestrial Energy overweegt dat niet voor de IMSR. Het bedrijf is van mening dat naast het gegeven dat thorium momenteel geen goedkeuring heeft voor gebruik als splijstof, er door de buitengewone efficiency en het beperkte ontstaan van afvalstoffen, geen of weinig voordeel te behalen is met het gebruik van thorium als splijstof. De samenwerking met ORNL volgt op het ondertekenen van een "letter of intent" door Terrestrial Energy en het Canadian Nuclear Laboratories (CNL), betreffende het beschikbaar zijn van CNL's R&D, analyse- en testfaciliteiten voor het project. **K**

Bron: WNN





IN BEELD

ONDERHOUDSWERKZAAMHEDEN AAN DE KOELTORENS VAN DAMPIERRE

Renovatiwerkzaamheden aan de koeltorens van de Dampierre kerncentrale in Dampierre-en-Burly (Loiret), centraal in Frankrijk gelegen 55 kilometer ten noorden van Orleans.

Voor de koeling is de centrale afhankelijk van het water van de Loire. De kerncentrale heeft vier Framatome-drukwaterreactoren van elk 900 MWe en is eigendom van EDF. De bouw van de centrale startte op 1 februari 1975, en op 23 maart 1980 werd de Dampierre op het net aangesloten. De centrale heeft een technische levensduur van 50 jaar en kan dus nog minimaal 15 jaar elektriciteit genereren. Sinds de inbedrijfstelling heeft de kerncentrale 181,98 TWh stroom geleverd. Op de locatie zijn 1.100 mensen werkzaam.

© EDF - fotograaf: *Sophie Brändström*



K AZIË GAAT VOOROP BIJ NUCLEAIRE INVESTERINGEN TOT 2013

Wereldwijd zou er tot 2030 een bedrag van omstreeks 1000 miljard Euro in nucleaire projecten geïnvesteerd kunnen worden, waarvan meer dan de helft in Azië, aldus een rapport van de World Nuclear Association (WNA).

Het rapport, *The World Nuclear Supply Chain: Outlook 2030*, bevat een onderzoek naar mogelijkheden en kansen voor de komende 15 jaar. Het overzicht werd gepubliceerd ter gelegenheid van de World Nuclear Spotlight conferentie in januari in Beijing. Het baseert zich op de verwachting dat er wereldwijd in 2030 266 nieuwe reactoren in gebruik zullen zijn genomen. De regio met de meeste groei zal Azië zijn. In China zijn er nu 47 in aanbouw en kunnen er aanvullend nog 142 bij komen tot 2030. Dat zou dan resulteren voor Azië in een totale investering van omstreeks 500 miljard Euro over de periode tot 2030. Greg Kaser van WNA's Supply Chain Working Group, opsteller van het rapport, merkte op: "Nu China's nucleaire uitbreidingsprogramma goed op weg is, treden nieuwe aanbieders vanuit China toe tot de wereldmarkt. WNA's Spotlight

conferentie biedt mogelijkheden om de dialoog omtrent de kansen van China en de bijdragen van Chinese bedrijven aan de wereldmarkt te verdiepen". Europa en de CIS-landen van Oost Europa kunnen ook als groeiregio's beschouwd worden met potentiële investeringen van 180 respectievelijk 160 miljard Euro. In Noord Amerika zijn er 5 eenheden in aanbouw en verwacht men een uitbreiding van 7 stuks. Dat leidt tot een investering van ongeveer 60 miljard Euro tot 2030. Afrika and Latijns Amerika zouden dan 15 miljard respectievelijk 10 miljard investeren. De kansen voor de nucleaire industrie nemen ook toe op het punt van het uit bedrijf nemen van reactoren. Het rapport voorziet dat dat er tot 2030 118 zullen zijn. Het merendeel daarvan bevindt zich in Europa en in Japan. De totale marktwaarde van die projecten wordt geschat op omstreeks 60 miljard

Euro in de periode tot 2030. Daarvan kan 8 miljard toegerekend worden aan het opruimen van 'Fukushima' en tenminste 15 miljard aan de uitfasering van Duitsland. Management van de capaciteit en de kwaliteit van de supply chain zullen cruciaal zijn bij het verzekeren van een betrouwbaar en efficiënt internationaal samengesteld aanbod van producenten. In Europa en Noord Amerika is de capaciteit voor het produceren van veiligheid-gerelateerde onderdelen afgenomen ten gevolge van het marginale aanbod van nieuwe nucleaire projecten. In opkomende industriële landen staan aanbieders voor de uitdaging te voldoen aan de eisen die gesteld worden aan een nucleaire industrie. In tegenstelling tot andere industriële sectoren, is de nucleaire industrie sterk nationaal georiënteerd, waardoor aanbieders in een 'minder samenhangende' omgeving moeten opereren. Het WNA rapport besteedt aandacht aan de mogelijkheden tot het verbeteren van de samenwerking tussen nationale autoriteiten die verantwoordelijk zijn voor het verstrekken van vergunningen aan nucleaire instellingen en de export van nucleaire technologie. Ook komen de mogelijkheden tot bevordering van samenwerking op het punt van kwaliteit van de producten en het bevorderen van een stevige veiligheidscultuur aan de orde in het rapport. Op dit moment bestaan er, gegeven de bestaande economische situatie in de wereld, geen knelpunten op het punt van leverbaarheid van kernreactoren en/of onderdelen daarvan. Maar op het moment dat het investeringsklimaat weer gunstiger is geworden en de wereldeconomie weer mooie groeicijfers laat zien, zal er door de industrie weer meer in productiecapaciteit geïnvesteerd moeten worden. Het uitkomen van het door de WNA geschilderde toekomstperspectief is daar wel van afhankelijk. **K**

