



KERNVISIE
MAGAZINE

Deksel ITER-
cryostaat gereed

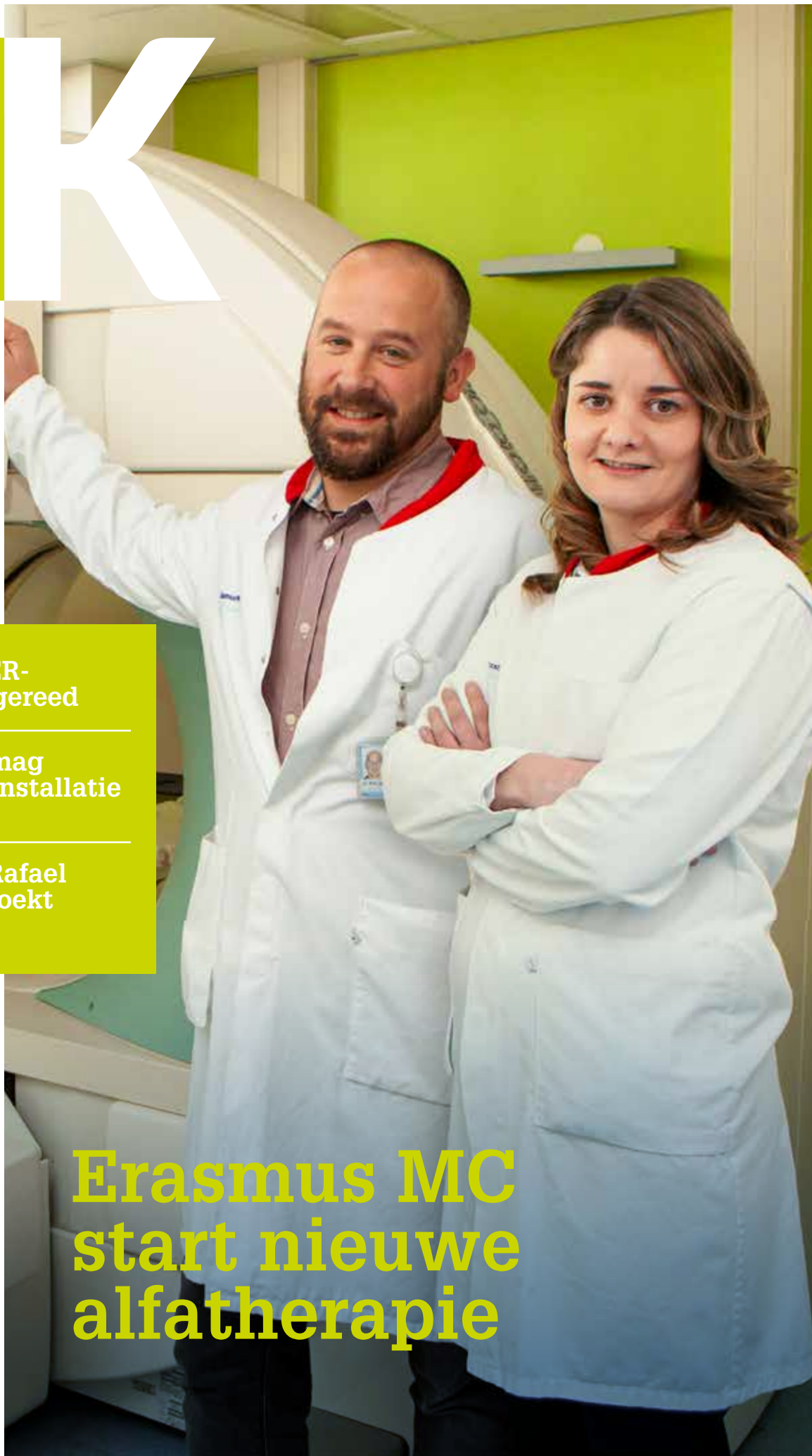
SCK CEN mag
nucleaire installatie
uitbreiden

IAEA DG Rafael
Grossi bezoekt
Oekraïne

2
April
2022

UITGAVE VAN
STICHTING KERNVISIE

**Erasmus MC
start nieuwe
alfatherapie**



Kernvisie Magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

Jaargang 17

Nummer 2

April 2022

Kernvisie verschijnt tweemaandelijks

Oplage 2.200 ex

Ontwerp & Grafische realisatie

StudioHusken.nl, Alkmaar

Bestuur Stichting KernVisie

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter

Ir. G.H. Boersma, secretaris

Ir. E.W. Schuur, penningmeester

J.D. Bruin

Ing. W. Hiddink

Drs. J.J. de Jong

Ir. J.C.L. van Cappelle

Ir. G.C. van Uitert

Redactie Kernvisie Magazine

Ir. G.H. Boersma

M. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

E.S. Jelgersma (Sherpa en de Fries)

Redactie adres

Dokter Bosmanshof 32, 6851 MJ Huissen

Telefoon 026-2130214

E-mail: kernvisie@kernvisie.com

Internet: www.kernvisie.com

Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70, t.n.v. Kernvisie,

Foundation for Nuclear Technology te Zwijndrecht.

Op de Cover

Erik de Blois en Tessa Brabander

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

Zorgen om Oekraïne maar ook lichtpunten



Er is veel veranderd in de wereld sinds de laatste Kernvisie Magazine en niet allemaal ten goede. De oorlog in de Oekraïne en de daaruit volgende humanitaire ramp raakt ons diep. De ontwikkelingen gaan heel snel en het is voor ons als tweemaandelijks magazine moeilijk om deze op de voet te volgen. De dagelijkse updates vanuit nucleair oogpunt zijn dan ook het beste te volgen via de website van de IAEA. Wel zien we dat de enorm gestegen gasprijzen en de oorlog ervoor zorgen dat kernenergie in veel landen weer hoog op de agenda staat. In België was een totale kernuitstap gepland maar is het besluit genomen om twee van de zeven reactoren na 2025 in bedrijf te houden om minder afhankelijk te zijn van Russisch gas. In deze donkere tijd is het goed dat er ook lichtpunten zijn. Zo startte in het Erasmus MC een project voor een behandeling met Actinium-225 voor patiënten met uitgezaaide prostaatkanker. Deze bijzondere alfatherapie bleek in een eerder Duits experiment succesvol en zal in Rotterdam geheel volgens GMP-normen (Good Manufacturing Practice) worden uitgevoerd, waarbij een internationale kwaliteitsborging centraal staat. Ondertussen gaan de werkzaamheden bij ITER in Cadarache door en werd het PALLAS-team versterkt met een nieuwe programmadirecteur en een nieuwe construction director. Onder hun leiding zal straks de nieuwe onderzoeksreactor worden gebouwd. In Delft werd door het Reactor Instituut een bijeenkomst opgezet, speciaal voor journalisten. In deze masterclass Kernenergie en Straling werd de pers bijgespijkerd over de ontwikkelingen in kernenergie en kregen ze informatie over straling en risicoperceptie. Een mooi initiatief dat goed werd ontvangen door de deelnemers. Ik wens u veel plezier met deze editie. **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: info@kernvisie.com

P04



Medisch

Erasmus MC start nieuwe alfatherapie bij uitgezaaide prostaatkanker

De medische wereld kijkt vol verwachting naar het Rotterdamse Erasmus MC. Daar startte begin april een bijzondere alfatherapie die perspectief biedt voor patiënten met uitgezaaide prostaatkanker. Een eerdere experimentele proef in Duitsland wees uit dat deze behandeling met Actinium-225- PSMA succesvol kan zijn. Tessa Brabander, nucleair geneeskundige en Erik de Blois, klinisch radiochemicus lichten het project toe.

P17 Energie

Deksel ITER-cryostaat gereed voor toekomstig gebruik

Het deksel van de ITER-cryostaat is gereed en zal beschermd worden opgeslagen vóór het als laatste machineonderdeel in de assemblageput zal worden neergelaten. Het deksel is het afsluitende onderdeel van de ITER-cryostaat waarin het vacuümvat zal komen en waar uiteindelijk de fusiereactie van de experimentele ITER-Tokamak zullen plaatsvinden.

P16



Maatschappij

SCK CEN mag nucleaire installatie in Mol uitbreiden

SCK CEN, het Belgische studiecentrum voor kernenergie, mag een bestaande, nucleaire installatie op zijn terrein in Mol uitbreiden. In de nieuwe zogenaamde RECUMO (RECOVERY of Uranium from Molybdenum production)-installatie zuivert het nucleaire onderzoekscentrum de radioactieve restanten, afkomstig van de productie van medische radio-isotopen.

P09 Maatschappij

IAEA DG Rafael Grossi bezoekt Oekraïne

De directeur-generaal (DG) van de Internationale Organisatie voor Atoomenergie (IAEA), Rafael Mariano Grossi, bezocht eind maart de Oekraïne. De IAEA maakt zich grote zorgen vanwege de oorlog die in Oekraïne woedt en wil de Oekraïners bijstand verlenen om een ongeluk te voorkomen. Hij ontmoette hoge regeringsfunctionarissen voor besprekingen over de door de IAEA geplande levering van dringende technische bijstand om de veiligheid en beveiliging van de nucleaire installaties van het land te waarborgen.



P12 InBeeld

België houdt toch twee reactoren open na 2025

P20 Column

Lars Roobol: Bouwen, bouwen, bouwen

P21 Maatschappij

Dr. Zheng Liu – Gepromoveerd aan de TU Delft op de scheiding van radio-isotopen op microfluidische chips

P22 Boekbespreking

Het deel en het geheel van Werner Heisenberg



Medisch

Erasmus MC start nieuwe alfatherapie bij uitgezaaide prostaatkanker

De medische wereld kijkt vol verwachting naar het Rotterdamse Erasmus MC. Daar startte begin april een bijzondere alfatherapie die perspectief biedt voor patiënten met uitgezaaide prostaatkanker. Een eerdere experimentele proef in Duitsland wees uit dat deze behandeling met Actinium-225-PSMA succesvol kan zijn. Anders dan bij de Duitse studies voert het Erasmus MC de behandeling geheel uit volgens GMP-normen (Good Manufacturing Practice) waardoor het project wereldwijd de aandacht trekt. Tessa Brabander, nucleair geneeskundige en Erik de Blois, klinisch radiochemicus lichten het project toe.

