KERNVISIE
MAGAZINE



Onderzoek naar FLASH-protonentherapie

Meten tot de laagste dosis met gammaspectrometrie

Succesvolle Belgische Nederlandse Summer School

Nucleair Nederland professionaliseert met nieuw bestuur

5
Oktober
2026

UITGAVE VAN
STICHTING KERNVISIE

Colofon

KernVisie Magazine is een uitgave van:

Stichting KernVisie
EEN ENERGIEK INITIATIEF

Jaargang 21
Nummer 5
Oktober 2026
KernVisie Magazine
verschijnt tweemaandelijks
Oplage 2.200 ex

Ontwerp & Grafische realisatie
StudioHusken.nl, Heiloo

Bestuur Stichting KernVisie
Dr. G. Delfini, secretaris
Ir. J.C. van Cappelle, penningmeester
A.J.L. Bos
Ir. G.H. Boersma
Ir. M. van der Borst
J.D. Bruin
Drs. J.J. de Jong
Ir. G.C. van Uitert

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

Contactgegevens
E-mail: KernVisie@KernVisie.com
Internet: www.KernVisie.com
Bankrekening NL19 INGB 0006 8513 70, t.n.v. KernVisie, Foundation for Nuclear Technology.

Op de Cover
Maurits Wolleswinkel en Hidde Baars
Foto © Mark Horn photography

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

Nucleaire ontwikkelingen

De nucleaire sector is volop in beweging. Dat is internationaal zichtbaar en zeker ook in Nederland met toenemende aandacht voor kernenergie, medische toepassingen en de noodzaak om te investeren in kennis, innovatie en nieuwe professionals.

We laten dat zien met het hoofdartikel over de Vereniging Nucleair Nederland, die met een vernieuwde bestuursstructuur een belangrijke volgende stap zet in haar ontwikkeling. Onder leiding van de nieuwe voorzitter Maurits Wolleswinkel (CEO NRG PALLAS) en Hidde Baars (Urenco) als Dagelijks Bestuur wordt gewerkt aan verdere professionalisering en grotere slagkracht voor de nucleaire sector. Daarnaast besteden we aandacht aan de verbinding tussen onderwijs en arbeidsmarkt met een verslag van de tweede editie van de Belgisch-Nederlandse Nuclear Summer School. Ook dit jaar konden studenten weer kennismaken met de brede mogelijkheden binnen de nucleaire wereld. Op het gebied van medische toepassingen kijken we naar de internationale ontwikkelingen rond radioligandtherapie en het FLASH beyond doubt-project. Dit betreft een onderzoek naar FLASH-protonentherapie bij HollandPTC, waarbij wordt gekeken of de bestralingsduur kan worden verkort om zo de impact op gezond weefsel te verkleinen. Deze editie van KernVisie Magazine toont hoe actief de sector is en volop werkt aan oplossingen en innovaties die ook in de toekomst van betekenis zullen zijn.

Wij wensen u veel leesplezier **K**

Het bestuur van 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. Mocht u in geval van een omissie of een vergissing menen de rechthebbende van een foto of illustratie te zijn, gelieve contact op te nemen met de Stichting KernVisie: KernVisie@KernVisie.com

Inhoud



P04

Maatschappij

Nucleair Nederland professionaliseert met nieuw bestuur

De vereniging Nucleair Nederland (NNL) is al sinds de oprichting in 2014 een betrouwbaar aanspreekpunt en partner voor publieke en private organisaties bij het verwezenlijken van nucleaire ambities. Maurits Wolleswinkel, CEO van NRG PALLAS, volgt Ad Louter op als nieuwe voorzitter. Tegelijkertijd is er een dagelijks bestuur aangesteld, bestaande uit Hidde Baars als algemeen directeur NNL en Bram-Paul Jobse als financieel directeur.

P08 Medisch

Onderzoek naar FLASH-protonentherapie

Anne zur Horst bekleedt een unieke positie als fulltime PhD-student in dienst van HollandPTC. Samen met drie andere PhD-studenten doet ze onderzoek naar FLASH-protonentherapie, waarbij ze kijken of de bestralingsduur extreem kan worden verkort om zo de impact op gezond weefsel te verkleinen: het FLASH beyond doubt-project.



P19

Medisch

Meten tot de laagste dosis met gammaspectrometrie

Bij radioligandtherapie worden radioactieve stoffen gericht naar tumorcellen gebracht. Maar hoeveel radioactiviteit krijgt een patiënt precies toegediend? En hoe kunnen onderzoekers wereldwijd meetresultaten eerlijk vergelijken? SCK CEN onderzoekt dit samen met internationale partners door de radioactiviteit nauwkeurig te bepalen met gammaspectrometrie.

P14 Maatschappij

Belgisch Nederlandse Nuclear Summer School verbindt studie en arbeidsmarkt

In augustus werd voor het tweede jaar de Nuclear Summer School georganiseerd door de Nuclear Academy in samenwerking met het Belgische SCK CEN Academy. Een week lang trok een internationale groep gemotiveerde studenten door België en Nederland om zelf te ondervinden hoe de sector klaar staat voor een nieuwe generatie experts en wat zij haar te bieden heeft.



P12
InBeeld
IAEA wetenschappelijk forum

P18
Column
Lars Roobol: Kalibratie is van levensbelang

P21
Nucleaire notities
Plastic

P23
Medisch
NMEP: Gap Analysis - Human Capital and Education in Nuclear Medicine



Nucleair Nederland professionaliseert met nieuw bestuur

De aanpassing in de bestuursvorm komt op een cruciaal moment. Zowel nationaal als internationaal is de belangstelling voor nucleaire technologie groeiende. De wijzigingen vormen dan ook een belangrijke mijlpaal in de professionalisering van de vereniging. “Er is nu sprake van een nucleaire renaissance waarbij de sector duidelijk groeit”, legt Wolleswinkel uit. “Er is behoefte aan meer mensen en uitbreiding van kennis. We hebben als vereniging onszelf de vraag gesteld hoe we hier op een proactieve manier aan bij kunnen dragen en bijvoorbeeld ook op het gebied van beleidsvorming meer kunnen betekenen. De invoering van een dagelijks bestuur is een duidelijke stap vooruit in de professionalisering. Het geeft de vereniging meer slagkracht en ruimte om te groeien.” De combinatie van een drukke vaste baan en de werkzaamheden voor Nucleair Nederland vormt een uitdaging, maar biedt ook kansen. Baars: “Wat scheelt, is dat er een overlap is van mijn werkzaamheden als director government affairs Netherlands en EU voor URENCO en mijn functie bij Nucleair Nederland. Bovendien zijn het ook allemaal interessante onderwerpen en uitdagingen, dus het levert ook veel energie op.”

Verjonging

Ad Louter was de afgelopen twaalf jaar voorzitter van de vereniging. Wolleswinkel: “Hij heeft Nucleair Nederland in die periode echt op de kaart gezet. Ad was de stem en de vertegenwoordiger van de Nederlandse nucleaire sector en ook een gewaardeerd gesprekspartner in Den Haag en voor de stakeholders. Hij was bijzonder goed in het samenbrengen van de verschillende partijen. Toen hij aangaf te willen stoppen en vroeg of ik beschikbaar was om voorzitter te worden, heb ik er maar even over hoeven nadenken en toen ja gezegd.



©Mark Horn photography

De vereniging Nucleair Nederland (NNL) is al sinds de oprichting in 2014 een betrouwbaar aanspreekpunt en partner voor publieke en private organisaties bij het verwezenlijken van nucleaire ambities. Onlangs heeft Maurits Wolleswinkel, CEO van NRG PALLAS, de rol van voorzitter van de vereniging Nucleair Nederland overgenomen van Ad Louter, algemeen directeur van URENCO. Tegelijkertijd is er een dagelijks bestuur aangesteld, bestaande uit Hidde Baars als algemeen directeur NNL en Bram-Paul Jobse als financieel directeur.

Het is ontzettend leuk én spannend om actief te zijn in een innovatieve sector die tegelijkertijd technologisch complex is en maatschappelijk zeer relevant. Ik zie het als een voorrecht dat ik daar als voorzitter van Nucleair Nederland een rol in kan spelen." Ook voor Baars is de dynamische sector een belangrijke motivatie. "De sector is enorm aan het verjongen, dat is ontzettend leuk om te zien. Na een periode van relatieve rust is er nu veel meer belangstelling voor nucleaire technologie. Studenten willen stage bij ons komen lopen en scholieren maken hun profielwerkstuk over kernenergie", voegt hij toe.

Kansen voor de sector

Dat er momentum is voor de Nederlandse nucleaire sector wordt nog eens benadrukt met de onlangs door het ministerie van Economische Zaken en Klimaat gepubliceerde routekaart Kernenergie: op weg naar 7 GW in 2050, waarin kernenergie een stabiele en betrouwbare basis vormt in een mix van energiebronnen. De routekaart geeft een overzicht van vier verschillende sporen die gevolgd kunnen worden om 7 gigawatt (GW) kernenergie in 2050 te bereiken. Dit omvat zowel nieuwbouw van grootschalige kerncentrales als SMR's en innovatieve nucleaire ontwikkelingen. "De kansen voor de sector zijn heel concreet geworden met de publicatie van die routekaart", vertelt Baars. "Daarin zijn de mogelijkheden heel gestructureerd opgeschreven en er wordt ook naar de sector gekeken hoe het kan worden uitgevoerd." In februari werd door de overheid het staatsbedrijf NEO NL (De Nucleaire Energie Organisatie Nederland B.V.) opgericht om de bouw en exploitatie van nieuwe kerncentrales in Nederland te realiseren. "NEO NL heeft als concrete opdracht overleg met de industrie, dus daar liggen heel veel kansen", aldus Baars.



