

# KERNVISIE MAGAZINE

➤ **SPECIAL 2016**  
**VAN EISENHOWERS**  
**ATOMS FOR PEACE**  
**TOT NEUTRONEN**  
**IN DE POLDER**



**60 JAAR**  
**REACTORFYSICA**  
**IN DELFT**

# COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**JAARGANG 11, NUMMER 6, DECEMBER 2016**

**KERNVISIE VERSCHIJNT TWEEAANDELIJKS**

**OPLAGE 2200 EX**

## **ONTWERP & GRAFISCHE REALISATIE**

StudioHusken.nl, Den Helder

## **BESTUUR STICHTING KERNVISIE**

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter

Ir. G.H. Boersma, secretaris

Ir. E.W. Schuurung, penningmeester

Ir. J.C.L. van Cappelle

Drs. J.J. de Jong

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**

Dokter Bosmanshof 32, 6851 MJ Huissen

Telefoon 026-2130214

E-mail: kernvisie@kernvisie.com

Internet: www.kernvisie.com

Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70,

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

## **OP DE COVER**

*Dr. Anna 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** **'ATOOM, DE HOOP** **VOOR DE TOEKOMST'**



Zo heette de tentoonstelling die van 11 tot en met 16 februari 1955 te zien was op de Markt in Eindhoven. In de brochure was te lezen hoe de expositie een beeld van de vreedzame toepassingen van atoomenergie schetste: een gloeilamp van 60 watt zou 108 miljoen uren branden en een trein kon driemaal achtereen om de wereld rijden met de energie van 2.600.000 kilo steenkolen of een kilo uranium-235. De toepassing in de landbouw en de veeteelt zou gaan zorgen voor betere en gezondere producten. In het paviljoen 'Gereedschappen van het atoomtijdperk' waren Nederlandse producten te bewonderen, zoals een glazen model van de Nautilus, de eerste door kernenergie aangedreven onderzeeër. Deze special van Kernvisie Magazine beschrijft hoe de mensen bij het Reactor Instituut Delft (RID) daar in de afgelopen 60 jaar aan gewerkt hebben. Het is goed om je te realiseren wat een grote rol nucleaire technologie in ons dagelijks leven speelt. Mede door het vooraanstaande onderzoek bij het RID maar ook bij NRG zal die rol de komende decennia belangrijk blijven. Misschien is het tijd om weer eens de markt op te gaan.

*André Versteegh*

*voorzitter Stichting Kernvisie*

Disclaimer: De redactie van Kernvisie Magazine heeft haar uiterste best gedaan om de rechthebbenden van alle foto's in deze special te achterhalen. In enkele gevallen is dat niet gelukt. Mocht u in geval van een omissie of een vergissing menen de rechthebbende van een foto of illustratie te zijn, gelieve contact op te nemen met de Stichting Kernvisie: info@kernvisie.com

# **K** INHOUD



## **SPECIAL 2016**

### **VAN EISENHOWERS ATOMS FOR PEACE TOT NEUTRONEN IN DE POLDER**

In 1952 hield de 34ste president van de Verenigde Staten en voormalig generaal Dwight David Eisenhower zijn rede voor de Verenigde Naties (VN) in New York. De deal was uitwisseling van kennis op het gebied van nucleaire technologie voor vreedzame toepassingen in ruil voor controle op non-proliferatie van die kennis. Prof. Jan Leen Kloosterman die vanaf 2010 aan het hoofd van de sectie Nuclear Energy and Radiation Applications staat, legt in zijn hoofdartikel in deze special van Kernvisie Magazine uit dat Eisenhowers initiatief leidde tot de totstandkoming van de IAEA in 1957. Hij gaat verder in op de ontwikkeling van nucleaire wetenschap wereldwijd en de rol die Nederland met de afdeling reactorfysica in Delft daaraan heeft bijgedragen.

#### **P13 COLUMN**

Neutronen in de Polder van gastcolumnist en emeritus hoogleraar Hugo van Dam

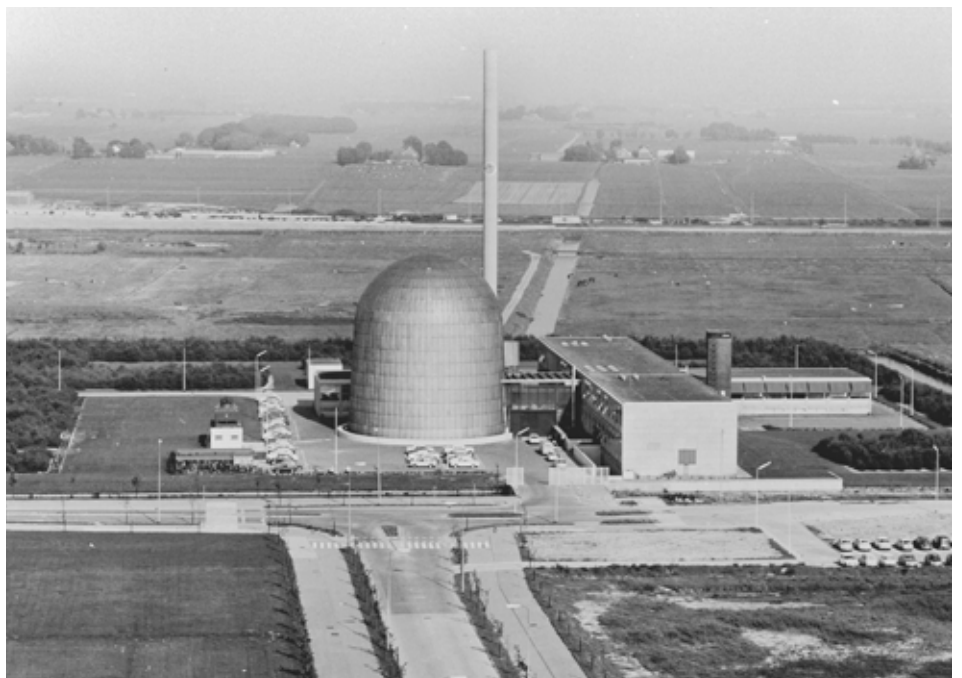
#### **P19 COLUMN**

Fossil of the Day van Alik van Heek

#### **Rectificatie**

Bij de gastcolumn van Salomon Kroonenberg is een verkeerde naam van de fotograaf vermeld. Het moet zijn: Annaleen Louwes.  
Excuus voor de gemaakte fout.

*Redactie KernVisie*



## **K** P17 HET RID

De wetenschappelijke afdeling Radiation Science and Technology en het Reactor Instituut Delft werken nauw samen en zijn uitgegroeid tot een uniek nationaal expertise- en faciliteitencentrum voor aan straling gerelateerd onderzoek en onderwijs.