Nucleaire geneeskunde is een bijzonder vakgebied waarin mensen werken die met geduld, visie en kennis baanbrekend werk verrichten en therapieën ontwikkelen die nieuwe kansen bieden bij tot nu toe uitbehandelde patiënten. Zo wordt bij het Erasmus MC al meer dan tien jaar gezocht naar mogelijkheden om alfa-emitters in te zetten bij de behandeling van kanker. Alfastraling komt vrij bij alfaverval van grotere kernen zoals uranium maar ook bij bijvoorbeeld actinium (Ac), een isotoop die verkregen kan worden uit splijtingsafval. Alfastraling is bij uitstek geschikt voor het bestrijden van uitzaaiingen omdat de dracht van een alfadeeltje in een lichaam slechts vijf à zes cellen bedraagt (100 micrometer). Het deeltje zelf is 'fors' en bestaat uit twee protonen en twee neutronen (heliumkern) en geeft al zijn energie af in het korte bereik waarbij het in staat is om dubbelstrengs breuken in het DNA te veroorzaken die leiden tot de dood van een cel. Na een voortraject van twee jaar startte in april bij het Erasmus MC de eerste behandeling van patiënten met uitgezaaide prostaatkanker. In totaal nemen dertig patiënten aan de studie deel. In de therapie wordt gewerkt naar een optimale dosis met Actinium-225-PSMA (Prostaat Specifiek Membraan Antigeen). Daarbij is de alfa-emitter actinium gekoppeld aan een eiwit dat specifiek aan het tumorweefsel hecht. Tezamen vormt dat dan het Actinium-225-PSMA.

Praktische uitdagingen

"We houden de ontwikkelingen in de wetenschap en wat er verschijnt in de

literatuur heel goed in de gaten. We zagen een trend in het gebruik van alfa-emitters en we zijn al meer dan tien jaar bezig met préklinisch onderzoek en we zien heel veel veelbelovende resultaten. Wij wilden als Erasmus MC ook graag een stap voorwaarts maken, maar voor het zover was, moesten we een hele reeks aanpassingen met bijbehorende investeringen doen", aldus De Blois. Hij legt uit dat het daarbij onder andere gaat om het ontwerpen en bouwen van een alfa-lab en alfa-clean rooms. Gedurende die inspanningen ontving Brabander een beurs van het KWF om te starten met de behandeling van patiënten met uitgezaaide prostaatkanker met Actinium-225-PSMA. Brabander: "Dat zorgde ervoor dat het idee om ons te richten op alfa-emitters in een stroomversnelling kwam." Ze legt uit dat het totale project vier jaar duurt. "We zijn nu twee jaar bezig en begin april behandelen we de eerste patiënten." Dat het enige tijd in beslag nam, lag volgens De Blois voornamelijk aan de 'praktische uitdagingen'. "De implementatie van een systeem met alfa-emitters vergt de nodige inspanningen omdat alfa's lastig te detecteren zijn. Er zijn daarom technieken ontwikkeld om dat te kunnen uitvoeren." Daar kwam bij dat het Ac-225 dat het Erasmus MC ontvangt van het Joint Research Centre in Karlsruhe niet aan de kwaliteitsnorm voor 'Good Manufacturing Practice' (GMP) voldeed. GMP is de kwaliteitsnorm voor het maken van geneesmiddelen en zorgt ervoor dat fabrikanten van geneesmiddelen altijd dezelfde kwaliteitseisen moeten volgen. "Dat zorgde ervoor dat we veel extra

metingen moesten uitvoeren om het Ac-225 als medicijn te mogen gebruiken waarbij alle meettechnieken gevalideerd en gekalibreerd moesten zijn."

Recoil

De Blois legt uit dat het Erasmus MC de meetapparatuur apart moest ontwikkelen. "Actinium-225 is een alfa-emitter die naar vijf verschillende dochters vervalft die ook alfa-emitters zijn. Maar een aantal zendt ook een gamma uit en deze gamma's gebruiken we om, door middel van beeldvorming, de locatie van de isotopen te detecteren." Van belang is vast te stellen wannéér je gaat meten en wát representatief is. "Op het moment dat het eerste verval optreedt, vindt een chemisch proces plaats dat we 'recoil' noemen waardoor het Ac-225 de binding verliest met het PSMA." Recoil is de terugslag die je je voor kunt stellen als de terugslag van een geweer tijdens het afvuren. "Na het verval verkrijgt de isotoop ook automatisch andere chemische eigenschappen en moet je heel goed in de gaten blijven houden dat je nog steeds naar het juiste molecuul kijkt." Op zich is de recoil ondanks het loskomen van de peptide niet erg, zolang de isotoop maar bij de tumor blijft, want dan veroorzaakt het nog steeds de gewenste schade op locatie. Bijkomend probleem van de locatiebepaling is de toxiciteit van een alfastraler. "Je hoeft daardoor minder activiteit toe te dienen. Dat scheelt een factor duizend met bijvoorbeeld Lutetium-177. De Blois vat de uitdaging om met Ac-225 aan de slag te gaan in drie hoofdpunten samen: "Minder activiteit om te detecteren. Slecht detecteerbaar omdat ✎

JRC Karlsruhe - productie van Actinium-225

Bij JRC in Karlsruhe wordt actinium gewonnen uit Thorium-229 dat in een kolom wordt gespoeld met een zure oplossing zodat Radium-225 en Ac-225 'af wordt gespoeld'. In een tweede kolom scheidt het Radium-225 van het Ac-225. De Blois: "Het Ac-225 gaat vervolgens ingedroogd en verpakt op transport naar diverse afnemers waaronder het Erasmus MC." Het gaat om een kleine productieketen. Met alle nu wereldwijd beschikbare Ac-225 zouden slechts een paar duizend patiënten wereldwijd behandeld kunnen worden. "Thorium-229 wordt gewonnen uit nucleair afval en daar is niet eenvoudig aan te komen. Zo wordt bij TerraPower in Canada gewerkt aan het opzuiveren van Thorium-229 om Ac-225 te kunnen produceren. Onder ander de Bill Gates-foundation is hier mee bezig." Ook bestaat de mogelijkheid om Ac-225 met behulp van cyclotrons te maken. Maar ook hier geldt dat daartoe eerst de capaciteit vergroot moet worden. De Blois: "Wereldwijd zijn er verschillende startups bezig om ook dit proces te ontwikkelen."

Tessa Brabander

Brabander heeft geneeskunde gestudeerd en heeft haar afstudeeronderzoek bij nucleaire geneeskunde gedaan. In 2011 startte ze met de opleiding nucleair geneeskundige. In 2016 rondde Brabander deze opleiding af. Sinds die tijd werkt ze als nucleair geneeskundige bij het Erasmus MC. "Tijdens mijn opleiding heb ik mijn promotieonderzoek gedaan dat ik in 2017 afrondde." Op dit moment volgt Brabander ook nog de opleiding radiologie. "Dus als het goed is ben ik over een jaar ook radioloog." Ze motiveert het verdiepen van haar kennis onder andere omdat het Erasmus MC eerst twee aparte afdelingen radiologie en nucleaire geneeskunde had die inmiddels zijn samengevoegd. "Zo ben ik dadelijk meer inzetbaar op de afdeling, maar ik denk dat je ook een betere nucleair geneeskundige bent als je je ook op het gebied van radiologie hebt gespecialiseerd."

het een alfa is en de wet- en regelgeving was nog niet helemaal uitgekristalliseerd op dit gebied." Wat betreft het laatste punt was het de Stralingsbeschermingseenheid (SBE) van het Erasmus MC die het project heeft begeleid. De SBE is verantwoordelijk voor het veilig gebruiken van stralingsbronnen bij patiëntenzorg, onderzoek en onderwijs. De SBE geeft onafhankelijk en indien nodig bindend advies over stralingsbescherming.

PET-scan met Gallium-68

Vanuit Karlsruhe komt het Ac-225 in een kwartsampul in het lab binnen waar het wordt gekoppeld aan het eiwit. Het complete proces van het ontvangen van de isotoop, het labelen en het ervoor zorgen dat het Ac-225



daar terecht komt waar het zijn werk doet, is uitgedacht en als protocol omschreven door De Blois. "Het Actinium is enorm actief en beschadigt ook het eigen molecuul. Dus we moeten ervoor zorgen dat het lang genoeg intact blijft en op tijd geïnjecteerd wordt." Het tijdschema staat vast. Er is één dag gereserveerd voor de voorbereiding, het oplossen van de chemicaliën, het maken van de buffers. Dan volgt de dag waarop het actinium binnenkomt, wordt opgelost en gelabeld. Vanaf dat moment moet het medicijn binnen drie uur in de patiënt zijn. Hoe weet je dat het Actinium-225-PSMA op de juiste locatie terechtkomt? Brabander: "Dat is een van de doelen van het onderzoek. In totaal krijgt de patiënt twee keer een behandeling met Actinium-225-PSMA. Voor de patiënt de eerste toediening krijgt, injecteren we hetzelfde PSMA maar dan gekoppeld aan Gallium-68 (Ga-68). Aan de hand van een PET-scan kunnen we dan zien hoe de verspreiding van het PSMA in het lichaam is. Als we het PSMA vervolgens labelen aan het Actinium-225 gaan we ervan uit dat de verspreiding hetzelfde is." Na de eerste behandeling volgt post-therapie-beeldvorming met een gamma-

camera. Tevens krijgt de patiënt een tweede PET-scan met Gallium-68-PSMA. Dan krijgt de patiënt de tweede behandeling met Actinium-225-PSMA waarna een afsluitende controle PET-scan volgt met Gallium-68-PSMA. De meeste dochters van Ac-225 zijn alfa-emitters, maar er zijn er ook twee dochternucliden die gamma's uitzenden. "Daar kunnen we na toediening direct gebruik van maken door de patiënten op onze afdeling te scannen", aldus Brabander. De Blois voegt daaraan toe dat het vanwege de hoge toxiciteit en dus lage 'dosering', een hele uitdaging is om de detectie succesvol te laten plaatsvinden. Uiteindelijk vervalt het Ac-225 naar stabiel Bismuth-209. De hoeveelheid hiervan in nano-molen (miljardste mol) en daarmee de toxiciteit van het stabiele Bismuth-209 is verwaarloosbaar volgens De Blois.