©Mark Horn photography

Wolleswinkel: "We willen geen naar binnen gekeerde vereniging zijn of elkaar beconcurreren. Juist in deze tijd is het essentieel dat we samenwerken en dat we dat zo effectief en snel mogelijk doen."

"Niet alleen voor ons, maar ook voor de bredere industrie in Nederland. Dit is de tijd om de kansen te verzilveren."

Nationale en internationale vertegenwoordiging

Op Europees vlak is Nucleair Nederland vertegenwoordigd in diverse samenwerkingsverbanden. Zo maakt de vereniging onderdeel uit van de SMR Alliantie en nucleareurope. Deze laatste organisatie is de in Brussel gevestigde brancheorganisatie voor de kernenergie-industrie in Europa. nucleareurope fungeert als spreekbuis van de Europese kernenergie-industrie in discussies over het energiebeleid met EU-instellingen en andere belangrijke belanghebbenden. "We hebben de wind in de zeilen als sector", vertelt Baars. "We worden ook regelmatig gevraagd naar onze visie of ervaringen. Hoe gaan we mensen opleiden? Hoe zorgen we dat nucleair wordt opgenomen in het energiesysteem, of wat vinden we van het energiebeleid? Het is belangrijk om daar als sector antwoord op te kunnen geven." Inmiddels is Baars namens Nucleair Nederland zelfs gevraagd om deel te nemen in het bestuur van nucleareurope. "De voorzitter is iemand van EDF. Dat is een gigantisch bedrijf, de grootste producent van kernenergie in Europa. Wij hebben als bescheiden landje weliswaar een goede nucleaire sector, maar we zijn niet heel groot. Dan is het toch mooi dat we nu zo'n positie in het bestuur hebben verworven." De focus van de vereniging lag lange tijd op het uitwisselen van kennis en ervaring. In verschillende werkgroepen werden best practices gedeeld. Wolleswinkel: "In gezamenlijkheid optrekken was hierbij de hoeksteen van de vereniging. Het Nederlandse nucleaire landschap was lange tijd vrij statisch; er was weinig nieuwe ontwikkeling. Dat is nu in een snel tempo aan het veranderen. Zo hebben we naast onze vaste vijf leden nu ook twee nieuwe aspirant-leden binnen de vereniging: Allseas en Thorizon." Naar de buitenwereld toe kan het wel eens verwarrend zijn wie Nucleair Nederland nu precies vertegenwoordigt en wat de toelatingseisen zijn voor de leden. Wolleswinkel benadrukt dat de vereniging geen lobbyclub of branchevereniging is, maar een vertegenwoordiging van de sector waarbij in de statuten is opgenomen dat alleen vergunninghouders van nucleaire faciliteiten lid kunnen worden. "Dat is ook waarom we een onderscheid hebben tussen onze leden en aspirant-leden. De leden zijn vergunninghouders en de aspirant-leden zijn het proces gestart om vergunninghouder te worden, maar zijn nog niet in het bezit van een vergunning", legt hij uit. "En naar de toekomst toe, zien we er uiteraard naar uit NEO-NL te verwelkomen."

Platform voor toeleveringsketen

De groeiende belangstelling voor de nucleaire sector betekent ook dat Nucleair Nederland vaker wordt benaderd door bedrijven die met de nucleaire sector zouden willen samenwerken. “We hebben daarom een platform opgericht dat zich specifiek richt op de nucleaire toeleveringsketen”, vertelt Baars. “Dat hebben we gedaan in samenwerking met branchevereniging en regionale ontwikkelingsmaatschappijen om zo een direct aanspreekpunt te vormen en bedrijven verder te kunnen helpen.” Het platform is nu nog in de opstartfase maar het is de bedoeling dat het zich de komende tijd verder ontwikkelt en uiteindelijk zelfstandig kan opereren buiten de vereniging. “We richten ons specifiek op Nederlandse bedrijven die in Europa of zelfs wereldwijd een rol kunnen spelen bij de uitbouw van de nucleaire sector. Dat varieert van hightechbedrijven tot bouwbedrijven en alles daartussenin.”

Policy Committee

Binnen Nucleair Nederland zijn er een aantal werkgroepen actief op verschillende gebieden, zoals: communicatie, security en HR. Het plan is om deze verder uit te breiden. “We willen een werkgroep gericht op beleidsuitvoering opstarten. Dit is een zogenoemde Policy Committee dat zich richt op het beantwoorden van de vraag hoe we als sector het beste de nucleaire ambitie, 7GW in 2050, van Nederland kunnen verwezenlijken: de enorme uitdaging om voldoende nucleaire expertise op te bouwen, het ondersteunen van innovaties die het verdienvermogen voor Nederland vergroten, hoe kernenergie de kosten van energie naar beneden kan brengen en de rol van bijvoorbeeld SMR’s in het energiesysteem daarbij een rol kan spelen. Maar er zijn ook andere vraagstukken legt Baars uit: “Kunnen we bijvoorbeeld onze eigen technologie die we op dit moment ontwikkelen in Nederland ook leveren aan de rest van de wereld?” Via de Policy Committee wil Nucleair Nederland kennis en ondersteuning bieden aan de mensen die invulling gaan geven aan de nucleaire groeiambitie van Nederland. Dit geldt zowel voor ministeries als overheden en andere publieke partijen. “We worden al gezien als een betrouwbare gesprekspartner en die rol willen we de komende jaren nog verder gaan uitbouwen.” Een belangrijk uitgangspunt is daarbij dat de vereniging een open blik naar buiten houdt. Wolleswinkel: “We willen geen naar binnen gekeerde vereniging zijn of elkaar beconcurreren. Juist in deze tijd is het essentieel dat we samenwerken en dat we dat zo effectief en snel mogelijk doen. Zo kunnen we groeien en mooie dingen realiseren.” **K**

Sarala Jelgersma



©Mark Horn photography

Baars: “We richten ons specifiek op Nederlandse bedrijven die in Europa of zelfs wereldwijd een rol kunnen spelen bij de uitbouw van de nucleaire sector.”



© Maartje Kuperus

Medisch wetenschappelijk onderzoek voor de ontwikkeling van FLASH-protonentherapie

Anne zur Horst bekleedt een unieke positie als fulltime PhD-student in dienst van HollandPTC. Samen met drie andere PhD-studenten doet ze onderzoek naar FLASH-protonentherapie, waarbij ze kijken of de bestralingsduur extreem kan worden verkort om zo de impact op gezond weefsel te verkleinen: het FLASH beyond doubt-project.

Zur Horst studeerde natuurkunde, techniek en geneeskunde aan de Universiteit van Oldenburg in Duitsland. “Deze opleiding combineerde theorie en praktijk op het gebied van natuurkunde en geneeskunde en sloot goed aan bij mijn interesse in zowel technologie als levenswetenschappen”, vertelt ze. Voor haar masteropleiding verhuisde ze naar Zwitserland om Biomedische Techniek – Medische Natuurkunde te studeren aan de ETH in Zürich, een opleiding die zich richtte op diagnostische en therapeutische toepassingen van straling. “In die periode hadden we de mogelijkheid om verschillende onderzoeksprojecten te doen; twee daarvan heb ik uitgevoerd op het gebied van radiotherapie.” Door deze onderzoeken en colleges over radiotherapie ontdekte ze hoe natuurkunde en geneeskunde samenkwamen in de behandelingen van kanker. “Het was het interdisciplinaire karakter dat me altijd heeft gefascineerd. Ik realiseerde me dat ik verder onderzoek wilde doen naar protonentherapie en zo ben ik bij HollandPTC terechtgekomen.” Onderzoekers uit verschillende disciplines – biologie, natuurkunde en klinische wetenschappen – werken samen om de mechanismen achter het FLASH-effect te begrijpen en om vast te stellen of deze

bevindingen uiteindelijk kunnen leiden tot concrete voordelen voor patiënten. Deze interdisciplinaire samenwerking is een belangrijke motivatie voor Zur Horst. “Ik heb altijd veel waardering gehad voor de samenwerkingsgeest binnen dit vakgebied en het gezamenlijke doel om bij te dragen aan betere kankerbehandelingen. FLASH-radiotherapie is ook bijzonder interessant, omdat het nog een heel jong onderzoeksgebied is. Er zijn bemoedigende resultaten uit preklinische studies, maar veel fundamentele vragen zijn nog onbeantwoord. Dat maakt het een boeiende wetenschappelijke uitdaging.”

