



**KERNVISIE
MAGAZINE**

Afscheid van
onze voorzitter
André Versteegh

AlfaRim bouwt
productiefaciliteit
voor actinium-225

**KERNVISIE
SPECIAL
COVRA**

4
Augustus
2025

UITGAVE VAN
STICHTING KERNVISIE

**Op weg naar
gepersonaliseerde
kankerzorg**





Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

Jaargang 20
Nummer 4
Augustus 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
Dr. R.P.C. Schram
Ir. G.C. van Uitert

Redactie KernVisie Magazine

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

Contactgegevens

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

Dr. Konstantinos Chatzipapas
Foto ©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.

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

Medische doorbraken en een persoonlijk afscheid



Er zijn weer interessante ontwikkelingen op medisch gebied waar we melding van kunnen maken. Dr. Konstantinos Chatzipapas, recent benoemd universitair docent aan de TU Delft, combineert medische beeldvorming met computationele technieken en bioprinting om een revolutie teweeg te brengen in kankerbehandelingen die zijn afgestemd op de persoonlijke biologie van patiënten. Hij creëert 'digitale tweelingen' en 3D-biogeprinte weefselmodellen om behandelingen virtueel te testen en op maat te maken, wat de patiëntenzorg veiliger en effectiever maakt. Verder wordt er hard gewerkt aan de ontwikkeling en de bouw van de actinium-225-productiefaciliteit van AlfaRim op de TU Delft campus. AlfaRim wil als eerste bedrijf ter wereld actinium-225, dat wereldwijd een van de meest gezochte therapeutische isotopen voor de behandeling van kanker, op industriële schaal gaan produceren. Maar waar geproduceerd wordt, ontstaat ook afval. Met de toenemende aandacht voor nucleair, of het nu om medische toepassingen gaat of nucleaire energie, er is geen sector die zo zorgvuldig omgaat met het afvalbeheer als de nucleaire sector. Speciale aandacht gaat er daarom dit keer uit naar de bouw van het MOG (Multifunctioneel Opslag Gebouw) op het terrein van de COVRA in Borsele. Hier wordt straks het laag- en middelradioactief afval opgeslagen van nieuwe kerncentrales, afval van de kerncentrale Dodewaard en historisch afval van NRG PALLAS uit Petten. Uiteindelijk zal ook het afval dat in de toekomst van AlfaRim afkomstig zal zijn, veilig bij COVRA worden opgeslagen.

Dit was mijn laatste voorwoord voor ons magazine. Ik draag het voorzitterschap van KernVisie na bijna 15 jaar graag over aan Ronald Schram. Ik heb het altijd met veel plezier gedaan en het voorzitterschap is bij hem in goede handen. Het ga u goed!

Namens het bestuur wens ik iedereen een hele fijne vakantie toe! **K**

André Versteegh
voorzitter Stichting KernVisie

P04



Medisch

Gepersonaliseerde kankerzorg met digitale tweelingen

Stel je een toekomst voor waarin kankerbehandelingen nauwkeurig kunnen worden afgestemd op de persoonlijke biologie van patiënten met behulp van geavanceerde computationele technieken en bioprintingtechnologieën. De realisatie van dit toekomstbeeld is de passie van dr. Konstantinos Chatzipapas, de nieuwe universitair docent bij de TU Delft.

P10 Maatschappij

Afscheid van onze voorzitter André Versteegh

Na bijna vijftien jaar stopt André Versteegh als voorzitter van de Stichting KernVisie. Hij zal het voorzitterschap overdragen aan Ronald Schram, Director Strategic Alliances bij NRG Pallas. In zijn bestuursperiode maakte hij roerige tijden mee. Van een voorzichtige eerste nucleaire renaissance en de gebeurtenissen in Fukushima tot de huidige opleving van kerntechnologie, zowel voor energieopwekking als voor medische toepassingen.

P14



Medisch

AlfaRim bouwt productiefaciliteit voor actinium-225

Als alles volgens plan verloopt, gaat in het laatste kwartaal van dit jaar op de TU Delft-campus, waar zich ook het RID bevindt, de eerste paal de grond in voor de bouw van de actinium-225-productiefaciliteit van AlfaRim. Hanno Mak, algemeen directeur AlfaRim: "Wij gaan als eerste bedrijf ter wereld actinium-225 op industriële schaal produceren."

P18 COVRA Special

COVRA is klaar voor de toekomst met het nieuwe Multifunctioneel OpslagGebouw

Naast het bestaande en inmiddels beroemde HABOG (Hoogradioactief Afval Behandelings- en OpslagGebouw) verrijst het Multifunctioneel OpslagGebouw, oftewel het MOG, op het terrein van de COVRA (Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval) in Borsele. Met zijn witte gevelbekleding is het gebouw wellicht minder in het oog springend dan het oranje HABOG, maar niet minder bijzonder. Hier wordt straks het laag- en middelradioactief afval opgeslagen van nieuwe kerncentrales, afval van de kerncentrale Dodewaard en historisch afval van NRG uit Petten.



P07

Boekbespreking

Rad Future van Isabelle Boemeke

P10

Nucleaire Notities

Insectenpopulaties beheersen

P11

Column

Lars Roobol: Nieuwe vragen bij vooruitgang

P12

InBeeld

Spanje gaat uitfasering nucleair heroverwegen



Medisch

Op weg naar gepersonaliseerde kankorzorg met digitale tweelingen

Stel je een toekomst voor waarin kankerbehandelingen nauwkeurig kunnen worden afgestemd op de persoonlijke biologie van patiënten met behulp van geavanceerde computationele technieken en bioprintingtechnologieën. De realisatie van dit toekomstbeeld is de passie van dr. Konstantinos Chatzipapas. Hij werd recent benoemd tot universitair docent Stralingsdosimetrie en Biofysica bij de afdeling Science & Technology, sectie Applied Radiation & Isotopes van de TU Delft. “De geavanceerde faciliteiten van de universiteit, waaronder de DelftBlue-supercomputer en de onderzoeksreactor van het Reactor Institute Delft, bieden ongeëvenaarde mogelijkheden om mijn onderzoek te bevorderen.”

©Irene van Kessel



Met zijn brede achtergrond werkt Chatzipapas bij de TUDelft op het snijvlak van medische fysica, geavanceerde computationele technieken en geavanceerde bioprintingstechnologieën. “Ik ben misschien niet de eerste die medische fysica, computationele technieken en bioprinting combineert, maar ik ben wel gepassioneerd over de integratie van de onderzoeksvelden om dosimetrie en medische beeldvorming te verbeteren. De opkomst van toegankelijke additieve productiesystemen inspireerde me tot een tweede MSc in Design and Manufacturing of Sports Vehicle Systems, waar ik 3D-geprinte modellen ontwikkelde met behulp van biocompatibele materialen. Met deze modellen kunnen we de distributie van geneesmiddelen en stralingseffecten nauwkeurig bestuderen, waardoor we dosimetrie, microdosimetrie en gepersonaliseerde geneeskunde kunnen transformeren.” Het gebruik van 3D-printing en ‘digital twins’ heeft de potentie om de medische zorg te verbeteren. “Stel je voor dat je een kankerbehandeling test op een virtuele replica van een patiënt voordat deze ooit wordt toegepast”, legt Chatzipapas uit. “Met 3D-bioprinting kunnen we patiënt-specifieke weefselsmodellen of exacte replica’s maken van bijvoorbeeld tumoren of sferoiden. Deze kunnen worden gebruikt om bestralingstherapieën of systemen voor het toedienen van medicijnen te testen voor de behandeling, waardoor de risico’s geminimaliseerd en de resultaten geoptimaliseerd worden. Zo zouden bioprinted-modellen van de tumor van een patiënt klinici kunnen helpen om de radionuclidetherapie zo aan te passen dat deze gericht is op kankercellen, terwijl gezond weefsel bespaard blijft.” Met het gebruik van zogeheten digitale tweelingen – virtuele replica’s van de anatomie of biologische processen van een patiënt – kan worden gesimuleerd hoe straling of medicijnen in real time op weefsels inwerken. “Door deze technologieën te integreren met computationele methoden zoals Monte Carlo-simulaties, kunnen we de behandelresultaten nauwkeurig voorspellen

en zo de patiëntenzorg verbeteren. Mijn doel is om een nieuwe standaard te zetten in precisiegeneeskundetechnieken, waarbij behandelingen zullen worden ontworpen, virtueel getest en op maat gemaakt voor elke patiënt voor betere, veiligere kankerzorg”, aldus een enthousiaste Chatzipapas.