Lozen op riool

Omdat het een studie betreft, blijven de patiënten een nacht na de behandeling in het ziekenhuis ter observatie. Urine wordt opgevangen en bloed afgenomen om te zien hoeveel er wordt uitgescheiden. Hieruit valt af te leiden wat er wordt opgenomen

Erik de Blois

De Blois is in 1999 bij het Erasmus MC begonnen als MBO-stagiair. Tijdens de stage werd De Blois gevraagd of hij wilde blijven onder voorwaarde dat hij zijn studie voortzette. “Dat heb ik gedaan en heb vervolgens in deeltijd mijn Bachelor (BSc) Moleculaire Biology gehaald (2005) terwijl ik werkzaam bleef als analist.” Vervolgens ging De Blois zijn master (MSc) Drug Innovation (Pharmaceutical Sciences) in deeltijd doen, terwijl zijn functie verschoof naar radiochemicus, aan de Universiteit Utrecht (2009) en richtte zich aansluitend op zijn promotie (PhD): Radiochemische aspecten van receptorscintigrafie: labeling met radiometalen, optimalisatie en radiochemische zuiverheid (2014). Sinds juni 2021 is De Blois klinisch radiochemicus en als hoofd kwaliteitscontrole verantwoordelijk voor het vrijgeven van de radiofarmaca die bij het Erasmus MC worden verstrekt. De Blois omschrijft zijn carrière tot nu toe voornamelijk als een “hele praktische route”, omdat hij alle facetten en niveaus heeft meegemaakt: “En dat heeft mij natuurlijk wel gevormd.”



en hoe snel het vervalst in het lichaam. Vanwege de uitscheiding verwacht je de meeste bijwerkingen van de behandeling in de nieren maar dat is niet het geval. Het zijn vooral de speekselklieren die ‘geraakt’ worden. “Dat komt omdat de speekselklieren een hoge PSMA-expressie hebben. Het gevolg is dat patiënten last kunnen krijgen van een droge mond. Tijdens de studie gaan we natuurlijk ook bekijken tot op welk niveau de bijwerkingen aanvaardbaar zijn”, licht Brabander toe. De Blois: “Goed om er nog even aan toe te voegen dat het ons gaat om de biologische halfwaardetijd. De fysische halfwaardetijd van het Ac-225-PSMA is 9,9 dagen, maar de biologische halfwaardetijd is een stuk korter en bepalend voor de behandeling.” Urine en ontlasting worden opgevangen in speciale tanks, een radioactief opslagsysteem waar het inblijft tot het onder de vrijstellingsnorm komt en kan worden geloosd op het riool.

De hele wereld kijkt mee

Bij de studie die nu start krijgen patiënten een eerste veilige dosis. Wanneer blijkt dat er geen bijwerkingen zijn, kan de doses worden verhoogd om zo toe te werken naar de

optimale dosis. Brabander: “Tijdens de studie behandelen we maximaal dertig patiënten, die elk twee behandelingen krijgen en daarna gaan we ons richten op een vervolg van de eerste studie.” Volgens Brabander kijkt de hele wereld mee. Ze vertelt dat er ook al studies in Duitsland zijn geweest, maar de aandacht is nu toch vooral gericht op het eerste fase onderzoek onder ‘full GMP’ in Rotterdam. “Dat komt omdat de wet- en regelgeving in Duitsland enigszins afwijkt van de onze. Wanneer een dokter oordeelt dat een behandeling goed is voor de patiënt kan hij of zij die geven. In Nederland doen we dat alleen in goed studieverband. Je kan in Duitsland dus wel een behandeling krijgen, maar zonder te weten wat de optimale dosis is. De eerste stap die je normaal zou doen, is in Duitsland overgeslagen.” Wanneer Brabander en De Blois de resultaten over de optimale doses publiceren, volgen er hopelijk aanvullende studies. Op een eerste artikel is volgens hen al behoorlijk veel respons gekomen, waaronder van farmaceutische bedrijven. Dus de verwachting is dat de aandacht en interesse alleen maar toeneemt. Brabander vertelt dat er ook al een nieuwe KWF-beurs beschikbaar is voor een

studie met Actinium-225-dotataat voor de behandeling van NET-tumoren (neuro-endocriene tumoren), waarmee het Erasmus MC in januari is gestart. De behandeling van NET-tumoren met Lutetium-177-dotataat loopt al zo’n 20 jaar in het Erasmus MC. Wat betreft de Actinium-225-PSMA studie hoopt Brabander alle dertig patiënten die aan de studie deelnemen in de komende twee jaar te behandelen en aansluitend de eerste resultaten te publiceren. **K**

Menno Jelgersma



Hoge Flux Reactor in Petten weer opgestart

Op 17 maart heeft NRG de Hoge Flux Reactor (HFR) in Petten weer opgestart. De ANVS moest hiervoor toestemming geven, omdat de HFR na een lekkage een nieuwe watervoorziening moest krijgen. Na inspectie en beoordeling door de ANVS kon de HFR veilig opstarten en weer in bedrijf genomen worden. “Binnen twee weken konden de eerste medische isotopen voor de nucleaire geneeskunde worden afgeleverd aan ziekenhuizen”, aldus Vinod Ramnandanlal, directeur commercie, NRG|PALLAS.

Op 16 januari is de HFR uitgezet voor een geplande korte onderhoudsstop. Het doel was om op 20 januari weer op te starten. Tijdens de voorbereidingen voor de opstart afgelopen januari werd echter een lekkage geconstateerd in

een waterleiding voor testfaciliteiten aan de buitenzijde van de reactorkern. De lekkage kon eenvoudig worden verholpen door de leiding af te sluiten en had geen gevolgen voor mens en milieu. Voor een structurele oplossing moest

NRG voor een nieuwe watervoorziening zorgen. Hiervoor diende NRG een aanvraag voor vergunningswijziging in bij de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) in.

Aantasting aluminium

Uit de beoordeling van de ANVS bleek dat de wijziging van de watervoorziening veilig kan. Tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden en het testen van de nieuwe watervoorziening hield de ANVS ook toezicht. Vanwege de leveringszekerheid van medische isotopen en het daaraan gekoppelde patiëntenbelang heeft de ANVS besloten om de vergunning direct in werking te laten treden. De vergunning is ook meteen afgegeven, omdat de vergunningswijziging niet leidde tot andere of grotere gevolgen voor het milieu. Dezelfde activiteiten blijven immers toegestaan als al waren vergund voor de onderhoudsstop. NRG heeft ook onderzoek gedaan naar het leidingwerk om de oorzaak van de lekkage te achterhalen en te zorgen voor een structurele oplossing. Hieruit bleek dat aantasting van de aluminiumleiding de oorzaak was van de lekkage. Het onderzoek laat ook zien dat er een aantal leidingen is waar een vergelijkbaar effect op kan treden, maar dat dit niet kan leiden tot een gevolg voor mens en milieu.

1,1 miljoen patiëntendoses

Op 9 maart ontving NRG de vergunning van de toezichthouder. Na de opstart op 17 maart kon NRG al binnen twee weken de eerste medische isotopen voor medische toepassingen leveren aan ziekenhuizen. “Dit is ontzettend goed nieuws, medische isotopen zijn van enorm belang voor vele patiënten”, aldus Andor Glaudemans, voorzitter van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde (NVNG). In de eerste maand kon NRG ruim 1,1 miljoen patiëntdoses produceren, die gebruikt worden voor de diagnose en behandeling van ziektes zoals kanker en hart- en vaatziekten. **K**

IAEA DG Rafael Grossi bezoekt Oekraïne

De directeur-generaal (DG) van de Internationale Organisatie voor Atoomenergie (IAEA), Rafael Mariano Grossi, bezocht eind maart de Oekraïne. De IAEA maakt zich grote zorgen vanwege de oorlog die in Oekraïne woedt en wil de Oekraïners bijstand verlenen om een ongeluk te voorkomen. Hij ontmoette hoge regeringsfunctionarissen voor besprekingen over de door de IAEA geplande levering van dringende technische bijstand om de veiligheid en beveiliging van de nucleaire installaties van het land te waarborgen.

Het doel van het bezoek van Grossi is de aanzet te geven tot onmiddellijke steun voor de veiligheid en beveiliging van de nucleaire installaties van Oekraïne. Dit houdt onder meer in dat IAEA-deskundigen naar alle belangrijke faciliteiten worden gestuurd en dat vitale veiligheids- en beveiligingsbenodigdheden worden verscheept, waaronder apparatuur voor toezicht en noodsituaties. "Het militaire conflict brengt Oekraïnes kerncentrales en andere faciliteiten met radioactief materiaal in ongekend gevaar. We moeten dringend actie ondernemen om ervoor te zorgen dat zij veilig kunnen blijven werken en het risico op een nucleair ongeval met ernstige gevolgen voor de gezondheid en het milieu, zowel in Oekraïne als daarbuiten, te verkleinen", aldus Grossi. Ook voerde Grossi gesprekken om het risico van een ongeval dat mensen en het milieu in gevaar zou kunnen brengen, te helpen afwenden.

