

# KK

**KERNVISIE  
MAGAZINE**

Bouw MYRRHA in  
de startblokken

Bert Wolterbeek  
neemt afscheid

VVD:  
Versnellingsplan  
Kernenergie

**KERNVISIE  
SPECIAL**  
Ontwikkelingen  
Kernenergie

**5/6**  
December  
2022

UITGAVE VAN  
STICHTING KERNVISIE

**“Modulaire kern  
maakt MSR  
van Thorizon  
haalbaar concept”**



Kernvisie Magazine is een uitgave van:



Stichting **KernVisie**  
EEN ENERGIEK INITIATIEF

**Jaargang 17**  
**Nummer 5/6**  
**December 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. J.C.L. van Cappelle, penningmeester  
A.J.L. Bos  
J.D. Bruin  
Ing. W. Hiddink  
Drs. J.J. de Jong  
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**

Lucas Pool en Sander de Groot  
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

### Vernieuwing en afscheid

**T**erwijl het einde van het jaar nadert, hangt er vernieuwing in de lucht. In het regeerakkoord



werd afgesproken dat de huidige kerncentrale in Borssele langer in bedrijf kan blijven en er worden stappen gezet voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales. Maar het lijkt alsof het kabinet er niet zo veel vaart achter heeft gezet. Voor Silvio Erkens, Tweede Kamerlid VVD, was dit de reden zijn versnellingsplan voor de bouw van kerncentrales te presenteren om toch vooral door te pakken. Hij vertelt erover in deze editie. Er gebeurt van alles in binnen- en buitenland met de ontwikkeling van innovatieve reactorontwerpen. Het Nederlandse bedrijf Thorizon maakte recentelijk bekend dat het 12,5 miljoen euro had opgehaald voor de ontwikkeling van een compleet nieuw ontwerp van een gesmoltenzoutreactor. De grondleggers van Thorizon, Sander de Groot en Lucas Pool, leggen de nadruk op het ontwikkelen van een haalbaar ontwerp. Het doel van Thorizon is om vóór 2035 een eerste reactorsysteem te realiseren. Het Belgische nucleair onderzoeksinstituut SCK CEN start met de bouw van MINERVA, de deeltjesversneller die de loodbismut gekoelde onderzoeksinfrastructuur MYRRHA gaat aandrijven. Prof. dr. Hamid Aït Abderrahim, algemeen directeur MYRRHA IVZW vertelt over MYRRHA, een reactorontwerp van de vierde generatie dat met zijn toepassingen onder meer een enorme impact kan hebben op het verkleinen van de hoeveelheid radioactief afval en een bijdrage zal leveren aan de totstandkoming van een gesloten splijtstofcyclus. Tenslotte is het ook tijd voor afsluiting. Professor Bert Wolterbeek, al ruim tien jaar directeur van het Reactor Instituut Delft (RID), ging in juli formeel met pensioen en is sinds die tijd gaan 'afbouwen' om professor Theun Baller als tijdelijke opvolger in te kunnen werken. We nemen nu afscheid van een markante en kundige man die we zeker zullen missen en we wensen hem een fijn pensioen. We zien onze lezers graag terug in 2023! **K**

*André Versteegh*  
voorzitter Stichting KernVisie



**P04**

## Energie

### Modulaire kern maakt MSR van Thorizon haalbaar concept

Het Nederlandse bedrijf Thorizon, dat werkt aan een thorium gesmoltenzoutreactor, gaat zijn tweede fase in. Het bedrijf maakte onlangs bekend dat het 12,5 miljoen euro had opgehaald voor de ontwikkeling van deze nieuwe generatie kerncentrales. De oprichters van Thorizon, Sander de Groot en Lucas Pool zijn ambitieus: "We willen dat het werkt; dat de techniek er komt. Het is ons doel om vóór 2035 een eerste reactorsysteem te realiseren."

## P10 Maatschappij

### Bert Wolterbeek neemt afscheid van RID

Op 7 juli ging professor Bert Wolterbeek, al ruim tien jaar directeur van het RID, formeel met pensioen. Sinds die tijd is hij, zoals hij zegt: "In de afbouw tot eind december van dit jaar". De tijd wordt gebruikt om professor Theun Baller als tijdelijke opvolger in te werken. Baller nam recentelijk afscheid als decaan van de faculteit 3mE.t



**P14**

## Maatschappij

### Bouw van MYRRHA's startpunt in de startblokken

Het Belgische nucleair onderzoeksinstituut SCK CEN gaat starten met de bouw van MINERVA, de deeltjesversneller die de loodbismut gekoelde onderzoeksinfrastructuur MYRRHA gaat aandrijven. MYRRHA is een Gen-IV reactorontwerp dat met zijn toepassingen onder meer een bijdrage zal leveren aan de totstandkoming van een gesloten splijtstofcyclus.

## P18 Energie

### Versnellingsplan Kernenergie van de VVD

Zes vragen voor Silvio Erkens, VVD Tweede Kamerlid en Woordvoerder Energie & Klimaat over het recent gepresenteerde Versnellingsplan Kernenergie. De VVD is van mening dat Nederland voor zijn energie zijn afhankelijkheid van Rusland en ook van andere 'onvrije' landen zo snel mogelijk moet afbouwen. De partij wil daarom versneld de Nederlandse nationale energievoorziening uitbreiden en de energietransitie versnellen.



### P08 Infographic

van de IAEA: Wat is straling?

### P12 InBeeld

NuScale Power en Prodigy Clean Energy ontwerpen drijvende SMR

### P22 Boekbespreking

40 jaar COVRA, de geschiedenis van ons radioactief afval

### P26 Column

Lars Roobol: Bad kids get coal



Energie

# Ontwerp met modulaire kern maakt MSR van Thorizon haalbaar concept

**H**et Nederlandse bedrijf Thorizon, dat werkt aan een thorium gesmoltenzoutreactor, gaat zijn tweede fase in. Het bedrijf maakte onlangs bekend dat het 12,5 miljoen euro had opgehaald voor de ontwikkeling van deze nieuwe generatie kerncentrales. De thorium gesmoltenzoutreactor (MSR) gaat langlevend afval gebruiken in combinatie met het overvloedige metaal thorium als splijtstof. De oprichters van Thorizon, Sander de Groot en Lucas Pool zijn ambitieus. Pool: "We willen dat het werkt; dat de techniek er komt. Het is ons doel om vóór 2035 een eerste reactorsysteem te realiseren."

Thorizon is een spin-off van de Nuclear Research and consultancy Group (NRG), de organisatie die de Hoge Flux Reactor in Petten exploiteert. Thorizon werkt al enkele jaren aan een compleet nieuw type reactor: de thorium gesmoltenzoutreactor. Met de investering van 12,5 miljoen euro kunnen essentiële tests en onderzoeken worden uitgevoerd om het ontwerp van een eerste prototype te voltooien. Het doel is om voor 2035 een eerste reactorsysteem te realiseren. Oprichter Lucas Pool: “Wat enkele jaren geleden begon als een goed idee, is uitgegroeid tot een veelbelovend reactorontwerp, we zijn erg blij met het vertrouwen van onze investeerders en partners. Het hoogste doel van Thorizon, legt Pool uit, is de ontwikkeling van de technologie die nodig is om een thoriumreactor in bedrijf te nemen. Zelf is hij ambitieus. “Voordat Thorizon in beeld kwam was ik al zeer geïnteresseerd in de technologie van gesmoltenzoutreactoren en Thorizon is een hele concrete manier om dit tot realisatie te brengen”, licht hij toe. Een van de belangrijkste uitgangspunten van Thorizon is dat we een zo praktisch mogelijke insteek kiezen. Het ontwikkelen van een reactorconcept voor een gesmoltenzoutreactor is al een uitdaging op zich, dus we moeten keuzes maken die de ontwikkeling ‘behapbaar’ maken.” Dat is volgens Pool inmiddels gelukt. “We willen dat die nieuwe technologie er komt en dat die gaat bijdragen aan de internationale energievoorziening. Alles wat we doen staat in dienst daarvan.”

## Materiaalkeuze

Een van de grote uitdagingen is de keuze voor het materiaal van de reactor zelf. De Groot: “Materialen krijgen het behoorlijk te verduren in een MSR. Het zout kan zeer corrosief zijn en het materiaal wordt tegelijkertijd ook aan hoge temperaturen en straling blootgesteld.” Dat geldt toch ook voor andere reactorontwerpen? “Dat klopt, maar hier functioneert de zoutoplossing als koelmiddel en bevat ook de splijtstof,

dus het belast het complete systeem.” Daar komt bij dat er over het algemeen van wordt uitgegaan dat een kerncentrale veertig tot zestig jaar meegaat. Het corrosieve klimaat heeft er volgens De Groot toe geleid dat de ontwikkeling van een gesmoltenzoutreactor in de afgelopen decennia steeds maar weer naar de toekomst werd verschoven. “Dat is begrijpelijk, maar je kunt ook je reactor op een andere manier ontwerpen waarbij je probeert de problemen te verkleinen of te voorkomen om sneller tot realisatie te komen. Daar zit wat ons betreft de grootste uitdaging en wij hebben daar een oplossing voor gevonden.” Uiteindelijk heeft Thorizon drie materialen gekozen als kandidaat die voor nader onderzoek beschikbaar zijn.

Dat zijn geen exotische materialen, maar Pool en De Groot houden nog even geheim welke materialen het zijn. De materialen die Thorizon heeft gekozen worden op dit moment getest in de Hoge Flux Reactor van NRG in Petten. “Aan het eind van de bestraling kunnen we de materialen karakteriseren en vaststellen hoe ze eraan toe zijn om daarmee de levensduur van onze componenten aan te tonen.”

## Veiligheidsprincipes in modules

Hier komt het innovatieve modulaire ontwerp van Thorizon om de hoek kijken, omdat het erin voorziet eventuele degradatieproblemen van het materiaal op te vangen. Pool: “Ons ontwerp biedt ➤

➤ *In het ontwerp passen zeven modules in de reactor kern. Elke module bevat een sub-kritische hoeveelheid splijtstof. Door de modules naast elkaar plaatsen, ontstaat een kritische zone.*



flexibiliteit door de toepassing van gepatenteerde modulaire technologie. Het gaat hierbij om modules – op de website hebben we een ontwerp met zeven modules - die in de kern van de kernreactor passen en zonder problemen kunnen worden verwijderd en vervangen.” De modules hebben een maximale grootte die is gebaseerd op de containers die op dit moment beschikbaar zijn voor het vervoer ervan. “Het idee achter het concept is dat elke module een sub-kritische hoeveelheid splijtstof bevat, maar de zeven modules op de juiste manier naast elkaar geplaatst in de reactorkern, wisselen neutronen door de modulewanden uit waardoor er tezamen een kritische zone ontstaat.” Wanneer één module wordt verwijderd, is de reactorkern direct subkritisch en dat is een van de veiligheidsprincipes van het ontwerp. Een ander veiligheidsprincipe is dat de kritische zone alleen boven in de kern aan de bovenzijde van de modules kan ontstaan. Elke module is voorzien van een pomp die het zout naar boven pompt. Bij het wegvallen van de stroom stopt de pomp, en zakt het zout met daarin de splijtstof naar beneden en is de reactor subkritisch. Daarnaast krijgt elke module een warmtewisselaar voor het afvoeren van de warmte naar het secundaire systeem.

## Praktische aanpak

Wereldwijd zijn er meer bedrijven bezig met het ontwerpen van nieuwe reactoren, niet altijd met succes. Zo heeft de gesmoltenzoutreactor van Amerikaanse Transatomic Power (TAP) het uiteindelijk niet gehaald omdat het ontwerp te ambitieus bleek. Bij het huidige ontwerp hebben Pool en De Groot bewust gekozen voor een haalbaar concept. “Voor ons staat het realiseren van een reactor met een sluitende business case voorop en niet direct de vervolgstappen met nog meer perspectief, die er overigens voor ons wel degelijk zijn. Wanneer je al in de basis kiest voor het perfecte reactorprincipe met bijvoorbeeld honderd procent



© Thorizon

➤ *Elke module is voorzien van een elektrische pomp die het zout met daarin de splijtstof naar boven pompt. Bij het wegvallen van de stroom zakt het zout naar beneden en is de reactor subkritisch.*

efficiëntie dan loop je de kans dat dit al in de ontwikkelingsfase strandt.” Zo is het principe van de modules van Thorizon generiek. “Heb je die gerealiseerd dan kan je daarop voortborduren en andere typen systemen ontwerpen die het nog beter doen.” De Groot legt uit dat ook bij het huidige ontwerp een reductie van de hoeveelheid afval met veertig procent mogelijk is. “Dat vinden we voor nu genoeg.