Uitdagingen

Voordat het zover is dat deze technieken ook daadwerkelijk in klinische procedures kunnen worden toegepast, zijn er verschillende uitdagingen die overwonnen moeten worden. “Ten eerste moeten we voor het bio-printen van complexe weefsels biomaterialen creëren die de eigenschappen van menselijk weefsel exact nabootsen en tegelijkertijd veilig en schaalbaar zijn voor klinisch gebruik”, aldus Chatzipapas. “De huidige biocompatibele materialen hebben vaak niet de duurzaamheid of complexiteit die nodig is voor langetermijnstudies.” Ten tweede vraagt het maken van nauwkeurige digitale tweelingen om beeldvorming met hoge resolutie en computermodellen die de enorme hoeveelheid gegevens aankunnen die nodig zijn om patiëntspecifieke biologische processen in real-time te simuleren. Dit vereist aanzienlijke verbeteringen in rekenkracht, AI-algoritmen en beschikbaarheid van patiëntgegevens. Als derde uitdaging noemt Chatzipapas de regelgeving voor het bioprinten van weefsels en de behandelingen die gebaseerd zijn op de digitale tweelingstechnologie. Een rigoureuze evaluatie van de wet- en regelgeving is nodig om ervoor te zorgen dat deze technieken veilig en efficiënt kunnen worden ingezet. Bovendien brengt de integratie van deze technologieën in de bestaande gezondheidszorgsystemen met zich mee dat enerzijds de gestandaardiseerde protocollen worden aangepast en anderzijds dat het medisch personeel moet worden bijgeschoold. En hoewel dit heel wat hordes zijn die genomen moeten worden, is het voor Chatzipapas een uitdaging die hij enthousiast aangaat. “Mijn team aan de TU Delft gaat deze uitdagingen aan door geavanceerde computermodellen te ontwikkelen en samen

te werken met materiaalwetenschappers en medische professionals om de kloof tussen onderzoek en klinische toepassing te overbruggen.” De samenwerking met medische instellingen is een belangrijk onderdeel van het onderzoek. Zo heeft hij al contact met het Radboudumc en ErasmusMC in Nederland, maar ook met ziekenhuizen en onderzoekscentra in Griekenland, Frankrijk en de VS. “Deze samenwerkingen zijn van vitaal belang voor het vertalen van computationele tools, zoals de ‘molecularDNA’- en ‘complexDNA’-toolkits, naar klinische oplossingen. Op deze manier evalueren en upgraden we de ontwikkelde tools voor klinische implementatie, waardoor de weg wordt vrijgemaakt voor behandelingen die zich precies richten op kanker en de resultaten voor patiënten verbeteren.”

Wereldwijde hub voor innovatieve technieken

Voor deze leerstoel kreeg de universiteit een subsidie van het voormalige ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Chatzipapas beschouwt het als een eer om deze te mogen vervullen: “TU Delft is een wereldwijd gerenommeerde universiteit. De geavanceerde faciliteiten, waaronder de DelftBlue-supercomputer en de onderzoeksreactor van het RID, bieden ongeëvenaarde mogelijkheden voor mijn onderzoek. Met de DelftBlue-supercomputer kunnen we high-performance rekenwerk uitvoeren, dat essentieel is voor het simuleren van complexe stralingsinteracties in dosimetrie en biofysica en voor de ontwikkeling van nauwkeurige AI-modellen”, aldus Chatzipapas. Hij is ook blij met de flexibiliteit van de onderzoeksreactor. “Veel andere instellingen werken met een vast programma, wat het onderzoek beperkt. De onderzoeksreactor van de TUDelft biedt veel meer mogelijkheden voor innovatief onderzoek naar radionucliden, waaronder het testen van nieuwe materialen en technieken.” Zijn onderzoek maakt gebruik van computationele en experimentele methoden om de 



innovatie hoog in het vaandel staan. “En wat misschien wel allerleukst is, is dat de TU Delft me de vrijheid geeft om mijn eigen onderzoeksteam op te bouwen en autonome projecten uit te voeren, zodat ik de grenzen van stralingsdosimetrie en biofysica kan verleggen.” Hij is dan ook van plan om een team op te richten dat toonaangevend is op het onderzoeksgebied van dosimetrie en microdosimetrie. “Het wordt een wereldwijde hub voor onderzoekers die straling-materie-interacties bestuderen voor multileveltoepassingen. Door gebruik te maken van de onderzoeksreactor van het instituut zal mijn team innovatieve technieken ontwikkelen om de bestraling te optimaliseren en zo de kwaliteit van leven van patiënten te verbeteren.”

Dr. Konstantinos Chatzipapas benadrukt dat hij open staat voor samenwerkingen. Wie meer wil weten kan altijd contact met hem opnemen door een mail te sturen naar K.Chatzipapas@tudelft.nl. Momenteel is er ook een PhD positie beschikbaar binnen het team. Voor meer informatie over de functie scan de QR code. **K**

Sarala Jelgersma



✦ Dr. Konstantinos Chatzipapas legt uit dat met het gebruik van zogeheten digitale tweelingen een simulatie kan worden gemaakt hoe straling of medicijnen in real time op weefsels inwerken.

technieken voor bestralingstherapie te verbeteren, waaronder BNCT (Boron Neutron Capture Therapy), PBFT (Proton Boron Fusion Therapy) en radionuclidetherapie - een veelbelovende

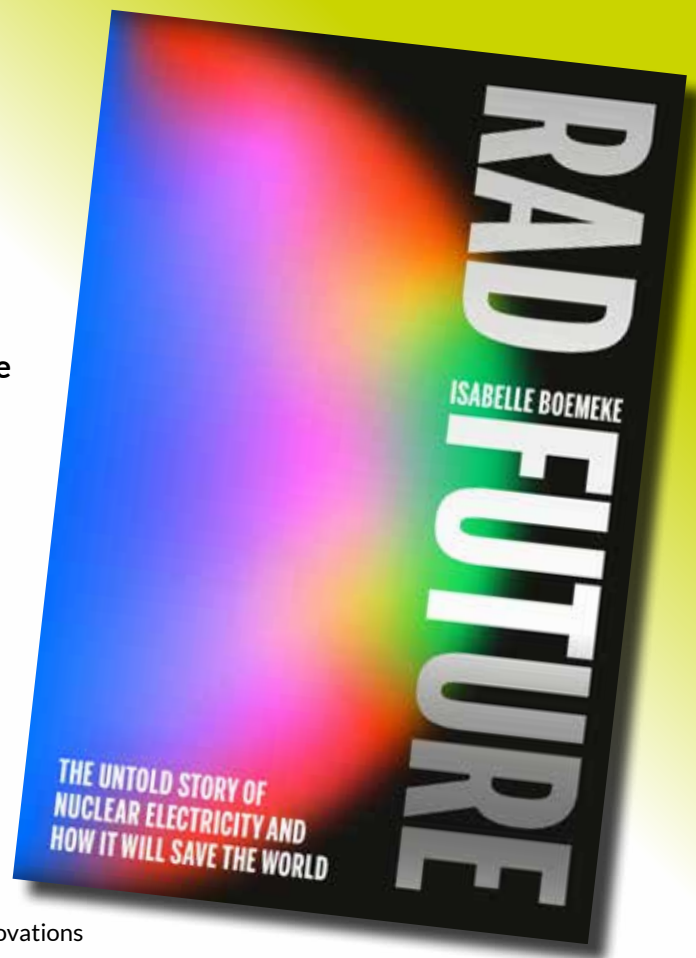
benadering voor het verbeteren van de resultaten bij uitgezaaide kankerpatiënten. Tijdens de sollicitatieprocedure werd hij ook enthousiast van de dynamische werkomgeving waar samenwerking en