A black and white photograph of a nuclear reactor core. In the foreground, a person is looking down at a control panel with various dials and buttons. The reactor core is visible in the background, showing a complex arrangement of fuel rods and structural components. The lighting is dramatic, with strong highlights and deep shadows.

# 60 JAAR REACTORFYSICA IN DELFT

JAN LEEN KLOOSTERMAN, TU DELFT

**In december 1953 gaf Eisenhower zijn beroemde Atoms for Peace-rede voor de Verenigde Naties in New York. De deal was uitwisseling van kennis op het gebied van nucleaire technologie voor vreedzame toepassingen in ruil voor controle op non-proliferatie van die kennis. Hiertoe wilde Eisenhower een controleagentschap oprichten onder auspiciën van de VN. Dat is daadwerkelijk gebeurd en staat sinds 1957 bekend als de IAEA in Wenen. Maar wat is eigenlijk de aanleiding van Eisenhower geweest tot deze openheid op nucleair gebied en welke rol heeft Nederland hierin gespeeld?**

De wetenschap was in de jaren dertig en veertig van de vorige eeuw in beroering door de eerste kunstmatige kernsplijting in 1938 uitgevoerd door Otto Hahn en Fritz Strassman en de verklaring hiervoor in 1939 door Lisa Meitner en Otto Frisch. Al in 1942 lukte het de Italiaanse wetenschapper Enrico Fermi om de eerste kunstmatige kettingreactie tot stand te brengen in een stapeling van grafiet en natuurlijk uranium in de kelders van een honkbalstadion in Chicago. Deze reactor is later bekend geworden als de Chicago Pile 1 (CP1).

Tijdens de Tweede Wereldoorlog vond in Nederland geen onderzoek plaats op dit gebied, maar direct na de oorlog werd een nieuwe organisatie opgericht die zich moest bezighouden met onderzoek naar de atoom- en kernfysica. Dat was de stichting Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM) die in april 1946 werd opgericht. Bijna parallel hieraan (1948) besloot ook de KEMA in Arnhem om kernenergieonderzoek te starten met als doel om op termijn commerciële reactoren in Nederland te kunnen bouwen. Dit onderzoek zou al snel getrokken worden door Dr. Jan Went.

**K** Foto van de 'Joint Establishment Experimental Pile' (JEEP). Bron: Goedkoop.

Gelukkig had Nederland voor de Tweede Wereldoorlog enkele vooruitziende wetenschappers, waaronder Prof. W.J. de Haas in Leiden. Op diens initiatief werd door de Nederlandse regering in 1939 een hoeveelheid van tien ton 'gele oker' of 'yellow cake' verpakt in tweehonderd vaatjes van elk vijftig kilo gekocht. Deze vaatjes werden in eerste instantie opgeslagen in Leiden maar vlak voor het uitbreken van de oorlog overgebracht naar de kelder van het hoofdgebouw van de TH Delft aan de Julianalaan, waar ze nooit ontdekt zouden worden door de Nazi's. Deze aankoop vond plaats onder de dekmantel van de Delftse Glasfabrieken, zodat het leek alsof het uranium gebruikt zou worden voor het kleuren van glas.

Maar wat te doen met de yellow cake? Nederland had niet de techniek in huis om deze uraniumverbinding om te zetten in uraniumdioxide of in uraniummetaal. Noch had Nederland de technologie om het uranium te verrijken, wat een vereiste is om een kettingreactie met gewoon water als moderator tot stand te kunnen brengen. Met natuurlijk uranium heb je namelijk zeer zuiver grafiet of zwaar water nodig als moderator. Dat laatste is water waarin de lichte isotoop van waterstof, dat relatief veel neutronen absorbeert, is vervangen door deuterium. ➤



➤ *Vaatje van de yellow cake voorraad in Delft. Bron Goedkoop.*

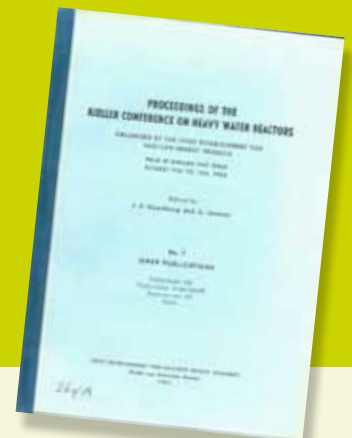
Er werd onderhandeld met de Fransen om zowel grafiet als uranium te verkrijgen. Het eerste lukte wel, maar uranium kon Nederland alleen krijgen onder strikte voorwaarden, waardoor het Franse Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) een grote stem zou krijgen in het Nederlandse onderzoek. Dat ketste hierop af. Dus werd er ingezet op de toepassing van zwaar water, waarmee samenwerking met Noorwegen in beeld kwam. De Noren hadden namelijk als enige in Europa een zwaar waterfabriek en waren voor de diverse laboratoria in Europa hofleverancier. Ook de eerste Franse

reactor was een nulvermogensreactor opgebouwd uit staven van uraniumdioxide in een bad van zwaar water geleverd door de Noren.

FOM ging daarom samenwerken met het juist opgerichte 'Institut for Atomenergi' (IFA) in Kjeller, Noorwegen. Via een deal met de Engelsen kon in 1951 de helft (103 vaten) van de Nederlandse voorraad yellow cake geruild worden tegen drieduizend kilogram uraanstaven, die samen met een financiële en personele bijdrage de Nederlandse inbreng vormden in het gezamenlijke project 'Joint Establishment for Nuclear Energy Research' (JENER).

**In Kjeller werd intussen door de Noren hard gewerkt aan een reactor genaamd JEEP ('Joint Establishment Experimental Pile') waarin het Nederlandse uranium gebruikt zou worden als splijtstof. JEEP werd op 30 juli 1951 voor het eerst kritiek en in 1952 op vol vermogen (250 kW) gebracht. Vanaf die tijd werd er met de neutronbundels volop fundamenteel onderzoek gedaan aan materialen.**

De samenwerking was een groot succes en JEEP trok internationaal veel aandacht. In de zomer van 1953 werd dan ook in Noorwegen het eerste internationale congres over kernenergie gehouden. Er waren zoveel bezoekers dat de conferentie in Oslo gehouden moest worden in plaats van in Kjeller. Intussen werd in Noorwegen hard gewerkt aan een vervolg op JEEP. In de samenwerkingsovereenkomst met Nederland stond namelijk dat na de inbedrijfname van JEEP gewerkt zou gaan worden aan een onderzoeksreactor voor Nederland. Deze reactor zou wederom natuurlijk uranium



➤ *Proceedings van de eerste internationale conferentie op het gebied van kernenergie uit 1953.*

en zwaar water als basis hebben. Op de conferentie werden echter door Amerikaanse deelnemers presentaties gehouden over onderzoeksreactoren met hoogverrijkt uranium en gewoon water als moderator. Er is natuurlijk nooit één reden aan te wijzen

voor een beleidswijziging, maar het succes van de Noors-Nederlandse samenwerking en het succes van de eerste conferentie op kernenergiegebied zal zeker bijgedragen hebben aan het besef bij de Amerikanen dat ze hun nucleaire kennis niet geheim zouden

kunnen houden en dat ze beter proactief en onder eigen voorwaarden deze kennis konden delen. Op deze wijze hadden ze tevens de mogelijkheid hun eigen technologie te vermarkten voordat andere landen concurrerende reactortypen zouden ontwikkelen.



