



**KERNVISIE
MAGAZINE**

**FRESH-UP belangrijk
in MSR-onderzoek**

**Women in Nuclear
Netherlands**

**Subsidie voor TU Delft
en Radboudumc**

**3
Juni
2025**

UITGAVE VAN
STICHTING KERNVISIE

**Veroudering HFR
vraagt om scherpe
blik ANVS**



KernVisie Magazine is een uitgave van:



Jaargang 20
Nummer 3
Juni 2025
KernVisie Magazine
verschijnt tweemaandelijks
Oplage 2.200 ex

Ontwerp & Grafische realisatie
StudioHusken.nl, Heiloo

Bestuur Stichting KernVisie

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter
Ir. G.H. Boersma, secretaris
Ir. J.C. van Cappelle, penningmeester
A.J.L. Bos
Ir. M. Van der Borst
J.D. Bruin
Dr. G. Delfini
Drs. J.J. de Jong
Ir. R.P.C. Schram
Ir. G.C. van Uiter

Redactie KernVisie Magazine

Ir. G.H. Boersma
M. Jelgersma (Sherpa en de Fries)
S. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

Redactie adres

Dokter Bosmanshof 32, 6851 MJ Huissen
Telefoon 06-29058146
E-mail: KernVisie@KernVisie.com
Internet: www.KernVisie.com
Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70, t.n.v. KernVisie,
Foundation for Nuclear Technology te Huissen.

Op de Cover

Onderhoudswerkzaamheden bij de HFR
Foto ©ANVS

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.

Omgang met persoonsgegevens

KernVisie Magazine is een uitgave van de Stichting KernVisie. Onze website www.KernVisie.com bevat een uitgebreide privacyverklaring over het gebruik van de persoonsgegevens die nodig zijn ten behoeve van de verzending van het magazine.

Voorwoord

Veiligheid, innovatie en samenwerking

Dat zijn belangrijke thema's in de nucleaire sector. Om de veiligheid



te waarborgen ziet de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) erop toe dat nucleaire installaties zich aan strenge veiligheidseisen houden. Zo was de ANVS betrokken bij het hersteltraject van een vervormde leiding in het reactorbeton van de Hoge Flux Reactor in Petten. Dit project was voor de ANVS een unieke casus, waarbij na intensieve samenwerking een ingenieuze technische oplossing werd gevonden en onder internationale belangstelling de reactor weer veilig op kon starten. Bij de ontwikkeling van gesmoltenzoutreactoren speelt het probleem van corrosie een belangrijke rol. Bij de TU Delft is daarom het FRESH UP-project van start gegaan, met een opstelling waarin splijtingsproducten in gesmolten zout kunnen worden bestudeerd en verwijderd. De TU Delft komt nog een keer aan bod, omdat ze voor een gezamenlijk initiatief met het Radboudumc een onderwijssubsidie hebben ontvangen. Hiermee wordt een platform opgezet en een website gebouwd als opmaat naar een compleet scholingsprogramma nucleaire geneeskunde, want deskundige mensen zijn in de gehele nucleaire sector hard nodig. De kick-off van Women in Nuclear Netherlands is vanuit dat oogpunt ook een belangrijke ontwikkeling. Een van de doelen van de vereniging, die deel uitmaakt van het mondiale Women in Nuclear Global, is aandacht schenken aan de scheve verdeling van mannen en vrouwen die in de nucleaire sector werken. Het zijn maar een paar voorbeelden van activiteiten op het gebied van veiligheid, innovatie en samenwerking in de nucleaire technologie, of het nu voor de opwekking van energie is of voor medische dan wel andere maatschappelijke toepassingen. **K**

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 uitgave 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: KernVisie@KernVisie.com

P04



Maatschappij

Veroudering HFR vraagt om scherpe blik van ANVS

De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) ziet er in Nederland op toe dat nucleaire installaties voldoen aan strenge veiligheidseisen. Het hersteltraject van een vervormde leiding in de HFR was voor de ANVS een unieke casus, waarbij na intensieve samenwerking, een technische oplossing en internationale belangstelling de reactor weer veilig kon opstarten.

P09 Energie

Een belangrijke stap in het onderzoek naar MSR's

Een veelbelovende technologie voor toekomstige energievoorziening is de Molten Salt Reactor (MSR). Een belangrijke uitdaging daarbij is het omgaan met vaste en gasvormige splijtingsproducten. TU Delft ontwikkelde FRESH-UP om het gedrag van vaste splijtingsproducten te bestuderen en te verwijderen uit corrosieve gesmolten splijtstofzouten.

P19



Maatschappij

Women in Nuclear Netherlands verbindt en ondersteunt

Women in Nuclear Global (WiN Global) is met circa 35.000 leden en ruim 20 partners een solide netwerk in meer dan 145 landen, regio's en internationale organisaties. In maart vond de kickoff meeting plaats voor de oprichting van Women in Nuclear Netherlands (WiN Netherlands). Op 2 juli volgt de officiële notariële handeling en heeft Nederland een eigen uniek 'chapter'.

P14 Maatschappij

TU Delft en het Radboudumc ontvangen onderwijssubsidie

De TU Delft en het Radboudumc hebben de LLO-Katalysator-onderwijssubsidie ontvangen. Met de LLO-subsidie willen de aanvragers een platform opzetten en een website bouwen die aan het einde van dit jaar wordt gelanceerd. Mark Rijpkema, universitair hoofddocent bij het Radboudumc, en Antonia Denkova, universitair hoofddocent bij de TU Delft, lichten het nut en de noodzaak van de aanvraag toe.



P08

Column

Lars Roobol: Energieprijs omlaag, rekening omhoog

P10

Energie

COVRA publiceert rapporten voor eindberging in klei en zout

P12

InBeeld

Urenco Isotopes neemt de Blaise Pascal-Cascade in gebruik

P18

Nucleaire Notities

Nucleaire technologie in de kunst

P23

Maatschappij

Nuclear Pop! Verander het imago van nucleair met kunst



Maatschappij

Veroudering HFR vraagt om scherpe blik van toezichthouder ANVS

De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) ziet er in Nederland op toe dat nucleaire installaties zich aan strenge veiligheidseisen houden. Het hersteltraject na de ontdekking van een vervormde leiding in het reactorbeton van de HFR was voor de ANVS een unieke casus, waarbij na intensieve samenwerking een ingenieuze technische oplossing werd bedacht en onder internationale belangstelling de reactor weer veilig kon opstarten. Bernd Keller, directeur Bevoegd Gezag ANVS: "De HFR mag dan een oudere reactor zijn, het is zeker ook een veilige reactor."

©ANVS

K

Hélène van Ostaay, coördinerend specialistisch inspecteur en Mitchel Karam, plaatsvervangend site-inspecteur voor de HFR.

Eind oktober 2024 werd de HFR na een normale onderhoudsstop niet opgestart. Dat kwam door een vervormde aluminium leiding in het beton boven het reactorvat. De leiding is onderdeel van het primaire koelsysteem en dient ervoor om het systeem op druk te houden. De leiding zorgt voor de ontgassing van het water om te voorkomen dat de pompen die de circulatie op gang houden, beschadigen. NRG PALLAS heeft de ANVS daarop laten weten deze leiding eerst te willen herstellen. De vervorming van de leiding was al bij eerdere visuele inspecties met een camera opgemerkt, maar NRG PALLAS stelde vast dat de vervorming van de leiding was toegenomen. Ramon Muller is de site-inspecteur bij de NRG-installaties en de HFR: "NRG PALLAS gaf zelf aan dat het eerder diepgaand onderzoek wilde doen naar deze leiding." Omdat de vervorming al sinds 2022 bekend was, had NRG PALLAS zelf al een oplossing bedacht waarbij de leiding buiten gebruik kon worden gesteld. "Die oplossing was nog niet helemaal gereed op het moment van de stop, dus hebben ze de tijd genomen om te onderzoeken wat een en ander zou betekenen voor de nucleaire veiligheid. Dat plan hebben ze aan ons voorgelegd, waarop wij het vervolgens konden beoordelen. NRG PALLAS kon de HFR weer opstarten met een aantal aanvullende maatregelen, maar nog niet de uiteindelijke oplossing voor het probleem", aldus Muller.