Ga je voor 100 procent dan introduceer je aan het begin risico's die je niet kan overzien.” Door de praktische aanpak denkt De Groot goede kaarten te hebben om het concept verder uit te werken. “Veel reactoren worden ontworpen op basis van reactorfysica waarbij het ideale systeem het uitgangspunt is. Bij ons ligt de nadruk op de techniek, de vervangbaarheid van de kernmodules zodat je het ontwerp praktisch haalbaar maakt waarbij het aan alle veiligheidseisen voldoet. Pas daarna hebben we naar de kernfysica gekeken of alles nog werkt zoals we voor ogen hebben. Toekomstige kernontwerpen kunnen verschillende hoeveelheden of andere typen modules gebruiken voor verschillende reactorvermogens en brandstofcycli.”

## Nederlands bedrijf

Pool: “We zijn een Nederlands bedrijf en willen heel graag dat het Nederlandse technologie blijft. We zullen er alles aan doen om een eerste reactor in Nederland te bouwen, maar we zullen ook absoluut andere partijen waaronder reactorbouwers nodig hebben om dit voor elkaar te krijgen. Het hangt dan van de omstandigheden af waar de bouw plaats gaat vinden.” Ook de steun van de overheid draagt bij aan de uiteindelijke beslissing of de eerste reactor in Nederland komt te staan. “We hopen natuurlijk dat de oprichting van het nieuwe Programma Kernenergie bij het directoraat-generaal Klimaat en Energie van het ministerie van EZK ervoor gaat zorgen dat dit soort innovaties veel beter gestimuleerd en ondersteund gaan worden.” Op zich denkt Pool dat Nederland zich uitstekend leent voor de ontwikkeling van innovatieve kerntechnologie. “We hebben de TU Delft waar heel veel onderzoek is gedaan naar gesmoltenzoutreactoren. Bovendien hebben we de HFR waar bestralingsexperimenten kunnen worden uitgevoerd en NRG beschikt daarnaast over laboratoria, werkplaatsen, en ervaring met gesmolten zout.” NRG heeft volgens De Groot daarbij een prominente

positie verkregen in de ontwikkeling van gesmoltenzoutreactoren met de experimenten van zoutoplossingen in de HFR. De Groot: “Deze experimenten zijn uniek in de wereld en verdienen meer aandacht.”

## Vier fasen

Voor de volledige ontwikkeling denkt Thorizon tien tot vijftien jaar nodig te hebben. In totaal onderscheidt Thorizon vier fasen. In de eerste fase heeft Thorizon contact gelegd met allerlei bedrijven en instellingen die bijvoorbeeld componenten kunnen leveren maar ook overheden en investeerders. Daaronder vallen Franse bedrijven en instellingen die zien dat Nederland een hele interessante locatie is voor de ontwikkeling van een gesmoltenzoutreactor. Naast NRG en EPZ is het Franse bedrijf Orano dat wereldleider is in het recyclen van nucleair materiaal, een belangrijke partner. “Alle partijen tezamen noemen we een ecosysteem dat we MOSAIEC hebben genoemd en dat staat voor het MOlten SAIt Innovation ECosystem (MOSAIEC).” Hiermee wil Thorizon alle vaardigheden samenbrengen die nodig zijn om MSR-technologie te

ontwikkelen. “We zitten nu in de tweede fase. Ons technische team werkt het ontwerp verder uit en tegelijkertijd bestralen we kandidaat-materialen voor de modules in de HFR in Petten. Aan het einde van de huidige fase hebben we een hele hoge zekerheid dat de techniek werkt zoals je denkt dat hij zou moeten werken.” De tweede fase neemt 3,5 jaar in beslag. “Daarna kunnen we onderbouwen dat we nog eens 100 miljoen euro nodig hebben voor de derde fase voor de bouw en het testen van de componenten.” Deze fase zal vijf jaar duren. “Dan volgt de vierde en laatste fase waarin we de reactor gaan bouwen met zeven modules of misschien een andere configuratie.”

## Maatschappelijke impact

De Groot is verantwoordelijk voor het technische deel, Pool het zakelijke stuk, waarbij Pool benadrukt dat er veel overlap van werk is, zoals het bij een startup vaker het geval is. Op dit moment zijn er tussen de vijf en tien mensen werkzaam bij Thorizon. Pool: “We zijn op zoek naar een heleboel specialisten en tot onze grote verrassing dienen heel veel mensen zich al aan uit binnen- en buitenland zonder

inzet van een head hunter of recruiter.” De Groot: “Het is niet op alle disciplines even makkelijk, maar we bevinden ons in de gunstige positie om een keuze te maken uit een grote groep van bekwame mensen.” Thorizon is op zoek naar mensen die er ‘echt voor willen gaan’. Pool: “Het wordt een heel hecht team en we werken samen aan iets geweldigs.” Eventuele obstakels overwin je met motivatie. Er is iets bijzonders aan de gang in Nederland. In een tijd waarin het voor veel bedrijven, ook in de nucleaire sector moeilijk is om personeel te krijgen, is het opmerkelijk dat een ‘wilde startup’ zoveel animo krijgt. Volgens De Groot staat er een nieuwe generatie mensen aan de poort, jonge mensen die maatschappelijke gezien impact willen maken. “Als je ziet hoeveel belangstelling we krijgen, hoeveel mensen hun kennis en kunde willen inzetten en het belang van nucleaire energie zien en daarin hun verantwoordelijkheid willen nemen, dan is dat zeer bemoedigend. Dat zijn de mensen die je wilt hebben in de nucleaire sector en waarmee we deze reactor tot realisatie gaan brengen.” **K**

*Menno Jelgersma*

## De MSR van Thorizon

De reactor van Thorizon is een gesmoltenzoutreactor of MSR (molten salt reactor). Het is een reactortype dat gebruik kan maken van thorium als splijtstof. Het thorium is in het gesmolten zout opgenomen dat ook dient als koelmiddel. Thorium-232 is van zichzelf niet splijtbaar, maar vervalt na het invangen van een neutron tot protactinium en vervolgens naar het splijtbare uranium-233. Bij het splijtingsproces van uranium-233 komen weer een paar neutronen vrij die de kettingreactie op gang houden en thorium weer in uranium-233 omzetten. Alleen om de kettingreactie op gang te brengen, is een andere splijtstof nodig. Bij Thorizon is dat het radioactieve afvalproduct plutonium. De toepassing van de gesmoltenzoutreactor met thorium kent een aantal grote voordelen. Als de stroomvoorziening bij de reactor van Thorizon uitvalt, stopt het omhoog pompen van het zout in de losse modules en zakt terug uit de kritische zone naar de onderzijde. De reactor zal bovendien ongeveer de helft van het langlevende afval van een normale watergekoelde kerncentrale kunnen verbranden en geen nieuw langlevend afval genereren. Het splijten van uranium-233 levert weliswaar splijtingsproducten op die hoogradioactief zijn, maar die activiteit neemt exponentieel af en na tweehonderd jaar is het overgrote deel stabiel. Toekomstige ontwerpen zullen bijna al het langlevende afval kunnen omzetten, maar dat vereist verdere ontwikkeling, waarvoor ervaring met het eerste ontwerp zal worden opgedaan. Meer algemene voordelen van een MSR zijn de productie van hoge temperatuur warmte die direct ingezet kan worden voor industriële processen of elektriciteitsproductie met hoog rendement. Een ander belangrijk voordeel is dat MSR's op zeer lage druk werken, en zo ontworpen kunnen worden dat er geen kans op drukescalatie is, wat goed is voor de veiligheid en vergunning, en daarmee voor de kostprijs.

# Wat is straling?

**S**traling is energie die zich van de ene plaats naar de andere verplaatst in een vorm die kan worden beschreven als golven of deeltjes. Wij worden in ons dagelijks leven blootgesteld aan straling. Enkele van de meest bekende stralingsbronnen zijn de zon, magnetrons in onze keukens en de radio's waarnaar we in onze auto's luisteren. Het merendeel van deze straling vormt geen risico voor onze gezondheid. Maar sommige wel. Afhankelijk van het soort straling moeten verschillende maatregelen worden genomen om ons lichaam en het milieu te beschermen tegen de effecten ervan, terwijl we toch kunnen profiteren van de vele toepassingen ervan.

## Waar is straling goed voor? - Enkele voorbeelden

**Gezondheid:** Straling speelt een grote rol bij medische procedures, zoals veel kankerbehandelingen en diagnostische beeldvormingsmethoden.

**Energie:** Dankzij straling kunnen we elektriciteit produceren via bijvoorbeeld zonne-energie en kernenergie.

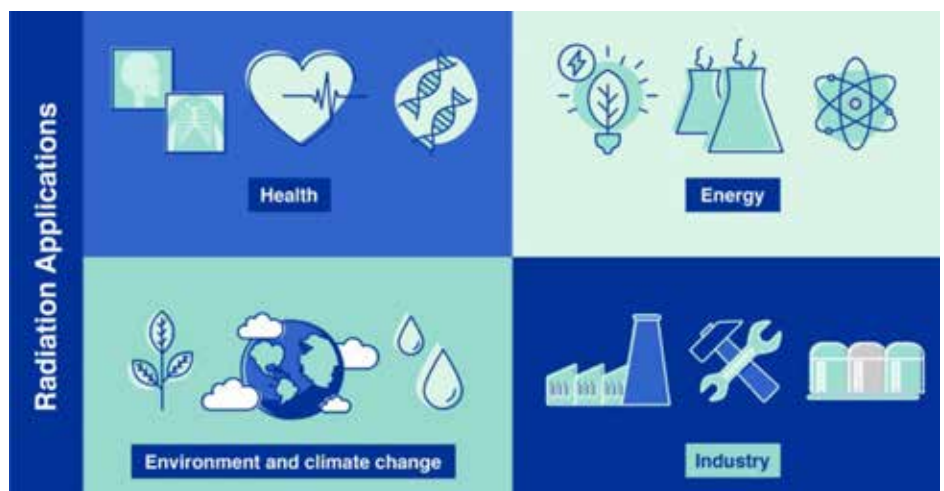
**Milieu en klimaatverandering:** Straling kan worden gebruikt om afvalwater te behandelen of om nieuwe plantensoorten te creëren die bestand zijn tegen klimaatverandering.

**Industrie en wetenschap:** Met nucleaire technieken op basis van straling kunnen wetenschappers voorwerpen uit het verleden onderzoeken of materialen met superieure eigenschappen produceren in bijvoorbeeld de auto-industrie.

Als straling heilzaam is, waarom zouden we ons er dan tegen beschermen?

Straling heeft vele nuttige toepassingen, maar zoals bij elke activiteit moeten er, wanneer er aan het gebruik ervan risico's verbonden zijn, specifieke maatregelen worden genomen om mens en milieu te beschermen. Verschillende soorten straling vereisen verschillende

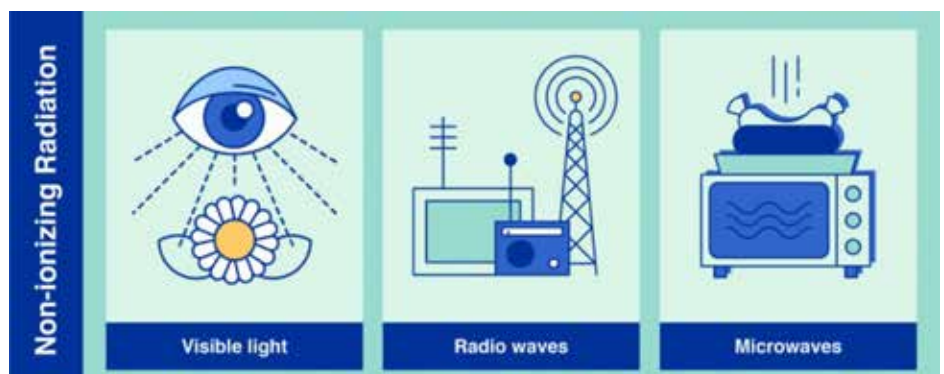
✘ *Niet-ioniserende straling. Enkele voorbeelden van niet-ioniserende straling zijn zichtbaar licht, radiogolven en microgolven (Infographic: Adriana Vargas/IAEA).*



beschermingsmaatregelen: een laag energetische vorm, "niet-ioniserende straling" genoemd, vereist wellicht minder beschermingsmaatregelen dan de hoger energetische "ioniserende straling". De IAEA stelt overeenkomstig haar mandaat normen vast voor de bescherming van mens en milieu in verband met het vreedzame gebruik van ioniserende straling.

