



Nucleaire technologie voor energie en gezondheid

Een NRG-visie op de Nederlandse nucleaire kennisinfrastructuur

INVESTEER NU IN DE TOEKOMST!

1. Formuleer een integraal beleid voor nucleair onderzoek.
2. Investeer substantieel in nucleair onderzoek.



Nuclear. For life.



NRG met vestigingen in Petten en Arnhem speelt een belangrijke rol bij de ontwikkeling en toepassing van kennis en kunde op het gebied van nucleaire technologie.

NRG draagt internationaal bij aan de ontwikkeling van veilige kernenergie en is wereldwijd marktleider in de levering van medische isotopen.

In Nederland is NRG autoriteit op het gebied van integrale stralingsbescherming.

NRG exploiteert de Hoge Flux Reactor (HFR) die eigendom is van de Europese Unie.

De ruim 700 medewerkers hebben hoogwaardige kennis en zijn innovatief.

De onderneming werkt voor en met partners in de gezondheidszorg, de energiemarkt, de industrie, overheden en de wetenschap.

Inhoud

Voorwoord en Verantwoording	5
Samenvatting	7
Geef nucleaire technologie de aandacht die zij verdient	9
Inleiding	11
Historische ontwikkeling	11
Ons nucleaire landschap floreert	13
Verworvenheden voor Nederland	13
In stand houden verworvenheden	15
Tandwielkast van de nucleaire infrastructuur en kennis	16
Continueren én intensiveren	17
De trend is neerwaarts	17
Continueren én intensiveren	19
Scenario's voor de toekomst	21
Kernenergie	21
Nucleaire geneeskunde	24
Randvoorwaarden nucleaire technologie	29
Toekomstige tandwielkast van de nucleaire infrastructuur en kennis	30
Appèl op de politiek	31
Investeer substantieel in nucleair onderzoek omwille van kennis, kunde en ervaring	31
Appèl energie-onderzoek	32
Appèl onderzoek nucleaire geneeskunde	33
<i>Declaration from nucleair societies</i>	34

Voorwoord & Verantwoording

In 2017 verscheen het eindrapport van de Hoog Ambtelijke Werkgroep nucleair landschap (HAW). De achtergrond van dat rapport is:

“In het najaar van 2016 is op voorspraak van de bewindspersonen van EZ, IenM, FIN en VWS de hoogambtelijke werkgroep nucleair landschap (HAW) ingesteld met als doel om het nucleaire landschap in Nederland in kaart te brengen, de financiële risico's voor de overheid te inventariseren en beleidsopties voor de toekomst van het nucleair landschap in Nederland in beeld te brengen.”

Als onderdeel van deze studie is de nucleaire kennisinfrastructuur in Nederland (2016) geïnventariseerd en zijn de beleidsopties voor nucleaire geneeskunde, kernenergie en nucleair onderzoek in kaart gebracht. Dit gebeurde mede in het licht van de bouw van de PALLAS-reactor als opvolger van de HFR. De verhuizing van het PALLAS-dossier van het ministerie van EZK naar VWS vormde voor EZK in april 2018 aanleiding tot een heroriëntatie op de toekomst van nucleair onderzoek in Nederland. Onderdeel daarvan is het onderzoeksprogramma van NRG dat gefinancierd wordt door het ministerie van EZK. Op 12 februari 2019 heeft de Externe Beoordelingscommissie, die het ministerie en NRG adviseert over dit programma, NRG verzocht een visiedocument voor de nucleaire kennisinfrastructuur op stellen als basis voor onder andere het NRG onderzoeksprogramma na 2020.

Met inachtneming van de nog niet uitgewerkte opties van de Hoog Ambtelijke Werkgroep motiveert NRG in dit document het nut en de noodzaak voor het (met publieke middelen) investeren in Nederlands nucleair onderzoek. Het resultaat geeft een visie op de perspectieven en kansen van

een adequate nucleaire kennisinfrastructuur voor onder meer de energietransitie en de nucleaire gezondheidszorg. Deze visie kan gebruikt worden om:

- Een vervolg te geven aan beleidsvorming op de gebieden nucleaire geneeskunde, kernenergie en nucleaire technologie.
- Financiering van programma's te beargumenteren waarmee de Nederlandse nucleaire competenties op deze terreinen voor de komende jaren zeker worden gesteld.

Bij het schrijven van dit document is een aantal experts op het gebied van energie en gezondheid binnen Nederland geconsulteerd. NRG draagt verantwoordelijkheid voor de inhoud van dit document.

Samenvatting

Nederland staat aan de vooravond van een belangrijke keuze: in hoeverre investeren wij als samenleving in de toekomst van onze nucleaire sector? De uitkomst van de politieke besluitvorming hieromtrent heeft grote invloed op de keuzemogelijkheden van onze kinderen en kleinkinderen.

In dit document zal NRG motiveren dat nú investeren in nucleaire kennis en kunde betekent dat er stráks meer alternatieven zijn voor het beantwoorden van cruciale vraagstukken.

- Meer mogelijkheden om onze energie-behoefte veilig en klimaatneutraal in te vullen.
- Grotere kans op doorbraken in de nucleaire gezondheidszorg met een betere kwaliteit van leven als gevolg.
- Veilig blijven bedrijven van nucleaire faciliteiten.
- De nucleaire sector zal bijdragen aan het behoud van hoogwaardige werkgelegenheid.

Het is een gegeven dat nucleair onderzoek bijdraagt aan goede perspectieven voor de geschetste ambities. Een belangrijk deel van dit onderzoek vindt plaats bij NRG en TU Delft waarbij optimaal de synergie kan worden gevonden omdat NRG en TU Delft in veel opzichten complementair zijn. Echter terwijl de ambities enorm zijn, neemt de bereidheid om te investeren in nucleair onderzoek af. Dat is in Nederland zo en ook daarbuiten. Het International Energy Agency publiceert de ontwikkeling van energie-

researchbudgetten. In 2019 is een rapportage verschenen van alle IEA-landen. De meeste EU-landen zijn ook lid van de IEA.

In een aantal Europese IEA-landen is een teruggang van nucleaire onderzoeksbudgetten waarneembaar. Ook Nederland laat een forse teruggang van de budgetten voor nucleair onderzoek zien, zowel in absolute als in relatieve zin.

