

# KERNVISIE MAGAZINE

» **DINO-ONDERZOEK  
MET NEUTRONEN**

» **HYPMED VOOR  
BETERE DIAGNOSE  
VAN BORSTKANKER**

» **LAATSTE NUCLEAR  
SECURITY TOP IN VS**

**STICHTING THORIUM  
MSR: 'DE INDUSTRIE  
MOET OPEN'**

# COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**JAARGANG 11, NUMMER 2, APRIL 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. Schuuring, 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**

*Gijs Zwartsenberg - © 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

# NUCLEAIRE TECHNOLOGIE

Waar denk je aan bij het woord 'nucleair'? Grote kans dat het antwoord 'kernenergie' is. Maar toch zijn de antwoorden 'dinosauriërs', 'cruiseschip' en 'muggen' ook goed. Nucleair is namelijk veel meer dan kerncentrales alleen en wordt maatschappelijk breed ingezet. Zo is in Australië onlangs de Dingo in gebruik genomen. De nucleaire onderzoeksinstituten ANSTO kan met dit instrument met neutronenbundels fossielen verborgen in rotsformaties onderzoeken. Onlangs uitgevoerd onderzoek leverde verrassende inzichten over de evolutionaire tijdlijn en het gedrag van dieren die tot 1,5 miljard jaar geleden leefden. Muggen kunnen de gevaarlijkste plagen veroorzaken. En in het Insect Pest Control Laboratory van de IAEA in het Oostenrijkse Seibersdorf worden grote aantallen mannetjesmuggen met ioniserende straling gesteriliseerd om ze vervolgens vrij te laten in een gebied dat geteisterd wordt door ziekten. De mannetjes bevruchten de in het wild levende vrouwtjes, maar deze paring produceert geen nakomelingen. De methode kan ook een grote rol spelen in de bestrijding van het zikavirus. En dat nucleaire cruiseschip? Dat heeft echt gevaren. In 1955 werd het nucleair aangedreven schip NS Savannah gebouwd in opdracht van president Dwight Eisenhower als showcase voor zijn Atoms for Peace-programma. De Savannah kon echter niet concurreren met stookolie gedreven schepen omdat de olieprijs in die tijd extreem laag was en in 1972 werd besloten het schip uit de vaart te nemen. Nu wordt het nucleaire gedeelte ontmanteld en zal het schip bewaard blijven als monument. En zo blijft het schip een showcase voor de vele mogelijkheden die de vreedzame toepassingen van nucleaire technologie de mens biedt.

André Versteegh  
voorzitter Stichting Kernvisie

# INHOUD

## ENERGIE

### INTREERDE HOGLERAAR REACTORFYSICA

Jan Leen Kloosterman hield op 1 april zijn intrede op de TUDelft. Hij vroeg zich hierin af of kernenergie veiliger en duurzamer kan en waarom is het eigenlijk nog nodig om onderzoek te doen op dit gebied?



## GEZONDHEID

### NIEUW SYSTEEM VOOR BETERE KANKERDIAGNOSE

Door twee technieken voor medische beeldvorming (MRI en PET) te combineren met een biopsiesysteem ontwikkelt TU Delft, samen met gerenommeerde Europese organisaties, een baanbrekend systeem voor betere borstkankerdiagnose.

P10

## MAATSCHAPPIJ

Met een neutronenscanner dwars door gesteente 'kijken' naar 15 miljoen jaar oude fossielen. Het kan met de Dingo, het nieuwe tomografie-instrument van de Australische nucleaire onderzoeksorganisatie ANSTO. Onderzoek leverde verrassende informatie op die nog niet eerder was vertoond bij andere technieken.



### P07 COLUMN

Gastcolumnist Ir. Simon Rozendaal. "De wolk die er niet was".

### P12 INBEELD

Door insecten te steriliseren met ioniserende straling kan een hoop leed worden voorkomen.

### P14 MAATSCHAPPIJ

Het laatste fysieke overblijfsel van het fameuze Atoms for Peace programma: de NS Savannah.

### P19 COLUMN

Aliki van Heek - Naar Mars en verder



## P22 MAATSCHAPPIJ

### MP RUTTE NEEMT POSITION PAPER VAN NUCLEAIR NEDERLAND IN ONTVANGST

Een bezoek van MP Rutte aan Nuclear Nederland en een award voor Huub Rakhorst. De laatste Nuclear Security Summit en Nuclear Industry Summit in Washington DC ging niet ongemerkt voorbij.

# ➤ NIEUWE STICHTING THMSR BIEDT INFO OVER THORIUM- REACTOREN

Sinds begin dit jaar bestaat de Stichting Thorium MSR (molten salt reactor), een stichting die het kennisplatform wil zijn voor iedereen die zich op het gebied van gesmoltenzoutreactoren wil bekwamen of er een bijdrage aan wil leveren. Filosoof Gijs Zwartsenberg is de gepassioneerde voorzitter van de nieuwe stichting. “We willen mensen wijzen op de ontwikkeling van een MSR als nieuwe optie. Op termijn zal dat hopelijk ook de bewustwording bevorderen van de mogelijkheden van de huidige kerncentrales.”

“De industrie moet open.” Dat is één van de credo’s van Zwartsenberg die de geslotenheid van de nucleaire industrie door de geschiedenis wel begrijpt, maar alleen kansen voor de oplossing van het klimaatprobleem ziet door afstand te nemen van de defensieve houding. En dat is volgens hem noodzakelijk om het gigantische probleem waar we op afstevenen af te

wenden. Al vanaf zijn achtste jaar heeft hij zich zorgen gemaakt over het milieu zonder zich echt een activist te willen noemen. “Uitgesproken voor of tegen iets zijn, beperkt mijn beeldvorming – Ik schaar me liever bij hen die nieuwsgierig zijn”, aldus Zwartsenberg die van huis uit filosoof is. Het meeste van wat hij beroepsmatig bestudeerde op het gebied van duurzame

energie was verwarrend omdat het onduidelijk bleef wat precies de relevantie van allerlei soorten oplossingen of technieken was. Door zijn zoon werd hij gewezen op het boek van David MacKay: Sustainable Energy – without the hot air. Aangespoord door MacKay sloeg Zwartsenberg zelf aan het rekenen, en was geschokt door de conclusie die hij moest trekken dat we



© Irene van Kessel

het met 'hernieuwbaren' alleen nooit gaan redden. Een verwijzing in dit boek naar gesmoltenzoutreactoren gaf bij hem de doorslag om dieper in de materie te duiken.

### UITDAGEN

Gaandeweg ontstond zijn passie voor de belofte van gesmoltenzoutreactoren. Maar hij zag ook dat de misvattingen over

kernenergie gemeengoed zijn en daarmee een grote hindernis vormen bij elke poging om een energieplan te ontwikkelen dat zoden aan de dijk zet. "Voor iedereen die het gebruik van fossiele brandstoffen wil beëindigen, is de ontkenning van technologische ontwikkeling misschien wel de grootste fout." Er zitten veiligheidsrisico's aan kerncentrales, maar daarin wijken ze volgens hem niet af van steenkoolgestookte centrales, windturbines, daken vol met PV-panelen en openhaarden. Van alle opties ziet Zwartsenberg vooral potentie bij nucleaire technologie waar het gaat om op verantwoorde wijze produceren van schone, betaalbare en ruim beschikbare energie. Hij vraagt niemand om dit te 'geloven', maar spoort mensen aan zelf op zoek te gaan naar informatie en daagt mensen uit om los van de bestaande bronnen het zelf na te gaan rekenen. 'Wie zelf over energie wil nadenken, kan daar niet omheen.'

### ALLE ZEILEN BIJZETTEN

De wereldwijde vraag naar stroom zal naar verwachting tussen nu en 2050 verdubbelen. Dat komt doordat twintig procent van de mensen tachtig procent van alle energie gebruikt. Economische vooruitgang van die tachtig procent zal de vraag omhoogstuwten. Tel daar nog anderhalf miljard nieuwe wereldbewoners bij en de uitdaging voor betaalbare, veilige en gegarandeerde energievoorziening is helder. De bulk van deze stroom wordt opgewekt door het verbranden van fossiele brandstoffen waarbij het meest vervuilende steenkool zo'n 30 procent voor zijn rekening neemt. "Het is een moeilijk verhaal. Mensen willen er eigenlijk helemaal niet aan. Maar in de as van een kolencentrale die een jaar draait, zit genoeg thorium en uranium om met een gesmoltenzoutreactor minimaal twintig jaar diezelfde energie te leveren." Het plaatje van het afval zette bij Zwartsenberg de knop om: "Van thorium wilde ik meer te weten komen. Met windmolens en zonnepanelen alleen gaan we het echt niet redden", aldus Zwartsenberg. Eén van de voordelen van

het gebruik van thorium zit in het afval dat een gesmoltenzoutreactor oplevert. "Het traditionele verhaal van uranium versus thorium met respectievelijk een grote bulk afval en veel minder afval is een onderwerp dat aandacht verdient. In principe vind ik dat je de hoeveelheid afval voor latere generaties moet beperken en lichtwaterreactoren genereren veel meer afval dan gesmoltenzoutreactoren. Thorium in gesmoltenzoutreactoren lijkt op dit moment veruit de schoonste optie." Dat begint volgens hem al bij de winning omdat in het huidige proces slechts 0,7 procent van het natuurlijk uranium bruikbaar is voor splijtstof terwijl dat bij thorium in gesmoltenzoutreactoren 100 procent is. Hieruit volgt dat een ton thorium ongeveer evenveel energie produceert als honderd tot tweehondervijftig ton natuurlijk uranium en, om het met een 'populaire' fossiele brandstof te vergelijken, 3,5 miljoen ton steenkool. Toch is Zwartsenberg niet tegen traditionele kerncentrales. "Het is geen vraag van of-of; we zullen alle zeilen bij moeten zetten om in de energievraag te voorzien en de milieuschade te beperken."