BRON: WNN

Vertaling: Gerrit Boersma



KOEBERG VOORBEELD VOOR ZUID-AFRIKAANSE KERNCENTRALES

Terwijl het Zuid-Afrikaanse nutsbedrijf Eskom zich voorbereidt op een maandenlange periode van wat men noemt 'load-shedding', wordt de Koebergcentrale aangewezen als voorbeeld voor het verder ontwikkelen van de vaardigheden van de operators ten behoeve van de versterking van het kwetsbare systeem van de levering van elektriciteit.

Onder 'load-shedding' verstaat men het gepland onderbreken van de levering van elektriciteit aan bepaalde gebieden ten einde de balans tussen vraag en aanbod te handhaven en een natie-brede black-out te voorkomen. Kolen voorzien in 90 procent van het opwekken van elektriciteit in Zuid-Afrika, nucleair en waterkracht leveren elk 5 procent. Zuid-Afrika heeft op het gebied van de levering van elektriciteit nauwelijks enige reserve. Eskom's CEO Tshediso Matona karakteriseerde dat in zijn tweewekelijkse briefing op 12 januari over de toestand van het bedrijf als uiterst kwetsbaar. Op die datum was de leveringscapaciteit 32.045 MWe, de verwachte vraag in de piek zou 30.106 MWe bedragen. Er was 3.915 MWe in onderhoud en 7.374 MWe onverwachte uitval. Deze cijfers laten duidelijk zien dat load-shedding onvermijdelijk is.

In de laatste 7 jaar was Eskom's strategie er een van "het

licht laten branden tot elke prijs". Load-shedding werd zoveel mogelijk voorkomen maar de prijs daarvoor werd betaald op het terrein van proactief onderhoud. Reparaties werden uitgevoerd met het doel de zaak draaiende te houden, zo nodig op een gereduceerd niveau. Maar nu loopt men tegen een ernstige achterstand in onderhoud aan, waardoor er veel uitval ontstaat waarmee het al zwaar belaste systeem nog weer zwaarder wordt belast. Op dit moment is een situatie ontstaan waarin de gezondheid van de centrales niet langer 'vergeten' mag worden. De marges zijn zo dun geworden dat elk incident een belangrijk probleem veroorzaakt dat ook aan de veiligheid van de centrale kan raken. Het bedrijf is nu begonnen met een proces om de onderhoudscultuur te versterken. Daarnaast is geconstateerd dat tekort schietende vaardigheden mede de oorzaak zijn van storingen. Een centrale waar het onderhoud niet was verwaarloosd was Koeberg. Deze (kern)centrale werd daarom net als de Matimba kolencentrale aangewezen als 'blueprint' voor het ontwikkelen van de beste 'practice and skills' voor het gehele Eskom-bedrijf. Uiteindelijk zal nieuwe opwekkingscapaciteit de sleutel zijn om de druk op het systeem te verminderen. Het door de regering opgestelde Integrated Rescue Plan van 2010 voorziet in 10 GWe nieuwe nucleaire capaciteit en daarnaast in een ontwikkeling naar een systeem van 'hernieuwbare' energie. De Zuid-Afrikaanse regering is in onderhandeling met landen die reactoren leveren als start van het nucleaire nieuwbouwprogramma. **K**

BRON: WNN

Vertaling: Gerrit Boersma

BERNARD BIGOT IS NIEUWE DIRECTOR-GENERAL ITER



Tijdens een bijzondere vergadering die op 5 maart in Parijs werd gehouden, heeft de ITER Council dr. Bernard Bigot aangewezen als de volgende Director-General van de ITER-organisatie. Hij volgt prof. Osamu Motojima, die nu als emeritus Director-General is benoemd, per direct op.

Bigot was al voorzitter en CEO van de Franse 'Alternative Energies and Atomic Energy Commission', de CEA (Administrateur Général, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) en was ook werkzaam als hoge commissaris voor ITER in Frankrijk vóór hij tot de ITER-organisatie toetrad. Bigot heeft een lange carrière doorgemaakt waarbij hij veelvuldig met ITER in contact

is geweest. Hij is een ervaren senior manager van grote projecten en een leider die in staat is om onder de ITER-leden de gemeenschappelijk basis te vinden.