Er is een directe relatie tussen de gepleegde investeringen in kennis en infrastructuur en de spin-off die dat oplevert. De neerwaartse trend van de afgelopen dertig jaar steekt scherp af tegen de ambities op de gebieden energie en gezondheidszorg. Die zijn immers uitsluitend te realiseren door blijvend extra te investeren in nucleaire technologie voor energie en medische toepassingen.

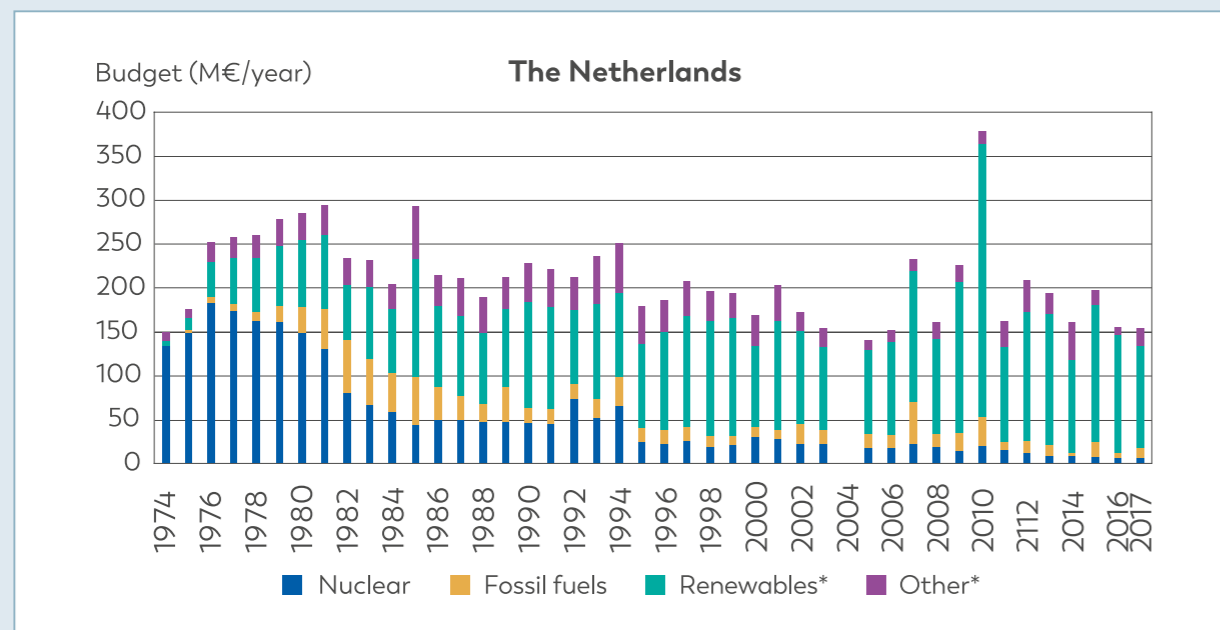
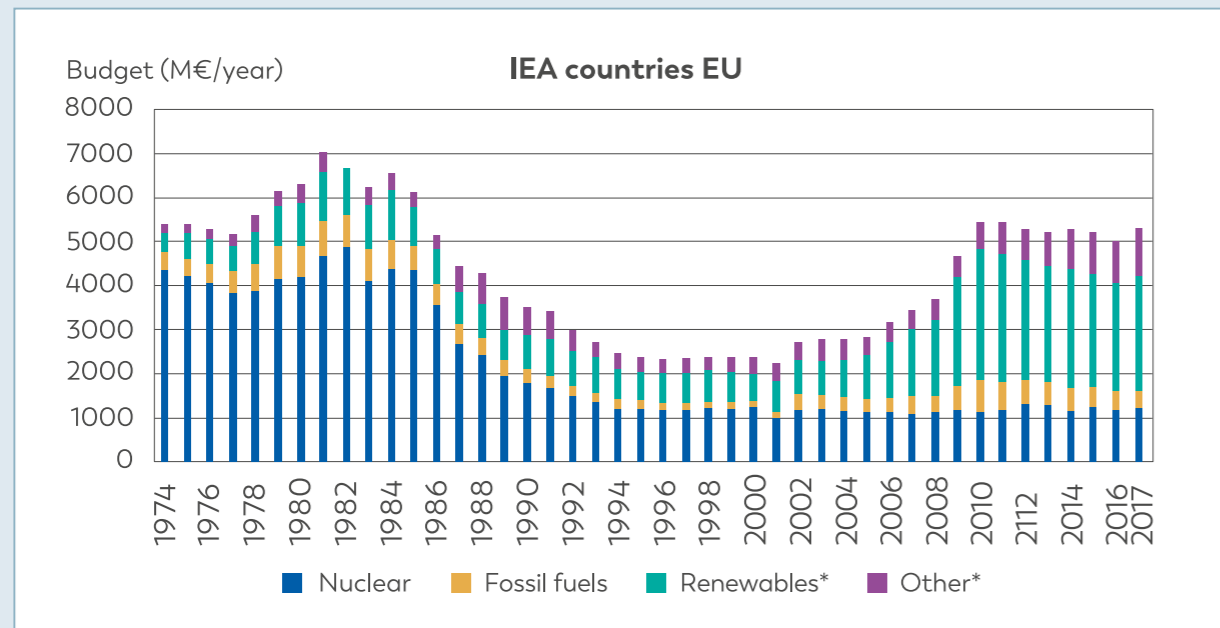
Ontwikkeling van de onderzoeksbudgetten voor de verschillende energietechnologieën in de EU landen die aangesloten zijn bij de IEA en Nederland in de periode 1974-2017.

De ontwikkeling in Nederland (onder) toont een relatief forse afname voor kernenergie in vergelijking met de rest van de EU.

Een aantal categorieën is hier geclusterd:

* Renewables = Renewables/Hydrogen and fuel cells/Energy Efficiency

* Other = Other power and storage technologies & Other cross-cutting technologies/research & Unallocated



GEEF NUCLEAIRE TECHNOLOGIE DE AANDACHT DIE ZIJ VERDIENT

Nucleair onderzoek dient zowel de energie-sector als de nucleaire gezondheidszorg. Vanuit de filosofie dat we bestaande verworvenheden op deze gebieden willen behouden, is het verstandig om alle opties open te houden. Zeker met het oog op de komst van PALLAS en de kansen die dat oplevert voor de energietransitie en de ontwikkeling en productie van nieuwe medische isotopen. De onderzoeksagenda moet komende jaren in feite al voorsorteren op deze nieuwe situatie.