### CHEMIST'S REACTOR

Het element thorium is ruim voorhanden. Een thoriumreactor heeft al gedraaid en bewezen energie te kunnen leveren. Toch zal het nog wel even duren voor er weer een MSR productief is. Eén van de problemen die vaak naar voren wordt gebracht, is het corrosieve milieu in de reactor waartegen weinig tot geen materialen bestand zouden zijn. De gesmoltenzoutreactor wordt ook wel de 'chemist's reactor' genoemd. Dan wordt bijvoorbeeld van de Flibe-MSR van Kirk Sorensen beweerd dat het de fluorzouten zijn die de ontwikkeling van de innovatieve reactor remmen. "Maar wanneer elektrochemici naar het concept kijken, verklaren ze dat het corrosie-verhaal niet klopt. De zouten maken het mengsel alleen corrosief als er water, zuurstof of vrije fluor in zitten. Wat je dus nodig hebt is een manier om de mengsels zodanig te managen dat dit niet gebeurt. Voor een chemicus ➤

is dat weer gesneden koek”, verklaart Zwartsenberg. Hij verwijst hierbij naar onderzoek dat is uitgevoerd in Kopenhagen onder de supervisie van Thomas Steenberg van Copenhagen Atomics. “De kern van hun onderzoek zit in het managen van het reactormengsel. Met Laser-Induced Breakdown-Spectroscopy (LIBS) tonen zij aan dat verschillende elementen én isotopen in een mengsel zijn te onderscheiden tot 10 ppm en lager.”

## POSITIONERING KERNTECHNOLOGIE

Met de belofte van een werkende CO<sub>2</sub>-emissievrije MSR zou je denken dat de ontwikkeling ervan brede publieke en politieke steun krijgt. Het probleem is dat het nucleaire technologie betreft. “Het interessante is dat kernsplijting als technologie eenvoudiger is uit te leggen aan een leek dan de chemische processen in een haardvuur.” Blijkbaar wringt de schoen ergens anders. “Het gaat om het vertrouwen in de technologie en dat is in de afgelopen decennia geschaad.” Het is duidelijk dat de start van kerntechnologie de ontwikkeling van nucleaire technologie geen goed heeft gedaan met de ontwikkeling van de atoombom en de positionering van kerntechnologie in de media, stripverhalen en filmproducties tot de Simpsons aan toe. “Voeg daar de doelbewuste onzin aan toe die veel antinucleaire groeperingen verspreiden en je weet dat je een aardige hobbel hebt te nemen. Dat de uitgesproken pro-nucleaire partijen furieus zijn over het gebrek aan begrip doet de zaak verder ook geen goed.”

## WILLIE WORTEL

Met de introductie van de MSR ziet Zwartsenberg een goede opening. “Als ik mensen vertel over de techniek gaan de meesten op het puntje van hun stoel zitten. Ik krijg regelmatig de vraag voorgelegd: ‘klopt dit echt?’” Maar ook als er breder draagvlak voor de ontwikkeling van een MSR gaat komen, betekent dit nog niet dat

er over vijf jaar een werkende MSR in bedrijf wordt genomen. “De eenvoudiger varianten zou je technisch gezien in vijf jaar kunnen bouwen, maar de vergunningseisen in het westen zijn het probleem.” Het ontbreken van MSR-kennis en het toepassen van het Linear No Threshold-principe in combinatie met politieke onzekerheid door wisselende kabinetten drijft enerzijds de kosten exorbitant omhoog en brengt anderzijds het investeringsklimaat om zeep. Zijn het dan de Chinezen die als eersten op grote schaal de MSR gaan bouwen? “Dat denk ik niet. Ik geloof dat de meeste ontwikkeling in Europa of Noord-Amerika te verwachten is. Het zijn namelijk de kleine bedrijven en de Willie Wortels – en dat zijn er heel wat - die met vrijetijdsprojecten meer voor elkaar kunnen krijgen dan de initiatieven uit marktgeleide economieën.” Dat betekent wel dat toezichthouders zoals de ANVS eigenlijk nu al mensen zou moeten gaan opleiden om, wanneer de vraag zich aandient, op tijd voldoende kennis van zaken te hebben om aanvragen te kunnen beoordelen.

## STICHTING THORIUM MSR

Vanaf eind januari is de Stichting Thorium MSR actief. In het bestuur participeren op dit moment drie gedreven mensen die zich onbezoldigd voor de stichting inzetten: Jorrit Swaneveld, Lucas Pool en Gijs Zwartsenberg. “Wij willen op een actieve manier de mogelijkheden van thorium en de rol die gesmoltenzoutreactoren kunnen spelen om CO<sub>2</sub>-vrij in onze energie te voorzien, breed in beeld brengen.” Om te voorkomen dat de informatieverstrekking ontspoot voor die goed en wel naar buiten komt, heeft de stichting de beschikking over een wetenschappelijke raad die alle informatie checkt voor die naar buiten wordt gebracht. Deze raad bestaat uit: prof. dr. ir. Jan Leen Kloosterman (TU Delft), Dr. Sander de Groot (NRG) en prof. dr. ir. Jitse Sietsma (TU Delft). Informatie is nu al te vinden onder [www.thmsr.nl](http://www.thmsr.nl). “Het is een website in ontwikkeling die door vrijwilligers wordt gedragen. We hopen snel ook losse artikelen te kunnen



© Irene van Kessel

publiceren. De informatie is nu in het Engels beschikbaar; op termijn willen we die ook in het Nederlands hebben vertaald.” De website is nog zo vers dat Zwartsenberg nog geen beeld heeft van de reacties. “Daar zijn we gewoon nog niet aan toegekomen.”

Voordat de Stichting in het leven werd geroepen, startte Zwartsenberg al een eigen website: [www.daretothink.org](http://www.daretothink.org) die de bezoeker een helder inzicht verschaft in de mogelijkheden van de MSR met krachtige onderschriften zoals: Warning: MSR's could restart your thinking about nuclear power. In de openingstitel: To boldly consider a future with clean energy for all, zit weer de belofte verscholen naar een schone toekomst. Het is ook een verwijzing naar de Star Trek-openingszin: To boldly go where no one has gone before, de oorspronkelijk door Gene Roddenberry bedachte Amerikaanse sciencefiction-televisieserie die vanaf 1966 tot en met 1969 werd uitgezonden, precies in die periode dat de eerste experimentele molten salt reactor bij Oak Ridge kritikaliteit bereikte (1965) en in 1969 uit bedrijf werd genomen.

*Menno Jelgersma*



© Elsevier

## K DE WOLK DIE ER NIET WAS

Het is een zaterdagmorgen in 1979.  
Het is lente, ik ben sinds twee jaar  
wetenschapsredacteur van NRC Handelsblad

en er is een ongeluk gebeurd in de kerncentrale van Three Mile Island. Op de redactie ligt een enorme stapel telexberichten, plus een stuk van de correspondent in de Verenigde Staten. Aan mij de taak om daar de opening van de krant uit te destilleren.

De kop boven die opening werd:  
**'Wolk radioactiviteit bedreigt New York'.**

Het was niet waar.

Sterker, het was heel erg niet waar. Er was van alles en nog wat fout gegaan in de reactor maar geen straling naar buiten gekomen.

In de stapels telexen zaten nieuwsberichten die inderdaad aangaven dat er een wolk radioactiviteit uit de kerncentrale was ontsnapt. Inmiddels, een paar rampen en rampjes verder, weet ik dat de eerste nieuwsberichten altijd zwaar overdreven zijn maar ik was 27 jaar, had rode konen van de opwinding en twee weken eerder de film The China Syndrome gezien, over de mogelijkheid dat een kerncentrale dwars door de aarde smelt, richting China.

Niemand op de krant heeft ooit gevraagd: zeg, klopte die kop van jou eigenlijk wel? Sterker, ik heb op die zaterdag verschillende complimenten gekregen. Op zondag werd ik gebeld dat ik naar de VS mocht, op maandag zat ik er en heb toen vanuit Washington en Middletown, Pennsylvania, dag in, dag uit grote verhalen over het ongeluk geschreven.