In 2014 besloot de raad van ITER, die zich geconfronteerd zag met verlenging van het bouwschema, om een nieuwe basis voor het project (doel, tijdsplan en kosten) neer te zetten. De ontwikkeling hiervan

startte onder Motojima. Bigot zet dit voort en wil een nieuwe baseline in november van dit jaar tijdens de bijeenkomst van de ITER-raad presenteren. De overgang van het project van definitieve ontwerpfase naar complete constructiefase was aanzet voor Motojima om het werk aan zijn opvolger Bigot over te dragen. Motojima, die door de ITER-council wordt geroemd om zijn bijdrage aan de complexe onderneming, is door Bigot aangewezen als emeritus Director-General van ITER. Motojima: "Ik ben gelukkig met de keuze van de raad om Bigot als volgende Director-General aan te wijzen en ik zou hem dan ook hartelijk willen feliciteren met zijn aanstelling. Ik stel de erkenning voor het werk dat ik heb verricht zeer op prijs en het is een grote eer dat de titel van emeritus Director-General mij is verleend." Het nieuwe actieplan dat Bigot heeft gepresenteerd wordt door de ITER-raad gesteund. Bigot: "De wereld heeft behoefte aan innovatie technologieën voor leveringszekerheid van duurzame energie op de lange termijn. Fusie in magnetische opsluiting is een van de meest veelbelovende opties. Ik ben zeer geëerd met de mogelijkheid een bijdrage te mogen leveren aan het grote internationale en ambitieuze onderzoeksprogramma dat ITER is en dat innovatie als doel heeft. Wees ervan verzekerd dat ik mijn best zal doen om aan de verwachtingen van de ITER-leden te voldoen. Bigot is de derde Director-General van de ITER-organisatie. De eerste was Kaname Ikeda (2005-2010) en Osamu Motojima leidde de organisatie van 2010 tot 2015. **K**

Bron: *ITER.org*

VRAAG & ANTWOORD

In de rubriek 'Vraag & Antwoord' beantwoordt een panel van experts lezersvragen. In elke Kernvisie komen er een aantal aan bod. Heeft u misschien zelf ook een vraag? U kunt deze direct stellen aan de Stichting KernVisie via: info@kernvisie.com.

“ALS DE KERNCENTRALE DE OPGEWEKTE STROOM NIET MEER KAN AFVOEREN NAAR HET ELEKTRICITEITSNET, HOE REAGEERT DE CENTRALE DAAROP?”

JAN WIEMAN: Normaal gesproken is er een goed evenwicht tussen de warmte die de kernreactor produceert, de hoeveelheid elektrische energie die de generator produceert en de energie die door het hoogspanningsnet wordt afgenomen. De generator produceert ongeveer 500 megawatt waarvan 475 naar het net gaat, terwijl 25 megawatt nodig is voor de pompen en andere onderdelen van de kerncentrale zelf. Als de afvoer van elektriciteit naar het hoogspanningsnet plotseling stagneert, dan is het evenwicht weg en treden een aantal snelle, automatische beveiligingen in werking. Die maken de generator van de kerncentrale los van het net en regelen zeer snel het vermogen terug tot een lage waarde (circa 25 MW) die voldoende is voor het stroomverbruik van de kerncentrale zelf. Dat heet 'eilandbedrijf' want op dat moment produceert de turbine alleen nog energie voor eigen gebruik. De automatische regelingen laten op hetzelfde moment ook een paar regelstaven in de reactor vallen zodat het reactorvermogen sprongsgewijze wordt teruggebracht tot een waarde die past bij het lage turbinevermogen. Als dat eilandbedrijf op een of andere manier niet mogelijk is, schakelt de turbine helemaal af en vallen gelijk alle regelstaven automatisch in de reactor, zodat de nucleaire kettingreactie stopt en de kerncentrale helemaal uit bedrijf gaat.

KERNCENTRALES EN SPLIJTSTOFFEN: JAN WIEMAN

Ir. Jan Wieman (1953) werkt sinds 1985 bij de kerncentrale Borssele (KCB). eerst binnen de bedrijfsvoering en sinds 2001 als manager van de splijfstofcontracten. In deze hoedanigheid kent Wieman de ins en outs van kerncentrales en weet hij alles over het (her)gebruik van splijstoffen, de 'brandstof' voor kerncentrales. Daarnaast was Wieman sinds 1997 als bestuurslid van de Stichting Borssele 2004+ nauw betrokken bij de succesvolle strijd om de KCB ook na 2004 open te houden. Wieman studeerde technische natuurkunde aan de Technische Hogeschool Delft (nu TU Delft). Voor hij bij de KCB aan de slag ging, werkte Wieman bij de Koninklijke Marine en bij ECN in Petten.

COLUMN




STRIJD OM DE RUIMTE

Ik ben net terug van de KONTEC2015, de Duitse vakbeurs voor de behandeling van radioactief afval uit het bedrijven en ontmantelen van nucleaire installaties. Blijkbaar gingen de zaken goed: allerlei goodies werden kwistig uitgedeeld. Het afbreken van kerncentrales is daar