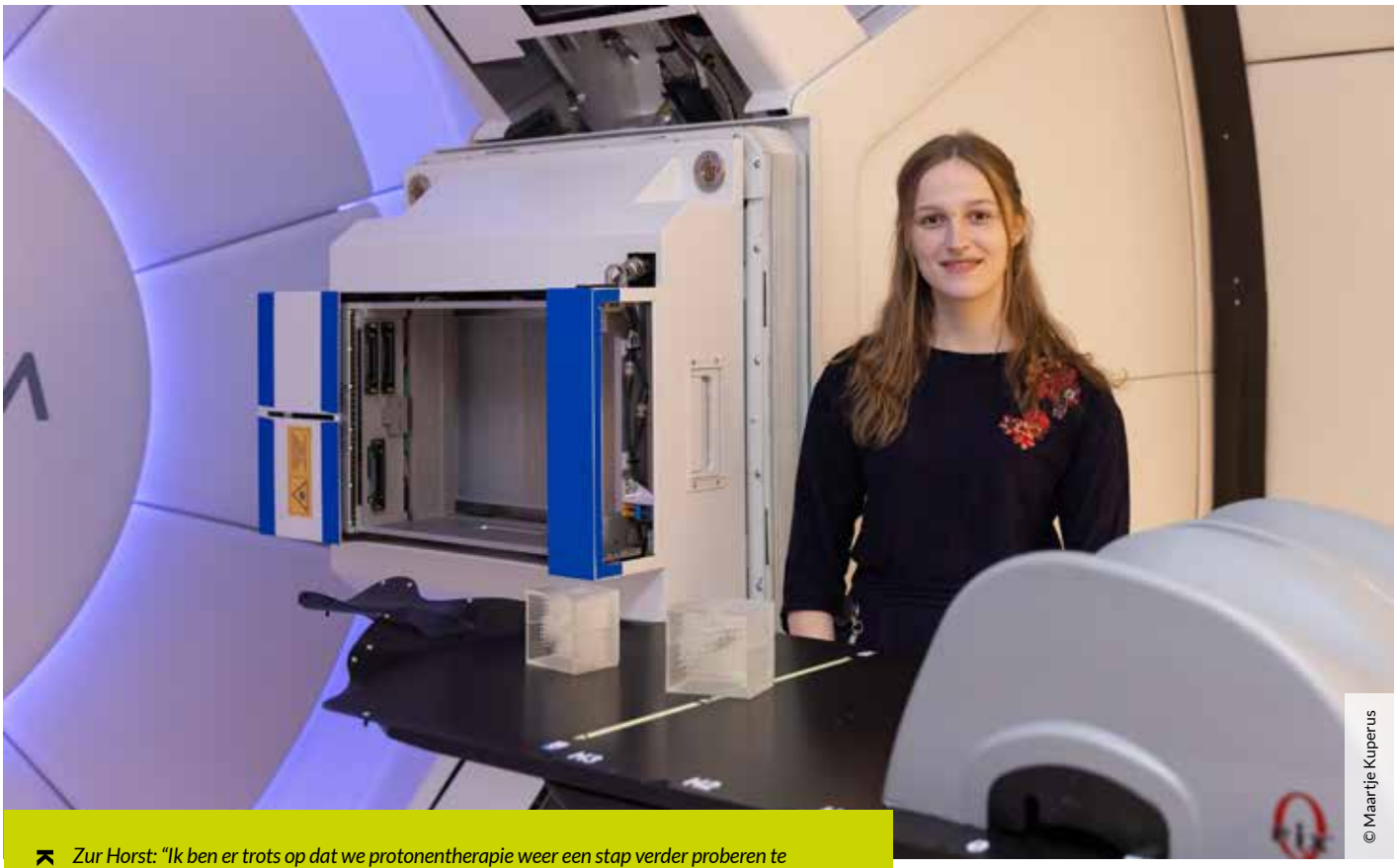
Verbreding therapeutisch venster

Net als bij elke medische behandeling gaat het bij radiotherapie om het afwegen van voordelen en risico’s. Zur Horst: “Het doel is om de tumor effectief te behandelen en tegelijkertijd schade aan gezond weefsel tot een minimum te beperken. In de radiotherapie noemen we dit evenwicht vaak het ‘therapeutisch venster’.” Het idee achter FLASH-radiotherapie is om het therapeutisch venster verder te verbreden. In preklinische studies is gebleken dat bestraling met een ultrahoog dosistempo (UHDR) in plaats van de conventionele lage dosistempi het potentieel heeft om schade aan bijvoorbeeld huid-, long- en hersenweefsel te verminderen, terwijl de tumorrespons behouden blijft. Of deze voordelen ook voor patiënten gelden, is een van de vragen die nu in klinische studies worden onderzocht. “We weten nog niet exact welke biologische mechanismen ten grondslag liggen aan het FLASH-effect. We weten ook niet precies hoe de tijdstructuur van de dosisafgifte het optreden van het FLASH-effect beïnvloedt: is het de totale bestralingstijd, het instantane dosistempo of de in een puls toegediende dosis? Huidige experimenten wijzen erop dat het FLASH-effect sterker tot uiting komt bij hogere doses per bestralingssessie (meer dan ~2 Gy per dag, zoals momenteel gebruikelijk is in de radiotherapie) en bij minder onderbrekingen in de behandeling (door bestraling vanuit meerdere hoeken, zoals gebruikelijk is) en bij een hoger dosistempo dan momenteel het geval is”, vertelt Zur Horst. Bij protonentherapie wordt gewerkt met meerdere energieën per bundel die tot een specifieke diepte in de patiënt gaan, zodat de dosis precies in het tumorgebied kan worden afgeleverd. Dit wordt de Bragg-piek genoemd. “Wanneer geladen deeltjes zoals protonen zich door materie of weefsels verplaatsen, geven ze geleidelijk hun dosis af. Naarmate de energie afneemt, neemt de interactie-doorsnede toe. Vlak voordat de deeltjes tot stilstand komen, geven ze het grootste deel van hun energie of dosis af, wat resulteert in de karakteristieke Bragg-piek”, legt ze uit. “Voorbij het Bragg-piekpunt neemt de dosis snel af en daarachter is er geen dosis meer. In die zin is er geen vergelijkbare ‘uittreedosis’ zoals bij conventionele fotonenradiotherapie, waarbij de straling verder reikt dan de tumor en door het hele lichaam heengaat.” Samen met andere PhD-kandidaten onderzoekt ze nu nieuwe methodes om behandelplannen te maken met transmissiebundels

Een van de twee gantry’s van HollandPTC. Een gantry is een constructie die om de patiënt heen draait en ervoor zorgt dat de tumor vanuit de meest gunstige hoeken bestraald kan worden.



© GAF Ruimtesinbeeld



© Maartje Kuperus

Zur Horst: "Ik ben er trots op dat we protonentherapie weer een stap verder proberen te brengen met als doel een betere behandeling voor de patiënt."

(hoogenergetische bundels die door de patiënt heen schieten) of met modulatoren. "Dit zijn fysieke materialen die in het bundelpad worden geplaatst, waar ze de protonen vertragen. Hierdoor komt de Bragg-piek binnen de tumor terecht, terwijl het dosistempo nog steeds voldoende hoog is voor het FLASH-effect."

Multidisciplinair en internationaal

Inzicht krijgen in de biologische mechanismen achter de FLASH-effecten is momenteel een van de belangrijkste uitdagingen op dit gebied. Op dit moment buigen talloze onderzoeksgroepen wereldwijd zich vanuit verschillende invalshoeken over deze vraagstukken. "Radiobiologen onderzoeken bijvoorbeeld hoe verschillende weefsels reageren wanneer de dosis wordt toegediend met verschillende straalkwaliteiten, dosissnelheden en tijdstructuren", licht Zur Horst toe. "Momenteel maken we onderscheid tussen conventionele radiotherapie en FLASH-radiotherapie, voornamelijk op basis van het dosistempo. Er zijn echter steeds meer aanwijzingen dat ook andere aspecten van de bestraling, zoals de duur van de bestraling, de dosis per puls of de tijd tussen pulsen, een belangrijke rol spelen. Dit kan van invloed zijn op de grootte van het FLASH-effect. Zowel het type weefsel als het type bijwerking zijn van belang. Dit betekent dat er waarschijnlijk geen enkele set FLASH-voorwaarden bestaat die universeel van toepassing is op alle behandelingsscenario's." Veel van de huidige kennis is afkomstig uit preklinische studies. Deze zijn essentieel voor het begrijpen van de onderliggende biologie, maar de bevindingen ervan kunnen niet altijd direct worden vertaald naar patiënten. Uiteindelijk zal de klinische relevantie van het FLASH-effect moeten worden vastgesteld door middel van zorgvuldig opgezette klinische onderzoeken. "Voortbouwen op wat we wel weten en stap voor stap verdergaan, is daarbij de meest logische stap voorwaarts", aldus Zur Horst.