## DE HOGE FLUX REACTOR IN PETTEN

**Na de aankondiging van het Atoms for Peace-programma gingen er in Nederland steeds meer stemmen op om een onderzoeksreactor te bouwen met hoogverrijkt uranium als splijstof en gewoon water als moderator en koelmiddel.**

Reeds in januari 1954 werd door FOM een voorstel tot de bouw van een 10 MW-onderzoeksreactor ingediend bij de ministeries van Onderwijs, Economische Zaken en Financiën. Tegelijkertijd doofde de interesse in Nederland voor de reactor die in Noorwegen werd ontworpen en intussen was omgedoopt tot 'Natural-

Uranium Power-Only-Pile' (NUPOP). Hier komt in dit overzicht voor het eerst Went voor. Went was in 1935 gepromoveerd bij Ornstein in Utrecht en in 1951 in dienst getreden bij de KEMA in Arnhem. Zijn interesse betrof een variant op een idee van Weinberg die in de VS werkte aan homogene-vloeistof reactoren.

Went wilde een suspensie van kleine splijstofkorreltjes in water rondpompen door metalen buizen gestoken in een zwaarwaterbad. Dit concept heette SLURRYPOP of SUSPOP. Door discussie met Walter Zinn, die nog met Fermi grafiet had gestapeld voor de CP1, en waarschijnlijk ook met Alvin Weinberg die samen met Went in 1953 op de conferentie in Oslo was, evolueerde dit idee in de KEMA Suspensie Test Reactor (KSTR), die veel gelijkenis zou vertonen met de homogene reactoren van Weinberg. Intussen werd voor de bouw van de **X**

onderzoeksreactor op 6 juli 1955 het Reactor Centrum Nederland (RCN) opgericht waarvan Prof. dr. J.M.W. Milatz, tot dat moment penningmeester bij FOM, de eerste directeur werd. Went heeft samen met Milatz de specificaties opgesteld voor de Hoge Flux Reactor (HFR), zoals de nieuwe reactor zou gaan heten, en is enige tijd later met drie anderen afgereisd naar de VS om de reactor uit te kiezen. Het werd een kopie van de Oak Ridge Research Reactor (ORR), maar met een speciale bestralingfaciliteit waarin een kringloop geplaatst kon worden. Dit was een idee van Went om zijn suspensiereactor te kunnen testen in een stralingsveld. De HFR werd in 1956 besteld en zou in 1963 op vol vermogen komen.

De bouw van de HFR in Petten viel tegen en liep vertraging op. Om het moreel van het RCN-personeel op peil te houden, werd in allerijl een kleine testreactor besteld en gebouwd. De keuze viel op een Engelse Argonaut reactor die eind 1959 werd

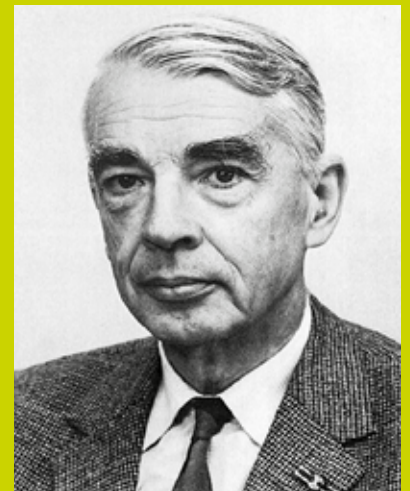
besteld en al op 28 september 1960 voor het eerst kritisch werd. De reactor had een vermogen van 10 kW en werd vooral gebruikt voor het opleiden van toekomstig HFR-personeel. De LFR werd in eerste instantie gebouwd in een schuur, maar vond vanaf augustus 1962 onderdak in het nieuwe Fermi gebouw op het RCN-terrein. De reactor gebruikte 90 procent verrijkte splijtstof die niet hoefde te worden gewisseld omdat het reactorvermogen en de splijtstofopbrand zeer laag waren. Hiermee was de LFR trouwens niet de eerste werkende kernreactor in Nederland.

Behalve dat was besloten tot de bouw van de HFR, werden ook plannen gesmeed voor een kernreactor voor onderwijsdoeleinden. Getuige het advies van Prof. H. Kramers zou dit een 'swimmingpool' type reactor moeten worden met een vermogen van 100 kW te bouwen in Delft, dichtbij de TH-gebouwen. ✎