Groeiend belang patiëntenzorg

De HFR bij Petten in Noord-Holland is met 65 jaar een reactor op leeftijd. In 1957 startte de bouw. Het initiatief voor de bouw kwam mede tot stand door de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek (FOM), die haar onderzoeksterrein wilde uitbreiden op het gebied van nucleaire technologie. Uiteindelijk koos de overheid voor Rijnhuizen als de locatie voor fundamenteel onderzoek en werd het Reactor Centrum Nederland (later ECN, en weer later NRG) opgericht voor toegepast

onderzoek in Petten. Vier jaar later, in 1961, werd de reactor voor het eerst in gebruik genomen. Vanaf de jaren negentig werd de productie van medische isotopen steeds belangrijker. Dit aandeel groeide van 15 procent naar ongeveer zestig procent in de eerste jaren van deze eeuw en dat aandeel bleef groeien. De reactor in Petten is op dit moment verantwoordelijk voor de levering van 35 procent van alle isotopen wereldwijd en voor maar liefst 65 procent in Europa. De HFR is de grootste producent en leverancier van isotopen van in totaal zes reactoren wereldwijd. Voor de ANVS staat de nucleaire veiligheid natuurlijk bovenaan. Maar het belang voor de productie van medische isotopen wordt ook meegewogen. Keller legt uit dat de veiligheid van een oudere onderzoeksreactor zoals de HFR geen vanzelfsprekendheid is. "De veroudering stelt extra eisen en dat zorgt voor extra uitdagingen om zowel de veiligheid als de betrouwbaarheid te kunnen garanderen."

Twee maatschappelijke belangen

Hoe de ANVS daarmee omgaat, kan worden toegelicht aan de hand van de laatste casus: het herstel van een vervormde aluminium leiding, ingegoten in het beton. NRG moet als eigenaar een monitoringsprogramma ingericht hebben waarmee het proactief de staat waarin de HFR verkeert kan monitoren. Keller: "Dit maakt het mogelijk dat ze tijdig kunnen vaststellen wanneer er afwijkingen ontstaan om zo nodig preventief actie te kunnen ondernemen voordat er risico's ontstaan." Wanneer er tijdens een stop een afwijking wordt geconstateerd, zal de ANVS op haar beurt snel actie willen ondernemen om de afwijking te beoordelen. "We weten dat een lange stop ongewenst is met het oog op de vele patiënten die baat hebben bij de medische isotopen die in de HFR worden geproduceerd, dus we geven prioriteit aan de zaak, maar de veiligheid staat altijd voorop", aldus Keller. Een herstart wordt

vervolgens in gang gezet. "Ook als er nog een afwijking zou zijn die niet geheel strikt aan de regels voldoet. Dit was trouwens in deze casus niet het geval, omdat NRG PALLAS binnen de vergunning is gebleven", vult Keller aan. Het zijn volgens hem ingewikkelde afwegingen waarvan het besluit niet alleen bij een inspecteur gelegd kan worden, die alleen zuiver naar de nucleaire veiligheid kijkt. "Er zijn twee maatschappelijke belangen: de nucleaire veiligheid en patiëntenzorg. Wij staan voor de nucleaire veiligheid. Als de installatie veilig is, terwijl er (nog) niet aan alle puntjes op de i is voldaan, dan kan dat in voorkomende gevallen, met het oog op de patiëntenzorg, voor de ANVS voldoende zijn om de installatie toch op te starten." Keller geeft als voorbeeld dat wanneer er een afwijking is in de installatie, er aanvullende maatregelen genomen kunnen worden, zodat de nucleaire veiligheid alsnog niet in het geding is. "We zien zaken waar strikte naleving niet effectief is. De installatie dient dan aan te tonen dat de nucleaire veiligheid niet in het geding is. De ANVS beoordeelt dit dan zorgvuldig voor onze besluitvorming."

Ballen van kunststof

Hélène van Ostaay is de coördinerend specialistisch inspecteur binnen de technische taakgroep structurele mechanische integriteit. Volgens Van Ostaay was er toenemende vervorming van de leiding, maar was er nog geen sprake van een lekkage. Van Ostaay: "Het feit dat NRG PALLAS zelf constateerde dat de leiding slechter werd, was voor hen voldoende reden om het probleem aan te pakken voor er een lekkage op zou kunnen treden." In 2008 is de HFR al eens voor een langere tijd uit de roulatie geweest, doordat een lekkende leiding onder het reactorvat moest worden vervangen. Tussen 2022 en 2025 is NRG PALLAS heel druk bezig geweest met allerlei oplossingen, inclusief het uithakken uit het beton. Alle ideeën zijn geanalyseerd en de huidige oplossing met de flexibele RVS- ➤



©ANVS

➤ Ramon Muller (midden), site-inspecteur bij de NRG-installaties en de HFR: "Wat we in ieder geval hebben gezien, is dat de oplossing met een flexibele slang naar verwachting werkt."

leiding is het minst riskant voor de nucleaire veiligheid en levert de minste dosisbelasting op voor medewerkers.

Met de huidige aanpak wil NRG PALLAS ook voorkomen weer voor een grote operatie te komen staan, zoals in 2008. Muller: "Het voordeel nu is wel dat de leiding zich boven

en niet onder het reactorvat bevindt. Er is nu een oplossing waarmee NRG PALLAS nog bezig is om die te kwalificeren." Van Ostaay: "Bij de huidige oplossing is gekozen om een nieuwe leiding in de bestaande leiding

door te voeren die de veiligheidsfunctie kan overnemen." Van Ostaay legt uit dat de nieuwe leiding ongeveer 1,5 meter lang is, aan een zijde vastzit aan een flens en aan het andere uiteinde wordt opgehouden door een balg. Van Ostaay: "De flexibele leiding



©ANVS



©ANVS

➤ Alle ideeën zijn geanalyseerd en de huidige oplossing met de flexibele RVS-leiding is het minst riskant voor de nucleaire veiligheid en levert de minste dosisbelasting op voor medewerkers.

is omgeven door ballen van kunststof die de leiding op zijn plek houden en centreren. De leiding is zo ontworpen dat hij makkelijk in de bestaande vervormde leiding gevoerd kan worden, maar ook weer kan worden verwijderd.”

Stralingsbelasting

Het idee van een flexibele gevlochten RVS-slang komt van de Engineering HFR en is goedgekeurd door de veiligheidscommissie van NRG PALLAS. De ANVS beoordeelde vervolgens aan de hand van normbladen of een dergelijke leiding haar integriteit onder de stralingsbelasting boven de reactor kan behouden. Van Ostaay: “Wij kijken daarbij naar wet- en regelgeving, want NRG PALLAS geeft aan welke ontwerpnorm ze willen toepassen, waarin de stappen zijn opgenomen, bijvoorbeeld hoe je naar sterkteberekeningen moet kijken, hoe de testen moeten worden gedaan en op welke manier inspecteren kan worden bewerkstelligd.” Keller: “Zowel de experts van NRG PALLAS als die van de ANVS moeten op dezelfde conclusie uitkomen dat de gekozen oplossing veilig is en de nucleaire veiligheid gewaarborgd is.” De nieuwe leiding zou idealiter voor onbeperkte tijd blijven zitten, maar dat is vanwege de stralingsbelasting nog niet bekend. Muller: “We weten niet hoelang de nieuwe leiding tegen de stralingsbelasting kan. Daarom werkt NRG PALLAS naar een optimale toepassing van de ‘stent’, waarbij het doel is om de leiding er een halfjaar in te laten zitten.” De HFR kent een cyclus met elke maand een stop. NRG PALLAS kiest er dan ook voor om de vervanging tijdens een iets langere stop van vijf dagen uit te voeren. Muller legt uit dat niet zozeer de activatie van het materiaal een probleem vormt voor de leiding, maar meer de degradatie van de rubberen balg die onder druk gezet wordt en de leiding op zijn plek houdt. “De eerste RVS-slang is al na een maand vervangen. Wat we in ieder geval hebben gezien, is dat de oplossing met een flexibele slang naar verwachting werkt. Op basis van



➤ **Bernd Keller, directeur Bevoegd Gezag ANVS:** “De HFR mag dan een oudere reactor zijn, het is zeker ook een veilige reactor.”

onderzoek aan de gebruikte slang kan de volgende voor drie maanden ofwel drie reactorcycli dienst gaan doen”, vult Muller aan. Is lekkage nu uitgesloten? Mitchel Karam, plaatsvervangend site-inspecteur: “Dat lekken verwachten we niet, want de genomen maatregelen zijn robuust en er vindt een stevige monitoring tijdens de bedrijfsvoering plaats. Zou er toch een lekkage plaatsvinden, dan stopt de bedrijfsvoering van de HFR en starten de vervolgmaatregelen.”

