

# KERNVISIE MAGAZINE

» **VOGTE  
KERNCENTRALE:  
800 BANEN EN  
2,3 MILJARD  
KLANTVOORDEEL**

» **QUIREM MEDICAL  
BRENGT INNOVATIEVE  
HOLMIUMTHERAPIE  
NAAR DE MARKT**

» **NEI VOORZITTER  
MARVIN FERTEL  
OVER DE TOEKOMST  
VAN DE NUCLEAIRE  
SECTOR**

**UNIVERSITAIR  
DOCENT  
DR. ANNA SMITH  
AANWINST  
VOOR RID**

# COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**JAARGANG 10, NUMMER 5, SEPTEMBER 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**

*dr. Anna Louise Smith © 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**

# **VERSTERKING VAN HET RID-TEAM**



Dat de zomervakantie niet alleen maar bestaat uit zonnige vakanties en lome dagen in de hangmat blijkt wel uit deze Kernvisie Magazine. Zo heeft in juli de TU Delft met dr. Anna Louise Smith een nieuwe assistent professor gekregen, die het RID-team van RST/Nuclear Energy and Radiation Application full time komt versterken. De kersverse universitair docent zal een kwart van haar tijd lesgeven. Daarnaast gaat zij zich toeleggen op onderzoek naar de duurzaamheid van de nucleaire splijfstofcyclus, voor haar de ideale combinatie van haar passie voor chemie én natuurkunde. Verder in dit magazine aandacht voor Quirem Medical, een spin-off bedrijf van het UMC Utrecht, dat een nieuwe therapie voor leverkanker naar de Europese markt brengt. Het gaat om de holmiumtherapie waarover Kernvisie Magazine in 2013 berichtte en die onlangs het Europese CE-keurmerk heeft gekregen. We kijken ook naar de ontwikkeling van kernenergie in de VS waar groen licht is gegeven voor de bouw van de Vogtle 3 en 4 kernreactoren van het type AP1000 van Westinghouse, een uitbreiding van de bestaande Vogtle kerncentrale in Georgia. In een interview met NucNet vertelt president en CEO Marvin Fertel van het Nuclear Energy Institute over de uitdagingen voor de nucleaire sector en wat nodig is om een onafgebroken bedrijfsvoering van de Amerikaanse kerncentrales te garanderen. "We moeten sluitingen voorkomen of anders problemen op lange termijn onder ogen zien", vat Fertel de situatie samen. Ook Nucleair Nederland ziet zich gesteld voor de nodige uitdagingen in de toekomst die ze met een gezamenlijke visie en intensieve samenwerking het hoofd biedt. Dus ook na een actieve zomervakantie is er wereldwijd voldoende werk aan de winkel voor de nationale en internationale nucleaire sector.

André Versteegh  
voorzitter Stichting Kernvisie

# **K** INHOUD

## **MAATSCHAPPIJ**

### **ANNA SMITH NIEUWE ASSISTANT PROFESSOR RID**

Sinds eind juli versterkt Anna Smith het RID-team. Ze verdeelt haar tijd tussen onderzoek naar de duurzaamheid van de nucleaire splijstofcyclus en lesgeven.



**P04**

## **ENERGIE**

### **CHINESE KERNENERGIESECTOR GEOPEND VOOR PRIVATE INVESTERINGEN**

De provincie Sichuan stimuleert joint ventures van ondernemingen om te investeren in toekomstige energieprojecten.

**P09**

## **GEZONDHEID**

### **AMSTERDAMSE PTC KIEST VOOR PRONOVA SOLUTIONS**

Het APTC gaat haar apparatuur bij het Amerikaanse ProNova Solutions aanschaffen. In 2018 wil het centrum de eerste patiënten met kanker behandelen.



**P10**

### **P07 NIEUWE DIRECTEUR EPZ**

Carlo Wolters is per 1 oktober benoemd tot algemeen directeur van EPZ

### **P12 INBEELD**

De Vogtle Electric Generating kerncentrale bij Waynesboro. De Amerikaanse overheid krijgt groen licht voor de bouw van de Vogtle 3 en 4.

### **P17 COLUMN**

Waarom een nucleair aangedreven vrachtschip in 2025 niet mag ontbreken op Sail Amsterdam.

### **P21 NUCLEAIR NEDERLAND KIJKT NAAR DE TOEKOMST**

Voorzitter Ad Louter: "Nucleaire technologie heeft een belangrijke rol te spelen in de toekomst van de mensheid.



## **K** P10

### **JAN LEEN KLOOSTERMAN HOGLERAAR NUCLEAR REACTOR PHYSICS**

De Executive Board van de TU Delft heeft onlangs dr. ir. Jan Leen Kloosterman benoemd tot hoogleraar op de afdeling Kerntechniek van de Faculteit Technische Natuurwetenschappen.

GEZONDHEID



**ANNA SMITH,  
ASSISTANT  
PROFESSOR RID  
ONDERZOEKT  
DUURZAAMHEID  
SPLIJTSTOF CYCLUS**

**Met een indrukwekkend cv en een overtuigend college liet ze medekandidaten tijdens haar sollicitatieprocedure achter zich. Sinds eind juli heeft de TU Delft met Dr. Anna Louise Smith een nieuwe assistant professor die het RID-team van RST/Nuclear Energy and Radiation Application full time komt versterken. De kersverse universitair docent zal een kwart van haar tijd lesgeven. Daarnaast gaat zij zich toeleggen op onderzoek naar de duurzaamheid van de nucleaire splijstofcyclus, voor haar de ideale combinatie van haar passie voor chemie én natuurkunde.**

Prof. dr. ir. Jan Leen Kloosterman was nauw betrokken bij de aanstelling van Smith. "Het college dat zij als onderdeel van de sollicitatieprocedure gaf, was professioneel en zeer overtuigend", aldus een enthousiaste Kloosterman. Smith ziet haar nieuwe baan vooral als een voortzetting van haar wetenschappelijke ambities. "Ik kom uit een wetenschappelijk milieu. Van jongs af aan was ik geïnteresseerd in de energievoorziening en de mogelijkheid om daaraan een bijdrage te leveren", aldus Smith. Zij ziet een duidelijke rol voor nucleair zowel in de huidige als toekomstige energiemix. "Ik maak me zorgen over zowel het uitputten van de hulpbronnen als de klimaatverandering en ik ben me ervan bewust dat de weg die we nu bewandelen waarbij we nog volop inzetten op fossiele brandstoffen, niet de juiste is. Kernenergie zal in de toekomst een grote rol spelen voor het basislastvermogen (base load capacity) in de elektriciteitsvoorziening." Zelf denkt ze dat haar Franse afkomst misschien ook bijdraagt aan haar positieve grondhouding ten opzichte van kernenergie. Frankrijk is, ondanks aankondigingen van verminderingen, voor de opwekking van elektriciteit nog steeds voor 75 procent afhankelijk van kernenergie.

#### NUCLEAIR NEDERLAND

Wie haar indrukwekkende Curriculum Vitae leest, ziet al snel een voorkeur voor zowel de chemische als de natuurkundige kant van het energiespectrum. "Ik heb nooit echt een keuze kunnen maken tussen chemie en natuurkunde", verklaart Smith. "Maar met een specialisatie in de chemie van de nucleaire splijstofcyclus heb ik de ideale combinatie gevonden." Ze onderscheidt daarbij drie subthema's: Safety assessment of the nuclear fuel, chemical behavior of fission products en nuclear waste matters. Kloosterman legt uit dat het hoofdthema is ingegeven door de wensen van Nucleair Nederland die de mogelijkheid heeft geschapen om deze nieuwe leerstoel in te vullen. Smith kende de TU Delft al voor zij op de baan solliciteerde. "De baan kwam voorbij toen ik aan mijn PhD in Materials Science bezig was. Ik was deels aan het werk aan de universiteit van Cambridge en bij het Institute for Transuranium Elements (ITU) van de Europese Commissie in Karlsruhe. Het was professor Rudy Konings die mij met 'Go for it!' adviseerde te solliciteren." Konings is sinds 2011 als hoogleraar voor één dag per week aan de TU Delft verbonden, maar volgens Kloosterman zal Smith na een overgangperiode de reguliere onderwijstaak

van hem overnemen. Kloosterman: "Het is voor Konings, die voornamelijk in Karlsruhe werkzaam is, praktisch ondoenlijk wekelijks op en neer te reizen. Hij blijft als professor aan de TU Delft verbonden, maar zal zijn bijdrage in het onderwijs meer in clusters aanbieden."

Overigens wordt Smith niet direct voor de leeuwen geworpen. Ondanks het succesvolle proefcollege zal zij eerst de wettelijk vereiste onderwijsacte moeten halen. Deze Basiskwaliteit Onderwijs of University Teachers Qualification zal een paar jaar in beslag nemen. "Maar ze gaat als onderdeel van die opleiding wel al les geven aan masterstudenten en later ook aan bachelors", aldus Kloosterman. "Die volgorde lijkt misschien vreemd, maar de groepen masterstudenten zijn kleiner (10 tot 20 personen), terwijl een bachelorgroep uit ruim honderd studenten kan bestaan." Wat ook meespeelt is dat de motivatie van de masterstudent om de colleges te volgen voortkomt uit hun specialisatie, terwijl bij bachelorstudenten sommige colleges verplicht kunnen zijn zonder dat de interesse van de student bij het onderwerp ligt.