## Soorten straling

Niet-ioniserende straling is straling met een lagere energie die niet krachtig genoeg is om elektronen los te maken van atomen of moleculen, zowel in materie als in levende organismen. De energie ervan kan die moleculen echter wel in trilling brengen en zo warmte produceren. Zo werken bijvoorbeeld magnetrons.





Voor de meeste mensen vormt niet-ioniserende straling geen risico voor hun gezondheid. Werknemers die regelmatig in contact komen met bepaalde bronnen van niet-ioniserende straling kunnen echter speciale maatregelen nodig hebben om zich te beschermen tegen bijvoorbeeld de geproduceerde warmte.

Enkele andere voorbeelden van niet-ioniserende straling zijn radiogolven en zichtbaar licht. Zichtbaar licht is een soort niet-ioniserende straling die het menselijk oog kan waarnemen. En de radiogolven zijn een soort niet-ioniserende straling die onzichtbaar is voor onze ogen en andere zintuigen, maar die door traditionele radio's kan worden gedecodeerd.

### Ioniserende straling

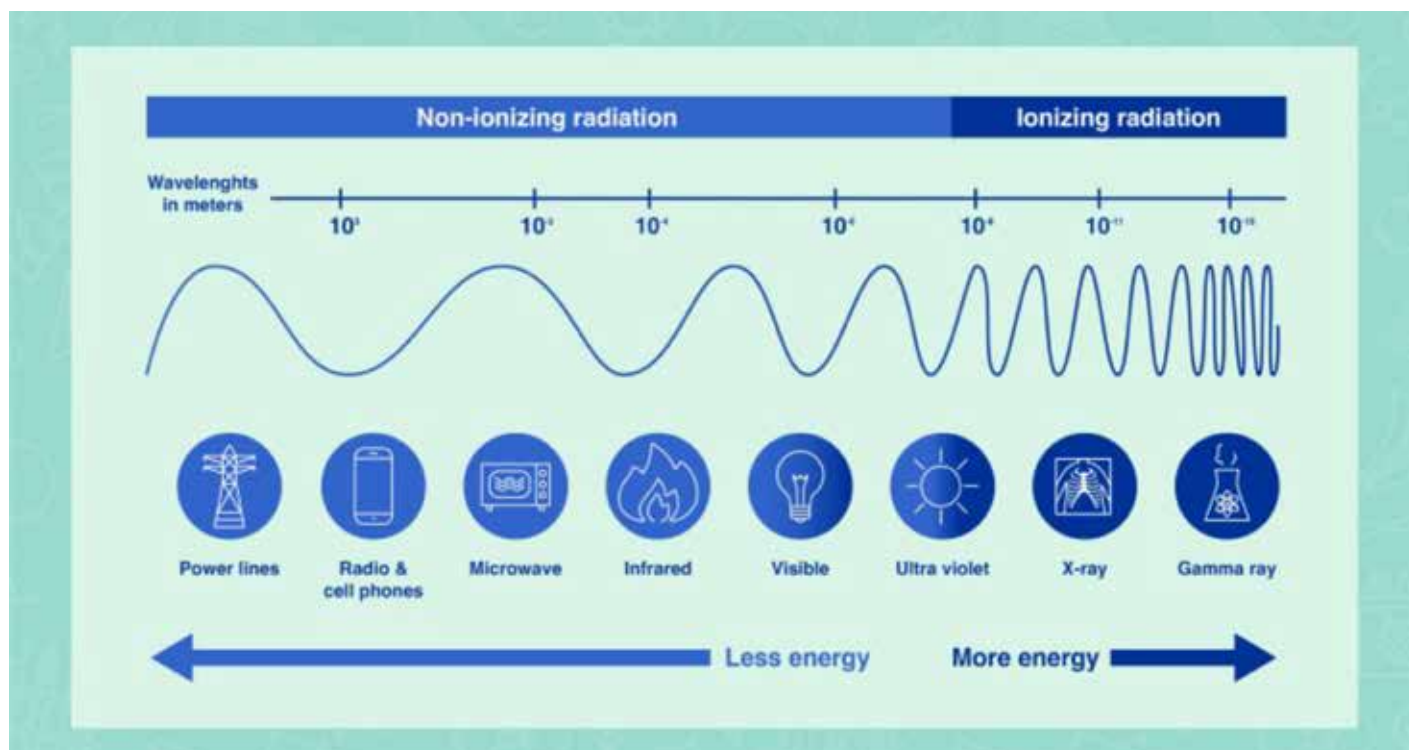
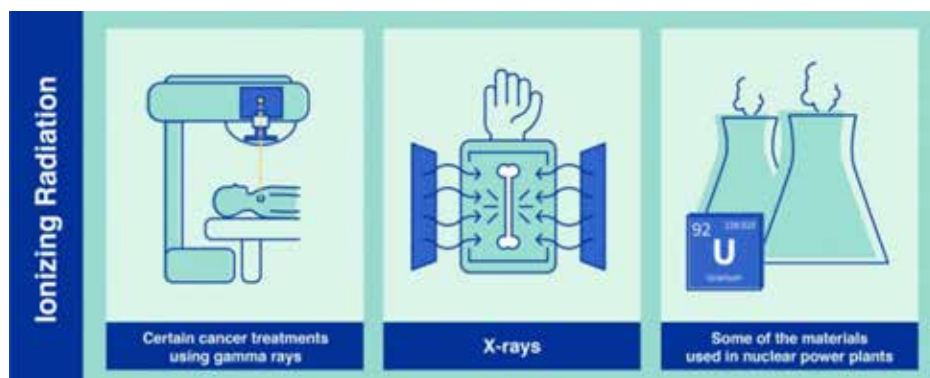
Ioniserende straling is een soort straling met een zodanige energie dat zij elektronen kan losmaken van atomen of moleculen, waardoor veranderingen op atomair niveau ontstaan bij interactie met materie, waaronder ook in levende organismen. Dergelijke veranderingen gaan meestal gepaard met de productie van ionen (elektrisch geladen atomen of moleculen) - vandaar de term "ioniserende" straling.

✘ Enkele voorbeelden van ioniserende straling zijn sommige soorten kankerbehandelingen met gammastralen, de röntgenstraling en de straling van radioactieve materialen die in kerncentrales worden gebruikt. (Infographic: Adriana Vargas/IAEA)

In hoge doses kan ioniserende straling cellen of organen in ons lichaam beschadigen of zelfs de dood veroorzaken. In de juiste toepassingen en doses en met de nodige beschermingsmaatregelen heeft dit soort straling vele nuttige toepassingen, zoals bij de productie van energie, in de industrie, bij onderzoek en bij de medische diagnose en behandeling van verschillende ziekten, zoals kanker. Hoewel de regulering van het gebruik van stralingsbronnen en de stralingsbescherming onder de nationale verantwoordelijkheid vallen, biedt de IAEA ondersteuning aan wetgevers en regelgevers via een uitgebreid systeem van internationale veiligheidsnormen die erop gericht zijn werknemers en patiënten, alsmede de bevolking en het milieu te beschermen tegen de mogelijke schadelijke gevolgen van ioniserende straling. **K**

Bron: Andrea Galindo, IAEA Office of Public Information and Communication

✘ Niet-ioniserende en ioniserende straling hebben een verschillende golflengte, die rechtstreeks verband houdt met de energie ervan. (Infographic: Adriana Vargas/IAEA).





➤ Bert Wolterbeek met zijn oldtimer vrachtwagen uit 1951.

© Irene van Kessel

# Bert Wolterbeek neemt afscheid van het RID

**O**p 7 juli ging professor Bert Wolterbeek, al ruim tien jaar directeur van het Reactor Instituut Delft (RID), formeel met pensioen. Sinds die tijd is hij, zoals hij zegt: "In de afbouw tot eind december van dit jaar". Hierbij wordt het aantal werkzame dagen langzaam maar zeker verminderd tot twee dagen per week. De tijd wordt ook gebruikt om professor Theun Baller als tijdelijke opvolger in te werken. Baller nam recentelijk afscheid als decaan van de faculteit Werktuigbouwkunde, Maritieme Techniek en Technische Materiaalwetenschappen (3mE).

De reden voor de stapsgewijze afbouw is de grote drukte op het instituut in combinatie met de zoektocht naar een goede opvolger. "Voor mijn gevoel was ik echt 24 uur per dag en 7 dagen in de week bezig met het RID. Om de opvolging goed te regelen en een opvolger wegwijs te maken zonder dat het ten koste zou gaan van de voortgang van de projecten is gekozen om de afbouw dagen over een periode van een half jaar te spreiden." Wolterbeek legt uit dat het voor hemzelf ook leerzaam was om zich stapsgewijs terug te trekken. "Het begint ermee dat je niet meer op zaterdag en zondag reageert op werkgerelateerde vragen en daar moet je gewoon aan wennen. Daar komt bij dat ik privé heel veel dingen te doen heb, maar zolang je niet met pensioen bent, blijf je deze dingen voor je uit schuiven. Met de 'afbouw' van formeel 5 dagen in de week naar nul eind december, werkt Wolterbeek in de laatste twee maanden nog 2 dagen per

week. “Daardoor kan het RID wennen aan het feit dat ik wegga en dat ik tijd krijg voor al die dingen die op mij wachten.” Dat zijn volgens hem trouwens geen hoogverheven projecten, maar voor iedereen heel herkenbare klusjes, zoals het uit elkaar halen van werk- en privédocumenten op de PC. “Het klinkt misschien klein, maar het is wel iets wat me bezighoudt, wat veel tijd kost en wat moet gebeuren omdat het werk bij het RID gewoon ophoudt.”

## Tijdelijke opvolger

Professor Theun Baller is de tijdelijke opvolger van Wolterbeek. Baller is recentelijk na tien jaar als decaan van 3mE gestopt. Veel van de aandacht gaat nu uit naar het inwerken van Baller. “Er zijn veel dingen die moeten worden overgedragen. Hij moet natuurlijk op de hoogte zijn van de betrekkingen tot ministeries en de toezichthouder ANVS. Je zit toch op een bijzondere manier bij elkaar aan tafel waarbij de rolverdeling heel speciaal is”, licht Wolterbeek toe. Ook is Baller inmiddels op de hoogte van de rol van het RID binnen de Vereniging Nucleair Nederland (VNN). “We kijken wel iets af van de andere nucleaire bedrijven in Nederland. Heel basaal: we zijn een nucleaire faciliteit en ingebed in de TU Delft en ‘leunen’ voor een deel op wat de TU Delft aan ons meegeeft, zoals human resources en gebouwbeheer. Wanneer de ANVS iets van ons vraagt, moeten we altijd met de TU Delft om tafel om de eisen van de toezichthouder te effectueren. Dat is natuurlijk heel anders bij de overige leden binnen de VNN die geheel zelfstandig zijn.” Als voorbeeld geeft Wolterbeek de aanbesteding van werk, die volgens de Nederlandse wet in alle openheid geschiedt, en dat is wat de TU Delft ook voorstaat: “Maar we zijn wel een nucleaire installatie en er is ook wetgeving op geheimhouding en de Kernenergiewet. Dit zorgt ervoor dat er een extra dimensie aan een aanbesteding wordt toegevoegd die niet bij andere onderdelen binnen de TU Delft vanzelfsprekend zijn en die daarom extra overleg en aandacht behoeven.”

## Nucleaire kennisinfrastructuur

Een van de speerpunten van Wolterbeeks werk in de afgelopen jaren is de aandacht geweest voor de opbouw en borging van de nucleaire kennisinfrastructuur. “Er ligt een coalitiebesluit om twee kerncentrales te bouwen – en ik geloof dat die er ook gaan komen – maar wie gaat dat doen?” Kennis is volgens Wolterbeek niet het kunnen kopiëren van informatie, maar het kunnen beoordelen van informatie en je mening erover geven. Wat heb je ervoor nodig om dat te kunnen? “Tekstboekonderwijs loopt altijd tien jaar achter. Als je onderwijs naar een hoger plan wilt trekken en het een speerpunt wilt laten zijn, ontkom je er niet aan om het te koppelen aan onderzoek; daar ligt je brandpunt.”