echt grosses Geschäft geworden. De Duitse collega's geloven ook niet meer dat het ooit nog van nucleaire nieuwbouw in hun land komt. De politiek daar is het er kamerbreed over eens: kernenergie er versneld uit en daarna alleen en voor altijd zon en wind. Ik geloof er niets van. Kijk maar naar die andere oppervlakte-intensieve hernieuwbare energiebron: waterkracht. Die was ruim voorhanden in bergachtige landen als Noorwegen, Zweden en Zwitserland, en werd ook zover mogelijk uitgenut. Eerst op de afgelegen plaatsen met veel opbrengst. Maar als de vraag maar genoeg blijft stijgen is op een gegeven moment het punt bereikt dat de inwoners zo veel last hebben van het ruimtebeslag van weer een nieuwe dam met stuwmeer dat de nieuwbouw uitblijft. In Noorwegen is de vraag laag genoeg gebleven waardoor ze nog steeds vrijwel geheel op waterkracht draaien, maar Zweden en Zwitserland met hun sterke industriële sector moeten omzien naar een tweede bron. Dit werd toen kernenergie. Sinds 2000 is het wereldelektriciteitsverbruik met een dikke vijftig procent gestegen, momenteel vooral in bepaalde delen van Azië. Nu is de tijd van sterke uitbreiding van windparken en zonnepanelen, maar vanzelf wordt de weerstand onder de omwonenden te groot en wordt weer naar een andere bron omgezien. In Nederland al bij grote politieke partijen; in Duitsland nog onder de oppervlakte, zo blijkt er achter het neutrale www.ulrich-richter.de een anti-windmolen-website schuil te gaan. Een innovatief type kerncentrale zal dan zeker kans maken. Ondertussen is het goed om te laten zien dat de nucleaire sector de hele levenscyclus beheerst, van nieuwbouw en bedrijf tot afbreken en schoon vrijgeven. Over twee jaar is de KONTEC er weer.

Aliki van Heek



NRG DOET ONDERZOEK NAAR WARMTETRANSPORT VLOEIBARE METALEN

NRG is de Europese projectleider van SESAME, het onderzoek naar koeling van kernreactoren met vloeibare metalen. Eén en ander vindt plaats in het kader van Horizon 2020. Dit is de Europese subsidieregeling voor onderzoek en innovatie. Ferry Roelofs, projectcoördinator SESAME bij NRG licht het onderzoek toe. “De basis van SESAME is om er achter te komen hoe het warmtetransport bij vloeibare metalen plaatsvindt.”

Als er één ding is waar wetenschappers in de nucleaire sector gek op zijn naast hun vakgebied, dan is het wel het bedenken van ingewikkelde acroniemen. Met SESAME dingt het internationale samenwerkingsverband absoluut mee naar de titel top-acroniem in de categorie: als we er geen echte van kunnen maken, gaan we ons uiterste best doen om er één op te laten lijken.

En zo kreeg het project ‘thermal-hydraulics Simulations and Experiments for the Safety Assessment of Metal-cooled rEactors’ afgekort de naam SESAME, met onderzoek dat bijdraagt aan de ontwikkeling van een nieuwe generatie kernreactoren die alle gemeen hebben dat ze vloeibaar metaal als koelmiddel hebben. De kick-off van het project vond plaats op 1 april,

eerste bijeenkomsten staan gepland op 15 en 16 april.

COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

In 2013 heeft NRG een economische analyse uitgevoerd voor een loodgekoelde reactor, waaruit bleek dat dit type reactoren de potentie heeft om energie te leveren tegen ongeveer dezelfde kosten als een lichtwaterreactor. Een groot voordeel van deze nieuwe generatie kernreactoren is ook dat ze in staat zijn radioactief afval te splijten. Hiermee zal een van de centrale argumenten tegen gebruik van kernenergie worden weggenomen. Met dit gegeven op zak is het noodzakelijk om het onderzoek naar hoe de koeling en/of warmteverdeling binnen een reactorkern van het nieuwe type



SESAME

plaatsvindt, voortvarend aan te pakken. Door geavanceerde CFD-modellen te ontwerpen, hopen de wetenschappers inzicht te krijgen in het gedrag van vloeibare metalen. Het is dit ontwikkelen en valideren van CFD-modellen dat ongelofelijk veel reken capaciteit vergt en dat daarom in internationaal verband wordt uitgevoerd. Volgens Roelofs kent het groots opgezette SESAME-project daarom 25 projectpartners. “Waarbij elke partner minimaal twee personen voor het project inzet en wij, als NRG, naar verwachting met zeven mensen aan de slag gaan”, aldus Roelofs. De moeilijkheid zit vooral in het feit dat warmtetransport in metaal slecht is te modelleren. “Er zijn in de afgelopen twintig jaar heel wat modellen ontwikkeld die warmtetransport in een medium zichtbaar maken. Het gaat daarbij om bijvoorbeeld

warmtegeleiding in lucht of water. Deze modellen zijn niet één-op-één over te zetten omdat water en lucht warmte slecht geleiden en metaal juist uitstekend.”