Aanpassingen van apparatuur

Voor de onderzoeken moet ook de klinische apparatuur worden aangepast om het ultrahoge dosistempo te kunnen leveren dat nodig is voor FLASH-therapie. "Een eerste uitdaging is de bundelintensiteit. Het cyclotron van HollandPTC kan bundelstromen tot 800 nA produceren, maar slechts een deel van de protonen bereikt de behandelkamer. Tot nu toe kunnen we in de behandelkamer bundels met een stroomsterkte van 215 nA gebruiken. Dit is al voldoende om ultrahoge dosissnelheden te bereiken, maar dit moet voor sommige meer geavanceerde proeven nog verder worden verhoogd", legt Zur Horst uit. "Een andere uitdaging betreft de dosimetrie. De dosis wordt zo snel toegediend dat onze standaarddetectoren verzadigd raken. Deze meetkamers

moeten daarom worden gemoderniseerd en gevalideerd om te garanderen dat de juiste dosis wordt toegediend." Afhankelijk van de toedieningsmethode kunnen aanvullende aanpassingen aan de hardware nodig zijn. Voor FLASH-protontherapie met Bragg-piek moeten er bijvoorbeeld 3D-geprinte onderdelen en een speciale houder beschikbaar zijn om het materiaal nauwkeurig in de behandelkop aan te brengen. Al deze aanpassingen moeten bovendien worden geïntegreerd in de klinische workflow, inclusief de behandelcontrolesystemen en de veiligheids- en kwaliteitsgarantieprocessen. "Het is dus niet alleen het dosistempo dat hoger moet worden gemaakt, maar dit moet gebeuren met hetzelfde niveau van precisie, betrouwbaarheid en veiligheid als bij een normale bestraling", vat Zur Horst samen.

Samenwerking van promovendi

FLASH beyond doubt-project brengt vier promovendi samen, die elk onder begeleiding van onderzoekers van de TU Delft, het Erasmus MC, het LUMC en HollandPTC aan verschillende aspecten van UHDR/FLASH-protontherapie werken. Naast Anne Zur Horst doen ook Simone Visser, Julian van Zanten en Manon van Zon onderzoek. "Mijn werk richt zich op de behandelplanning en uitvoering van FLASH-protontherapie en is daarmee geworteld in de klinische fysica. Andere projecten richten zich op andere aspecten van de therapie", aldus Zur Horst. "Zo onderzoekt mijn collega Simone Visser de ademhalingsbeweging van longtumoren vanuit het FLASH-perspectief. Haar onderzoek richtte zich op de vraag wat voor longkankerpatiënten de gunstigste ademhalingspositie van de tumor is om de dosis in gezond longweefsel en de omliggende organen te verminderen, en of deze met moderne technieken voor bewegingsmitigatie bereikt kan worden, zowel in fantoomstudies als bij patiënten in een klinische studie. Het onderzoek van mijn collega Julian van Zanten richt zich op nieuwe technologie en op de onafhankelijke en continue meting van de dosisafgifte tijdens de behandeling. Hiervoor wil hij de quasi-continue bundel van het cyclotron tot op nanoseconde-schaal karakteriseren met behulp van nieuw ontworpen detectoren. Daarnaast zal hij zich bezighouden met dosisverificatie door middel van prompt-gammastraling, die (in geringe mate) wordt uitgezonden door zowel de modulatoren als de bestraalde weefsels. Manon van Zon houdt zich bezig met numerieke wiskunde en zoekt naar nieuwe algoritmen om behandelplannen te optimaliseren. Ze heeft innovatieve manieren gevonden om om te gaan met de biologische onzekerheden waarmee we bij FLASH-radiotherapie nog steeds te maken hebben, door de bestralingspatronen van een behandelplan te optimaliseren en door de voordelen van transmissiebundels te combineren met standaard protontherapie. Zo helpt ze de overgang van de bekende standaardmethode naar de nieuwe FLASH-methode te versoepelen, waarbij ze prioriteit geeft aan het effect waar dat nodig is."

HollandPTC als middelpunt

"FLASH beyond doubt is een prachtig HollandPTC-project", sluit Zur Horst af. "Alle oprichters, Erasmus MC en LUMC als medisch-universitaire centra en de TU Delft, dragen bij en werken samen aan een effectievere en betere behandeling. Omdat de deeltjesversneller hier in Delft staat, zijn wij als HollandPTC het centrale middelpunt van dit onderzoek. Mijn collega's en ik zijn zowel op nationaal als internationaal niveau constant in interactie met elkaar en andere onderzoekers, wat het een ontzettend leuk project maakt. Ik ben er trots op dat we protonentherapie weer een stap verder proberen te brengen met als doel een betere behandeling voor de patiënt." **K**

Menno Jelgersma

FLASH:

FLASH is een nieuwe vorm van protonentherapie waarbij patiënten met kanker worden bestraald met een extreem hoog dosistempo. Door deze ultrasnelle afgifte van stralingsdosis kan een behandeling die normaal enkele minuten zou duren met FLASH in minder dan 500 milliseconden worden uitgevoerd. Dit is ordegroottes sneller dan de huidige methodes, waardoor het heel geschikt is voor bestralingen in het longgebied, omdat deze tumoren bewegen door de ademhaling gedurende de behandeling. Door veel sneller te bestralen, wordt de tumorbeweging als het ware bevroren, waardoor het mogelijk is een bewegende tumor veel preciezer te bestralen. Om deze nieuwe vorm van protonentherapie in de toekomst aan te kunnen bieden, is onderzoek nodig. De onderzoeken naar FLASH worden in Nederland uitgevoerd vanuit HollandPTC in samenwerking met Erasmus MC, LUMC en de TU Delft en maken deel uit van een groot, internationaal consortium met partners uit verschillende landen. In de VS zijn inmiddels twee klinische onderzoeken afgerond met FLASH-protontherapie waarbij gebruik werd gemaakt van transmissiebundels; hieruit bleek de technische haalbaarheid, de veiligheid en een vergelijkbare pijnverlichting bij palliatieve patiënten (FAST-01 (NCT04592887), FAST-02 (NCT05524064)).

Meer informatie:

IAEA-initiatief vergroot wereldwijd toegang tot kankerzorg

Rafael Mariano Grossi, directeur-generaal van de IAEA vertelt tijdens de opening van het Wetenschappelijk Forum 2026 hoe nucleaire technologie met het IAEA-initiatief Rays of Hope kan bijdragen aan betere gezondheidszorg.

De komende jaren ligt de nadruk op duurzame financiering, opleiding van personeel en verdere uitbreiding van regionale samenwerkingsnetwerken. Het IAEA-initiatief Rays of Hope boekt belangrijke resultaten bij het verbeteren van de toegang tot kankerzorg in landen met beperkte medische voorzieningen. Tijdens het Wetenschappelijk Forum 2026, gehouden in september tijdens de 70e Algemene Conferentie van de IAEA in Wenen, werd de voortgang van het programma besproken. Sinds de start in 2022 hebben meer dan honderd landen steun ontvangen. Daarbij is ruim 100 miljoen euro aan financiering gemobiliseerd voor de uitbreiding van diagnose- en behandelcapaciteit.

Met steun van het programma zijn inmiddels meer dan twintig kankercentra geopend, uitgebreid of in aanbouw. Daarnaast zijn meer dan 150 medische systemen voor diagnose en behandeling geleverd en kregen ruim 800 zorgprofessionals aanvullende opleiding in stralingsgeneeskunde. **K**

Bron: International Atomic Energy Agency (IAEA), Scientific Forum Highlights Progress in Expanding Access to Cancer Care, september 2026

© Dean Calma / IAEA Images





Belgisch Nederlandse Nuclear Summer School verbindt studie en arbeidsmarkt

© RoyBorghoutsFotografie

In augustus werd voor het tweede jaar de Nuclear Summer School georganiseerd door de Nuclear Academy in samenwerking met de Belgische SCK CEN Academy. Met een groot aantal aanmeldingen voor slechts veertig beschikbare plekken moesten de organisatoren net als vorig jaar een selectie maken. Een week lang trok een internationale groep gemotiveerde studenten door België en Nederland om zelf te ondervinden hoe de sector klaar staat voor een nieuwe generatie experts en wat zij haar te bieden heeft.

Nadat de eerste grensoverschrijdende editie vorig jaar een succes bleek, keerde de Summer School eind augustus 2026 terug met dezelfde ambitie: jongeren laten kennismaken met de breedte van het nucleaire werkveld en de vele carrièremogelijkheden die het biedt. Het programma stelde het inzicht in de gehele nucleaire keten centraal. De route die de deelnemers volgden ging via het Belgische Mol, waar onder meer het ondergrondse onderzoekslaboratorium EURIDICE en het innovatieve MYRRHA-project werden bezocht, rechtstreeks naar Zeeland voor een blik in de opslagfaciliteiten van COVRA en de kerncentrale Borssele. De reis eindigde bij het Reactor Institute Delft (RID) van de TU Delft. Hiermee werd de volledige cyclus van onderzoek, energieopwekking en afvalbeheer in een week afgerond.

Compleet beeld

Het bleef niet alleen bij het afleggen van bezoeken aan faciliteiten. Het programma voorzag in lessen en presentaties over onderwerpen als reactorfysica, stralingsbescherming en materiaalkunde. Deze werden direct gekoppeld aan actuele maatschappelijke en technologische thema's, waaronder de ontwikkeling van Small Modular Reactors (SMR's) en de ethische aspecten van de energietransitie en het belang van publieksparticipatie om die transitie ook te doen slagen. Juist door onderzoekers van instellingen als NRG PALLAS, TU Delft en SCK CEN aan het woord te laten en dit te combineren met inzichten vanuit de industrie, overheidsorganisaties en toezichthouders, kregen de studenten een compleet beeld van de sector waarin zij straks aan het werk kunnen.