## Brugfunctie

“Toen ik aantrad lag de nadruk op de positionering van de wetenschappelijke afdelingen en de faciliteiten naar ‘buiten’: de ministeries, onderwijsinstellingen, de wetenschappelijke wereld. Toen daarover helderheid begon te ontstaan, richtten we ons op het bruggenbouwen om waar te maken wat we zeiden dat we konden.” Is die positionering geslaagd? “Ja, maar nooit helemaal compleet want het is een dynamische opdracht, hoewel iedereen binnen de academische en ministeriële wereld weet wat je inmiddels van ons mag verwachten en wat je bij ons ‘hoort’ op te halen.” Wat betreft de brugfunctie van het RID is de ontwikkeling van het HollandPTC in Delft als zelfstandig poliklinisch centrum voor protontherapie, wetenschappelijk onderzoek en onderwijs een goed voorbeeld, waarbij het RID samenwerkte bij de totstandkoming met de universiteiten van Leiden en Rotterdam. Een andere grote mijlpaal is de ontwikkeling van het OYSTER-project (optimized Yield - for science, technology & education), waarvoor destijds Tim van der Hagen het initiatief had genomen en waarvoor de overheid in 2012 een financiële impuls van 38 miljoen euro vrijmaakte. Vanaf dat moment is een aantal unieke, nieuwe instrumenten gerealiseerd,

zoals de neutroondiffractometer PEARL waarmee wetenschappers uit binnen- en buitenland onderzoek doen naar nieuwe energiematerialen en een flexibele bestralingsfaciliteit voor onderzoek naar nieuwe productieroutes van medische isotopen. Met deze aanpassingen kan Delft met OYSTER honderd keer beter of sneller metingen uitvoeren dan nu het geval is. Deze verbetering zal bijdragen aan hoogstaand wetenschappelijk onderzoek, versnelde innovatie en daarmee aan onze Nederlandse kenniseconomie. Het wachten is nu op het installeren van een koude neutronenbron in het hart van de reactor als onderdeel van het OYSTER-programma. Met neutronen zal het mogelijk zijn op zeer kleine, atomaire schaal in materialen te kijken zonder het materiaal te beschadigen. De verwachting is dat deze in 2023 wordt gerealiseerd.

## Oldtimer vrachtwagen

Eind december is het echt voorbij en zal Wolterbeek, hoe bevlogen hij ook over het werk spreekt, het RID verlaten. “Er moet ooit een eind aan komen”, zegt hij hier zelf over. Hij realiseert zich daarbij dat het geen zin heeft om steeds maar weer terug te komen. “Ik heb in de afgelopen jaren een aantal mensen gezien die na hun pensioen terugkwamen en dan kan de vraag rijzen van: wat komt hij of zij hier nog doen? Is het bevlogenheid? Dan wilde ik dat wel zien.” Daarvan zal Wolterbeek naar eigen zeggen zeker geen last krijgen. “Ik heb nog heel veel leuke dingen te doen. Hoewel ik weet dat mijn actuele vakkennis op termijn zal afnemen, zal ik bereikbaar zijn als ze nog eens willen sparren of mijn mening willen horen over zaken op bestuurlijk of strategisch niveau.” Een van de post-pensioen projecten waar Wolterbeek zich nu al op verheugt, is de restauratie van een oldtimer vrachtwagen uit 1951. “Ik vind het echt heel erg leuk om dingen een nieuw leven mee te geven, deze vrachtwagen, oude meubels tot van alles en nog wat. Want waarom zou je iets weggooien als het na opknappen nog jaren meekan?” **K**

*Menno Jelgersma*



## InBeeld

### NuScale Power en Prodigy Clean Energy ontwerpen drijvende SMR

**R**ecentelijk presenteerden NuScale en Prodigy hun ontwerp van een drijvende kleine modulaire reactor. Het concept van een Prodigy SMR Marine Power Station™ met 12 NuScale Power Modules™ (NPM's) is volgens de bedrijfsinformatie eenvoudig te produceren en te transporteren en is daarnaast kostentechnisch interessant en veilig. Het concept zal worden gebruikt voor gesprekken met nutsbedrijven, regelgevende instanties en scheepswerffabrikanten.

NuScale en Prodigy hebben sinds 2018 een samenwerkingsovereenkomst (Memorandum of Understanding) ondertekend voor de ontwikkeling van een concurrerende Noord-Amerikaanse SMR-faciliteit op zee. De drijvende SMR kan veilige, betaalbare en betrouwbare elektriciteit opwekken op elke kustlocatie wereldwijd. Koolstofvrije stroom die door deze installaties wordt opgewekt, zou de elektrificatie op grote schaal ondersteunen, evenals de productie van koolstofvrije brandstoffen, zoals waterstof en ammoniak, om de transport- en scheepvaartsector koolstofvrij te maken. Na het transport naar de plaats van inzet wordt de mariene faciliteit vastgezet in een beschermde haven en aangesloten op de transmissie- en proceswarmtesystemen langs de kust. Als laatste stap van het



inbedrijfstellingsproces wordt de splijtstof in de NPM's geladen voordat de elektriciteitsproductie begint. Aan het einde van zijn levensduur zou de mariene faciliteit worden vervoerd naar een voor de zee toegankelijk centrum voor ontmanteling.

“NuScale is bijzonder trots om dit partnerschap met Prodigy voort te zetten, aangezien het gebruik van een transporteerbare maritieme faciliteit ons in staat zal stellen om de NuScale Power Module op meer locaties in de wereld in te zetten”, aldus John Hopkins, NuScale Power President en Chief Executive Officer. “Het is voor ons een voorrecht om met NuScale samen te werken om de wereldwijde toegang tot schone, basislast energieopwekking uit te breiden. Door de NPM op te nemen in Prodigy's mariene faciliteit, bieden we landen een oplossing op korte termijn voor energiezekerheid en het koolstofvrij maken van hun economieën, inclusief het vervangen van kolencentrales - waarvan er veel aan

de kust staan”, aldus Mathias Trojer, voorzitter en Chief Executive Officer van Prodigy Clean Energy.

Prodigy is een Canadees bedrijf dat gespecialiseerd is in de ontwikkeling van transporteerbare kerncentrales (TNPP's). De SMR Marine Power Station™ (MPS) van Prodigy is net als de VOYGR™ SMR-centrale op het vasteland schaalbaar en kan 1 tot 12 NuScale Power Modules™ (NPM) bevatten voor een totaal vermogen van 924 MWe. NuScale is een Amerikaans bedrijf en heeft zijn hoofdkantoor in Portland, Oregon. Het bedrijf heeft kleine modulaire reactortechnologie (SMR) ontwikkeld om energie te leveren voor elektriciteitsopwekking, stadsverwarming, ontzilting, waterstofproductie op commerciële schaal en andere toepassingen voor proceswarmte. **K**

Bron: NuScale Power

# Bouw van MYRRHA's startpunt in de startblokken



➤ Prof. dr. Hamid Aït Abderrahim, algemeen directeur MYRRHA IVZW

© SCK CEN

**O**nlangs maakte het Belgische nucleair onderzoeksinstituut SCK CEN bekend te starten met de bouw van MINERVA, de deeltjesversneller die de loodbismut gekoelde onderzoeksinfrastructuur MYRRHA gaat aandrijven. MYRRHA is een reactorontwerp van de vierde generatie dat met zijn toepassingen onder meer een enorme impact kan hebben op het verkleinen van de hoeveelheid radioactief afval en een bijdrage zal leveren aan de totstandkoming van een gesloten splijtstofcyclus. Prof. dr. Hamid Aït Abderrahim, algemeen directeur MYRRHA IVZW licht het project toe.

Onlangs maakte SCK CEN het startpunt bekend van de bouw van MINERVA, de deeltjesversneller die MYRRHA moet gaan aandrijven. Het is een eerste stap om het volledige project in 2036 in bedrijf te krijgen. Dat is heel wat jaren later dan de eerste prognoses in 2010. Is het een kenmerk van nucleaire technologieën dat er moeilijk prognoses of planningen zijn te maken over de oplevering van faciliteiten? "Dat is wel zo in Europa en in Noord-Amerika. De wil om zaken te realiseren, bijvoorbeeld in China, is anders dan bij ons. In China wordt een EPR in 58 maanden gebouwd, volgens plan en volgens budget", licht Aït Abderrahim toe. "Het is gewoon een kwestie van een wil

en een visie op de rol die kernenergie kan spelen. Bij ons in Europa worden wil, visie en rationaliteit vaak overschaduwed door emotionele overwegingen." Met de oorlog in Oekraïne kiezen veel landen ervoor geen gas en olie meer uit Rusland te importeren om minder afhankelijk van Rusland te worden. Kernenergie blijkt weer een optie. Op zich klinkt dat voor de voorstanders van kernenergie als muziek in de oren, maar Aït Abderrahim betreurt het dat de keuze andermaal door emoties is gemotiveerd en niet door de rationele overweging dat kernenergie en hernieuwbaar tezamen een CO<sub>2</sub>-vrije oplossing bieden voor het terugdringen van de klimaatverandering.

## MYRRHA is een veelzijdige onderzoeksinfrastructuur

Het Belgische regeringsbesluit in 2018 zorgde voor een stroomversnelling in het ontwerp en de bouw van een nieuwe multifunctionele onderzoeksinstallatie: MYRRHA (Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications). Het project onderzoekt vier toepassingen: transmutatie van kernafval, productie van innovatieve medische isotopen, ontwikkeling van innovatieve reactorconcepten en fundamenteel onderzoek. MYRRHA is een veelzijdige onderzoeksinfrastructuur en 's werelds eerste onderzoeksreactor die door een deeltjesversneller wordt aangedreven, ofwel: een Accelerator Driven System (ADS). Het bijzondere aan de configuratie is de subkritische kern van de reactor die zelf niet voldoende splijtbaar materiaal bevat om de kettingreactie spontaan te onderhouden. Hij moet daarom voortdurend gevoed worden door een externe neutronenbron via een deeltjesversneller. De deeltjesversneller vuurt protonen af op een doelwit waardoor snelle neutronen vrijkomen die de splijtingsreacties in de reactor onderhouden. Als de deeltjesversneller

uitgeschakeld wordt, stopt de kettingreactie automatisch en valt de reactor binnen een microseconde stil waarmee hij bijzonder veilig is. Op dit moment zijn we in het kader van MYRRHA Fase 1, onder de naam MINERVA, het eerste deel van de MYRRHA-versneller tot en met 100 MeV aan het bouwen. Het eerste doel van MINERVA betreft het aantonen van de betrouwbaarheid van de werking van de deeltjesversneller. Er zijn duizenden deeltjesversnellers wereldwijd. Maar de grote uitdaging bestaat eruit een deeltjesversneller te ontwerpen die in staat is continu protonen te produceren. Aït Abderrahim: "Als de versneller zou stoppen, stopt ook de kettingreactie in de reactorkern binnen een microseconde. Een dergelijke stop wordt een scram genoemd. Met de huidige versnellers die wel tweeduizend keer per jaar stoppen gaat MYRRHA nooit werken. Scrams vragen namelijk een halve dag à twee dagen om te herstarten."

### **Van 100 MeV naar 600 MeV**

Om de grootste betrouwbaarheid te verzekeren, kiest SCK CEN voor een lineaire versneller (linac). Een linac geeft minder onderbrekingen in de protonenstroom van de bundel dan een cyclotron. Het ontwerp van de versneller gaat uit van maximaal 10 keer stoppen in drie maanden. MYRRHA zal in cycli van 3 maanden gaan werken. Na drie maanden volgt een stop van een maand waarin onder meer onderhoud plaatsvindt en nieuwe experimenten kunnen worden geplaatst. Aansluitend zal de reactor weer drie maanden in bedrijf zijn, andermaal gevolgd door een maand onderhoud. Na de derde drie-maanden volgt een stop van 3 maanden waarmee het totaal op 14 komt. "Daarmee komt de beschikbaarheid op 9 maanden per 14 maanden, wat voor een onderzoeksreactor een zeer goede prestatie is", aldus Aït Abderrahim. De eerste fase die nu van start gaat, is de ontwikkeling van een onderzoeksinstallatie die fungeert als het eerste stuk van de

totale deeltjesversneller. "Wat we nu bouwen is een versneller die protonen levert met een energieniveau van 100 megaelektronvolt (MeV). Uiteindelijk zullen we gebruik gaan maken van 600 MeV. Dat is de energie die nodig is om de kettingreactie in MYRRHA in stand te houden." Aït Abderrahim legt uit dat veel van de technologie op basis van simulaties is weer te geven, maar hij kiest liever voor de praktijk. "En als het systeem conform

versneller krijgt een lengte van bijna 300 meter, zodat de bundel in staat zal zijn om voldoende energie te leveren aan de reactor.