Dr. Konstantinos Chatzipapas

Chatzipapas' passie voor het verbeteren van kankerbehandelingen door precisiewetenschap begon in Griekenland. Daar behaalde hij zijn BSc in natuurkunde aan de Nationale en Kapodistriaanse Universiteit van Athene, gevolgd door een MSc en PhD in medische natuurkunde aan de Universiteit van Patras. “Mijn onderzoek richtte zich op radiotherapie, radiobiologie en computationele modellering van cellulaire schade.” Na zijn studie werkte hij enige tijd als Monte Carlo-simulatiespecialist bij BIOEMTECH, een Contract Research Organization gespecialiseerd in het versnellen van preklinisch onderzoek. Hierna begon hij zijn postdoctoraal onderzoek in Bordeaux bij LP2iB, Laboratoire de Physique des deux infinis Bordeaux. Hier bevond zich de onderzoekshub voor het Geant4-DNA-project, waarbij een toonaangevende toolkit voor het simuleren van de effecten van straling op het DNA-niveau werd ontwikkeld. Chatzipapas: “Daar heb ik bijgedragen aan het door ESA gefinancierde BioRad3-project en ben ik een kernontwikkelaar geworden van de ‘molecularDNA’ open-access toolkit, die DNA-schade en de overlevingskansen van cellen in verschillende modellen simuleert, met als doel het onderzoek naar kankertherapie te bevorderen.” Vervolgens ging hij aan de slag bij het LaTIM (Laboratoire de Traitement de l'Information Médicale) in het Franse Brest. Een joint laboratory die zich richt op medische informatieverwerking en toepassingen daarvan. “Hier heb ik mijn expertise uitgebreid door artificiële intelligentie te integreren in de medische fysica. Zo ontwierp ik de open-access ‘complexDNA’-toolkit voor het ontwerpen van ingewikkelde DNA-structuren en een nieuw generatief model voor geoptimaliseerde simulaties van deeltjesbanen. Dit alles legde de basis voor gepersonaliseerde kankerbehandelingen en sluit aan bij mijn visie om patiëntenzorg te transformeren door middel van computationele innovatie.”

Recensie: Rad Future

In haar boek *Rad Future* gaat Isabelle Boemeke de strijd aan tegen de angst en desinformatie rond kernenergie en laat ze op een toegankelijke manier zien hoe de wetenschap een ander verhaal vertelt. In haar woorden: “De tijd dringt. Fossiele brandstoffen verstikken de planeet en hernieuwbare energie is niet genoeg. De oplossing heeft zich al die tijd in het volle zicht verstopt. Kernenergie.”



Hoewel *Rad Future* ingaat op de wetenschap achter kernenergie is het zeker geen wetenschappelijk boek. *Rad Future* vertelt het persoonlijke verhaal van Isabelle Boemeke. Hoe ze bewust de omslag maakte van fotomodel naar nucleair influencer en ze haar online alter ego Isodope creëerde. Net als veel influencers begon ze met het maken van social media posts over haar skincare en haar dagelijks leven als fotomodel. Ze was voornemens om een cosmeticabedrijf op te zetten toen ze in 2019 werd geraakt door de bosbranden in het Amazonewoud in 2019 en de vernietigende gevolgen van het Australische bosbrandseizoen. Boemeke begon haar sociale platforms te gebruiken om te pleiten voor kernenergie als oplossing voor klimaatverandering. Ze maakte het haar missie om de publieke perceptie van kernenergie te veranderen en nucleair ‘toegankelijk en cool te maken’. Als de nucleair influencer Isodope promoot ze al vijf jaar op ludieke wijze kernenergie en de onmisbare rol die het speelt bij het bestrijden van de klimaatverandering op haar verschillende accounts op TikTok, Instagram, X en YouTube. Haar social media-footprint telt inmiddels duizenden volgers en ook offline geniet ze inmiddels bekendheid. Zo was ze

de keynote speaker op het Scientific Forum on Nuclear Innovations for Net Zero van de IAEA en is haar TED-talk Nuclear power is our best hope to ditch fossil fuels meer dan anderhalf miljoen keer bekeken. Time magazine beschreef haar in 2022 als een Next Generation Leader.

In *Rad Future* haalt Boemeke vernietigend uit naar de angst en desinformatie rond nucleaire technologie en laat ze zien dat de echte wetenschap een ander verhaal vertelt. “De meeste mensen denken bij het woord kernenergie meteen aan slechte dingen: bommen, Tsjernobyl, beschermende pakken, radioactieve neerslag... het spul van nachtmerries. Maar wat als alles wat je denkt te weten over kernenergie niet klopt?”, aldus de influencer. In haar boek vertelt ze hoe tientallen jaren van angstzaaiërij, een paar dramatische (maar te voorkomen) rampen en niet aflatende slechte pr de wereld ervan hebben overtuigd dat kernenergie gevaarlijk is, terwijl het eigenlijk de sleutel is tot een betaalbare, duurzame toekomst. “We hebben gefaald met de schoonste, krachtigste energiebron die we hebben, en het is tijd om dat recht te zetten”, aldus Boemeke. Ze neemt haar lezer mee op een

wilde rit langs de wetenschap, geschiedenis en toekomst van nucleaire energie. Van de politiek uit de Koude Oorlog tot de door Hollywood aangewakkerde paranoia en de meest geavanceerde reactorontwerpen. Ze vertelt op toegankelijke wijze hoe kernenergie werkt en waarom het onze beste kans is om een einde te maken aan de klimaatcrisis en een toekomst van radicale overvloed te creëren. Het boek laat zien dat kernenergie onze beste optie is om de toekomst van de planeet veilig te stellen. Kernenergie kan steden van energie voorzien, water ontzilten, koolstofvrije kunstmest maken en huizen verwarmen, allemaal met de kleinste ecologische voetafdruk van alle energiebronnen. **K**

Overzicht

Boektitel: *Rad Future*

Auteur: *Isabelle Boemeke*

Pagina's: 272

Uitgever: *Thesis*

Verschijnt: *12 augustus als hardcover, e-boek en luisterboek.*

EAN: 9780593716335

Afscheid van onze voorzitter André Versteegh

Na bijna vijftien jaar stopt André Versteegh als voorzitter van de Stichting KernVisie. Hij zal het voorzitterschap overdragen aan Ronald Schram, director strategic alliances bij NRG Pallas. In zijn bestuursperiode maakte hij roerige tijden mee. Van een voorzichtige nucleaire renaissance aan het begin van deze eeuw en de gebeurtenissen in Fukushima tot de huidige opleving van kerntechnologie, zowel voor energieopwekking als voor medische toepassingen.

Versteegh was altijd al een warm voorstander van open communicatie. Als directeur van NRG, maar later ook als president van het internationale nieuws- en informatienetwerk NucNet, benadrukte hij het belang van goede, betrouwbare informatie. "Toen ik in 2009 met pensioen ging, was dat in de periode dat nucleaire technologie weer meer in de belangstelling kwam te staan. Het was niet vergelijkbaar met nu, maar er was wel sprake van een voorzichtige nucleaire renaissance", vertelt hij. Het was een belangrijke tijd waarin veel aandacht ging naar informatie aan het publiek en de politiek over de rol die nucleaire technologie kan spelen in een betrouwbare en emissievrije energievoorziening en bij de bestrijding en genezing van ernstige ziekten. De Tōhoku-earthquake en daaropvolgende tsunami in Japan op 11 maart 2011 maakte echter een einde aan deze voorzichtige opleving. De kerncentrale in Fukushima kreeg te maken met het uitvallen van de interne energievoorziening en er kwam radioactiviteit vrij in de omgeving. De weerstand tegen nucleaire technologie

nam weer toe en even leek het erop dat alle plannen voor nieuwbouw en ontwikkelingen in de ijskast zouden verdwijnen. Toch kwam er een tweede nucleaire renaissance en op dit moment staat nucleaire technologie weer volop in de belangstelling. "Het draagvlak is de laatste jaren enorm toegenomen", aldus Versteegh. "Dat heeft onder andere te maken met het feit dat de generatie die uit principe heel erg antinucleair was inmiddels is vervangen door een jongere generatie, die met een meer open blik kijkt naar de voor- en nadelen van nieuwe ontwikkelingen. Daarnaast spelen het klimaat en de CO₂-problematiek natuurlijk een belangrijke rol." Maar ook de geopolitieke situatie vraagt om nieuwe

oplossingen voor het energievraagstuk. "Tien jaar geleden was dat nog een ver-van-mijn-bed-show. Nu dringt door hoe belangrijk voorzieningszekerheid en onafhankelijkheid van gas en olie uit andere landen is." Ook de grote ontwikkelingen van behandelingsmethoden van kanker met nieuwe medische isotopen dragen bij aan het inzicht van het belang van de nucleaire technologie.

Verbreed speelveld

De behoefte aan informatie over kernenergie blijft ook nu een belangrijke rol spelen. Onder het voorzitterschap van Versteegh veranderde de Stichting KernVisie haar focus van alleen kernenergie naar nucleaire technologie in de breedte.