#### HOBBY'S

Haar CV en de tien publicaties die op haar naam staan ([www.research.net](http://www.research.net)) in combinatie met haar jonge leeftijd doen vermoeden dat Smith wel een overvolle agenda moet hebben. Toch blijkt ze nog tijd over te hebben voor hobby's. Zo houdt ze van opera en theatervoorstellingen, loopt ze graag lange afstanden hard en is ze al ruim vijftien jaar actief balletbeoefenaar. "Ik heb inmiddels contact gelegd met balletscholen in Delft", aldus Smith. Verder doet ze in haar vrije tijd graag aan bergbeklimmen. "Mijn vader is een bergbeklimmer en hij heeft mij van jongs af aan meegenomen. In Nederland is het natuurlijk wat lastiger. Dat was eigenlijk ook al zo op de locaties in Engeland en Duitsland waar ik mij bevond, maar als ik vakantie heb, zoek ik de bergen zeker weer op!" ✨

## HET ONDERZOEK

Smiths PhD bestond uit zes onderdelen waarvan de MSR er één was. "Natrium heeft een hoog kookpunt waardoor het als koelmiddel interessant is. Ik houd me bezig met de mogelijke chemische interactie tussen koelmiddel en splijtstof wanneer de roestvaststalen bekleding van een reactor het begeeft en de splijtstof met het koelmiddel in contact komt", legt ze uit. De studie komt niet zomaar uit de lucht vallen. Aan het onderzoek van ternaire oxides van uranium, neptunium en plutonium in combinatie met natrium is sinds de vijftiger en zestiger jaren van de vorige eeuw grote waarde toegekend juist vanwege hun technologisch belang voor natrium gekoelde snelle

reactoren. De kennis van hun structurele, thermomechanische en thermodynamische eigenschappen is daarom essentieel vanuit veiligheidsperspectieven. Pioniers in de vorige eeuw die studies uitvoerden over de interactie tussen alkalimetalen en de actinide-elementen (Np, Pu, Am) maakten gebruik van diverse synthesroutes waarbij vijf-, zes- en zevenwaardige elementen werden gevormd. De ternaire samenstellingen hebben daarnaast ook de aandacht vanwege hun interessante elektronische en magnetische eigenschappen. Voor actinide-oxydesamenstellingen is de kristalveldinteractie gewoonlijk van eenzelfde orde als de interactie van de spinbaan en de elektrische afstoting, die de interpretatie zeer complex maakt. Een aantal groepen

kon destijds niet worden bepaald, waardoor onzekerheden bleven bestaan. Als deel van een programma van onderzoek bij het Joint Research Centre-Institute for Transuranium Elements (JRC-ITU, Karlsruhe, Duitsland) onderzocht Smith zowel de thermodynamische als mechanische eigenschappen van de ternaire fasen van de Na-U-O-, Na-Np-O- en Na-Pu-O-systemen met Röntgenpoederdiffractie, Mössbauer spectroscopie, magnetische susceptibiliteit en specifieke warmteberekeningen. Met de publicatie van het proefschrift is het werk nog niet af. "Het is een zeer complex maar ook zeer enerverend onderwerp en in de komende jaren gaan we gewoon verder met het onderzoek in Europees verband", aldus Smith.



© Irene van Kessel

## ANNA SMITH

Anna Louise Smith werd in 1988 geboren in het Franse Limoges. In 2006 slaagde ze met de hoogste lof aan de Lycée Saint Jean in Limoges waar ze Science als hoofdvak had. Als voorbereiding op de strenge toelatingsexamens voor de prestigieuze Grande Ecoles studeerde ze twee jaar intensief fysica, chemie en wiskunde aan de Lycée Sainte Geneviève

in Versailles. Hierna behaalde ze in 2011 haar Master of Science in Chemistry en Engineering in een 'dubbel-diploma' aan zowel de Franse Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris (ENSCP) als de Britse University of Cambridge in the Department of Chemical Engineering and Biotechnology. In 2015 voltooide ze haar Ph.D. in Materials Science met een thesis over de Structural

and Thermodynamic Properties of Sodium Actinide. Haar studie was een samenwerking tussen de University of Cambridge, Department of Materials Science and Metallurgy en het Institute for Transuranium Elements (ITU) in Karlsruhe. Op dit moment woont Anna Smith in Delft. **K**

*Menno Jelgersma*



## ➤ CARLO WOLTERS NIEUWE ALGEMEEN DIRECTEUR VAN EPZ

**De aandeelhouder RWE/Essent en grootaandeelhouder DELTA hebben Carlo Wolters per 1 oktober benoemd tot algemeen directeur van EPZ in Borssele. Wolters heeft de steun van het management en de ondernemingsraad van EPZ.**

Wolters is nu nog vice president Asset Management bij het Zweedse energie bedrijf Vattenfall. "Mijn doel is om de kerncentrale tot 2034 op een veilige en rendabele wijze te bedrijven. Ik wil er daarnaast voor zorgen dat de kerncentrale aan het eind van de bedrijfsduur verantwoord ontmanteld kan worden op basis van het ontmantelingsplan en met de benodigde financiële middelen. Die doelen kunnen we bereiken door met bijzondere aandacht voor veiligheid samen te

werken en plezier in ons vak te hebben. Op korte termijn gaat mijn aandacht uit naar de mensen die direct de gevolgen ondervinden van het sluiten van de kolencentrale van EPZ en wil ik kennismaken met de mensen in de organisatie en ga ik mij inwerken in de materie van de kerncentrale", aldus Wolters. Met zijn indiensttreding volgt hij de financiële man van EPZ Bram-Paul Jobse op, die de functie van directeur ad interim vervulde sinds het vertrek van de vorige directeur.

### CV

De 47-jarige Wolters studeerde chemische technologie aan de Universiteit Twente. Hij startte in 1992 zijn loopbaan bij de Demkolec kolenvergasser in Buggenum. Hij had er diverse operationele en technische functies, waarvan de laatste 4 jaar als plantmanager waarbij zijn aandacht vooral lag op veiligheid en het rendabel maken van de installaties. In 2008 stapte hij over naar de divisie Exploratie en Productie van Nuon, die het beheer voerde over Nuons aandeel in de gasproductie en het transport van gas in de Noordzee. Sinds 2010 bekleedde hij diverse internationale functies bij Vattenfall, waarvan de laatste als vice president Asset Management waar hij verantwoordelijk was voor het Asset Management van het productie portfolio van elektriciteits- en warmte-installaties in Europa en de investeringsplanning van het Zweedse bedrijf. Elektriciteitsproducent EPZ heeft een kerncentrale van 515 MW, een kolen- en biomassacentrale van 427 MW en een windturbinepark van 24 MW. **K**



## BEZOEK SIMULATOR- ZENTRUM KSG/GFS IN KUPFERDREH

**Stichting Kernvisie organiseert ieder jaar in de maand juni een excursie voor haar leden. Zo bezoekt het gezelschap de afgelopen twee jaar de opslag in Conrad en in Mol. Op dinsdag 16 juni 2015 stond het Simulatorzentrum KSG/GfS in Kupferdreh, Essen op het programma.**

Het Simulatorzentrum is in 1977 opgestart als gezamenlijk initiatief van E.On, RWE, EnBW, Vattenfall en EPZ. Indertijd begonnen met twee simulatoren - voor elektriciteitscentrales met drukwater reactoren en kokendwater reactoren – en inmiddels uitgerust met 8 plant-specifieke simulatoren voor 10 kerncentrales. Jaarlijks worden hier zo'n 1.600 cursisten getraind, waaronder de EPZ-operators uit Borssele. Naast deze simulatoren beschikt het centrum over een

glasmodel reactor, diverse schaalmodellen en 2 HPO (Human Performance Optimization) facilities en is hiermee wereldwijd uniek in zijn soort.

Indrukwekkend is het glasmodel van een 2-loop drukwaterreactor met 70 kW 'reactor power'. Thermohydraulische effecten tijdens normale en ongevalssituatie zijn hiermee 'in het echt' te zien. De vakkundig geanalyseerde en toegelichte reconstructie

**K** Glasmodel van een 2-loop drukwaterreactor met 70KW 'reactor power'

van het ongeval in Three Miles Island biedt inzage in de oorzaken en het verloop van dit ongeval. Tijdens presentaties in het ochtenden rondleidingen in het middagprogramma, werd ons een impressie geboden van het uitgebreide trainingsprogramma van de cursisten. De opleidingen omvatten het gehele scala van kerncentraleoperaties: normale werking en operationele verstoringen alsmede incidenten en ernstige ongevallen. De training legt evenveel nadruk op het bedrijfsresultaat en het begrijpen van de technologie als op het gedrag van mensen: eigen werkgedrag, teamwork, communicatie, besluitvorming en leiderschapsgedrag. Eind juni – een week na onze excursie – werd de nieuwe, eigentijdse website van het centrum gelanceerd. Het is goed om te zien dat KSG/GfS zich volop ontwikkelt en zich voorbereidt op de toekomst: <http://www.ksg-gfs.de/> **K**

*Tekst en fotografie Rosali Twisk, NRG*



**➤** Reactor schaalmodel





# Nucleair Nederland

## ► NUCLEAIR NEDERLAND: BLIK OP DE TOEKOMST

**“Nucleaire technologie heeft een belangrijke rol te spelen.”**

**Wat eind vorige eeuw begon als een informeel overleg tussen directeuren is inmiddels uitgegroeid tot een volwaardige vereniging met een dagelijks bestuur, stafbureau, diverse actieve werkgroepen en een bewezen staat van dienst. De vereniging Nucleair Nederland zette in augustus een volgende stap waarbij door de directeuren verder werd ingegaan op de identiteit, het imago en de gewenste merkstrategie van de vereniging.**

In een eerder stadium waren in de statuten van de Vereniging Nucleair Nederland de doelstellingen van de vereniging geformuleerd. Tijdens de Branddag werd onder leiding van Marian Dingena, directeur van het Marketing Planning Centre in Den Haag en adviseur op het gebied van marketingplanning en accountmanagement, gekeken naar de missie en kerntaken van de vereniging (zie kader). Niet alleen werd hierbij gekeken naar de huidige activiteiten en middelen maar vooral ook naar het grotere geheel: waar staat Nucleair Nederland voor? Ad Louter, Managing Director URENCO Nederland en voorzitter van de vereniging Nucleair Nederland, kijkt met een goed gevoel terug op de Branddag.