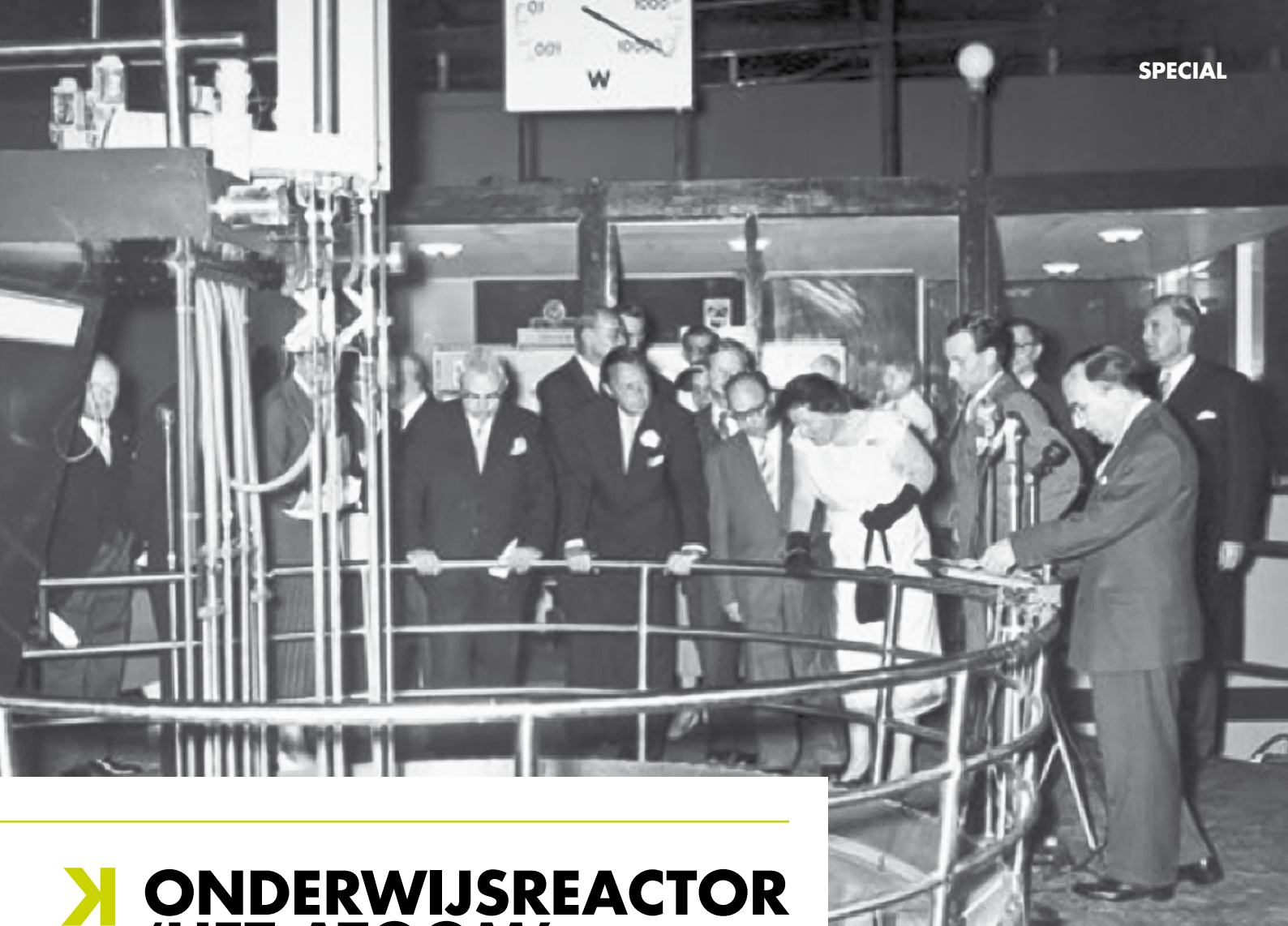
✎ *Koningin Juliana bezoekt de Lage Flux Reactor in Petten. Bron: [geheugenvannederland.nl](http://geheugenvannederland.nl)*

Intussen moesten er ook mensen worden opgeleid in het nucleaire vakgebied. Vanaf 1955 werden er in Delft vakantieeergangen georganiseerd, nu zouden we dat 'summer schools' noemen, door de hoogleraren Boon, Korvezee, Kramers en Went. Went werd vanaf september 1956, naast zijn functie bij de KEMA waar hij het kernenergieonderzoek leidde, ook buitengewoon hoogleraar (deeltijdhoogleraar) in de 'Constructie en Toepassing van Kernreactoren'. Hiermee was de start van de vakgroep Reactorfysica aan de TH Delft een feit.

✎ *Prof. Jan Went.*







## ONDERWIJSREACTOR 'HET ATOOM'

**In aanloop naar de bouw van een onderwijsreactor besloot de Nederlandse regering in 1956 een kleine Amerikaanse kernreactor te kopen met een leveringsovereenkomst voor de splijtstof. Deze reactor zou eerst aan het grote publiek getoond worden tijdens een grote tentoonstelling op de luchthaven Schiphol genaamd 'Het Atoom'.**

De reactor had een vermogen van 10 kW en gebruikte uraniumplaatjes in aluminium als splijtstof met een uraniumverrijking van twintig procent. Behalve dat prins Bernard de tentoonstelling heeft geopend door met een staafje uranium langs een Geigerteller te bewegen, heeft hij ook de reactor in werking gesteld. Nu verloopt het starten van een kernreactor, ook al is het slechts een

kleine demonstratiereactor, niet zo snel. De natuurwetten werken dit eigenlijk tegen door een fractie van de neutronen die bij splijting vrijkomen vertraagd vrij te geven. Prins Bernard heeft met de openingshandeling dan ook slechts een paar felle lampen gedoofd, waarna de blauwe Cherenkov straling van de reeds werkende reactor zichtbaar werd. ✎

✎ Foto van Prins Bernard en andere genodigden die de reactor op de tentoonstelling 'Het Atoom' bekijken.



✎ De Hoger Onderwijs Reactor (HOR) in Delft in aanbouw.



© IRENE VAN KESSEL



## INBEELD

De leden van de vakgroep NERA - Nuclear Energy and Radiation Applications

Boven, v.l.n.r. : Matteo Gamarino, Fahad Alsayyari, Fulvio Bertocchi, Marco Tiberghien, Dr.ir. Martin Rohde, Dr.ir. Danny Lathouwers, Ing. John Vlieland, Aldo Hennink, Niels Kolen, Jaen Ocadiz Flores, André Makkinje, Yifan Wu, Joppe Hartog, Dr. Denis Bykov en Zheng Liu  
 Onder, v.l.n.r. : Dr. Elisa Capelli, Dr. Anna Louise Smith, Ing. Dick de Haas, Prof.dr.ir. Jan Leen Kloosterman, Anneke Kersting, Sara Mastromarino en Dr. Andrea Sabau