In nucleair onderzoek komt maatschappelijk belang samen dat door verschillende ministeries wordt behartigd. Reden genoeg om het nucleair onderzoek in Nederland in een integrale overheidsvisie vast te leggen waarin de belangen van verschillende ministeries samenkomen. Een onderzoeksprogramma gericht op versterking van de nationale nucleaire keten dat rekening houdt met een groeiscenario voor de toekomst. Immers, klimaat- en energieproblematiek, een vergrijzende bevolking met oplopende zorgkosten zullen nucleair-technologische oplossingen zeer relevant maken.

Noodzakelijk zijn versterking van de nucleaire kennisbasis en het verder opbouwen van essentiële onderzoeksdisciplines. Voor de verdieping en versterking van disciplines ter ondersteuning van kernenergie gaat het om:

- **Bestralingstechnologie;** het ontwerpen van bestralingsfaciliteiten voor innovatieve materialen en splijtstoffen voor veilige kernenergie en nieuwe generaties reactoren.
- **Nucleaire modellering;** simulatie- en evaluatietechnieken voor bestaande en nieuwe (geavanceerde) reactoren.
- **Omgaan met productie- en R&D-faciliteiten** voor energiegerelateerd onderzoek.

Wat betreft de ondersteuning van de nucleaire gezondheidszorg gaat het om:

- **Processingtechnologie;** het bewerken van radioactieve materialen.
- **Bestralingstechnologie;** het ontwerpen van bestralingsfaciliteiten voor innovatieve materialen en splijtstoffen voor veilige en efficiënte productie nucleaire geneesmiddelen.
- **Omgaan met productie- en R&D-faciliteiten** voor de ontwikkeling van nucleaire geneesmiddelen.
- **Stralingsbescherming ten behoeve van personeel en patiënt** bij de productie en toepassing van nucleaire geneesmiddelen.

Uit de nationale visie op onderzoek voor nucleaire energie en de nucleaire medische positie van ons land moeten financieringsmogelijkheden en budget voortkomen om te kunnen investeren in:

- de nucleaire competenties van Nederlands WO-, HBO- en MBO-geschoold personeel. Zij moeten de nieuwe generatie breed inzetbare nucleaire kenniswerkers gaan vormen.
- het in goede staat houden van bestaande nucleaire onderzoeks-infrastructuur, met name radiologische laboratoria en hot cell faciliteiten.
- het ontwikkelen, bouwen en bedrijven van state of the art onderzoeksfaciliteiten.
- het ondersteunen van medische productontwikkeling in samenwerking met universiteiten, academische ziekenhuizen, partner onderzoeksinstituten, start-ups en farmaceutische industrie.

Recentelijk hebben internationale nucleaire organisaties bij de overheden, verzameld bij de 'Clean Energy ministerial meeting', een oproep gedaan om publieke investeringen in nucleaire R&D in 5 jaar te verdubbelen (pagina 34). Ons land kan dan zijn compe-

tenties onderhouden én verder ontwikkelen. Dat zal leiden tot sterke economische en maatschappelijke resultaten waarmee we de investeringen ruimschoots zullen terugverdienen.

INVESTEER NU IN DE TOEKOMST!

1. Formuleer een integraal beleid voor nucleair onderzoek.
2. Investeer substantieel in nucleair onderzoek.

Inleiding

De Nederlandse nucleaire sector behoort op dit moment tot de wereldtop. Die toppositie werd bereikt door het intensief benutten van beschikbaar budget, mankracht en infrastructuur. De Nederlandse nucleaire sector heeft grote verworvenheden voor onze samenleving voortgebracht.

De toepassingsmogelijkheden van nucleaire kennis en kunde zijn bijna eindeloos. Het gaat van medische toepassingen naar materiaal-kunde en van energieopwekking naar voedingsmiddelentechnologie en ruimtevaart.

Om al deze mogelijkheden veilig te kunnen benutten, zijn slimme, creatieve en vaardige mensen nodig. Dat gebeurt in Nederland op zeer efficiënte wijze. Het is van cruciaal belang om hun competenties te onderhouden, te versterken en zeker te stellen. Immers, in de toekomst zal het belang van nucleaire technologie alleen maar toenemen.

Een sterk onderzoek- en ontwikkelprogramma is hiervoor de basis. De nucleaire sector in ons land werkt daar elke dag keihard aan, de steun van een betrokken overheid is daarbij randvoorwaardelijk.

HISTORISCHE ONTWIKKELING

Al vóór de Tweede Wereldoorlog werd in ons land een eigen nucleair programma voorbereid. Na 1945 maakte Nederland volop gebruik van de mogelijkheden van de Amerikaanse Marshall-hulp en het Atoms for Peace-initiatief. In 1956 werd in Amerika door de stichting Fundamenteel Onderzoek

der Materie (FOM) een kernreactor met een hoge neutronendichtheid (hoge flux) besteld en startte het onderzoek naar materialen en splijtstoffen voor een eigen nucleair energie-programma.

Vreedzame kernenergie was in die tijd dé belofte voor de toekomst. Ons land stond lange tijd in de technologische voorhoede. Denk aan de Hoger Onderwijs Reactor (HOR), de ontwikkeling van een eigen kern-centrale (Dodewaard), de KEMA Suspensie Test Reactor en de ultracentrifugetechnologie voor de verrijking van splijtstof. In latere jaren ontstonden ook tal van niet-voorspelde verworvenheden. Vruchten die we zonder de durf en de visie uit de jaren vijftig nu niet zouden kunnen plukken. Wie had in 1961 na de bouw van de Hoge Flux Reactor (HFR) durven voorspellen dat Nederland vandaag de dag wereldmarktleider voor de productie van nucleaire medicijnen zou zijn?

Naast deze in het oog springende activiteit zijn er nog tal van minder bekende diensten en producten ontwikkeld met eveneens groot internationaal aanzien. Zo was de HFR cruciaal voor de verlenging van de levensduur van kernreactoren in het Verenigd Koninkrijk. Daardoor werd in dat land de continuïteit van de CO₂-vrije elektriciteitsproductie gewaarborgd.

Zonder de bijdrage van NRG met, onder meer, de bestraling van halfgeleidermaterialen in de HFR was het succes van de hybride auto niet mogelijk geweest. Erkenning van het belang van Nederland op het internationale toneel kwam in 2014. Dat jaar stond Nederland met het gastheerschap van de Nuclear Security Summit in Den Haag in de spotlight van de internationale politiek.