### **Guinevere**

Dat MYRRHA juist in België wordt gebouwd, is op zich niet zo verrassend. In 1964 bouwden de Belgen de watergekoelde VENUS-reactor. In 2009 werd deze omgebouwd naar een



✎ *Op dit moment zijn de sonderingen en graafwerkzaamheden voor de bouw van de versneller van MINERVA gestart. Het gebouw zal naar verwachting eind 2024 gereed zijn.*

de eisen functioneert op 100 MeV, dan gaat het ook werken op 600 MeV." Een 100 MeV-systeem bouwen is bovendien een stuk goedkoper dan een 600 MeV-systeem. "Waarom zou je onnodige (financiële) risico's nemen als dat niet nodig is? Wanneer de 100 MeV-installatie aan de verwachtingen voldoet, starten we met de tweede fase: de 600 MeV-versneller en daarna de fase 3, de onderkritische reactor. En zelfs vóór de 600 MeV loont de investering, met MINERVA start het onderzoek en ontwikkeling van een nieuwe generatie medisch-therapeutische radio-isotopen, en fundamentele fysica met ISOL (Isotope Separation OnLine) radioactieve ionenbundels en onderzoek voor kernfusiematerialen." De uiteindelijke

loodgekoelde reactor en omgedoopt naar GENEPI om GUINEVERE te maken. "Loodgekoeld is eigenlijk overdreven, want het vermogen van GUINEVERE is 600 Watt. Dat is dermate laag – GUINEVERE is een zogenaamde nul-vermogen reactor – dat er van loodkoeling nauwelijks sprake is." Het grote voordeel van de kleine reactor was dat er experimenten konden plaatsvinden met afwisselend lood, bismut en een lood-bismutmengsel. GUINEVERE is subkritisch en gekoppeld aan een kleine versneller om onderzoek te doen naar de complete fysica van een door een versneller aangedreven reactor. Dit onderzoek vormt de basis bij de ontwikkeling van MYRRHA, maar GUINEVERE werkt nog steeds en doet nog ✎



© SCKCEN

➤ *Om de grootste betrouwbaarheid te garanderen, kiest SCK CEN voor een lineaire versneller (linac) die minder onderbrekingen in de protonenstroom van de bundel geeft dan een cyclotron.*

steeds dienst in het vergunningstraject van MYRRHA. “Verschillende rekencodes die we gebruiken voor MYRRHA zijn gevalideerd met behulp van onderzoek uitgevoerd met GUINEVERE.” Ook MYRRHA is een subkritische reactor. “We hebben technieken om deze waarde ofwel subkritische parameter op een nauwkeurige manier te meten. Daarom moeten we alle technieken die we gaan gebruiken in MYRRHA voorafgaand aan de ingebruikname testen en valideren, en ook laten zien welke eventuele onzekerheden er zijn.”

### **Belang van pre-licensing**

Los van MINERVA gaan de ontwikkelingen rond MYRRHA gewoon door. Aït Abderrahim wijst met name op de pre-licensing, waarbij SCK CEN aan de ene kant en FANC (Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle) en Bel-V (onderdeel van FANC dat toeziet op nucleaire veiligheid en stralingsbescherming) aan de andere kant elkaar versterken in een “collaboratieve geest” omdat het een nieuw reactortype is waar iedereen van moet leren. Aït Abderrahim zou graag zien dat voor dit principe van samenwerking met pre-licensing ook elders in Europa zou worden gekozen. “Heel vaak vervalt men nog in de klassieke aanpak waarbij eerst een PSAR (Preliminary Safety Assessment Report) wordt gevraagd, die de toezichthouder gaat beoordelen. Voor bestaande concepten als drukwaterreactoren die al vijftig jaar bestaan is dat geen probleem, maar voor een nieuw ontwerp en nieuwe technologie kan kennis aan beide kanten ontbreken. “Hoe kan je iets beoordelen dat je zelf niet volledig kent”

Dit geldt volgens Aït Abderrahim ook voor SMR's en thoriumreactoren. “Alle mensen die zich met nieuwe technieken bezighouden, zouden zich op pre-licensing moeten richten. Samenwerken en vertrouwen opbouwen.” Op dit moment worden de contracten gegeven voor de bouw van de verschillende



onderdelen van de versneller van MINERVA. Het gebouw zal naar verwachting eind 2024 gereed zijn. Aansluitend kunnen de verschillende componenten worden geplaatst inclusief de twee target faciliteiten met een station voor de productie van radio-isotopen voor onderzoeksdoeleinden en voor medische toepassingen en fundamentele fysica met ISOL radioactieve ionenbundels en een station voor onderzoek naar materialen voor fusiematerialen -applicaties. Eind 2027 verwacht Aït Abderrahim de eerste 'beam' van protonen uit MINERVA te verwachten.

## Toepassingen

Een van de belangrijkste toepassingen van MYRRHA is de transmutatie van

molybdeen te gaan produceren in de MYRRHA-reactor omdat de condities in het reactorvat van MYRRHA met snelle neutronen daarvoor niet geschikt zijn."

## Gesloten cyclus

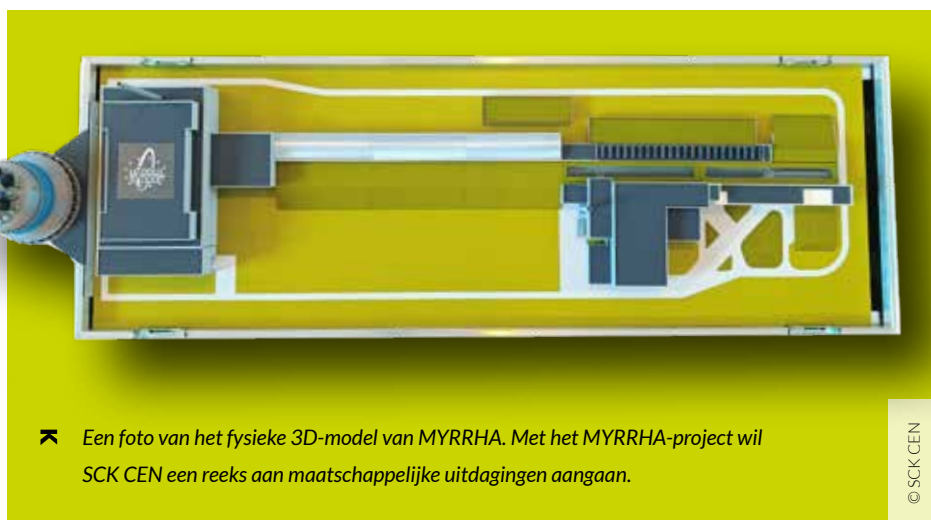
Internationaal is er op dit moment veel interesse voor nucleaire technologie. Aït Abderrahim ziet absoluut kansen voor kernenergie en de bouw van drukwaterreactoren, maar ziet ook beperkingen. "Als we kernenergie willen verduurzamen, moeten we naar een gesloten cyclus. Uranium kunnen we nog een paar honderd jaar blijven importeren, maar het is beter om te kiezen voor hergebruik van verbruikte splijtstof. Volgens hem zijn de splijtingsproducten en

tot 2 kilometer aan galerijen. Dat heeft substantiële financiële voordelen." Maar het gaat niet alleen om de hoeveelheid, ook de levensduur neemt af. Zonder opwerking blijft het afval 300.000 jaar actief om tot de radiotoxiciteit van natuurlijk uranium te komen. Met opwerking is dat 10.000 jaar. Zijn de MA's eruit, dan zal het afval nog maar 300 jaar nodig hebben alvorens de radiotoxiciteit van natuurlijk uranium wordt bereikt.

## Elektrificatie

Met de inzet van snelle reactoren is het dus mogelijk om veel zuiniger met splijtstoffen om te gaan en de afvalberg te verminderen. Kernenergie kan als CO<sub>2</sub>-vrije bron een grote bijdrage leveren aan het tegengaan van de klimaatverandering. Zijn we met de huidige initiatieven zoals MYRRHA op tijd om het tij te keren? Aït Abderrahim: "Nee, ik vrees van niet, maar dat betekent niet dat we niks moeten doen. De primaire energieverbruikers: verwarming, transport en industrie worden nog steeds gedomineerd zijn fossiel. Daar moeten we vanaf en dat kan door elektrificatie. Maar het is een fout te denken dat dit haalbaar is met alleen hernieuwbare energie. Dat gaat echt niet lukken. Als het niet waait of de zon niet schijnt, moet je een alternatief hebben. Aardgas is geen objectieve optie als CO<sub>2</sub>-emitter. Of nog erger, zoals de keuze die onze collega's in Duitsland hebben gemaakt; hoe is het mogelijk dat mensen die ons lessen geven over milieu en omgeving steenkool en bruinkool boven CO<sub>2</sub>-vrije kernenergie verkiezen?" De plannen voor ingebruikname van MYRRHA zijn bijgesteld tot 2036. Is er een kans dat ook dit jaartal te optimistisch is gekozen? "De datum is realistisch, net als het vorige plan. Maar we blijven afhankelijk van de financiering en het vergunningstraject van de FANC. Maar het is absoluut noodzakelijk dat we naar de vierde generatie centrales gaan. Voor het milieu, het afval en onze kinderen." **K**

Menno Jelgersma



➤ Een foto van het fysieke 3D-model van MYRRHA. Met het MYRRHA-project wil SCK CEN een reeks aan maatschappelijke uitdagingen aangaan.

© SCK CEN

langlevende splijtingsproducten die ontstaan bij kernsplijting in een reactor. MYRRHA beoogt daarnaast nog een aantal andere toepassingen. MYRRHA zal het materiaalonderzoek van de bestaande BR2 reactor verder ontwikkelen door met snelle neutronen in plaats van tragere thermische neutronen onderzoek te doen op het gebied van kernfusietechnologie. Er zal fundamenteel onderzoek plaatsvinden en onderzoek naar SMR's met loodkoeling die niet elk jaar herladen hoeven worden. Verder zullen er innovatieve medische radio-isotopen worden geproduceerd. "Hoewel we dat aanvankelijk wel van plan waren, hebben we besloten geen

mineure actiniden (MA), die als verglaasd afval terugkomen uit La Hague de grote boosdoeners. Met de inzet van snelle reactoren kun je onderdelen van dit 'afval' hergebruiken als splijtstof. "Ik snap niet dat dit niet doordringt. We hebben een technologie die ons als Europeanen onafhankelijk kan maken van de rest van de wereld." De impact op de geologische berging zal enorm zijn met de inzet van snelle reactoren. "Als we niets doen zullen we achttien kilometer aan ondergrondse galerijen nodig hebben voor ons afval. Met de klassieke opwerking waarbij verglaasd afval overblijft, kom je op acht kilometer. Met transmutatie verminder je de lengte



# Versnellingsplan Kernenergie VVD: “Wat ons betreft gaat het niet snel genoeg.”

**D**e oorlog in Oekraïne benadrukt het belang van een onafhankelijke energievoorziening. De VVD is van mening dat Nederland niet alleen zijn afhankelijkheid van Rusland ‘maar ook van andere onvrije landen’ zo snel mogelijk moeten afbouwen terwijl tegelijkertijd gewerkt moet worden aan de verduurzaming van de energievoorziening. De partij wil daarom versneld de Nederlandse nationale energievoorziening uitbreiden en de energietransitie versnellen.

Naast windparken op de Noordzee en het installeren van zonnepanelen op daken wil de VVD ook inzetten op kernenergie. “Kernenergie zorgt ervoor dat we elektriciteit kunnen opwekken als het onvoldoende waait of als de zon niet schijnt. Daarom hebben we in het coalitieakkoord besloten dat we twee nieuwe grote kerncentrales gaan bouwen. Kernenergie stoot geen CO<sub>2</sub> uit, is een constante en betaalbare energiebron, en neemt weinig ruimte in beslag. Wat ons betreft, gaat zelfs dat nog niet snel genoeg”, aldus hun verklaring. Om dit voor elkaar te krijgen schreef Silvio Erkens, VVD Tweede Kamerlid en woordvoerder Energie & Klimaat, een versnellingsplan met concrete stappen die het ministerie nú kan zetten. Zo moet er bijvoorbeeld geïnvesteerd worden in onderzoek op het gebied van

## De 6 Vragen voor...

nucleaire technologie en er moet zo snel mogelijk een locatie worden gekozen. Het versnellingsplan begint met een uitgebreide paragraaf over het belang van de Nucleaire Kennisinfrastructuur waarbij wordt gepleit voor een lange termijnvisie voor de inbedding van kernenergie in ons energiesysteem. “Zet in samenwerking met de sector en onderwijsinstellingen een opleidingsinstituut

op waarmee op korte termijn gekwalificeerd personeel snel kan worden opgeleid om de bouw van de twee kerncentrales en alles hieromheen te realiseren.” Op financieel gebied stuurt de VVD aan op onder meer structurele ondersteuning om leerstoelen, lectoraten en opleidingen op te zetten en de kwaliteit te waarborgen. Onderzoek in nucleaire technologie moet worden gestimuleerd. Een van de belangrijkste punten in het versnellingsplan is de opname van kernenergie aan de topsector energie. Investeer ook in het opzetten van nationale onderzoeksprogramma’s naar innovatie technologieën én start twee pilots met betrekking tot thorium en SMR’s waarbij internationaal samen wordt gewerkt aan nucleair onderzoek. De gemeente Borsele is voor de VVD de voorkeurslocatie voor de bouw van de nieuwe kerncentrales.