Interactie

In plaats van enkel zenden vanuit de sprekers, lag de nadruk gedurende de hele week ook sterk op interactie. Jonge professionals uit het bedrijfsleven gaven met open vizier inzicht in hun dagelijkse praktijk. Zij lieten zien dat het overgrote deel van de functies in de nucleaire wereld niet per se voorbehouden is aan kernfysici alleen, maar dat ook specialisten zonder uitgebreide nucleaire voorkennis, zoals werktuigbouwers, chemici, ICT'ers en veiligheidsdeskundigen onmisbaar zijn voor het slagen van de nieuwbouw- en innovatieplannen.

Netwerkevent

Tijdens het afsluitende netwerkevent in het gebouw voor Applied Sciences van de TU Delft kregen de studenten zicht op hun studie en de mogelijkheden die er zijn voor

een carrière in het nucleaire werkveld. Zo vertelden Nicole Molendijk van de ANVS en Paul van Nieuwkerk van EPZ hoe zij hun passie vonden in de nucleaire sector en hoe zij, ondanks hun verschillende achtergrond en zonder ooit aan de nucleaire sector gedacht te hebben, uiteindelijk toch bij respectievelijk de toezichthouder en de enige kerncentrale van Nederland terecht zijn gekomen. Aansluitend konden de Summer School-deelnemers tijdens het netwerkevent kennismaken met de bedrijven en instellingen die de Summer School mogelijk hadden gemaakt. De deelnemers konden op deze manier direct persoonlijk contact leggen en vragen stellen om een idee te krijgen van de kansen en mogelijkheden om in de nucleaire sector te gaan werken.

Kitty Neefjes

Programma manager Nuclear Academy bij TU Delft-RID



© Kitty Neefjes - Nuclear Academy

Neefjes: "nucleair is niet alleen een technische sector, maar ook een heel betrokken gemeenschap."

Wat was je betrokkenheid/functie bij de organisatie van de Summer School?
"Dit was de eerste keer dat ik betrokken was bij de organisatie van de Summer School. Gelukkig stond er al een stevig programma en waren veel zaken vooraf goed geregeld. Mijn rol lag onder andere bij de financiële afhandeling. Daarnaast was ik de hele week aanwezig en hield ik me bezig met allerlei praktische zaken achter de schermen. Tijdens zo'n intensieve week zijn er voortdurend kleine dingen die geregeld, afgestemd of in de gaten gehouden moeten worden. Vooral tijdens het Nederlandse deel van het programma lag daar voor mij een belangrijke rol."

Als je één anekdote mocht kiezen, wat was het leukste wat je hebt meegemaakt tijdens de Summer School?
"Wat mij het meest is bijgebleven, is eigenlijk niet één specifieke gebeurtenis, maar het zien ontstaan van vriendschappen binnen de groep. Je trekt een week lang zo intensief met elkaar op dat die groep voor een paar dagen bijna je hele wereld wordt. Je ontbijt samen, reist samen, bezoekt locaties, eet samen en 's avonds gaat het programma vaak informeel nog verder. Na afloop kwam ik thuis en vond ik het oprecht even vreemd dat al die inmiddels zo bekende gezichten ineens niet meer om me heen waren. Dat zegt denk ik veel over de sfeer die gedurende zo'n week ontstaat."

Wat verraste je aan de deelnemers van de Summer School?
"Hun enorme enthousiasme voor nucleair, maar zeker ook de manier waarop ze naar elkaar omkeken. Als iemand bijvoorbeeld ergens alleen aan een tafel zat, was er eigenlijk altijd wel iemand die dat zag en erbij ging zitten. Het werd in korte tijd echt een groep. En daarnaast: de bijna grenzeloze energie van sommige deelnemers! Na een vol programma overdag hadden zij 's avonds nog steeds energie over. Ik heb me meer dan eens afgevraagd waar ze die vandaan haalden."

Wat heb je zelf geleerd over de nucleaire industrie wat je nog niet wist?
"Ik wist natuurlijk al dat de nucleaire wereld relatief klein is, maar tijdens deze week heb ik pas echt ervaren hóé klein en bijzonder die wereld is. Mensen kennen elkaar, organisaties zijn op allerlei manieren met elkaar verbonden en er is een opvallend grote betrokkenheid bij het vakgebied én bij elkaar. Juist doordat we in één week verschillende organisaties en locaties bezochten, werd dat heel zichtbaar. Voor mij was dat misschien wel de belangrijkste ontdekking: nucleair is niet alleen een technische sector, maar ook een heel betrokken gemeenschap."

Bertie van der Heijdt

Programma manager Nuclear Academy bij TU Delft-RID

Wat was je betrokkenheid/functie bij de organisatie van de Summer School?
"Eigenlijk het hele pakket: de afstemming met SCK CEN, het Nederlandse deel van het programma inrichten en de sprekers daarvoor werven/selecteren, het selecteren van de Nederlandse deelnemers, het afstemmen met de ontvangende organisaties in Nederland (COVRA, EPZ, TU Delft), het regelen van het (Nederlandse) netwerk-event en het benaderen van de Nederlandse (en Franse) sponsors, etc."

Als je één anekdote mocht kiezen, wat was het leukste wat je hebt meegemaakt tijdens de Summer School?
"Ik noem er twee:

- De snelheid waarmee de bij de start meestal in hun eentje arriverende studenten uitgroeien tot een hechte groep die na afloop als een echte vriendengroep uiteengaat. We zien dat ook aan de ervaring van vorig jaar: zo is de whatsapp-groep van die deelnemers van vorig jaar nog steeds behoorlijk actief, volgen ze elkaar en reageren ze op elkaar op LinkedIn, etc.
- Dat ik na vier dagen zo afgepeigerd was dat ik, vóór de groep uit reizend van Vlissingen naar Delft langs mijn eigen huis in Zeist ben gereden om even 2 uurtjes met mijn hoofd op mijn eigen kussen te kunnen liggen en bij te kunnen slapen, alvorens weer snel naar Delft door te rijden om aldaar de groep in het hotel te kunnen verwelkomen."



© Bertie van der Heijdt - TU Delft

Van der Heijdt: "Wat ik een van de mooiste dingen vond tijdens de Summer School was de snelheid waarmee de studenten uitgroeien tot een hechte groep die na afloop als een echte vriendengroep uiteengaat."

Wat verraste je bij aan de deelnemer(s) van de Summer School?
"Dat ze allemaal zo uiterst gemotiveerd en serieus zijn en zich ook al zo duidelijk aan het oriënteren zijn op wat straks te gaan doen met hun studie. Met die vragen hield ik me in mijn studie- en promotietijd eigenlijk nauwelijks bezig. Ik studeerde gewoon en verder was het 'komt tijd, komt raad'… maar ja, dat is natuurlijk, om het in de sfeer van radioactief afval te houden, inmiddels ook 'geologische tijdschalen' geleden!"

Wat heb je zelf geleerd over de nucleaire industrie wat je nog niet wist?
Wat ik onder andere geleerd heb is dat het Belgische aandeel in het bedienen van de Europese- en wereldmarkt qua medische isotopen minstens net zo groot is als het Nederlandse aandeel daarin. Het was voor mij nieuw dat de Belgische BR-2 reactor daarin een heel vergelijkbare rol speelt zoals 'onze' Pettense HFR.

Tom Clarijs

Academy collaborator | trainer | medical physicist SCK CEN Academy

Wat was je betrokkenheid/functie bij de organisatie van de Summer School?
"Als projectmedewerker voor opleiding en vorming bij de SCK CEN Academy mocht ik één van de sturende krachten zijn van deze Summer School. Dit ging van de vorming van het programma, de zoektocht naar sponsors, de communicatie naar en selectie van de mogelijke deelnemers, alsook het geven van enkele modules. Dit kon enkel mogelijk gemaakt worden in teamverband, vanuit de Belgische kant was het dan ook aangenaam om samen te werken met de Nederlandse Nuclear Academy."

Als je één anekdote mocht kiezen, wat was het leukste wat je hebt meegemaakt tijdens de Summer School?
"Tijdens beide career events (jobbeurzen) merkte ik bij de gesprekken van meer dan één deelnemer de reactie: 'Dit wil ik ook, hier wil ik ook deel van uitmaken'. Hoewel niet elk bedrijf iedereen kan aanspreken was het duidelijk dat er bij bepaalde deelnemers een klik ontstond."

Wat verraste je bij de deelnemer(s) van de Summer School?
"Dat de deelnemers tegen het einde van de week hetzelfde enthousiasme en dezelfde ambitie delen als de vele partners



© Tom Clarijs - SCK CEN Academy

Clarijs: "We staren ons soms blind op de voor de hand liggende toepassingen zoals energie, maar de mogelijkheden gaan veel breder in de industrie, transport, beveiliging, agricultuur, ruimtevaart en gezondheidszorg."

betrokken bij deze Summer School. Dit initiatief dient om jong potentieel aan te trekken tot de sector, en ik ben ervan overtuigd dat de vonk zeker is overgeslagen op enkele deelnemers. We hebben dan ook aan beide kanten van de landsgrens veel ambitieuze plannen waar te maken."