© Menno Jelgersma

Zo kwam er meer aandacht voor medische toepassingen, nucleaire wetenschap en maatschappelijke toepassingen van nucleaire technologie. Was het in de beginjaren van de stichting nog zoeken naar artikelen voor de nieuwsbrief of de website, nu moet er vaak een keuze worden gemaakt uit een groot aanbod van onderwerpen. In 2012 werd de nieuwsbrief van de stichting een tweemaandelijks magazine. Versteegh herinnert zich hoe hij samen met het bestuur de plannen uitwerkte. “We hebben toen ook een echte bladformule ontwikkeld, waarbij we de verschillende doelgroepen benoemden en ook vaste rubrieken als het voorwoord en de column hebben geïntroduceerd”, vertelt hij. “In de loop van de tijd is de belangstelling

enorm toegenomen. Je ziet ook dat het speelveld is verbreed”, memoreert Versteegh. Hij noemt als voorbeelden de Stichting Energietransitie & Kernenergie (SEK), die zich inzet voor de toepassing van nucleaire technologie in de energiemix en de vereniging Nucleair Nederland, (NNL) die een aantal nucleaire organisaties vertegenwoordigt. Daarnaast werkt KernVisie al lang nauw samen met de NNS en KIVI-kerntechniek. Versteegh: “Ik denk dat we ieder onze eigen doelgroep, karakter en focus hebben en elkaar goed aanvullen.”

The Nuclear Elephant

Een van de hoogtepunten van zijn tijd als voorzitter noemt Versteegh het symposium The Nuclear Elephant in

2017 in De Nieuwe Liefde in Amsterdam. “We zijn er toen toch in geslaagd om de discussie breder te trekken dan alleen de technische kant van kernenergie met een aantal interessante internationale sprekers.” In 2020 werd het tweede Nuclear Elephant-symposium noodgedwongen online gehouden vanwege de COVID-maatregelen. Voor de toekomst ziet Versteegh mogelijkheden voor de stichting op social media. “Het magazine en de website worden goed gelezen en daar krijgen we regelmatig complimenten over. Misschien dat we bijvoorbeeld ook artikelen kunnen plaatsen op LinkedIn om te kijken of we daarmee een nog breder publiek kunnen bereiken.” Ook het vergroten van de verspreiding van het magazine is een wens van de stichting. “We hebben dat weleens eerder geprobeerd om bijvoorbeeld ook docenten het magazine toe te sturen, maar toen was de tijd er nog niet naar en waren veel docenten antikernenergie. Nu groeit ook de belangstelling uit de medische hoek, dus misschien kunnen we ook daar de verspreiding verder vergroten.” Wel plaatst hij als kanttekening dat het aantal gedrukte exemplaren geen doel op zich zou moeten zijn. Ook omdat het magazine digitaal wordt verspreid en gelezen. “Het is belangrijker om te kijken op welke leestafels we het blad kunnen neerleggen, zodat het een gesprek op gang kan brengen. En er is een momentum om te kijken of we via de social media meer mensen kunnen bereiken.” Hoewel Versteegh binnenkort zijn voorzitterschap en bestuursfunctie neerlegt, blijft hij de stichting en haar werk met belangstelling volgen en als adviseur verbonden blijven. “Want zolang het kan, wil ik graag blijven helpen. Ik kijk terug op een uiterst plezierige samenwerking met deskundige en zeer betrokken bestuursleden en redactieteam.” **K**

Sarala Jelgersma



Nucleaire Notities

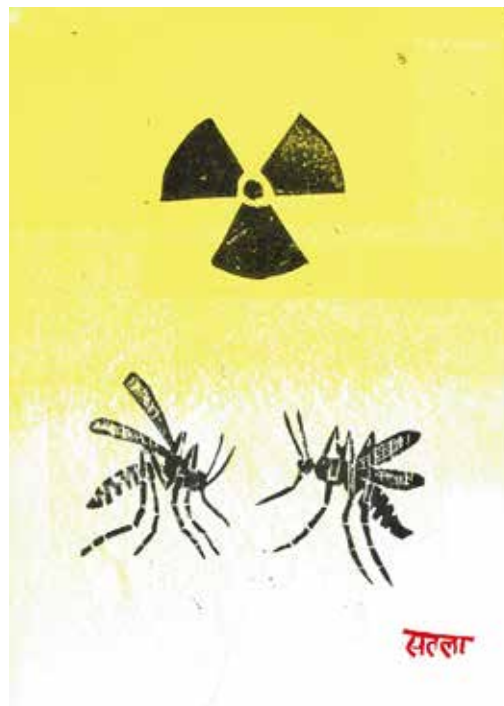
Het is zomer en de bomen in de tuin zoemen van het leven en de bloemen worden druk bezocht. Insecten leveren een belangrijke bijdrage aan de biodiversiteit van onze wereld. Ze zorgen voor het bestuiven van planten, ruimen planten- of dierenafval op en ze zijn een onmisbaar onderdeel van de voedselketen.

Maar ze kunnen ook een gevaar voor mens en milieu vormen wanneer ze in grote getale voorkomen. Denk bijvoorbeeld aan insectenplagen zoals zwermen sprinkhanen die de oogst opeten, muggen die malaria overbrengen of tseetseevliegen die de dodelijke slaapziekte verspreiden. Intensieve landbouw, monocultuur en klimaatverandering kunnen insectenplagen verergeren, wat weer kan leiden tot armoede en hongersnood.

Pesticiden kunnen worden ingezet om schadelijke insecten te verdelgen. Deze zijn echter vaak niet alleen schadelijk voor de insecten die je wil bestrijden, maar ook voor mens, dier en het ecosysteem. Plaaagdierbestrijding met hulp van radioactiviteit kan uitkomst bieden. Methoden die gebruikmaken van straling zijn onder andere de steriele insectentechniek (SIT). Bij SIT worden in een laboratorium mannetjesinsecten van vrouwtjes gescheiden, waarna de mannetjes een lichte dosis straling ontvangen die ze steriel maakt. Daarna worden ze weer vrijgelaten, zodat ze de competitie kunnen aangaan met niet-bestraalde mannetjes om de vrouwtjes te bevruchten. De vrouwtjesinsecten die met een steriel mannetje hebben gepaard, leggen wel eitjes, maar deze komen

niet uit. Zo wordt de insectenpopulatie niet uitgeroeid of vergiftigd, maar wel gereduceerd, zodat het geen plaag meer vormt.

Een soortgelijke techniek is de zogenaamde 'geërfde steriliteit', ook wel bekend als F1-steriliteit. Bij deze techniek hebben de gekweekte en vrijgelaten



mannelijke insecten een bepaalde mate van vruchtbaarheid en komen de eitjes uit, maar al hun nakomelingen worden steriel geboren. Dit wordt bijvoorbeeld gebruikt bij motten die beter bestand zijn tegen straling. Een hogere dosis zou ze dan wel onvruchtbaar maken, maar ook fysiek zwakker, waardoor ze de concurrentie met niet-bestraalde motten niet meer zouden kunnen

aangaan. De oplossing is een lagere dosis die ze niet hindert, maar wel zorgt voor onvruchtbaar nageslacht.

SIT maakt geen gebruik van transgene (genetische manipulatie) processen en is een van de meest milieuvriendelijke insectenbestrijdingsmethoden die ooit zijn ontwikkeld. Het werd voor het

eerst ontwikkeld in de Verenigde Staten en wordt nu al meer dan zestig jaar met succes gebruikt. Het wordt momenteel op zes continenten toegepast voor gebiedsdekkende, geïntegreerde plaagbestrijding, waarbij het gaat om onderdrukking, beheersing en preventie. Het heeft de afgelopen decennia gezorgd voor verbeterde gezondheid van planten, dieren en mensen, een schoner milieu, een hogere productie van gewassen en dieren in landbouwsystemen en een versnelde economische ontwikkeling voor de landen die er gebruik van maken. In verschillende landen waar de technologie is toegepast, hebben economische evaluatiestudies achteraf een zeer hoog rendement op investering aangetoond. En natuurlijk is een van de grote voordelen ook dat het milieu, zowel mens als natuur, niet wordt aangetast door het gebruik van pesticiden, terwijl tegelijkertijd hongersnooden, armoede en ziektes bestreden kunnen worden.

Sarala Jelgersma



Nieuwe vragen bij vooruitgang

Zowel de behandeling van kanker als de toepassing van radioactieve stoffen en straling bij de behandeling ervan (naast chirurgie, chemotherapie, etc.) zijn al meer dan 50 jaar in ontwikkeling.

Je zou kunnen aannemen dat dat veld wel 'klaar' zou zijn. De medische wetenschap heeft in die tijd inderdaad grote vooruitgang geboekt, en gemiddeld genomen is de levensverwachting en kwaliteit van de rest van het leven van kankerpatiënten flink verbeterd in die tijd..