Zes vragen aan Silvio Erkens, VVD Tweede Kamerlid en woordvoerder Energie & Klimaat, over het Versnellingsplan.

## 1 Waar baseren jullie de term 'veroudering van nucleaire kennisinfrastructuur' eigenlijk op?

"Dit zit met name in de menselijke component. Een deel van onze nucleaire experts is de laatste jaren met pensioen gegaan of gaat dat binnenkort. Opvolging is niet altijd geregeld, dus je ziet dat er gaten ontstaan in onze kennisinfrastructuur. Denk bijvoorbeeld aan leerstoelen die wegvallen. Daarom heb ik vorig jaar ook al een amendement ingediend waarin extra investeringen worden vrijgemaakt om alvast een aantal stappen te zetten."

## 2 Waarin verschilt het Versnellingsplan van het Actieplan Kernenergie van de VVD uit 2022?

"Het plan draait nu om echt om de concrete stappen die nodig zijn om alles klaar te zetten voor een tender. Dus welke stappen moet de rijksoverheid tot eind 2023 nemen om dan een definitief investeringsbesluit te nemen en een tender uit te zetten."

## 3 Bedoelen jullie met de Nuclear Academy van de sector de Academy van NRG | Petten?

"Dit is inderdaad gebaseerd op het voorstel vanuit de sector door NRG | Petten dat nu ook door de overheid zal worden uitgevoerd met het geld dat is vrijgemaakt met het amendement Erkens/Dassen. De Nuclear Academy zal inzetten op de versterking van nucleaire kennis en vaardigheden binnen Nederland door een curriculum voor beroeps- en praktijkopleidingen binnen het MBO en HBO en trainingsmodules te ontwikkelen."

## 4 Opgeleid en ervaren personeel 'overnemen' vanuit België en Duitsland. Hoe zien jullie dat voor je?

Een kernreactor bouwen duurt minimaal 10 à 15 jaar en de exploitatie start dus pas over 15 jaar terwijl de centrales dan al gesloten zijn. Is het mogelijk om de kennis al die tijd te bewaren?

"Er moet de komende periode een projectorganisatie opgezet gaan worden door de Rijksoverheid. Deze organisatie moet eigenlijk het hele bouwtraject (en de voorafgaande stappen) coördineren in de uitvoering. Dat vergt op korte termijn goede en kundige mensen, waarvan we een deel al in Nederland hebben maar ook over de grens moeten kijken. Het is immers een hele poos geleden dat we als Nederland een dergelijk traject hebben doorlopen. Daarnaast moeten we uiteraard ook weer meer mensen opleiden die over 10 jaar dan werkzaam kunnen zijn in de centrales."

## 5 Nucleaire Kennis en innovatieagenda, wat staat erin? Waar kunnen we die vinden?

"Dit voorstel is ook gebaseerd op inbreng vanuit de sector. We hebben zelf geen voorbeeldagenda, maar de sector gaf aan dat de agenda geïnspireerd zou kunnen worden op de Engelse nucleaire roadmap en het karakter van een nucleaire R&D- en kennisinfrastructuur roadmap kan krijgen."

## 6 Wat is de huidige status na het commissiedebat Kernenergie?

"De minister heeft toegezegd om eind november, begin december met een uitgebreide brief te komen waarin hij onder andere de locatie vastlegt en de concrete vervolgstappen die de komende maanden gaan volgen. Wij hebben eerder als VVD

aangegeven dat dit zo spoedig mogelijk bekend moet worden aangezien het vrij duidelijk is welke locatie de beste kaarten heeft."

Op 22 en 23 november was de begrotingsbehandeling van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Hier werd ook de begrotingsbehandeling voor kernenergie besproken en de VVD bracht een aantal voorstellen naar voren. De boodschap van Silvio Erkens aan de minister Micky Adriaansens: "Zoals ik al vaker betoog moet de bouw van nieuwe kerncentrales versneld worden. De inzet van de Rijkscoördinatieregeling kan de benodigde procedures fors versnellen zonder in te boeten op inspraak of nauwkeurigheid. Kernenergie zit nu nog niet in de Rijkscoördinatieregeling. Is de minister bereid om kernenergie toe te voegen aan de lijst van projecten die automatisch vallen onder de Rijkscoördinatieregeling? Zegt zij dit toe? Daarnaast heeft Nederland al decennialang geen nieuwe kerncentrales gebouwd. Veel ervaring en kennis moet opnieuw opgedaan worden. Om de kans op vertraging later in het proces te beperken kan de minister de boel versnellen door al officiële verkenningen te openen met de drie wereldwijde leveranciers van kerncentrales uit ons bevriende landen. Specifiek kan de minister aan deze bedrijven vragen wat zij nodig hebben om versneld en succesvol de twee kerncentrales te bouwen. Hierbij kan er ook al op locatie onderzoek verricht worden. Daarnaast kan de minister ook al beginnen met de opzet van een programma-organisatie voor de bouw. Hier moeten tijdig goede mensen uit binnen- en buitenland voor geworven worden. Tegelijkertijd is het budget voor 2023 te beperkt voor deze ambities. Er is slechts 24 miljoen euro gereserveerd in plaats van de 50 miljoen uit het coalitieakkoord. De minister moet de voet op het gaspedaal zetten en versnellen. Ik overweeg dan ook een amendement om het budget fors te verhogen in de richting van de 50 miljoen in het coalitieakkoord om de eerste officiële verkenning te starten als ook de programma-organisatie te gaan opbouwen." **K**

# Symposium 'nuclear power for marine applications' toont unieke kansen.

**CO<sub>2</sub>-uitstoot van schepen kan door inzet van kernenergie met 98 procent worden teruggedrongen.**

**H**et symposium nuclear power for marine applications gehouden op 24 november bij de TU Delft was met een opkomst van bijna 100 deelnemers, diverse interessante sprekers en een levendige discussie een groot succes.

Het symposium, georganiseerd in het kader van het Maritiem Innovatie Impuls Programma van Nederland Maritiem Land en het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, werd voorgezeten door Klaas Visser van de TU Delft, tevens directeur van Maritiem Kennis Centrum. Hij omschreef het doel van de middag als het vinden van fundamentele kennisvragen die opgelost dienen te worden om de toepassing van kernenergie mogelijk te maken op zee. Kernenergie wordt aan boord van commerciële schepen momenteel namelijk zeer beperkt toegepast. Toch zijn er diverse scenario's waarin de grote autonomie en de relatief grote vermogens van kernenergie ook voor commerciële toepassingen enorme voordelen bieden. Andre Steenhuis van Allseas noemde als voorbeeld de inzet van kernenergie bij deep sea mining, terwijl Joop Roodenburg van Huisman Equipment mogelijkheden ziet voor kernenergie bij de installatie van windmolens op zee. Koen Houtkoop presenteerde de resultaten van zijn master thesis in samenwerking met C-Job over de

bijdrage die kernenergie kan leveren aan het terugdringen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de scheepvaart. Hij concludeerde dat voor grotere schepen deze uitstoot met maar liefst 98 procent kan worden teruggebracht. Hij heeft daarvoor vier conventionele schepen met vermogens van 20 MW tot 50 MW vergeleken met hun kernenergievariant. Natuurlijk blijft de veilige opslag van restafval een belangrijk punt van aandacht.

Sander de Groot van Thorizon concludeerde dat de toepassing van de nieuwste generatie gesmoltenzoutreactoren (MSR's) uitstekend toepasbaar is voor grote (container)schepen en in combinatie met thorium als splijtstof bovendien nauwelijks risico's kent voor nucleaire proliferatie. Thorizon komt voort uit NRG in Petten en werkt momenteel aan de ontwikkeling van een nieuw type MSR, waarin thorium kan worden gebruikt en die inherent veilig is bij calamiteiten.

Marc van den Berg werkt bij de TU Delft aan de doorontwikkeling van de U-Battery die onder andere samen met het Nederlandse Urenco is ontwikkeld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een High

Temperature Gas Reactor met TRISO fuel, waardoor eveneens een inherent veilig systeem ontstaat. De U-Battery kan modulair en containerized worden ingezet en levert per unit maar liefst 10 jaar lang zo'n 20 MW thermische energie. Ook dit concept biedt grote kansen voor de scheepvaart.

Tijdens de forumdiscussie concludeerde Jan Leen Kloosterman, Professor Nucleaire Reactor Fysica aan de TU Delft, dat er voor de toepassing van nucleaire technologie aan boord van schepen geen technische belemmeringen zijn. Joop Roodenburg verbaasde zich over een doorlooptijd van 10 tot 15 jaar voor het ontwikkelen van nieuwe nucleaire concepten. In de scheepvaart worden nieuwe technologieën en concepten vaak binnen 3 tot 5 jaar toegepast. Hij pleitte daarom voor versnelling van het ontwikkelproces.

Tot slot wordt het draagvlak voor de toepassing van kernenergie in de scheepvaart als essentieel gezien. Hoewel er van allerlei kanten stemmen opgaan om kernenergie ook voor maritieme commerciële toepassingen in te zetten en daarmee de uitstoot van CO<sub>2</sub> drastisch te reduceren, lijken veel (overheids-) organisaties te bedeesd om daadwerkelijk stappen te zetten en daarmee de weg te banen voor onze toekomst. Het is tijd om deze schroom van ons af te werpen. **K**

*Pieter 't Hart*

# Vorbereidende werkzaamheden PALLAS gestart

**P**ALLAS kiest voor BESIX als aannemer voor het realiseren van de *Pit and Foundation* (bouwkuip) voor de PALLAS-reactor. BESIX heeft een sterke reputatie als het gaat om complexe projecten en staat bekend om de innovatieve manier waarop zij engineering en bouwen met elkaar integreren in hun processen. “Wij hebben er alle vertrouwen in dat BESIX de juiste partner is voor deze fase van het project”, aldus Sietsche Epping, construction director PALLAS.

In het eerste kwartaal van 2023 gaat BESIX starten met de mobilisatie van het werkterrein. Daarna wordt er gestart met de realisatie van de *Pit and Foundation* voor de PALLAS-reactor. Naar verwachting zijn de werkzaamheden in het derde kwartaal van 2024 afgerond. “We kijken met het hele team uit naar een fijne en plezierige samenwerking met PALLAS”, aldus Nic De Roeck, algemeen directeur BESIX Nederland. Eerder maakten NRG en PALLAS al bekend dat de voorbereidende werkzaamheden waren gestart om de realisatie van de bouw van de PALLAS-reactor mogelijk te maken. Op dit moment wordt gewerkt aan het toegankelijk maken van de oorspronkelijke toegangsweg naar de Energy & Health Campus die uit de jaren zestig van de vorige eeuw dateert. Deze tijdelijke weg wordt geschikt gemaakt voor het bouwverkeer dat noodzakelijk zal zijn voor de PALLAS-reactor. De toegangsweg komt uit op de Westerduinweg, de provinciale weg N502



✦ Het projectteam staat in de startblokken voor het realiseren van de *Pit and Foundation* (bouwkuip) voor de PALLAS-reactor.

tussen Petten en Callantsog. Tijdens de aanleg van de stalen damwandconstructie rondom het werkterrein wordt door aannemer KWS Infra gebruik gemaakt van innovatieve machines die geen trillingen veroorzaken waardoor de overlast zo beperkt mogelijk blijft. KWS Infra is de partner die de voorbereidingen voor het werkterrein uitvoert en werkt de komende periode aan de realisatie van de toegangsweg en

de verharding van het werkterrein. Deze werkzaamheden zullen goed zichtbaar zijn vanaf de Westerduinweg en naar verwachting begin 2023 afgerond.

## PALLAS-project

De bouwvergunning voor de PALLAS-reactor met gebouwen is door de gemeente Schagen verleend. En er is een positief besluit met betrekking tot de definitieve inrichtingengrens van het PALLAS-programma van de toezichthouder ANVS (Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming) en de Omgevingsdienst Noord-Holland Noord. Op Prinsjesdag heeft het kabinet het besluit genomen om financiële middelen te reserveren voor PALLAS. Minister Kuipers van Volksgezondheid, Welzijn en Sport maakte op 22 september bekend dat er de komende jaren geld is gereserveerd voor de bouw van de PALLAS-reactor. Het ministerie reserveert voor het project dit jaar 30 miljoen euro en vanaf volgend jaar 129 miljoen euro per jaar. Daarbij is afgesproken dat de voorbereidingen van het werkterrein voortgezet kunnen worden. Definitieve besluitvorming over de volledige financiering van het project zal naar verwachting plaatsvinden in het voorjaar van 2023.

