

KERNVISIE MAGAZINE

➤ **BOEK SESAME-PROJECT**

➤ **NUCLEAIR IN STRIJD
TEGEN HONGER**

➤ **SERGE DAUBY NIEUWE
DIRECTEUR BNF**

**ONDERZOEK NAAR
KANSEN PROTON-
BORON-CAPTURE-
THERAPY**

COLOFON

KernVisie magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**
EEN ENERGIEK INITIATIEF

JAARGANG 14, NUMMER 2, APRIL 2019
KERNVISIE VERSCHIJNT TWEEMAANDELIJKS
OPLAGE 2200 EX

ONTWERP & GRAFISCHE REALISATIE

StudioHusken.nl, Den Helder

BESTUUR STICHTING KERNVISIE

Ir. A.M. Versteegh, voorzitter
Ir. G.H. Boersma, secretaris
Ir. E.W. Schuuring, penningmeester
J.D. Bruin
Ing. W. Hiddink
Drs. J.J. de Jong
Ir. J.C.L. van Cappelle
Prof. Ir. R.W.J. Kouffeld
Ir. G.C. van Uiter

REDACTIE KERNVISIE

Ir. G.H. Boersma
M. Jelgersma (Sherpa en de Fries)
E.S. Jelgersma (Sherpa en de Fries)
I. van Kessel (Irene van Kessel Fotografie)

REDACTIE ADRES

Dokter Bosmanshof 32, 6851 MJ Huissen
Telefoon 026-2130214
E-mail: kernvisie@kernvisie.com
Internet: www.kernvisie.com
Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70, t.n.v.
Kernvisie, Foundation for Nuclear Energy te Zwijndrecht.

OP DE COVER

Tuur Vermunt en Zoltán Perkó
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 PEROONSgegevens

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

MET FUSIE MEER EFFECT BIJ PROTONENTHERAPIE?

Nederland is wereldwijd één van de koplopers op het gebied van protonentherapie. Met de protonenkliniek HollandPTC naast de deur vroeg professor Bert Wolterbeek van het Reactor Instituut Delft (RID) zich af hoe beide instellingen elkaar nog verder konden versterken. Recent onderzoek wees uit dat een therapie gebaseerd op de fusie van boron met een proton tot nog betere resultaten van protonentherapie kon leiden. Maar de realiteit bleek weerbarstiger. Tuur Vermunt, onderzoeker bij het RID heeft in zijn masterthesis op basis van eigen modelleringen aangetoond dat de aanname van de bijdrage niet klopt. Experimenten waren echter wel succesvol dus misschien is er toch nog een kans voor uitbreiding van de protonentherapie.

Nieuw onderzoek moet dat uitwijzen. Lopen we op medisch gebied voorop, wat betreft het opwekken van energie liggen we ver achter op de Belgen. In 2018 nam kernenergie in België maar liefst 75 procent van alle koolstofarme elektriciteit voor haar rekening en 48 procent van de totale mix, vóór fossiele energie. Dat zijn cijfers waar wij in Nederland met slechts 17 procent CO₂-vrije stroomproductie jaloers op kunnen zijn. **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

INHOUD

MEDISCH

ONDERZOEK NAAR KANSEN PROTON-BORON-CAPTURE-THERAPY

Onderzoeker bij het RID Tuur Vermunt heeft in zijn masterthesis aangetoond dat proton-boron-capture-therapy op basis van eigen modelleringen geen bijdrage levert aan protonentherapie. Toch waren de experimenten succesvol dus misschien is er nog een kans. Nieuw onderzoek moet dat uitwijzen.



ENERGIE

SLUITSTUK EUROPEES SESAME-PROJECT IN BOEKVORM VERSCHENEN

Recent verscheen het boek Thermal Hydraulics Aspects of Liquid Metal Cooled Nuclear Reactors van Ferry Roelofs, mede-projectcoördinator van het Europese samenwerkingsproject SESAME namens NRG. Het boek is het sluitstuk van het vier jaar durende Europese SESAME-project.

P08

MAATSCHAPPIJ

HONGER BESTRIJDEN MET NUCLEAIRE TECHNOLOGIE

De IAEA en de Voedsel en Landbouw Organisatie van de Verenigde Naties bieden hulp om ervoor te zorgen dat de bewoners van Sierra Leone, maar vooral jonge kinderen, de essentiële vitamines en mineralen binnenkrijgen die ze nodig hebben. Ze maken hierbij gebruik van nucleaire technologie.



P10 ENERGIE

Start sloop Windscale schoorsteen bij Sellafield

P12 INBEELD

In 2018 werd in België met behulp van kernenergie 75 procent van alle koolstofarme elektriciteit geproduceerd

P14 ENERGIE

Corium kick-off meeting NRG en het Zweedse KTH

P17 COLUMN

Remco de Boer; Himmelhoch jauchzend, Zum Tode betrübt

P20 BOEKBESPREKING

The People vs Tech van Jamie Bartlett



P14 MAATSCHAPPIJ

SERGE DAUBY NIEUWE DIRECTEUR BELGISCH NUCLEAIR FORUM

Het directiecomité van het Belgisch Nucleair Forum (BNF) heeft Serge Dauby benoemd tot nieuwe Director. Dauby treedt aan op een moment dat mensen in Europa de straat op gaan om aandacht te vragen voor de klimaatproblematiek. Dauby: "Geheel nieuw is dat kernenergie nu ook als serieus onderdeel binnen de energiemix van CO2-vrije bronnen bespreekbaar wordt."



MEDISCH

**ONDERZOEK NAAR
KANSEN VOOR PROTON-
BORON-CAPTURE-THERAPY**


Stel, je hebt een theorie over een bijdrage aan de werkzaamheid van protontherapie die lijkt te kloppen op basis van een gekozen modellering. Experimenten geven daarnaast een positief effect. Een medische doorbraak lijkt daarmee op handen. Zo verging het de proton-boron-capture-therapy (PBCT). Maar de realiteit blijkt weerbarstiger. Tuur Vermunt, onderzoeker bij het RID heeft in zijn masterthesis aangetoond dat de aanname dat PBCT de vermeende bijdrage levert, niet klopt op basis van eigen modelleringen. Maar de experimenten waren succesvol dus misschien is er nog een kans. Nieuw onderzoek moet dat uitwijzen.



Bij de behandeling van kanker kunnen patiënten worden bestraald met fotonen (Röntgenstraling). Een nadeel van deze aanpak is dat de bundel met fotonen zijn dosis weliswaar voornamelijk in de tumor afgeeft maar ook ervoor en erachter waardoor gezond weefsel wordt geraakt. Bij protontherapie geeft de bundel geen dosis af achter de tumor waardoor weefsel dat om de tumor zit minder schade ondervindt. De snelheid van de protonen kan zo worden ingesteld dat de protonen in de tumor tot stilstand komen en daar hun maximale dosis afgeven. Dit wordt de Bragg-piek genoemd. Hierdoor is de stralingsdosis in het gezonde weefsel lager en is daarmee de kans op bijwerkingen kleiner. In 2014 verscheen de publicatie van Yoon, et al: Application of proton boron fusion reaction to radiation therapy: A Monte Carlo simulation study. Daarin werd gesuggereerd dat de doses van de proton-Bragg-piek verdubbeld kon worden wanneer er boron-11 aan het tumorweefsel zou worden toegevoegd. Het idee hierachter is een fusiereactie waarbij boron-11 een proton opneemt waarna drie alfa-ionen en een gammafoton vrijkomen. De alfastraling is krachtig en kan schade aanrichten in het DNA van de tumorcellen die daarmee vernietigd worden. De samenstellers van de publicatie baseerden zich op simulaties die waren uitgevoerd met de Monte Carlo

N-particle (MCNP) transportcode. (De MCNP is een simulatietechniek waarbij een het pad van een deeltje niet één keer maar vele malen wordt gesimuleerd vanuit één startpunt). Het effect van PBCT werd ook nog eens experimenteel aangetoond door Cirrone et al in 2018, door monsters van prostaatkankercellen te bestralen met en zonder boron. Hij toonde aan dat de aanwezigheid van boron in een concentratie van enkele tientallen ppm leidde tot een aanzienlijke afname in celoverleving. Door het plaatsen van monsters op het oppervlak en op een diepte die correspondeert met de Bragg-piek en dat te bestralen met 62,6 MeV protonen, lieten de auteurs zien dat PBCT alleen effect sorteert op een diepte waar laagenergetische protonen zijn. Een doorbraak in de effectiviteit van protontherapie leek in de maak.

GEZAMENLIJKE AANPAK

Met de protonenkliniek HollandPTC naast de deur vroeg professor Bert Wolterbeek, directeur van het Reactor Instituut Delft, zich af hoe beide instellingen elkaar kunnen versterken. "Wij hebben de reactor, de mensen, de kennis en de infrastructuur om de experimenten uit te voeren. Een gezamenlijke aanpak zou zowel voor ons als voor HollandPTC voordeel kunnen opleveren." Als de positieve resultaten uit eerder onderzoek 

naar de effectiviteit van PBCT kloppen, kan dat nieuwe wegen voor het RID en HollandPTC openen. Wolterbeek: "Voor het RID betekent het dat de wetenschappers met hun onderzoeken direct bijdragen aan medische ontwikkeling en daarmee hun maatschappelijk belang aantonen en voor HollandPTC dat zij een completere en effectievere therapie kunnen aanbieden." Hij legt uit dat voor het onderzoek het RID gebruik maakt van neutronen uit de reactor om de distributie van boron te bepalen door stabiel boron te bestralen "Op het moment dat we weten hoe het boron zich in de tumor verspreidt, stappen we over naar HollandPTC om van de protonen gebruik te maken."