SPECTRA-CODE

Om idee te krijgen van de warmtestromingen in een reactorvat maakt Roelofs ook gebruik van de SPECTRA-code die NRG in 2013 geschikt heeft gemaakt voor de analyse van een loodgekoelde reactor. Aansluitend is gestart met de modellering van een natriumgekoelde reactor. Omdat in het reactorvat van een metaalgekoelde reactor veel effecten een driedimensionaal karakter hebben is de verwachting dat koppeling van de SPECTRA-code aan een CFD-code extra inzicht verschaft. Roelofs: “CFD is een techniek. De SPECTRA-code is een systeemcode. Beide instrumenten benaderen een probleem op een andere manier. De uitkomsten kunnen elkaar aanvullen.” Hoe verschillend ze zijn laat hij zien aan de hand van een voorbeeld waarbij onderzoek wordt verricht aan een pijpsegment van 1,0 meter lang en een diameter van 0,1 meter. “In CFD verdeel je de pijp in 100.000 volumes. Per volume bereken je op basis van vergelijkingen de stromingen. In SPECTRA deel je de pijp in 2 segmenten en reken je op basis van correlaties het ‘primaire systeem’ door. SPECTRA stelt je dus in staat om een heel primair systeem zoals een complete reactor door te rekenen.”

SIMULATIEMETHODES VOOR METAALGEKOELDE REACTOREN

Wat is de rol van NRG in SESAME naast projectleider? “Wij richten ons vooral op de ontwikkeling van geavanceerde simulatiemethodes voor metaalgekoelde reactoren. Het gaat daarbij om onderzoek naar lood, loodbismut en natrium.” Roelofs legt uit dat de focus direct verband houdt met het onderzoek voor vier verschillende reactorontwerpen: de Franse natriumgekoelde Astrid (Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration), de Belgische loodbismut gekoelde Myrrha, (Multi-

purpose hYbrid. Research Reactor for high-tech Applications), de Europese loodgekoelde Alfred (Advanced Lead Fast Reactor European Demonstrator) en de Zweedse loodgekoelde Sealer (Swedish Advanced Lead Reactor). Voor elk reactorontwerp is specifiek onderzoek nodig. Zo loopt er bijvoorbeeld voor de MYRRHA het onderzoek MYRTE (MYRRHA Research and Transmutation Endeavour) dat door SKC.CSK wordt geleid. Wat de reactoren evenwel verbindt is de keuze voor vloeibaar metaal als koelmiddel. Roelofs: “De basis van SESAME is om er achter te komen hoe het warmtetransport bij vloeibare metalen verloopt.” Hij wijst er daarbij op dat er eerst op detailniveau wordt begonnen. “Van het modelleren van een lokaal gebied op een brandstofstaaf wordt uitgezoomd naar het hele splijstofelement en daarna de hele bundel. Dan richt de focus zich



FERRY ROELOFS

op het vat en aansluitend het complete koelsysteem.” Ook wordt de koeling onder verschillende condities bekeken. Uiteindelijk wordt zo het hele systeem gemodelleerd in alle mogelijke stadia van bedrijfsvoering. De analyse van een compleet koelsysteem (primair, secundair en eventueel tertiair) is nodig om inzicht te krijgen in het gedrag van metaalgekoelde systemen tijdens operationele en ongevalsomstandigheden.

DATA VAN PHÉNIX

Een belangrijke partner in deze Europese

samenwerking is de TU Delft, die in dit project met twee nieuwe experimentele opstellingen een cruciale rol zal spelen. Naast de Europese partners zijn er ook twee Amerikaanse bedrijven die interesse in SESAME hebben getoond en bij het project zijn betrokken. Zij hebben zich bij het project aangesloten zonder een beroep te doen op de beschikbaar gestelde subsidie. Helemaal zonder data start het project niet. Zo vertelt Roelofs dat vanuit Frankrijk onderzoeksgegevens beschikbaar worden gesteld afkomstig van de Phénix snelle kweekreactor. “Daar ben ik zeer gelukkig mee. De onderzoeksgegevens tonen onder meer aan hoe de temperatuurverdeling in het reactorvat is. Door alle onderdelen die zich in het vat bevinden, blijkt dat de temperatuur bovenin veel hoger is dan onderin, terwijl je op basis van SPECTRA ervan kon uitgaan dat de temperatuur goed gemengd was.”

HORIZON-2020

Het SESAME-project dat dit voorjaar is gestart gaat vier jaar duren en maakt onderdeel uit van de Horizon-2020. Horizon-2020 is het programma van de Europese Commissie om Europees onderzoek en innovatie te stimuleren. Horizon-2020 loopt sinds 1 januari 2014 en is de opvolger van het Zevende Kaderprogramma (KP7). Horizon-2020 krijgt een totaalbudget van ongeveer 80 miljard euro voor de periode 2014-2020. Voor SESAME is een budget van 5,2 miljoen euro uitgetrokken. Met Horizon-2020 willen de Europese Commissie en de Nederlandse overheid wetenschap en innovatie stimuleren in het bedrijfsleven en de academische wereld. Zo kunnen zij het concurrentievermogen van Europa vergroten. Daarnaast willen zij het bedrijfsleven en de academische wereld uitdagen om samen oplossingen te bedenken voor maatschappelijke vraagstukken die in heel Europa spelen. Bijvoorbeeld voor klimaatverandering, vergrijzing, voedselveiligheid en betaalbare duurzame energie. **K**

Menno Jelgersma

K NIEUWE AUTORITEIT ANVS IS KENNISBANK, TOEZICHTHOUDER EN GESPREKSPARTNER

Mr. Jan van den Heuvel is per 1 februari aan de slag gegaan als algemeen directeur en kwartiermaker van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS). Hij is de beoogd bestuursvoorzitter wanneer de ANVS als zelfstandig bestuursorgaan (ZBO) per wet is ingesteld. Binnen de nieuwe autoriteit heeft de overheid de expertise op het gebied van nucleaire veiligheid en stralingsbescherming samengevoegd. "We zijn ons bewust van de verschillende rollen. Als toezichthouder kunnen wij soms als onaangenaam worden ervaren, maar we zijn natuurlijk ook de gesprekspartner om over problemen te praten. Centraal staat te allen tijde de veiligheid."