Ter verdediging: die latere verhalen waren redelijk genuanceerd, maar ze poetsten de blunder niet weg. Toch heeft niemand me ooit nagedragen dat ik de voorpagina heb verduisterd met een niet-bestaande wolk radioactiviteit. Sterker, eind 1979 kreeg ik een journalistieke prijs. De jury maakte in haar rapport speciaal melding van mijn verhalen over Harrisburg.

Waar een beetje overdrijving niet toe kan leiden.

*Simon Rozendaal*

### Ir. Simon Rozendaal

Simon Rozendaal werkt vanaf 1986 bij weekblad Elsevier en was daarvoor 9 jaar bij NRC Handelsblad o.a. wetenschapsredacteur en mede-oprichter van de wetenschapspagina. Hij studeerde organische chemie aan de TU Delft en is erelid van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging. Hij schreef zo'n 25 boeken. Zijn laatste, Alles wordt beter! (nou ja, bijna alles) uit 2015, werd geprezen in de Volkskrant ('verrukkelijk is zijn verteltoon') en NRC Handelsblad ('een mustread').



---

**Kan kernenergie veiliger en duurzamer? En als kernenergie al zolang bestaat, waarom moeten wij dan nog onderzoek doen op dit gebied? Deze vragen stelde Jan Leen Kloosterman in zijn intreerede op 1 april jongstleden. Vorig jaar april werd hij benoemd tot hoogleraar Reactorfysica op de afdeling Radiation, Science and Technology, Faculteit Technische Natuurwetenschappen (TNW) van de TU Delft.**

---

In zijn rede legt Kloosterman zijn toehoorders uit waarom kernenergie belangrijk is. "Toen ik naar de middelbare school ging, waren we met vier miljard mensen op aarde, nu met zeven. Dit aantal zal naar verwachting toenemen tot wel elf miljard aan het eind van deze eeuw. Willen wij deze mensen schoon drinkwater, voldoende voeding en een goede gezondheidszorg bieden, dan zullen we zuiniger moeten omgaan met onze grondstoffen en nieuwe wegen moeten vinden om op grote schaal duurzame energie op te wekken. Essentieel hierbij is dat we onze CO<sub>2</sub>-uitstoot reduceren omdat anders de gevolgen van klimaatverandering niet te overzien zijn. En juist kernenergie kan hieraan bijdragen. Er zijn wereldwijd ruim vierhonderd kerncentrales in bedrijf en enige tientallen in Japan die langzamerhand weer in bedrijf komen en bijna zeventig in aanbouw. De meeste van het type lichtwaterreactor. Uranium voorziet daarmee in de elektriciteitsbehoefte van één miljard mensen. Dit aantal zal verder toenemen, willen wij

© Marcel Krijger

# ➤ INTREEREDE HOOGLEERAAR REACTORFYSICA JAN LEEN KLOOSTERMAN



serieus werk maken van onze ambitie om de energievoorziening in 2050 CO<sub>2</sub>-vrij te maken.”

## THORIUM

Kloosterman heeft veel onderzoek gedaan naar de recycling van americium om de radiotoxiciteit van kernafval te verminderen en zo de noodzakelijke opslagtijd te verkorten. Maar de oplossing ligt volgens hem echter ergens anders. “De oplossing ligt mijns inziens besloten in de toepassing van een technologie die al in de jaren zestig van de vorige eeuw is gedemonstreerd, maar onder politieke druk op een zijspoor is gezet. Dit alternatief is de gesmoltenzoutreactor (in het Engels de “Molten Salt Reactor” of MSR) werkend met thorium.”

Kernreactoren die werken met gesmolten zout en thorium zijn volgens Kloosterman in vrijwel alle opzichten een verbetering ten opzichte van de huidige kernreactoren. Deze thoriumreactor is inherent veilig, produceert veel minder langlevend radioactief afval en is daarmee een uitstekende technologie om mondiaal de CO<sub>2</sub>-uitstoot terug te brengen, bijvoorbeeld in combinatie met zonne- en windenergie.’ Tijdens zijn rede toont hij zijn publiek een brokje steen ter grootte van een vuist. “In een MSR kunnen wij thorium volledig benutten. Dat leidt ertoe dat wij voor de productie van alle elektriciteit wereldwijd maar 2.500 ton thorium per jaar nodig hebben, terwijl we jaarlijks uit de restanten van bestaande mijnbouw wel vijftig keer zoveel thorium kunnen winnen. Om de potentie van thorium te demonstreren, heb ik hier een piepklein monster van het mineraal aeschyunite dat ongeveer één gram thorium bevat. Zou u dit kleine steentje als benzine kunnen tanken in uw auto dan kunt u zeker eenmaal om de aarde rijden, althans als uw auto even zuinig rijdt als de fabrikant u heeft beloofd. En anders moet u maar een Tesla kopen, dan haalt u het zeker.”

## SAMENWERKINGEN

Nederland en vooral de TU Delft spelen een

bijzondere rol op het vakgebied van de MSR. Zo werkt de universiteit in Europees verband samen aan een reactorontwerp zonder grafiet in de reactorkern. Dit zorgt voor een snel neutronspectrum waarmee ook het kernafval van bestaande reactoren kan worden vernietigd. “De gesmoltenzoutreactor vereist speciale materialen die gedurende vijftig jaar de barre omstandigheden in de reactorkern, zoals een corrosief medium, een intens stralingsveld en een hoge temperatuur kunnen weerstaan. Voor onderzoek aan metalen vertrouwen wij op de expertise van de afdeling Materials Science and Engineering van de faculteit 3ME en het NRG in Petten, waar binnenkort de eerste bestralingsexperimenten sinds vijftig jaar zullen starten van splijtstofzouten in contact met grafiet en metalen.”

Het onderzoeksveld van gesmoltenzoutreactoren is te breed voor één onderzoeksinstituut alleen. “Gelukkig hebben wij zeer goede nationale en internationale contacten en samenwerkingsverbanden. Zo leiden wij een Europees onderzoeksproject met elf partners in Europa en Mexico en zoeken wij als onderdeel van dit SAMOFAR-project de samenwerking met partners in Rusland, de Verenigde Staten en China.”

## MEDISCHE TOEPASSINGEN

Naast de onderzoeken naar duurzamere en veiligere vormen van kernenergie, wordt binnen de TU Delft ook onderzoek gedaan op het gebied van de medische toepassingen van nucleaire technologie. “De glimmende koepel van onze reactor staat voor mij symbool voor het OYSTER-project dat zal leiden tot nieuwe wetenschap die na de ‘upgrade’ van onze reactor en instrumenten kan worden ontgonnen. Aan de achterzijde van ons instituut wat, met Drs. P gesproken, de voorkant wordt als we daar zijn aanbeland, verrijst het ‘Holland Particle Therapy Center’ waar in de nabije toekomst patiënten bestraald zullen worden met protonen.” Kloosterman legt uit dat protonen de eigenschap hebben dat ze hun energie

geconcentreerd in een beperkt gebied kunnen afgeven. Dit maakt het mogelijk om met behulp van een protonenbundel heel nauwkeurig tumoren te bestralen en gezond weefsel te sparen. “De optimalisatie van protontherapie, de toepassing ervan op bewegende organen en de bepaling van de onzekerheid in de geleverde dosis, is een onderzoeksgebied dat wij in de loop van dit jaar met een extra onderzoeker zullen versterken.”

## ONDERWIJS

In januari van dit jaar is Kloosterman benoemd als Directeur Onderwijs bij TNW. Hij noemt het in zijn rede niet alleen ‘een grote eer’ maar ook een ‘grote verantwoordelijkheid’. In zijn eigen colleges reactorfysica maakt hij graag gebruik van online middelen. “Ik heb power-point video’s gemaakt en op YouTube gezet. Eerst voor studenten om ze achteraf nog eens te bekijken, maar nu ook als huiswerk voorafgaand aan colleges. Tijdens college behandel ik dan alleen de vragen die studenten vóóraf moeten insturen. Op deze wijze probeer ik de studietijd van studenten te verschuiven van lezen achteraf, naar vragen stellen vooraf. Een ander voordeel is dat ik de hele wereld kan bereiken. Sommige filmpjes zijn al duizenden keren bekeken, waardoor ik wellicht al meer studenten heb bereikt dan alle colleges reactorfysica in de zestig jaar hiervoor. Ik houd hierbij wel een slag om de arm, want ik weet natuurlijk drommels goed dat niet alle kijkers mijn filmpjes helemaal uitzien. Daarom wil ik nog verder. Dit jaar starten wij binnen het Europese GENTLE-project, waarvan TU Delft ook coördinator is, met een MOOC, een Massive Open Online Course op het gebied van kernenergie, met als doel wereldwijd meer studenten naar het nucleaire veld te trekken.” Aan het einde van zijn rede kijkt Kloosterman terug op de geschiedenis van de leerstoel en concludeert hij: “De thema’s waar wij aan werken: veilige en duurzame kernenergie en radionucliden en straling voor medische toepassingen waren nog nooit zo actueel en aansprekend.” **K**



© Jesse Kraal

## **K** ONDERZOEKERS ONTWIKKELEN EEN NIEUW HYBRIDE PET/MRI SYSTEEM VOOR EEN BETERE BORSTKANKERDIAGNOSE

**De TU Delft neemt deel aan het nieuwe Horizon 2020-project HYPMED. Samen met gerenommeerde Europese organisaties en bedrijven ontwikkelt de TU Delft een baanbrekende beeldvormingstechnologie voor een nauwkeurigere detectie van borstkanker en een beter en specifiekere inzicht in de manier waarop de kanker op de therapie reageert.**

Borstkanker is de vorm van kanker die bij vrouwen het meest voorkomt. Het is nog steeds een van de belangrijkste doodsoorzaken bij vrouwen. Hoewel er in de moderne geneeskunde en bij gerichte therapieën veel vooruitgang is geboekt, is het moment van diagnose nog steeds de belangrijkste factor voor overleving van de patiënt. Dat betekent dat een nog betere vroege diagnose nog steeds dringend gewenst is.