De IAEA heeft concrete en gedetailleerde plannen opgesteld voor bijstand op het gebied van veiligheid en beveiliging aan de nucleaire sites van Oekraïne, waaronder vijftien kernreactoren in vier centrales en de kerncentrale van Tsjernobyl, waar zich faciliteiten voor het beheer van radioactief afval bevinden na het ongeluk in 1986. De technische bijstand van de IAEA zal ook de voorwaarden scheppen waaronder de IAEA zijn veiligheidscontroleactiviteiten in Oekraïne kan blijven uitvoeren overeenkomstig

haar non-proliferatiemandaat. "Oekraïne heeft om onze bijstand voor veiligheid en beveiliging verzocht. Wij zullen die nu gaan verlenen. Oekraïne heeft een van de grootste kernenergieprogramma's van Europa. De aanwezigheid van de IAEA, waar nodig om de veiligheid en beveiliging te waarborgen, is van het allergrootste belang. Wij zijn klaar om nu de nodige steun te verlenen", zei Grossi.

Sinds het begin van het conflict heeft Grossi zijn grote bezorgdheid geuit over de verslechterende veiligheids- en beveiligingssituatie voor de nucleaire installaties van Oekraïne. Hij heeft benadrukt dat de IAEA vastbesloten en bereid is te helpen waarborgen dat de zeven onontbeerlijke pijlers voor het waarborgen van veiligheid en beveiliging in acht worden genomen. In de afgelopen weken zijn verscheidene van deze pijlers - waaronder de fysieke integriteit van de faciliteiten, de mogelijkheid van operationeel personeel om zonder onnodige druk te werken, en de toegang tot externe stroomvoorziening - ernstig in het gedrang gekomen. "Het was al verschillende keren kantje boord. We kunnen het ons niet veroorloven nog meer tijd te verliezen. Dit conflict veroorzaakt nu al onvoorstelbaar menselijk lijden en verwoesting. De deskundigheid en de capaciteiten van de IAEA zijn nodig om te voorkomen dat het ook tot een nucleair ongeval leidt", zei hij. **K**

Bron: IAEA

Zeven pijlers

Tijdens een vergadering van de Board of Governors van de IAEA in maart, die was bijeengeroepen om de gevolgen van de Russische inval in Oekraïne voor veiligheid, beveiliging en veiligheidscontrole te bespreken, heeft de directeur-generaal Rafael Mariano Grossi zeven pijlers van nucleaire veiligheid en beveiliging geschetst. Hij waarschuwde dat verscheidene van deze pijlers al in gevaar zijn gebracht als gevolg van de Russische oorlogshandelingen bij de kerncentrale van Zaporizja, die met zes kernreactoren van ieder 950 MW de grootste kerncentrale van Oekraïne en Europa is.

De zeven pijlers zijn:

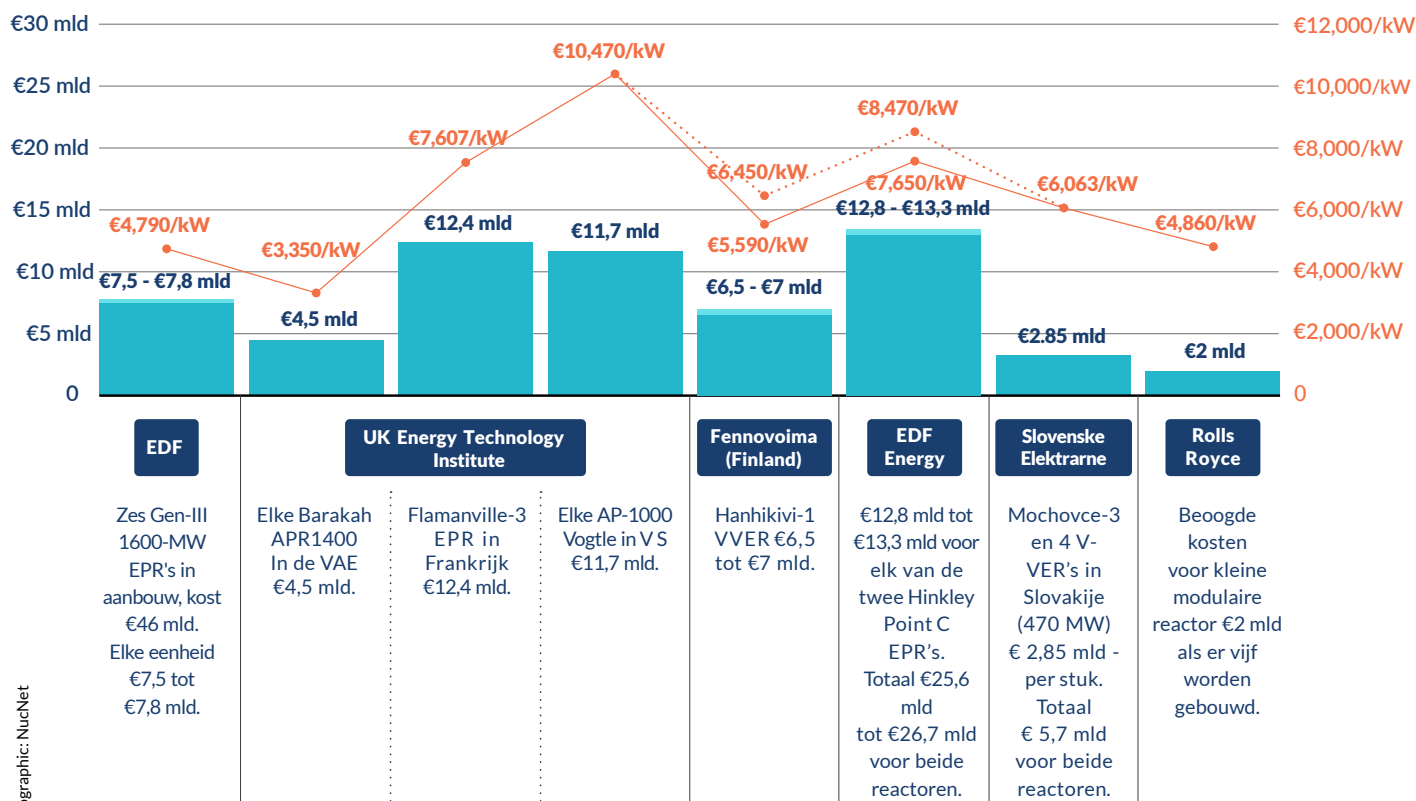
- 1 De fysieke integriteit van de installaties - of het nu gaat om reactoren, splijtstofopslag of opslagplaatsen voor radioactief afval - moet worden gehandhaafd;
- 2 Alle veiligheids- en beveiligingssystemen en -apparatuur moeten te allen tijde volledig functioneel zijn;
- 3 Het personeel moet in staat zijn zijn veiligheids- en beveiligingstaken te vervullen en moet beslissingen kunnen nemen zonder onder onnodige druk te staan;
- 4 Voor alle nucleaire locaties moet er een veilige elektriciteitsvoorziening buiten de locatie zijn;
- 5 Er moeten ononderbroken logistieke bevoorradingsketens en transporten van en naar de locaties zijn;
- 6 - Er moeten effectieve stralingscontrolesystemen zijn op en buiten de locatie en ook maatregelen om voorbereid te zijn en te kunnen reageren op noodsituaties;
- 7 Er moet betrouwbare communicatie zijn met de toezichthouder en andere betrokkenen.

Weet u wat een KERNCENTRALE kost?



De financiering van nieuwe kernenergie is complex en er kunnen verschillende berekeningsformules worden gebruikt, waardoor het moeilijk is een precieze kostprijs vast te stellen. U vindt de details in het 'special report' **How Much Does A Nuclear Power Plant Cost?** op www.nucnet.org.

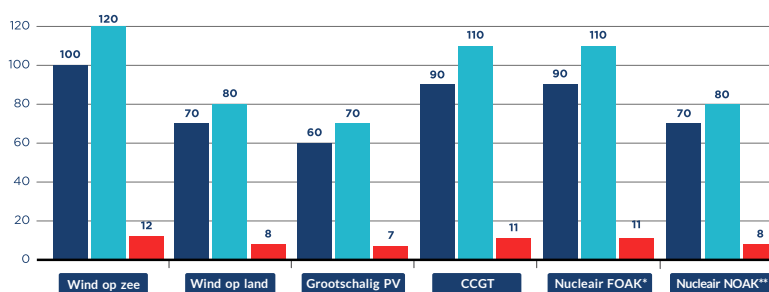
KOSTENRAMINGEN WERELDWIJD



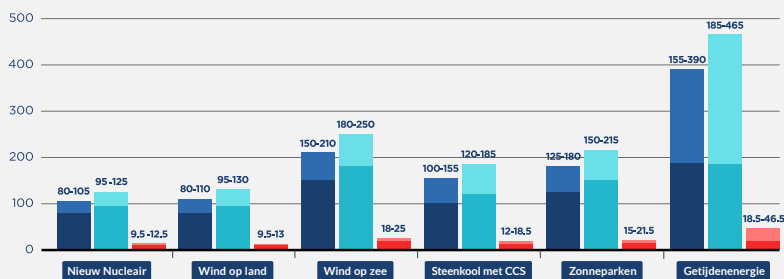
Verskillende TECHNOLOGIEËN vergeleken

ALLE WAARDEN GEVEN DE GENIVELLEERDE KOSTEN VAN ELEKTRICITEIT (LCOE) WEER

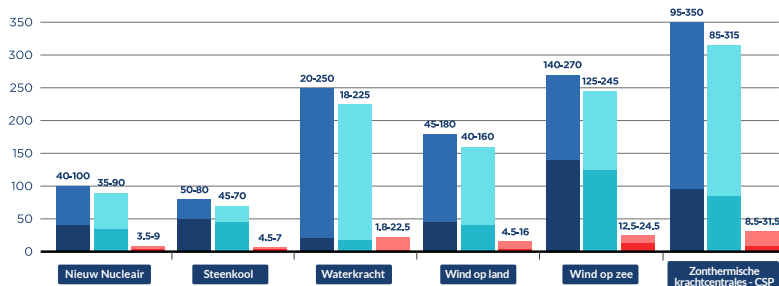
RAMINGEN VAN DE BRITSE OVERHEID



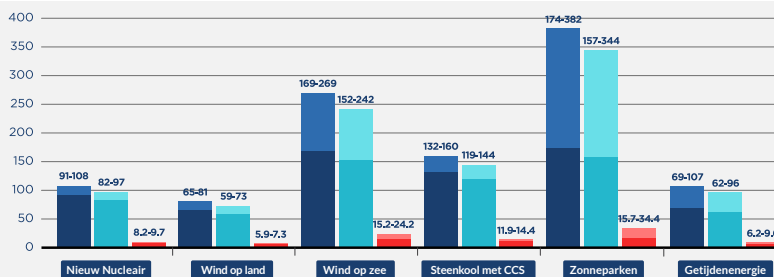
BRITSE MINISTERIE VAN ENERGIE EN KLIMAATVERANDERING



WORLD ENERGY COUNCIL



US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION



● E/MWh ● €/MWh ● €c/kWh

* First-of-a-kind: Eerstevaneennieuwegeneratiereactoren.