REPRODUCEREN

Een eerste stap was het reproduceren van de onderzoeksresultaten uit 2014. Op 31 januari studeerde Tuur Vermunt af op zijn studie *The Feasibility of Proton Boron Capture Therapy - A computational study* – dr. Zoltán Perkö was een van zijn begeleiders. De basis was het onderzoek uitgevoerd door de Koreaan Do Kun Yoon en zijn team die met behulp van Monte Carlo-simulatie en door het uitvoeren van experimenten leken aan te tonen dat er respectievelijk 90 procent en 50 procent toename in afgifte van energie plaatsvond. Echter, deze resultaten werden tegengesproken door ander onderzoek waarbij werd gesteld dat de fusie-reactie niet verantwoordelijk kon zijn voor de energieafgifte tijdens de uitvoering van protonentherapie. De discussie hierover vormde het uitgangspunt van Vermunts master thesis. Vermunt: "We hebben twee Monte Carlo-methodes, MCNP6 en Geant4 gebruikt om de resultaten die waren verkregen in eerdere onderzoeken te reproduceren. Als eerste werden de MCNP6-simulaties uitgevoerd die geen significante verhoging in doses bij protonentherapie lieten zien. Om de reproceerbaarheid te onderzoeken werd Geant4, een tweede Monte Carlo-methode ingezet. Ook deze methode gaf niet de hoopgevende resultaten



uit de eerdere onderzoeken." Over het modelleren van de Koreanen is Wolterbeek dan ook duidelijk niet te spreken: "Dat had nooit zo gepubliceerd mogen worden. We hebben al meer gemodelleerd dan zij en hebben nog geen positief resultaat gekregen."

ONTMOETINGSKANSEN

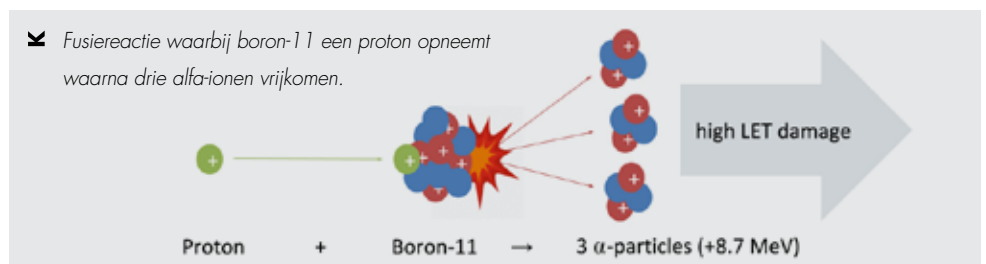
Vermunt richtte zijn onderzoek op de interacties van protonen met boron en vergeleek de uitkomsten met monsters natuurlijk water waarin geen boron was opgenomen. Hieruit volgden geen significant hogere energieniveaus die konden duiden op fusiereacties tussen protonen en boron. Het probleem zat volgens Vermunt vooral in de lage cross section of ontmoetingskans tussen een proton met het boron. Het eenvoudig verhogen van de hoeveelheid boron is niet de oplossing. "Je zou zo'n grote concentratie boron krijgen dat die schadelijk is voor de patiënt." Ook het verhogen van de flux aan

✦ Prof. Bert Wolterbeek: "Wij hebben de reactor, de mensen, de kennis en de infrastructuur om experimenten uit te voeren."

protonen helpt niet omdat het effect van de energieafgifte van protonen in de tumor weliswaar zou verhogen maar de dodelijke doses dan niet kan worden toegeschreven aan de protonboronfusie. Perkö: "Geen van de verkregen modelleringsresultaten gaven in ieder geval het bewijs dat de fusiereactie de effectiviteit van protontherapie vergrootte." Wolterbeek stelt ook hier dat de experimenten op basis waarvan in eerste instantie werd gesuggereerd dat er een significant resultaat was, incompleet waren uitgevoerd.

ANDERE PROCESSEN

Om te onderzoeken of de reactie tussen protonen en boron een toename in het doden van cellen zou veroorzaken zoals bij eerder experimenten was vastgesteld,



werd het potentieel aan celdoding van elke gecreëerde alfa berekend. Gebruikmakend van de alfaproductie-verhouding uit het niet-dynamische model resulteerde in tien gedode cellen per alfadeeltje. Dat leek onwaarschijnlijk omdat alfadeeltjes die tijdens PBCT worden gecreëerd een dracht hebben die gelijk is aan de grootte van een cel en dat maakt het onmogelijk dat een alfadeeltje in staat is om tien cellen te doden. Dit doet vermoeden dat er andere processen werkzaam zijn. Waar de aandacht nu naar uitgaat, is om te bepalen of de minimale positieve effecten met betrekking tot tumorschade die wel zijn geconstateerd, zijn toe te schrijven aan de fusiereacties met boron of dat boron de tumorcellen meer gevoelig maakt voor protontherapie. "We weten dat niet omdat de resultaten van experimenten zoals zijn beschreven in publicaties niet volledig genoeg zijn. Eigenlijk zijn er interpretaties gedaan die je op basis van goed wetenschappelijk onderzoek niet had mogen doen door de gevoeligheid van tumorcellen voor de aanwezigheid van boron niet mee te nemen", aldus Perkó. Het enige wat de wetenschappers nu weten,

is dat een eventueel positief effect op basis van eigen modellering niet is toe te schrijven aan de fusiereactie. Dat was natuurlijk een behoorlijke tegenvaller en eigenlijk kreeg hierdoor de beoogde interactie tussen het RID en HollandPTC een andere invalshoek. Vermunt: "Wat we nu gaan doen is het uitvoeren van de experimenten op een juiste en geverifieerde wijze en onderzoeken of eventuele positieve resultaten zijn toe te schrijven aan de aanwezigheid van boron dat cellen misschien gevoeliger voor straling maakt."

RÖNTGENBUNDEL EN PROTONENBUNDEL

Uitgangspunt waren de publicaties waarin melding werd gemaakt van positieve resultaten die het gevolg zouden zijn van de fusiereactie tussen protonen en borium. "Dat was de claim", verklaart Vermunt: "Als dat werkelijk het geval was dan hadden wij ook door het toepassen van modellering een positief effect moeten zien." Eerst wil hij zien dat het proces er is. "Dan wil ik uitmaken of het een effect is ontstaan door radiologische gevoeligheid van de

cel door de aanwezigheid van boron. In dat geval moet een cel dood gaan door zowel een Röntgenbundel als door een protonenbundel. We moeten dus weten of boron plus Röntgenbundel eenzelfde effect geeft als boron plus protonenbundel. Want als Röntgenstraling ook dat effect geeft, weten we dat het niet de fusiereactie met proton kan zijn." Dat zit nog niet in de experimenten die tot nu toe zijn uitgevoerd. "We nemen daarom aan dat de experimentele resultaten gerelateerd kunnen worden aan de eigenschap van boron dat cellen gevoeliger maakt voor straling. Om deze hypothese te testen zal de volgende stap van het onderzoek zich richten op het bestralen van aan cellen gelinkt boron met gammastraling", aldus Vermunt. Er is nog een lange weg te gaan. De kansen voor PBCT lijken op dit moment klein. Maar omdat de experimenten toch een positief effect gaven zou aanvullend onderzoek toch nog kunnen leiden tot een situatie waarbij in tumoren aangebracht boron een effectieve aanvulling is op de protontherapie. **K**

Menno Jelgersma

LAWINEREACTIE

Naast de bestaande onderzoeken zijn er ook nog alternatieven te bedenken. Zo is het volgens Wolterbeek ook mogelijk om geheel nieuwe modellen aan het idee van PBCT toe te voegen die theoretisch kansrijk lijken. Bij fusie levert boron-11 met een proton drie alfa's op die samen opgeteld 11 MeV energie bezitten. De optimale energie van het proton dat dit genereert is 675 keV. Dat betekent meer dan een vertienvoudiging van de energie na een fusiereactie. In een molecuul water zijn waterstofionen te beschouwen als 'rustende protonen'. Een alfadeeltje zou met zo'n rustend proton een reactie kunnen aangaan, waarbij dat proton energie meekrijgt tot die 675 keV en dan een nieuwe boor-11 tegenkomt en daar een reactie mee aangaat waarbij vervolgens drie alfa's worden gegenereerd. Het lijkt daarmee op een kettingreactie en dat blijkt ook uit beschikbare literatuur waarin staat te lezen dat dat inderdaad het geval is. Dan zou je ook kunnen veronderstellen dat er een 'lawinereactie' volgt omdat elk van die alfa's weer in staat is om een rustend proton in een watermolecuul de benodigde energie te geven om een reactie met boron-11 aan te gaan. Verliesreacties voorkomen dat het niet zoals bij een kritische reactor uit de hand loopt. Wolterbeek: "Je kan je dus veronderstellen dat als we het niet redden met het bestaande model, dat het wel lukt het als we deze reactie aan het model toevoegen." Uit het fusieonderzoek met waterstof volgt dat er tien keer meer alfa's ontstaan dan je zou veronderstellen met de initiële basisreactie. Die factor tien is door het RID via modellering teruggevonden. Maar dan nog zie je vergeleken met de basale reactie heel weinig toename in het totaal aantal reacties (basis 10^{-5} en 10^{-4} inclusief waterstofreacties). Volgens Wolterbeek zijn er een paar mogelijkheden: "We hebben nog steeds niet alle reacties die in de realiteit werken in onze modellen opgenomen waardoor het zo kan zijn dat het experimentele resultaat er is zonder dat bovengenoemde fusiereacties daarvoor verantwoordelijk zijn omdat alleen de cellen gevoeliger zijn geworden door de aanwezigheid van het boron." Ook die mogelijkheid zal onderwerp van nader onderzoek bij het RID zijn.