“Het was goed om eens een hele dag bij elkaar te zijn en met elkaar te spreken over de identiteit van Nucleair Nederland. De doelstellingen zoals we deze hebben vastgelegd in de verenigingsstatuten hebben we natuurlijk allemaal al onderschreven. Maar zo’n dag waarop je met elkaar daar eens dieper op ingaat, vind ik heel waardevol.”

### TOEKOMSTVISIE

Eén van de vragen van de dag luidde: wat zijn wereldwijd de toekomstige trends en ontwikkelingen die van invloed zijn op Nucleair Nederland? Na een grondige brainstorm bleek de lijst even divers als lang te zijn. Zo zijn er een toenemende

dreigingsniveau, een geopolitieke verschuiving en de opkomst van nieuwe economieën. Maar ook neemt het aantal nucleaire deskundigen ‘van het eerste uur’ af en zorgen sociale media en open source er tegelijkertijd voor dat informatie wereldwijd gemakkelijker wordt gedeeld en er nieuwe verbanden worden gelegd. Andere belangrijke ontwikkelingen zijn de vergrijzing van de maatschappij, de toenemende energievraag en het klimaatdebat. “Ik denk dat de nucleaire technologie een belangrijke rol te spelen heeft in de toekomst van de mensheid”, aldus Louter. “Dat lijken grote woorden, maar als wij naar een low carbon energievoorziening willen, dan zal er door nucleaire power generation een belangrijke bijdrage geleverd moeten worden. De grootste uitdaging voor de nucleaire industrie wereldwijd is om hier maatschappelijke acceptatie voor te krijgen.”

### SAMENWERKING

De veranderende wereld laat eens te meer zien hoe groot het belang is van een goede samenwerking en een sterke samenhang binnen de nucleaire industrie in Nederland en het internationale speelveld. Voor Louter zit de kracht van de vereniging dan ook in de samenwerking. “Het zoeken van gezamenlijke belangen en daar op verder bouwen, is onze sterkste kant. In de afgelopen jaren is meermalen gebleken dat de leden elkaar gemakkelijk weten te vinden. Nederland heeft niet alleen korte, fysieke afstanden, maar onze Nederlandse cultuur is ook gericht op samenwerking en kennis delen met elkaar.”

De Werkgroep Communicatie Overleg Nucleair Nederland (CONN) zal de merkstrategie van de vereniging nu verder gaan uitwerken met een Brand key en bijbehorende Brand story. De missie en kerntaken van de vereniging staan hierbij centraal. Gevraagd naar de profilering van de vereniging in de toekomst spreekt Louter de hoop uit dat de bekendheid en meerwaarde van de vereniging zal toenemen bij het grote publiek. “Binnen Nucleair ►

Nederland kennen we een heel breed scala aan activiteiten. Zo is er betrouwbare, carbon neutrale stroomvoorziening, medische isotopen voor kankerdiagnose en -therapie, fundamentele research voor technologieontwikkeling in transport, industrie

en medische zorg”, somt hij op. “We hebben zo veel te bieden, ik hoop dat het publiek kennis zal maken met de vele positieve activiteiten van Nucleair Nederland.” **K**

*Ellen Jelgersma*

## **Nucleair Nederland telt zes leden: COVRA, EPZ, NRG, Pallas, Reactor Instituut Delft en URENCO. In juli 2014 is het samenwerkingsverband overgegaan in de Vereniging Nucleair Nederland.**

### **DE MISSIE VAN NUCLEAIR NEDERLAND:**

Het stimuleren van nucleaire toepassingen ten nutte van de mensheid.

### **DE KERNTAKEN VAN NUCLEAIR NEDERLAND:**

1. Versterken van nucleaire samenhang in de keten.
2. Behartigen van gemeenschappelijke belangen.
3. Objectivering van het maatschappelijk debat rondom nucleaire technologie.

[www.nucleairnederland.nl](http://www.nucleairnederland.nl)

[facebook.com/Nucleairnederland](https://facebook.com/Nucleairnederland)

Twitter: @NucleairNL

## **JAN LEEN KLOOSTERMAN HOOGLEERAAR NUCLEAR REACTOR PHYSICS**

Op 14 april 2015 is dr. ir. Jan Leen Kloosterman door de Executive Board van de TU Delft benoemd tot hoogleraar in Nuclear Reactor Physics op de afdeling Kerntechniek, Faculteit Technische Natuurwetenschappen. De nadruk van zijn werk zal liggen op het onderzoek en de ontwikkeling van innovatieve kernreactoren van Generation-IV waaronder de mogelijkheden van thorium in gesmoltenzout reactoren en de productie van medische isotopen. Kloosterman is afgestudeerd in 1987 in de Technische Natuurwetenschappen en behaalde zijn doctoraat bij prof. dr. ir. Hugo van Dam op het gebied van de nucleaire reactor fysica

in 1992 aan de TU Delft. Hij vervolgde zijn carrière bij het Netherlands Energy Research Foundation (ECN) in Petten waar hij werkte aan de partitionering en transmutatie van langlevend nucleair afval in kernreactoren en versneller aangedreven systemen. Hij trad opnieuw aan bij de TU Delft in 1998, eerst als universitair docent en later als universitair hoofddocent in de nucleaire reactor fysica. Kloosterman is momenteel hoofd van de sectie Kernenergie en Stralingstoepassingen en directeur onderwijs van de Master Sustainable Energy Technology (SET). **K**

[www.tudelft.nl](http://www.tudelft.nl)

## **APTC KIEST VOOR PRONOVA SOLUTIONS**

Het nieuw te bouwen Amsterdam Proton Therapy Center (APTC) heeft, na een Europese aanbesteding, de leverancier voor de bestralingsapparatuur gekozen. Het APTC is voornemens zijn apparatuur bij het Amerikaanse ProNova Solutions aan te schaffen. Het APTC kiest hiermee voor een innovatieve partner, waarvan de behandelapparatuur voorloopt op het gebied van beeldvorming, beeldgestuurde behandelingen en kostenefficiëntie. Peter de Kubber, algemeen directeur van het APTC: “Ons uitgangspunt is de meest optimale behandeling voor de patiënt nu en in de toekomst. Daarom hebben we gekozen voor state-of-the-art behandelapparatuur met hoge precisie en veel nieuwe mogelijkheden, die toekomstbestendig is en waarmee we bovendien uniek wetenschappelijk onderzoek kunnen doen”. De behandelapparatuur van ProNova maakt het mogelijk om snel zogenaamde Cone Beam CT-beelden te maken. Hierdoor is een zeer nauwkeurige verificatie van de behandelpositie mogelijk en wordt onnodige bestraling van omliggend gezond weefsel sterk verminderd. Het APTC is bezig met de bouwvoorbereiding van het protontherapiecentrum in Amsterdam om in 2018 de eerste volwassen patiënten en kinderen met kanker te behandelen. **K**

[www.avl.nl](http://www.avl.nl)



## BOUW REACTOREN VOGTLE 3 EN 4 OP SCHEMA VOOR IN-GEBRUIKNAME 2019 EN 2020

**In 2012 gaf de Amerikaanse overheid voor het eerst in dertig jaar groen licht voor de bouw van de Vogtle 3 en 4, twee nieuwe kernreactoren van het type AP1000 van Westinghouse in aanvulling op de bestaande Vogtle kerncentrale in Georgia. Met het inhijzen van de behuizing voor het reactorvat voor de Vogtle 4 en de bouwmodules voor de generatoren van Vogtle 3 ligt de bouw nu op schema om in 2019 en 2020 in bedrijf te gaan.**

De staat Georgia verwacht tegen 2025 1,5 miljoen meer inwoners te hebben dan nu op een bevolking van ongeveer 10 miljoen. In 2023 zal de vraag naar elektriciteit in de zuidoostelijke staten van de VS (Alabama, Florida, Georgia, Kentucky, Mississippi, North Carolina, South Carolina, Tennessee, Virginia, en West Virginia) met 27 procent zijn toegenomen. Daar komt bij dat huidige wetgeving en milieunormen gevolgen hebben voor de opwekking van elektriciteit met steenkool. In hun publicaties geeft Georgia Power aan meer kernenergie te willen inzetten voor een betrouwbare en betaalbare elektriciteitsvoorziening. Georgia Power beschikt op dit moment

over twee kerncentrales: Hatch en Vogtle, beide voorzien van enkele reactoren. Op zich sluit de nieuwbouw aan op de huidige Vogtle kerncentrale die was gebouwd met de optie om op termijn uit te breiden. Met de verwachte ingebruikname in 2019 en 2020, zullen de Vogtle units 3 en 4 de eerste nieuw gebouwde kernreactoren zijn in de laatste dertig jaar. Een recente mijlpaal is de installatie in juni van het bouwonderdeel waarin het reactorvat komt. Volgens het bedrijf gaat het om de 32 ton wegende CA04-module, ook bekend als reactorvatruimte voor de Vogtle 4-reactor. In augustus hees de aannemer de CA01 voor de Vogtle 3 op zijn plaats. Deze module met een gewicht

van 1.030 ton, een hoogte van 21 en een breedte van 23 meter biedt plaats aan onder meer de twee stoomgeneratoren. Beide generatoren zijn gefabriceerd in Zuid-Korea en bevinden zich al op de bouwlocatie.