Toch blijft kanker (met zo'n 30%) een van de belangrijkste doodsoorzaken in ons land. In ons land is veel innovatie gaande op radiologisch en nucleair geneeskundig gebied. Vandaag wil ik twee thema's noemen die wat mij als stralingsdeskundige betreft meer aandacht mogen krijgen in de komende jaren.

1. Secundaire effecten. De levensverwachting van mensen met bepaalde soorten kanker is zodanig verbeterd, dat velen lang genoeg leven om zogenaamde secundaire tumoren te ontwikkelen: tumoren die zij hebben gekregen door de behandeling van de kanker die zij lang geleden overwonnen hebben. Dat zij de ziekte zo lang overleven is natuurlijk een groot succes van de medische wetenschap. Tegelijkertijd maakt dat nu nodig dat er meer onderzoek gedaan wordt naar nog betere manieren om gezond weefsel te sparen tijdens de (radiologische of nucleair geneeskundige) therapie, zodat die secundaire tumoren zo weinig mogelijk kans hebben om te ontstaan.
2. Integrale afwegingen. Vorig jaar hoorde ik op een bijeenkomst over nucleaire geneeskunde een patiënt met prostaatkanker aan een zaal vol deskundigen vertellen, dat hij er zelf achter was gekomen dat er zoiets was als een behandeling met lutetium-177, en zelf op zoek was gegaan naar een arts die hem aan die therapie kon helpen. In een ideale wereld zou men per soort kanker een overzicht van opties voor behandeling willen hebben, zodat men bijvoorbeeld de keuze tussen nucleaire geneeskunde of chemotherapie (of juist een combinatie van technieken) naast elkaar kan zetten, zodat de patiënt een geïnformeerde afweging kan maken. Afgeleid daarvan: zijn de therapeutische radionucliden ook de beste nucliden die er zijn voor een bepaalde soort kanker? Of gebruiken wij deze stoffen vooral omdat ze gemakkelijk verkrijgbaar zijn?

Gezien mijn leeftijd is de kans dat ik de komende 50 jaar de ontwikkelingen zal meemaken niet nul, maar ook weer niet heel groot. Ik ben benieuwd welke toekomstige ontwikkelingen ik nog zal meemaken. **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 cyclotronspectalist 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.

Spanje gaat uitfasering nucleair heroverwegen

In het recent verschenen jaarverslag van de Spaanse brancheorganisatie Foro Nuclear benadrukt de voorzitter Ignacio Araluce de strategische rol van de Spaanse kerncentrales in de energiemix met 20 procent CO₂-vrije stroom. Hij ging ook in op de noodzaak om de agenda voor de uitfasering van kernenergie te herzien in het licht van de massale stroomuitval die het land eind april in duisternis hulde.



In zijn voorwoord bij de publicatie Resultaten van kernenergie in 2024 en toekomstperspectieven blikt Araluce terug op de resultaten van de nucleaire sector in het afgelopen jaar en roept hij op tot een serieuze reflectie over de rol die kernenergie moet spelen in het Spaanse energiesysteem. Araluce benadrukt dat de zeven reactoren die in Spanje in bedrijf zijn, opnieuw hebben gezorgd voor een constante, betrouwbare en CO₂-vrije elektriciteitsvoorziening. Het zijn factoren die hij essentieel acht in de huidige geopolitieke en klimatologische context. Ondanks het feit dat de geïnstalleerde capaciteit ongewijzigd is gebleven, blijven

kerncentrales bijna 20 procent van het elektriciteitsverbruik in Spanje dekken.

“De zeven operationele reactoren zijn een garantie voor de energievoorziening en -onafhankelijkheid, aangezien ze constant en betrouwbaar basislastvermogen produceren. Deze aspecten zijn essentieel in de huidige geopolitieke context, waarin Europa streeft naar energieonafhankelijkheid.”

De massale stroomuitval in april heeft het debat over het plan om alle commerciële kernreactoren in Spanje tegen 2035 buiten gebruik te stellen, opnieuw aangewakkerd. Vier kernreactoren in drie kerncentrales waren in bedrijf toen

de stroomuitval plaatsvond, werden onmiddellijk uitgeschakeld, maar dieselgeneratoren hielden ze in veilige toestand, aldus de Spaanse nucleaire toezichhouder CSN. De huidige Spaanse regering houdt officieel nog vast aan het plan om alle kerncentrales in Spanje tussen 2027 en 2035 te sluiten. Maar de plenaire vergadering van het Spaanse congres heeft inmiddels een voorstel goedgekeurd, waarin de regering wordt opgeroepen een reeks maatregelen te nemen om het besluit terug te draaien, met name in het licht van de energiecrisis en de geopolitieke spanningen. **K**





AlfaRim bouwt wereldwijd unieke productiefaciliteit voor actinium-225

Als alles volgens plan verloopt, gaat in het laatste kwartaal van dit jaar op de TU Delft-campus waar zich ook het RID bevindt de eerste paal de grond in voor de bouw van de actinium-225-productiefaciliteit van AlfaRim. Hanno Mak, algemeen directeur AlfaRim: “Wij gaan als eerste bedrijf ter wereld actinium-225 op industriële schaal produceren.” Actinium-225 is wereldwijd een van de meest gezochte therapeutische isotopen voor de behandeling van kanker

Voor de productie van actinium-225 wil AlfaRim radium-226 bestralen met protonen. Mak: “Dat doen we met behulp van een medisch 18MeV-cyclotron van IBA, dat speciaal voor ons doel wordt gefabriceerd. Het cyclotron waar AlfaRim dadelijk over beschikt, heeft acht verschillende poorten, waarvan er twee specifiek worden toegerust voor de productie van actinium-225. “Met twee ‘beamlines’ kunnen we dan twee ‘solid

targets’ tegelijkertijd bestralen. Dat betekent ook dat we nog zes poorten overhouden om eventueel andere isotopen te produceren, als we daar in de toekomst initiatieven voor willen ontplooiën.”

Mak legt uit dat de protonen met een enorme kracht en snelheid op een radium-226 target worden afgeschoten. Wanneer een proton doordringt tot de kern van het radium-226 worden er vervolgens twee neutronen uit

de atoomkern weggeschoten. Hierdoor verandert een heel klein deel van het radium-226 op het target in actinium-225. Actinium-225, een isotoop met een halfwaardetijd van ongeveer 10 dagen wordt in de nucleaire geneeskunde gebruikt voor de behandeling van kanker. Actinium-225 en zijn vervalproducten zenden alfadeeltjes uit. Actinium-225 heeft een hoge cytotoxische werking binnen een zeer kort bereik, waardoor het kankercellen in het lichaam kan vernietigen zonder het omliggende gezonde weefsel te beschadigen. Dit maakt het isotoop bij uitstek geschikt voor gerichte alfa-therapie. Alfa-therapie is relatief nieuw en een goede aanvulling op bestaande gerichte kankerbehandelingen. Recent klinisch onderzoek heeft de effectiviteit van gerichte alfa-therapie (Targeted Alpha Therapy - TAT) aangetoond (momenteel lopen er ongeveer 30 clinical trials die gebruik maken van Ac-225),

waarbij een alfa-isotoop zoals Ac-225 aan een doelwitmolecuul wordt gekoppeld om kankercellen effectief van binnenuit te vernietigen.

Schaars bronmateriaal

Door de radiofarmaceutische industrie te voorzien van Ac-225 zal AlfaRim de doorbraak en verdere ontwikkeling van gerichte alfatherapieën mogelijk maken. Als nieuwe standaardbehandeling zal de op actinium gebaseerde alfatherapie een baanbrekende behandeling bieden voor tal van kankersoorten. Mak legt uit dat het bronmateriaal radium-226 uiterst schaars is, nog schaarser dan actinium-225. "Om actinium-225 te produceren heb je ten eerste voldoende radium-226 nodig als bronmateriaal en ten tweede moet je in staat zijn om een radium-target te produceren dat geschikt is voor de bestraling met protonen vanuit een cyclotron. "Aan de eerste voorwaarde is ruimschoots voldaan. Hoewel radium een uiterst schaars sporenelement is en een vervalproduct van uranium-238, beschikt AlfaRim volgens Mak over een voorraad die voor de komende 30 jaar afdoende is om farmaceuten, onderzoeksinstituten en ziekenhuizen van Actinium-225 te voorzien. Die voorraad heeft Mak al weten veilig te stellen voordat de aandacht voor de toepassing van de medische isotoop een vlucht begon te nemen. "Er zijn inmiddels meer partijen die actinium-225 willen gaan produceren, maar bijna geen een heeft toegang tot een voorraad startmateriaal waar AlfaRim over beschikt." Over de locatie waar het zich bevindt doet Mak geen uitspraak, maar wel over het volume: "Het gaat om een paar gram. Dat lijkt weinig, maar is echt heel veel en voldoende voor de komende decennia."