Het is even wennen voor Nucleair Nederland. Transportvergunningen worden niet meer door de programmadirectie NIV (pdNIV) van het Ministerie van Economische Zaken verleend, maar door de ANVS. Hetzelfde geldt voor toezicht: waar dit tot voorheen door de Kernfysische Dienst (KFD) werd gedaan, ligt de taak nu bij de ANVS. De ongeveer 120 formatieplaatsen zijn ingevuld door de 'oude' organisaties: pdNIV, de KFD en het Team adviesnetwerken (nucleair) van de Inspectie Leefomgeving en Transport en experts van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, die voorheen belast waren met onder andere vergunningverlening op het gebied van toepassingen van ioniserende straling. Het is natuurlijk ook wennen voor de ambtenaren zelf die nu onder de ANVS ressorteren. Nieuw is in ieder geval Van den Heuvel in

zijn functie van kwartiermaker, algemeen directeur en toekomstig bestuursvoorzitter.

VEILIGHEID IS RODE DRAAD

In zijn voorlaatste functie was Van den Heuvel directeur van de DCMR Milieudienst Rijnmond, de gezamenlijke milieudienst van de provincie Zuid-Holland en 15 gemeenten in het Rijnmondgebied. Hij werkte daarvoor onder meer bij het directoraat-generaal Milieubeheer van het voormalige ministerie van VROM en bij het ministerie van Justitie. Bij deze laatste was hij directeur opsporingsbeleid en plaatsvervangend directeur-generaal rechtshandhaving. Het centrale thema in Van den Heuvels carrière is veiligheid waarbij hij zijn achtergrond als jurist altijd volledig kon inzetten. "Het was voor mij een bewuste keuze om mijn juridische expertise in te zetten voor het belang van

zowel het publieke als de overheid. Ik heb altijd willen werken in posities waar een sterke overheid nodig is en waar veiligheid de rode draad is." Dat hij juist als jurist op de goede plek terecht is gekomen, is volgens hem het gevolg van de kwaliteit van juristen die geleerd hebben om weloverwogen afwegingen te maken. De eerste opdracht waar Van den Heuvel zich op mag richten, is om van de samengevoegde rijksdiensten één organisatie te maken. De komende maanden zal duidelijk worden hoe de organisatiestructuur van de ANVS vorm gaat krijgen. Van den Heuvel heeft daartoe onlangs met zijn managementteam 'op de hei' gezeten met het oog op "Het op poten zetten van een integraal werkend bedrijf". Hij wijst er daarbij op dat het overheidsapparaat ondanks alle veranderingen gewoon zijn werk doet, "Werken met de winkel open", noemt hij dat.



© Irene van Kessel

IAEA

Daarnaast maakt hij kennis met Nucleair Nederland, de bedrijven met een Kernenergievergunning en instellingen zoals het Erasmus MC die nucleaire technieken inzetten voor diagnose en behandeling en vanuit hun functie te maken hebben met stralingsbescherming. "Momenteel ga ik elke maandag het land in om werkbezoeken af te leggen. Wat me daarbij opvalt is dat de nucleaire sector in Nederland weliswaar klein is, maar zeer divers en compleet en daardoor zo interessant." Dit betekent voor de ANVS dat er sprake moet zijn van brede expertise. "Het maakt natuurlijk verschil of je een nucleaire sector hebt bijvoorbeeld bestaande uit vijf kerncentrales of een die van productie van kernbrandstof, kennisinstellingen tot opslag van radioactief afval omvat." Verder zet Van den Heuvel ➤

INTERNETCONSULTATIE HANDREIKING DSR

In april is de ANVS gestart met de internetconsultatie over de handreiking Dutch Safety Requirements for Nuclear Reactors (DSR). De DSR geeft inzicht in de 'stand der wetenschap en techniek' voor nucleaire veiligheid. Initiatieven als PALLAS en OYSTER kunnen alleen een kernenergievergunning krijgen indien zij aan de nieuwste veiligheidsrandvoorwaarden voldoen. De DSR heeft betrekking op het ontwerp en de bedrijfsvoering van nieuwe lichtwatergekoelde kernreactoren. De DSR zullen ook als richtlijn dienen voor de mogelijke verbetering van de veiligheid van de bestaande installaties. Vergunninghouders moeten hun installatie elke 10 jaar toetsen aan de meest actuele wetenschappelijke en technische ontwikkelingen. Zijn er verbeteringen mogelijk die de veiligheid (nog) verder kunnen bevorderen, dan moet de vergunninghouder deze verbeteringen uitvoeren voor zover dit redelijkerwijs mogelijk is. De ANVS ziet daarop toe.