Continued Safe Operation (CSO)-missie

Omdat het bij reactoren zoals de HFR om unieke problemen gaat die unieke oplossingen vereisen, wordt er ook internationaal naar de oplossingen in Petten gekeken. Keller: “De HFR is een oudere reactor waar betrouwbaarheid in de context van veiligheid extra aandacht vraagt. Wij denken dat we een goede beoordeling kunnen maken, maar we staan open voor inzichten van anderen.” In dat kader heeft de ANVS deskundigen van het Internationaal Atoomenergie Agentschap (IAEA) uitgenodigd voor een Continued Safe Operation (CSO)-missie. Deze vond in juli 2024 plaats en was erop gericht om ervoor te zorgen dat de

reactor voortdurend veilig in gebruik kan blijven. Tijdens deze laatste missie stond de systematische implementatie van de zogeheten verouderingsbeheersing van de reactor centraal. Volgens NRG PALLAS werd er gekeken op welke wijze zij als vergunninghouder van de HFR invulling hadden gegeven aan de bevindingen uit de eerdere missie van 2022. Het IAEA-team bestond uit een IAEA-vertegenwoordiger en twee internationale deskundigen uit Australië en Canada. De ANVS was toevoorder tijdens de missie. Op basis van de beoordeling ontving NRG PALLAS aanbevelingen. Keller: “Wij kijken vervolgens of de aanbevelingen worden overgenomen en of er nog noodzaak bestaat om ze verder te ontwikkelen.” Keller vindt die internationale benadering een enorm positief punt. “Daar word ik altijd erg enthousiast van, om buiten de nationale contouren te kijken en op die manier open te staan voor verbeteringen.”

PALLAS-reactor

De HFR zit vol met leidingen. Zijn er op korte termijn weer problemen te verwachten? Van Ostaay: “Nee. We hebben een totaaloverzicht van hoe de staat is van de installatie en die is goed. NRG PALLAS heeft bovendien meerdere technische en organisatorische maatregelen genomen. Hiermee wordt voldaan aan de veiligheidseisen. Zo zijn bestaande detectiesystemen aangepast en uitgebreid met extra detectoren. Hiermee zijn de systemen gevoeliger voor het detecteren van mogelijke lekkages. Ook zijn voorzieningen gemaakt voor het nemen van watermonsters waar nodig.” Wordt de opgedane ervaring meegenomen in het nieuwe ontwerp van de PALLAS-reactor? Van Ostaay maakt ook deel uit van het kernteam voor de bouw van de nieuwe reactor: “Wat essentieel is, is dat een installatie ‘inspecteerbaar’ is en makkelijk te onderhouden. Toegankelijkheid is daartoe de sleutel.” **K**

Menno Jelgersma



Een veelbelovende technologie voor de toekomstige energievoorziening is de Molten Salt Reactor (MSR). Deze reactor geeft potentieel hogere rendementen en minder nucleair afval, en is nog veiliger dan huidige kerncentrales. Een cruciale uitdaging binnen de ontwikkeling van MSR's is het omgaan met vaste en gasvormige splijtingsproducten die tijdens de reactorwerking ontstaan en die de integriteit van de splijtstof en het reactormateriaal kunnen aantasten. De TU Delft heeft nu de nieuwe faciliteit FRESH-UP (Fission Product REmoval from Salts at High temperatures - Ultrafine Particles) ontworpen om het gedrag van vaste splijtingsproducten te bestuderen en te verwijderen uit de zeer corrosieve gesmolten splijtstofzouten bij temperaturen tot 700 graden Celsius.

Tijdens de werking van een MSR ontstaan vaste splijtingsproducten. Deze kunnen neerslaan en de integriteit van de splijtstof en het reactormateriaal negatief beïnvloeden. Onderzoekers van de afdeling Radiation, Science and Technology van de TU Delft zoeken daarom naar oplossingen om het gesmolten splijtstofzout dat in MSR's zit te reinigen. Martin Rohde is universitair hoofddocent aan de TU Delft en is de projectleider en

verantwoordelijke hoofdonderzoeker van dit project. Zijn groep heeft een methode ontwikkeld om vaste splijtingsproducten uit het splijtstofzout te verwijderen door gebruik te maken van heliumbellen in combinatie met een uniek filtratiesysteem. De experimenten worden uitgevoerd door postdoctoraal onderzoeker Ruben Dewes. Het ontwerpen en bouwen van FRESH-UP was een uitdaging, omdat het zout zeer corrosief is. Rohde: "Als er water

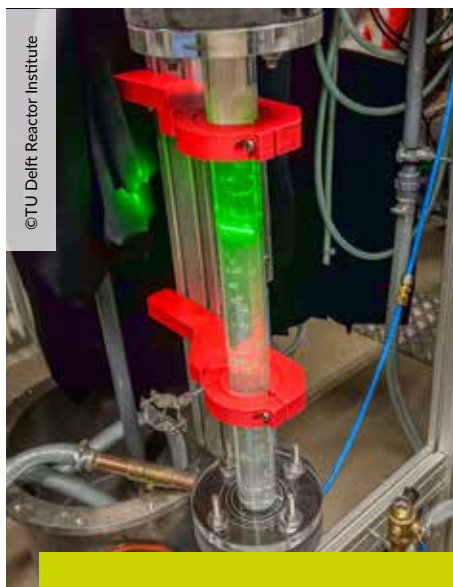
✦ *TU Delft Reactor Institute team, v.l.n.r. Ruben Dewes, Martin Rohde, Sebastiaan Couweleers, John Vlieland, Malte Verleg (DEMO), Martin van Exter (DEMO)*

of zuurstof bij het zout in de opstelling komt, zeker als het 700 graden is, kan je de faciliteit weggooien." Een extra uitdaging bij het ontwerp was dat de opstelling optisch toegankelijk moest zijn. Rohde: "We willen de bellenstroming of deeltjes kunnen bekijken met lasertechnieken. We hebben hiervoor veel testen gedaan met diverse soorten glas en afdichtingen." De extractie van vaste splijtingsproducten is dus nodig om de bedrijfszekerheid van de reactor te waarborgen en degradatie tegen te gaan. Daarnaast biedt het op termijn de mogelijkheid om waardevolle stoffen zoals technetium terug te winnen.

MIMOSA en ENDURANCE

Rohde: "We werken op dit moment binnen twee Europese projecten, beide gefinancierd door EURATOM: ENDURANCE en MIMOSA." Binnen het ENDURANCE-project worden de veilige werking en de technologische

ontwikkeling van de MSR-technologie in Europa onderzocht. Dit gebeurt door de kennis op verschillende gebieden van MSR-onderzoek en veiligheidsbeoordeling te verbeteren. Ook worden de behoeften van reactorontwerpers en de industrie gekoppeld aan de capaciteiten van universiteiten en onderzoekscentra en de eisen van de regelgevende instanties. MIMOSA heeft een duurzame kernenergiestrategie voor ogen en richt zich op het sluiten van de splijtstofcyclus. Dit kan de voetafdruk van radioactief afval en de behoefte aan natuurlijke hulpbronnen drastisch verminderen. De FRESH-UP is gebouwd onder MIMOSA, en in een later stadium zal er ook een in gewijzigde vorm worden gebouwd onder ENDURANCE.”



➤ **testopstelling met water en bellen.**
Deze heeft gefungeerd als mock-up om te kijken of het filtersysteem werkt.

Oak Ridge National Laboratory

“De enige MSR die ooit heeft gedraaid, is de MSRE (Molten Salt Reactor Experiment) bij het Oak Ridge National Laboratory (ORNL). Daar vonden ze al dat bepaalde inerte stoffen neersloegen op allerlei onderdelen in het reactorvat”, vertelt Rohde. Dit soort stoffen worden ook wel ‘noble metals’ genoemd, maar hebben niets met goud of zilver te maken. Het edele karakter verwijst naar de chemisch inerte eigenschappen in het zout. “In Oak Ridge werd de helft van dit soort afzettingen aangetroffen op de koepel

van het reactorvat, en de andere helft in het grafiet van deze gemodereerde reactor.” Naast het onderzoek naar de consequenties van de afzetting voor het gesmolten zout en de integriteit van het reactorvat, leverde de constatering nieuwe ideeën op voor de scheiding en extractie van nuttige isotopen van bijvoorbeeld technetium en strontium uit MSR's in de toekomst.