Wat heb je zelf geleerd over de nucleaire industrie wat je nog niet wist?
"Ik zit zelf al meerdere decennia in de nucleaire wereld, waarvan al 14 jaar bij SCK CEN, dus inmiddels zijn er nog weinig geheimen voor mij. We staren ons soms blind op de voor de hand liggende toepassingen zoals energie en nucleaire geneeskunde, maar de mogelijkheden gaan veel breder in de industrie, transport, beveiliging, agricultuur, ruimtevaart en gezondheidszorg. Als buitenstaander zou het kunnen lijken of die toepassingen evident of zelfs eenvoudig zijn om te implementeren, maar via deze zomerschool werd goed in de verf gezet dat hiervoor heel wat randvoorwaarden zijn, en vooral een grote noodzaak van personen met de juiste kennis, vaardigheden en competenties."

Griet Vanderperren

Liaison Officer Academy for Nuclear Science and Technology, SCK CEN Academy

Wat was je betrokkenheid/functie bij de organisatie van de Summer School?
"Ik had het voorrecht om mee te werken aan de voorbereiding en ondersteuning van de Summer School. Mijn rol was heel gevarieerd: van het mee vormgeven van het programma en het begeleiden van de deelnemers tot het ondersteunen van activiteiten, bezoeken en praktische zaken achter de schermen. Wat ik daar het leukste aan vond, was het directe contact met de deelnemers. Het gaf veel voldoening om te zien hoe een idee en een planning uiteindelijk uitgroeiden tot een inspirerende week vol kennisuitwisseling, nieuwe contacten en enthousiaste gesprekken."

Als je één anekdote mocht kiezen, wat was het leukste wat je hebt meegemaakt tijdens de Summer School?
"Wat mij het meest is bijgebleven, is hoe snel de deelnemers naar elkaar toegroeiden. Tijdens het kennismakingsmoment op zondag zag je nog een groep studenten uit verschillende landen en achtergronden die elkaar nauwelijks kenden. Een paar dagen later zaten ze samen te brainstormen, ervaringen uit te wisselen en elkaar zelfs buiten het programma op te zoeken. Tijdens een groepsopdracht ontstonden er spontane discussies waarbij iedereen vanuit zijn eigen expertise een bijdrage leverde. Dat gevoel van verbondenheid, over landsgrenzen en studierichtingen heen, vond ik echt bijzonder om mee te maken. Je zag letterlijk nieuwe vriendschappen en professionele netwerken ontstaan!"



Vanderperren: "De openheid, samenwerking en gedeelde verantwoordelijkheid maken de sector voor mij bijzonder inspirerend en geven me nog meer waardering voor het werk dat hier elke dag wordt verricht."

Wat verraste je aan de deelnemer(s) van de Summer School?
"Wat me misschien nog het meest verraste, was de enorme passie waarmee de deelnemers aan de Summer School deelnamen. Hun nieuwsgierigheid was oprecht en aanstekelijk. Ze stelden niet alleen veel vragen, maar wilden echt begrijpen hoe de sector werkt en welke uitdagingen er vandaag en in de toekomst spelen. Hun enthousiasme zorgde voor boeiende gesprekken en herinnerde mij eraan hoe inspirerend het is om mensen te ontmoeten die met een open blik nieuwe kennis willen opnemen. Het gaf mij veel vertrouwen in de volgende generatie professionals."

Wat heb je zelf geleerd over de nucleaire industrie wat je nog niet wist?
"De Summer School heeft mij vooral doen beseffen hoe veelzijdig en mensgericht de nucleaire sector eigenlijk is. Natuurlijk draait het om technologie en wetenschap, maar achter al die installaties, onderzoeken en toepassingen staan vooral mensen die dagelijks samenwerken aan veiligheid, innovatie en maatschappelijke vooruitgang. Ik was onder de indruk van de enorme hoeveelheid expertise die aanwezig is en van de bereidheid om kennis te delen. Wat mij het meest heeft geraakt, is hoe sterk internationale samenwerking verweven is met alles wat we doen. Die openheid, samenwerking en gedeelde verantwoordelijkheid maken de sector voor mij bijzonder inspirerend en geven me nog meer waardering voor het werk dat hier elke dag wordt verricht." **K**

Menno Jelgersma

Column



Kalibratie is van levensbelang

Stel je rijdt in je pas gekochte auto, en houdt je altijd keurig aan de maximumsnelheid. En na enkele weken beginnen de blauwe enveloppen binnen te stromen. Je bent meerdere keren geflitst omdat je snelheidsmeter een te lage waarde aangeeft: irritant!

Als je snelheidsmeter niet goed gekalibreerd is en te weinig aanwijst, is dat irritant en kost het je geld, maar als een bestralingsapparaat niet goed gekalibreerd is en te weinig aanwijst, kan het je je leven kosten als je kankertherapie je een veel te hoge dosis geeft. Precies dat gebeurde in de periode 2001-2006 in het Jean Monnet-ziekenhuis in Epinal in Noordoost-Frankrijk. 24 patiënten ontvingen een 10-20% hogere dosis dan bedoeld, minimaal 7 daarvan overleden als gevolg daarvan. Nog eens 424 patiënten kregen een 8-10% te hoge dosis, met brandwonden en andere bijwerkingen tot gevolg. In 2012 moesten 2 artsen en een klinisch fysicus zich voor de rechter verantwoorden. In 2013 werden zij wegens doodslag veroordeeld tot meerdere jaren cel. De rechter achtte ook bewezen dat de klinisch fysicus bewijsmateriaal vernietigd had, en de artsen gefaald hadden een persoon in nood te helpen.

Het is dus belangrijk om je apparatuur goed te kalibreren. Maar hoe doe je dat precies? Gelukkig hebben wij in Nederland het Nationaal Metrologisch Instituut: het Van Swinden Laboratorium (VSL) Zij zorgen ervoor dat de meetresultaten in ons land herleidbaar zijn tot internationale standaarden: de liter die je tankt in Duitsland of België is dezelfde liter die je tankt in Nederland, en de milligram medicijn die in een fabriek in Azië afgewogen wordt is dezelfde milligram die de apotheker in ons land afweegt.

En hoe zit het dan met een gigabecquerel lutetium-177? Of een gray aan dosis gegeven door een lineaire versneller op de tumor van een kankerpatiënt? Het VSL heeft ook de infrastructuur om wat dat betreft van dienst te kunnen zijn. Ik was eind augustus bij de heropening na de upgrade van hun radiologisch laboratorium, gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken. Dat geeft het VSL de kans om een been bij te trekken, omdat de ontwikkelingen in de medische wereld de laatste 25 jaar harder zijn gegaan dan wat het VSL aankon met de financiering die zij gekregen heeft.

De basis ligt er nu. En als de producenten van medische isotopen, bestralingsapparatuur en de ziekenhuizen echt willen profiteren van de potentie van wat zij kunnen bereiken samen met VSL, is er jaarlijks nog een bescheiden bedrag nodig om dit te laten vliegen. Naar mijn mening is goede zorg voor mensen met kanker en andere ouderdomskwalen belangrijk in een land met een verouderende bevolking. Dus: aan de slag, overheid, industrie en zorgverleners! **K**

Lars Roobol

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

Meten tot de laagste dosis met gamma-spectrometrie



© SCK CEN

Radioligandtherapie geldt als een van de meest veelbelovende ontwikkelingen in de strijd tegen kanker. Radioactieve stoffen worden daarbij gekoppeld aan moleculen die zich gericht aan tumorcellen hechten. Zo kan straling heel lokaal worden toegediend, terwijl gezond weefsel zoveel mogelijk wordt ontzien. Maar hoe weet een arts precies hoeveel radioactiviteit een patiënt daadwerkelijk krijgt toegediend? En hoe kunnen onderzoekers wereldwijd onderzoeksresultaten eerlijk met elkaar vergelijken als meetmethoden van elkaar verschillen?

Er is maar een echte kilogram: Le Grand K in Parijs. Deze cilinder van platina-iridium heeft 130 jaar dienstgedaan als wereldwijde maatstaf. Maar op 20 mei 2019 ging het fysieke gewicht officieel met pensioen. Sinds die datum is de kilogram gedefinieerd op basis van een natuurconstante: de constante van Planck, omdat er toch een zeer kleine afwijking in Le Grand K werd gevonden. In de medische praktijk gaat het bij radioligandtherapie ook om precies te weten hoeveel activiteit een patiënt krijgt toegediend. Dat gebeurt nu met een radionuclidekalibrator (Dosiscalibrator). Om die apparatuur te ijken, werkt SCK CEN mee aan een belangrijke verbetering. Met behulp van gammaspectrometrie en geavanceerde kalibratiemethoden wil het onderzoekscentrum bijdragen aan een internationale standaardisatie van metingen in de nucleaire geneeskunde. Leen Verheyen, verantwoordelijk voor het gammaspectrometrielaboratorium van SCK CEN licht het toekomstige doel toe: “SCK CEN gaat de zeer nauwkeurig gekalibreerde en gecertificeerde oplossingen leveren aan ziekenhuizen, waarmee zij hun oplossingen voor medisch gebruik kunnen verifiëren wat betreft de gewenste activiteit.”