### WESTINGHOUSE AP1000

De Vogtle units 3 en 4 zullen de eerste reactoren in de industrie zijn die gebruik maken van de Westinghouse AP1000 'advanced pressurized water reactor' technologie. De hoogwaardige technologie maakt het mogelijk de reactorkern te koelen, ook zonder de interventie van operators of mechanische hulpmiddelen. Georgia Power ziet de AP1000 als de veiligste en meeste economische kerncentrale die wereldwijd commercieel beschikbaar is en het is de enige Generatie III+ reactor die het Design Certification van de Amerikaanse toezichthouder NRC heeft gekregen. In geval van een noodsituatie zullen nieuwe nucleaire systemen meer afhankelijk zijn van zwaartekracht en natuurlijke convectie en minder van pompen, kleppen, diesel generatoren en acties van operators. Nieuwe kerncentrales zijn ontworpen om gericht en veilig af te schakelen waarbij gebruik wordt gemaakt van natuurkundige principes als zwaartekracht, circulatie en samengeperste gassen om de kern en het containment voor oververhitting te behoeden. Om aan te tonen hoezeer de AP1000 afwijkt en moderner is dan huidige in gebruik zijnde reactoren van eerdere ontwerpen, geeft Georgia Power op haar website een kort overzicht: 50 procent minder kleppen, 35 procent minder pompen, 80 procent minder leidingen, 45 procent kleiner bouwvolume en 70 procent minder kabels. Het modulaire bouwsysteem van de Westinghouse zou daardoor ook een kortere bouwtijd hebben.

### HET VERGUNNINGENTRAJECT

Het huidige ontwerpcertificeringsproces geeft ontwerpers van kerncentrales de mogelijkheid om van de NRC voorafgaande goedkeuring te krijgen op gestandaardiseerde ontwerpen, zelfs voordat de beslissing wordt genomen



© Georgia Power Company



# INBEELD

## VOGTLE ELECTRIC GENERATING PLANT

De Vogtle Electric Generating kerncentrale staat bij Waynesboro in het oosten van de staat Georgia bij de grens van South Carolina en is gezamenlijk eigendom van Georgia Power (45,7%), Oglethorpe Power Corporation (30%) Municipal Electric Authority of Georgia (22,7%) en Dalton Utilities (1,6%). De exploitant is Southern Nuclear. De Vogtle centrale is een van de twee kerncentrales van Georgia Powers en een van de drie kerncentrales binnen Southern Company, een van de grootste stroomleveranciers in de VS met 4,3 miljoen klanten. De bouw van de twee bestaande reactoren startte in 1974. Unit werd in mei 1987 commercieel in bedrijf genomen. Voor Unit 2 gebeurde dit in mei 1989. Elk van de units is in staat om 1.215 MW te genereren met een totale capaciteit van 2.430 MW. Het betreft twee pressurize water reactors (PWR) van Westinghouse. In juni 2009 werd de vergunningverlening met 20 jaar verlengd.

om een centrale daadwerkelijk te bouwen. Het verkrijgen van een bouwvergunning en exploitatievergunning voorafgaand aan de bouw verzekert bedrijven dat alle veiligheidsthema's die worden geassocieerd met de centrale zijn opgelost voor met de bouw wordt begonnen. Dat betekent overigens niet dat er geen vertraging op kan treden. De eerste datum waarop beide AP1000-reactoren in bedrijf zouden worden genomen was 2016. Deze datum werd opgeschort naar december 2017 en 2018 en is nu dus verlegd naar 2019 en 2020. Deze zomer werd ook bekend dat extra eisen van de NRC tot extra kosten gingen leiden. Het gaat daarbij onder meer om 600 miljoen dollar voor extra bescherming van het gebouw en bouwmodules.

De staat Georgia spint goed garen bij de investeringen die met de nieuwbouw zijn gemoeid. Voor de bouw van de twee reactoren is 10 miljard dollar uitgetrokken. De bouw levert werk aan 5.000 mensen en resulteert uiteindelijk in 800 permanente extra banen. De investeringen komen ook de gemeenschap ten goede. De locale overheid, Burky County, heeft alleen al in 2014 45 miljoen dollar aan extra belastinggelden ontvangen. De bouw van Vogtle 3 en 4 zal volgens de exploitanten minder effect hebben op de klantentarieven dan verwacht. Terwijl er aanvankelijk van een verhoging van 12 procent was uitgegaan, gaat Georgia Power er nu uit van een stijging van hoogstens 6 tot 8 procent om de financiering van het project naast andere initiatieven zoals splijtstofbesparingen. "We schatten dat de marginale extra kosten die de bouw mogelijk maken uiteindelijk meer dan 3 miljard dollar opleveren aan besparingen voor onze klanten in vergelijking met gasgestookte electriciteitsopwekking", aldus Georgia Power. "Aanvullend schatten we dat de bouw van de eerste nieuwe kerncentrale in de VS sinds 30 jaar een klantvoordeel van 2,3 miljard dollar oplevert." **K**

*Menno Jelgersma*



© Nuclear Energy Institute (NEI)

## **K** VERGUNNINGVERLENGING MOET ONAFGEBROKEN BEDRIJFSVOERING KERNCENTRALES IN DE V.S. REDDEN

**“De V.S. moeten sluitingen voorkomen of anders problemen op lange termijn onder ogen zien.”**

**Terwijl de nucleaire industrie van de V.S. voorbereidingen treft voor de eerste fase van pilot-toepassingen voor vergunningsverlenging tot 80 jaar, spreekt de president en CEO Marvin Fertel van het Nuclear Energy Institute (NEI) met NucNet over uitdagingen voor de nucleaire sector, de toekomst van het Yucca Mountain project en het effect op de lokale economie van het sluiten van reactoren.**

*NucNet: Het NEI bepleit het gebruik van een ‘gediversifieerde portefeuille’ van elektriciteitsbronnen. Wat is volgens u het optimale aandeel van kernenergie in een dergelijke portefeuille?*

**Fertel:** Wij hebben geen optimaal aandeel als zodanig benoemd. Wij stellen ons voor dat in 2030 het aandeel van nucleair in de energiemix van de V.S. minstens 20 procent zou moeten zijn. Dit is ongeveer het aandeel dat het vandaag heeft. Wij weten dat er een toe- en afname van het aandeel van nucleair zal zijn, doordat sommige installaties moeten sluiten aangezien zij aan het eind van hun technische levensduur komen. Resumerend hebben wij een doel van minstens 20 procent vastgesteld, maar wij hebben niet geprobeerd om een optimaal niveau te benoemen.

*NucNet: Wat zijn de grootste uitdagingen bij de ontwikkeling van kernenergie in de V.S.?*

**Fertel:** Onafgebroken bedrijfsvoering, ofwel de tweede vergunningsvernieuwing zoals wij het noemen, gaat zeer goed werken. Er is heel wat technisch werk bij de nationale laboratoria in de V.S. uitgevoerd om de technische of veiligheidsuitdagingen te kunnen onderscheiden. Wat wij gaan zien, is dat van sommige installaties de einddatum bestaande vergunningen om verschillende redenen niet zullen halen. Toch verwachten wij in 2016 in een fase van, uiteindelijk succesvolle, proefaanvragen voor vergunningsvernieuwingen te komen voor de reactoren die hun inbedrijfstelling zouden kunnen uitbreiden tot 80 jaar. Voor nieuwbouw, wanneer wij Vogtle-3 en -4 en Summer-2 en -3 bekijken, moeten wij de markt goed inrichten. Gebaseerd op de analyse zijn deze reactoren de beste deals voor de afnemers. Maar wij moeten eraan werken om de tijd die het vergt om deze projecten af te ronden, terug te brengen van de 10 tot 12 jaar die het nu kost.

In concurrerende, gedereguleerde markten geloven wij dat de kleine modulaire reactoren [SMRs] de oplossing zouden kunnen zijn. Wij hebben er wel vertrouwen in dat als SMRs op de juiste manier ontwikkeld en gebouwd

kunnen worden, dat de oplossing zou kunnen zijn. Ook zal alles veranderen als de V.S. ooit een kostprijs zet op kooldioxide-emissies. Dit zou het gehele besluitvormingsproces wijzigen en de economische argumenten voor en tegen kernenergie eveneens.

**NucNet:** *Antinucleaire activisten hebben het proces van de vergunningsvernieuwing aangevochten voor alle 23 General Electric (GE) Mark I-type reactoren die nu in de V.S. in bedrijf zijn. Deze zijn van hetzelfde type als de Fukushima-Daiichi reactoren. Gaat dit een probleem vormen voor de vernieuwing van exploitatievergunningen?*

**Fertel:** De proefaanvragen voor vergunningsvernieuwing zullen het meest waarschijnlijk voor de GE Mark I-type reactoren zijn. Wij denken niet dat er (in Fukushima) zozeer iets bijzonders met dit

type reactor aan de hand was, maar dat het ongeval met de Fukushima-Daiichi het gevolg was van complexe factoren. De Nuclear Regulatory Commission heeft specifieke verbeteringen voor deze reactoren geëist en deze verbeteringen zullen de wijze waarop de reactoren met mogelijke ernstige ongelukken omgaan, ingrijpend verbeteren. Ik denk dat wij op heel wat oppositie zullen stuiten, maar ik ben er redelijk zeker van dat de Mark I-type reactoren de vergunningsvernieuwingen krijgen als de besluiten worden gemaakt op technische en veiligheidsgronden.