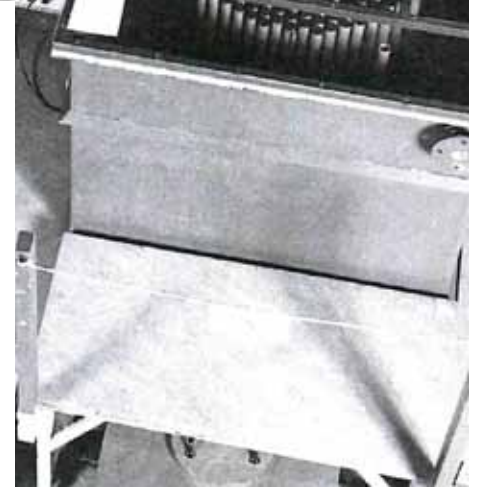
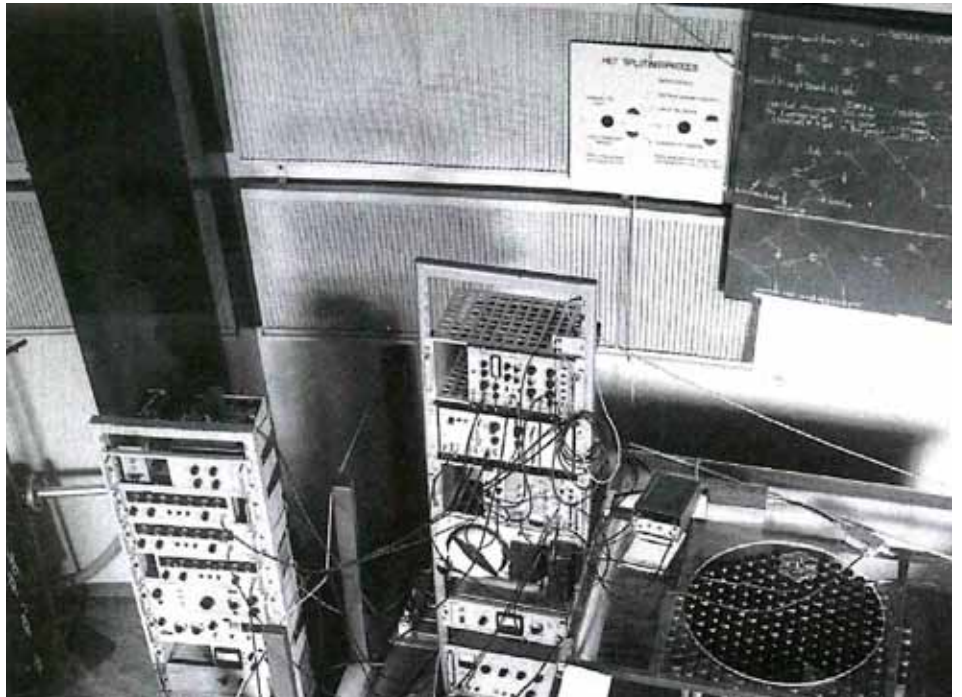
Na afloop van de tentoonstelling op Schiphol werden de belangrijkste onderdelen en de splijfstof overgebracht naar Delft in afwachting van toepassing in de Hoger Onderwijs Reactor (HOR), zoals de nieuwe reactor zou gaan heten. Omdat de kwaliteit van de 20 procent verrijkte splijfstof onvoldoende was, werd uiteindelijk besloten tot het gebruik van hoogverrijkte splijfstof en werden de laagverrijkte splijstofelementen teruggezonden naar de VS. De reactor in Delft zou dus in bedrijf gaan met 93 procent verrijkte splijfstof. Pas in 2005 zou de HOR volledig overgaan op twintig procent verrijkte splijfstof, hetgeen mogelijk was geworden door de ontwikkeling van silicidesplijfstof met een hogere uraniumdichtheid. Ook de resterende vaatjes yellow cake werden bij het Reactor Instituut Delft (RID) opgeslagen totdat deze later een bestemming vonden in de splijfstof van de Kerncentrale Dodewaard.

En zo komt het dus dat de Hoger Onderwijs Reactor in Delft voor het eerst kritisch werd op 24 april 1963. U ziet hier de start van de reactor onder leiding van Dr. Kleijn. De TH in Delft had al wat eerder nucleaire ervaring opgedaan met een subkritisch ensemble bestaande uit uranium in een grafietstapeling; een structuur die erg leek op de CP1 van Enrico Fermi in 1942.

✂ *Het opstarten van de Hoger Onderwijs Reactor (HOR) in Delft.*

Deze experimenten werden uitgevoerd in een barak aan de Ezelsveldlaan, omdat het Reactor Instituut Delft en de HOR nog in aanbouw waren. De hoeveelheid van veertig ton grafiet die hiervoor werd gebruikt was gekocht in Frankrijk, terwijl het uranium werd gehuurd van de 'Atomic Energy Commission' (AEC) in de VS.

Toen de HOR gereed kwam werd het grafiet gebruikt voor de thermische kolom aan de oostzijde van de reactor. Het uranium werd later gebruikt in een subkritisch ensemble met water als moderator. ✂

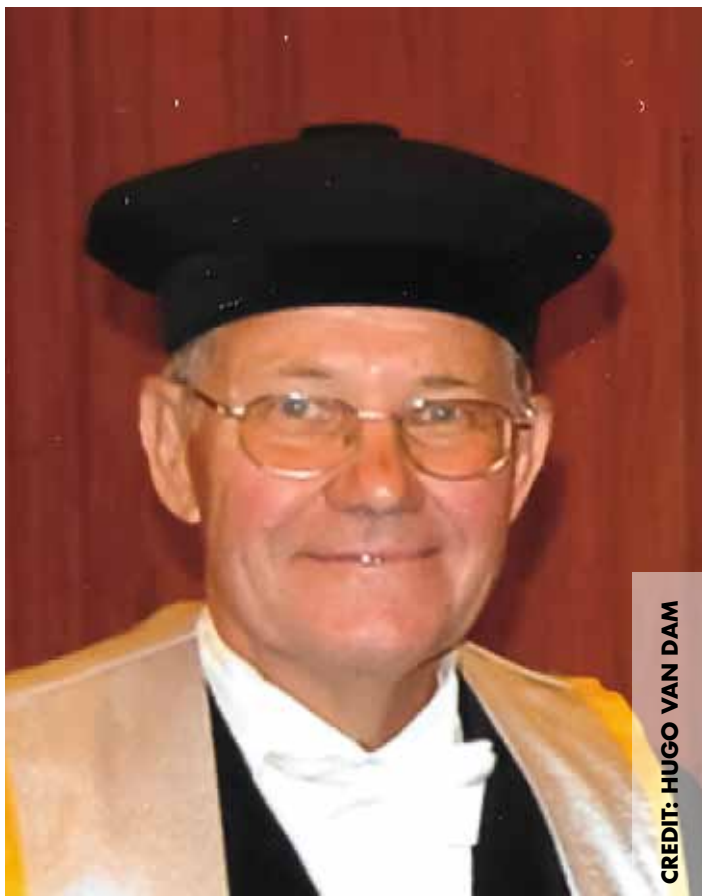


✂ *Subkritisch ensemble opgebouwd uit staven van natuurlijk uranium in water.*

*Het beladen van het subkritische ensemble opgebouwd uit grafiet en natuurlijk uranium. Beneden staat Fons van der Heijden die later hoofd van de Hoger Onderwijs Reactor zou worden. Op het ensemble is Hugo van Dam bezig met het insteken van de uraniumstaven.*

*Bron: Hugo van Dam.*





CREDIT: HUGO VAN DAM

# GAST-COLUMN

## NEUTRONEN IN DE POLDER

Waar nu de campus van de Technische Universiteit Delft is, strekte zich zestig jaar geleden een groene polder uit tot aan Rotterdam. Op 1000 meter van de bebouwde kom moest een boer met gemengd bedrijf plaats maken voor een symbool van een nieuw tijdperk: het Reactor Instituut. Ik besloot als student aan te sluiten bij de groep pioniers die werkte aan het hart van het instituut: de Hoger Onderwijs Reactor (HOR). De Rector Magnificus roemde in zijn rectorale rede van 1961 de toen nog zilverglanzende koepel "die qua uiterlijk in een landschap van Hieronymus Bosch goed zou passen".