### **BETERE DIAGNOSE**

In het project 'Digital Hybrid Breast PET/MRI for Enhanced Diagnosis of Breast Cancer', kortweg HYPMED, zal een hybride systeem worden ontwikkeld waarin twee technieken voor medische beeldvorming

(MRI en PET) worden gecombineerd met een biopsiesysteem. Dit moet leiden tot betere diagnose van borstkanker en een meer op de persoon gerichte therapie. Een Europees consortium van negen partners van grote universiteiten, onderzoeksorganisaties en bedrijven heeft onlangs van de EU een financiering van 6 miljoen euro ontvangen om dit ambitieuze onderzoeksinitiatief uit te voeren. "In het HYPMED-project wordt visionaire klinische expertise gecombineerd met excellente bijdragen uit natuurkunde en techniek. De ontwikkelde technologie zal ons enorm helpen om voor elke vrouw en bij elke vorm van kanker een geschikte behandeling te kiezen", aldus prof. Christiane Kuhl van

Universitätsklinikum Aachen (Duitsland), wetenschappelijk coördinator van het project.

### EXPERTISE VAN DE TU DELFT

De TU Delft richt zich in dit project op het ontwerpen, ontwikkelen en testen van de PET-modules van het systeem. "Met de PET-groep in Delft willen we kosteneffectieve en veilige technologieën uitvinden die de resolutie en gevoeligheid van PET met een orde van grootte verbeteren. Zo kunnen we bijdragen aan de ontwikkeling van in vivo moleculaire beeldvorming (het non-invasief visualiseren van bio-moleculaire processen in het lichaam) als hulpmiddel voor gepersonaliseerde en duurzame gezondheidszorg. In het kader

van het onlangs afgesloten EU gefinancierde SUBLIMA-project hebben we een nieuwe PET-detectortechnologie ontwikkeld die niet alleen een ongekeerde beeldvormingskwaliteit geeft, maar ook nog eens heel compact is. Dat samen is cruciaal voor het realiseren van een HYPMED-apparaat", zegt Dennis Schaart van de afdeling Radiation, Science & Technology van de TU Delft. "De reviewers van het EU Horizon 2020-onderzoeksprogramma waren onder de indruk van het HYPMED-project en kenden aan ons voorstel de maximale evaluatiescore toe. We zijn heel blij dat we hiermee onze expertise kunnen inbrengen voor de ontwikkeling van een nieuw diagnoseplatform voor borstkanker." **K**

## HYPMED-CONCEPT

### MODULAIRE AANPAK

De bedoeling van het project is om een apparaat te ontwikkelen dat in elke reguliere klinische MRI-scanner kan worden ingebracht, zodat de scanner een PET/MRI-systeem met hoge resolutie wordt en ook de mogelijkheid biedt om beeldvorming-geleide biopsie uit te voeren. Een dergelijk systeem zal kunnen worden gebruikt om zelfs heel kleine borstkankerhaarden te detecteren. Zo kan de kanker beter worden gekarakteriseerd en kunnen we ook meer zeggen over hoe deze op therapie reageert. Een ander voordeel voor de patiënt is dat de stralingsdosis van de nieuwe technologie vergelijkbaar zal zijn met die van een regulier digitaal mammogram en dus lager zal zijn dan die van andere PET/MRI-onderzoeken.

### NIEUW HOOFDSTUK IN MEDISCHE HYBRIDE BEELDVORMING

De aanpak van HYPMED heeft waarschijnlijk ook andere klinische toepassingsmogelijkheden, bijvoorbeeld voor de detectie van prostaatkanker en hybride hartbeeldvorming. "We geloven dat we



hiermee een paradigmaverschuiving teweeg kunnen brengen op het gebied van hybride PET/MRI-beeldvorming, met veel nieuwe toepassingen bij andere ziekten. Wanneer het HYPMED-project succes heeft, betekent dat een zeer belangrijke stap op het gebied van medische hybride beeldvorming", aldus prof. Schulz van de sectie Physics of Molecular Imaging Systems in Aken.

### PARTNERS

Het vierjarige HYPMED-project is op 1 januari 2016 begonnen. Gerenommeerde organisaties en bedrijven uit heel Europa werken mee: European Institute for



Biomedical Imaging Research (Oostenrijk, penvoerder), Universitätsklinikum Aachen (Duitsland, wetenschappelijk coördinator), Forschungszentrum Jülich (Duitsland), Medizinische Universität Wien (Oostenrijk), TU Delft (Nederland), Universitätsklinikum Münster (Duitsland), NORAS MRI Products GmbH (Duitsland), FuturaComposites B.V. (Nederland), intrasense (Frankrijk), Koninklijke Philips N.V. (Nederland).



© Dean Calma/IAEA



## INBEELD

### **KLEINE BEET, GROTE GEVOLGEN**

Muggen en andere insecten kunnen de gevaarlijkste plagen ter wereld veroorzaken. Als dragers van ziekten zoals dengue en malaria verspreiden ze op grote schaal ziekte en dood. In het Insect Pest Control Laboratory van de IAEA in het Oostenrijkse Seibersdorf wordt gewerkt aan een oplossing met behulp van de Steriele Insecten Techniek ofwel SIT-methode.

Hierbij worden grote aantallen mannetjesvliegen of -muggen in speciale faciliteiten gekweekt en met ioniserende straling gesteriliseerd om ze vervolgens vrij te laten in een gebied dat geteisterd wordt door ziekte of insecten. De mannetjes bevruchten de in het wild levende vrouwtjes, maar deze paring produceert geen nakomelingen. Dit zorgt ervoor dat de in het wild levende insectenbevolking geleidelijk afneemt en daarmee ook de verspreiding van de ziekte. De SIT-methode wordt al meer dan 50 jaar in 57 landen met succes toegepast om plagen te onderdrukken of zelfs uit te roeien. De methode kan ook een grote rol spelen bij de bestrijding van het zikavirus.



© By Acroterion, Wikimedia Commons

## K NUCLEAIR SCHIP WORDT MONUMENT

**De NS Savannah Association (NASA) heeft laten weten dat de Marine Administration in haar budget van 2017 8 miljoen dollar opneemt voor de ontmanteling van het nucleaire gedeelte van de NS Savannah. Dit betekent dat het nucleair aangedreven schip waarschijnlijk behouden zal blijven als monument.**

De 8 miljoen dollar wordt gereserveerd voor 'de start van het ontmantelingsproces, inclusief het afbreken en ontsmetten van de splijtstofloze kernreactor aan boord van het splijtstofloze kernreactor aan boord van het voormalige nucleaire schip NS Savannah'. Hierbij wordt 3 miljoen gereserveerd om het schip in zijn oorspronkelijke staat te behouden. De huidige plannen voor de ontmanteling van de reactor voorzien in het behoud van historische ruimtes en constructies aan boord van het schip. Al in 1991 verklaarde de National Park Service dat het vaartuig een Historic Landmark was en ook de American Society of Mechanical Engineers en de American Nuclear Society hebben aangegeven dat het schip een monumentale functie heeft. Wanneer het nucleaire gedeelte is verwijderd, zal het schip over ruwweg zeven jaar niet meer onder de kernenergiewetgeving vallen en dus niet meer aan de verplichtingen van de nucleaire toezichthouders hoeven te voldoen.

### ATOMS FOR PEACE

De Savannah werd in 1955 gebouwd in opdracht van de toenmalige president Dwight Eisenhower als showcase voor zijn Atoms for Peace-programma en is het enige fysieke overblijfsel van dat programma. Het schip moest de technische haalbaarheid van nucleaire aandrijving voor koopvaardij schepen aantonen en werd dan ook niet verwacht commercieel concurrerend te zijn. De New York Shipbuilding Corporation bouwde het schip, Babcock and Wilcox leverde de reactor. Het was het eerste door kernenergie aangedreven vracht-passagierschip en kostte bijna 50 miljoen dollar. Hiervan werd meer dan 28 miljoen geïnvesteerd in de reactor en de bijbehorende brandstof. In totaal zijn er wereldwijd maar vier van dit soort schepen gebouwd. De NS Savannah werd op 21 juli 1959 gedoopt door First Lady Mamie Eisenhower.