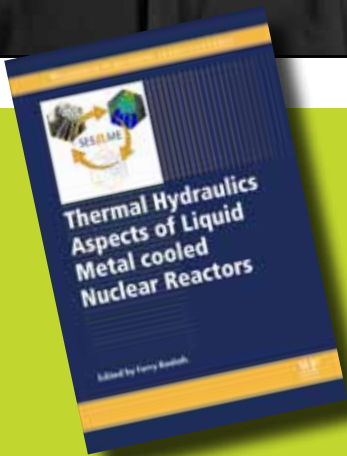


© NRG

SLUITSTUK EUROPEES SESAME-PROJECT IN BOEKVORM VERSCHENEN

Recent verscheen het boek **Thermal Hydraulics Aspects of Liquid Metal Cooled Nuclear Reactors** van Ferry Roelofs, mede-projectcoördinator van het Europese samenwerkingsproject **SESAME** namens NRG. Het is het sluitstuk van het vier jaar durende Europese **SESAME**-project dat zich richtte op de koeling en het warmtetransport van kernreactoren die gekoeld worden met vloeibare metalen. Eind maart vond de afsluitende **SESAME International Workshop** plaats bij NRG waarbij tijdens een officiële ceremonie het boek aan Roelofs werd overhandigd.

BOEKBESPREKING



THERMAL HYDRAULICS ASPECTS OF LIQUID METAL COOLED NUCLEAR REACTORS

Coördinator van het Europese samenwerkingsproject **SESAME** bij NRG Roelofs: "We hopen dat de resultaten beschreven in dit boek zullen bijdragen aan het tot stand komen van één of meerdere prototypen van dit soort reactoren wereldwijd en zo te kunnen bijdragen aan de verdere ontwikkeling en inzet van kernenergie voor een schone, betaalbare en veilige wereld." Kernenergie is een van de belangrijkste CO₂-vrij bronnen van elektriciteit wereldwijd. De meeste kerncentrales maken gebruik van uranium als splijtstof. Volgens opgave is er nog voor honderden jaren uranium om in

onze energiebehoefte te voorzien en zelfs voor duizenden jaren als het mijnen van uranium uit zeewater economisch haalbaar wordt. Een nadeel van de huidige wijze van het splijten van uranium in lichtwaterreactoren is dat er slechts een fractie van het beschikbare uranium geschikt is. Door over te stappen op andere typen reactoren is het mogelijk om het uranium veel efficiënter te gebruiken en om de hoeveelheid radioactief afval van kernreactoren sterk te verminderen.

INNOVATIEVE KERNREACTOREN

In 2015 startte NRG het vier jaren durende Europese **SESAME** samenwerkingsproject. Het groots opgezette project kende 25 projectpartners, waarbij elke partner minimaal twee personen inzette en NRG als projectleider met zeven mensen aan de slag was gegaan. Eén van de belangrijkste uitkomsten van dit project is een boek over de koeling van innovatieve kernreactoren met koelsystemen van vloeibare metalen. Van deze reactoren zijn er mondiaal ongeveer dertig in bedrijf geweest. Warmtetransport wordt gezien als een van de belangrijkste uitdagingen op

wetenschappelijk gebied en een mogelijkheid om tot de ontwikkeling van nieuwe innovatieve kernreactoren te komen. In het boek wordt kort aandacht besteed aan deze ontwikkeling van metaalgekoelde reactoren waarbij een paar Europese initiatieven worden uitgelicht: de natriumgekoelde **ASTRID** uit Frankrijk, de loodgekoelde **ALFRED** in een Europees consortium onder aanvoering van Ansaldo uit Italië, de Belgische loodbismuthgekoelde **MYRRHA** en de Zweedse kleine loodgekoelde **SEALER**.

COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Vervolgens gaan de samenstellers in op de uitdagingen die er zijn waar het gaat om metaalgekoelde reactoren, waarna ingegaan wordt op het ontwerp, de constructie en de uitvoering van experimenten met vloeibare metalen en bijbehorende meettechnieken. Ongeveer een derde van het boek is gewijd aan Computational Fluid Dynamics (CFD). CFD is de naam voor een verzameling numerieke methodes die met behulp van computersimulaties stromingen berekenen. Dat kan zowel in gasen als in vloeistoffen

Het idee om de resultaten van het internationale onderzoek in een boek op te nemen, bestond volgens Roelofs al lang voor het indienen van het projectvoorstel bij de Europese Commissie in 2014. "Maar het schrijven ging pas echt van start na een SESAME-cursus die in april 2017 werd gehouden en waarvan de input het basismateriaal voor het boek vormde. Los daarvan hebben we aanvullende onderwerpen geïdentificeerd die meegenomen moesten worden, wat uiteindelijk in de inhoudsopgave van het boek resulteerde", licht Roelofs toe. In totaal waren ongeveer 55 auteurs bij het schrijven van het boek betrokken; allemaal experts die al dan niet in gezamenlijk verband een eigen onderwerp oppakten. Zelf heeft Roelofs enkele hoofdstukken van het boek voor zijn rekening genomen. Met NRG als mede-coördinator van SESAME fungeerde Roelofs naast auteur

en hoofdredacteur ook als spin in het web. "Het was een enorme organisatie om alles binnen de gestelde tijd en in overeenkomstige stijl te schrijven." Halverwege 2018 was alle kopij gereed om bij uitgeverij Elsevier in te leveren. Hierop produceerde Elsevier een eerste versie van het boek om door de auteurs te laten proofreaden. "Na het zetten van alle puntjes op de i volgde groen licht en verscheen in december eerst het e-boek en begin dit jaar de gedrukte versie."

THERMOHYDRAULICA

Wat Roelofs met het boek probeerde te bereiken was een overzicht en samenvatting te geven van alle kennis die in het vakgebied van thermohydraulica van toepassing van vloeibare metalen in kernreactoren in Europa en de VS is opgedaan, "En met een schuin oog naar de rest van de wereld voor even-

tuele aanvullingen", aldus Roelofs. De basis van SESAME was om inzicht te krijgen in het warmtetransport bij vloeibare metalen. Dit type reactoren wordt wereldwijd als veelbelovend gezien vanwege het grote voordeel van deze reactoren om hetzij de nucleaire grondstof uranium veel efficiënter te gebruiken of radioactief afval te versplijten en om te zetten in minder, minder gevaarlijk, en minder langlevend afval. Kortom, met dit type reactoren kan kernenergie duurzamer worden. Met 460 pagina's en een aanschafprijs van ruim 180 euro zal het boek niet direct hoog in de lijst van de NS-publieksprijs terecht komen. "Dit is echt een boek voor professionals en studenten", verklaart Roelofs, die zichzelf nog niet direct achter een tafel in de plaatselijke boekhandel ziet zitten voor een boekpresentatie. "Hoewel me dat natuurlijk best leuk lijkt", zegt hij gekscherend. **K**

zijn. Zo wordt deze techniek bijvoorbeeld ook toegepast om ventilatie in gebouwen te onderzoeken of bij windhinder- of klimaatonderzoek. CFD neemt zo'n groot aandeel van het SESAME-onderzoek in beslag omdat experimenten van innovatieve systemen zoals met vloeibare metalen tijdrovend en kostbaar zijn en het in detail meten van vloeistofstroming en temperatuur in zo'n vloeibaar metaal uiterst complex zo niet onmogelijk is. In de introductie van dit deel van het boek leggen de auteurs Roelofs en Shams van NRG uit dat juist vanwege bovengenoemde uitdagingen CFD een aantrekkelijke en aanvullende discipline binnen het vakgebied is om tot ontwerpen en evaluaties te kunnen komen. Roelofs: "Binnen het project is het gedrag van vloeibaar metaal als koelmiddel van een kernreactor bestudeerd. Heel fundamenteel is gewerkt aan nieuwe modellen om het warmtetransport van en naar vloeibaar metaal als koelmiddel te beschrijven. We hebben dit op verschillende niveaus bestudeerd. Van de kleinste details tot het niveau van de uitwerking in belangrijke reactorcomponenten zoals de koeling van de splijstof,

de koeling in het reactorvat, en uiteindelijk het totale koelsysteem."