In april 1963 was het zover: in een werkdag van 24 uren (de Arbowet bestond nog niet) brachten we het hart tot leven: het zogenoemde eerste kritische experiment. Als student-assistent mocht ik de zorgvuldige stapjes naar de eerste

zichzelf onderhoudende kettingreactie met berekeningen ondersteunen. Een paar weken van tevoren was een toto opgezet voor voorspellingen van de kritische massa uraan-235 van de reactor; ik won de helft van de pot. In de vijf jaren daarna brachten we het reactorvermogen omhoog naar de huidige waarde: het blauwe Cherenkovlicht kwam tot volle sterkte en boeide een kunstschilder zo dat hij er een schilderij van maakte. Afgelopen oktober vierden we het 12e lustrum van de reactorfysische groep, waarvan de geschiedenis is geschetst in dit nummer. Ik was onder de indruk van de experimentele opstellingen die de HOR als neutronen- en gammabron gebruiken voor de onderzoekthema's energie en gezondheid. Het instituut is mondiaal leidend op het gebied van optimaal neutronengebruik en productie en gebruik van positronen voor onderzoek. Hierdoor kan het, ondanks het bescheiden reactorvermogen, concurreren met veel sterkere neutronenbronnen in het buitenland dan wel als "kraamkamer" dienen voor onderzoek bij die bronnen. De TU Delft mag terecht trots zijn op haar paradepaardje. **K**



www.kennisbeeld.nl

✂ TU Delft: Radiation Science & Technology

### Hugo van Dam (1940)

Hugo van Dam (1940) is emeritus hoogleraar theoretische en experimentele natuurkunde aan de TU Delft. Hij wijdde zijn wetenschappelijke loopbaan aan kernenergie en was actief in de media en als regeringsadviseur. Vlak voor zijn emeritaat in 2003 verscheen van de hand van hem en de historica Frida de Jong een boek over de geschiedenis van het Reactor Instituut Delft onder de titel "Geboeid door straling en strategie".

Intussen is het oude subkritisch ensemble inclusief de splijfstof afgevoerd naar COVRA en vervangen door de DELPHI-faciliteit waarin lichtverrijkte splijfstofstaafjes (3,8 procent) in een vat gevuld met water kunnen worden geplaatst. De maximale vermenigvuldigingsfactor bedraagt 0,92. De staafjes zijn afkomstig van het RCN waar ze zijn gebruikt in het PUK subkritische experiment aangedreven door neutronen van

de LFR. Daarvoor werden de splijfstofstaafjes gebruikt in de kritische nulvermogensreactor KRITO van het RCN. De naam PUK staat dan ook voor 'Portie Uit Krito'. KRITO is lange tijd in gebruik geweest voor de 'STEK' experimenten (STEK staat voor 'Snelle en Thermische Experimenten in KRITO').

✘ *Subkritisch ensemble opgebouwd uit uranium-staafjes van lichtverrijkt uranium in water.*



✘ *De Biologisch Agrarische Reactor Nederland (BARN) in Wageningen. De BARN was in bedrijf van 1963 tot 1980.*

De HOR was echter niet de enige en zelfs niet de eerste onderwijsreactor in Nederland. Op 9 april 1963, dus 15 dagen voordat de HOR kritisch werd, werd in Wageningen de Biologisch Agrarische Reactor Nederland (BARN) gestart. Dit gebeurde ook onder leiding van Dr. Kleijn. De BARN had net als de HOR een vermogen van 100 kW en was geheel in Nederland ontworpen en gebouwd, maar gebruikte wel negentig procent verrijkte splijfstof uit de VS. Hij werd uitsluitend gebruikt voor de bestraling van biologisch materiaal. De BARN-reactor was het onderzoeksinstrument van het Instituut voor Toepassing van Atoomenergie in de Landbouw (ITAL) dat op 7 januari 1957 was opgericht.

Vervolgens kwam er ook nog gedurende een korte tijd een derde onderwijsreactor in Nederland in bedrijf, namelijk de Atoomreactor TH Eindhoven Nederland (ATHENE). De bouw ervan begon in 1966 en in 1969 werd de reactor voor het eerst kritisch. Het nut ervan was echter omstreden en al in 1973 werd de reactor stilgelegd omdat hij te duur was en de kosten niet opwogen tegen de baten. ATHENE was net als de LFR in Petten een Argonautreactor met een vermogen van 10 kW en gebruikte hoogverrijkt uranium (93 procent) als splijstof.



- ✦ *De KEMA Suspensie Test Reactor (KSTR). De KSTR was in bedrijf van 1974 tot 1977. Bron: A. van der Vliert*
- ✦ *De Atoomreactor TH-Eindhoven Nederland (ATHENE). De ATHENE was in bedrijf van 1969 tot 1973.*

Prof. Jan Went was tot 1963 hoofd van de vakgroep, maar zou pas in 1973 zijn uittreerede houden. Het onderzoek van Went in Delft was vooral gericht op het ontwerp van de HOR en de bestralingsfaciliteiten zoals de bundelbuizen. Zijn echte kernenergieonderzoek werd uitgevoerd bij

de KEMA in Arnhem, waar hij een geheel nieuwe reactorlijn ontwikkelde gebaseerd op een suspensie van kleine splijtstofkogeltjes in water. De foto's hierboven tonen de KEMA Suspensie Test Reactor (KSTR) die gedurende korte tijd bij de KEMA in Arnhem in bedrijf is geweest. ✦



✦ *Foto van Prof. Jan Went.  
Bron: [www.dwc.knaw.nl](http://www.dwc.knaw.nl).*



➤ *Dr. Hans Kleijn was van 1963 tot 1970 hoofd van de vakgroep Reactorfysica.*

Na Went werd Dr. Hans Kleijn, die toen lector was, gedurende enkele jaren hoofd van de vakgroep Reactorfysica. Zoals eerder vermeld had Kleijn al lange ervaring in het vakgebied en had hij de leiding in de opstartfase van zowel de BARN als de HOR. Onder leiding van Kleijn werd meer aandacht besteed aan snelle kweekreactoren die met vloeibaar metaal werden gekoeld.

Eind 1971 kreeg Prof. Hugo van Dam de leiding over de vakgroep Reactorfysica, eerst als lector en vanaf 1980 als hoogleraar. Het werk aan snelle kweekreactoren, dat enkele jaren ervoor nog zo veelbelovend leek, werd afgebouwd en vervangen door reactorveiligheid en reactorruis. Ruisanalyse zou een doeltreffende manier blijken om niet-intrusief onregelmatigheden of zelfs anomalieën in het reactorbedrijf te kunnen opsporen. Het onderzoek werd voornamelijk uitgevoerd door de promovendus Erik Kleiss in nauwe samenwerking met de Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland (GKN) in Dodewaard waar ruismetingen werden verricht om te onderzoeken of op deze wijze koelmiddelsnelheden konden worden bepaald. Dat gaat nu eenmaal beter in kokendwaterreactoren met sterke

kookverschijnselen dan in een drukwaterreactor. Ook werd de ontwikkeling van Monte Carlo rekenmethoden één van de speerpunten van de vakgroep. Dat onderzoek werd getrokken door Dr. Eduard Hoogenboom.