** Nth-of-a-kind: Dedaaropvolgende reactoren



België houdt toch twee reactoren open na 2025

Aan het einde van 2021 leek het onafwendbaar: de twee Belgische kerncentrales Doel en Tihange zouden in 2025 definitief hun deuren sluiten. Onder druk van de hoge gasprijzen en de oorlog in Oekraïne gaat daar nu een streep doorheen. De regering van België wil de afhankelijkheid van Russisch gas te verminderen. Het is een 'zaak van nationale veiligheid' geworden, aldus de Minister van Energie Tinne Van der Straeten. En zo werd het besluit uit 2003 om alle kernreactoren ouder dan 40 jaar te sluiten, na een ingelaste top door

de federale regering van België, teruggedraaid. De twee jongste kernreactoren, Doel 4 en Tihange 3, blijven open.

Op zich lijkt het langer openhouden van de twee reactoren een opsteker voor de voorstanders van kernenergie maar de politieke partijen MR (Mouvement Réformateur) en N-VA (Nieuw-Vlaamse Alliantie) zijn niet zo blij over dit voornemen. Ze willen niet alleen méér dan twee reactoren in bedrijf houden, ze willen ze ook langer dan 10 jaar openhouden. De politieke partij Groen is ook niet blij want die moet terugkomen op de belofte de geschiedenis in





te gaan als de partij die de kernuitstap zou hebben gerealiseerd. Daarnaast zal de regering in onderhandeling moeten gaan met de uitbater van de kerncentrales Engie/Electrabel. Het is nog helemaal niet zeker of het Franse bedrijf zich welwillend zal opstellen omdat het naar schatting bijna 900 miljoen euro subsidie krijgt om CO₂-uitstotende gascentrales te bouwen om het verlies van CO₂-vrije kernstroom op te vangen. Die subsidie is noodzakelijk omdat wind en zon grillig zijn, maar wel voorrang genieten op het net. Dit maakt de inkomsten van gascentrales onzeker en hebben daarom subsidie nodig om te overleven.

Al met al hebben de klimaatzorgen, gasprijzen en nieuwe

geopolitieke verhoudingen landen wereldwijd wakker geschud en staat kernenergie weer volop op de agenda. Een willekeurige greep: Zuid-Korea heft moratorium op bouw nieuwe kerncentrales op, Canada, de VS en Zweden investeren in ontwikkeling SMR's, Vietnam wil kernenergieplannen nieuwe leven inblazen, Frankrijk gaat flink bijbouwen net als het VK, Nederland wil twee kerncentrales bouwen, Bulgarije start studie naar nieuwe kerncentrales en een recentelijke opiniepeiling liet zien dat er een meerderheid Zwitsers is voor kernenergie. Naar verluidt gaan er zelfs in Duitsland stemmen op om de laatste drie kerncentrales in bedrijf te houden. **K**



© SCK-CEN

Kankerbestrijding wint aan kracht dankzij samenwerking Belgische SCK CEN en IRE

Het nucleaire onderzoekscentrum SCK CEN en het Nationaal Instituut voor Radio-elementen (IRE) gaan de productie van lutetium-177 opschalen. Hiertoe ondertekenden de beide partners de overeenkomst die perspectief biedt voor kankerpatiënten. De radio-isotoop is onder meer veelbelovend voor de behandeling van prostaatkanker.

Dit kankertype is in Europa verantwoordelijk voor 90.000 sterfgevallen per jaar. “Radio-isotopen kunnen niet enkel het verschil maken in medische beeldvorming, maar ook in doelgerichte therapieën. Als wereldspelers in de productie ervan moeten we oog hebben voor die dynamiek en een verdere ontwikkeling van opkomende therapeutische radio-isotopen mogelijk maken”, aldus Erich Kollegger, CEO van IRE, bij de ondertekening.

“De voorbije twee jaar hebben we veel onderzoeks- en ontwikkelingswerk verricht om onze innovatieve productiemethode van zuiver lutetium-177 volledig ‘op punt te stellen’. Nu zijn we klaar om ons eigen onderzoek tot een grootschalige productielijn om te vormen. Zo vergroten we het aanbod en verlenen we talrijke kankerpatiënten de toegang tot een doeltreffende behandeling en dus tot levensreddende zorg”, aldus Eric van Walle, directeur-generaal van SCK CEN. Verwacht wordt dat de behoefte aan lutetium-177 exponentieel zal toenemen: van 16.000 patiënten in 2020 tot 138.000 patiënt in 2026. **K**

Bron: SCK CEN



© SCK-CEN



TU Delft Reactor Instituut en RST organiseren Masterclass Kernenergie en Straling voor journalisten

Op vrijdag 18 maart 2022 hebben medewerkers van TU Delft Reactor Institute en Radiation Science and Technology een masterclass Kernenergie en Straling voor journalisten georganiseerd. De masterclass is verzorgd door Jan-Leen Kloosterman en Rudy Konings vanuit de TU Delft en Ewoud Verhoef van COVRA. De masterclass is afgesloten met een Zoom presentatie over Risicoperceptie door David Ropeik, voormalig instructeur aan de Harvard University, auteur en adviseur en spreker over risicoperceptie, risicocommunicatie en risicobeheer.

Alle facetten

In de masterclass zijn alle facetten van kernenergie en straling de revue gepasseerd:

- Front-end: uraniumvoorraden, mijnbouw en verrijking
- Reactorbedrijf, reactorveiligheid en generaties reactoren
- Back-end: opwerken en recyclen
- Radioactief afval, opslag en eindberging
- Risicoperceptie

Rondleiding

Vanzelfsprekend werd de masterclass afgesloten met een rondleiding in de reactorhal en kregen de journalisten niet alleen het Tsjerenkov-licht te zien, maar was er ook de gelegenheid om de verschillende instrumenten, die aan de onderzoeksreactor gekoppeld zijn, van dichtbij te bekijken. **K**

Tentoonstelling in TU Delft Library: Atomic Reactions

Van 7 maart tot 3 juni 2022 is er in de bibliotheek van de TU Delft een expositie te zien over de wetenschap rondom kernenergie en straling. Deze tentoonstelling heeft drie onderdelen: terugblik op de grote expositie 'Het atoom' die in 1957 werd georganiseerd op de luchthaven Schiphol; de onderzoeksreactor van het RID; en de toepassingen voor energie, gezondheid en materialen met behulp van straling en nucleaire technieken. De beelden en teksten geven een mooie blik op historie, heden en toekomst rondom dit thema. Atomic Reactions is te zien tijdens openingstijden van de bibliotheek van de TU Delft tussen 08.00 en 00.00 uur. **K**





© SCK-CEN

RECUMO-installatie krijgt vergunning

SCK CEN, het Belgische studiecentrum voor kernenergie, mag een bestaande, nucleaire installatie op zijn terrein in Mol uitbreiden. In de nieuwe zogenaamde RECUMO (RECover of Uranium from Molybdenum production)-installatie zuivert het nucleaire onderzoekscentrum de radioactieve restanten, afkomstig van de productie van medische radio-isotopen. “We zijn verheugd dat alle bevoegde instanties hun fiat geven en ons de nodige vergunningen verlenen”, aldus Eric van Walle, directeur-generaal van SCK CEN.

SCK CEN heeft alle nodige vergunningen gekregen om een bestaande nucleaire installatie op zijn terrein uit te breiden. Die uitbreiding is noodzakelijk om het RECUMO-project uit te voeren. RECUMO is het partnerschap tussen het SCK CEN en het IRE (Nationaal Instituut voor Radio-Elementen) met als doel een structurele oplossing te bieden voor de residuen van het productieproces van radioactieve isotopen voor medische toepassingen. Het proces waar RECUMO zich op baseert, is een gekend en beproefd chemisch proces,

uitgevoerd binnen de grenzen van de gecontroleerde en vertrouwde SCK CEN infrastructuur.

Met het project koppelen SCK CEN en zusterbedrijf IRE een vervolg aan hun jarenlange samenwerking. SCK CEN zal de radioactieve restanten, die na het productieproces van medische radio-isotopen overblijven, omzetten in laagverrijkt uranium en zuiveren. Het hoogwaardige materiaal dat teruggewonnen wordt, kan opnieuw ingezet worden als splijtstof voor onderzoeksreactoren of als ‘targets’ voor de

productie van radio-isotopen. Zo verzekert RECUMO de bevoorradingszekerheid van medische radio-isotopen.

België verstevigt koppositie productie medische isotopen

Twee instanties gaven nu officieel groen licht voor dat project. Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) verstrekte als nationale toezichthouder de oprichtings- en exploitatievergunning, het Vlaams Gewest de omgevingsvergunning. Aan die beslissing ging een openbaar onderzoek vooraf. “Ik ben verheugd dat alle bevoegde instanties ons dus de nodige vergunningen hebben verleend”, aldus Eric van Walle, directeur-generaal van SCK CEN. Die vergunningen zijn een noodzakelijke voorwaarde om het RECUMO-project te kunnen verwezenlijken. “Dankzij het RECUMO-project verankert België zijn uitgebreide nucleaire kennis en verstevigt het onze koppositie in de productie van medische radio-isotopen.”