Trends en ontwikkelingen op terreinen als energie, gezondheid, ruimtevaart en materiaalonderzoek laten zien dat we ook in de toekomst ons voordeel kunnen blijven doen met de nucleaire basis en de infrastructuur die na 1950 werden aangelegd.

Ons nucleaire landschap floreert

We staan er op dit moment goed voor in Nederland, we zijn wel op een cruciaal punt aangekomen voor wat betreft investeren in de toekomst.

Medio 2017 deed de hoogambtelijke werkgroep Nucleair Landschap verslag aan het (demissionaire) kabinet Rutte II. Het betrof een 'momentopname' van het nucleaire landschap in Nederland. Naast het maken van deze 'foto', bracht de werkgroep ook de beleidsopties voor de toekomst in beeld.

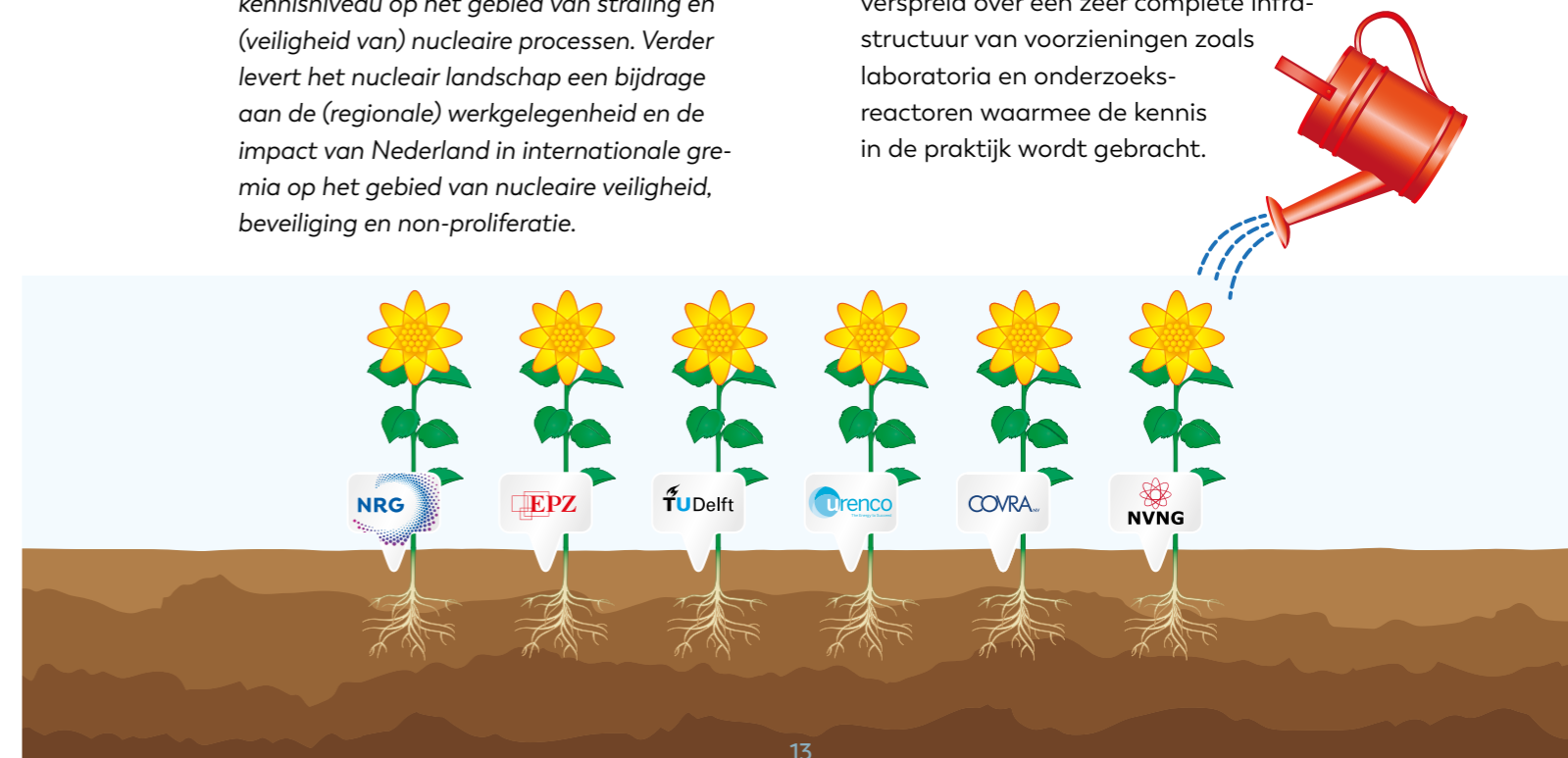
Letterlijk rapporteerde de werkgroep:

Het nucleaire landschap kent de functionaliteiten (= toepassingen) energie, medisch en onderzoek waarmee de volgende (publieke) belangen worden gediend: een CO₂-arme energievoorziening, voorzieningszekerheid van medische radio-isotopen en een hoog kennisniveau op het gebied van straling en (veiligheid van) nucleaire processen. Verder levert het nucleair landschap een bijdrage aan de (regionale) werkgelegenheid en de impact van Nederland in internationale gremia op het gebied van nucleaire veiligheid, beveiliging en non-proliferatie.

VERWORVENHEDEN VOOR NEDERLAND

Het verhaal achter deze 'foto' is het decennia-lang cultiveren van een nucleaire voedingsbodem met unieke **kennis en kunde**. Op deze 'humuslaag' floreert daardoor vandaag de dag een nucleaire industrie die zich meet met de beste in de wereld.

De **kennis** zit in een intensieve, vitale gemeenschap van wetenschappers, onderzoekers en ontwikkelaars bij technische universiteiten en onderzoeksinstituten. De **kunde** vind je verspreid over een zeer complete infrastructuur van voorzieningen zoals laboratoria en onderzoeksreactoren waarmee de kennis in de praktijk wordt gebracht.





De vakgroepen van het Reactorinstituut Delft van de **TU Delft** en de **Hoger Onderwijs Reactor** (RID en HOR) zijn opleider en leverancier van kennis en competenties die bijdragen aan nucleaire energie en geneeskunde.