40 liter per dag

Rohde: “Wat we natuurlijk willen, is dat de vaste splijtingsproducten eruit gehaald

kunnen worden, want de neerslag kan de degradatie van reactorwand versnellen. Bovendien weten we dat sommige splijtingsproducten interessant kunnen zijn voor de markt.” Maar hoe haal je die materialen uit het reactorvat? “In het Europese MSR ontwerp (zoals ontwikkeld in vorige EU-projecten zoals SAMOFAR en SAMOSAFER) tap je dagelijks 40 liter zout uit het reactorvat om het te kunnen zuiveren. Dat zou ook het moment zijn om de splijtingsproducten met behulp van een inert gas zoals heliumbellen eruit te halen voor het zout weer de reactor ingaat.” Het mooie van de bellentechniek is dat het ook gassen zoals xenon en krypton bindt, zodat die met de bellen mee naar de oppervlakte stijgen. “Het gas kan je vervolgens makkelijk afvangen, maar de deeltjes niet.” Binnen MIMOSA is het de taak van de TU Delft om die techniek te ontwikkelen. Een ‘academische’ oplossing, zoals Rohde het noemt, is om een equivalent te bedenken van een reinigende olielaag die zich op water bevindt en waarbij hydrofobe deeltjes zich in de olie verzamelen. “Het probleem bij gesmolten zout van 700 graden is natuurlijk om een alternatief voor olie te vinden dat dezelfde eigenschappen zou hebben.” Een meer praktische oplossing is dat er een filtersysteem wordt gemaakt, een fuik waar de deeltjes zich ophopen. “Om dat te doen, bij hoge temperaturen, is FRESH- ➤

Gesmoltenzoutreactor – Molten Salt Reactor (MSR)

Een gesmoltenzoutreactor (MSR) is een kernreactor die vloeibare splijtstof gebruikt in plaats van vaste brandstofstaven, zoals bij de conventionele reactoren. Dit MSR-ontwerp zorgt voor een hoger rendement, verbeterde veiligheid en minder nucleair afval in vergelijking met conventionele reactoren. De eerste – en tot dusverre waarschijnlijk enige – van dit type reactoren die in bedrijf is geweest, was de experimentele Molten Salt Reactor (MSRE), die in de jaren 50 en 60 van de vorige eeuw in de laboratoria van Oak Ridge is ontwikkeld en getest. In afwijking van de traditionele PWR is het splijtbare materiaal in een MSR in vloeibaar zout opgelost dat tegelijkertijd als koelmiddel en drager van de splijtstof dient. Het originele ontwerp had grote voordelen boven een PWR: werking bij atmosferische druk, passief koelsysteem, doorlopende splijstoftoevoeging en inherente veiligheid. Daarnaast is een MSR voorzien van een vriesprop. Deze ‘freeze valve’ is de basis van het inherent veilig bedrijven van een MSR, waarbij de beveiliging berust op een vriesprop van gestold zout (de zouten stollen bij ongeveer 450 graden). Dat vriezen gebeurt elektrisch, dus wanneer de stroom wegvalt, wordt de prop vloeibaar en stroomt het zout uit de kern in een opvangbak, waarna de kernsplijting door afwezigheid van de moderator stopt. Na herstel van de stroomvoorziening kan het zout inclusief splijtbare materiaal weer worden teruggepompt in de reactor, en kan de reactor na het vriezen van de plug weer opgestart worden. MSR's kunnen ook thorium gebruiken, wat ruimer voorradig is dan uranium, en vooral kortlevend radioactief afval produceert.



© TU Delft - Martin Rohde

➤ Ruben Dewes, werkend aan de opstelling



© TU Delft - Femke Werkman

➤ Ruben Dewes en Martin Rohde bij de opstelling

UP ontworpen, een naam die verwijst naar het opschonen van het zout.”

Internationale aandacht

De FRESH-UP-opstelling met echt zout is wereldwijd gezien uniek. Met tientallen startups van MSR's binnen Europa is er veel aandacht voor de vorderingen van FRESH-UP. Rohde bevestigt dat alle data die uit het onderzoek naar voren komen, uiteindelijk door de TU beschikbaar worden gesteld voor de partijen die MSR's ontwikkelen. “Ook de Department of Energy in de US

en de IAEA namen contact met ons op. De IAEA heeft een database met MSR-gerelateerde opstellingen en ze vroegen ons of FRESH-UP daar ook in opgenomen kon worden.” Op dit moment wordt de ‘glove box’ rond de opstelling afgerond. “Die moet absoluut luchtdicht zijn en die zijn we nu aan het optimaliseren.” Rohde hoopt voor de zomervakantie al een keer de mogelijkheid te krijgen om de faciliteit “Op te stoken met zout”, zoals hij het omschrijft. “Hij zal er nadien misschien niet meer zo mooi uitzien, maar dat maakt niet uit.” Het

project wordt gefinancierd vanuit MIMOSA. Als het is afgerond, gaat het onderzoek met FRESH-UP door binnen ENDURANCE. In het vervolgonderzoek zal de focus van onderzoek op de sedimentatie en agglomeratie van de deeltjes liggen. Rohde hoopt de eerste resultaten van het huidige onderzoek voor het einde van het jaar te kunnen presenteren. “Dat had idealiter iets eerder gemoeten, maar het werken met zout heeft vaak onverwachte kanten”, aldus Rohde. **K**

Menno Jelgersma

ENDURANCE-project

Het ENDURANCE-project wordt gefinancierd door Euratom-programma voor onderzoek en opleiding en heeft als doel de veilige werking en technologische ontwikkeling van gesmoltenzoutreactoren in Europa te ondersteunen. Het programma bestaat uit een kennishub van zeven universiteiten, acht onderzoekscentra en vier Europese startups die in verschillende werkpakketten samenwerken aan het aantonen van de veiligheid de industriële toepassing van MSR-technologie. De door het project gecreëerde omgeving is een voedingsbodem voor kruisbestuiving van ideeën, oplossingen voor technologische problemen en discussie over het regelgevingskader voor MSR. De resultaten van het project vormen de basis voor een technologische en wetenschappelijke routekaart voor de toekomstige ontwikkeling en toepassing van MSR-technologie in Europa. De naam van het project is het acroniem van: EU kNowleDge hUb foR enAbling MolteN Salt ReaCtor safety development and dEPloyment.

MIMOSA-project

MIMOSA is het acroniem van: Multi-recycling strategies of LWR (Light Water Reactor) SNF (Spent Nuclear Fuel) focusing on MOLten SALT technology. Het MIMOSA-project is een onderdeel van EURATOM Onderzoek en Innovatie. Het project loopt van juni 2022 tot mei 2026 en is gericht op onderzoek naar multi-recycling van splijtstoffen zoals Plutonium en andere transuranen die nu nog als afval worden beschouwd.



Energieprijs omlaag, rekening omhoog

Mijn energiecontract loopt binnenkort af. Dus ik ben gaan zoeken naar een goed aanbod. En wat bleek: goed nieuws! De elektriciteitsprijzen zijn gedaald! Maar ik moet per maand meer betalen, bij hetzelfde verbruik. Hoe kan dat? Nou, de maandelijkse leveringskosten zijn gestegen.

We blijven in Nederland ongeveer evenveel elektriciteit per jaar gebruiken voorlopig, toch moet het elektriciteitsnet flink verzwwaard worden. Om ons voor te bereiden op meer gebruik van elektriciteit, zijn er ook meer kabels nodig om de elektriciteit van het punt van opwek naar de gebruikers te krijgen.

En al die netwerkkosten, die betalen wij met zijn allen als maandelijkse leveringskosten op de energierekening. De beste schatting voor de kosten voor de komende 10 jaar: 195 miljard. En dat wordt allemaal omgeslagen over de stroomgebruikers, bedrijven, u en ik. Dus die kosten zullen flink oplopen de komende jaren.

En als lezer van dit blad hoopt u nu misschien dat ik ga zeggen: "ga voor kernenergie, dan ontloopt u die kosten"? Helaas. Ik ben niet van de mooie praatjes, als ik ze niet met feiten kan onderbouwen. Wel vermoed ik dat een energiesysteem met een solide basislast aan kernenergie dempend zal werken op de totale kosten, en de elektriciteitsvoorziening betrouwbaarder en robuuster kan maken. Dat komt omdat kernenergie zomer en winter, dag en nacht beschikbaar is. Ook kan je kernenergie (net zoals wij nu doen met kolen- en gascentrales) vanuit een paar punten in het land opwekken en distribueren. Of juist kleinere units op strategische punten in het netwerk plaatsen, als dat beter uitkomt.

Er is bij mijn weten nog nooit een uitputtend onderzoek uitgevoerd naar wat het gunstigste systeem zou zijn. De studies die wel gedaan zijn, gaan ervan uit dat alle plannen die we voor de periode tot 2035 hebben gemaakt allemaal uitgevoerd zullen worden, en dan wordt het verschil berekend dat een paar kerncentrales meer of minder maken. En omdat dat kleine variaties zijn, is de conclusie al gauw dat het niet zo veel verschil maakt. Mijn tip voor de beleidsmakers: het zou interessant zijn om te onderzoeken wat er gebeurt met de uitkomsten van zo'n studie als je die variaties veel groter zou maken. **K**

Lars Roobol

Lars Roobol (1966) is stralingsdeskundige, natuurkundige en wiskundige. Na zijn promotie in Leiden en een postdoc-periode in Bayreuth en Londen, heeft hij als cyclotronspecialist gewerkt bij het Kernfysisch versneller instituut in Groningen, als manager bij de Hot Cell Laboratories en de Waste Storage Facility in Petten, en als stralingsdeskundige op het AmsterdamUMC, locatie AMC. Sinds 2011 werkt hij als afdelingshoofd bij het RIVM. Deze column is op persoonlijke titel geschreven.