### VISUEEL INDRUKWEKKEND

Het moest vooral visueel indrukwekkend zijn en meer lijken op een luxe jacht dan op een bulkvrachtschip. Zo waren er dertig hutten, alle voorzien van airconditioning en een eigen bad. Er was een eetgelegenheid voor honderd passagiers, een lounge die kon worden gebruikt als bioscoop, een zwembad en een bibliotheek. Gedurende de korte tijd dat het schip in gebruik was, was het een succes. Ze deed het goed op zee, was zuinig, presteerde prima op het gebied van veiligheid en de glimmend witte verf werd nooit vervuild door zwarte rook. In de vijf jaar dat het schip in gebruik was, van 1965 tot 1970, legde het meer dan 450.000 zeemijl af. De laadruimte was echter beperkt en de gestroomlijnde romp maakt laden en lossen moeizaam. Ook was de bemanning drie keer zo groot als die op vergelijkbare schepen en de bemanningsleden moesten een speciale opleiding volgen om op het nucleair aangedreven schip te mogen werken. In 1972 besloot de Marine Administration dan ook om het schip te ontmantelen om kosten te besparen. De stookolie kostte in die tijd twintig dollar per ton en de Savannah was daarmee veel duurder in het gebruik. Acht jaar later was de prijs gestegen tot 80 dollar per ton waarmee de exploitatiekosten van de Savannah niet groter zouden zijn geweest dan van een conventioneel vrachtschip, maar toen was het schip al uit de vaart genomen. **K**

*Ellen Jelgersma*

# NEUTRONENSCANNER DINGO TOONT DINOSAURUSSEN IN STEENFORMATIES

**De Dingo van de Australische nucleaire onderzoeksorganisatie ANSTO heeft met niet-invasieve neutronenradiografie en neutronentomografie nieuwe perspectieven geopend voor de duiding van paleontologische steenmonsters. Onlangs uitgevoerd onderzoek leverde verrassende informatie op die bij andere technieken nog niet was vertoond. De informatie geeft inzichten over de evolutionaire tijdlijn en het gedrag van dieren die tot 1,5 miljard jaar geleden leefden.**

Neutronentomografie is een relatief nieuwe onderzoeksmethode waarvan de populariteit wereldwijd toeneemt. Sinds kort is de techniek ook in Australië beschikbaar. Het wordt op dit moment hoofdzakelijk gebruikt in de luchtvaart, staal-, olie- en gasindustrie voor de opsporing van gebreken in bijvoorbeeld propellers, problemen met waterschade of vloeistofstromen in machines. ANSTO heeft de beschikking over één van de weinige onderzoeksreactoren ter wereld en hun nieuwe tomografie-instrument heet Dingo. Dingo werkt door het 'afschieten' van neutronen op een onderzoeksobject die via een buis vanuit de onderzoeksreactor komen. Sommige van deze neutronen worden geabsorbeerd door het object terwijl andere er dwars doorheen zullen gaan. Een camera aan de andere zijde van het object is in

staat om de schaduwbeelden vast te leggen en te projecteren op een detector, terwijl het object van onderzoek langzaam 360° wordt rondgedraaid. Zo verkrijgen de onderzoekers een groot aantal 2D-beelden (radiografie) die vervolgens worden samengevoegd en overgezet in een 3D-beeld (tomografie). Het resultaat lijkt veel op een CT-scan, alleen duidt CT meestal op beelden die worden verkregen met röntgenstralen die een materiaal met een hoge dichtheid in zachte materialen met lage dichtheid kan detecteren (zoals bot in zacht weefsel), terwijl neutronenscanning gevoelig is voor zowel dichtheid als verschillende mineralen in steenformatie. Maar ook in neutronenradiografie zijn het de 2D-beelden die de binnenzijde van een structuur weergeven. Dit kan helpen om op

non-destructieve manier bijvoorbeeld scheuren of gaten of andersoortige materiaaldefecten op te sporen. Met een neutronenbundel is een groot contrast op beeld te krijgen, zelfs tussen elementen met een laag atoomnummer. Dit is een eigenschap die van pas komt bij de detectie van waterstofverspreiding in oliefilms in machines of om de opname van water in planten of beton te bestuderen.

## MEER CONTRAST MET NEUTRONEN

"Het gebruik van neutronen voor computed tomography (CT) scans kan in sommige gevallen beter werken dan de toepassing van röntgenstralen om de eigenschappen van fossielen, beenderen en weefsels te bepalen die in meer dan miljoenen jaren zijn versteend en die zelf in rots ingepakt zijn", aldus Joseph Beviit, wetenschapscoördinator bij ANSTO en manager Neutron Instruments User Office and Dingo Instrument Scientist. "De neutronen geven meer contrast en detail weer dan de op ziekenhuis-gebaseerde CT röntgenscanners." De diepe penetratie van neutronen heeft tot gevolg dat zij ook kunnen worden gebruikt om fossielen te laten zien die niet op of dicht onder het oppervlak van de stenen buitenzijde van het monster zichtbaar zijn. Als ze eenmaal zijn ontdekt met behulp van neutron-CT, kunnen deze fossielen er handmatig worden uitgehaald, of beter, digitaal en niet-destructief 'opgegraven' en voor studie **K**

of museumvertoning in 3D worden geprint. Bevitt heeft geholpen bij een analyse van fossielenverzamelingen tijdens het eerste jaar van Dingo in uitvoering. De specimens omvatten talrijke dinosaurussen, prehistorische zoogdierachtige reptielen, de oudste multicellige dieren, de hominidebeenderen en versteende flora op de zuidpool. Het werk aan dinosaurusbekenderen begon met een samenwerking tussen ANSTO en het Australische Age of Dinosaurs Museum in Queensland, dat een uitgebreide fossielencollectie uit de krijtperiode bezit (145-65 miljoen jaar vóór Chr). "Zij hebben meer dan duizend ton versteend materiaal opgegraven uit de Winton Formation in centraalwest Queensland. Wij proberen ze te helpen door uit te zoeken welke fossielen de belangrijkste zijn om te bestuderen en eigenschappen te openbaren wat op een andere manier niet lukt." Eén van de eerste analysemonsters betrof een in rots ingebedde krab, *Torynomma quadrata*, die naar wordt verondersteld ongeveer 115 miljoen jaar oud moet zijn.

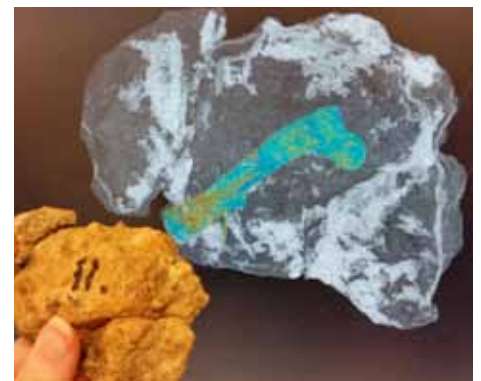
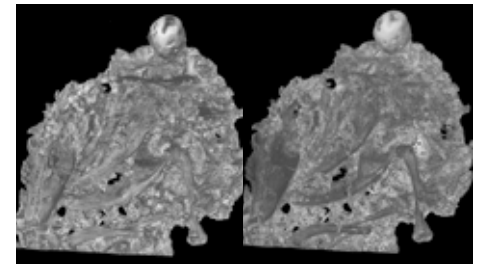
### BOORGATEN

Bij één van de onderzoeken met behulp van neutronentomografie was de ligging van de krab goed te zien. Dit maakte de voorbereiding mogelijk om het fossiel voorzichtig uit de rots te halen. Omdat enkele poten ontbraken, was de krab niet voor museumvertoning geschikt. Het team kwam wel tot een andere ongebruikelijke observatie. "We konden boorgaten zien die door wormen waren gegraven en die de ingewanden van de krab hadden opgegeten. Vervolgens waren ze er weer via een boorgat uitgekropen. Wij wisten op het moment van de waarneming niet dat dit de eerste keer was dat dergelijke processen met een CT-scan waren waargenomen." Hoewel een beenbot van een 18 meter lange 8.500 kilogram wegende dinosaur, *Wintonotitan*, te groot en te massief bleek te zijn voor onderzoek met neutronentransmissie, hadden de onderzoekers wel succes met een rots die beenderen bevatte van een andere exemplaar, een *crocodylomorph*, een voorvader of nauwe

verwant van de hedendaagse krokodillen. "Deze schepselen waren gelijk aan de moderne krokodillen en moeten ongelooflijk krachtig en snel zijn geweest. Zij aten waarschijnlijk kleine dinosaurussen in combinatie met een andere prooi", aldus Bevitt. Het onderzoek met neutronen levert soms onverwachte resultaten op. Tijdens een eerdere test werd een enkel steenmonster geleverd voor de neutronen-CT. De onderzoekers veronderstelden aanvankelijk dat de steen één enkel bot bevatte. Een driedimensionale CT-wederopbouw toonde echter aan dat er zich vele kleinere botjes in de rots bevonden die in feite een volledig been- en voetgewricht bleken te zijn.