EFFICIËNT EN ECONOMISCH GEBRUIK

In het voorlaatste hoofdstuk van het boek sommen Roelofs, Planquart en Koloszar nog een keer de best practice guidelines op voor CFD van vloeibare metalen binnen de nucleaire technologie en wijzen in de inleiding al direct op de moeilijkheid van deze discipline voor een CFD-ingenieur om uit te maken of de resultaten van een simulatie al dan niet betrouwbaar zijn. Voor de ontwikkeling van kennis op deze gebieden gaan experimenten altijd samen met ontwikkeling en validatie van geavanceerde numerieke simulatiemethodes. Door de vergroting van kennis en vernieuwing van simulatietechnieken kunnen met grotere nauwkeurigheid voorspellingen gedaan worden van het koelgedrag. Dat is uiteraard van belang voor zowel de veiligheid als het efficiënt en economisch gebruik van zo'n reactor. Het boek is het resultaat van gedegen onderzoek door erkende experts binnen het vakgebied. NRG als coördinator geldt

wereldwijd als één van de grote experts op het gebied van kennis over de koeling van metaalgekoelde reactoren. "We hopen dat de resultaten beschreven in dit boek zullen bijdragen aan het tot stand komen van één of meerdere prototypen van dit soort metaalgekoelde reactoren in Europa en wereldwijd en zo te kunnen bijdragen aan de verdere ontwikkeling en inzet van kernenergie voor een schone, betaalbare en veilige wereld", aldus Roelofs. **K**

Menno Jelgersma

Boek: **Thermal Hydraulics Aspects of Liquid Metal Cooled Nuclear Reactors**

Auteurs: **Ferry Roelofs en anderen**

eBook ISBN: 9780081019818

Prijs Bol.com: 178,99 euro

Paperback ISBN: 9780081019801

Prijs Bol.com: 179,99 euro

Uitgeverij: **Elsevier science and technology - Woodhead Publishing**

Pagina's: 462

START SLOOP WINDSCALE SCHOORSTEEN BIJ SELLAFIELD



Sellafield Ltd. is in februari gestart met de ontmanteling van de Windscale Pile One-schoorsteen. De eerste blokken beton van de 125 meter hoge constructie zijn inmiddels verwijderd. De nucleaire site heette voor 1981 Windscale en was vernoemd naar een van de reactoren die specifiek was gebouwd voor de productie van plutonium. De start is gemaakt met het slopen van de filter die in 1957 tijdens een brand 95 procent van de radioactieve stofdeeltjes afving. Windscale Pile Two was al in 2001 gesloopt.



De dagen zijn dus geteld voor het 125 meter hoge landmark. Met behulp van bandzagen wordt de schoorsteen in stukken gezaagd, waarna een 152 meter hoge torenkraan de brokken afvoert. Met de sloop van de schoorsteen zal ook de skyline van Sellafield na een periode van zeventig jaar een ander aanzicht krijgen. Stuart Latham, head of remediation bij Sellafield: "Het is een enorme stap voorwaarts met het oog op de 'schoonmaak-missie' van Sellafield. Daarom was iedereen hartstikke trots toen de eerste brokken beton werden verwijderd." Dat de sloopoperatie zo goed verloopt is volgens Latham te danken aan de toewijding en samenwerking van de teams die deel uitmaken van toeleveringsketen bij Sellafield.

Het eerste grote onderdeel dat zal worden verwijderd is de rechthoekige diffusor aan de bovenzijde van de schoorsteen die ervoor zorgde dat de afgassen werden gefilterd. Dit werk zal voor 2022 gereed zijn. In 2014 werd al een eerste begin gemaakt met de sloop van de filteromgang boven op de schoorsteen. Vanaf die tijd zijn de voorbereidingen gestart voor het verwijderen van de diffusor. Onderdeel hiervan was het ontwerp van de safety case voor de bouw van de torenkraan die nu de brokken beton afvoert. Het was opmerkelijk dat destijds werd gekozen voor een constructie om de fors uitgevoerde filter als een van de laatste systemen boven op de schoorsteen te monteren, terwijl die meestal onderaan een schoorsteen komen. Hoewel dit onderdeel schertsend ook wel Cockroft's Folly werd genoemd, vernoemd naar zijn ontwerper Sir John Cockroft, bleek het in de praktijk een uitstekende oplossing. In 1957 brak brand uit in een van de reactoren van de Windscale Pile One-reactor. De filters op ruim honderd meter boven het maaiveld bleken in staat om 95 procent van de radioactieve stofdeeltjes op te vangen. De betreffende reactor was niet bedoeld voor opwekking van elektriciteit, maar voor productie van plutonium. Tot op de dag van

vandaag is nog niet duidelijk waarom het grafiet in de reactor destijds vlamvatte.

Omdat de filters van de luchtgekoelde installatie niet al het vrijkomende radioactieve materiaal konden opvangen, kwam veel in



➤ De torenkraan voert het eerste brok beton af.

het omliggende milieu terecht. Dit bestond voornamelijk uit jodium-131. Omdat de halfwaardetijd van dit isotoop 8 dagen bedraagt, werd evacuatie niet nodig geacht. De enige maatregel die werd genomen was het vernietigen van melk in een gebied van 500 vierkante kilometer rondom de reactor. Vanwege de brand in 1957 wordt elk stuk beton dat nu bij de sloop vrijkomt op radioactiviteit gecheckt. Afhankelijk van de hoogte van besmetting kan het afval, als het veilig is, op de site worden gestort of als het laagradioactief afval betreft naar de landelijke opslag worden gebracht. Windscale telde twee schoorstenen. In 2001 is de Windscale Pile Two gesloopt. Dat kon destijds gewoon met traditionele sloop technieken omdat deze schoorsteen niet door de brand besmet was geraakt.

De schoorsteensloop is een nucleair ontmantelingsproject en een samenwerkingsverband tussen Sellafield Ltd en de toeleveringsketen met partners, waaronder: DSA Progressive Alliance (Cavendish and AECOM) voor ontwerp en engineering, DDP Framework ADAPT (Doosan Babcock, Atkins, and AREVA) voor aanbestedingsaspecten en constructie en Access Installation Framework (Kaefer Engineering) voor steigerbouw. **K**

Menno Jelgersma

KERNENERGIE EN KUNST

Van 7 oktober 2018 tot 3 maart 2019 werd in het Museum Beelden aan Zee in Scheveningen een tentoonstelling gewijd aan de beeldhouwer Ossip Zadkine, bekend van het beeld De verwoeste stad in Rotterdam. Tussen zijn werk was ook het ontwerp uit 1963 voor een beeld met de titel 'Atoomkracht', ongeveer een meter hoog. Zadkine maakte het beeld in opdracht van de universiteit van Marseille-Luminy. Een ander exemplaar werd eind 1967 geplaatst bij het Evoluon in Eindhoven. Het beeld was bedoeld als een ode aan de kernenergie, waarover destijds nog heel positief werd gedacht. Voor Zadkine stond het beeld symbool voor de ultieme scheppingskracht in de natuur, al wist hij sinds 1945 maar al te goed dat die ook tot grootschalige vernietiging kon leiden. Het is niet bekend hoe het verder is gegaan met de twee beelden in Marseille en Eindhoven. **K**







INBEELD

KERNENERGIE OOK IN 2018 BELANGRIJKSTE PRODUCTIEBRON IN BELGIË

In 2018 werd met behulp van kernenergie een elektriciteitsproductie gehaald van 27,3 terawattuur (TWh). Dat is 75 procent van alle koolstofarme elektriciteit in België en 48 procent van de totale mix vóór fossiele energie (40 procent), wind (7 procent) en zon (5 procent). Deze cijfers komen van het Belgisch Nucleair Forum die elke maand op zijn website de resultaten publiceert van het aandeel kernenergie in de elektriciteitsmix. De analyse is gebaseerd op de cijfers die netbeheerder Elia dagelijks beschikbaar stelt. De mix bevat het aandeel van de verschillende energiebronnen die voor België elektriciteit opwekken, te weten: gas, kernenergie, windenergie en zonnenergie (import wordt niet meegeteld). Het aandeel kernenergie daalde trouwens wel ten opzichte van de voorbije jaren, ten gevolge van geplande onderhoudswerken, onverwachte stilstanden en onderhoudswerken die meer tijd in beslag namen dan vooraf was gepland. **K**

SERGE DAUBY NIEUWE DIRECTEUR BELGISCH NUCLEAIR FORUM

Het directiecomité van het Belgisch Nucleair Forum (BNF) heeft Serge Dauby benoemd tot nieuwe Director van het Nucleair Forum. Hij volgt Marielle Rogie op, die voortaan de communicatie gaat leiden bij het Studiecentrum voor Kernenergie (SCK•CEN) in Mol. Dauby treedt aan op een moment dat mensen in Europa de straat op gaan om aandacht te vragen voor de klimaatproblematiek. Dauby: "Geheel nieuw is dat kernenergie nu ook als serieus onderdeel binnen de energiemix van CO₂-vrije bronnen bespreekbaar wordt."