De internetconsultatie is bedoeld om een breed scala aan stakeholders en geïnteresseerden de gelegenheid te bieden om onder andere hun visie op het document te geven en daarmee de transparantie naar alle betrokkenen te verhogen en de kwaliteit van de handreiking te verbeteren.

De definitieve DSR wordt gepubliceerd op www.anvs.nl

vaart achter het leggen van internationale contacten en het opbouwen van netwerken. Zo bezocht hij de Belgische zusterorganisatie FANC, "een zeer belangrijke partner" en gaat hij in mei naar de IAEA in Wenen. Met name het contact met het atoomagentschap ziet Van den Heuvel als zeer belangrijk. "Het is de IAEA geweest die als verdragsorganisatie de aanzet tot de vorming van de ANVS is geweest. Zij ijveren bij hun leden voor onafhankelijke toezichthouders. Onafhankelijk betekent in dezen dat de ANVS als Zelfstandig Bestuursorgaan (ZBO) kan functioneren. Hoe vindt de controle op dit functioneren dan plaats? "Er is een kaderwet waarin is opgenomen hoe een ZBO wordt gecontroleerd. Het voornemen bestaat er een ZBO van te maken. Dat wordt in het parlement besproken". Daarnaast wijst de IAEA op de afspraken en verplichtingen ter zake veiligheid die we op basis van internationale richtlijnen na moeten komen", licht Van den Heuvel toe.

ANVS ONAFHANKELIJK EN TRANSPARANT

Eén van de onderwerpen die aan bod komt, is het verhogen van de herkenbaarheid naar buiten met het aanbieden van een breed takenpakket waarin ook de betrokkenheid van de burgers een plek krijgt. Dit streven volgt ook uit de wens van de IAEA die zich het functioneren van de nieuwe autoriteit voorstelt met enerzijds de relatie tussen de overheid en de operators en vergunninghouders, en anderzijds de burger die wat van de verandering moet gaan merken. Hoe de ANVS dat vorm gaat geven is nog niet bekend, Van den Heuvel denkt bijvoorbeeld aan onafhankelijke informatie die voor iedereen bereikbaar is als kennisbank met onder meer een website met onderwerpen over stralingsbescherming die uiteenlopen van: wat doe ik met een oude rookmelder (voorzien van een americiumbron) tot informatie over stralingsbelasting in ziekenhuizen. "De invalshoek zal ook hier weer veiligheid zijn, waarbij wij ons als overheid onafhankelijk en transparant willen opstellen."

GESCHIEDEN VERANTWOORDELIJKHEDEN

Het is alleen nog even wennen en zoeken naar de juiste modus operandi. Van den Heuvel: "We zijn ons bewust van de verschillende rollen die wij bekleden in een unieke en diverse sector. Als toezichthouder kunnen we soms als onaangenaam worden ervaren, maar zijn natuurlijk ook gesprekspartner om problemen aan te pakken." Hij wijst daarbij naar de geschieden verantwoordelijkheden. "We hebben de kennis en expertise in huis, maar de primaire veiligheidstaak ligt bij de bedrijven." Hij wil geen namen en rugnummers geven, maar roept wel bij wijze van voorbeeld een chemisch bedrijf in herinnering hoe fout het kan gaan als er een verkeerde veiligheidscultuur op na wordt gehouden.

Het wachten is nu op het instellen per wet van de onafhankelijke ANVS. Om verder bij te dragen aan die onafhankelijkheid, zullen ook de bevoegdheden van de ANVS wettelijk worden bepaald. Om dit te realiseren zijn een wijzigingswetsvoorstel, -amvb en -ministeriële regeling nodig. Dit wetgevingstraject is beleidsneutraal en wijzigt de Kernenergiewetgeving slechts in beperkte mate. Het streven is dat de wijzigingswet eind 2015 dan wel begin 2016 in werking treedt. Op zijn eerste werkdag kon de kwartiermaker evenwel direct aan de slag en verrichtte met de ondertekening van het ondermandaatbesluit waarin de bevoegdheden van de ANVS zijn vastgelegd, zijn eerste officiële handeling. **K**

Menno Jelgersma

WAT DOET DE ANVS?

De taken die de ANVS op de gebieden nucleaire veiligheid en stralingsbescherming, vervoer van radioactieve stoffen en radioactief afval, beveiliging en safeguards uitvoert zijn:

- **Beleid en wet- en regelgeving:** het ontwikkelen en voorbereiden van beleid en wet- en regelgeving. Gevraagd en ongevraagd advies geven over beleid en wet- en regelgeving. Het implementeren van beleid;
- **Vergunningverlening:** het verlenen van vergunningen en het registreren van meldingen. Het registreren en erkennen van deskundigen en stralingsartsen;
- **Review en assessment:** het technisch-inhoudelijk beoordelen van de veiligheid van nucleaire installaties en van maatregelen ter bescherming tegen straling;
- **Toezicht en handhaving:** toezicht houden op en handhaving van de veiligheid van nucleaire installaties in Nederland, het vervoer van radioactieve stoffen, stralingstoepassingen, security en non-proliferatie;
- **Crisisvoorbereiding en respons:** het beheren van crisisvoorbereiding en het 24/7 beschikbaar zijn tijdens de respons. Het onderhouden en uitvoeren van het Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten. Participeren in onder meer relevante internationale overlegverbanden, missies en internationale gegevensuitwisseling;
- **Publieksvoortlichting:** proactief communiceren met burgers, lokale overheden, bedrijven en instellingen;
- **(Inter)nationale samenwerking:** samenwerken met diverse nationale en internationale overheden en instanties. De Nederlandse inzet op internationaal niveau is gericht op actieve deelname aan initiatieven waarmee de stralingsbescherming en de nucleaire veiligheid wereldwijd verbetert.