Bij **NRG** brengen hoogopgeleide werknemers met hun voorzieningen en collega-organisaties de nucleaire technologie in de praktijk. De Hoge Flux Reactor (HFR) functioneert daarbij als het werkpaard dat de gezamenlijke nucleaire kennis, creativiteit en kunde in beweging brengt. Het resultaat van dit toegepast onderzoek: oplossingen en grondstoffen voor de nucleaire geneeskunde en veilige, klimaatneutrale kernenergie. Plus bijdragen aan technologische ontwikkeling in andere innovatieve sectoren zoals halfgeleiders.

Hieronder noemen we nog enkele aansprekende verworvenheden:

- Ons land neemt inmiddels een onmisbare positie in op het gebied van radiofarmacie. Iedere dag zijn wereldwijd 30.000 patiënten voor hun **nucleair-geneeskundige behandeling** afhankelijk van radiologische geneesmiddelen en diagnostische hulpmiddelen die bij NRG en haar farmaceutische partners zijn gemaakt. Alleen al in ons eigen land vinden hiermee ieder jaar 400.000 medische verrichtingen plaats die worden uitgevoerd door zo'n 200 nucleair-geneeskundigen. Zij zorgen op individueel patiëntniveau voor diagnose en therapie bij ernstige ziektes als kanker.

- De kerncentrale Borssele van **EPZ** staat na 45 jaar veilige bedrijfsvoering nog steeds in de top 25 procent veiligste water-gemodereerde kerncentrales van de westerse wereld (Amerika, Canada en West-Europa). De kerncentrale heeft een beschikbaarheid van zo'n 85 procent en heeft sinds 1973 150 TWh klimaatneutrale stroom opgewekt. Dat is meer dan de helft van alle klimaatneutrale stroom die ooit in ons land is gemaakt.
- **Urenco**, uitvinder en toepasser van de ultracentrifuge-technologie, verrijkt in Almelo splijtstoffen voor vreedzaam gebruik in kerncentrales over de hele wereld. Urenco verkeert in een zeer profijtelijke technische voorhoede en maakt een waardevol onderdeel uit van de internationale nucleaire gemeenschap. Export levert de Nederlandse staat ieder jaar 120 miljoen euro aan dividend op. Naast splijtstof voor kernenergie komen uit Almelo ook nucleaire grondstoffen zoals isotopen voor medische en de industriële toepassingen (molybdeen, iridium).
- In Nederland hebben we door oplossingsgericht overheidsbeleid en intensieve samenwerking binnen de nucleaire sector goede oplossingen voor radioactief afval. Wij staan met afvalorganisatie **COVRA** met de interim-berging HABOG volop in de internationale belangstelling.

IN STAND HOUDEN VERWORVENHEDEN

Na zeventig jaar nucleair onderzoek zijn we als samenleving resultaten en verworvenheden als vanzelfsprekend gaan ervaren. Daarom is het goed om te beseffen dat ze allesbehalve vanzelfsprekend zijn. Twee voorbeelden die volop actueel zijn:

Kernenergie

Draagt internationaal belangrijk bij om de CO₂-doelstelling te halen en kan daarom niet ontbreken in de energie-mix. Eind mei 2019 publiceerde het Internationaal Energie Agentschap (IEA) in Parijs hierover een nieuw rapport. De conclusies zijn duidelijk: zonder kernenergie wordt het vrijwel onmogelijk en zeer duur om de klimaatdoelstellingen van Parijs te halen.* Naarmate het klimaatprobleem urgenter wordt en de kosten van de transitie toenemen, zal het draagvlak voor kernenergie groter worden. Het is dus goed om als Nederland de zekerheid te hebben dat we CO₂-vrije kernenergie kunnen opschalen. Ons land bezit daarvoor een nucleaire infrastructuur die nagenoeg alle aspecten van de kernenergie afdekt (zie rapport "Nucleaire kennisinfrastructuur in Nederland", Technopolis, 2016). Ook het verleden laat zien dat kernenergie relatief makkelijk kan worden opgeschaald. Dit gebeurde in de westerse wereld bijvoorbeeld als reactie op de oliecrisis van begin jaren '70 in de vorige eeuw. Opschalen vanwege urgente omstandigheden is ook nu weer goed mogelijk.

*www.iea.org/newsroom/news/2019/may/steep-decline-in-nuclear-power-would-threaten-energy-security-and-climate-goals.html

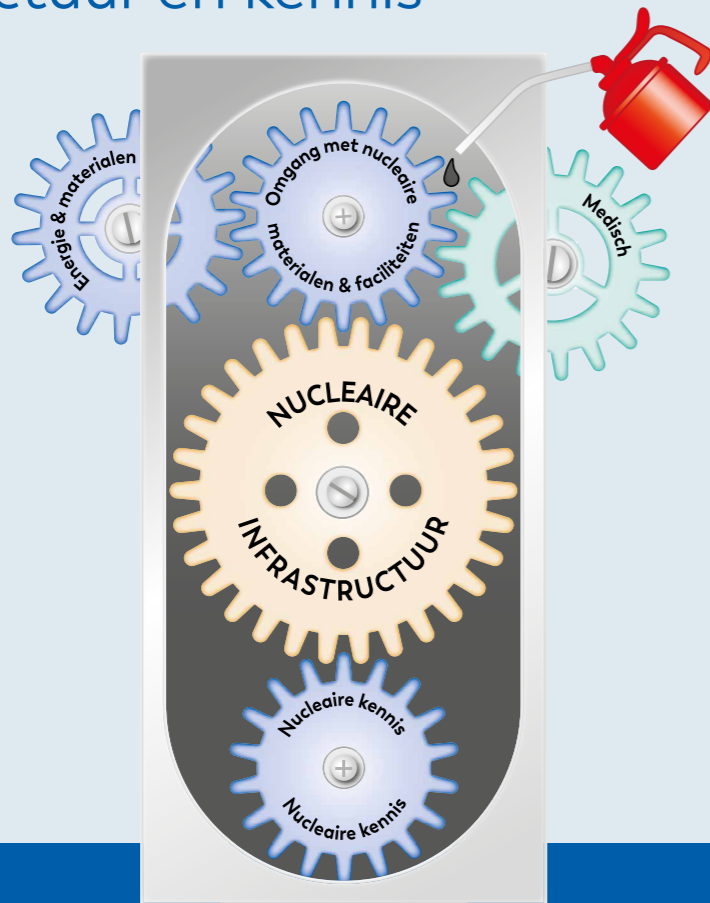
Nucleaire geneeskunde

Het is goed om te beseffen dat de nucleaire geneeskunde nog een betrekkelijk jonge discipline is. Vooral kankerbestrijding staat hoog op de maatschappelijke agenda. Het gebruik van medische isotopen voor therapeutische toepassing bij kanker, is zeer veelbelovend en het einde is nog niet in zicht. Onze welvarende en vergrijzende bevolking zal sterk profiteren van elke investering in deze ontwikkelingen.