InBeeld

Urenco Isotopes lanceert Blaise Pascal-Cascade

Enthousiast en trots neemt Urenco Isotopes de nieuwste isotopenverrijkingsinstallatie, de Blaise Pascal-Cascade, in gebruik met een symbolische druk op de knop. De Almeloze installatie wordt ingezet voor de productie van germanium, xenon, selenium en silicium. De uitbreiding komt op een cruciaal moment, aangezien het wereldwijde tekort aan belangrijke isotopen verschillende sectoren blijft treffen, waaronder de medische, de technologische en de industriële sector.



De cascade versterkt de positie van Urenco als betrouwbare leverancier van geavanceerde isotopen voor een breed spectrum van toepassingen, waaronder levensreddende medische behandelingen, geavanceerde halfgeleidertechnologieën en innovaties op het gebied van schone energie. Met een bewezen staat van dienst in de levering van hoogwaardige isotopen en een groeiende rol in het mogelijk maken van toekomstgerichte industrieën, blijft Urenco Isotopes vooroplopen op het gebied van isotopeninnovatie. Boris Schucht, CEO van Urenco: "De lancering van de Blaise Pascal-Cascade is een belangrijke mijlpaal voor Urenco Isotopes. In een tijd waarin de wereldwijde vraag naar cruciale isotopen hoger is dan ooit,

zijn we er trots op dat we met onze ultramoderne faciliteit kunnen bijdragen aan het verlichten van het tekort. Deze ontwikkeling versterkt niet alleen ons streven naar innovatie en uitmuntendheid, maar zorgt er ook voor dat we vitale industrieën en toepassingen wereldwijd kunnen blijven ondersteunen." Urenco Nederland is uniek, omdat het de centrifugetechnologie, naast uraniumverrijking, ook gebruikt om een verscheidenheid aan stabiele isotopen te produceren voor onderzoek en voor medische en industriële toepassingen. Zo worden elk jaar meer dan 2 miljoen patiëntbehandelingen uitgevoerd met nucleaire geneesmiddelen die geproduceerd zijn met stabiele isotopen van Urenco Isotopes uit Almelo. **K**



TU Delft en het Radboudumc ontvangen de LLO-Katalysator-onderwijssubsidie

De subsidie is een belangrijke stap naar een compleet scholingprogramma nucleaire geneeskunde -

©Femke Werkman - TU Delft

Recent hebben de TU Delft en het Radboudumc de LLO-Katalysator-onderwijssubsidie ontvangen. Met de LLO-subsidie willen de aanvragers een platform opzetten en een website bouwen die aan het einde van dit jaar wordt gelanceerd. Mark Rijpkema, universitair hoofddocent bij het Radboudumc, en Antonia Denkova, universitair hoofddocent bij de TU Delft, lichten het nut en de noodzaak van de aanvraag toe. “We moeten dit gezamenlijk met het hele veld oppakken.”

Nederland behoort mondiaal tot de toonaangevende landen bij de ontwikkeling van radiofarmaca. Het is 's werelds grootste leverancier van molybdeen-99/technetium-99m en alle ketenpartners zijn gevestigd binnen de landsgrenzen. Elke dag worden ruim 30.000 mensen geholpen met isotopen die in de Hoge Flux Reactor in Petten worden geproduceerd. Isotopen zijn het belangrijkste ingrediënt van nucleaire medicijnen. Ze zijn hard nodig bij het opsporen en bestrijden van onder andere hart- en vaatziekten en kanker. De ontwikkelingen binnen

de nucleaire geneeskunde gaan snel, zowel binnen de diagnostiek als bij de therapieën. Er is al lange tijd sprake van een jaarlijkse groei van 10 procent bij diagnostische procedures en er wordt zelfs een vervijfvoudiging verwacht van therapeutische toepassingen in 2040. Deze toename zorgt voor een grote vraag naar met name therapeutische radiofarmaca. Aangezien er nu al een grote behoefte is aan menskracht in dit vakgebied, worden er met de prognoses voor de toekomst grote uitdagingen op de arbeidsmarkt verwacht.

✂ Antonia Denkova (L) en Robin de Kruijff (R) van de TU Delft hebben met Mark Rijpkema en Sandra Heskamp van Radboudumc de Leven Lang Ontwikkelen (LLO) Katalysator Bouwsteen 3 onderwijssubsidie ontvangen.

LLO-katalysator

De bouw van de PALLAS-reactor en de ontwikkeling van de SHINE-faciliteit in Veendam zijn, naast de ingebruikname van nieuwe geavanceerde cyclotrons bij de ziekenhuizen, goede initiatieven om de leveringszekerheid van medische isotopen

te garanderen. De belangrijke tweede focus is het gericht opleiden van mensen die nodig zijn in de nucleaire geneeskunde. Dat er in toenemende mate behoefte is aan goed opgeleide mensen, bleek al uit diverse rapportages (zie kader). Een omvangrijk Nederlands initiatief gericht op het verbeteren en versnellen van innovaties en bedrijfsactiviteiten in de nucleaire geneeskunde (DECISIVE) heeft als doel om de volledige waardeketen van de nucleaire geneeskunde te versterken: van de productie van stabiele isotopen tot de behandeling van patiënten, van onderzoek naar nieuwe behandelingen tot de klinische implementatie. En daar hoort ook een passend scholingsprogramma bij. Denkova: “Het kwam voor ons onverwacht dat het DECISIVE-project door het wegvallen van het nationaal groeifonds niet doorging (zie kader), maar dat betekende gelukkig niet dat alles voor niets was geweest, want het hele consortium is bij elkaar gebleven. We zijn op zoek gegaan naar alternatieve financieringsbronnen. Voor

het deel Opleiding en Scholing hebben de TU Delft en het Radboudumc samen een subsidieaanvraag gedaan bij de LLO-katalysator (Leven Lang Ontwikkelen).” De LLO-Katalysator is een meerjarig programma waarmee onderwijsinstellingen in het middelbaar beroepsonderwijs, hogescholen en universiteiten samenwerken met maatschappelijke organisaties en het bedrijfsleven, om zo een stevige impuls te geven aan een LLO-programma. Een eerste aanvraag is inmiddels toegekend. “Het is een subsidie die ons in staat stelt om het veld bij elkaar te brengen, een platform op te zetten en een website te bouwen met het oog op communicatie en centralisatie van het al aanwezige, maar versnipperde cursusaanbod”, licht Denkova toe.

Platform

De website van het Nuclear Medicine Education Program (nmep.nl) wordt op dit moment gebouwd en zal aan het eind van dit jaar gelanceerd worden. “We willen hierop een overzicht geven van wat er al is,

en dat aanvullen met nieuw te ontwikkelen gerichte onderwijsprogramma's. We gaan niet iets maken wat er al is, maar willen de 'gaten' in het onderwijsaanbod identificeren, om die vervolgens in te gaan vullen.” Daarnaast legt Rijpkema uit dat de plannen om invulling te geven aan gerichte onderwijsprogramma's nu worden gemaakt: “We zijn op dit moment bezig met een volgende subsidieaanvraag om onderwijscontent te creëren.” Die behoefte aan inhoud wordt concreet gemaakt door de vraag neer te leggen binnen het gehele veld; bij de Nederlandse (academische) ziekenhuizen, universiteiten, industrie en beroepsverenigingen. Het Nuclear Medicine Education Program mag dan wel een paar jaar geleden ontstaan zijn binnen het DECISIVE-consortium, maar nodigt expliciet het gehele veld uit om deel te nemen: “We staan open voor alle samenwerkingen”. De behoefte aan nieuwe mensen is nijpend. Eind 2024 werd de Roadmap Nucleaire Geneesmiddelenontwikkeling gepresenteerd op initiatief van de Directie Medische Isotopen van het Ministerie ✕

✕ Voor het deel Opleiding en Scholing hebben de TU Delft en het Radboudumc samen een subsidieaanvraag gedaan bij de LLO-katalysator (Leven Lang Ontwikkelen).



van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. Rijpkema: "Hierin staat heel expliciet vermeld dat een tekort aan human capital een van de grootste bedreigingen is in de komende jaren voor de groei van het veld." Hij benadrukt dat dezelfde conclusie ook in het rapport van Technopolis naar voren kwam. "We zien aan de ene kant dat er weinig personeel is – iets wat in heel veel sectoren waarneembaar is – maar het veld groeit ook nog eens een keer heel hard." Die groei schrijft hij vooral toe aan de recente ontwikkelingen in radionuclidetherapie. "Dat begint bij de productie van therapeutische radionucliden en bestrijkt vervolgens het hele veld naar toediening, beeldvorming en toepassen van therapie", aldus Rijpkema.