Dodewaard was ook de voorloper van een type kerncentrale dat de koelmiddelstroom in stand kan houden zonder gebruik te maken van primaire koelmiddelpompen. Ook dat werd in het kader van stabiliteitsanalyse van kerncentrales een uitgebreid onderzoeksonderwerp. Nadat Erik Kleiss dit onderzoek had opgezet, is Tim van der Hagen hierop enkele jaren later gepromoveerd. Het bovengenoemde veiligheidsprincipe is later toegepast in de 'Economic Simplified Boiling Water Reactor' (ESBWR) van General Electric.

Onder leiding van Hugo van Dam werd ook uitgebreid onderzoek gedaan naar de vorming en effecten van stralingsschade in materialen. Niet alleen voor toepassing in kernsplijtingsreactoren, maar ook in kernfusiereactoren. De dagelijkse leiding van dit onderzoek was in handen van Dr. Tom van Veen, die later zijn eigen onderzoeksgroep zou leiden en tevens deeltijdhoogleraar zou worden aan de universiteit in Groningen. Groot was de opwinding toen Fleischmann



➤ *Prof. Hugo van Dam was van 1972 tot 1997 hoofd van de vakgroep Reactorfysica en van 1980 tot 2003 actief hoogleraar.*



➤ *Foto van de vakgroep van 16 april 1992.*

en Pons in 1990 over koude kernfusie publiceerden en de groep daar gelijk op in sprong om te proberen de resultaten van Fleischmann en Pons te reproduceren. Dat is helaas nooit gelukt.

In 1997 nam Prof. Tim van der Hagen de leiding van de vakgroep over. Dit leidde wederom tot een verbreding van het onderzoek en om die reden werd de naam veranderd van Reactorfysica naar 'Physics of Nuclear Reactors' (PNR). Ook stabiliteit en thermo-hydraulica werden belangrijke onderzoeksthema's. De twee belangrijkste reactortypen waar onderzoek aan werd gedaan waren de kokendwaterreactor met natuurlijke circulatie en de Hoge Temperatuur Reactor (HTR) met helium als koelmiddel. Natuurlijk werd ook nog onderzoek gedaan naar meer exotische reactortypen, zoals de gefluidiseerde bed reactor. ➤





## **K** HET REACTOR INSTITUUT DELFT (RID)

**De wetenschappelijke afdeling Radiation Science and Technology (RST) en het Reactor Instituut Delft (RID) van de TU Delft werken nauw samen en zijn uitgegroeid tot een uniek nationaal expertise- en faciliteitencentrum voor aan straling gerelateerd onderzoek en onderwijs.**

Het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van energie loopt uiteen van onderzoek naar kernreactorsystemen van de vierde generatie tot de ontwikkeling van op maat gemaakte materialen voor

efficiënte, duurzame energie productie, omzetting, opslag en gebruik. Het onderzoek op het gebied van gezondheid omvat medische beeldvormende systemen die diverse nucleaire technieken integreren.

Daarnaast richten onderzoekers zich op het gebruik van straling en radionucliden voor medische diagnostiek en therapie. Ook worden innovatieve productie routes voor medisch relevante radionucliden ontwikkeld.

Het onderwijsaanbod bestaat naast het academisch onderwijs uit opleidingen op het gebied van stralingsveiligheid voor professionals.

Met het investeringsprogramma OYSTER wordt continu gewerkt aan een uitbreiding van de onderzoeksinfrastructuur met nieuwe en aangepaste instrumenten en faciliteiten. Delftse wetenschappers en daarbuiten richten zich hiermee op de wetenschappelijke uitdagingen van de toekomst. **K**

*Suzan Derks*

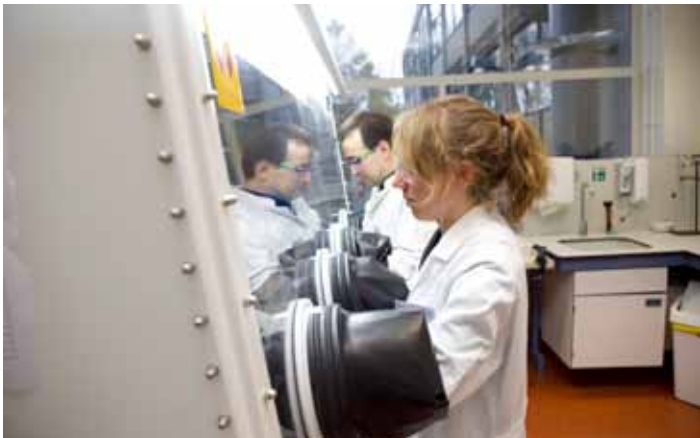


- ✦ *Prof. Tim van der Hagen die van 1997 tot 2010 hoofd van de sectie 'Physics of Nuclear Reactors' was.*

Het laatste decennium van de geschiedenis van de vakgroep wordt wederom gekenmerkt door een verbreding van het onderzoek. Om die reden is de naam van de groep veranderd in 'Nuclear Energy and Radiation Applications' (NERA).

Nog steeds is experimenteel werk een belangrijk onderdeel van ons onderzoek, maar het is nu meer gericht op onderzoek naar transport van warmte en massa in kerncentrales. De groep kijkt in detail naar de warmteoverdracht in complexe geometrieën, zoals een kogelbed in een HTR, of naar warmteoverdracht met complexe vloeistoffen zoals superkritiek water en gesmolten zout. Dit onderzoek staat onder leiding van Dr. Martin Rohde.

- ✦ *Anna en Denis aan het werk in het UChem-lab*



- ✦ *Technici en promovendi bij THINS-II-opstelling*

De tweede poot is nog steeds de traditionele reactorfysica, maar met een sterke oriëntatie op numerieke analyse van stralingstransport en met veel aandacht voor de koppeling tussen diverse disciplines, zoals neutronica en 'Computational Fluid Dynamics' (CFD). Dat allemaal gecombineerd met de doorwerking van onzekerheden. Dit onderzoek staat onder leiding van Dr. Danny Lathouwers.