### 3D-WEDEROPBOUW

Queensland heeft een andere belangrijke vindplaats voor fossielen in Riversleigh, waar zich een 15 miljoen jaar oud netwerk van grotmateriaal bevindt met botten van uitgestorven buideldieren die destijds rondliepen en -zweefden in een weelderig regenwoud. De onderzoekers van de Universiteit van New South Wales waren geïnteresseerd in het doen van kwantitatieve botmetingen op een oude, uitgestorven bandicoot (buideldas) om beter te begrijpen hoe bandicoots naar hun huidige vorm zijn geëvolueerd. De belangrijke en kwetsbare Riversleigh-fossielen worden uit kalksteenrots verwijderd met verdund zuur. Speciale lijmsorten worden gebruikt om de 3D layout van die fossielen te conserveren. Hoewel de lijm die wordt gebruikt om de fossielen te conserveren en te beschermen problematisch was voor een goede neutronenradiografie, kon het team met succes neutronentomografie inzetten voor de beeldvorming van individuele botonderdelen voor een volledige 3D-wederopbouw. Een andere vondst waar Bevitt erg enthousiast over is, betreft fossielen die in centraal Mongolië zijn aangetroffen, waar een internationaal dinosaurusproject Korea-Mongolië (Korea-Mongolia International dinosaurusproject) sinds 2006 loopt. Paleontologen hebben ter plaatse een indrukwekkend fossiel van de *tarbosaurus* opgegraven, een dinosaur uit het Krijt die wat grootte en gewoonte overeenkwam met een



veel bekendere *tyrannosaurus*. Weergave van een fragment van een jongere *tarbosaurus* bevatte ribben en toonde de bewaarde maaginhoud aan, de laatste maaltijd van deze grote vleeseter. "Wij kunnen op dit moment nog geen details geven over



de maaginhoud, maar de beelden tonen duidelijk gedeeltelijk verteerde prooi aan. Het onderzoek levert informatie over de aard van deze dieren, hoe zij joegen en hoe zij hun voedsel verteerden”, lichte Bevitt toe.

### GEEN JURASSIC PARK

Het zal uiteindelijk een combinatie van geavanceerde technieken zijn, met neutronen-CT, synchrotron-röntgen-CT en Raman-CT die de waardevolste informatie verstrekken zoals de aanwezigheid van zacht weefsel. Op basis hiervan is het geslacht van individuele dinosaurusspecimens te bepalen en informatie over hoe de jonge en embryonale dinosaurussen zo ongelooflijk snel konden groeien. Alle vooruitgang ten spijt is volgens Bevitt “Een Jurassic Park helaas nog niet haalbaar.” Het Koreaanse team komt in maart terug om DINGO te gebruiken voor verdere beeldvorming van de maaginhoud. “Door deze successen verzorgen wij de beeldvorming van dieren wereldwijd, van Nieuw-Zeeland, Zuid-Afrika, China, tot aan de V.S. en Antarctica, die de volledige reeks van gewervelde evolutie omvat naast een aantal van de allereerste ongewervelde levensvormen.” Andere projecten omvatten het CT-scannen van versteende eieren en embryo's van de Lufengosaurus, één van de vroegste bekende dinosaurussen die leefden in wat nu zuidwestelijk China is; weergave van versteende hersenen en de gezichtsspierstructuur van een vroeg zoogdierachtig reptiel en het tonen van een massief kaakbeen met tanden van een nieuwe soort van een zeereptiel dat in Oost-Timor werd gevonden en dat tijdens de eerste periode van dinosaurussen, rond 200 miljoen jaar geleden leefde. Het DINGO-instrumententeam dat aan een reeks van andere rotsmonsters naast oude fossielen werkt, bestaat uit: Ulf Garbe, Klaus-Dieter Liss, Floriana Salvemini en Bevitt. **K**

Menno Jelgersma

## MOCKUPS VAN FUSIEREACTOR ITER IN LEGO



Voor Lego-enthousiastelingen is de ITER Tokamak een grote bron van inspiratie. In juni 2012 deed Newline verslag van de Japanse kunstenaar Sachiko Akinaga die een tokamak had gemaakt bestaande uit 8.000 standaard Lego-blokjes. Twee jaar later probeerde de Amerikaanse videogame-ontwerper, Andrew Clark, het Lego-hoofdkantoor in Billund (Denemarken) ervan te overtuigen om zijn model van de ITER Tokamak in productie te nemen. Zijn initiatief kreeg echter niet de 10.000 steunbetuigingen die nodig waren om van zijn project een 'officiële' set te maken die in productie genomen had kunnen worden. Op de universiteit van Kyoto in Japan krijgt een volgende Lego-onderneming vorm. Een groep studenten Fusiematerialen en Reactor Engineering (Konishi Laboratory, Dr Kasada's group) heeft een zeer realistische versie van de ITER Tokamak gebouwd met legopoppetjes die in verhouding staan

➤ *Ontwerp: Sachiko Akinaga, Foto: Hironobu Maeda*

tot de reactor. In het model zijn alle grote componenten opgenomen inclusief: spoelen, doorvoeren, verwarmingssystemen en de Test Blanket Modules, allemaal te onderscheiden door verschillend kleurgebruik. De studenten hebben het zelfs voor elkaar gekregen om een golfgeleider in de wand van het vacuümvat op te nemen.

Het ITER-Lego-project zal gebruikt worden voor de promotie van fusie-energie op exposities en conferenties.

Bron: ITER - <http://www.iter.org/whatsnew>



➤ © Konishi Laboratory, Dr Kasada's group

## VRAAG & ANTWOORD

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

**Sinds 2005 is in het Finse plaatsje Oikiluoto een grote kerncentrale in aanbouw door een consortium van AREVA NP (73%) en Siemens AG (27%). De opdrachtgever is het bedrijf TVO dat in OIKILUOTO al twee oudere kerncentrales exploiteert. Het betreft de eerste kerncentrale van het type EPR, ook wel generatie III+ genoemd. Na een bouwtijd van meer dan twaalf jaar is deze centrale van 1.600 MWe nog steeds niet in bedrijf. Door de vertragingen in de bouw zijn de financiële verliezen opgelopen tot miljarden euro's. Deze verliezen moeten vooral door AREVA worden gedragen. AREVA en TVO hebben wederzijdse rechtszaken aangespannen over de schuldvraag.**

### HOE HEEFT HET ZOVER KUNNEN KOMEN?

Voorafgaand aan het contract voor het Finse EPR project (2003) waren er in Europa al meer dan tien jaar geen nieuwe kerncentrales meer besteld. Het was daarom voor Framatome (tegenwoordig AREVA NP) van groot strategisch belang om deze opdracht binnen te slepen. Framatome's industriële rol als leverancier van reactorsystemen dreigde ongelofwaardig te worden door gebrek aan opdrachten. Daarom werden door Framatome in Finland grote projectrisico's genomen. Om de concurrentie de loef af te steken werd het EPR-project voor een vaste prijs van 3,2 miljard euro aanbesteed en met een onmogelijke korte bouwtijd van 4 jaar. Het ontwerp, met veel 'first of a kind', was op cruciale onderdelen nog niet was uitgekristalliseerd, laat staan goedgekeurd. Achteraf blijkt dat Framatome (nu AREVA NP) zich volkomen heeft verkeken op de moeilijkheidsgraad van het project. Tijdens het hoogtepunt van de bouw betrof het één van de grootste bouwprojecten in Noord Europa, waar 4.000 personen uit 55 verschillende landen tegelijk aan werkten.

Daar kwam bij dat de lokale omstandigheden tevoren niet goed bekend waren, met name niet de eisen van de Finse toezichthouder.



Er ontstonden daardoor vanaf het begin grote problemen bij de bouw. De Finse toezichthouder heeft bijvoorbeeld de reactorinstrumentatie en -regeling in een laat stadium afgekeurd, waardoor het ontwerp overgedaan moest worden en veel installaties die al gemonteerd waren, moesten worden verwijderd en vervangen. Oorspronkelijk werd verwacht dat de Finse EPR-reactor in 2009 in bedrijf zou gaan. Inmiddels wordt de commerciële energieproductie niet verwacht vóór 2018.

Er zijn volgens het atombureau IAEA momenteel 67 kerncentrales in aanbouw, waarvan de meeste in Azië. Uit veel van deze recente projecten blijkt dat het wel degelijk mogelijk is om binnen tijd en budget een kerncentrale te bouwen, wanneer er voortgeborduurd wordt op bewezen technieken en wanneer de samenwerking tussen de bouwers, de opdrachtgevers en de toezichthoudende overheid goed verloopt. Op al die punten lijkt het in Oikiluoto verkeerd te zijn gegaan. **K**

*Redactie KernVisie*

## COLUMN



## NAAR MARS EN VERDER

Een paar weken geleden keek ik de film 'The Martian', via een streamingdienst, omdat ik het geluid in de Nederlandse bioscopen de laatste tijd vaak te hard vind staan.