K

Met een opleiding in marketing en sales aan de Suez University is Dauby na enige omzwervingen bij de sales-afdeling van Electrabel GDF Suez terechtgekomen en vanaf begin 2013 werkzaam als hoofd van de communicatieafdeling bij de kerncentrale Tihange. Op de vraag hoe iemand van sales in communicatie terecht komt, antwoordt Dauby dat er sprake was van een bijna natuurlijke gang van zaken: "Het was een logische stap voor mij om van sales naar communicatie over te stappen. Ook tijdens mijn werk in sales heb ik altijd de publiekscommunicatie verzorgd."

BLANCO

De overstap naar 'nucleair' was geen bewuste keus. "Ik was in de sales bezig met het verkopen van energie. Dat in

➤ Serge Dauby

© Belgisch Nucleair Forum

NUCLEAIR
FORUM

België stroom voor vijftig procent wordt opgewekt met nucleair staat daar los van." Zijn kennis over specifieke nucleaire technologie deed hij in de eerste periode in Tihange op. Het feit dat hij er blanco in stapte, ziet Dauby als een voordeel. "Ik ben geen ingenieur en heb een duidelijk andere achtergrond, maar met de kennis die ik over technische onderwerpen heb opgedaan, kon ik de 'boodschap' beter in gewone taal overbrengen naar de desbetreffende doelgroepen." Dauby onderkent dat het nucleaire debat een emotioneel debat is. "Wanneer omwonenden van een nucleaire installatie te horen krijgen van politici of in media lezen dat er ernstig gevaar dreigt, dan kunnen ze bijna niet anders denken dat dit ook het geval is. Maar mensen moeten weten dat de veiligheidseisen binnen de nucleaire sector extreem hoog zijn." Dauby legt uit dat bij de minste of geringste twijfel een nucleaire installatie eenvoudigweg wordt stilgelegd. "Dat stopzetten kan weken of maanden duren. Het weer opstarten kan alleen maar gebeuren als wij er honderd procent zeker van zijn dat het veilig kan en vervolgens buigt de FANC (de Belgische nucleaire toezichthouder) zich over de veiligheid voor het opnieuw opstarten kan plaatsvinden." Het is belangrijk te weten dat de nucleaire industrie een van de meest bekeken, geanalyseerde en geauditeerde sectoren is. Zo vertelt Dauby dat in Tihange elke week een onafhankelijke audit plaatsvindt.

SCHEURTJES

Dit grote veiligheidsbesef leidt tot de paradoxale situatie waarin, omdat een installatie direct wordt stilgelegd bij twijfel, de meeste media op een stopzetting zullen reageren en zeggen: zie je wel, het is niet veilig - nu ligt de installatie alweer stil. "Ik vrees dat dat helaas het gevolg is van het honderd procent zeker willen



© Belgisch Nucleair Forum

zijn van je veiligheid", verklaar Dauby. Hij wijst ook nog eens op het dossier van de 'scheurtjes' in het reactorvat. Veertig jaar geleden waren die niet waarneembaar omdat eenvoudigweg de techniek daartoe ontbrak. "Nu lukt dat wel omdat we de beschikking hebben over betere apparatuur." Een en ander houdt niet automatisch in dat er een gevaarlijke situatie was ontstaan. Dauby: "Het fenomeen van de vorming van scheurtjes in staal was al bekend; het was alleen niet zichtbaar. Onze taak bestond vervolgens uit het wegnemen van het idee dat de veiligheid in het geding was, dus: installatie stilleggen, onderzoek uitvoeren en alleen als de situatie honderd procent veilig is de installatie in overleg met de toezichthouder weer opstarten."

NIEUWE ONTWIKKELING

Nieuwe bezems vegen schoon, maar als nieuwe directeur van het BNF gaat Dauby zeker niet alles omgooien. "Mijn voorganger Marielle Rogie heeft uitstekend werk verricht. Ik pas mijn werk aan aan de evolutie die de sector doormaakt, zoals alles een evolutie doormaakt." Wat Dauby wel wil oppakken is de scheefgroei in perceptie bij het publiek dat alleen zonne- en windenergie 'groen' zouden zijn. Ten opzichte van Nederland waar slechts

✘ *De kerncentrale Tihange heeft drie reactoren en is een van de twee kerncentrales van België. Tihange is een deelgemeente van de stad Hoei in de provincie Luik.*

12 procent van de opgewekte stroom CO₂-vrij is, is dat in België gemiddeld 60 procent waarbij kernenergie maar liefst 50 procent voor haar rekening neemt. "Het klimaatdebat is een belangrijk punt. Kernenergie is van het grootste belang om de klimaatdoelen te kunnen behalen, zeker ook in combinatie met hernieuwbare energievormen. Wat wij doen is het informeren van mensen: studenten, volwassenen en eigenlijk iedereen om ze laten zien wat kernenergie kan bijdragen aan de CO₂-vrije energiemix. En wij zien dat het wordt opgepakt. Wat er nu in toenemende mate gebeurt, is dat niet wij, maar het publiek gaat vertellen wat kernenergie voor een rol binnen het energiedebat kan spelen. En ook in de media verschijnen met regelmaat artikelen waarin wordt gezegd wat de voordelen van kernenergie zijn. Dit is een nieuwe ontwikkeling en is heel belangrijk omdat het niet alleen de boodschap van het BNF meer is maar ook van de mensen zelf komt." **K**

Menno Jelgersma



➤ Corium team van links naar rechts: Peng Yu, Walter Villanueva, Afaque Shams, Kevin Zwijsen, Daniele Dovizio

© NRG

CORIUM KICK-OFF MEETING NRG EN HET ZWEEDSE KTH



Half januari hebben NRG en het Zweedse KTH (Koninklijke Technische Hogeschool) een intentieverklaring ondertekend. Binnen het kader van deze intentieverklaring zullen onderzoekers van beide instituten hun inspanningen combineren om aan de belangrijke uitdaging te werken om in het geval van een kernsmelt te zorgen dat het gesmolten kernmateriaal (in het Engels corium) opgesloten blijft in het reactorvat tijdens ernstige ongevallenscenario's. De bilaterale samenwerking zal zich focussen op de ontwikkeling en het gebruik van state-of-the-art simulatietechnieken. Het project draagt de naam CORIUM, een ingewikkeld acronym voor Collaborative effOrts for the accuRate predlction of flow and heat transfer in coriUM Pools. Op 1 maart was de officiële kick-off van het project bij NRG.

Hypothetisch is het mogelijk dat bij een ongeval met een lichtwaterreactor door warmteontwikkeling de splijtstof oververhit raakt en zelfs kan smelten. Een gesmolten kern kan zich verspreiden en zich ophopen op de bodem van het reactordrukvat. De vervalwarmte die vrijkomt bij een gesmolten kern kan zorgen voor een 'core melt pool', bestaand uit zogeheten corium. In zo'n pool kan een natuurlijke convectiestroming ontstaan. Deze turbulente natuurlijke convectie stroming in de corium pool kan ernstige gevolgen hebben voor de warmtebelasting van het reactorvat.

Goede kennis van de warmteoverdracht in een corium pool is één van de belangrijkste elementen voor het onder controle houden van het corium aangezien het de veiligheidsmarge voor de integriteit van het reactorvat vormt.

Het is uitermate moeilijk om experimenten uit te voeren voor dit soort ongevallen vanwege de hoge kosten en de potentiële logistieke problemen bij mislukkingen. Computational Fluid Dynamic (CFD) simulaties spelen dan ook een belangrijke rol bij het vergaren van informatie over dit soort gebeurtenissen. Bij voorkeur worden

pragmatische turbulentiemodellen in CFD gebruikt. Om de betrouwbaarheid van de modellen te garanderen moeten ze op een juiste manier gevalideerd worden. Binnen het kader van het CORIUM-project zullen de twee instituten zich gezamenlijk inspannen om met behulp van CFD-technieken meer inzicht te krijgen in het gedrag van een corium pool. Als eerste zal een zogeheten 'high fidelity simulation' ofwel waarheidsgetrouwe simulatie worden gemaakt van een homogene corium pool. Dit gebeurt op kleine schaal in een halfronde geometrische configuratie. Het

uitvoeren van dit soort simulaties vraagt erg veel computerkracht (denk aan maanden rekentijd op honderden of duizenden computers tegelijk). Om hieraan te voldoen, zal KTH de benodigde computerkracht leveren. Het belangrijkste doel van deze unieke simulatie is het opzetten van een referentie database die de pragmatische turbulentiemodellen kan valideren (met zulke modellen kan een berekening in dagen of hooguit weken gedaan worden op een kleine honderd computers tegelijk). "Een dergelijke database zal nuttig zijn voor de ontwikkeling van een rekenkundige aanpak om het thermische gedrag in vloeistoffen van een homogeen dan wel gelaagde gesmolten kern en de formatie van 'korstvorming' te verhelderen. Aanvullend zullen de rekenkundige activiteiten binnen het project analytische ondersteuning geven aan de experimenten gepland in de SIMECO-2-faciliteit die bij KTH wordt gebouwd", aldus dr. Walter Villanueva, expert bij KTH in scenario's van ernstige ongevallen. Binnen het kader van het Horizon 2020 IVMR project, gesponsord door de Europese Commissie, heeft NRG haar geavanceerde pragmatische turbulent warmteoverdracht model (AHFM-NRG) aangepast voor toepassing bij de stromingen die verwacht kunnen worden in het corium. De eerste testen van dit model in het IVMR-project lieten bemoedigende resultaten zien. In een volgende stap zal de AHFM-NRG worden geëvalueerd aan de hand van de nieuwe high fidelity CFD-database. Dr. Afaq Shams, NRG expert op het gebied van modellering van turbulente warmteoverdracht: "De database die in dit project wordt opgezet is uniek en zeer belangrijk voor de verdere ontwikkeling van pragmatische turbulentiemodellen. Dit is een belangrijke bijdrage voor zowel de wetenschappelijke als de nucleaire gemeenschap." Het project zal door de deelnemende instituten worden gefinancierd uit eigen middelen. **K**