**NucNet:** *In 2014 werden de exploitanten van de Vermont Yankee kerncentrale gedwongen om de bedrijfsvoering te staken op grond van gebrek aan concurrentievermogen op de gedereguleerde elektriciteitsmarkt. Wat was*

*het economische en maatschappelijk effect van de sluiting?*

**Fertel:** Het effect op Vermont was dramatisch. Alleen al in de stad zijn honderden goedbetaalde banen verloren gegaan. De stad zal ongeveer 1,1 miljoen euro aan jaarlijkse belastingen missen, wat neerkomt op ongeveer de helft van het totaal aan belastingen. De stad moest onlangs over extreme maatregelen stemmen om de kosten te drukken, één waarvan de mogelijke afschaffing van het politiekorps is. In de regio zijn meer dan 1.100 banen verloren gegaan en 430 miljoen euro aan economische activiteit zal in de komende jaren verdwijnen. Ik durf wel te zeggen dat niets van dit was **✘**

**✘** *Ondergrondse onderzoeksfaciliteit bij Yucca Mountain in Nevada.*  
©NRC File Photo



bedacht door de kleine groep betogers die zich hebben ingespannen om de centrale te sluiten. In een recent rapport staat dat de noordoostelijke regio aanzienlijke problemen met de elektriciteitsvoorziening en netbetrouwbaarheid zal ondervinden. De Vermont Yankee-centrale is inmiddels gesloten en er zijn ook andere kerncentrales die het risico lopen gedwongen te worden om te sluiten. Los van het economische

en Quad Cities) uit bedrijf worden genomen. De studies toonden de dramatisch gevolgen aan voor de economie in termen van verloren banen en vermindering van bruto binnenlands product, maar ook dat de prijs van elektriciteit zou stijgen door een gering aanbod van stroom. Het zou voor afnemers goedkoper zijn als wij erachter konden komen hoe we deze centrales in bedrijf kunnen houden.

Een ander aspect dat naar voren is gekomen, is dat er een probleem met de veiligheidscultuur bij de US National Laboratories is. Vanuit het standpunt van de nucleaire industrie zouden wij in het algemeen graag zien dat alle betrokkenen het materiaal op de veiligste manier verwerken, of zij nou een National Laboratory zijn, een defensieprogramma of een commercieel bedrijf. Eén van de dingen die wij van het



effect zouden wij substantiële effecten in de stroomvoorziening kunnen zien. We moeten een oplossing vinden voor deze kwesties, anders zijn op de lange termijn grote problemen in de individuele staten te voorzien.

**NucNet:** *Denkt u dat het voorbeeld van Vermont Yankee ook in andere situaties geldt waar kerncentrales gesloten zouden kunnen worden, bijvoorbeeld in Illinois?*

**Fertel:** Ik denk dat de sluiting van Vermont Yankee en die van Kewaunee daarvóór, de zaak voor de kerncentrales in Illinois heeft geholpen. De nationale wetgevers, de gouverneur en anderen realiseerden zich dat als de markt niet functioneert veel centrales zullen sluiten. Het is een echte openbaring voor hen geweest, en het heeft geholpen. Verder heeft de staatscommissie in Illinois verscheidene studies gemaakt van het mogelijke effect wanneer zes kerncentrales die voor sluiting in aanmerking komen (Braidwood, Byron, Clinton, Dresden, LaSalle

**NucNet:** *In februari 2014 was er een radiologisch incident bij het Department of Energy's Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) in Nieuw Mexico. Welke invloed heeft dat op de berging van kernafval gehad?*

**Fertel:** Het incident bij WIPP heeft geen invloed gehad op de commerciële afvalverwerking, omdat wij niet bezig zijn met het ontwikkelen van een commerciële faciliteit. WIPP is een locatie voor afval afkomstig van het nationale nucleair defensieprogramma, maar ik denk wel dat de lessen van het incident een positieve invloed op de veiligheidscultuur hebben gehad, lessen die bij elke afvalverwerkingsfaciliteit in acht zouden moeten worden genomen. Recente rapporten over het ongeval wijzen op belangrijke tekortkomingen in de veiligheidscultuur en in de besluitvorming. Het ongeval helpt ons te leren van de lessen die zijn opgedaan en ze toe te passen op commerciële verwijderingsfaciliteiten zowel voor laag- als voor hoogradioactief afval.

✖ *Byron nuclear generating station exelon.*  
© Christopher Peterson

incident hebben opgestoken, is dat er een probleem is met documentatieprocedures en de besluitvorming over hoe sommige afvalverwerkingsprocessen zijn gewijzigd bij het Los Alamos Laboratory zonder enige toetsing van het management.

**NucNet:** *Het Yucca Mountain project heeft in de afgelopen jaren politieke tegenwerking gehad, vooral afkomstig van de senator Harry Reid uit Nevada. Denkt u dat met zijn pensionering aan het eind van 2016 de situatie zal veranderen?*

**Fertel:** Ik denk dat wanneer Reid met pensioen gaat de kans op discussie in de senaat over de kwestie Yucca Mountain veel meer voor de hand ligt. Senator Reid was gedreven en toegewijd om uitvoering van het project te voorkomen en zijn leiderspositie had een grote invloed op de rest van zijn groep. Terwijl er



personen in het democratische en zelfs in het republikeinse kamp tegen het project kunnen zijn, zal het de dialoog ten goede komen. Met Reid die zich terugtrekt, denk ik dat er meer ruimte komt voor een open discussie.

Met goed overleg moet het Yucca Mountain project verder kunnen gaan en wij zouden zeker het vergunningenproces moeten kunnen afronden. Als dat aantoonde dat de faciliteit veilig is, zouden wij een haalbare optie hebben voor de berging van radioactief afval. Als het aantoonde dat de faciliteit niet veilig is, dan is het vergunningenproces beëindigd en begrijpen we wat de problemen zijn en hoe wij verder zouden moeten gaan met het maken van analyses en beoordelingen voor elke andere berging.

**NucNet:** *In Europa is er discussie over diversificatie van aanvoerbronnen van uranium en kernbrandstof. Maakt de V.S. zich zorgen over de uraniumlevering?*

**Fertel:** Slechts in geringe mate. De nucleaire industrie van de V.S. heeft toegezegd voor een lange periode samen te werken met het Ministerie van Energie voor een passende regeling van zijn uraniumvoorraad. Algemeen gesteld: door de sluiting van de Japanse reactoren en plannen van Duitsland om al zijn kerncentrales te sluiten, is er een overschot aan uranium beschikbaar. Daarnaast heeft Canada enkele van zijn uraniummijnen vol in bedrijf. Daarom denk ik dat de V.S. een minder belangrijke leverancier van uranium zal blijven tot de vraag elders aantrekt of levering van andere bronnen afneemt. Daarnaast onderzoekt het Environmental Protection Agency (EPA) nieuwe regelgeving voor de in-situ mijnbouw, die, naar wij hopen, gunstiger uitpakt dan aanvankelijk voorgesteld. Wij werken met de EPA samen om ervoor te zorgen dat de voorgestelde regels die betrekking hebben op reststoffen die vrijkomen onder en boven de grond, met een belangrijke aandacht op grondwaterbescherming tijdens in situ uraniummijnbouw, redelijk en gepast zijn. **K**

Ludomir Mitev - NucNet, vertaling Menno Jelgersma



## ACHTERGROND MARVIN FERTEL

Marvin Fertel is voorzitter en chief executive officer van het in Washington gevestigde Nuclear Energy Institute. Hij heeft 35 jaar ervaring in het adviseren

van elektriciteitscentrales over zaken die betrekking hebben op het verlenen van vergunningen, het ontwerpen, bedrijven en leiden van centrales die draaien op zowel fossiele brandstoffen als uranium. Zie [www.nei.org](http://www.nei.org)

## COLUMN



## SAIL NEXT

Vorige maand was ik met een paar collega's bij Sail Amsterdam. Grappig eigenlijk, die naam Sail, want wat was er nog Sail aan? Alleen de grote 19e eeuwse tall ships waar iedereen voor kwam, maar het overgrote deel van de boten en bootjes die voorbij kwamen, die waar ik op zat inclusief,

had allang geen zeilen meer. Hoe zat dat ook weer met die zeilen? De VOC schepen waren geëvolueerd in tall ships: hogere masten, meer zeiloppervlak, dus hogere snelheid, maar nog steeds met een veelkoppige bemanning. De komst van de stoommachine maakte een veel kleinere bemanning mogelijk, maar je actieradius was beperkt, steeds moest je weer kolen bunkeren. Om the best of both te krijgen werd er eerst nog een combinatie gemaakt, eerst een zeilschip met een hulpketel voor als er geen wind was, daarna een stoomschip met een hulpzeil voor als de kolen op waren. Maar bij de volgende generatie vrachtschepen waren de zeilen verdwenen. Ontwikkeling van schepen met nucleaire aandrijving begon in de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw, de hype-tijd van de kernenergie. Een succesvolle niche-markt bleek de Russische nucleaire ijsbreker. Inmiddels is de eerste van een nieuwe serie ijsbrekers in aanbouw, nog weer groter en krachtiger dan alle voorgaande ijsbrekers. Nu de noordelijke zeeroute steeds begaanbaarder wordt door het opwarmen van de aarde stijgt de vraag naar hun diensten. Nucleair aangedreven vrachtschepen bleken in het begin niet te kunnen concurreren tegen conventionele schepen en zijn verdwenen. Toch lijkt de belangstelling voor deze vorm van aandrijving nu weer te groeien. Zo heeft het maritieme keuringsinstituut Lloyd's Register, getriggert door haar leden, de 'regels' voor certificering van nucleaire schepen herschreven. Dit omdat zij, zoals ze zelf aangeven, nucleaire schepen op bepaalde handelsroutes eerder verwachten dan veel mensen momenteel voorzien. Over 5 jaar is Sail Amsterdam er weer, dat is misschien een beetje vlug, maar in 2025 zou zo'n schip toch niet mogen ontbreken.