Voor meer informatie: www.anvs.nl



Begin februari is de Dutch Young Generation (DYG) op studiereis naar Tsjechië en Oostenrijk geweest. Op deze studiereis waren EPZ, NRG en URENCO vertegenwoordigd. Hieronder leest u het reisverslag van deze interessante studiereis.

De reis begon bijna met twee personen minder. Bij Rotterdam in de buurt hadden een paar dieven besloten koper te stelen waardoor de treinen niet meer reden. Een paar minuten voordat we vertrokken wisten de mensen van EPZ het vliegtuig te halen en konden we met een gerust hart vertrekken.

Na de vlucht naar Praag hebben we onze reis in een busje voortgezet waarmee we naar Wenen zijn gereden. Dezelfde avond werden we verwelkomd bij een Oostenrijkse brouwerij door de Oostenrijkse jongerengeneratie. Na een schnitzel en een biertje was het tijd te gaan slapen.

In Wenen zijn we gestart bij de onderzoeksreactor aan de universiteit. Deze zogeheten TRIGA-reactor wordt gebruikt voor verschillende onderzoeken en voor studenten om te leren over reactorfysica. In de middag hebben we een bezoek gebracht aan de IAEA. We werden verwelkomd bij het Incident and Emergency Centre. Hier zit het team dat optreedt wanneer een nucleair incident waar ook ter wereld plaatsvindt. We hebben uitleg gekregen over hoe hun team opereert en hoe het daar was toen Fukushima gebeurde. Vervolgens zijn we naar České Budějovice (wat ik nog steeds niet kan uitspreken) in Tsjechië gereden. In de buurt van České Budějovice ligt de kerncentrale Temelín. Deze twee VVER-reactoren hebben een vermogen van 1078 MW en 1055 MW, waarvan de laatste in 2003 in bedrijf is genomen. In deze relatief nieuwe plant staan veiligheid en security hoog op de agenda. Als voorbeeld: wanneer de netstroom uitvalt hebben ze

13 back-up systemen om ervoor te zorgen dat het water in de reactorkern gekoeld blijft.


In de middag hebben we een bezoek gebracht aan Skoda Power in Plzen waar stoomturbines worden gemaakt voor onder andere kerncentrales. Een aantal van deze turbines is zo groot dat wanneer deze de stad uit gebracht worden alle tram- en busleidingen doorgeknipt worden.

In Plzen mocht een bezoek aan de brouwerij natuurlijk niet ontbreken. Het oude tunnelstelsel voor de opslag van bier is bij deze brouwerij nog steeds intact, zeker de moeite waard een keer te bezoeken. In de middag zijn we naar Praag gereisd, waar we 's avonds gedineerd hebben met een aantal mensen van de Tsjechische jongerengeneratie.

Al met al was de hele reis een leuke en leerzame ervaring, zowel om de bedrijven te bezoeken en ook om ervaringen te delen met collega's van andere nucleaire bedrijven, zowel in binnen- als buitenland. **K**

Anouk ter Brugge, voorzitter DYG





OP 16 JUNI 2015 ORGANISEERT STICHTING KERNVISIE EEN BEZOEK AAN:

DAS SIMULATORZENTRUM VAN:

KSG Kraftwerks-Simulator-Gesellschaft mbH

Gfs Gesellschaft für Simulatorschulung mbH

Deilbachtal 173, 45257 Essen-Kupferdreh, Duitsland

Naast de begunstigers van Stichting KernVisie worden de leden van KIVI-KE en NNS van harte uitgenodigd om aan deze excursie deel te nemen.

ROUTESBESCHRIJVING:

http://www.ksg-gfs-simulatorzentrum.de/fileadmin/pdf/wegweiser_en.pdf

WEBSITE KSG/GFS:

<http://www.ksg-gfs-simulatorzentrum.de/index.php?id=14>

Bij belangstelling dit graag melden voor 30 mei 2015 met uw e-mailadres op: excursie@kernvisie.com

De excursie is kosteloos en de lunch wordt aangeboden. Er zijn 20 deelnemers welkom op 16 juni a.s., dus tijdig aanmelden kan van belang zijn.

Bestuur Stichting Kernvisie

PROGRAMMA

- 11:00 ONTVANGST KSG/GFS,**
uitleg over het simulator centrum door KSG
- 12:00 LUNCH**
- 13:00 GLASMODEL,**
TMI (uitgebreid) behandelen
- 15:00 RONDELEIDING DOOR SIMUCENTRUM**
incl. draadmodel, HPO simu en D53 simu
- 16:30 AFSLUITING**

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.



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



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

E-mail: kernvisie@kernvisie.com