Duurzaamheid met oog voor de natuur De Energy & Health Campus ligt naast het natuurgebied Zwanenwater en Pettemerduinen. Alle werkzaamheden worden in overeenstemming met de natuurvergunning uitgevoerd. Zo zijn er onder meer amfibieschermen geplaatst, kasten voor vleermuizen opgehangen en wordt er gewerkt aan de hand van een ecologisch werkprotocol. Uiteindelijk zullen, na afronding van de bouw, de omgevings- en natuurwaarden worden hersteld en waar mogelijk verbeterd. Er wordt leefgebied voor beschermde soorten toegevoegd volgens het protocol dat met ecologen is opgesteld. **K**

Bron: NRG | PALLAS



Boekbespreking

# 40 jaar COVRA, de geschiedenis van ons radioactief afval

“COVRA bergt op maar verbergt niets.” Zo begint het algemeen directeur COVRA Jan Boelen het Voorwoord van het recent verschenen boek: *40 jaar COVRA, de geschiedenis van ons radioactief afval*.

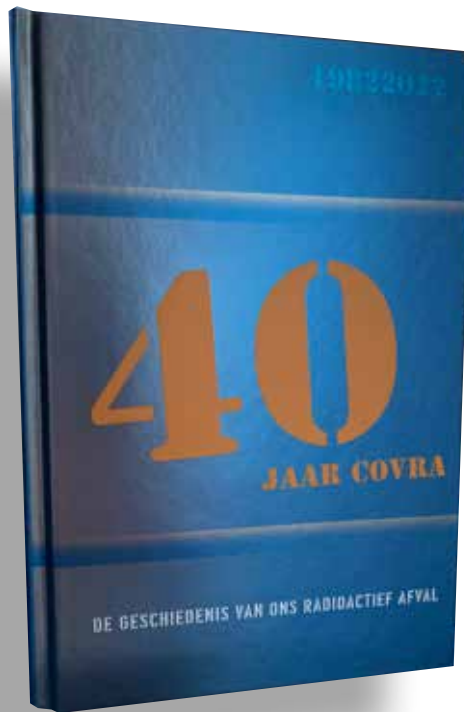
In oktober overhandigde Boelen, het eerste exemplaar van het jubileumboek *40 jaar COVRA* tijdens een bijeenkomst in perscentrum Nieuwspoor in Den Haag aan Pieter Winsemius. Winsemius was in de jaren '80 minister van VROM en heeft een verbindende rol gespeeld in het regeringsbeleid voor radioactief afval. Om het verhaal 40 jaar COVRA op te kunnen schrijven, heeft auteur Rutger Vahl met veel collega's en oud-collega's van COVRA gesproken, maar ook met (oud)politici en voormalig burgemeester van de gemeente Borsele Jaap Gelok, die vindt dat COVRA als bedrijf altijd al vooruitstrevend was. “Tegenwoordig verwachten we van bedrijven verantwoordelijkheid en transparantie. COVRA deed dat veertig jaar geleden al.” Vahl heeft de interviews verwerkt tot een zeer leesbaar en chronologisch verhaal met veel aandacht voor de maatschappelijke achtergrond en de gepolariseerde ideeën rond kernenergie.

## Griesmeelpapfabriek

Na een korte introductie over wat radioactiviteit is en de opkomst van kerntechnologie in Nederland gaat Vahl in op het vraagstuk: wat te doen met het afval. Een groot deel wordt in de beginjaren van de ontwikkeling van kerntechnologie opgeslagen bij de bedrijven die het zelf produceren, zoals het Reactor Centrum Nederland in Petten. Daarnaast werd veel afval in de jaren zestig van de vorige eeuw in zee gedumpt. "Tegen de tijd dat de vaten op de zeebodem zijn doorgeroest ..., zal er nauwelijks straling meer zijn", schrijft Vahl. Toch komt er in 1982 een einde aan de dumpingen op zee, omdat er geen maatschappelijk draagvlak meer voor is. Hiermee ontstaat de noodzaak om tot een andere definitieve oplossing te komen en wordt het afval bovengronds opgeslagen. In hetzelfde jaar richt toenmalig minister Pieter Winsemius de COVRA op. Jan Vrijen wordt in 1984 de eerste directeur die dan nog kantoor houdt in Den Haag. Nog geen twee jaar later haalt COVRA radioactief afval op bij onder meer ziekenhuizen om deze voorlopig in Petten op te slaan. Vahl beschrijft gebeurtenissen die nu bijna hilarisch klinken maar destijds zeer serieus waren. Zo werd VVD-politicus en bestuurder Molly Geertsema, tevergeefs, bedreigd door activistisch Nederland en desnoods door een rechterlijke uitspraak, zijn woorden terug te nemen dat een griesmeelpapfabriek gevaarlijker is dan een opslagterrein van COVRA.

## COVRA naar Nieuwdorp

Na veel gesteggel over een locatie valt de keuze op de gemeente Borsele. "Tot een clash tussen opstandige Borselaren, COVRA en gemeente komt het niet", schrijft Vahl: "De tijd dringt, want in Petten beginnen de oliedrums zich alweer behoorlijk op te stapelen." De bouw start in 1990 en het eerste transport is een feit op 29 november 1991. Tot 13 april 1993 vinden vijfhonderd transporten plaats van laagradioactief afval van Petten naar Zeeland. Aanvullend komen er jaarlijks



vier- tot vijfduizend nieuwe vaten bij, afkomstig van bedrijven, instellingen en ziekenhuizen en reststoffen van de kerncentrales Dodewaard en Borssele. In 1996 moet de bouw starten van het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslaggebouw (HABOG). Uiteraard wordt er weer geprotesteerd, maar in 1998 krijgt COVRA groen licht en het HABOG zal in 2003 in gebruik worden genomen. Uit de tekst van Vahl blijkt dat Greenpeace nooit constructief voorstellen oplossing van het afval. Ze hadden dan ook maar een agendapunt: antikernenergie. "Praten was niet in hun belang", zegt toenmalig directeur Hans Codée: "Ze waren tegen kernenergie, en niet zozeer tegen COVRA. Hun doel was zand in de raderen te strooien." Ondertussen weet Codée COVRA op de kaart te zetten als een positief initiatief waar omwonenden trots op mogen zijn. COVRA neemt zijn verantwoordelijkheid als transparante organisatie. Bovendien is Codée een kunstliefhebber. Het HABOG is een kunstobject van zichzelf. Elke twintig jaar wordt het markante oranje gebouw een tint lichter geschilderd, totdat het over honderd jaar wit is. De kleur van het bouwwerk wordt steeds een stukje minder intens, zoals de warmte en de straling van

het afval dat er opgeslagen ligt ook met de tijd afneemt. Daarmee laat het gebouw het concept van radioactief verval zien. Vanaf 2004 laat Codée kunstenaars exposeren bij COVRA. Daarnaast doet het HABOG dienst als kunstdepot dat daarvoor uitermate geschikt is met beveiliging, toezicht en een klimaatvoorziening.

## Uitbreiding HABOG

Jan Boelen volgt Hans Codée op in 2013. Zijn eerste grote project is de uitbreiding van het HABOG. In 2017 volgt het VOG-2 die bestemd is voor de opslag van afval van Urenco, de uraniumverrijkingsfabriek in Almelo. Een nieuw project is het Multifunctionele OpslagGebouw (MOG), waar verscheidene soorten radioactief afval zullen worden opgeslagen. Maar ondanks al deze inspanningen blijft natuurlijk het 'tijdelijke' van COVRA bepalend. Wat gaat er na 2130 met het afval gebeuren? Volgens Boelen is de beste oplossing die tot nu toe is bedacht een ondergrondse opslag in Boomse klei op 600 meter diepte. Rond 2100 zal het definitieve besluit vallen. Is dat niet wat laat? Boelen: "Er is geen enkele reden om nu al een beslissing te nemen. Sterker nog, er zijn goede argumenten om te wachten. ... De techniek om zo diep in de aarde te boren zal ongetwijfeld nog sterk verbeteren." Daarnaast zullen betere inzichten leiden tot wat we met het afval kunnen doen. Wat tot die tijd niet zal veranderen is de transparante houding van COVRA. "Onze deuren staan open. In elk geval tot 2150", aldus Boelen. **K**

*Menno Jelgersma*

### Overzicht

**Titel: 40 jaar COVRA, de geschiedenis van ons radioactief afval.**

**Auteur: Rutger Vahl**

**Uitgeverij: De Biograaf, Utrecht**

**Gebonden - 106 pagina's**

**Op aanvraag bij COVRA gratis te verkrijgen.**



# Fossielvrije splijtstoffen voor drijvende krachtcentrales

**S**eaborg Technologies uit Denemarken en TU Delft zijn een eenjarig project gestart waarin onderzoek wordt gedaan naar de chemie van gesmolten zout met daarin opgelost splijtstof voor de ontwikkeling van een innovatief ontwerp voor een Compact Molten Salt Reactor (CMSR). De onderzoekers van de TU Delft zijn dr. Anna Smith (Associate Professor) en Lukasz Ruszczynski (Postdoc). De visie van Seaborg Technologies is schone, kosteneffectieve en veilige energie te leveren met hun CMSR-concept.

## Aantrekkelijk ontwerp

De CMSR is een geavanceerde, kleine modulaire reactor (SMR) met veelbelovende inherente veiligheidskenmerken. De CMSR

gebruikt gesmolten fluoridezout als brandstofdrager en koelmiddel voor uranium. Uranium maakt integraal deel uit van de samenstelling van het fluoridezout en wordt in de gesmolten zoutmatrix in

en uit de reactorkern gecirculeerd. In de CMSR komt het splijtstofzout de kern binnen bij ongeveer 600°C, waar het wordt gecirculeerd in de nabijheid van de door Seaborg gepatenteerde, gesmolten natriumhydroxide moderatortecnologie, waardoor splijting mogelijk wordt. Het splijtstofzout bereikt 700°C bij de uitgang van de reactorkern en draagt energie in de vorm van warmte via een warmtewisselaar over aan een extra niet-radioactieve lus van gesmolten zout die water verwarmt om uiteindelijk stoom te leveren. De gesmoltenzoutreactortecnologie is oorspronkelijk ontwikkeld in de VS in de jaren 1950 en 1960, maar werd nooit gecommmercialiseerd wegens een handvol technische moeilijkheden, die volgens Seaborg zijn opgelost met hun gepatenteerde natriumhydroxidemoderator. De keuze voor een vloeibare moderator resulteert in een zeer compact ontwerp, wat voordelig is voor de maritieme toepassing die Seaborg voor ogen heeft: een drijvende krachtcentrale, de CMSR Power Barge.

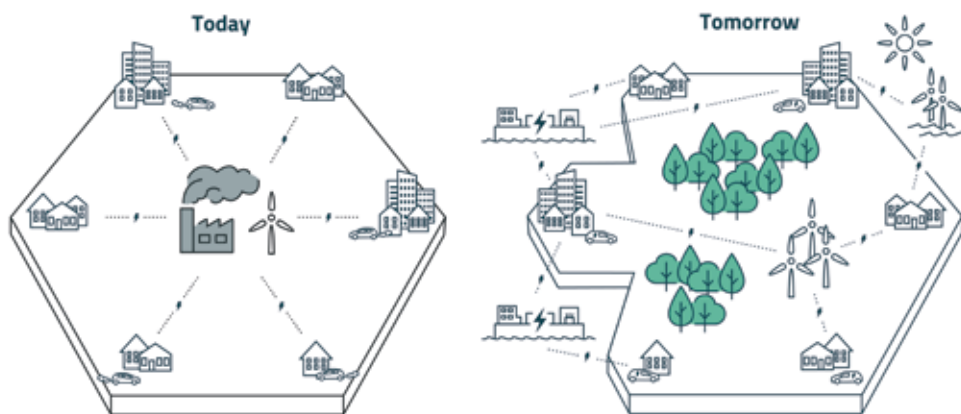
## Een drijvende krachtcentrale

De CMSR Power Barge wordt geleverd als een kant-en-klaar product, geassembleerd en in werking gesteld op de scheepswerf, klaar om te worden afgemeerd in een (industriële) haven. Seaborg heeft samengewerkt met Samsung Heavy Industries om grote productievolumes voor hun Power Barge te bereiken. Het Power Barge ontwerp is modulair en levert van 200 tot 800 MW-elektrisch voor een levensduur van 24 jaar. De CMSR Power Barge is ontworpen om kosteneffectief te zijn, of het nu gaat om het leveren van proceswarmte voor industriële doeleinden, het aansluiten op het net van een bestaande kolenhaven of het aandrijven van de productie van waterstof en ammoniak.