3.000 tot 3.500 stalen

Om gecertificeerde radioactieve oplossingen te kunnen leveren wordt bij SCK CEN al jarenlang met een vertrouwde techniek gewerkt: gammaspectrometrie. In Mol staan twintig germaniumdetectoren opgesteld die dagelijks worden ingezet voor radiologisch toezicht, milieumonitoring en analyses van uiteenlopende stalen. “Jaarlijks analyseren we maar liefst 3.000 tot 3.500 stalen”, vertelt Verheyen. “En die stalen zijn uiteenlopend: van urine om interne besmettingen op te sporen tot melk, aarde en zelfs zeewater.” De detectoren kunnen radioactieve stoffen herkennen aan hun karakteristieke gammastraling. Elke radionuclide laat een unieke signatuur achter. “Doordat elke radionuclide straling uitzendt bij specifieke gamma-energieën, ontstaat er per radionuclide een typisch herkenbare piek in het gammaspectrum.” Die expertise wordt nu ingezet voor de nucleaire geneeskunde.

Waarom standaardisatie nodig is

Radioligandtherapie wordt wereldwijd steeds vaker toegepast voor de behandeling van onder meer prostaatkanker en neuro-endocriene tumoren. Daarbij krijgen patiënten radiofarmaca toegediend die zich specifiek aan tumorcellen binden. Voordat een patiënt een behandeling krijgt, wordt de activiteit van zo’n radionuclide gemeten met een radionuclidekalibrator in het ziekenhuis. Die toestellen zijn betrouwbaar en worden al jaren gebruikt. Toch kunnen

tussen ziekenhuizen kleine verschillen optreden.
Daarom groeit internationaal de behoefte aan verdere harmonisatie van metingen. Filip Vanhavere, expert dosimetrie en kalibratie bij het nucleaire onderzoekscentrum SCK CEN: "Internationale standaarden zijn in de meeste vakgebieden van metrologie vanzelfsprekend. Denk bijvoorbeeld aan lengte of gewicht. We kunnen ons moeilijk voorstellen dat een kilogram in Spanje meer zou wegen dan in België. Hetzelfde geldt voor nucleaire geneeskunde: als we, in functie van de toegediende dosis, parameters als therapierespons internationaal willen vergelijken, moeten we een gemeenschappelijke taal spreken." Verheyen benadrukt dat het niet gaat om het corrigeren van fouten in de huidige praktijk en dat de bestaande werkwijze veilig en betrouwbaar is. Het is niet dat patiënten te veel of te weinig radiofarmaca krijgen toegediend. Wat wel zo is, is dat er misschien minimale verschillen kunnen optreden tussen verschillende ziekenhuizen. Verheyen: "Het zijn die minimale verschillen die je door te gaan kalibreren in de toekomst kunt wegwerken."

Twee procent of minder

Voor wetenschappelijk onderzoek zijn die kleine verschillen van groot belang. Vandaag werkt SCK CEN voor veel klassieke toepassingen van gammaspectrometrie met onzekerheden rond tien procent. Voor de medische wereld ligt de lat veel hoger en moet die meetonzekerheid onder de twee procent dalen. Juist daarvoor werd het internationale project Precision Dosimetry Imaging Biomarker (PDIB) opgezet, een consortium onder leiding van de Amerikaanse Foundation for the National Institutes of Health (FNIH) die ook de initiatiefnemer van het project is. Binnen dat project onderzoeken de partners hoe gammaspectrometrie kan worden ingezet om activiteiten van therapeutische radionucliden uiterst nauwkeurig te bepalen. Daarbij wordt rekening gehouden met tal van factoren die metingen kunnen beïnvloeden, zoals meetduur, monsterpositie, volume en afstand tot de detector. Volgens Verheyen biedt de techniek vooral voordelen bij lage activiteiten. "Gammaspectrometrie kunnen we in kilobecquerel kwantificeren. Dat is bijzonder interessant in preklinisch onderzoek, waar we met heel lage dosissen werken."



© SCK CEN

In de telzaal in Mol staan twintig germaniumdetectoren opgesteld die dagelijks worden ingezet voor radiologisch toezicht, milieumonitoring en analyses van uiteenlopende stalen.

Een internationaal netwerk van referentielaboratoria

Binnen het PDIB-project werken laboratoria uit verschillende landen nauw samen. Het Precision Dosimetry Imaging Biomarkers (PDIB)-project heeft als doel een geharmoniseerd kader te creëren voor stralingsmeting die cruciaal is voor een betrouwbare implementatie van dosimetrie in de kliniek. Om de meetresultaten te vergelijken, organiseerde het consortium onlangs een interlaboratoriumvergelijking met zeven monsters van lutetium-177 en actinium-225. De uitkomsten werden vergeleken met metingen van het Britse National Physical Laboratory (NPL), een van de belangrijkste internationale referentie-instellingen op het gebied van nucleaire kalibraties. De afwijking tussen de metingen van SCK CEN en die van NPL bedroeg minder dan 0,5 procent voor beide radionucliden. "We hebben nu twee van de zeven radionucliden afgewerkt", vertelt Verheyen. "De volgende twee zijn op komst. Het is de bedoeling dat we in 2028 zeven radionucliden volledig hebben onderzocht." Verheyen vertelt dat er elke twee weken overleg plaatsvindt tussen de internationale partners. Er wordt gezamenlijk gewerkt aan procedures, onzekerheidsanalyses en standaardprotocollen die uiteindelijk wereldwijd moeten kunnen worden toegepast.

Uiteindelijk voordeel voor de patiënt

De huidige onderzoeksfase loopt nog tot maart 2028. Pas daarna zullen de resultaten hun weg vinden naar bredere klinische toepassingen. Toch zien onderzoekers nu al de meerwaarde. Gestandaardiseerde metingen maken het mogelijk om onderzoeksresultaten tussen landen beter te vergelijken, nieuwe radiofarmaca sneller te evalueren en behandelingen verder te verfijnen. Of zoals Verheyen het samenvat: "Uiteindelijk draait het erom dat we met nóg meer vertrouwen kunnen zeggen welk therapeutisch effect een bepaalde dosis heeft. Dat begint met 'weten wat we meten'. We meten vandaag al consequent, maar gammaspectrometrie laat dus toe om dat verder te optimaliseren. Hoe lager de onzekerheid op onze metingen, hoe nauwkeuriger we het therapeutische effect kunnen beoordelen. Dat helpt ons om ook de therapieën verder te verfijnen: de tumor zo doeltreffend mogelijk behandelen en tegelijkertijd onnodige stralingsbelasting vermijden." **K**

Menno Jelgersma

Nucleaire Notities

Plastic bestaat al meer dan honderd jaar. Het begon met de productie van bakeliet aan het begin van de vorige eeuw en nam een vlucht in de jaren vijftig. De voordelen leken ideaal: sterk, licht, bestand tegen hitte, isolerend en duurzaam. Telefoons, speelgoed, verpakkingen en huishoudelijke apparaten, plastic werd en wordt overal voor gebruikt.

Inmiddels weten we dat juist die duurzaamheid ook een groot nadeel heeft. Veel kunststoffen breken in het milieu nauwelijks af.

Plastic is tegenwoordig overal aanwezig, van voedselverpakkingen en kledingvezels tot auto's, elektronica en medische apparatuur. Wereldwijd groeit de productie sneller dan veel recyclinginfrastructuren kunnen verwerken. De OECD berekende in haar rapport Global Plastics Outlook dat de wereldwijde kunststofproductie zonder aanvullende maatregelen tegen 2060 bijna zal verdrievoudigen. Tegelijkertijd wordt slechts een beperkt deel van het plasticafval daadwerkelijk gerecycled. De gevolgen zijn zichtbaar in oceanen, rivieren en bodems. Kunststoffen vallen uiteen in steeds kleinere deeltjes en microplastics worden inmiddels aangetroffen in water, voedsel en zelfs in het menselijk lichaam. Het plasticvraagstuk is daarmee uitgegroeid tot een van de grootste milieu-uitdagingen van deze eeuw.

Wereldwijd werken overheden, bedrijven en onderzoeksinstellingen aan oplossingen. Naast betere afvalinzameling, hergebruik en chemische recycling krijgt ook een minder bekende technologie aandacht: ioniserende straling. Volgens een overzichtsstudie van onderzoekers van de Budapest University of Technology and Economics kan ioniserende straling verschillende veranderingen in kunststoffen veroorzaken. Afhankelijk van het materiaal kunnen polymeerketens worden afgebroken, aan elkaar worden gekoppeld of chemisch worden aangepast. Juist daardoor kan straling een rol spelen bij recycling. Een belangrijke uitdaging



is het sorteren van kunststofafval. Sommige kunststoffen lijken sterk op elkaar en zijn met conventionele technieken moeilijk te scheiden. Onderzoekers bestuderen daarom methoden waarbij elektronenbundels de elektrische eigenschappen van kunststoffen beïnvloeden. Daardoor kunnen materialen nauwkeuriger worden geïdentificeerd en gescheiden, wat de kwaliteit van gerecycled materiaal verbetert.