Menno Jelgersma

COLUMN



HIMMELHOCH JAUCHZEND, ZUM TODE BETRÜBT

De conclusies van het Internationaal Energie Agentschap (IEA) in hun Global Energy & CO₂ Status-rapport liegen er niet om: de energiegerelateerde CO₂-uitstoot is het afgelopen jaar wereldwijd met 1,7% gestegen. Nooit was de uitstoot hoger. De verklaring is simpel: de energievraag van de wereld neemt nog altijd toe en hernieuwbare, CO₂-

vrije bronnen kunnen die groei niet bijbenen. Opvallender dan de cijfers in het rapport was de ze relatief beperkt aandacht kregen. Althans, in Nederland. Waar buitenlandse media het nieuws meteen groot brachten, was dat hier veel minder. Weinig aandacht is er wel vaker. Zoals eind december. Toen werd bekend dat het aandeel hernieuwbare energie in ons land vorig jaar slechts 7,3% was, terwijl dat volgend jaar al 14% zou moeten zijn. Media pakten het niet op.

In 2013, toen in het Energieakkoord werd afgesproken hoe Nederland in 2020 op die 14% – een eis van Brussel – moet komen, liepen de gemoederen hoog op, bijna net zo hoog als nu over het Klimaatakkoord. Vervolgens zie je dat de aandacht voor het halen van het doel steeds meer afneemt. En als er aandacht voor is, en duidelijk wordt dat het niet wordt gehaald, begint vaak het grote kniezen.

Media versterken dat 'Himmelhoch jauchzend, Zum Tode betrübt'. Of het is top, of flop. Terwijl bij die waanzinnig fascinerende, complexe wereldwijde energietransitie de waarheid bijna per definitie in het midden ligt. Die waarheid onder ogen zien gebeurt te weinig. Zeker in Nederland. Dat we het met energiebesparing, wind en zon alleen niet redden, bijvoorbeeld. Dat biomassa, CCS of kernenergie ook nodig zijn.

Het positieve, als je dat zo wilt noemen, is dat we het ons blijkbaar kunnen veroorloven. Dat het energie- en klimaatdebat in Nederland eindelijk geen debat is maar vooral een politiek steekspel waarin de feiten er soms nauwelijks toe doen. Uiteindelijk keert de wal altijd het schip, de vraag is alleen wanneer. **K**

Remco de Boer

Ir. Remco de Boer is onderzoeker, publicist en interviewer. Hij adviseert, schrijft en spreekt over de energietransitie, onder meer bij BNR Nieuwsradio en energienieuwsdienst Energiea. De Boer is sinds 2012 columnist bij Delft Integraal, het wetenschappelijke magazine van de TU Delft. In 2015 verscheen zijn boek 'Tussen hoogmoed en hysterie', een reconstructie van de strijd tegen schaliegas in Nederland.



HONGER BESTRIJDEN MET NUCLEAIRE TECHNOLOGIE



Njala, Sierra Leone – ondervoeding is niet altijd te zien met het blote oog. Een kind kan er gezond uitzien maar evengoed belangrijke voedingsmiddelen tekort komen. Dit wordt verborgen honger genoemd – een chronisch tekort aan micronutriënten – en komt voor onder grote delen van de bevolking van Sierra Leone.

De IAEA en de Voedsel en Landbouw Organisatie van de Verenigde Naties, de FAO, bieden hulp om ervoor te zorgen dat Sierra Leoners en specifiek jonge kinderen, die het vaakst worden getroffen, de essentiële vitamines en mineralen binnen krijgen die ze nodig hebben. Ze maken hierbij gebruik van nucleaire technologie, wetenschappers ontwikkelen nieuwe landbouwgewassen die rijk zijn aan nutriënten en bijvoorbeeld hogere gehalten aan ijzer en andere micronutriënten bevatten.

VERBORGEN HONGER

“Meestal wordt de beschikbaarheid van voedsel het belangrijkste gevonden maar

de kwaliteit van het voedsel is net zo belangrijk”, aldus Joseph Sherman-Kamara, Acting Deputy Vice-Chancellor at Njala University en hoofd van het Postharvest Food and Bioprocess Engineering Laboratory. “Met behulp van nucleaire technologie kunnen we nieuwe variëteiten ontwikkelen van de belangrijkste gewassen. Op die manier hebben we de voedingswaarde verbeterd en daarmee de gezondheid van de mensen.” Verborgen honger treft een geschatte twee miljard mensen wereldwijd. Van de twintig landen met de hoogste ‘Hidden Hunger Index’ scores, staat Sierra Leone op de zesde plaats. Volgens cijfers van UNICEF had het land de

✦ *Met behulp van nucleaire technologieën worden nieuwe variëteiten ontwikkeld.*

hoogste kindersterfte van de wereld, naar schatting hadden slechts 110 van de 1000 geboortes een levende baby als resultaat. Bijna de helft van die sterfgevallen was gelinkt aan ondervoeding. “Chronische tekorten bij kinderen zoals micronutriënten ondervoeding, inclusief een tekort aan vitamine A en mineralen zoals ijzer, blijven meestal bestaan vanaf de jeugd tot volwassenheid. Met negatieve consequenties

✦ *Nieuwe landbouwgewassen moeten chronische tekorten aan micronutriënten tegen gaan.*



voor de nationale gezondheid en productiviteit”, verklaart Isaac Kof Bimpong, werkzaam bij de FAO/IAEA division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture.

VOEDZAME GEWASSEN

Diverse projecten van de IAEA Technical Corporation hebben in de afgelopen jaren Sierra Leone geholpen om meer voedzame gewassen te verkrijgen door de ontwikkelingen van nieuwe variëteiten. De meeste projecten richten zich op rijst en cassave als belangrijkste voedselbron. De joint FAO/IAEA heeft met behulp van haar eigen specialisten en internationale experts wetenschappers kunnen trainen, zowel op het gebied van plant mutaties kweken als nutriënten analyse. In 2017 hebben wetenschappers uit Sierra Leone nucleaire technieken gebruikt om lokale variëteiten van rijst en cassave te bestralen in de laboratoria van de joint FAO/IAEA Division in Seibersdorf, niet ver van Wenen in Oostenrijk. Op die manier konden nieuwe soorten worden geselecteerd met verbeterde eigenschappen. Tot dusver zijn er 2.000 cassave en meer dan 3.000 rijstvariaties ontwikkeld. Allemaal met het doel om de voedingswaarde en andere voordelige eigenschappen te kweken. Verder selectie wordt gedaan met vooraanstaande biochemische technieken op het splinternieuwe analytische laboratorium van de afdeling Landbouw en Biosystemen van de Njala universiteit. In dat nieuwe laboratorium kunnen wetenschappers met behulp van apparatuur van de IAEA de hoeveelheid nutriënten en mineralen in de gewassen nauwkeurig meten. Ook is het mogelijk om de aanwezigheid van potentiële giftige elementen of andere vervuilingen in de gewassen te vinden. Drie wetenschappers – twee op de universiteit van Njala en een op het Standards Bureau van Sierra Leone – zijn opgeleid voor de analyse van metalen en mycotoxinen en andere vervuilingen. Internationale experts zullen de mensen verder trainen in het gebruik van de nieuwe apparatuur.



© Laura Gil / IAEA

IJZERTOLERANTIE

In een aanverwant onderzoek zijn genetici van de Njala Universiteit bezig met veredeling van planten om een rijstsoort te vinden die bestand is tegen hogere niveaus van ijzer en andere zware metalen. IJzer van de mijnbouw zit in de grond waar gewassen worden verbouwd. En hoewel ijzer een belangrijke nutriënt is in voedsel, kan het in hoge dosis giftig zijn voor mensen en planten. “Te veel ijzer in de bodem onthoofd als het ware de punten van de wortels van de gewassen. En dat is eigenlijk de mond van de plant”, legt Aliou Mohamed Bah van de Njala Universiteit uit.

✖ Bij het veredelen van planten door mutatie worden de zaden, stekken of weefsel bestraald met gammastralen.