## Projectaanpak: splijtstofchemie

Een belangrijke uitdaging voor de ontwikkeling van de CMSR-technologie en de commercialisering ervan in de





nabije toekomst is een grondig begrip en modellering van de thermodynamische en fysisch-chemische eigenschappen van de vloeibare splijtstof, dat wil zeggen: stollingstemperatuur, dichtheid, viscositeit, warmtecapaciteit, warmtegeleidingsvermogen en dampspanning. Het referentiebrandstofzout voor het CMSR-ontwerp van Seaborg is een fluoride NaF-KF-UF<sub>4</sub> eutectisch mengsel. De beschikbare gegevens over dit systeem zijn tot op heden echter zeer beperkt en een uitgebreide thermodynamische beoordeling ontbreekt. In dit 12 maanden durende Post Doc-project van Lukasz Ruszczynski van de TU Delft, zal de nadruk liggen op de ontwikkeling van een gekoppeld model van de structurele en thermodynamische eigenschappen van het zoutsysteem op microscopische tot macroscopische schaal, waarbij experimentele metingen, atomistische simulaties en een thermodynamische modelbenadering worden gecombineerd. Een dergelijk model is essentieel voor ontwerpdoeleinden, voor het vergunningsproces en de veiligheidsbeoordeling van de splijtstofprestaties tijdens de werking van de reactor en bij ongevallen. De multi-schaalmodelbenadering zelf gaat verder dan de laatste stand der techniek van de traditionele modelleertools en richt zich op de structurele eigenschapsrelaties. Het is de

bedoeling om in vergelijking met de huidige methoden betere voorspellingen van de splijtstofprestaties te doen.

### Over de samenwerking Seaborg-TU Delft

“Als TU Delft kijken we erg uit naar de samenwerking voor de ontwikkeling van dit veelbelovende CMSR-project en verheugen we ons erop mee te werken aan de ontwikkeling van modelleringinstrumenten die verder gaan dan huidige technieken en die de behoeften van MSR-ontwikkelaars kunnen dienen”, zegt Anna Smith, hoofdonderzoeker aan de TU Delft. “Bij Seaborg geloven we sterk dat de academische wereld een sleutelrol speelt bij de toepassing van moderne kernenergie, en we zijn dan ook verheugd om deze samenwerking met Anna Smith en de TU Delft aan te gaan. Het belang van de resultaten die we in dit project hopen te behalen is tweeledig. We willen het pad effenen voor meer geavanceerde modellering van splijtingsproducten in het splijtstofzout, en we willen dat de publicatie van peer-reviewed gegevens de noodzaak aangeeft van transparante en open samenwerking tussen ontwikkelaars in de publieke en private sector”, zegt Luca Silvoli, Chemical Process R&D Team Lead bij Seaborg.

### Over Seaborg

Seaborg begon in 2014 in Kopenhagen met drie natuurkundigen. Vandaag

hebben ze ongeveer 120 mensen in dienst - van nucleaire ingenieurs tot bedrijfsontwikkelaars. Ze bezitten en exploiteren een aantal laboratoria en zijn goed op weg om licenties te verlenen voor de volgende generatie kernreactoren.

### Over Anna Smith

Als universitair hoofddocent aan de TU Delft is Anna Smith gespecialiseerd in de chemie van nucleaire materialen, waaronder brandstof en splijttingsproducten, en hun interactie met bekleding en koelmiddel, zowel voor de huidige als voor de volgende generatie (Generatie IV) kernreactoren.

In het project met Seaborg zal zij de Post Doc begeleiden die werkt aan de ontrafeling van de thermochemische en thermofysische eigenschappen van het gesmolten splijtstofzout en de relatie tussen structurele en macroscopische eigenschappen.

### Over TU Delft Reactor Instituut (RID) en afdeling Straling, Wetenschap & Technologie (RST)

Het TU Delft Reactor Instituut en de wetenschappelijke afdeling RST vormen al meer dan 50 jaar het Nederlandse kenniscentrum voor onderzoek en onderwijs op het gebied van straling en nucleaire technieken. Met onze kennis en expertise leveren wij een belangrijke bijdrage aan fundamenteel en toegepast wetenschappelijk onderzoek, waarbij gebruik wordt gemaakt van neutronen, positronen, elektronen, protonen, gammastraling of radio-isotopen. Een groot deel van het onderzoek richt zich op medische toepassingen, zoals de productie van medische isotopen en de opsporing, diagnose en behandeling van kanker. Daarnaast worden nieuwe materialen ontwikkeld voor duurzame energie zoals zonnecellen, batterijen en efficiënte koeling/verwarming, en wordt onderzoek gedaan naar schone en veilige kernenergie. **K**

Femke Werkman - TU Delft



## Bad kids get coal

De feestdagen staan weer voor de deur, de zonnecellen leveren maar een fractie op van wat ze in de zomer deden, en de windparken wisselen tussen zeer weinig of juist heel veel produceren. In mijn jeugd was de sinterklaas- en kersttijd ook een tijd van oordelen: was je lief geweest, dan kreeg je lekkers, maar wie stout was kreeg de roe, ging in de zak mee naar Spanje, of kreeg een zakje zout in de schoen.

En of dat goed of fout is, dat verandert in de tijd. Ons woord zout (sel, sale) komt uit het Latijn, en de legionairs lieten zich in zout uitbetalen: dat was een waardevast goed: ze kregen (letterlijk!) salaris. In de Amerikaanse kersttraditie is net zo'n oordeel aanwezig: was je stout, dan kreeg je geen cadeau, maar een zakje kolen.

En met de huidige energiemarkt in gedachten, denk ik: "is dat een slechte deal?" Er zijn landen die nu veel betalen voor stroom gemaakt uit kolen. Een paar jaar geleden circuleerde ineens een afbeelding op internet, waarvan ik nooit het origineel of de maker heb kunnen achterhalen. 'Bad kids' krijgen kolen. Maar 'good kids' krijgen uranium, waar je (per kilo) miljoenen malen meer energie uit haalt. En dat is heel handig in een jaargetijde waar wij meer energie nodig hebben voor de knusse warmte in ons huis, voor de feestelijke lichtjes en het uitgebreide eten koken.

Inmiddels circuleert er een dergelijke afbeelding waar de 'good kids' zonnepanelen krijgen. Dat lijkt mij in Australië een uitkomst, daar staan de mensen op zonovergoten stranden

met kerstmannenmuts op te barbecueën, en zijn zonnepanelen in deze tijd van het jaar een uitstekend idee. Maar op ons halfmond doet het wel wat gek aan. Kolen waren eerst de vijand: alle kolencentrales moesten zo snel mogelijk dicht. Ook in Duitsland. Maar

nu blijkt kool een bondgenoot in de energiecrisis, en weten ook de 'good kids' niet meer waar ze de fossiele brandstoffen vandaan moeten halen. En hoezeer we de invulling die Qatar aan mensenrechten geeft ook veroordelen tijdens de wereldkampioenschappen voetbal, heeft Duitsland een langdurig leveringscontract voor aardgas met hen afgesloten. Begrijp me goed: ik observeer, ik wil niet oordelen. Maar voor mij zijn het wel verwarrende tijden. Wat krijg je als je zoet bent en wat als je stout bent? En wat is 'goed' of 'slecht' in de huidige energiecrisis?

Geef mij maar een zakje uranium, Sint en Santa! CO<sub>2</sub>-vrije opwekking en weinig en zeer goed beheersbaar afval. Zo komen we de winter door. Deze 'donkere dagen' nodigen uit tot reflectie. Ik ga deze tijd gebruiken om na te denken hoe we met zijn allen het kabinetsstreven naar nieuwe kernenergie het beste kunnen steunen. Ik wens u allen fijne feestdagen! **K**

Lars Roobol



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

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

<sup>3</sup><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.

# Nieuwe Kernenergie, wat is ervoor nodig?

**O**p 28 oktober vond het KIVI/NNS symposium 'Nieuwe Kernenergie, wat is ervoor nodig?' plaats. Het symposium was met 150 deelnemers drukbezocht en voorzag duidelijk in een behoefte na de COVID-periode waarin er nauwelijks tot geen mogelijkheden waren voor dit soort fysieke bijeenkomsten. Gegeven de uitdagingen van de energietransitie en de groeiende belangstelling voor kernenergie was het dus een goed initiatief om dit symposium nu te organiseren. En in de visie van de Stichting KernVisie is kernenergie de enige stabiele, en daarom noodzakelijke, aanvulling op 'wind' en 'zon' waarmee een toekomstig energiesysteem leveringszekerheid kan bieden tegen acceptabele kosten.

De bijdragen aan het symposium varieerden van een gedetailleerd overzicht van de aspecten die een belangrijke rol spelen bij het realiseren van nieuwe kernenergiecentrales tot heel praktische vragen over de feitelijke bouw van kerncentrales in de toekomstige energiemix in Europa, zoals beschikbaarheid van geschoolde werknemers en de daaraan gekoppelde behoefte aan scholing en de noodzaak tot adequate samenwerking met toezichthouders in een vroeg stadium. Key-speaker Rüdinger Köning, creëerde door het naar voren brengen van een zo overweldigend aantal aandachtspunten die essentieel zijn bij de bouw van kernreactoren, zowel bij de gebruikelijke grote eenheden alsook bij SMR's, toch wel een beetje een sfeer die we kennen van de cabaretière Brigitte Kaandorp: moeilijk, moeilijk, .... Maar Rick van de Bulk van de ANVS liet na de pauze in zijn voordracht op nuchtere wijze zien dat de soep toch wat minder heet zal worden gegeten.

Belangrijk punt in de voordracht van Köning was de aandacht voor het probleem voor

een businessmodel voor kerncentrales:

Bij het bouwen van een fossiel werkende centrale is de periode tussen de start van de investeringen en het moment dat de investering resultaat oplevert hooguit enkele jaren terwijl dat in het geval van een kerncentrale wel een jaar of 10 kan zijn. Voor een investeerder is die periode erg lang!

Door prof. dr. André Faaij (RU Groningen, TNO) werd een zeer interessante bijdrage geleverd over de kosten van het opwekken van elektriciteit in Nederland binnen een hernieuwbare energiemix met daarin nucleair. Uitgangspunt: de mogelijkheden die Nederland heeft in combinatie met de 'Noordzee'. Dan blijkt dat de prijs van energie door tal van zaken zo sterk beïnvloed wordt dat een precieze kostprijvoorspelling niet realistisch is. Beter lijkt het om je te richten op het opzetten van een gelijk speelveld op Europese schaal met een mix die in de energietransitie past qua zowel milieudoelstellingen als leveringszekerheid.

Bij dit laatste komt dan zeker waterstof om de hoek kijken. Het zou trouwens ook

interessant zijn om het onderzoek van Faaij uit te breiden tot geheel West-Europa (ook dan inclusief de 'Noordzee'). Uiteindelijk kun je Nederland niet los zien van het geheel van Europa. Er bestaat geen Nederlandse energiemarkt, wel een (west)Europese.

De bij het symposium gepresenteerde plannen van Borssele (nieuwbouw en bedrijfsduurverlenging) vormden een verheugende bijdrage. Op dit moment zijn die plannen in Nederland nog het enige initiatief op weg naar (deels) nucleair. Gegeven de groeiende belangstelling voor kernenergie is het zaak om hiermee nu zo snel mogelijk aan de slag te gaan. Parallel daaraan is het zinvol om een project te starten voor de bouw van een aantal SMR's van een type dat zich al in een (nagenoeg) panklaar stadium bevindt. Daar kan snel mee worden begonnen en de bouwtijd zal zeker niet langer dan omstreeks 5 jaar behoeven te zijn. Op grote industrieparken zoals in Limburg bij Stein zouden ze goed gebruikt kunnen worden. Waarom blijft het ten aanzien van deze mogelijkheden zo stil vanuit de industrie?

Het symposium richtte zich op de mogelijkheden die de huidige (generatie III of III+) kerncentrales kunnen bieden. Voor de langere termijn zijn er echter nog andere interessante ontwikkelingen waaraan gelukkig ook wordt gewerkt. Zoals onderzoek naar centrales op basis van thorium die qua veiligheid een stap vooruit kunnen bieden en door het werken bij hogere temperaturen (700 0° tot 900 0°) waterstof kunnen produceren en waarbij minder en korter levend nucleair afval ontstaat. Naast de plannen voor Borssele waarmee we in principe direct aan de slag zouden kunnen (en moeten) is er dus nog veel te doen op het terrein van de energietransitie. Op de korte en op de lange termijn. Werk aan de winkel, aanpakken nu. **K**

*Gerrit Boersma*



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

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

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

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