Aliki van Heek



## UTRECHTSE SPIN-OFF QUIREM MEDICAL DE MARKT OP MET INNOVATIEVE HOLMIUMTHERAPIE

**Quirem Medical, een spin-off bedrijf van het Universitair Medisch Centrum Utrecht, brengt een nieuwe therapie voor leverkanker naar de Europese markt. Het gaat om een innovatieve behandeling met radioactieve holmiumbolletjes die onlangs het Europese CE-keurmerk heeft gekregen. De volgende stap is het verkrijgen van een FDA-goedkeuring voor de Amerikaanse markt.**

Het gaat om de holmiumtherapie waarover Kernvisie Magazine in 2013 eerder berichtte en die in de afgelopen vijftien jaar in het UMC Utrecht werd ontwikkeld. Bij deze nieuwe behandeling worden radioactieve microsferen in de bloedbaan van de leverslagader gebracht. De minuscule bolletjes lopen vervolgens vast in de allerkleinste bloedvaatjes in en rond de levertumoren en geven hun straling daardoor dichtbij de tumor af. Deze manier van bestraling heet ook wel radio-embolisatie. Hoofdonderzoeker en Chief Scientific Officer (CSO) van Quirem Medical dr. Frank Nijsen: "Vooral patiënten waarbij de tumoren zich hoofdzakelijk in de lever bevinden kunnen hier baat bij hebben. Op dit moment komen alleen patiënten in aanmerking voor

de behandeling wanneer opereren en andere standaardbehandelingen niet meer mogelijk zijn." Het bijzondere aan de holmiumbolletjes is dat ze goed zichtbaar zijn op zowel een SPECT/CT- als een MRI-scan. Hierdoor kan een arts goed zien of de bolletjes op de juiste plaats in het lichaam hun werk doen. Een behandeling met holmiumbolletjes bestaat uit twee fasen. Eerst kijkt een arts met een veilige lage dosis of de radioactiviteit zich goed binnen de lever ophoopt. Als dat zo is, volgt de behandeling met een hogere dosis. Nijsen: "We verwachten dat in de toekomst de microsferen met grote precisie in en rond tumoren gebracht kunnen worden. Hierdoor zal de effectiviteit van de therapie toenemen en zullen patiënten minder last hebben van bijwerkingen."

✎ Jan Sigger (l) en Frank Nijsen (r)

Met zwaarste klasse medische hulpmiddelen met CE-markering op zak kan het bedrijf Quirem Medical met Nijsen als CSO en medeoprichter Jan Sigger als Chief Executive Office (CEO) het innovatieve product internationaal op de markt brengen. Nijsen: "Dat betekent nog niet dat het direct beschikbaar is voor alle ziekenhuizen, maar de markt ligt in ieder geval open voor een groot aantal landen binnen Europa. Voor sommige landen geldt bijvoorbeeld nog wel, dat er aanvullende studies nodig zijn." Voor het verkrijgen van het CE-keurmerk heeft Quirem Medical een aantal hobbels genomen. Nijsen: "Aan een product als QuiremSpheres, dat volgens Europese richtlijnen in de zwaarste categorie van zogenaamde Active Implantable Medical Devices valt, worden zeer hoge eisen gesteld, waarbij veiligheid het allerbelangrijkste is." Hij voegt daaraan toe dat je ook de 'benefit' van het product moet aantonen. CE staat overigens los van de Good Manufacturing Practice (GMP) die op medicijnen van toepassing is. Wij werken onder GMP om zo een veilig product te kunnen garanderen. De radioactieve holmium

bolletjes hebben overigens hun CE-markering gekregen onder de naam QuiremSpheres.

### VAN PUBLICATIE TOT THERAPIE

In 2013 is Nijsen gestart met de valorisatie: het proces om de holmium therapie ook beschikbaar te maken buiten de academische omgeving van een enkel ziekenhuis.

Een eerste stap in dit proces was om te onderzoeken langs welke weg dit het beste gerealiseerd kon worden. "Hieruit kwam eigenlijk vrij snel naar voren dat het opzetten van een spin-off bedrijf de beste kansen voor succes zou bieden, wat we dus ook hebben gedaan." Begin 2013 heeft Nijsen een CEO voor het bedrijf gevonden; Jan Sigger die in de 5 jaar voor zijn start bij Quirem CFO bij Nucletron was, de wereldwijde marktleider op het gebied van brachytherapie, een therapie die veel overeenkomsten vertoont met radio-embolisatie.

Fundamenteel aan de wens tot valorisatie is het gegeven dat van een wetenschappelijke publicatie alleen patiënten niet een beter perspectief krijgen. Met een beetje pech verdwijnt de kennis net zo snel als de wetenschapper als hij of zij wat anders gaat doen. Valorisatie wordt daarom steeds prominenter op de agenda gezet in de medische academische wereld. Als spin-off onderhoudt Nijsen nauwe banden met het UMC Utrecht. "Een groot voordeel is dat we gezamenlijke aanvragen en onderzoeken kunnen doen en dat is super interessant omdat instellingen zoals STW, maar ook KWF, steeds

meer onderzoeken willen ondersteunen die op afzienbare termijn kunnen leiden tot duidelijke patiënt voordelen.' Dus wat je nu ziet gebeuren is dat naast kennisinstellingen, ook innovatieve startende bedrijven in aanmerking kunnen komen voor subsidies wanneer dat de patiënt, uiteindelijk, ten goede komt."

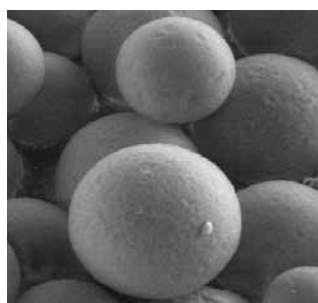
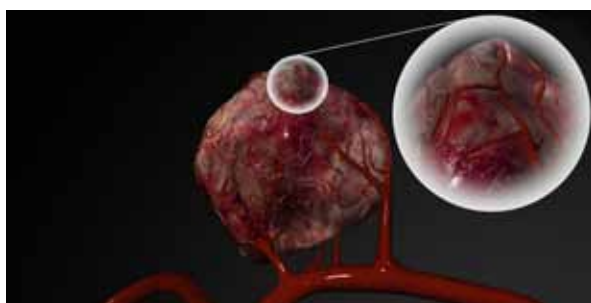
### TWEE SUBSIDIES

Om de spin-off mogelijk te maken kreeg het team van Nijsen twee subsidies toegekend voor de verdere commercialisering van de holmiumtherapie. Nijsen: "Het gaat om een NGL Life Sciences Pre-Seed Grant en een STW Valorisation Grant fase-2. Beide subsidies werden aangewend om het gat te overbruggen tussen onderzoek in een academische setting en het opzetten van een bedrijf. Om zover te komen ontvingen de onderzoekers in een eerder stadium al financiering uit verschillende STW-instrumenten. "Zonder de STW-financieringen hadden we niet zover kunnen komen. Het begon met de toekenning in het Open Technologieprogramma, die ons de mogelijkheid gaf de ideeën verder te ontwikkelen. Maar ook het valorisatietraject

hadden we niet zonder subsidies kunnen volbrengen", verklaart Nijsen, "De NGL Life Sciences Pre-Seed Grant hebben we gebruikt voor het schrijven van een software-module die de therapie kan ondersteunen door onder meer de verdeling van stralingsdosis in de lever in kaart te brengen op basis van medische beelden. De STW Valorisation Grant is aangewend om het businessplan te schrijven, een toedieningssysteem verder te ontwikkelen en voor het bouwen van een website." Hij voegt eraan toe dat het vaak gaat om die onderdelen van een bedrijf die absoluut noodzakelijk zijn, maar waar gewoon het geld nog voor ontbreekt. Nijsen prijst zich gelukkig met het feit dat hij twee subsidies heeft ontvangen. "Dat is echt een uitzondering omdat er over het algemeen van wordt uitgegaan dat de subsidies overlappend zijn, wat bij ons aantoonbaar niet het geval was. We hebben de gegevens in alle openheid bij beide instanties overlegd om dat te laten zien en dat was belangrijk omdat het toch gaat over grote bedragen: 200.000 euro voor de STW-subsidie en 250.000 euro voor de Pre-Seed." ➤

✎ Frank Nijsen op het radionucliden laboratorium.

✎ Schematische weergave van een tumor.



K Holmium bolletjes.