Bouw

Nu alle bevoegde instanties hun fiat hebben gegeven, kan SCK CEN met de effectieve bouw beginnen. “Volgens de planning zullen we dit najaar starten met de uitvoering op onze site. De oplevering van de installatie is voorzien voor 2025”, verduidelijkt Van Walle. Kort daarop zal het nucleaire onderzoekscentrum de installatie in gebruik nemen om de radioactieve restanten te kunnen gaan zuiveren. Die restanten zijn afkomstig van IRE in Fleurus. Zoals nu voorzien, zal de installatie tot 2038 de restanten verwerken. Het RECUMO-project van SCK CEN-IRE wordt uitgevoerd in nauwe samenwerking met de Algemene Directie Energie van de FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie, en onder toezicht van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), Euratom en de Verenigde Staten. Zij leggen nucleaire veiligheids- en beveiligingsnormen op en controleren op de strikte naleving ervan. **K**

Bron: SCK CEN

Deksel ITER-cryostaat gereed voor toekomstig gebruik



➤ Het bovenste deksel is ook structureel het meest complexe van de vier delen waaruit de ITER-cryostaat bestaat. Het is in drie richtingen gebogen en wordt versterkt door een reeks spanten en ribben. Van links naar rechts: Dipen Shah, van de Indiase fabrikant Larsen & Toubro; Guillaume Vitupier, leider van de ITER-cryostaatgroep; en Girish Kumar Gupta, ITER-cryostaatingenieur.

Het deksel van de ITER-cryostaat is gereed en zal beschermd worden opgeslagen vóór het als laatste machineonderdeel in de assemblageput zal worden neergelaten. Het deksel is het afsluitende onderdeel van de ITER-cryostaat waarin het vacuümvat zal komen en waar uiteindelijk de fusiereacties van de experimentele ITER-Tokamak zullen plaatsvinden.



➤ De basissectie van de cryostaat is met 1.250 ton het zwaarste onderdeel van de ITER-tokamak-assemblage; de onderste cilinder, de bovenste cilinder en het bovenste deksel wegen elk tussen 600-800 ton. De voltooide cryostaat zal bijna 30 meter in diameter en evenveel in hoogte meten.

Op 10 december 2015 passeerde een konvooi met drie grote stalen stukken de poorten van de ITER-installatie. De segmenten van 50 ton vormden de eerste elementen van de ITER-cryostaat, de grootste en meest complexe roestvrijstalen hoogvacuümkamer die ooit is ontworpen. In de daaropvolgende jaren werden in totaal 54 grote segmenten geleverd en geleidelijk geassembleerd tot de vier delen van de reusachtige stalen cilinder: de basis, de onderste cilinder, de

bovenste cilinder en het bovenste deksel. De basis en de onderste cilinder bevinden zich nu op hun plaats in de Tokamak-assemblageput, de bovenste cilinder is veilig opgeborgen in zijn beschermende cocon, en het bovendeksel, waaraan nu de laatste hand wordt gelegd, wordt klaargemaakt voor een lange 'winterslaap'. Omdat het de cryostaat afsluit, zal de 665 ton wegende ronde structuur het laatste machineonderdeel zijn dat in de assemblageput wordt neergelaten.

Schedelkap

Van de vier delen waaruit de ITER-cryostaat bestaat, is het bovenste deksel het dikste en op één na zwaarste onderdeel. In tegenstelling tot de basis en de onderste

en bovenste cilinders heeft het topdeksel een 3D-profiel, wat betekent dat het in drie richtingen is gebogen, een beetje zoals een schedelkap. “Bijgevolg was de uitlijning van de 12 segmenten, hoewel gedeeltelijk getest in India vóór verzending, een zeer delicate operatie hier in de Cryostat Workshop”, zegt ITER-cryostat-ingenieur Girish Kumar Gupta. Het krimpen van het metaal, als gevolg van de hitte die door het lasproces wordt gegenereerd, was een andere uitdaging. “We hadden een zeer goede profielcontrole tijdens de hele operatie, waarbij we om de dag metrologiemaatregelen namen om het gedrag van het onderdeel te controleren.” (red: De metrologie is de wetenschap van meten. Het definieert de principes en methoden om het vertrouwen in metingen als gevolg van meetprocessen te waarborgen en te behouden.)

In de mottenballen

“Alles is op zijn plaats en het werkt verloopt volgens schema. We moeten alleen nog wat controleren en schoonmaken”, legt Guillaume Vitupier uit, die onlangs Anil Bhardwaj opvolgde als Groepsleider voor de In-Cryostat, Cryostat Thermal Shield & Auxiliaries Sectie. Over ongeveer een week zal het Indiase binnenlandse agentschap, dat verantwoordelijk is voor



➤ De assemblage- en laswerkzaamheden voor het deksel van de cryostaat begonnen een jaar geleden. Met 665 ton is het bovenste deksel het op een na zwaarste van alle machineonderdelen.

de aankoop, het onderdeel overdragen aan de ITER-organisatie - een moment dat de afsluiting zal markeren van meer dan zes jaar intensief werk en samenwerking tussen ITER India, cryostaatfabrikant Larsen & Toubro Ltd, en de aannemer voor assemblage en lassen MAN Energy Solutions. Net als de bovenste cilinder, die in het voorjaar van 2019 is voltooid en in een verzegelde cocon buiten de Cryostat Workshop is geplaatst, zal ook het bovenste deksel ter bescherming “in de mottenballen” worden gelegd. Deze keer maakt de vorm van het onderdeel echter een andere oplossing mogelijk - even efficiënt, maar eenvoudiger, goedkoper

en milieuvriendelijker. Het deksel van de cryostaat zal strak worden gewikkeld in een laag materiaal met de naam VCI (volatile corrosion inhibitor) dat zorgt voor bescherming op lange termijn tegen vocht en andere soorten invloeden. Deze oplossing werd eerder gebruikt voor poloïdale veldspoel nr. 2, die in januari werd opgeborgen. Wanneer de laatste cryostaatsectie in oktober 2022 wordt opgeslagen, komt de grote werkplaats van de cryostaten beschikbaar voor andere activiteiten in verband met de voormontage van machines. **K**

Bron: www.iter.org

De ITER-cryostaat

In de noordoostelijke hoek van het ITER-complex staat de 6.000 vierkante meter grote Cryostaat-werkplaats voor de assemblage van de vier belangrijkste cryostaat-secties uit 54 kleinere segmenten die in India zijn vervaardigd. De cryostaat is de vacuümdichte container die het ITER-vacuümvat en de supergeleidende magneten zal omringen. Het basisdeel van de cryostaat zal het eerste grote onderdeel zijn dat in de Tokamak-kuil wordt geïnstalleerd en het bovenste deksel van de cryostaat zal het laatste zijn, dat op zijn plaats wordt gezet na de installatie van het vacuümvat, de magneten, de thermische afscherming en de centrale solenoïde. De basissectie van de cryostaat - 1.250 ton - is de grootste lading van de ITER-Tokamak-assemblage; de onderste cilinder, de bovenste cilinder en het bovenste deksel wegen elk tussen 600-800 ton. De voltooide cryostaat zal bijna 30 meter in diameter en evenveel in hoogte meten. De assemblagewerkzaamheden in de werkplaats zullen plaatsvinden op twee platforms van 30 x 30 meter die ook als transportmiddelen zullen fungeren: zodra de onderdelen klaar zijn, zullen zij het gebouw op hun platforms verlaten en per spoor de korte afstand naar het assemblagegebouw afleggen. Verwacht wordt dat ongeveer 50 mensen bij de werkzaamheden tijdens de assemblage van de cryostaatssegmenten betrokken zijn. De aankoop van de ITER-cryostaat valt onder de verantwoordelijkheid van het Indiase Binnenlands Agentschap. Het contract voor het ontwerp, de fabricage en de assemblage is gegund aan Larsen & Toubro Ltd. Dit contract omvat ook het opzetten van de cryostaatwerkplaats, assemblageactiviteiten in de werkplaats en assemblage in de put (integratie van de hoofdsecties van de cryostaat, lassen, enz.).



Sietsche Eppinga is nieuwe PALLAS-Reactor construction director

Sietsche Eppinga is per 1 maart aangetreden als construction director PALLAS-reactor. Ze gaat leidinggeven aan de bouwwerkzaamheden voor de PALLAS-reactor op de Energy and Health Campus in Petten. Bertholt Leeftink, CEO NRG|PALLAS: “Nu wij ons voorbereiden op de daadwerkelijke start van de bouw van de PALLAS-reactor ben ik erg blij met de

komst van Sietsche. Ze heeft veel ervaring met de uitdagingen voor aannemers van grote civiele projecten in Nederland en is daarmee een welkome versterking van ons team.” Eppinga: “Veilig bouwen van complexe civiele projecten met een technisch uitvoerbaar ontwerp is altijd mijn focus geweest. Dat ik die ervaring nu mag inzetten voor de realisatie van een nieuwe reactor die van levensbelang is voor 30 duizend patiënten per dag, is een geweldige uitdaging. Ik zie er zeer naar uit om met het team van NRG|PALLAS de volgende stappen te zetten om dit mogelijk te maken.”

Eppinga werkte eerder als manager TenderDesk bij BAM. Daarvoor had ze verschillende functies in zowel het ontwerp als de uitvoering van projecten binnen BAM en Strukton. Eppinga: “Met een complex bouwproject als de PALLAS-reactor kijk ik er naar uit om de juiste partijen aan te trekken om het bouwproject samen veilig te realiseren. Met de juiste kennis, expertise en een open samenwerking met partijen heb ik er alle vertrouwen in om met dit unieke bouwproject geschiedenis te gaan schrijven.” **K**



Peter Dijk aangesteld als programmadirecteur PALLAS-reactor

Peter Dijk is vanaf 1 februari 2022 aantreden als programmadirecteur PALLAS. Dijk gaat leidinggeven aan de PALLAS-programmaorganisatie en wordt verantwoordelijk voor de nieuwbouw van de PALLAS-reactor en de aanverwante faciliteiten ten behoeve van de productie van nucleaire geneesmiddelen op de Energy and Health Campus in Petten. Leeftink: “Nu het basisontwerp van de nieuwe reactor vrijwel is afgerond, gaat het programma een nieuwe, cruciale fase in: het daadwerkelijk gaan bouwen. Ik ben daarom zeer content met de komst van Peter. Hij beschikt over de kennis en ervaring die nodig is om een uniek en complex infra programma te realiseren.” Dijk: “Grote, complexe projecten in combinatie

met maatschappelijke relevantie zijn de rode draad in mijn loopbaan.” Dijk was werkzaam als Head of Programme Development bij de Schiphol Group en was in de periode 2008-2016 Projectdirecteur voor de aanleg van de Noord/Zuidlijn in Amsterdam en ook algemeen directeur Dienst Metro & Tram, en daarvoor projectdirecteur Betuweroute.