Hoop op complete masteropleidingen

Onderwijs en opleidingen binnen het veld zijn schaars en niet gecentraliseerd, en de nieuwe ontwikkelingen maken bij- en nascholing van professionals in het

werkveld noodzakelijk. Denkova: "We zijn op dit moment niet bezig met het creëren van nieuwe opleidingen, maar we willen bijscholingsonderwijs bieden aan mensen die afkomstig zijn van een universiteit of hbo, en in een later stadium ook van een mbo, zodat ze kunnen doorstromen in de nucleaire geneeskunde." Denkova hoopt dat er uiteindelijk complete masterprogramma's zullen komen voor de verschillende functies in het nucleair geneeskundige veld, maar zover is het nog niet. "Het ontbreekt op dit moment aan mensen om een dergelijke master vorm te geven." Volgens Rijpkema is bijscholing ook nodig voor de mensen die nu al actief zijn in het veld, vanwege de snelle ontwikkeling van het vakgebied. Denkova vult aan dat de nucleaire geneeskunde ook nog eens zoveel subdisciplines bevat dat niet volstaan kan worden met een enkele opleiding. Radboudumc en de TU Delft hebben met

de LLO-katalysator het voortouw genomen, maar dat betekent niet dat onderwijs of bijscholing per definitie aan een van de twee initiatiefnemers moet worden gevolgd. Denkova: "Als we een onderwijsmodule opzetten waarvan we weten dat een ander instituut over meer expertise beschikt, dan willen we vooral die ander bij het beoogde onderwijsaanbod betrekken. We hebben de visie dit met het gehele veld samen op te pakken."

Vrijwilligerswerk

Met de te verwachten veranderingen in de komende jaren zullen ook de behoeften aan onderwijs veranderen. Daarom wordt los van de opzet van het platform continu bekeken wat er in het veld gebeurt om 'bij' te blijven. Rijpkema: "Op dit moment zijn heel veel mensen bijvoorbeeld geïnteresseerd in de ontwikkeling van therapieën met alfa-emitters zoals

✎ Denkova: "We willen bijscholingsonderwijs bieden aan mensen die afkomstig zijn van een universiteit of hbo, en in een later stadium ook van een mbo, zodat ze kunnen doorstromen in de nucleaire geneeskunde."



© Roy Borghouts Fotografie

Actinium-225, maar misschien is er over een paar jaar weer een nieuwe therapie waar het veld enthousiast van wordt en dan zijn er weer andere scholingsbehoeften.” Er is weliswaar een plan waarin een tijdspad voor de ontwikkeling van gericht onderwijs is opgenomen, maar “we zijn afhankelijk van subsidies. Al het werk dat tot nu toe verricht is, is eigenlijk vrijwilligerswerk. Dus we hebben echt een grote behoefte aan meer geld en menskracht om dit initiatief verder te ontwikkelen.” Volgens beiden gaat het uiteindelijk zeker wel lukken, niet in de laatste plaats omdat niemand twijfelt aan het nut en de noodzaak van goed en gericht onderwijs, de betere perspectieven voor patiënten en de kansen voor Nederland om zijn huidige positie te behouden en te versterken. De hoop is er nu op gericht dat het onderwerp weer wordt opgepikt door de Programmadirectie Medische Isotopen van het ministerie van VWS. Rijkema: “Het is misschien een stip op de horizon, maar we hebben de ambitie om mondiaal de leider te zijn in het aanbieden van opleidingen op het gebied van de nucleaire geneeskunde.” **K**

Menno Jelgersma

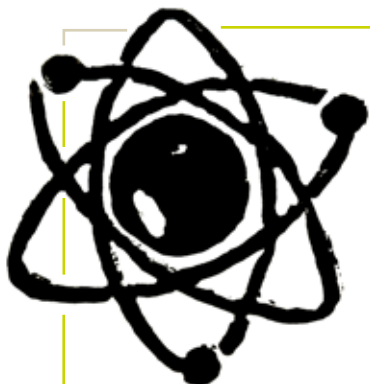


© Radboudumc

➤ Mark Rijkema, universitair hoofddocent Radboudumc: “Bijscholing is ook nodig voor de mensen die nu al actief zijn in het veld, vanwege de snelle ontwikkeling van het vakgebied.”

FAST, Technopolis, de Roadmap en DECISIVE

In de afgelopen jaren is een jaarlijkse groei van 10 procent bij diagnostische procedures te zien, en er wordt een verviervoudiging verwacht van therapeutische toepassingen in 2040. Deze groei is niet alleen een gevolg van de vergrijzing. Het is in de afgelopen decennia duidelijk geworden dat kanker niet alleen vaker voorkomt bij ouderen, maar dat het aantal mensen dat kanker ontwikkelt in de leeftijdsgroep van 14 tot 50-jarigen met 80 procent is toegenomen. De groei van de inzet van medische isotopen en de ontwikkeling van innovatieve therapieën geven al aan dat er toenemende behoefte is aan mensen in het vakgebied van de nucleaire geneeskunde. Technopolis heeft in opdracht van het Centre for Future Affordable and Sustainable Therapy development (FAST) in 2020 een overzicht gemaakt van het hele Nederlandse nucleaire ecosysteem. FAST werd in 2020 opgericht om innovatieve therapieontwikkeling in Nederland te stimuleren. Een vervolg hierop betrof de Roadmap Nucleaire Geneesmiddelenontwikkeling. Dit gebeurde in opdracht van het ministerie van VWS, waarbij het belang van de nucleaire geneeskunde en dat van Nederland als een van de toonaangevende landen wereldwijd duidelijk werd gemaakt. Al een jaar eerder was project DECISIVE (Dutch Isotopes Save Lives) gelanceerd, een groot landelijk consortium van stakeholders in de nucleaire geneeskunde in Nederland. Dit initiatief is gericht op het verbeteren en versnellen van innovaties en bedrijfsactiviteiten in de nucleaire geneeskunde, en is vooral belangrijk vanwege de groei van het vakgebied en het belang van de nucleaire geneeskunde. Na anderhalf jaar intensieve voorbereiding werd een aanvraag voor subsidie bij het Nationaal Groeifonds ingediend. Met het Nationaal Groeifonds investeerde de Nederlandse overheid vanaf 2021 € 20 miljard in projecten die zorgen voor het duurzame verdienvermogen van Nederland. Bij de start van het nieuwe kabinet in mei 2024 werd echter besloten om het Nationaal Groeifonds uit te faseren. Dit betekende dat de eerder geplande rondes 4 en 5 waren komen te vervallen en DECISIVE op zoek moest naar andere financieringsbronnen.



Nucleaire Notities

Met een beetje geluk kom je ze nog weleens tegen in tweedehandswinkels: vaasjes of glazen van het kenmerkende groene of gele uraniumglas. Het gaat dan om glas waaraan een kleine hoeveelheid uraniumdioxide of natriumdiuranaat is toegevoegd, waardoor het onder ultravioletstraling oplicht.

Het glas werd vooral tussen 1870 en 1940 op grote schaal geproduceerd en gebruikt in kunstvoorwerpen, lampen, medicijnflesjes, vazen en schalen. Het glas is laagradioactief, niet schadelijk voor de gezondheid en tegenwoordig zeer gewild bij verzamelaars.

Nucleaire wetenschap en technologie zijn tegenwoordig van groot belang in de kunstwereld en de archeologie. Nucleaire technieken worden gebruikt bij het bestuderen en conserveren van waardevolle culturele objecten en kunstschaten. Zo kan met behulp van röntgenfluorescentieanalyse (XRF) de samenstelling van het kunstvoorwerp nauwkeurig worden vastgesteld. In 2010 gebruikten wetenschappers in Frankrijk de XRF-methode om de Mona Lisa te bestuderen, het 16e-eeuwse meesterwerk van de Italiaanse kunstenaar Leonardo da Vinci. De onderzoekers analyseerden de samenstelling en dikte van de verschillende lagen verf en glazuur en konden zo de 'sfumato'-techniek, de fijne arceringen die zachte overgangen tussen kleuren creëren en het kunstwerk zo levensecht maken, van Da Vinci beter begrijpen. Röntgenanalyse werd ook gebruikt om het beroemde schilderij van Picasso De oude gitarist uit zijn blauwe periode te bekijken. De analyse liet zien dat hij het schilderij op een eerder gebruikt

canvas had gemaakt. Onder de verf zaten twee eerdere composities: een oudere vrouw met haar hoofd naar voren gebogen en een jonge moeder met een kind. Dezelfde methode toonde aan dat Vincent van Goghs schilderij Hoofd Van een Boerin over een eerder gemaakt zelfportret van de kunstenaar was geschilderd. Dit alles kon worden ontdekt



zonder het kunstwerk te beschadigen. Andere methoden die gebruikt worden om de chemische samenstelling en structuur van materialen te onderzoeken zijn röntgendiffractie (XRD), neutronenactiveringsanalyse (NAA) en verschillende ionenbundelmethode, zoals proton-geïnduceerde röntgenemissie (PIXE), proton-geïnduceerde gammastraalemissie (PIGE) of versnellermassaspectrometrie (AMS).