Het is een prachtige film, die zoals de naam al suggereert zich in de nabije

toekomst voor een groot deel op de planeet Mars afspeelt. Qua energievoorziening is hij helemaal van deze tijd, met de hoofdrol voor zonne-energie, ondanks het slappe zonnetje op Mars, immers de zonne-instraling per vierkante meter hier is minder dan de helft van die op aarde. Nu leek dat ook niet onredelijk, voor een kleine Marsbasis voor zes mensen.

Essentieel voor de goede afloop van het verhaal was echter de afgedankte RTG, radioisotoop thermoelectric generator, ofwel plutoniumbatterij, die gelukkig wel terughaalbaar was opgeslagen. Overigens gaat ook de raket waarmee ze van de aarde naar Mars vliegen op kernenergie, maar daar moet je wel goed voor opletten, het wordt één keer terloops genoemd. Onder de streep was de verdeling van de energievoorziening over kern en zon best in evenwicht, alleen de appreciatie hiervan nog niet helemaal.

Helaas is dit in het echt nog niet altijd het geval: zo was de lander Philae van de Rosetta-missie naar de komeet 67P/Tsjerjoemov-Gerasimenko alleen uitgerust met zonnecellen. Men dacht het met een nieuw type zonnecellen nu ook wel zonder RTG te kunnen stellen, en wilde ook om politieke redenen geen RTG. Maar ja, Philae kwam op de komeet in de schaduw terecht, en is sinds 9 juli 2015 in 'eeuwige slaap'. Toch jammer.

Het zou mooi zijn als de raket uit de film werkelijkheid werd, dan kunnen we Philae misschien toch een RTG brengen of in de zon zetten, wat maar de meest praktische keuze is. **K**

*Aliki van Heek*



## HIGH TECH ONTDEKKINGSROUTE TWENTE

**Technologie is leuk, uitdagend en kansrijk om in te werken, te studeren en te investeren. Om dat te laten zien, organiseren de Almelse High Tech bedrijven op zaterdag 28 mei samen de High Tech Ontdekkingsroute Twente. Ook URENCO doet mee.**

Kinderen en volwassenen kunnen op deze dag bij verschillende deelnemende bedrijven een kijkje te nemen. Bezoekers kunnen met eigen vervoer komen of gebruik maken van de bussen die speciaal voor de High Tech Ontdekkingsroute Twente ingezet worden. Deelnemende bedrijven zijn dit jaar: ETC Nederland, AERONAMIC, Boessenkool, Benchmark, VDL ETG, Herikon, PBF Group, Bouman, Expovorm, Hollander techniek en URENCO. De High Tech Ontdekkingsroute Twente is onderdeel van de nationale Dutch Technology Week. Meer informatie is te vinden op [facebook.com/techroutetwente](https://facebook.com/techroutetwente) **K**





## **INTERNATIONAAL SUCCES VOOR NEDERLANDSE MILABS**

**Het Laboratorium voor Translational and Molecular Imaging (LTMI) van de Duke-NUS Medical School in Singapore en het Centrum voor Molecular and Functional Imaging (CMFI) van de University of California in San Francisco gaan allebei de VECTor4CT van het Nederlandse MILabs installeren. VECTor4CT is het breed inzetbaar nucleair beeldvormingssysteem dat in hoge resolutie PET/SPECT beelden maakt.**

Eind vorig jaar berichtte Kernvisie Magazine over de G-SPECT van MILabs dat in 2006 werd opgericht als een spin-off van het Universitair Medisch Centrum Utrecht. De G-SPECT is de scanner die supersnel dynamische biologische processen in beeld brengt. Ook de U-SPECT van MILabs voorziet in de snelste en hoogste resolutie in beeldvorming bij onderzoek maar wordt ingezet bij onderzoek van kleine dieren. Onlangs heeft MILabs de Adaptive PET met zijn SPECT-technologie samengevoegd met de introductie van de VECTor4CT. De technologisch hoogstaande systemen van MILabs zijn niet onopgemerkt gebleven. Wereldwijd blijkt er belangstelling voor de producten van MILabs. Nadat het bedrijf in september de 2015 de World Molecular Imaging Congress Award voor hun G-SPECT scanner ontving, werd het door vooraanstaande ziekenhuizen uit de

hele wereld benaderd om te laten weten geïnteresseerd te zijn in G-SPECT en de mogelijkheden. Nu is het dus de VECTor4CT waar internationaal aandacht naar uitgaat.

### **SAN FRANCISCO EN SINGAPORE**

Eind januari maakte MILabs bekend dat het CMFI aan de University of California in San Francisco de VECTor4CT gaat installeren als ondersteuning van een groot aantal onderzoeksprojecten op het gebied van oncologie, neurowetenschap en het onderzoek naar en de ontwikkeling van medicijnen. Het UCSF Department of Radiology and Biomedical Imaging en de Biomedical Imaging hebben behoorlijk wat middelen aangewend om in 2003 het CMFI op te zetten. Het onderzoek richt zich onder meer op translationeel nucleaire medicijnen met behulp van SPECT/CT en PET/CT. Translationeel onderzoek is de schakel tussen fundamenteel

onderzoek en klinisch onderzoek, dat zich op patiënten richt. Het doel ervan is dus het vinden van praktische toepassingen voor de recentste ontdekkingen in het fundamenteel onderzoek. Anderhalve maand later volgde de bekendmaking dat het LTMI van de Duke-NUS Medical School in Singapore de VECTor4CT gaat installeren in hun pathogenenvrije – SPF specific pathogen free – afgesloten faciliteit. Een hoofddoel van LTMI is de ontwikkeling van moleculair beeldvormende middelen bij proefdieren om kankerbiologie, ontstekingen, infecties en hersen- en immuunfuncties te bestuderen, met een focus op Aziatische ziektes.

### **NIEUWE ORDERS VOOR MILABS**

Volgens het hoofd van LTMI, dr. Ann-Marie Chacko, zal de mogelijkheid van het systeem om PET en SPECT simultaan uit te voeren in combinatie met directe beeldvorming het belangrijkste prestatiekenmerk zijn waarmee onderzoekers de reikwijdte en de capaciteit van translationele beeldvorming vergroten. Een groot voordeel van het geïntegreerde PET/SPECT/CT-systeem in de VECTor4CT is het verkrijgen van een hoge resolutie SPECT (0,25 mm) in combinatie met een hoge resolutie CT-scan. Omdat de VECTor4CT is voorzien van Adaptive PET technology, is het systeem ook in staat om kleine patronen van radiofarmaceutische producten die zijn gelabeld met positronenemitters vast te leggen, wat resulteert in hoogenergetische (511 keV) annihilatiefotonen. Een flexibel PET-systeem kan deze fotonen vastleggen op submillimeter-resolutie (0,75 mm). Dit geeft de VECTor4CT een eigenschap die met conventionele PET-scanners niet mogelijk is. Volgens prof. dr. Freek Beekman, CEO van MILabs en verbonden aan de TU Delft en het Brain Center Rudolf Magnus van het UMC Utrecht, kunnen we op korte termijn nog een installatie van een VECTor4CT verwachten bij de University of Oxford, een U-SPECT/CT in Limoges (Frankrijk) en een U-CT bij Roche – Genentech in San Francisco. **K**

*Menno Jelgersma*



## NIS2016 AWARDS

Dit jaar reikte de organisatie van de NIS2016 awards uit aan deelnemers en landen voor bijzondere verdiensten. In de categorie Board of Advisors Award ontving Huub Rakhorst, oud-directeur van URENCO Nederland, een award. Hij kreeg deze voor zijn inspanningen als motor achter de organisatie van de NIS2014 in Amsterdam. Ook Seok Cho, president en CEO van Korea Hydro & Nuclear Power kreeg een prijs voor zijn rol in de organisatie van de NIS2012 in Seoul. **K**

## TOP NUCLEAIR BEDRIJFS- LEVEN WERKT SAMEN AAN CYBERSECURITY EN BEVEILIGING

**Net als bij de voorgaande toppen verzorgde ook in Washington DC de industrie dit keer onder leiding van het Nuclear Energy Institute (NEI) een Nuclear Industry Summit als officieel side-event. Meer dan 350 CEO's uit de nucleaire industrie wereldwijd woonden de NIS2016 bij. Samen vertegenwoordigden zij een overtuigende hoeveelheid kennis en verantwoordelijkheid op het gebied van het bedrijven van nucleaire installaties, de productie en het management van nucleair materiaal en de internationale nucleaire samenwerking en handel.**

In een Joint Statement onderschreven de aanwezigen zich in te zetten voor versterking van nuclear security op acht punten, variërend van het verbeteren van de cybersecurity bij nucleaire faciliteiten door internationale samenwerking en oefeningen tot de belofte om continu te blijven werken aan de kwaliteit door middel van trainingsprogramma's, samenwerking met NGO's zoals de World Nuclear Association (WNA) en het World Institute for Nuclear Security (WINS). Ook werd specifiek het voornemen om de hoeveelheid hoog verrijkt uranium (HEU) te minimaliseren uitgesproken, evenals de voorraden

geëxtraheerd plutonium. "We erkennen dat hoogverrijkt uranium en geëxtraheerd plutonium speciale voorzorgsmaatregelen vragen en dat het uitermate belangrijk is dat ze op de juiste manier worden beveiligd, geconsolideerd en gecontroleerd." Als laatste wordt nog aangetekend dat de industrie de productie van radio-isotopen aanmoedigt. "We zullen de productie van radio-isotopen met behulp van non-HEU-technologieën blijven aanmoedigen en steunen. Dit is met inbegrip van financiële prikkels, waarbij we rekening houden met de noodzaak van een gewaarborgde en betrouwbare levering van medische isotopen."