Het nieuwe kabinet zal naar verwachting in het eerste kwartaal van 2022 een besluit nemen over de financiering van de nieuwe reactor. Met de komst van Dijk zet NRG|PALLAS de volgende stap in de eerder aangekondigde integratie van beide organisaties. Leeftink: “De versterking van de directies van NRG en PALLAS stellen ons in staat om onze gezamenlijke ambitie te realiseren: het behouden en verder uitbreiden van onze positie als wereldmarktleider op het gebied van ontwikkeling en productie van medische isotopen. Tegelijk met het aantreden van Dijk wordt Hermen van der Lugt de nieuwe directeur Compliance, Risk and Organisation voor zowel NRG als PALLAS. Van der Lugt is nu managing director van PALLAS. Van der Lugt: “Na de vorming van de personele unie tussen NRG en PALLAS, is het in één hand brengen en future-proof maken van de verantwoordelijkheden op het gebied van compliance, risk en organisatie, een noodzakelijke én majeure stap. Op dat gebied liggen er grote uitdagingen om de realisatie van het nieuwbouw programma mogelijk te maken, terwijl tegelijkertijd de huidige faciliteiten veilig en betrouwbaar moeten blijven functioneren.” **K**



Bouwen, bouwen, bouwen

Op 20 april aanstaande is het kabinet Rutte IV 100 dagen missionair. Traditioneel hét moment om te evalueren hoe hun start is gegaan. Vanzelfsprekend kijk ik scherp naar de beloftes op het gebied van kernenergie.

En ook de motie Erkens-Dassen², om in dit jaar een bedrag van 5 miljoen euro te bestemmen voor een innovatieprogramma op het gebied van nucleaire technologie, dat in november 2021 werd aangenomen met 116 tegen 26 stemmen, laat niets aan duidelijkheid te wensen over.

De titel van deze column verwijst naar het Kamerlid Daniël Koerhuis, die de afgelopen kabinetsperiode het onderwerp woningbouw met deze slogan heeft vormgegeven. Op gebied van kernenergie waren het recentelijk Kamerleden Silvio Erkens en Laurens Dassen, en eerder Henri Bontenbal die zich geroerd hebben, en het ministerie van EZK bevraagd hebben op de voortgang op het gebied van het innovatieprogramma nucleaire technologie.

Een nieuwe, en niet helemaal voorziene ontwikkeling voor het kabinet was de inval van Rusland in de Oekraïne. Als vanzelf zie je de argumenten pro en contra kernenergie zich met de laatste mode mee ontwikkelen. Hoorde je in de tijd van het klimaatakkoord uit het contra kamp vooral de kreet “kernenergie kan niet bijdragen aan de klimaatdoelen voor 2030”, nu is het vooral “kernenergie is een onaanvaard risico ten tijde van een oorlog”. Maar het pro kamp doet net zo hard mee: “kernenergie geeft ons onafhankelijkheid van Poetins aardgas”. Maar hoe zinvol is het, het blijven hangen in de retoriek van voor- en tegenstanders?

In het verlengde daarvan heb ik ook mijn vragen: wat is de voortgang op gebied van de bouw van 2 nieuwe kerncentrales? Het kabinet heeft al laten weten dat we een tender voor 11 GW wind op zee gaan uitschrijven; wanneer mogen wij de tender voor het eerste kavel kernenergie tegemoet zien?

Het coalitieakkoord is toch duidelijk? “Daarom blijft de kerncentrale in Borssele langer open, met uiteraard oog voor de veiligheid. Daarnaast zet dit kabinet de benodigde stappen voor de bouw van 2 nieuwe kerncentrales. Dat betekent onder andere dat wij marktpartijen faciliteren bij hun verkenningen, innovaties ondersteunen, tenders uitzetten, de (financiële) bijdrage van de overheid bezien, wet- en regelgeving.”¹

Hoe staat het met de bouw van nieuwe kerncentrales voor CO₂-arme stroom, minister Jetten? En hoe kunnen we de industrie vergroenen met CO₂-arme industriële proceswarmte, minister Adriaansen? Misschien helpt het jullie als het als ik het naar het Haags van “Haagse Harry” vertaal?³ Bähwe, bähwe, bähwe! **K**

Lars Roobol

¹<https://www.kabinetsformatie2021.nl/documenten/publicaties/2021/12/15/coalitieakkoord-omzien-naar-elkaar-vooruitkijken-naar-de-toekomst>

²<https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2021Z19380&did=2021D41607>

³<https://haags.nu/>

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.



Dr. Zheng Liu – Gepromoveerd aan de TU Delft op de scheiding van radio-isotopen op microfluidische chips

Nederland is één van de belangrijkste producenten van medische radio-isotopen. Een bekend voorbeeld is Molybdeen-99 (^{99}Mo), de meest gebruikte radionuclide voor medische beeldvorming. Om deze isotoop te maken worden vaste targets, die ^{235}U bevatten, gedurende ongeveer een week bestraald in een reactor en vervolgens verwijderd voor verdere verwerking en levering. Tijdens dit gehele proces, dat zes dagen duurt, treedt verlies op door de korte halfwaardetijd van het product. De opbrengst zou significant vergroot kunnen worden als de tijd tussen activering en levering verkort zou kunnen worden.

Om die reden is binnen de groepen Reactor Physics & Nuclear Materials en Applied Radiation & Isotopes aan de Technische Universiteit Delft het idee ontstaan om radio-isotopen te produceren door een targetoplossing met neutronen te bestralen in een continu werkend loop-systeem. Eén van de voordelen van deze productiemethode is dat het gebruik van een vloeibare target online extractie ondersteunt. Vergelijken met de

conventionele manieren om radio-isotopen te produceren, kan met behulp van online extractie de isotoop sneller geëxtraheerd worden, waardoor het vervalverlies wordt vermindert.

Het onderzoek van Zheng Liu richtte zich op het gebruik van een parallelle, microfluidische vloeistof-vloeistof extractie in een dubbel Y-vormig microfluidisch kanaal om de radio-isotoop te extraheren

uit de bestraalde targetoplossing. In het kanaal stromen twee niet-mengbare oplossingen parallel naast elkaar terwijl de isotoop selectief wordt geëxtraheerd uit de waterige oplossing naar een organische oplossing. De kleinschaligheid van zo'n kanaal vermindert de diffusieafstand voor de opgeloste stoffen en verhoogt de oppervlakte-volumeverhouding, die beide het massatransport van de isotoop verbeteren en zo de extractie-efficiëntie verhogen. Als een dergelijke aanpak haalbaar blijkt, kan een bundel van dergelijke microfluidische kanalen worden geparalleliseerd om de extractiecapaciteit op te voeren.

Bij dit extractieproces doen zich echter twee praktische problemen voor. Ten eerste zijn er geen duidelijke criteria voor het verkrijgen van het gewenste parallelle stromingspatroon. Ten tweede is bij parallelle stroming een volledige fasescheiding niet altijd haalbaar en kan er daarom lekkage plaatsvinden van de ene fase naar de andere bij de uitgang van het microfluidisch kanaal. Dit laatste probleem leidt dan tot vervuiling van de geëxtraheerde radio-isotoop.

De uitkomsten van het onderzoek van Zheng Liu, die bestaan uit experimentele bevindingen en inzichten in de stroming in dergelijke microfluidische chips, worden gebruikt in een huidig project waarin de TU Delft, NRG, URENCO, TRIUMF en UMCG werken aan een nieuwe chip die efficiënt extraheert, target materiaal kan recyclen en bestand is tegen ioniserende straling afkomstig van het geactiveerde targetmateriaal. **K**

Het proefschrift kan gedownload worden van de repository van de TU Delft door middel van het scannen van de QR-code.



Martin Rohde, TU Delft



Boekbespreking

Het deel en het geheel

Werner Heisenberg



© Bundesarchiv, Bild 183-R57262 / Unknown author / CC-BY-SA 3.0

Ongeveer twee jaar geleden verscheen de eerste Nederlandse vertaling van een klassiek boek uit 1969: Werner Heisenbergs, *Het deel en het geheel* in een vertaling van Maarten van Buuren. Het is in verscheidene opzichten een bijzonder boek. Het boek is in de Nederlandse vertaling mooi klassiek vormgegeven: gebonden met sobere rode stofkaft en leeslint, maar het is natuurlijk vooral bijzonder vanwege de inhoud. Heisenberg beschrijft de turbulente politieke ontwikkelingen in het begin van de twintigste eeuw, de grote ontdekkingen in de kernfysica en de daarmee samenhangende filosofische vragen.