En om weer terug te komen op nucleaire technieken en glas: in het Allard Pierson Museum in Amsterdam is op dit moment de tentoonstelling Van Glas, gemaakt in de oudheid te zien. Ruim 200 glazen voorwerpen uit de archeologielecollectie van het Allard Pierson zijn voor het publiek tentoongesteld, waar het indrukwekkend is om te zien hoe goed glazen objecten al eeuwenlang bewaard zijn gebleven. Al in de vijftiende eeuw voor Christus werden glazen objecten gemaakt en in de Romeinse tijd waren glazen flessen en drinkbekers een veelvoorkomend gebruiksvoorwerp. De afgelopen jaren zijn de nieuwste onderzoeksmethoden ingezet om de technische aspecten van glas uit de oudheid te doorgronden. Zo zijn verschillende glazen objecten onderzocht in samenwerking met de wetenschappers van het Reactor Institute Delft. Met behulp van nieuwe wetenschappelijke methoden onderzochten de onderzoekers de exacte samenstelling en fabricageprocessen van oude glazen voorwerpen. Ze gebruikten hierbij zowel een kernreactor als geavanceerde röntgentechnieken. Een mooi voorbeeld van wetenschappelijke samenwerking en de toegevoegde waarde van nucleaire techniek voor het behoud van cultureel erfgoed. De tentoonstelling in Amsterdam is nog te zien tot 1 maart 2026. **K**

Sarala Jelgersma

Women in Nuclear Netherlands verbindt en ondersteunt

Women in Nuclear Global (WiN Global) is met ongeveer 35.000 leden en meer dan 20 partners een solide netwerk met een sterke aanwezigheid in meer dan 145 landen, regio's en internationale organisaties. Nederland behoorde tot de uitzonderingen. Tot 2025; In maart vond de eerste kickoff meeting plaats voor de oprichting van Women in Nuclear Netherlands (WiN Netherlands). Op 2 juli 2025 aanstaande vindt de officiële handeling bij de notaris plaats en zal ook Nederland een eigen unieke 'chapter' hebben.



© Jolanda Fisser

Het initiatief voor de oprichting van de vereniging WiN Netherlands verliep volgens dr. ir. Aleksandra Kotlewska, manager Risk & Reliability bij NRG PALLAS en beoogd voorzitter van WiN Netherlands, via twee lijnen. "Katarzyna Zasadni, medeoprichter en boardmember van Women in Nuclear Poland en werkzaam in Nederland, heeft de vrouwen binnen haar netwerk aangeschreven met de vraag: Waarom is er geen Women in Nuclear Netherlands? Tegelijkertijd was het drs. Haske Reiling, Trainee Nuclear Technology NRG PALLAS en de vicevoorzitter in spe, die hetzelfde initiatief nam. Die twee krachten kwamen bij elkaar en dat leidde tot de kick-off van het chapter Women in Nuclear Netherlands

op 7 maart 2025 jongstleden." Drs. Anne Kramer, data engineer NRG PALLAS en de nieuwe secretaris van WiN Netherlands: "Deze eerste bijeenkomst, die geheel door NRG PALLAS was gesponsord, was heel inspirerend. Er was een grote verscheidenheid aan vrouwen aanwezig, afkomstig van verschillende nucleaire bedrijven: NRG PALLAS, Urencos, SHINE, Thorizon, JRC en KGG en de ANVS, om ervaringen en ideeën te delen."

Loopbaan

Een belangrijk onderdeel van de bijeenkomst was volgens Kramer dat de aanwezigen ervaringen konden delen die zij in het 'nucleaire veld' opdeden. "Maar ook de problemen die mensen zoal

➤ Aleksandra Kotlewska

tegenkomen en wat de mogelijkheden zijn om elkaar te ondersteunen", voegt Kramer toe. Zo staan vrouwen in hun carrière vaak voor andere uitdagingen dan mannen. Volgens Kotlewska denken veel mensen vaak onterecht dat het moederschap een belemmering is voor carrièrekansen. "Ik wil dat meer vrouwen zich realiseren – en ik kan dat uit eigen ervaring bevestigen – dat er ook na het krijgen van kinderen voldoende mogelijkheden zijn om je loopbaan vorm te geven." Kramer beaamt dat en ziet de waarde in van het uitwisselen van ervaringen. "Ik zit in een levensfase waarin dit soort vragen opkomen. Het is dan heel goed om deel ➤



➤ De eerste WiN Netherlands-bijeenkomst in maart werd als zeer inspirerend ervaren. Er was een grote verscheidenheid aan vrouwen aanwezig, afkomstig van de verschillende Nederlandse nucleaire bedrijven en instellingen.

uit te maken van een netwerk binnen Women in Nuclear Netherlands om dit bespreekbaar te maken.”

Vergroten bekendheid nucleair

Van de mensen die in de nucleaire sector werken en bètafuncties bekleden, is minder dan 30 procent vrouw. Volgens

Kotlowska heeft dat voor een groot deel te maken met de onbekendheid van de sector. “Veel vrouwen die technisch geschoold zijn, weten vaak niet dat er heel veel kansen voor ze zijn in de nucleaire sector. Wij zijn ervan overtuigd dat de vereniging WiN Netherlands dan ook een grote rol kan spelen om de bekendheid van nucleair te vergroten en

om jonge talenten aan te trekken.” Het gaat daarbij volgens haar echt niet alleen om nucleair opgeleide mensen. “Of het nou gaat om chemici, natuurkundigen, civiele ingenieurs of andere bèta-studierichtingen, voor al deze mensen is er een toekomst in de nucleaire sector.” Naast onbekendheid bij vrouwen die al een studie volgen of zijn afgestudeerd, zijn er nog steeds minder vrouwen die

WiN Global, Europe en Netherlands

De nieuwe vereniging WiN Netherlands zal deel uitmaken van de overkoepelende Women in Global (WiN Global), die weer is onderverdeeld in continenten. Elk land, maar ook elk continent, kent zijn eigen uitdagingen. In Europa zijn er alleen al 20 chapters en Women in Europa verschilt door de onderscheidenlijke culturen in dynamiek van bijvoorbeeld Noord-Amerika. WiN Global vormt in ieder geval de kern en is een non-profitorganisatie van vrouwen die professioneel werkzaam zijn op verschillende gebieden in de nucleaire sector, van werken bij een kerncentrale tot radiologisch medewerker in een ziekenhuis. Sinds de oprichting op 27 november 1992 heeft WiN Global zich een sterke pleitbezorger getoond voor duurzaamheid, diversiteit, gendergelijkheid en het aantrekken van jong talent. Daarnaast bestaat WiN Europe als organisatie. Deze is opgericht in 2010 en verenigt bijna 20 landen. Ook WiN Europe promoot de diversiteit van nucleaire beroepen en het aantrekken van vrouwen als een van de essentiële bronnen van innovatie in deze tijd van klimaatverandering.



voor bètastudies kiezen. “100 jaar geleden was er maar een vrouw werkzaam in nucleair, die bovendien een zeer sterk rolmodel voor de sector is: Maria Salomea Skłodowska, beter bekend als Marie Curie. Nu zijn het er weliswaar meer, maar er valt nog veel te winnen”, aldus Kotlewska. Samenvattend geeft zij aan dat WiN Nederland als doel heeft om een inspiratie en ondersteuning te zijn bij de loopbaanontwikkeling van mensen in de nucleaire sector. Daarnaast wil de vereniging een evidence-based en open dialoog met het publiek aangaan, om het bewustzijn te vergroten dat met het vreedzame gebruik van nucleaire technologie cruciale uitdagingen zijn aan te pakken, te weten: klimaatverandering, gendergelijkheid en het aantrekken van jong talent. Kotlewska: “De kernwoorden zijn: aantrekken, ondersteunen, verbinden en behouden.”