Om dit alles waar te kunnen maken, moeten we echter wel de huidige kennisbasis minimaal behouden en versterken. Dat kan alleen met de instroom van nieuwe jonge mensen die verder willen bouwen op wat de vorige generaties hebben ontdekt, ontwikkeld en gerealiseerd. Zij zullen nieuwe ongekende mogelijkheden van nucleaire technologie ook weer meenemen naar hún toekomst. Zo behouden we datgene dat nu floreert en bestendigen we onze rol in de nucleaire wereld-top tegenover opkomende (verre) buitenland zoals China. Met hun nieuwe nucleaire kennis en ervaring om infrastructuur zoals de HFR en in de toekomst PALLAS veilig en efficiënt te benutten, stellen we deze toekomst veilig. Zo behouden we waardevolle werkgelegenheid en inkomsten voor Nederland.

Bovendien voorkomen we een al te grote afhankelijkheid van het buitenland ten aanzien van de beoordeling van ontwikkelingen, gebeurtenissen en de ontwikkeling van regelgeving en toetsingskaders.

Tandwielkast van de nucleaire infrastructuur en kennis



De nucleaire versnellingsbak

De basis voor het onderste tandwiel van deze machine 'Nucleaire kennis' werd gelegd in het midden van de vorige eeuw. In 1946 werd de stichting Fundamenteel Onderzoek der Materie opgericht, de voorloper van de NWO (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek).

Het middelste tandwiel 'Nucleaire infrastructuur' stamt uit de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw. Want onderzoek heeft een praktische infrastructuur nodig om tot resultaten te komen. De Lage en de Hoge Flux Reactoren werden gebouwd, de Hoger Onderwijs Reactor plus de benodigde labs waarin voor- en nabestralingsonderzoek kon worden gedaan.

De twee tandwielen begonnen in de jaren zestig te draaien en het bovenste tandwiel 'Omgang met nucleaire straling en faciliteiten' (hands-on ervaring) kwam op gang. De overheid stimuleerde de werking door te subsidiëren, te promoten en de machine van maatschappelijke kaders te voorzien. Daardoor konden er na verloop van tijd andere tandwielen op worden aangesloten.

Van sommige tandwielen konden we niet bevroeden welke dat zouden zijn. We vonden ze pas mettertijd uit. Denk maar aan de ultracentrifugetechnologie en aan de medische isotopen, inmiddels één van de belangrijkste tandwielen in de machinerie.

Het geheel moet worden gesmeerd en onderhouden, soms moet je iets vervangen. De HFR door PALLAS bijvoorbeeld. Echter, je kunt geen enkel tandwiel laten vervallen, dan functioneert de versnellingsbak niet meer. Daar staat tegenover dat als wij er in slagen deze versnellingsbak in conditie te houden, de uitbreidingsmogelijkheden legio zijn....

Continueren én intensiveren

De hoogambtelijke werkgroep Nucleair Landschap sluit medio 2017 zijn 'momentopname' af met een drietal scenario's voor de toekomst van het nucleaire landschap: afbouwen, continueren of intensiveren. De keuze van een scenario moet door de politiek nog worden gemaakt. NRG geeft haar visie.

In 2013 formuleerde de minister van Economische Zaken de beleidsdoelen voor het nucleaire overheidsonderzoeksprogramma.

- Het waarborgen en continue verbeteren van nucleaire veiligheid;
- Het vinden van oplossingen voor radioactief afval;
- Het beschermen van mens en milieu tegen ioniserende straling (stralingsbescherming);
- Het realiseren van CO₂-arme energievoorziening;
- Ontwikkeling van nieuwe technieken en competenties ten dienste van de nucleaire kennisinfrastructuur.

Inmiddels maakt ook het domein 'nucleaire gezondheidszorg' een niet meer weg te denken onderdeel uit van de nucleaire kennis en kunde in ons land. Nucleair-medische beleidsdoelen en bijbehorende financiering ontbreken vooralsnog.

Ondanks dit, functioneert de nucleaire sector op dit moment als een geolied stelsel van elkaar stimulerende domeinen. Het ene domein drijft het andere aan, het geheel is

daardoor efficiënt en dynamisch. Ook het domein 'nucleair medisch' is onderdeel van dit stelsel. Haal je één domein weg (of loopt het door gebrek aan 'olie' vast) dan functioneert de sector als geheel niet meer. Ook dat wordt door de hoogambtelijke werkgroep onderschreven.

Wel zou je kunnen zeggen dat met de huidige manier van financieren van de onderzoeksprogramma's er 'verdunding' optreedt. Geld dat bestemd is voor bovenstaande opsomming, drijft (onbedoeld en ongepland) mede ook het domein 'nucleair medisch' aan.

DE TREND IS NEERWAARTS

Subsidie voor nucleair onderzoek neemt in ons land al jaren af. Dit gaat ten koste van de nucleaire competenties van Nederland. NRG heeft zich bijvoorbeeld teruggetrokken uit kernfusie-onderzoek en onderzoek naar Hoge Temperatuur Reactoren naar beneden bijgesteld. Als de nucleaire competenties niet toenemen, zal ook de werking van de nu draaiende nationale 'nucleaire motor' gaan haperen. De kennisbasis bij NRG hangt immers samen met de andere onderdelen van het nucleaire landschap in Nederland.



Tijdens zijn stage wist Alex al dat hij wilde blijven. Inmiddels heeft hij de opleiding laboratorium- en procestechniek afgerond en werkt hij alweer 3 jaar bij Urenco.

“Ik realiseer me heel goed dat het een bijzonder bedrijf is. Juist omdat het zo uniek is, ben ik er trots op er te mogen werken. Daarnaast durf ik elke discussie over nut en noodzaak van kernenergie aan. Ik zie hoe schoon het is en maak me volstrekt geen zorgen over de veiligheid. Als er ergens veilig wordt gewerkt, is het wel bij Urenco. Wat we hier doen is uranium, gekoppeld aan hexafluoride (UF_6), verwarmen tot het gasvormig is en dan in onze centrifuges verrijken. Na verrijking heb je 2 stromen: een verarmde en een verrijkte stroom. Het uranium dat we verrijkt hebben gaat naar kerncentrales. Daarnaast maken we ook medische isotopen, die uiteindelijk in ziekenhuizen worden gebruikt bij onderzoek of de bestrijding van kanker.”