Innovatief en recycleerbaar proces

Ook aan de tweede voorwaarde is voldaan. "Wij hebben inmiddels kunnen aantonen dat we het radium zowel op het target kunnen krijgen als ervan af kunnen halen. Met name dat eraf halen is heel belangrijk, omdat we



©AlfaRim

✖ Algemeen directeur Hanno Mak: "Wij zullen door onze innovatieve procestechnologie in staat zijn om per productiefaciliteit zo'n 400 doses actinium-225 per week te kunnen gaan produceren."



©AlfaRim

Kernenergiewet

“Het radiumlab dat AlfaRim gaat bouwen is mogelijk het modernste sinds Madame Curie radium heeft ontdekt, maar onze faciliteit is geen nucleaire installatie” zegt Mak. Omdat er in het lab met radioactieve stoffen wordt gewerkt, is een vergunning op basis van de Kernenergiewet nodig van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS). Mak benadrukt dat hun vergunning dus tot een andere categorie behoort dan die van bijvoorbeeld een kerncentrale zoals Borsele of het Reactor Instituut Delft. Het essentiële verschil ligt in het type nucleair proces en het bijbehorende risicoprofiel: waar een kerncentrale werkt met splijtstoffen, gebruikt AlfaRim een deeltjesversneller (cyclotron) om een gecontroleerde reactie met specifieke radioactieve materialen te bewerkstelligen. Het proces van AlfaRim valt onder de zogeheten stralingstoepassingen, wat betekent dat de vergunning zich richt op de strikte regulering van stralingsveiligheid, beveiliging en afvalbeheer. Mak: “We hebben een uitstekende relatie met de ANVS en onderhouden al vanaf het begin goed contact met hen. Het vergunningsproces verloopt straks simultaan met het bouwproces. Ons voorwerk voor de aanvraag bij de ANVS is al voor 95 procent gereed.” De omgevingsvergunning voor het gebouw is reeds door de gemeente Delft verleend. Alles is erop gericht om in het vierde kwartaal met de bouw te starten.

een recycleerbaar proces voor ogen hebben. Na elke productieronde blijft er namelijk nog een aanzienlijke hoeveelheid radium op het target achter, die we opnieuw willen gebruiken.” Na het bestralen ondergaat het target een radiochemisch proces om verschillende isotopen te scheiden en te purifiëren. Bij het bestralen in de cyclotron ontstaat een beoogd deel actinium-225, een deel ongewenste isotopen en een deel herbruikbaar radium-226. “We laten het target eerst letterlijk en figuurlijk afkoelen. Dan gaat het actinium naar ons cGMP-

actinium-lab, terwijl het radium wordt gerecycleerd, zodat het voor de volgende ronde van bestraling geschikt gemaakt kan worden.” Om het actinium op industriële schaal te produceren, heeft AlfaRim een innovatieve procestechnologie ontwikkeld om dit mogelijk te maken. “Wij zullen daardoor in staat zijn om per faciliteit zo’n 400 doses actinium-225 per week te produceren. Behalve de faciliteit in Delft willen we over een aantal jaar een tweede en een derde productiefaciliteit realiseren in Noord-Amerika en Azië. Op jaarbasis

betekent dit, dat met onze actinium-225 productie, wereldwijd 60.000-100.000 kankerpatiënten in aanmerking kunnen komen voor een gerichte alfa-therapie.” Deze gerichte alfa-therapie is in opkomst als een veelbelovende radiofarmaceutische behandeling bij de bestrijding van kanker. In vergelijking met bèta-emitters hebben alfa-emitters superieure eigenschappen: ze hebben een hogere lineaire energieoverdracht, een korter penetratiebereik en vergemakkelijken stralingsbescherming. Door de ‘zwaarte’

Hanno Mak

Het huidige AlfaRim werd in 2015 opgericht door de families Geerlings en Bruijtel. Hanno Mak, algemeen directeur van AlfaRim, heeft geen nucleaire of anderszins fysische achtergrond maar studeerde financiële economie en heeft een bankiersachtergrond. “Ik werkte 18 jaar in de financiële industrie maar ik kreeg er niet de voldoening uit die ik eigenlijk zocht”, licht Mak openhartig toe. Via zijn huidige president commissaris, Nico Bruijtel, ontmoette hij wijlen Maurits Geerlings die volgens Mak internationaal bekend stond als de ‘father of Actinium’. Maurits kwam in het begin van de jaren negentig van de vorige eeuw op het lumineuze idee om targeted alfatherapieën te ontwikkelen voor de behandeling van kanker en bedacht een methode om actinium-225 te produceren. Mak: “Ik had in mijn middelbareschooltijd (diezelfde jaren negentig) in de KIJK iets gelezen wat mij enorm fascineerde en dat aansloot bij het verhaal van Maurits. Dat vond ik zo’n mooi verhaal dat ik het idee kreeg: dit moet ik gaan doen. Hier wil ik mijn energie in steken. In plaats van geld en papier heen en weer te schuiven, wil ik kankerpatiënten een kans bieden hun ziekte te verslaan”. Vervolgens besloot Mak, met steun van zijn familie, om AlfaRim in 2017 over te nemen. “Vanaf dat moment was het doel van mijn leven gericht op het op industriële wijze beschikbaar maken van de medische isotoop actinium-225.”

“In 2018 hebben wij additioneel kapitaal opgehaald bij bevriende Nederlandse (impact) beleggers. In 2019 hebben wij daarnaast een Innovatiekrediet van RVO ontvangen. De afgelopen jaren waren er op dagelijkse basis zo’n 50-60 personen actief in de ontwikkeling van de procestechnologie en productiefaciliteit. Momenteel focussen wij ons met een klein managementteam op de financiering van de volgende fase: de daadwerkelijke realisatie. We hebben heel veel geld nodig en zien veel investeerders en strategische partijen. We hebben er vertrouwen in dat wij het benodigde geld bijeen gaan krijgen. Als alles verloopt zoals gepland kunnen we in het 4e kwartaal van dit jaar beginnen met de bouw.”



© Michielsen Architecten

➤ *Artist impression van de nieuw te bouwen productiefaciliteit van AlfaRim op de TU Delft-campus.*

van de alfadeeltjes (bestaande uit 2 neutronen en 2 protonen) ten opzichte van bètadeeltjes, kan TAT ook effectief zijn bij de behandeling van tumoren die resistent zijn tegen bèta-radiotherapie.

Good Manufacturing Practice

In het vierde kwartaal van dit jaar wil AlfaRim starten met de bouw van haar nieuwe cGMP-faciliteit in Delft, tegenover de protonenkliniek HollandPTC. cGMP staat voor Current Good Manufacturing Practice (Huidige Goede Fabricagepraktijken) en benadrukt dat het bedrijf niet alleen voldoet aan de algemene 'Good Manufacturing Practice' (GMP) standaarden, maar dit ook doet met behulp van de meest recente en up-to-date technologieën, systemen en

methoden. "Dat betekent dat ons actinium direct in patiënten mag worden gebruikt." Volgens Mak bevindt AlfaRim zich hierdoor in een unieke positie waarmee het bedrijf zich wereldwijd van andere producenten onderscheidt. De faciliteit bouwen is geen "kinderspel", zoals Mak zegt. "De bouw zal ongeveer 1,5-2 jaar in beslag nemen. Daarna zal het nog enige tijd duren voor we de productie kunnen starten. Wij verwachten dat we in de tweede helft van 2028 het eerste actinium-225 kunnen leveren dat op cGMP conforme wijze is geproduceerd."