Vlak voor de officiële opening van de Nuclear Security Summit in Washington bracht Minister President Mark Rutte een bezoek aan de Nucleair Nederland stand op de NIS2016 expositie. Tijdens het bezoek onderstreepte Rutte het belang van de aanwezigheid van de nucleaire industrie. Hij werd ontvangen door Ad Louter, managing director van URENCO Nederland, Niels Unger, managing director van NRG en Huub Rakhorst, voormalig directeur van URENCO Nederland. Deze laatste werd door Rutte gefeliciteerd met de Board of Directors Award die hij kreeg voor zijn inspanningen tijdens de NIS 2014 in Amsterdam.

Tijdens het bezoek ontving Rutte de Position Paper Nucleaire Kennisinfrastructuur in Nederland van Nucleair Nederland. Hierin geeft de industrie haar visie op de toekomst van de nucleaire kennisinfrastructuur op de gebieden stralingsbescherming en gezondheid, high-tech materialenonderzoek, kernenergie en radioactief afval.



## VIERDE EN LAATSTE NUCLEAR SECURITY SUMMIT IN WASHINGTON DC

**In Washington DC werd op 1 april de Nuclear Security Summit gehouden. Het was de laatste in een reeks van vier toppen die begon in 2010, een jaar nadat president Obama liet weten te willen zorgen dat 'terroristen nooit een nucleair wapen kunnen verkrijgen'. 53 landen en vier internationale organisaties kwam bij elkaar om te spreken over nucleaire beveiliging en het voorkomen van nucleair terrorisme.**

De laatste top liet een aantal concrete resultaten zien. Zo gaven meer dan veertig landen te kennen bezig te zijn aan het versterken van capaciteit en expertise op het gebied van nuclear security. Dit varieert van trainingen en het opzetten van Centers of Excellence tot nationale oefeningen. Meer dan dertig landen hebben nationale wetten, voorschriften of structuren met betrekking tot nucleaire beveiliging bijgewerkt en meer dan twintig landen hebben meegewerkt aan peer review missies. In totaal hebben zeventien landen stappen ondernomen om nucleair materiaal op te ruimen of te verwijderen dan wel het gebruik van hoogverrijkt uranium (HEU) te minimaliseren.

### GIFT BASKETS EN ACTION PLANS

Naast de concrete en praktische resultaten van de individuele landen zijn er ook twintig zogenoemde 'gift baskets' opgeleverd. Dit zijn specifieke toezeggingen of afspraken op het gebied van nuclear security door een deelgroep van summit-deelnemers. Vaak resulteert dit in een joint statement van een aantal landen waarin een samenwerking of doelstelling wordt onderschreven. Verder hebben zowel het Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism (GICNT), de Verenigde Naties, Interpol, IAEA en The Global Partnership against the Spread of Weapons and Materials of Mass Destruction (Global Partnership or GP) een actieplan

gepresenteerd waarin ze aangeven hoe ze verder werken aan nuclear security.

### INTERNATIONAAL PLATFORM

De IAEA liet, bij monde van Director General Yukiya Amano, weten dat zij een leidende rol op zich zullen nemen als internationaal platform voor de versterking van nucleaire beveiliging. Volgens Amano maken lidstaten steeds vaker gebruik van de ondersteunende diensten van de IAEA zoals de Incident Trafficking Database, het Incident en Emergency Centre en diverse opleidingen en trainingen. "Met 168 lidstaten heeft de IAEA de mondiale reikwijdte en technische expertise die nodig is voor een effectief platform. In nauwe samenwerking met nationale experts en belangrijke internationale partners zullen wij blijven werken aan concrete verbeteringen van de nucleaire beveiliging wereldwijd."

### VERDRAG FYSIEKE BEVEILIGING

Een belangrijke uitkomst van de summits is de ratificatie van het geamendeerde verdrag Fysieke Beveiliging Nucleair Materiaal, het zogeheten CPPNM (Convention on Physical Protection of Nuclear Material). Dit gewijzigde verdrag (CPPNM/A) is nu, op twee landen na, door alle deelnemers ondertekend. De wijziging in het verdrag verplicht de deelnemende partijen om hun nucleaire installaties en materiaal voor vreedzaam gebruik te beschermen tijdens gebruik, opslag en transport. Het verdrag stamt uit 1980 maar de wijziging maakt de belofte van de ondertekenaars nu ook juridisch bindend. "Dit verdrag verenigt partijen om uit te zoeken hoe we informatie kunnen uitwisselen rekening houdend met vertrouwelijkheid", aldus Amano. "Ik ben van plan om hiervoor jaarlijkse bijeenkomsten en periodieke Review Conferences te organiseren." Het uiteindelijke doel is de wereldwijde implementatie van het Verdrag. Amano riep alle landen dan ook op om een ministeriële afvaardiging te sturen naar de International Conference on Nuclear Security bij de IAEA in december. **K**

*Ellen Jelgersma*

# NUCLEAR FOR CLIMATE WINT PIME AWARD 2016

Tijdens de jaarlijkse Public Information Materials Exchange conferentie (PIME) die dit jaar in Boekarest plaatsvond, heeft de internationale campagne Nuclear for Climate de PIME Award for communication excellence gewonnen.

Nuclear for Climate is een initiatief van de Société Française d'Énergie Nucléaire (SFEN) en is inmiddels uitgegroeid tot een wereldwijde campagne. Niet alleen nucleaire verenigingen en organisaties maar ook wetenschappelijke en industriële fora hebben zich aangesloten. Op dit moment zijn 147 organisaties uit 57 landen betrokken bij het initiatief. Samen vertegenwoordigen ze meer dan honderdduizend wetenschappers en professionals uit de nucleaire sector.

## MENSELIJK GEZICHT

Gebruikmakend van de vele leden die zijn aangesloten bij de campagne laat Nuclear for Climate zijn stem horen in het klimaatdebat, zowel online als offline. Dankzij het lidmaatschap van wetenschappelijke verenigingen kan er een geloofwaardige en op feiten gebaseerde bijdrage worden geleverd. Als onderdeel van de campagne poseerden professionals wereldwijd met borden met campagneleuzen als 'nuclear is part of the solution', 'we need all low carbon sources of energy

now' en 'we need atoms for the future'. De foto's werden gedeeld via Twitter en Facebook en dat gaf de nucleaire sector een menselijk gezicht. Tijdens de klimaatop in Parijs in december vorig jaar werden onder de vlag van Nuclear for Climate diverse acties en mediaoptredens gecoördineerd. De krachtige boodschap 'kernenergie is een deel van de oplossing in de strijd tegen klimaatverandering' werd met succes onder de aandacht gebracht.

## SHORT-LIST

Een andere genomineerde op de short-list was TEPCO met de campagne 1 For All Japan die zich richtte op het vergroten van de betrokkenheid en trots van de zeventuizend professionals en hun families die op dit moment werken aan de ontmanteling van Fukushima Daiichi 1-4. Ook NUGENIA, een vereniging die zijn onderzoek en de ontwikkeling wijdt aan kernsplijtingstechnologieën voor tweede en derde generatie kerncentrales, behoorde tot de genomineerden, evenals International



Nuclear Services en AREVA. Zij verpakten de communicatie over een afvaltransport van Groot-Brittannië naar Zwitserland in een onderhoudend 'sprookje' waarin alle uitdagingen en betrokkenen aan bod komen.

## AWARD

De PIME Award werd voor het eerst uitgereikt in 2005. De prijs wordt gegeven aan communicatie-professionals uit de nucleaire sector die op creatieve en succesvolle wijze het publiek hebben weten te bereiken. Alle inzendingen worden beoordeeld door een vakjury.

Deelnemers aan de PIME kiezen vervolgens een winnaar uit de short-list. In 2012 ontving NRG samen met JRC de prijs voor hun campagne Forward Thinking in het kader van het 50-jarig jubileum van de HFR. In 2008 won de COVRA voor het gebruik van kunst als een middel om de lokale en regionale bevolking te betrekken bij hun activiteiten. **K**

Ellen Jelgersma



**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. De website levert regelmatig, op de Homepage als zodanig aangegeven, nieuwe actuele informatie op het gebied van de nucleaire technologie. 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](http://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 Elst.



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

E-mail: [kernvisie@kernvisie.com](mailto:kernvisie@kernvisie.com)