ALEX GOUDSWAARD
Operator Urenco

CONTINUEREN ÉN INTENSIVEREN

Om de energie- en gezondheidsvraagstukken in de nabije toekomst te kunnen oplossen, moeten we nú investeren. Nucleaire ervaring wordt niet achter het bureau, maar in de praktijk opgedaan. Door daadwerkelijk met nucleaire technologie en materialen om te gaan. Qua infrastructuur biedt Nederland bestaand en nieuw talent nog altijd unieke mogelijkheden.

Om bestaand nucleair talent vast te houden en een nieuwe talentvolle generatie aan Nederland te kunnen binden, moet het onderzoeksprogramma versterkt worden. Je ziet nu al in het medisch domein dat aanvullende financiering noodzakelijk is om verdere stappen te kunnen zetten. Denk onder meer aan de bouw van het

FIELD-LAB in Petten, een broedplaats voor de ontwikkeling van nieuwe nucleaire geneesmiddelen. Dit initiatief zou zonder (Europese) overheidsfinanciering en bijdragen van deelnemende partijen niet van de grond zijn gekomen.

Met andere woorden:

- met de huidige ‘traditionele’ overheidsfinancieringsbronnen kan de basis intact worden gehouden.
- met aanvullende middelen kan er worden opgeschaald en zal de komende generatie nieuwe mogelijkheden in maatschappelijk voordeel kunnen omzetten.

Als er iets is wat de afgelopen decennia ons hebben geleerd, dan is het wel dat iedere investering in de nucleaire sector zich ruim zal terugbetalen.

Scenario's voor de toekomst

Door blijvend en substantieel te investeren in nucleair onderzoek, blijft ons land aangehaakt bij toekomstige ontwikkelingen. Enkele randvoorwaarden zijn daarvoor noodzakelijk.

KERNENERGIE

'Nooit eerder blies de mensheid zoveel CO₂ de lucht in als in 2018. Nooit eerder gebruikte de wereld zoveel energie. Het energieverbruik nam het afgelopen jaar in een versneld tempo toe: de jaarlijkse toename was de grootste van het huidige decennium.'

Dit citaat komt uit NRC-Handelsblad van eind maart 2019. De krant bericht over het alarmende rapport van het Internationaal Energieagentschap IEA. 'De statistieken laten zien dat de wereld ruim drie jaar na het VN-klimaat-akkoord van Parijs niet meer op weg is om afscheid te nemen van fossiele brandstoffen.'

In Parijs is afgesproken de uitstoot van CO₂ ten opzichte van 1990 met 95% te reduceren. Dat lukt alleen als we afscheid nemen van fossiele brandstoffen door over te schakelen op (nagenoeg) CO₂-vrije energie-conversie-technologieën. De toegenomen vraag naar energie is de laatste decennia voor een deel ingevuld met wind- en zonne-energie. Maar het aandeel fossiele brandstoffen van het totale energie-aanbod is de afgelopen drie decennia stabiel gebleven op 80%. Wie de (klimaat)uitdaging serieus neemt, beseft dus ook dat we kernenergie nodig hebben. Want kernenergie is een bewezen technologie die structureel leert van haar fouten en daardoor steeds veiliger CO₂-arme energie levert.

Ook de Europese Unie onderschrijft de rol van kernenergie als de belangrijkste bron van CO₂-vrije elektriciteit. In een recent policy-paper (november 2018) beschrijft zij de combinatie van wind/zon met kernenergie als de 'backbone' voor de opwekking van elektriciteit. In Europa is kernenergie nu goed voor ruim 25% van de elektriciteitsproductie; voor de verdere toekomst wordt gerekend met 15% kernenergie. Dat betekent, gegeven de stijgende vraag naar elektriciteit, minimaal de instandhouding en langer openhouden van de bestaande 180 kerncentrales in Europa (160.000 MW geïnstalleerd vermogen). Echter, naarmate we 2050 naderen zullen er ook nieuwe kerncentrales moeten worden opgestart. Bestaande kerncentrales komen aan het eind van hun technologische levensduur en Duitsland, Zwitserland en België zullen bij ongewijzigd beleid na 2022-2030 stoppen met kernenergie.

Tegelijkertijd zal de energietransitie gepaard gaan met vergaande elektrificatie. Toonaangevende internationale organisaties als het International Energy Agency (IEA) en het IPCC-klimaatpanel wijzen bij herhaling op het belang van de bijdrage van kernenergie aan het energie-portfolio van de toekomst. Eén van de sustainable development goals van de Verenigde Naties is de beschikbaarheid van elektriciteit voor iedere wereldburger.

'Kernenergie maakt een CO₂-vrije energievoorziening stabiel en betaalbaar en houdt ons land leefbaar.'



Daniëlle heeft in 2001 de HBO-opleiding Medische Beeldvormende en Therapeutische Technieken afgerond.

“Ik ben gefascineerd door nucleaire technologie. Na dertien jaar als radiologisch werker in een ziekenhuis te hebben gewerkt, wilde ik mijzelf verder ontwikkelen en maakte de overstap naar de industrie. Nu werk ik alweer acht jaar bij kerncentrale Borssele van EPZ. Nucleaire technologie is een noodzaak. Het is een belangrijk onderdeel van het stellen van een goede medische diagnose. Dat kan vaak niet zonder isotopen of Röntgentechnologie. En voor onze energievoorziening kunnen we ook niet zonder nucleair omdat het de enige grootschalige en weersafhankelijke klimaatneutrale energiebron is.”

DANIËLLE DE SCHIPPER
Stralingsdeskundige N.V. EPZ

Zonder toegang tot energie kunnen mensen zich onvoldoende ontwikkelen. Tegelijk verwachten we dat de wereldbevolking zal groeien van 7 miljard nu naar 11 miljard in 2100. Daardoor zal de vraag naar elektriciteit wereldwijd toenemen van 19% van de totale energie vraag in 2017 naar 25% in 2040. Dat maakt de uitdaging nóg groter.