Toekomst

In de toekomst wil AlfaRim ook een faciliteit in de VS gaan bouwen en later ook nog een derde in Azië. Zou het kunnen

dat AlfaRim met drie faciliteiten tegen beperkingen gaat oplopen wat betreft het startmateriaal? "Ten eerste zal dat nog jaren duren voor dat dit zo ver is, ten tweede weet ik locaties waar zich nog voorraden radium-226 bevinden. Daarnaast zijn er inmiddels partijen actief die het startmateriaal willen ontginnen (via uraniummijnen)." Mak wijst er nog op dat hij geen interesse heeft voor radiumnaalden, die in de beginjaren van de radiotherapie werden gebruikt en nu als radioactief afval worden beschouwd. "Wij gaan voor een hoge kwaliteit radium-226 dat we niet eerst uit een vat met gebruikte naalden moeten halen", besluit Mak. **K**

Menno Jelgersma

IONETIX

Recent is AlfaRim een samenwerkingsovereenkomst aangegaan met het Amerikaanse IONETIX, een innovatief bedrijf op het gebied van cyclotronstechnologie en full-service isotoopproducent. Met deze samenwerking willen AlfaRim en IONETIX de opschaling van de commerciële productie van actinium-225 versnellen.

"Zij bewandelen voor de productie van actinium-225 dezelfde route als wij en hebben reeds een kleine productie omgeving maar zij beschikken niet over voldoende startmateriaal om over te gaan naar commerciële productie (niet industrieel). Door samen te werken en door kennis en middelen te delen zijn wij samen met IONETIX in staat om op korte termijn actinium-225 te produceren vanuit de VS. Op deze wijze kunnen wij partijen al van actinium-225 voorzien voordat onze eigen industriële faciliteit operationeel is".

Naast het bestaande en inmiddels beroemde HABOG (Hoogradioactief Afval Behandelings- en OpslagGebouw) verrijst het Multifunctioneel OpslagGebouw, oftewel het MOG, op het terrein van de COVRA (Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval) in Borsele. Met zijn witte gevelbekleding is het gebouw wellicht nog minder in het oog springend dan het oranje HABOG, maar niet minder bijzonder. Hier wordt straks het laag- en middelradioactief afval opgeslagen van nieuwe kerncentrales, afval van de kerncentrale Dodewaard en historisch afval van NRG uit Petten.

Maatschappij

**COVRA is klaar
voor de toekomst
met het nieuwe
MOG**

Het nieuwe gebouw was nodig omdat COVRA verwacht in de toekomst structureel andersoortig afval te gaan ontvangen.

Adjunct-directeur COVRA Ewoud Verhoef: "De nieuwe faciliteit is bedoeld voor laag- en middelradioactief afval en dus geschikt voor de opslag van afval dat minder radioactief is dan het afval dat in het oranje gebouw veilig wordt opgeslagen. Als het MOG gereed is om in 2026 in gebruik genomen te worden, zullen we tot 2050 genoeg ruimte hebben om het veilig op te slaan."

Dodewaard

Waar komt het nieuwe afval vandaan?

"Als het kabinet haar nucleaire plannen doorzet en er vier kerncentrales bijkomen, dan loopt de hoeveelheid afval op met een factor tien", aldus Verhoef. "COVRA kan in de toekomst misschien wel tien keer

zoveel nucleair afval te verwerken krijgen." COVRA houdt er dus rekening mee dat de aanvoer van radioactief afval vanuit nieuwe kerncentrales flink toeneemt. Daarnaast komt in de toekomst ook het afval van de Gelderse kerncentrale in Dodewaard richting Zeeland. Deze kerncentrale, Dodewaard (KCD) was in 1969 de eerste Nederlandse kernenergiecentrale. Het was een unieke centrale, die aan de basis stond van veel internationale nucleaire ontwikkelingen. De KCD had als hoofddoel om kennis en ervaring op te doen met het opwekken van elektriciteit door middel van kernsplijting. In 1997 werd met de elektriciteitsproductie gestopt. De centrale is daarna deels afgebroken en deels geconserveerd en bevindt zich sinds 2005 in veilige insluiting. De ontmanteling van de centrale zou rond 2045 moeten beginnen. Bij de ontmanteling van een kerncentrale

komen vaak grote en zware componenten vrij en de huidige faciliteiten bij COVRA zijn niet geschikt voor de verwerking en opslag hiervan. Het MOG is daarom speciaal ontworpen voor de verwerking van dit afval en beschikt over een ompakruimte waar vaten met radioactief afval overgepakt worden van de transportcontainer in stapelbare opslagcontainers.

Historisch afval

Een derde categorie van afval betreft volgens Verhoef het historische afval dat nu nog ligt opgeslagen bij NRG in Petten. Dit historische afval dateert van 1961 en is afkomstig van de experimenten die sinds die tijd in Petten zijn uitgevoerd. Het gaat om gereedschap, machineonderdelen, papier, maar ook laboratoriumkleding die in meer dan 1.600 vaten veilig lag opgeslagen in de Waste Store Facility. Begin jaren tachtig ➤

✂ Boorpalen vormen de fundering voor het MOG. Op 22 september 2023 ging de eerste boorpaal voor het MOG de grond in. Op de achtergrond is het HABOG te zien.





©COVRA

➤ Met het storten van de betonnen wanden werden de contouren en de uiteindelijke omvang van het MOG snel zichtbaar.

van de vorige eeuw besloot de overheid dat de opslag van het radioactief afval in Nederland centraal geregeld moest worden en werd COVRA (Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval) in Borsele opgericht. Vanaf dat moment moest al het radioactieve afval in Nederland hiernaartoe. Dit geldt ook voor het historische afval in Petten. Daarom

zijn bij NRG speciale faciliteiten gebouwd om de verschillende typen radioactief afval te kunnen typeren en te scheiden in laag-, middel- en hoogradioactief. Volgens NRG is de verhouding tussen het laagradioactief afval en het middel- en hoogradioactief afval 70:30. Een groot deel van laagradioactief afval

ligt inmiddels opgeslagen bij COVRA. Als het MOG gereed is, kan ook het middelradioactief afval van Petten naar Borssele worden gebracht.

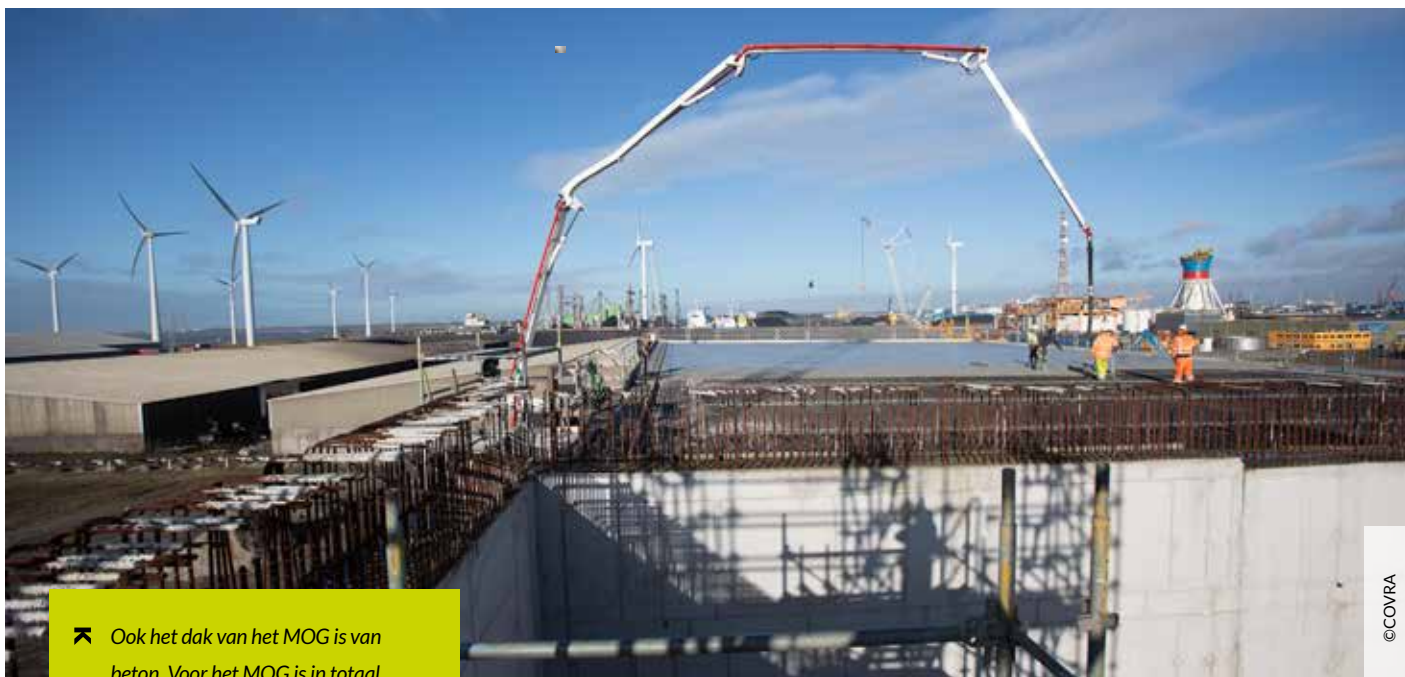
Stapelbare containers

Het MOG is geoptimaliseerd voor transport en opslag. Voor de opslag van te verwachten 'andersoortig' afval is een veel grotere inzet



©Menno Jelgersma

➤ Het nieuwe MOG mag dan met zijn neutrale witte gevelbekleding minder spannend lijken dan het oranje HABOG, het is zeker niet minder bijzonder.