“Op de lange termijn willen we verbeterde rijst en cassave gewassen maken die tot voedzamere producten leiden. Zoals meer caroteen in de cassave, verhoogde proteïne in de mais en meer vitamine en mineralen in de rijst”, legt Sherman-Kamara uit. “En dan zorgen we dat de verbeterde producten samengaat met de rest van het voedsel dat de mensen eten. Dat is ons einddoel.” **K**

Ellen Jelgersma

PLANT VEREDELING

Bij het veredelen van planten door mutatie worden de zaden, stekken of weefsel bestraald met gammastralen. Vervolgens wordt het zaadje opgekweekt of de stek gecultiveerd in een steriele omgeving zodat er een plantje ontstaat. De individuele planten worden vermeerderd en onderzocht om te kijken of ze nieuwe, handige eigenschappen hebben. Wanneer blijkt dat er genetisch gunstige veranderingen zijn, kan verder worden gekweekt met de planten. Modificatie van planten is geen genetische modificatie maar maakt gebruik van de eigen genetische bronnen van de plant. Het werkt net als het natuurlijke proces van spontane mutatie, de motor van de evolutie. Door gebruik te maken van straling, kunnen wetenschappers de genetische diversiteit vergroten en zo nieuwe en verbeterde gewassen verkrijgen.



The People Vs Tech

How the internet is
killing democracy
(and how we save it)

Jamie Bartlett

© C. Ruben Oreef

BOEKBESPREKING JAMIE BARTLETT - THE PEOPLE VS TECH



In zijn boek *The People vs Tech: How the Internet is Killing Democracy (and How We Can Save It)* somt Jamie Bartlett de belangrijkste uitdagingen op waar de westerse democratieën voor staan in het licht van de groeiende macht van technologiebedrijven zoals Google en Facebook. Hoe verdeeldheid ontstaat, kunnen we nu al zien in de VS (Trump) en het VK (Brexit), waar nepnieuws en computerbots een belangrijke rol in de verkiezingen respectievelijk het referendum in 2016 hebben gespeeld. Bartlett geeft in zijn epiloog twintig suggesties hoe we de democratie kunnen beschermen.

De media staan vol met berichtgeving over de schandalen van bijvoorbeeld Facebook en Google die privacyregels aan hun laars lappen. Tegelijkertijd zie je hoe het onderzoek naar de betrokkenheid van Rusland in de Amerikaanse verkiezingen verdiept en wat eventueel de rol van Donald Trump hierin kan zijn. In zijn boek toont Bartlett aan dat technologiebedrijven één richting in gaan: snel groeien en pas als het te laat is,

stellen ze vragen. Wat ze gemeen lijken te hebben is dat ze, bijna romantisch, starten met een paar studenten vanuit een garage en als de bal eenmaal gaat rollen, binnen no-time een miljoenenbedrijf hebben opgebouwd of voor miljoenen worden opgekocht. Met de groei van die bedrijven groeit ook hun macht. Door op Facebook te zitten en af en toe iemand of een 'post' te liken 'weet' Facebook: wie, wat, waar en wanneer je actief bent. Het

'waarom' vult het systeem in en aan. Op basis daarvan kan Facebook door het gebruik van algoritmes anticiperen wat je leuk vindt of wat jou beweegt.

Facebook is gratis voor de gebruiker, die met haar/zijn gegevens betaalt. Facebook verdient met de informatie die de gebruiker via internet verschaft. De gebruiker is dus het doel van Facebook. In *The People vs Tech* geeft Bartlett zes pijlers voor een goed functionerende democratie die alle door technologiebedrijven ondermijnd kunnen worden: actieve burgers, een gemeenschappelijke cultuur, vrije verkiezingen, gelijkheid, concurrerende economie in combinatie met burgersvrijheid en vertrouwen in autoriteit. Door interviews met werknemers van onder meer Cambridge Analytica (Het Britse databedrijf dat in opspraak kwam doordat het zonder toestemming de gegevens van tientallen miljoenen Facebook-gebruikers voor Trumps campagne had gebruikt), ex-werknemers van Facebook en oprichters van bedrijven in kunstmatige intelligentie kan Bartlett laten zien hoe de verwevenheid tussen

technologie en politiek vorm krijgt. De vraag óf Trump betrokken is bij de opzet van de Russen om hem in het zadel te brengen, is eigenlijk niet zo belangrijk. Wat je volgens Bartlett wel ziet is dat de Russen duizenden bots hebben ingezet. Een 'bot' (komt van robot) is een computerprogramma dat op een autonome manier taken kan uitvoeren die mensen normaal verrichten. De bot kan bijvoorbeeld een computerspel spelen of een bericht op een site (bijvoorbeeld een forum of wiki) plaatsen. Bots voeren hun taken in hoog tempo continu foutloos uit. Wat betekent dit alles? Dat als de Russische bots inderdaad ervoor gezorgd hebben dat Trump de verkiezingen nipt heeft gewonnen, het doel van de Russen succesvol is: tweedracht zaaien in de samenleving. Hetzelfde geldt voor de inzet van Russische bots bij de volksraadpleging over Brexit: het VK is meer verdeeld dan ooit. Saillant detail is dat president Poetin PM May vertelde dat het afblazen van Brexit of organiseren van een tweede referendum ondemocratisch zou zijn, zoals eind december in *The Guardian* te lezen was. Tot nu toe ging het bij verkiezingen om kandidaten met een oprecht en coherent verhaal. Bartlett schotelt de lezer een scenario voor waarin het gaat om kandidaten met heel veel verhalen, die niet met elkaar hoeven te stroken (en zelfs tegenspreken) omdat ze gericht naar potentiële stemmers gestuurd kunnen worden. Big data verschaffen de info over al die stemmers: wanneer doen ze wat en welke politieke items houden hen bezig? Het centrale thema in het boek geeft twee mogelijkheden. In de komende jaren ondermijnt de technologie onze democratie met de daarbij behorende sociale structuur of de politiek neemt het roer over en behoudt autoriteit. Terwijl de technologie breder de kans krijgt om belangengroeperingen te bereiken of te creëren, krijgen gebruikers

van sociale media steeds minder de kans om hun eigen mening aan noodzakelijke twijfel te onderwerpen omdat algoritmes ervoor zorgen dat je alleen maar meer van hetzelfde krijgt en zo meer 'gestuurd' wordt. Dat lukt omdat emotionele berichten, nepnieuws of nieuws dat zogenaamd appelleert aan morele verontwaardiging makkelijker rondgaat dan wat meer weloverwogen of van emotie ontdane berichtgeving. Daardoor kunnen populistische of autocratische leiders gemakkelijker de wind mee krijgen met eenvoudige oplossingen voor gecompliceerde kwesties, daarbij gebruikmakend van de zwakte om sneller op negatief nieuws dan op positief nieuws te reageren. Om te slagen in de politiek is het belangrijker om geld te hebben dan ideeën. Politiek wordt een gedragswetenschap. Politici hebben meer aan fysici en datawetenschappers dan aan communicatiewetenschappers.

Een andere manier waarop de tech-bedrijven bijdragen aan het ondermijnen van de democratie is het feit dat ze bijdragen aan de maatschappelijke ongelijkheid. De middenklasse/middenstand verdwijnt. De armen worden armer, de rijken rijker. Enerzijds zie je dat nu al gebeuren doordat winkels verdwijnen omdat tech-bedrijven de handel overnemen. Anderzijds ziet Bartlett de ontwikkeling van kunstmatige intelligentie op de banenmarkt die voor banenverlies zal zorgen. Door toename in de verschillen van gelijkheid zal het de cohesie van de samenleving verder uithollen. Op de onvrede die ontstaat zullen populistische gedijen.

In zijn laatste hoofdstuk gaat Bartlett in op de groei van crypto-currency door te wijzen op de potentieel politieke gevolgen die kunnen ontstaan en die vrijemarktkapitalisten (libertarians)

aanspreken. Een groeiende beweging is het crypto-anarchisme waarin het individu onafhankelijk is van een overheid en zelf de vrijheid heeft te handelen naar eigen goeddunken. De crypto-anarchie is te bereiken met behulp van computertechnologie op een wijze zoals hierboven beschreven. Bartlett neemt duidelijk stelling tegen deze politieke stroming omdat samenwerking tussen mensen en het delegeren van macht en bijgevolg autoriteit erkennen ervoor zorgen dat wetten kunnen worden aangenomen en nageleefd. Om het democratische systeem niet te laten ontsporen stelt Bartlett in zijn epiloog twintig ideeën voor. Denk onafhankelijk. Wees je er dus altijd van bewust als je op zoek gaat naar informatie dat die gekleurd is/kan zijn en maak afwegingen. Zoeken op internet zorgt er altijd voor dat je nog meer van hetzelfde krijgt. Voor je het weet zit je vast in een eigen niche. Maar Bartlett geeft ook advies voor vrije verkiezingen waarbij opgelet moet worden op nepnieuws en bots. Laat de middenklasse niet verdwijnen; verdeel de welvaart; leer mensen kritisch denken. Ook pleit Bartlett voor het onderuithalen van het verdienmodel van advertenties voor technologiebedrijven. Bartlett sluit zijn boek met twintig 'Ideas to Save Democracy.' **K**

Menno Jelgersma

Titel: *The People vs Tech: How the Internet is Killing Democracy (and How We Can Save It)*

Auteur: Jamie Bartlett

Paperback - 256 pagina's

Prijs: 11,99 euro

Uitgever: **Erbury Publishing**

ISBN13: 9781785039065

KERNENERGIE BLIJKT NODIG VOOR LEVERINGSZEKERHEID

De recente toekomstscenario's van het IPCC (het VN-klimaatpanel) stellen dat bij een stijgende energievraag een sterke uitbreiding van kernenergie nodig is om te komen tot een serieuze afname van de CO₂-uitstoot. Maar er is nog een andere goede reden om bestaande kerncentrales goed te onderhouden en nieuwe bij te bouwen: leveringszekerheid. Tijdens de extreme kou die begin dit jaar de halve VS teisterde, bleven de kerncentrales stroom leveren terwijl windturbines automatisch afschakelden.