De eerstvolgende stap is het tweede event

Wat kunnen mensen verwachten bij deelname aan WiN Netherlands? Volgens Kramer is naast het delen van kennis vooral het netwerken heel belangrijk. “Maar we willen ook een antwoord kunnen geven als er vragen komen over loononderhandelingen of ervoor zorgen dat mensen gerichte workshops kunnen volgen. Het ligt allemaal nog open. Een eerste volgende stap is het organiseren van een tweede event als de vereniging officieel van start is gegaan.” Kotlewska: “We willen vrouwen ook een platform bieden waar ze terecht kunnen met vragen, zoals: wie kan mij begeleiden in mijn loopbaan, kan iemand mij coachen?” Daarom zoekt Kotlewska ook naar mannen met ideeën die een bijdrage aan de nieuwe vereniging zouden kunnen geven. “Ondanks het feit dat heel veel vrouwen, en mannen, geëmancipeerd zijn, zie je toch nog steeds dat mannen in bepaalde sectoren de topfuncties bekleden.” Ook bij NRG PALLAS bestaat het bestuur voor het overgrote deel uit mannen. Kotlewska:

©Anne Kramer



➤ Anne Kramer: “We willen ook een antwoord kunnen geven als er vragen komen over loononderhandelingen, of ervoor zorgen dat mensen gerichte workshops kunnen volgen.”

“Ik ben werkzaam als vrouw in nucleair en ik wil de verandering naar meer vrouwen en een gelijke verdeling gestalte geven. Vrouwen in het algemeen zorgen in gezelschappen voor een andere dynamiek; een dynamiek die de nucleaire sector hard nodig heeft.”

Website en platform

Lid worden kan pas na 2 juli, als Women in Nuclear Netherlands officieel een vereniging is en de administratie op poten is gezet. Op dit moment wordt er hard gewerkt om de website te bouwen die als platform kan dienen voor iedereen die meer wil weten over de nieuwe vereniging

of zich wil aanmelden als lid. Kramer: “Ik kan niet wachten tot we echt up and running zijn, want we willen echt zo snel mogelijk aan de slag gaan.” De datum voor het tweede event, dat de officiële start van de Nederlandse vereniging zal aankondigen, staat nog niet vast, maar Kotlewska gaat ervan uit dat het in het najaar plaatsvindt in Almelo bij Urenco Nederland. Deze zomer gaat Haske Reiling naar de jaarlijkse Women in Nuclear Global, die dit jaar in Londen wordt georganiseerd. Kotlewska: “Ik hoop dat we volgend jaar zelf een presentatie kunnen geven over ons initiatief en onze nieuwe vereniging.” **K**



Radio-isotopen extraheren met microfluidica

Promotie Anand Sudha aan de TU Delft

Op 24 april 2025 promoveerde Anand Sudha aan de TU Delft op zijn onderzoek naar het gebruik van microfluidische stromingen voor het efficiënt extraheren van radio-isotopen. Zijn werk levert waardevolle inzichten op voor de ontwikkeling van compacte, efficiënte systemen voor radio-isotoopproductie — relevant voor onder meer medische toepassingen.

In microkanalen kunnen twee vloeistoffen parallel aan elkaar stromen. Dit maakt een snelle overdracht van stoffen mogelijk, zoals die van een radio-isotoop in oplossing na activering naar een extractievloeistof. Zo'n methode is bijzonder geschikt voor isotopen met een korte halfwaardetijd, waarbij een snelle verwerking essentieel is. Sudha ontwikkelde een verbeterde simulatiemethode (op basis van de Lattice Boltzmann-techniek) om

zulke stromingen en de bijbehorende massaoverdracht beter te kunnen voorspellen. Ook testte hij diverse kanaalgeometrieën om lekkage tussen de vloeistoffen te beperken. Met name een aangepaste kanaalvorm met een extra uitgang en een asymmetrisch 'stap'-kanaal bleken succesvol in het behouden van een stabiele, gescheiden stroming.

Sudha voerde dit onderzoek uit binnen de groep Transport Phenomena in

Nuclear Applications binnen de afdeling Radiation Science & Technology, onder begeleiding van dr. Martin Rohde en prof. dr. ir. Jan-Leen Kloosterman. Anand werkte nauw samen met twee andere promovendi: Svenja Trapp en Albert Santoso. Urenco, TRIUMF, NRG, het UMCG en Fluidomica waren betrokken bij het onderzoek. Het onderzoek werd gefinancierd door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO). **K**

Nuclear Pop! Verander het imago van nucleair met kunst



Gemuteerde monsters, doomsday-scenario's en oplichtende vaten afval. Kernenergie wordt al decennia verkeerd voorgesteld in populaire cultuur. De grassrootsorganisatie Generation Atomic wil deze gedateerde stereotypen vervangen door accurate en positieve beeldvorming. In samenwerking met de IAEA riepen ze artiesten wereldwijd op om mee te doen aan de Nuclear Pop! Art Contest.

Inzendingen konden bestaan uit tekeningen, stripverhalen, digitale kunst. De inzendingen kwamen van over de hele wereld en waren zeer divers. Ze werden beoordeeld door een zeskoppige jury, waaronder Robert Stone, bekend van zijn documentaire Pandora's Promise, over het nucleaire debat. Naast een geldprijs voor de top drie winnaars werden geselecteerde werken tentoongesteld op de Internationale Conferentie van de IAEA van 26 tot 30 mei. In de aankondiging van de expositie vergeleek de IAEA de kunst met de popartbeweging: 'Terwijl de klimaatcrisis steeds heviger wordt, krijgt een gedurfd nieuw genre vorm: nucleaire kunst. Nucleaire kunst is niet langer beperkt tot symboliek uit de

Koude Oorlog of dystopische beelden, maar wordt opnieuw verbeeld door een nieuwe golf kunstenaars, ontwerpers en communicatoren die atoomenergie niet zien als een ramp, maar als een katalysator. Net zoals de Pop Art-beweging in de jaren '60 een revolutie teweegbracht in de manier waarop de maatschappij tegen massacultuur en consumptisme aankeek, vraagt Nuclear Pop! het publiek om het culturele verhaal van kernenergie te herzien – van angst en fall-out tot innovatie en duurzaamheid.

Prijswinnaars

De Filipijnse Airi Takada won de eerste prijs met een stripverhaal over de energieproblemen in de Filipijnen. De

manga vergelijkt de oude jeepneys, die rijden op verouderde en vervuilde motoren, met moderne jeepneys die schoner maar duurder zijn. Dit weerspiegelt het wereldwijde debat tussen fossiele brandstoffen, die goedkoop maar schadelijk zijn, en kernenergie, schoner maar duurder. De tweede plaats ging naar een cartoon, gemaakt door de Spaanse Sofia Arfinengo del Carpio. Ze verbeeldt de absurde situatie van demonstranten die protesteren tegen nucleair en toch net zero willen door in drie pakkende beelden de termen fusion, fission en fiction weer te geven. De derde prijs ging naar de Pakistaanse Umair Zia Malik, die in een bijzonder gedetailleerde tekening de technologische reis van de mensheid laat zien. Beginnend bij de jacht op mammoeten via vele ontdekkingen en innovaties tot de moderne tijd, waarin we aan de vooravond staan van het ontsluiten van immense energie en een werkelijk overvloedige bron van kennis en licht. Naast de winnaars is op de website van Generation Atomic ook een 'starred selection' en vijftientwintig eervolle vermeldingen te zien. **K**



**Word
begunstiger*
van Stichting
KernVisie
en ontvang
KernVisie
Magazine
6x per jaar**

De Stichting KernVisie streeft naar het vergroten van het draagvlak voor nucleaire technologie en al haar toepassingen. Haar communicatiemiddelen zijn het tweemaandelijks KernVisie Magazine, de Nieuwsberichten en de website.

Het Magazine wordt verstuurd aan begunstigers van de Stichting, leden van NNS en KIVI-Kerntechniek waarvan de gegevens die nodig zijn voor verzending bij de stichting bekend zijn en aan andere belanghebbenden. Daarnaast verzorgen vertegenwoordigers van de stichting lezingen en gastcolleges. De Stichting streeft ernaar om de informatie over kerntechnologie toegankelijk en aantrekkelijk te maken voor haar KernVisie-lezers en bezoekers van hun website.

Leden van de NNS en KIVI-Kerntechniek kunnen zich, met vermelding van NNS resp. KIVI-KE en lidmaatschapsnummer, voor het magazine aan- of afmelden via het contactformulier op de website.

*** Wilt u zich aanmelden als begunstiger van Stichting KernVisie?**

Geef ook daarvoor uw gegevens door via het contactformulier op de website.

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



Stichting KernVisie
EEN ENERGIEK INITIATIEF

E-mail: KernVisie@KernVisie.com