Heisenberg is bekend geworden van de onzekerheidsrelatie, ook wel het onbepaaldheidsprincipe genoemd, waarover hij in 1927 publiceerde toen hij nog maar 26 jaar oud was. De onzekerheidsrelatie drukt uit dat het onmogelijk is om tegelijkertijd zowel de plaats van een elementair deeltje als de impuls of kinetische energie van een deeltje te weten. Heisenberg groeide uit tot een van de grootste natuurkundigen van de twintigste eeuw. Hij was een begaafd mens. Na zijn eindexamen gymnasium dat in die tijd bijna geheel bestond uit een curriculum Grieks en Latijn, maakte hij zich de basiskennis natuur- en wiskunde zelf eigen uit boeken die zijn vader voor hem uit de universiteitsbibliotheek leende. Maar hij was ook een begenadigd musicus,

verwoed sporter, begaafd schaker en filosoof. Hij ging natuurkunde studeren bij Arnold Sommerfeld die pionier was op het gebied van de atoom- en quantumtheorie. In zijn jaar ontmoette hij onder andere ook Wolfgang Pauli met wie hij een hechte band ontwikkelde en die net als Heisenberg later in zijn leven de Nobelprijs voor natuurkunde ontving. Heisenberg belicht ook zijn relatie met Niels Bohr – destijds de onbetwiste autoriteit op het gebied van quantummechanica - die hij al in 1922 ontmoette en hem confronteerde door zijn twijfel te uiten op een door Bohr verdedigde stelling. Hiermee verwierf Heisenberg een vaste plek in een groep atoomonderzoekers die Bohr in Kopenhagen om zich heen had verzameld.

Nieuw kennisparadigma

In bepaalde culturen ontstaat soms een klimaat waarin groepen individuen een sprong voorwaarts kunnen maken. Heisenberg verwijst in zijn boek naar bijvoorbeeld de ontwikkeling van Nederlandse schilderkunst in de zestiende eeuw of klassieke muziek in de tweede helft van de achttiende eeuw in Wenen, zonder er direct op te wijzen dat ook hij deel uitmaakt van een bijzondere groep geleerden waaronder Albert Einstein, Max Planck, Paul Dirac en anderen die voor een nieuw kennisparadigma zorgen. De onzekerheidsrelatie van Heisenberg is absoluut. Er zal nooit een moment komen waarop we met verfijndere apparatuur het gedrag van elementaire deeltjes zo kunnen vastleggen dat we tegelijkertijd weten waar een deeltje zich bevindt en welke snelheid het heeft. Hoe nauwkeuriger je de ene grootheid kent, des te minder nauwkeurig ken je de andere. Dus de kennis of bepaaldheid van verschillende eigenschappen heeft een complementaire of tegengestelde onderlinge relatie. Dit betekende dat

Heisenberg de traditionele grondslagen van wetenschappelijke kennis op de helling zette en daarmee een belangrijke stap nam in de vorming van een statistische natuurkunde in termen van waarschijnlijkheden. Einstein heeft zich hiertegen zijn hele leven verzet (met de uitspraak "God dobbelt niet") en gaf daarmee blijk van het geloof in een god die het universum volgens deterministische wetten van oorzaak en gevolg in elkaar gezet zou hebben.

Monistisch gedachtengoed

Hier zien we ook waarom Maarten van Buuren ervoor heeft gekozen juist Heisenbergs boek te vertalen. Van Buuren, emeritus-hoogleraar Moderne Franse Letterkunde, vertaalde Spinoza's wereldberoemde *Ethica* en schreef daarnaast onder andere boeken over Spinoza en zijn filosofie. Heisenberg stelt een werkelijkheid voor die het best kan worden omschreven als monistisch, als een werkelijkheid, zoals Van Buuren dat zegt, waarin subject en object, geest en lichaam, god en de wereld allemaal aspecten zijn van een en dezelfde werkelijkheid berustend op een en dezelfde grondstructuur, door Heisenberg aangeduid als de 'centrale orde' of het 'centrale plan'. "Deze grondstructuur heeft de vorm van een eenvoudige wiskundige vergelijking, die Heisenberg in zijn onzekerheidsrelatie heeft proberen vast te leggen." Dit komt voor een groot deel overeen met het gedachtengoed van Spinoza wiens filosofie monistisch is, want er is slechts plaats voor één werkelijkheid: de natuur, die daarmee hetzelfde is als god. "Spinoza pleitte, net als Heisenberg, voor een manier van denken waarin de dualismen van Descartes: lichaam en geest, God en wereld, subject en object, plaats maken voor de integratie van deze tegenstellingen in een en hetzelfde ding dat door Spinoza de substantie, oftewel de Natuur, oftewel God wordt genoemd", schrijft Van Buuren. De eerdere grondstructuur waar Heisenberg naar verwijst doet nog het meest denken aan de voorstelling die Plato had van atomen. Daarom staat Plato in het eerste en laatste deel van Het deel en het

geheel centraal en lijkt ook de opbouw met onderzoekende en analyserende dialogen op de boeken van Plato.

Getallenmatrix

In zijn zeer persoonlijke boek komt vooral naar voren hoe het denkproces van Heisenberg verloopt. Maar ook Bohr, Einstein en de anderen zijn voortdurend bezig met filosofische vragen over taal en werkelijkheid en de ethische gevolgen. In de zomer van 1925 bestudeerde Heisenberg een probleem dat hij van Bohr had gekregen. Deze had regels opgesteld die de eigenschappen van chemische elementen voorspelden, zoals de frequentie van uitgezonden licht. Bohr ging ervan uit dat elektronen in exact bepaalde banen om de atoomkern cirkelden en met exact bepaalde energiesprongen van baan konden wisselen. Waarom elektronen zich zo gedragen kon Bohr verklaren. Heisenberg komt wanneer hij de slaap niet kan vatten op een uniek idee: hij vervangt de variabelen van het probleem zoals de plaats en impuls van de elektronbaan door een getallenmatrix. Het is het onzekerheidsprincipe dat tezamen met deze matrix "de grondslag vormen van de quantummechanica die tot op de dag van vandaag geldig is en die, op het moment waarop ik dit schrijf, tot ontwikkelingen leidt zoals bijvoorbeeld de quantumcomputer", schrijft Van Buuren in zijn voorwoord.

Kernsplijting

Heisenberg en zijn medewetenschappers waren zich bewust van de ethische dimensie van hun werk. Heisenberg maakte twee wereldoorlogen mee en was fel antinazistisch. Terwijl veel wetenschappers naar het buitenland vluchtten toen Hitler aan de macht kwam, koos hij ervoor om toch in Duitsland te blijven werken. Dat zorgde voor een hoop problemen omdat hij als theoretisch natuurkundige als 'Charakterjude' werd bestempeld, een 'witte Jood' die afstand nam van de experimentele natuurkunde die van oudsher de dienst uitmaakte in Duitsland. De verschuiving van experimenteel naar

theoretisch werd groot door Albert Einstein. Al vanaf 1920 ontstond er weerstand tegen 'joodse natuurkunde' wat er uiteindelijk toe leidde dat kopstukken als Einstein, Schrödinger en Von Laue begin jaren dertig emigreerden en Heisenberg Sommerfeld niet mocht opvolgen toen die in 1937 met pensioen ging. Onderzoek naar kernsplijting was volgens Heisenberg nooit gericht geweest op het maken van een atoombom, waarvan hij wist dat het in theorie mogelijk moest zijn, maar wel op energievoorziening. Van een wapenwedloop met de Amerikanen is volgens hem nooit sprake geweest.

Het deel en het geheel is een filosofisch boek, een autobiografisch verslag maar leest ook als een roman. Heisenberg kijkt in het boek terug op een fantastische periode in de wetenschap waarin sprake is van een paradigmaverschuiving die voor eens en altijd het wereldbeeld veranderde. In aanvulling op zijn vertaling schreef Van Buuren *Quantum, de oerknal en God* (Lemniscaat - 2021) een zeer leesbare filosofische verkenning van de consequenties van Heisenbergs ontdekking en een absolute aanrader als inleiding op de quantummechanica. **K**

Menno Jelgersma

Overzicht

Titel: Het deel en het geheel
Auteur: Werner Heisenberg
Vertaler: Maarten van Buuren
Uitgeverij: Lemniscaat b.v., Rotterdam
ISBN: 978 90 477 1163 6
Gebonden, 275 pagina's
Prijs: € 39,99

Titel: Quantum, de oerknal en God
Auteur: Maarten van Buuren
Uitgeverij: Lemniscaat b.v., Rotterdam
ISBN: 978 90 477 1208 4
Paperback, 159 pagina's
Prijs: € 19,99

De vakafdeling KIVI Kerntechniek en de Nederlandse Nucleaire Sociëteit nodigen u uit voor het volgende fysieke symposium:

SYMPOSIUM

Innovatieve toepassingen van Kernenergie

Datum: Donderdag 21 april 2022
Tijd: 14.00 - 18.00 uur
Locatie: KIVI Gebouw, Prinsessegracht 23, 2514 AP Den Haag



Het programma ziet er als volgt uit:

14:00 uur Ontvangst en koffie

14:30 uur Opening

15:45 uur Gert Pille (Tractebel): "Nucleaire energiebronnen in de ruimtevaart"

De European Space Agency (ESA) heeft onlangs een contract toegekend aan Tractebel om de mogelijkheid te evalueren om plutonium 238 (Pu-238), de nucleaire brandstof die wordt gebruikt voor ruimteverkenning, op Europese bodem te produceren. De brandstof voedt nucleaire batterijen die bekend staan als radio-isotoop aangedreven thermo-elektrische generatoren (RTG's) en radio-isotoop-verwarmingseenheden (RHU's) die essentieel zijn om ruimtevaartuigen en astronauten te voorzien van elektriciteit en warmte waar de zon niet schijnt. Het zou kunnen worden gebruikt voor de Europese maanlander om de maan te verkennen. De lander wordt naar verwachting over 10 jaar gelanceerd.

16:45 uur Carl van Hooijdonk (HOMARBV): "Voordelen van drijvende kerncentrales"

De voordelen van SMR (Small Modular Reactors) zijn gekoppeld aan de mogelijkheid om ze eenvoudig modulair te kunnen bouwen. De bouw van de modules dient dan plaats te vinden op een gecontroleerde constructie site. Dit soort constructie processen vinden nu vooral plaats in de offshore industrie. De voordelen van deze industrie kunnen maximaal benut worden wanneer de SMR drijvend wordt uitgevoerd.

17:00 uur Borrel

18:00 uur Einde

Kosten: Gratis voor KIVI-leden en begunstigers van NNS en Kernvisie.



Aanmelden via de KIVI website

Koninklijk Instituut Van Ingenieurs
www.kivi.nl/ke