Volgens de klimaatexperts van de VN is het een duidelijk verhaal: als we de klimaatverandering en zijn negatieve gevolgen willen voorkomen, zullen er heel drastische maatregelen genomen moeten worden. Kernenergie vervult daarin een essentiële rol volgens hun analyses. In hun recente rapport beschrijft het IPCC 4 mogelijke scenario's om deze ambitieuze doelstelling mogelijk te maken. Alle vier scenario's voorzien een radicale afname van fossiele brandstoffen (steenkool, olie, en in mindere mate gas) maar vooral een toename van hernieuwbare energie en kernenergie. Kernenergie is een koolstofarme energiebron, met een even lage CO₂-uitstoot als zonne- en windenergie. Afhankelijk van de scenario's, zullen er tussen nu en 2050 tot 5 keer meer kerncentrales moeten bijkomen, en tot 12 keer meer hernieuwbare energiebronnen

schreef ook het Belgisch Nucleair Forum. Daarnaast verscheen eind vorig jaar de studie *The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World* van het Massachusetts Institute of Technology (MIT) Energy Initiative over de noodzaak van kernenergie in de energiemix van morgen. Hierin suggereren de samenstellers dat nieuwe beleidsmodellen en kostenverlagende technologieën kernenergie kunnen helpen een vitale rol te spelen in klimaatoplossingen omdat kernenergie een energiebron is die bijna geen CO₂ uitstoot.

NO-TOUCH

Maar kernenergie heeft nog een enorm voordeel en dat bleek tijdens de afgelopen winter toen in de VS bijna de helft van alle staten te maken kreeg met de gevolgen van extreme kou door een poolvortex. Op zich is een poolvortex niks bijzonders want er zijn er

altijd twee actief: een aan de noord- en een aan de zuidpool. Alleen als er een en ander verandert in de straalstroom, kan er een 'trog' ontstaan waardoor zeer koude lucht op zuidelijker breedte (op het noordelijk halfrond) uitkomt. Gelukkig voor de Amerikanen bleven de kerncentrales onder de erbarmelijke kou (tot -40°C) stroom genereren, terwijl andere vormen van energielevering met problemen te kampen kregen (<https://spectrum.ieee.org>): steenkoolbergen raakten bevroren, dieselgeneratoren staakten, gaspijplijnen konden de vraag niet aan – (gas wordt voornamelijk voor verwarming ingezet en niet voor stroom), zonne-energie deed niets en de windturbines werden automatisch afgeschakeld. Terwijl bij ons de krokussen opkwamen in de aanloop van een warmterecord in februari, konden in de VS duizenden huishoudens vanwege de extreme kou ruim een week lang hun huis niet uit. Meer dan 20 mensen kwamen om, waarvan een enkeling in huis ten gevolge van een kapotte thermostaat. De kerncentrale Columbia Generating Station in de noordwestelijke staat Washington kreeg vanwege de uitzonderlijke situatie zelfs een 'No Touch'- bevel om ervoor te

zorgen dat het licht aanbleef. Zoals Annette Cary schreef in de Tri-City Herald had de Bonneville Power Administration, die de stroom vermarkt die door de kerncentrale wordt geproduceerd, aan de producent Energy Northwest gevraagd niets te doen dat een eventueel stilleggen van de centrale kon veroorzaken; geen onderhoudswerk aan de centrale, ook niet in het niet-nucleaire deel zoals het turbinegedeelte of op het transformatieterrein. Kortom: doe niets dat de betrouwbare en constante levering van stroom uit de kerncentrale in gevaar kan brengen. Overigens wordt het No Touch-commando in de VS vaker ingezet bij extreem weer, zowel bij hitte als kou omdat kerncentrales tijdens deze weersituaties minder te lijden te hebben.

werden afgeschakeld en was de opbrengst windstroom gezakt tot 550 megawatt, ofwel 2,5 procent van het totale aanbod aan stroom. Het argument dat extreme kou maar weinig voorkomt en dus niet zo zorgwekkend is, wordt door www.canadafreepress.com afgedaan als onjuist. Wat de situatie bij extreme kou of warmte juist extra nijpend maakt is de piek in de vraag naar stroom en gas omdat iedereen zijn thermostat of airco aanspreekt. Bij ernstige kou is de stroomvraag zeer hoog. Een ononderbroken stroomvoorziening is van levensbelang. Natuurlijk moeten er meer renewables worden gebouwd. Maar hoe meer dat er zijn, hoe meer CO₂-vrije back-up noodzakelijk is. Wanneer je kernenergie

hoofddocent: "Dat kan, maar laten we wel realistisch zijn over zowel de groeiende behoefte aan elektriciteit als de beperkte mogelijkheden om daarin te voorzien met hernieuwbare bronnen." Beide voorbehouden blijken te kloppen. Volgens het laatste rapport van het Internationaal Energieagentschap (IEA) is de wereldwijde CO₂-uitstoot vorig jaar tot recordhoogte gestegen ondanks de groei van wind- en zonne-energie, met een stijging die twee keer hoger was dan de gemiddelde stijging over de afgelopen jaren. De stijging wordt toegeschreven aan de mondiale economische groei maar ook als gevolg van extremere temperaturen – meer gebruik van airco's en verwarming. Fossiele bronnen zoals aardgas (stijging ruim 4,5



© Energy Northwest - CGS

Nog los van het enorme voordeel van CO₂-vrije emissie is dus de beschikking hebben over voldoende kerncentrales vanwege hun bedrijfszekerheid noodzakelijk om de effecten van een klimaatverandering met extremer weer aan te kunnen. Dit wordt ook bevestigd door verscheidene klimaatexperts op scientificamerican.com.

BEPERKTE MOGELIJKHEDEN VAN HERNIEUWBARE BRONNEN

Windenergie blijkt een belangrijke bijdrage te leveren in de Upper Midwest van de VS. Op 29 januari werd door harde wind aan de helft van de stroomvraag voldaan met windenergie met een piekvermogen van 11.445 megawatt. Anderhalve dag later viel de wind weg en daalde de temperatuur verder waardoor turbines

daarbij uitsluit, is een oplossing in de vorm van batterijen op dit moment onbetaalbaar, zo niet onmogelijk. Of het nou gaat om enorme liquid-gel batterijen voor het opslaan van herbruikbare energie, kleine modulaire reactoren bouwen, het onderhouden en verbeteren van onze bestaande kerncentrales, alle onbenutte daken vol zetten met pv-panelen; in de komende decennia moeten we alle zeilen bijzetten om de CO₂-uitstoot terug te draaien. Op 16 maart bevestigt techniefilosof bij de TU Delft Behnam Taebi in Trouw dat bij een stijgende energievraag een sterke uitbreiding van kernenergie nodig is om te komen tot een serieuze afname van de CO₂-uitstoot. In een reactie op de vraag of we in een welvarend en modern land als Nederland niet juist moeten kiezen voor zon en wind, antwoordt de universitair

✦ *De kerncentrale Columbia Generating Station in de staat Washington kreeg vanwege de extreme kou zelfs een 'No Touch'-bevel om ervoor te zorgen dat het licht aanbleef.*

procent), steen- en bruinkool en olie nemen 70 procent van de groeiende behoefte aan elektriciteit voor hun rekening. Steenkool blijft in dit rijtje de koploper en het aandeel groeide volgens www.bloomberg.org ook nog eens in 2018. Ondanks het feit dat het aandeel hernieuwbaar sterk stijgt, ziet Fatih Birol, executive director IEA waar de schoen wringt: "De groei van renewables houdt geen gelijke tred met de elektrificatie van onze maatschappij." Tijd om het onbespreekbare bespreekbaar te maken. **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 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 lezers en bezoekers van hun website.

Leden van KIVI-Kerntechniek kunnen zich, met vermelding van KIVI-KE lidmaatschapsnummer, voor het Magazine aan- of afmelden via het contactformulier op de website van Kernvisie www.kernvisie.com

WILT U ZICH AANMELDEN ALS BEGUNSTIGER VAN STICHTING KERNVISIE?

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

www.kernvisie.com

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



E-mail: kernvisie@kernvisie.com



FRITS ROBERT BOGSTRA OVERLEDEN.

Op 6 februari is Frits Robert Bogstra overleden. Hij was de schrijver van het boek "Kernenergie, hoe zit dat?" dat in 2013 verscheen in de vorm van een mooi verzorgd boek. De uitgever Jan Heijn is al langer geleden overleden. Er resteert echter nog een aantal exemplaren van dat boek. Het is te verkrijgen via de Stichting Kernvisie (www.kernvisie.com).



RECTIFICATIE

Op blz.8 van Kernvisie nr.1 van februari 2019 staat tweemaal dat zeewater 33 milligram deuterium per kubieke meter bevat; dit moet zijn (gelukkig!): 33 gram per kubieke meter.