Daarnaast kan straling helpen om gerecyclede kunststoffen sterker te maken. Tijdens herhaald smelten en verwerken worden polymeerketens korter, waardoor materialen aan sterkte verliezen. Onder bepaalde omstandigheden kan ioniserende straling juist nieuwe verbindingen tussen die ketens creëren. Hierdoor ontstaan materialen die sterker en duurzamer zijn en opnieuw voor hoogwaardige toepassingen kunnen worden ingezet. Onderzoekers kijken ook naar kunststoffen die vanaf het ontwerp rekening houden met toekomstige recycling. Vooral moeilijk recyclebare thermoharders, zoals epoxyharsen, staan daarbij in de belangstelling. Daarnaast worden stralingstechnieken onderzocht als hulpmiddel bij chemische recycling, waarbij kunststoffen worden afgebroken tot moleculen die opnieuw als grondstof kunnen dienen.

Nucleaire technologie alleen zal het plasticprobleem niet kunnen oplossen. Minder plasticgebruik, beter ontwerp en hoogwaardige recycling blijven essentieel. Toch laat dit onderzoek zien dat technologieën uit de nucleaire wereld ook buiten de energiesector kunnen bijdragen aan een duurzamere en circulaire economie. Misschien ligt een deel van de oplossing voor het plasticprobleem wel in laboratoria waar onderzoekers leren hoe straling afval opnieuw kan veranderen in een waardevolle grondstof. **K**

Sarala Jelgersma

Nucleaire geneeskunde groeit sneller dan het personeel kan bijbenen



Nederland behoort internationaal tot de koplopers in de nucleaire geneeskunde. Nieuwe toepassingen van radionuclidetherapie, geavanceerde beeldvorming en theranostiek bieden patiënten steeds meer mogelijkheden. Achter die medische vooruitgang schuilt echter een groeiende uitdaging: wie gaat al dat werk uitvoeren? In de recent verschenen Gap Analysis Human Capital and Education in Nuclear Medicine, uitgevoerd door het Nuclear Medicine Education Program (NMEP) van TU Delft en Radboudumc, wordt de behoefte van het vakgebied op het gebied van menselijk kapitaal en onderwijs in kaart gebracht. De conclusie is helder: investeer in technologie en onderzoek, maar vooral in de mensen die de innovaties mogelijk maken.

Voor het onderzoek werden 72 professionals uit 32 organisaties bevraagd, afkomstig uit ziekenhuizen, kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Daarmee biedt het rapport een breed beeld van de Nederlandse nucleaire sector. Nederland speelt wereldwijd een prominente rol in de nucleaire geneeskunde. Niet alleen vanwege de productie van medische isotopen, maar ook dankzij de aanwezige kennisinfrastructuur, onderzoeksfaciliteiten en innovatieve bedrijven. Juist doordat het vakgebied zich momenteel zo snel ontwikkelt, neemt ook de vraag naar gespecialiseerd personeel toe.

Tekorten nemen toe

De sector kampt op dit moment al met personeelstekorten. Het blijkt vooral moeilijk om nucleair geneeskundigen, medisch nucleair werkers, radiofarmaceuten en radiochemici te vinden. Respondenten verwachten dat die druk de komende vijf tot tien jaar verder zal toenemen. Daarnaast groeit de behoefte aan technische expertise, zoals klinisch fysici en stralingsdeskundigen.

Volgens de onderzoekers wordt het probleem niet alleen veroorzaakt door een gebrek aan afgestudeerden met relevante kennis, maar ook doordat veel van hen uiteindelijk voor een loopbaan buiten de nucleaire geneeskunde kiezen. Daarmee wordt het aantrekken van nieuw talent minstens zo belangrijk als het opleiden ervan. Opvallend is dat de verwachte vraag vooral groeit naar professionals met een hbo- of universitaire opleiding. Zowel de medische als de technische kant van het vakgebied vragen steeds meer specialistische kennis. Het inspireren van studenten en jonge professionals om voor een carrière binnen de nucleaire geneeskunde te kiezen, wordt daarom gezien als een belangrijke randvoorwaarde voor verdere groei van de sector.

Andere kennis nodig

De snelle ontwikkeling van het vakgebied verandert ook de kennis en vaardigheden die van professionals worden gevraagd. Vrijwel driekwart van de respondenten verwacht dat de eigen opleidingsbehoefte in de komende jaren zal veranderen. Nieuwe therapieën, innovatieve radiofarmaca en de toenemende rol van data-analyse en kunstmatige intelligentie vragen om voortdurende bijscholing. Opvallend

is dat veel huidige opleidingen en cursussen versnipperd zijn georganiseerd. Beroepsverenigingen spelen een belangrijke rol, maar een samenhangend landelijk opleidingsaanbod ontbreekt vaak nog. Respondenten geven bovendien aan dat het lastig is om een volledig overzicht te krijgen van bestaande scholingsmogelijkheden. De onderzoekers zien daarnaast een duidelijke behoefte aan onderwijs dat niet alleen de eigen discipline belicht, maar ook inzicht geeft in de volledige keten van de nucleaire geneeskunde. Wie werkt aan beeldvorming of patiëntenzorg, heeft er baat bij te begrijpen hoe isotopen worden geproduceerd, hoe radiofarmaca worden ontwikkeld en welke logistieke uitdagingen daarbij komen kijken. Andersom geldt hetzelfde voor professionals die aan de technische of industriële kant van de keten werkzaam zijn.



© iStockphoto - eakgrunge

Het inspireren van studenten en jonge professionals om voor een carrière binnen de nucleaire geneeskunde te kiezen, wordt gezien als een belangrijke randvoorwaarde voor verdere groei van de sector.

Onderwijs als strategische investering

De hoogste prioriteit voor nieuwe opleidingen ligt volgens de deelnemers bij de productie van radiofarmaceutische medicijnen, radionuclidetherapie, beeldvorming en beeldanalyse, dosimetrie, radiobiologie en isotopenproductie. De onderzoekers adviseren om in eerste instantie te investeren in opleidingen op hbo- en wo-niveau. Daarnaast wordt gepleit voor een landelijke aanpak waarin onderwijsinstellingen, zorgorganisaties en bedrijven gezamenlijk optrekken. Daarbij hoeft niet alles opnieuw te worden ontwikkeld. Volgens het rapport bestaat er al een aanbod aan cursussen en opleidingen. Een uitdaging ligt dus ook in het beter zichtbaar maken, verbinden en versterken van bestaande initiatieven. Voor toekomstige onderwijsprogramma's lijkt een combinatie van online en fysiek onderwijs het meest kansrijk. Basiskennis kan via digitale modules flexibel worden aangeboden, terwijl praktijkonderwijs, complexe onderwerpen en multidisciplinaire samenwerking juist vragen om bijeenkomsten op locatie. Respondenten geven aan dat tijdgebrek een belangrijke belemmering vormt voor het volgen van scholing. Voor toekomstige onderwijsprogramma's lijkt een combinatie van online modules en fysieke bijeenkomsten het meest kansrijk. Daarnaast zien de onderzoekers mogelijkheden voor internationale samenwerking. Online onderwijs maakt het gemakkelijker om experts uit verschillende landen in te zetten en deelnemers toegang te geven tot kennis die nationaal niet altijd beschikbaar is. In de toekomst zouden zelfs onderdelen van praktijktraining via virtual reality ondersteund kunnen worden. De boodschap van het rapport is uiteindelijk duidelijk. Als Nederland zijn internationale toppositie in de nucleaire geneeskunde wil behouden, moet niet alleen worden geïnvesteerd in technologie en onderzoek, maar vooral ook in het opleiden, aantrekken en behouden van de mensen die deze innovaties mogelijk maken. **K**

Menno Jelgersma

Gap analysis: human capital en onderwijs in de nucleaire geneeskunde, Nuclear Medicine Education Program, M. Rijpkema A.G. Denkova, R.M. de Kruijff, M.W.M. van Wijk en A. Verdouw - TU Delft/ Radboudumc, juli 2026.

Nuclear Medicine Education Program (NMEP)

Het Nuclear Medicine Education Program (NMEP) is een gezamenlijk initiatief van TU Delft en Radboudumc om onderwijs, training en kennisdeling binnen de nucleaire geneeskunde beter te organiseren. Het programma richt zich op de gehele waardeketen van het vakgebied: van isotopen- en radiofarmacaproductie tot diagnostiek, therapie en patiëntenzorg. Een van de eerste activiteiten van het NMEP was het uitvoeren van de landelijke gap-analyse naar personeel en onderwijsbehoeften. Daarnaast werkt het programma aan een centraal platform waarop bestaande opleidingen, cursussen en leermaterialen overzichtelijk worden samengebracht. Het uiteindelijke doel is een landelijk programma voor een leven lang ontwikkelen, zodat professionals kunnen blijven aansluiten bij de snelle ontwikkelingen in het vakgebied.

Meer informatie: www.nmep.nl.



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 tweemaandelijkse KernVisie Magazine, de nieuwsberichten en de website.

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

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

Wilt u zich aanmelden als begunstiger van Stichting KernVisie?

Geef ook daarvoor uw gegevens door via het contactformulier op de website.
De bijdrage is minimaal €25,- per jaar (studenten €10,-) over te maken naar het banknummer NL19 INGB 0006 8513 70 ten name van KernVisie, Foundation for Nuclear Energy.

Stichting KernVisie
EEN ENERGIEK INITIATIEF

E-mail: KernVisie@KernVisie.com