©COVRA

➤ Ook het dak van het MOG is van beton. Voor het MOG is in totaal 20.000 kubieke meter beton gebruikt.

van stapelbare opslagcontainers nodig. Dit kan niet in de bestaande opslaggebouwen, die ontworpen zijn voor andere afvalverpakkingen. Het MOG is daarom primair ontworpen voor opslag van radioactief afval in stapelbare opslagcontainers. Met het oog op de toekomst is het MOG ook nog eens voorzien van nieuwe verwerkingsmethoden, waardoor het gebouw is toegerust voor de verwerking van afval dat in de toekomst mogelijk op een andere wijze zal worden ➤

HET MOG IN CIJFERS



2.500 m³ beton

Een Olympisch zwembad is vijftig meter lang, vijftientwintig meter breed en twee meter diep. Er gaat ruim 2.500 kubieke meter water in een wedstrijdswembad. Voor het MOG is 20.000 kubieke meter beton gebruikt. Dat is vergelijkbaar met 8 Olympische zwembaden vol beton.



©Menno Jelgersma

➤ De betonnen wanden worden tijdens de afbouw met witte gevelpanelen bekleed.

verwerkt en verpakt met het oog op eindberging. Verhoef legt uit dat het MOG een zeer robuust en groot gebouw is. Verhoef: “De gevel, muren en daken zijn zwaar uitgevoerd in beton en het gebouw is ontworpen voor een levensduur van ten minste 100 jaar. Het heeft een oppervlakte van ongeveer 2.400 vierkante meter en biedt plaats aan 4.000 kubieke meter radioactief afval.”

Voor de indeling is voorzien in een beperkt-toegankelijke opslagruimte voor opslagcontainers met een laag stralingsniveau en een niet-toegankelijke opslagruimte voor opslagcontainers met een hoger stralingsniveau. Verhoef: “Het vullen van de ruimtes vindt plaats met bovenloopkranen



HET MOG IN CIJFERS



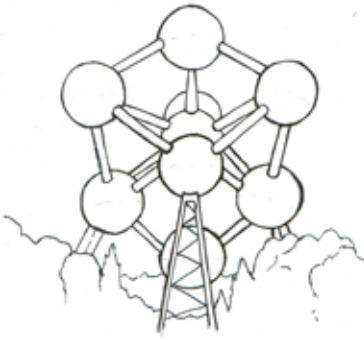
700 heipalen

Er zijn voor de fundering van het MOG 700 heipalen de grond ingegaan. Wanneer alle heipalen achter elkaar gelegd zouden worden vormen ze 21 kilometer aan heipaal. Dat is bijna een halve marathon. Officieel is de afstand van een halve marathon 21,0975 kilometer.



die vanuit een controlekamer op afstand worden aangestuurd. Het niet-toegankelijke gedeelte van het gebouw is dubbel uitgevoerd en voorzien van dikkere muren en een dikker dak.” Om het MOG te kunnen gebruiken, heeft COVRA rekening gehouden met de visie van de eindgebruikers. De voorman en assistent-voorman van het HABOG waren daarom bij het ontwerp betrokken om mee te denken over praktische zaken over het gebruik van het nieuwe opslaggebouw, omdat er veel gelijkenis is tussen het HABOG en het nieuwe MOG. “Denk aan de ontvangsthal, massieve deuren en rode of groene vloeren. Bovendien gaan de operators van het HABOG straks





2.500 ton staal

Er is 2.500 ton staal gebruikt voor de wapening in het beton. Dat is vergelijkbaar met de hoeveelheid staal die is verwerkt in het Atomium in Brussel. Wist je trouwens dat het Atomium oorspronkelijk is gebouwd van aluminium? Het werd in 1958 gebouwd voor de wereldtentoonstelling Expo 58 en zou maar zes maanden blijven staan. Aan het eind van de wereldtentoonstelling werd echter besloten om het gebouw, dat inmiddels erg populair en bekend was geworden, toch maar te laten staan. In 2004 is bij een opknapbeurt het aluminium vervangen door staal.

ook in het MOG aan het werk om radioactief afval te ontvangen en op te slaan”, licht Verhoef toe.

Vergunningstraject MOG

Om het MOG te mogen bouwen, moest de vergunning waarover COVRA nu beschikt in het kader van de Kernenergiewet (Kew) worden gewijzigd. Een aanvulling op het veiligheidsrapport en een milieueffectrapport (MER) maakten deel uit van de nieuwe vergunningsaanvraag. Het MER zorgt ervoor dat het milieubelang volwaardig wordt meegewogen bij de besluitvorming over de vergunning. Een aanvraag voor de wijziging werd gedaan bij de toezichthouder ANVS (Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming). Nadat de ANVS de vergunningaanvraag als voldoende



© Irene van Kessel

➤ Verhoef: “Ondanks de verwachte toename van de hoeveelheid afval zal er tot na 2050 op het huidige terrein voldoende ruimte zijn om al het afval op te kunnen slaan.”

beoordeelde, kwam er een zogenoemde ontwerpvergunning. Het beoordelingsproces nam enkele maanden in beslag, waarna een inspraakprocedure volgde. Eventuele bezwaren werden meegenomen bij het besluit of de vergunning kon worden afgegeven en welke voorwaarden daarin gesteld worden om mens en milieu te beschermen. In de zomer van 2023 ging de ANVS akkoord met de benodigde wijziging van de Kernenergiewetvergunning. Hierna volgde de aanvraag van een bouwvergunning bij de gemeente Borsele. Eind oktober ontving COVRA het akkoord van de gemeente om het MOG te mogen bouwen en op 22 september ging de eerste boorpaal de grond in, waarvan er in totaal 438 zijn geplaatst. Het hoogste punt werd op 19 november 2024 bereikt. Dit is de dakrand van het trappenhuis, dat zich op ruim 17 meter boven het maaiveld bevindt. Momenteel worden de installaties ontworpen, gerealiseerd en geplaatst. De oplevering van het nieuwe opslaggebouw wordt in de loop van 2025 verwacht.

Plasmaoven

Wat er precies gaat gebeuren en hoe het COVRA-terrein er in 2050 uit zal zien, is natuurlijk afhankelijk van de ontwikkelingen in de Nederlandse nucleaire sector en de besluitvorming van de overheid. Voor het ontmantelingsafval, afkomstig van de oude kerncentrale Dodewaard en de Hoge Flux

Reactor die na de ingebruikname van de PALLAS-reactor zal worden gesloten, biedt het MOG tot 2050 voldoende ruimte. De COVRA gaat er daarnaast vanuit dat er tussen nu en 2050, los van nieuwe nucleaire ontwikkelingen, verschillende gebouwen uitbreiding behoeven. Dit geldt voor het VOG-2 (Verarmd Uranium Opslaggebouw 2), de opslagruimte voor verarmd uranium, die naar verwachting rond 2034 vol zal zijn. Voor de verwerking van laag- en middelradioactief afval heeft de COVRA plannen voor het bouwen van een plasmaoven. Een plasmaoven biedt de mogelijkheid om het volume van het laag- en middelradioactief afval (LMRA) aanzienlijk te reduceren. Als direct gevolg hiervan is er minder opslagruimte nodig, wat resulteert in lagere opslagkosten en een efficiënter ruimtegebruik. Bovendien is het afval stabiel en veiliger na verwerking met een plasmaoven. Verhoef: “Bij de komst van een plasmaoven zal het huidige terrein voldoende ruimte bieden om tot minstens 2070 te kunnen voorzien in de opslag van radioactief afval. Wanneer de plasmaoven niet wordt gerealiseerd, moet er rond 2060 worden uitgeweken naar een tweede locatie. Maar met het MOG zal ondanks de verwachte toename van de hoeveelheid afval er tot na 2050 op het huidige terrein voldoende ruimte zijn om al het afval op te kunnen slaan.” **K**

Menno Jelgersma



**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