## NIEUWE TOEPASSINGEN VAN DE BOLLETJES

Nijsen kreeg begin dit jaar een subsidieaanvraag gehonoreerd bij KWF met als doel de holmiumtherapie toe te passen bij hoofd/halstumoren, niet door radio-embolisatie maar door de microsferen direct in de tumor te spuiten. Het onderzoek vindt plaats vanuit de Holmium Research onderzoeksgroep van Nijsen op het UMC. De eerste dierproeven zijn succesvol afgerond en begin volgend jaar zal het UMC starten met de behandeling van de eerste patiënten. Zoals enige tijd geleden in Kernvisie Magazine was te lezen gaat ook de protontherapie zich op termijn op tumoren in het hoofd/halsgebied richten. Komen de verschillende therapieën daarmee niet in elkaars vaarwater? Nijsen: "Er is bijna nooit één ideale therapie waarmee tumoren compleet zijn te behandelen. Ook de behandeling met holmium is vaak niet de enige oplossing voor alle tumorsoorten. Wat je dan ook steeds meer ziet is dat behandelingen worden gecombineerd." Als voorbeeld wijst hij op de behandeling van levertumoren met holmium-bolletjes. "Wanneer metastasen buiten de lever ontstaan, behandel je die niet met holmium, maar bijvoorbeeld met

chemotherapie. Zo kan ik mij ook voorstellen dat je met protontherapie heel precies de randen van een tumor bestraalt en 'wegsnijdt' en met holmiumtherapie via intratumorale injectie de bulk van de tumor aanpakt. Elke tumor heeft zijn eigen uitdaging. Wat bij de ene patiënt werkt hoeft niet noodzakelijkerwijze bij de andere te werken. Waar het om gaat is samenwerken, waarbij de patiënt en de kwaliteit van leven centraal staan", aldus Nijsen.

## HET LUXEPROBLEEM VAN SUCCES

Op dit moment zijn er vijf mensen werkzaam bij Quirem Medical en volgend jaar zijn dat



➤ *Vaatje met radioactieve bolletjes omgeven door loodglas klaar voor toediening.*

er mogelijk al vijftien. Het bedrijf is al op zoek gegaan een nieuwe locatie om het vergrote personeelsbestand te huisvesten. Naar alle waarschijnlijkheid is dat ergens in het oosten van het land. Mogelijk in Deventer. Nijsen: "Gemeenten in het oosten van het land zien je graag komen. Je krijgt goede medewerking; er zijn goede faciliteiten en voorzieningen voorhanden en de provinciale subsidies zijn erg interessant." De snelle groei wijst op een succesvolle start van de nieuwe onderneming. "Dat klopt. Er is heel erg veel interesse in ons product. Het is eigenlijk een soort luxe probleem om aan de vraag te voldoen. Zo hebben een aantal vooraanstaande universiteitsziekenhuizen in de VS ons al benaderd, omdat ook zij naar de volgende fase van een werkzame therapie met microsferen willen. Het grote voordeel ten opzichte van de bestaande therapie met yttrium microsferen is de traceerbaarheid van het holmium, waardoor de behandeling niet meer in een black box plaatsvindt; je behandelt wat je ziet en ziet wat je behandelt. We zullen ons de komende tijd ook richten op het verkrijgen van Amerikaanse FDA-goedkeuring om ook in de VS onze therapie te kunnen aanbieden", besluit Nijsen.

## PRODUCTIE VAN QUIREMSPHERES

De neutronen-activatie van QuiremSpheres vindt plaats bij de onderzoeksreactor in Delft. Deze reactor is onderdeel van Dutch Isotopes Valley (DIVA). DIVA is het samenwerkingsverband tussen URENCO, de Technische Universiteit Delft (TUDelft) en Nuclear Research and consultancy Group (NRG) en beoogt patiënten in de toekomst te kunnen blijven voorzien van medische isotopen, en vooral van betere medische isotopen voor nauwkeurigere diagnoses en therapieën voor de behandeling van meer vormen van kanker. Een innovatieve behandeling van leverkanker met melkzuurbolletjes waarin geactiveerd holmium-166 is opgenomen vraagt om specifieke bestralingsomstandigheden en bestralingsfaciliteiten om dit nieuw type

product te kunnen produceren. Het bestralen van de holmium melkzuurbolletjes vindt momenteel plaats bij de onderzoeksreactor in Delft. "Holmium is een geweldig element", zegt professor Bert Wolterbeek, directeur van de onderzoeksreactor Delft. "Het onbestraalde isotoop bestaat voor honderd procent uit holmium-165. Als je dat beschiet met neutronen, krijg je radioactief holmium-166." Die vorm van holmium vervalst onder uitzending van bètastraling en gammastraling die voor therapie en beeldvorming gebruikt kunnen worden. Na een dag is de radioactiviteit gehalveerd. Een ander voordeel van holmium is dat het zo mooi 'oplicht' op MRI-beelden. Het is dus goed radioactief te maken en daarna op verschillende manieren zichtbaar te maken in de patiënt zodat direct gezien

kan worden of de bolletjes in de tumoren terecht zijn gekomen. In het kader van DIVA zal in samenwerking met het Utrecht Medisch Centrum en Quirem Medical de productiemethode voor de holmium-166-bolletjes worden ontwikkeld om de levering van het product in goede kwaliteit te garanderen. De resultaten zullen daarbij ook worden gebruikt om ook de reactor in Petten (NRG) klaar te maken om radioactieve holmium microsferen te produceren. Het is interessant te zien dat deze typisch Nederlandse vinding met behulp van verschillende gespecialiseerde Nederlandse instellingen wereldwijd zal worden uitgerold om daar patiënten optimaal te kunnen behandelen. **K**

*Menno Jelgersma*

## SECTOR KERNENERGIE IN SICHUAN (CHINA) OPEN VOOR PRIVATE INVESTERINGEN

De provincie Sichuan in zuidwest China heeft de sector kernenergie opengesteld voor private investeringen. Dit biedt kansen voor onder meer producenten van kerncentrales, leveranciers van onderdelen en kennisinstellingen. De overheid van Sichuan stimuleert joint ventures van ondernemingen om te investeren in toekomstige kernenergieprojecten, onderzoek, fabricage van apparatuur en in de gerelateerde dienstverlening. Een voorwaarde om in aanmerking te komen voor projecten is dat een Chinese partij een meerderheid moet hebben van de aandelen in de joint venture. Overige kwalificatie-eisen moeten nog duidelijk worden, evenals informatie over rendementen en risico's. China's nucleaire sector is tot december 2014 strikt in handen van de staat geweest. Toen maakte de secretaris-generaal van het hoogste nationale planningsorgaan,

de NDRC, bekend te overwegen ook private investeringen in de sector toe te staan. In 2012 maakte de State Council een nationale doelstelling bekend voor het jaar 2015 van 40 miljoen kW geïnstalleerd vermogen plus 20 miljoen kW in aanbouw. 5 jaar daarna, in 2020, zijn deze getallen gestegen tot respectievelijk 58 miljoen kW en 30 miljoen kW. Volgens de adjunct secretary general van de China Nuclear Energy Association betekent dit in de praktijk dat China tot 2020 ieder jaar zal starten met de bouw van 5 tot 6 nieuwe kerncentrales. Hiervoor is jaarlijks meer dan 16 miljard dollar nodig. Hij verwacht daarna dat China tot 2030 6 tot 8 nieuwe kerncentrales per jaar gaat bouwen totdat een geïnstalleerd vermogen van rond de 200 miljoen kW is bereikt. **K**

[www.rvo.nl](http://www.rvo.nl)

## EERSTE PROTONEN-PROMOTIE HOLLANDPTC

In het Erasmus MC heeft de verdediging plaatsgevonden van het proefschrift met de titel Optimalisatie van de 'planning' en afgifte van hoge-precisie robotbestraling en intensiteitsgemoduleerde protontherapie door Steven van de Water. Hij is daarmee de eerste promovendus die binnen het consortium HollandPTC een promotieonderzoek over protontherapie heeft voltooid. In het proefschrift worden nieuwe methodes gepresenteerd om de behandelings- en de voorbereidingstijd van protontherapie te verkorten en daarmee de efficiëntie van de behandeling te verhogen.

Daarnaast heeft Van de Water gewerkt aan het kwantificeren en reduceren van verstoringen van de behandeling als gevolg van onnauwkeurigheden gedurende de bestraling. Met behulp van dit onderzoek kan een veilige, effectieve en efficiënte behandeling met protontherapie beter worden gegarandeerd. Volgens HollandPTC zal de kersverse doctor met het behalen van zijn graad zijn onderzoek op het gebied van protontherapie voortzetten binnen het Erasmus MC Kanker Instituut en HollandPTC.

Het proefschrift is te downloaden via: <http://repub.eur.nl/pub/78233> **K**



## ARCADIS LICENSING ENGINEER PALLAS

De Nederlandse adviesorganisatie ARCADIS gaat voor de Stichting Voorbereiding PALLAS-reactor (PALLAS) de rol van Licensing Engineer en Off Plot Scope designer (LEOPS) vervullen. Maandag 24 augustus hebben de partijen hiervoor het contract ondertekend. De selectie van ARCADIS is de uitkomst van een Europese aanbesteding.