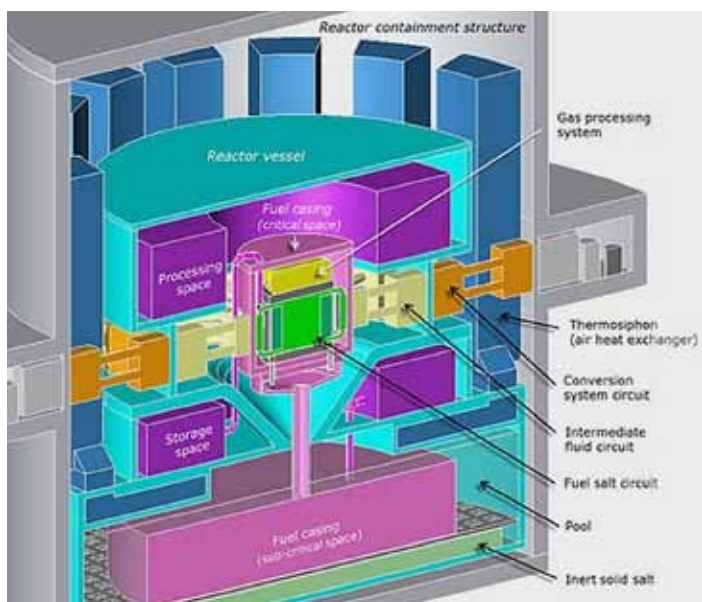
Verder hebben wij sinds enkele jaren een leerstoel op het gebied van de Chemie van de Splitsstofcyclus, die vanuit JRC-Karlsruhe wordt



- ✦ *Prof. Jan Leen Kloosterman die vanaf 2010 hoofd van de sectie Nuclear Energy and Radiation Applications is.*

ingevuld door Prof. Rudy Konings en lokaal wordt bemenst door Dr. Anna Smith.

Het laatste onderwerp richt zich op medische toepassingen, zoals de productie en afscheiding van radionucliden en op numeriek onderzoek aan optimalisatie van stralingsbundels, zoals neutronbundels voor 'Boron Neutron Capture Therapy' (BNCT) en protonbundels voor bestraling van tumoren. Dit onderzoek zal binnenkort worden versterkt met Dr. Zoltán Perkó.



➤ *Figuur van de 'Molten Salt Fast Reactor' waar in het kader van het Europese SAMOFAR project aan wordt gewerkt.*

We zijn in ons onderzoek gedeeltelijk terug waar Went begonnen is. Eén van de belangrijkste onderzoekthema's in de onderzoeksgroep is de gesmoltenzoutreactor of 'Molten Salt Reactor' (MSR), die in concept heel erg lijkt op de KSTR van Went. Alleen wordt in de MSR geen suspensie gebruikt, maar een homogene vloeistof, waardoor de problemen van slijtage en instabiliteit waar Went mee worstelde vermeden kunnen worden. In een recent onderzoeksvoorstel willen wij samen met NRG in Petten een kringloop ontwerpen voor bestraling van splijtstofzouten in de HFR. Dit is mogelijk omdat de HFR als enige onderzoeksreactor ter wereld hiervoor een speciale faciliteit heeft. Het onderzoek dat wij vandaag doen zou niet mogelijk zijn zonder de vooruitziende blik van Went in de begintijd van het nucleaire tijdperk in Nederland.

Op pagina 10 en 11 ziet u de groep anno 2016. Wij zien de toekomst vol vertrouwen tegemoet, want ons werk is nog niet af. We zullen blijven veranderen en altijd onze energie en creativiteit richten op de behoeften van de samenleving op de gebieden van energie en gezondheid. **K**

*Jan Leen Kloosterman*

# COLUMN



## FOSSIL OF THE DAY

Bij de VN klimaatconferentie COP22 afgelopen november in Marrakech deelde het Climate Action Network (CAN) elke dag een paar Fossil of the Day Awards uit. CAN noemt zich een wereldwijd netwerk van meer dan 950 non-gouvernementele organisaties (NGOs). De Fossil of the Day Awards gaan naar landen met het naar hun inzicht minst effectieve klimaatbeleid.

Die Fossil of the Day prijzen zijn op zich best aardig bedacht: ze kijken naar diverse beleidsaspecten, waarbij ze het best OK vinden als een land zijn elektriciteitsproductie flink wenst te verhogen, besparing of rantsoenering wordt niet opgedrongen. Echter als die dan voor zestig procent uit kolengestookte capaciteit bestaat, levert dat zo'n prijs op, wat Indonesië overkwam.

Nieuw-Zeeland kreeg de prijs zelfs twee keer: voor het financieren van research voor olie- en gasexploratie in de Nieuw-Zeelandse wateren en voor het niet netjes toepassen van carbon credits, zodat ze hun emissiereductieverplichtingen in 2020 zouden halen zonder er echt iets voor te doen.

Maar wat jammer nou: Rusland kreeg de prijs ook, voor het promoten van kernenergie als haalbare oplossing voor het klimaatprobleem. Helaas ontpopte CAN zich als een doorsnee milieuctiegroep voor wie de bestrijding van kernenergie belangrijker is dan de bestrijding van klimaatverandering. Als argument voerden ze onder meer aan dat er tijdens het verrijktingsproces grote hoeveelheden broeikasgassen zouden worden uitgestoten. Tja, tot 1992 zouden ze daar een punt hebben gehad, toen gebruikten de Russen hiervoor nog de energieverslindende gasdiffusiemethode, maar daarna zijn ze geheel overgestapt op ultracentrifuges. Verder komt CAN met het veiligheidsargument: 'kijk maar naar Tsjernobyl en Fukushima', terwijl dat niets met klimaatverandering te maken heeft. Je kunt ervoor kiezen geen kernenergie toe te passen omdat je vindt dat het veiligheidsrisico zwaarder weegt dan de voordelen bij de emissiereductie. Maar dat er per nucleaire kilowattuur, ook als je de hele splijtstofcyclus en ontmanteling meerekent, een fractie van de broeikasgassen van een gasgestookte kilowattuur vrijkomt, staat over het algemeen wel buiten kijf. **K**

*Aliki van Heek*



## NIEUWJAARS BIJEENKOMST

Op vrijdag 20 januari 2017 organiseert de afdeling Kerntechniek van KIVI de nieuwjaarsbijeenkomst 2017. De algemene jaarvergadering van KIVI is toegankelijk voor de leden van KIVI en de begunstigers van de NNS.



Het programma na de pauze is ook toegankelijk voor de begunstigers van Kernvisie. De bijeenkomst vindt plaats in het KIVI-gebouw in Den Haag.



### AGENDA

- 13:00 - 13:30 **INLOOP MET KOFFIE**
- 13:30 - 14:30 **ALGEMENE LEDENVERGADERING KIVI KERNTÉCHNIEK**
- 14:30 - 15:00 **PAUZE**
- 15:00 - 15:45 **BRING PARIS HOME**  
M.J.M. BEUKEBOOM (KLIMAATGEZANT, NAMENS DE NEDERLANDSE OVERHEID)
- 15:45 - 16:30 **KLIMAATVERANDERING EN KERNENERGIE VANUIT IAEA PERSPECTIEF**  
A.I. VAN HEEK (IAEA)
- 16:30 - 18:00 **NIEUWJAARSBORREL**

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

### WILT U ZICH AANMELDEN ALS BEGUNSTIGER VAN STICHTING KERNVISIE?

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

[www.kernvisie.com](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 Zwijndrecht.



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



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

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