De LEOPS-rol houdt enerzijds in dat ARCADIS PALLAS zal ondersteunen bij het voorbereiden en schrijven van vergunningsaanvragen en daaraan gerelateerde documenten. Voor de realisatie van de PALLAS-reactor dient een reeks vergunningen aangevraagd te worden, waarvan de Kernenergievergunning (Kew) de belangrijkste is. Anderzijds is de LEOPS verantwoordelijk voor het ontwerp en het bouwmanagement van de niet-nucleaire infrastructuur rondom de nieuwe reactor. PALLAS maakt een onderscheid tussen de nucleaire en nucleair-gebonden systemen (het Nuclear Island) en alles daaromheen (de Off Plot Scope). Bij de Off Plot Scope moet gedacht worden aan kantoorgebouwen, wegen en nutsvoorzieningen. **K**

[www.pallasreactor.com](http://www.pallasreactor.com)



## **K** CANADEES ONDERZOEK PLAATST STRALINGSRISICO'S IN PERSPECTIEF

**Een studie van de Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) leidde tot de conclusie dat er voor het overgrote deel van de bevolking geen waarneembare toename in het voorkomen van kanker zou ontstaan door het vrijkomen van radioactieve straling in geval van een hypothetische zwaar nucleair ongeval.**

CNSC's studie, genaamd *Consequences of a Hypothetical Severe Nuclear Accident and Effectiveness of Mitigation Measures* is het resultaat van een onderzoeks- en analyseproject naar aanleiding van zorgen die naar voren kwamen tijdens een openbare hoorzitting in het kader van een omgevings-assessment ten behoeve van voorgenomen groot onderhoud van de Ontario Power Generation's (OPG's) Darlington kerncentrale in 2012. Het conceptrapport van de studie werd vrijgegeven voor publicatie in juni 2014. Feedback van de onderzoekscommissie zelf, alsook de meer dan 500 opmerkingen van het publiek, de regering en andere organisaties zijn in de definitieve versie verwerkt.

### **ZWAAR NUCLEAIR ONGEVAL**

De studie betrof het identificeren en modelleren van het vrijkomen van een grote hoeveelheid

radioactiviteit in de atmosfeer door een zwaar nucleair ongeval bij de uit vier eenheden bestaande Darlington kerncentrale. De straling die individuen op verschillende afstanden van het ongeluk zouden ontvangen werd berekend, waarbij het effect van getroffen beschermende maatregelen zoals na het ongeluk ingezette evacuaties, werd meegenomen. Vervolgens werd ook bepaald wat de uiteindelijke gevolgen zouden zijn voor de gezondheid van de getroffen mensen en wat de omgevingsconsequenties ten gevolge van de resulterende straling zouden zijn. De studie startte met het vaststellen van de aard en hoeveelheid van de vrijgekomen radioactiviteit, gegeven de eigenschappen van de reactoren (de zogenaamde 'source term'). Het containment van de reactoren zou naar verwachting een vertraging van 24 uur tussen het ongeluk zelf en het vrijkomen van de radioactiviteit bewerkstelligen.

### **EVACUATIE MAXIMAAL 12 KILOMETER**

Er werden verschillende scenario's voor het modelleren van de gevolgen van het ongeval onderzocht: het vrijkomen van de uitstoot werd gespreid over één uur, 24 uur en 72 uur en een scenario met een viervoudige toename van de uitstoot werden doorgerekend. De studie ging uit van Ontario's bestaande noodverordeningen voor het modelleren van de effecten van de te nemen beschermende activiteiten zoals evacuaties, verplichting binnenshuis bescherming te zoeken en het verstrekken van jodiepillen. De daarna overblijvende stralingsdoses werden gebruikt als input voor de bepaling van de gezondheidsrisico's. De studie gaf aan dat alhoewel er tot vlak bij de centrale geen noodzaak tot enige mate van evacuatie zou bestaan, evacuatie in elk geval niet verder zou behoeven te gaan dan tot 12 kilometer vanaf de centrale, zelfs in geval van het worst-case scenario. Betreffende de gezondheidsrisico's geeft het rapport aan dat het bijna onmogelijk zou zijn om kanker ontstaan ten gevolge van de veroorzaakte straling te onderscheiden van die welke zonder het ongeval zou zijn ontstaan. De toename zou volgens het rapport beperkt blijven tot een extra kans van 0,0004 % bovenop een basiskans van 49% dat een geval van kanker zich in Ontario zou voordoen. De enige vorm van kanker die detecteerbaar door straling veroorzaakt zou zijn ten opzichte van de anders ontstane kanker, is schildklierkanker bij kinderen. Daarvoor werd in alle scenario's een grotere kans voorspeld. In het geval van het worst-case scenario, een ongeval bij meerdere reactoren tegelijkertijd, werd een toename van de kans berekend van 0,3 procent boven de kans op

een anderszins ontstaan daarvan (1,0 procent). De schildklier van kinderen is meer kwetsbaar voor straling dan die van volwassenen. Het rapport benadrukt daarom het belang van specifieke beschermende maatregelen voor kinderen.

**FEITELIJKE GEBEURTENISSEN MINDER VERREIKEND DAN RESULTATEN RAPPORT.**

Het rapport stelt dat het gezondheidsrisico vatbaar is voor overschatting, omdat het rapport is gebaseerd op modellen voor de verspreiding en de concentratie van de radionucliden en niet op feitelijke metingen: "Overschatting door het gebruik van modellen is aangetoond bij

de gebeurtenissen volgend op het Fukushima-ongeval, waar geschatte doses op basis van aannames later, na het feitelijk vrijkomen van de radioactiviteit, een factor twee tot vijf hoger bleken dan de werkelijk ontstane doses. De gemeten doses in Fukushima zijn vergelijkbaar met de schattingen daarvan in de Canadese studie en internationaal erkende autoriteiten hebben aangegeven dat het verwachten van een waarneembare toename in het voorkomen van kanker (met name van schildklierkanker) in de toekomst in Fukushima onwaarschijnlijk is. Het CNSC gaf aan dat de gebruikte modellen uitgingen van radioactieve uitstoot zonder daarbij rekening te houden met specifieke ontwerpaspecten, met

maatregelen genomen door de operators en met maatregelen die volgen op het ongeluk in Fukushima. De feitelijke gebeurtenissen zouden daarom aanmerkelijk minder verreichend zijn dan berekend in het rapport. OPG is bezig een ingrijpend onderhoudsproject voor de vier 881 MWe Candu-reactoren in Darlington voor te bereiden. Daarmee zou een verlenging van de bedrijfsduur van 30 jaar gerealiseerd moeten worden. Men wil dat project in 2016 starten. In december 2013 vroeg het bedrijf daarom voor een periode van 13 jaar verlenging van hun vergunningen aan met het doel in die periode het project uit te voeren. **K**

Bron WNN, vertaling Gerrit Boersma



te verminderen en te voldoen aan de energiedoelstellingen.

**K** *Delegatie bij de Women in Nuclear Global Conference, gehouden bij de International Atomic Energy Agency's Weense vestiging (Foto: IAEA - Dean Calma)*

WiN vraagt dat de United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) 'Kernenergie erkent als een koolstofarme energieoptie' in haar beleidsuitgangspunten en het onderdeel maakt van haar klimaatbeleid, 'zoals dat ook het geval is voor alle andere koolstofarme energiebronnen'. WiN vraagt om dit onder de aandacht te brengen tijdens de komende Parijs-conferentie.

Door steun te vragen voor de Nuclear for Climate-beweging namens haar 25000 leden, sloot WiN zich op dit terrein aan bij het European Nuclear Society Young Generation Netwerk en nog andere verbanden van nucleaire wetenschappers, technici en andere professionals waaronder de Franse Nuclear Energy Society, die de campagne leidt. **K**

**WOMEN IN NUCLEAR GAAN VOOR HET KLIMAAT**

**Women in Nuclear (WiN) steunt het burgerinitiatief om kernenergie erkend te krijgen als een koolstofarme optie in de strijd tegen de klimaatverandering.**

Bij hun onlangs gehouden jaarlijkse wereldwijde conferentie in Wenen plaatsten WiN-president Se-Moon Park en vice-president Dominique Moillot hun naam onder een verklaring waarin

zekerheid wordt geëist dat elk land de beschikking moet hebben over een zo breed mogelijk aanbod van koolstofarme technieken, waaronder kernenergie, ten einde de uitstoot (van broeikasgassen)

FRIDAY 13-17 HRS  
OCTOBER 9 2015

# RADIATION AND ISOTOPES FOR MEDICAL APPLICATIONS

LATEST DEVELOPMENTS  
IN THE NETHERLANDS

LOCATION  
KIVI BUILDING, DEN HAAG

CHAIR  
J.L. KLOOSTERMAN, CHAIRMAN KIVI KERntechniek

DUTCH ISOTOPES VALLEY (DIVA):  
NEW ISOTOPES FOR NEW APPLICATIONS  
PROF. DR. H.T. WOLTERBEEK, TU DELFT

HIGH RESOLUTION RADIONUCLIDE  
TOMOGRAPHY OF MOUSE AND MAN  
PROF. DR. F.J. BEEKMAN, TU DELFT

PROTON THERAPY AND  
THE DEVELOPMENT OF HPTC  
DR. M. HOOGEMAN, ERASMUS-MC

PALLAS, THE NEW DUTCH  
ISOTOPES PRODUCTION REACTOR  
DR. H.J. VAN DER LUGT, PALLAS

ISOTOPE PRODUCTION AND  
INNOVATIVE DEVELOPMENTS AT NRG  
DR. K. CODÉE - VAN DER SCHILDEN, NRG

Participation is free after registration on [www.JanLeenKloosterman.nl](http://www.JanLeenKloosterman.nl)

ORGANISATION