Leveringszekerheid, economie en ecologie: ook in Nederland argumenten voor kernenergie

Als de enige kerncentrale in Borssele op 1 januari 2034 sluit, gaan we van ongeveer 4% kernenergie terug naar nul. Bedenk dat in de tussentijd de vraag naar elektriciteit stijgt, we nog steeds voor 80% steenkolen en gas gebruiken en intussen we ook het relatief klimaatvriendelijke Groningse gas afbouwen. Het aandeel CO₂-arme bronnen moet enorm opgeschaald worden; een opgave die om de inzet van alle klimaatneutrale energie-opties vraagt.

De energietransitie heeft dus ook voor Nederland grote consequenties en onzekerheden. Er zijn daarom steeds meer partijen die de rol van kernenergie in de (Nederlandse) energiemix in 2050 willen beschouwen. Een van de overwegingen is dat schaarste of een onderbreking in de elektriciteitsvoorziening enorme gevolgen heeft in onze hoogtechnologische samenleving. Leveringszekerheid is essentieel. Met specifieke toepassingen van kernenergie kunnen fluctuaties in het aanbod uit zon en wind soepel worden opgevangen zonder het klimaat te belasten. Met kernenergie als ‘load following’ technologie waarborgen we de continuïteit en stabiliteit van elektriciteitsproductie.

Ook uit economische overwegingen is ‘load following’ met kernenergie een goede keuze. Berekeningen door de OESO laten zien dat een systeem waarbij in 2030 75% van de elektriciteit opgewekt wordt door zon en wind tot grote inefficiënties leidt.

Het is ook in dit opzicht veel efficiënter om zon en wind te combineren met regelbare kernenergie. We hebben in ons land een uitstekend distributie-netwerk dat kan zorgen voor optimale inbedding van kernenergie in

combinatie met intermitterende bronnen, zoals zon en wind.

Tenslotte zijn er nog landschappelijke en ecologische overwegingen. Ruimte in Nederland is schaars en de natuur staat onder grote druk. Verdere uitbouw van wind en zon zal die druk alleen maar vergroten.

Kernenergie neemt weinig ruimte in. De kerncentrale Borssele produceert op slechts enkele hectaren 24 uur per etmaal net zo veel elektriciteit als vele honderden windturbines op een winderige dag. Ook voor het energie-intensieve en dichtbevolkte Nederland biedt kernenergie dus goede perspectieven.

Potentie voor de toekomst

Stel dat we besluiten dat kernenergie met 20% moet gaan bijdragen aan de toekomstige CO₂-vrije elektriciteitsvoorziening. Dan zijn er twee of drie kerncentrales nodig met een gezamenlijk vermogen van 3000 MWe. De vergunningverlening en bouw van moderne lichtwaterreactoren (LWR) nemen ruim 10 jaar in beslag. Nederland zou dus al vanaf 2030 over dit kernenergievermogen kunnen beschikken. Bij het ontwerp en de bouw van nieuwe kerncentrales kan Nederland zijn voordeel doen met de kennis en ervaringen uit Engeland, Frankrijk en Finland.

De mogelijkheden van kernenergie reiken verder dan elektriciteit alleen. Kerncentrales kunnen ook voorzien in de behoefte aan CO₂-vrije proceswarmte voor de industrie en restwarmte voor het verwarmen van de gebouwde omgeving. Ook aan deze warmtevraag kan kernenergie binnen enkele decennia een belangrijke bijdrage leveren. Denk aan de introductie van Small Modular Reactors (SMR). Dat is een generieke benaming voor verschillende kernreactoren met een vermogen tot circa 300 MWe. Een aantal daarvan is gebaseerd op de technologie van een lichtwaterreactor zoals de kerncentrale in Borssele.

Een ander voorbeeld zijn de hoge temperatuur gasgekoelde reactoren (High Temperature Reactor, HTR). Ons land heeft de afgelopen decennia in belangrijke mate bijgedragen aan de ontwikkeling van materialen en brandstoffen voor de HTR. In China wordt een HTR

gebouwd en ook in de Verenigde Staten wordt de technologie verder ontwikkeld. Deze relatief kleine, zeer veilige systemen zijn een bron voor CO₂-vrije elektriciteit en hoge kwaliteit warmte voor de procesindustrie.

Kenmerkend voor deze reactoren is dat ze makkelijk inpasbaar zijn in de bestaande energie-infrastructuur. Ze zijn klein en modulair uitbreidbaar, waardoor ze makkelijk zijn aan te passen op de energiebehoefte (elektriciteit en/of warmte) op een bepaalde plek. Zelfs 'confectiewerk' is mogelijk. De afzonderlijke standaardonderdelen kan de industrie in serie vervaardigen, waarna ze op de site geassembleerd worden.

Tenslotte zijn er ook goede perspectieven op nieuwe kernenergie-ontwikkelingen. Kernenergie wordt een stuk duurzamer met de uranium-plutoniumcyclus in snelle metaalgekoelde reactoren. Of met de thorium-splijstofcyclus in gesmolten zout reactoren. Deze reactoren zijn veilig, zeer efficiënt met brandstof en maken minder (langlevend) radioactief afval. Onderzoekers van de TU Delft en NRG leveren al vele jaren een belangrijke bijdrage aan het onderzoek naar deze technologieën. De Nederlandse nucleaire infrastructuur en faciliteiten zijn hierbij van onschatbare waarde gebleken. Zodra deze generatie kerncentrales doorbreken, kunnen we zonder overdrijving de werldsamenleving voor vele duizenden jaren voorzien van CO₂-vrije energie.

NUCLEAIRE GENEESKUNDE

In onze welvarende samenleving staat persoonlijke gezondheid op de eerste plaats. Gezondheidszorg wordt gezien als een recht en moet om die reden toegankelijk, betaalbaar en effectief zijn voor ieder individu. De patiënt verwacht de beste behandeling en zijn verwachtingen zijn hoog. De op doorbraken gefocuste medisch-nucleaire samenwerking zal zorgen voor nieuwe mogelijkheden in de toekomst.

Internationaal

Door de toenemende welvaart groeit de wereldbevolking en bereiken mensen een steeds hogere leeftijd. Omdat kanker een typische ouderdomsziekte is, neemt de kankerincidentie (het aantal nieuwe kankergevallen per 100.000 inwoners) toe. De World Health Organization (WHO) voorspelt vanwege de toenemende levensduurverwachting wereldwijd een verdubbeling van de incidentie van kanker.

Hier kan nucleaire technologie bijdragen. Zo ziet de medische specialist nucleaire technologie 'als zijn beste vriend', aldus de Nederlandse Vereniging voor Radiologie. Nucleaire technologie zal ons helpen met een effectieve gezondheidszorg.

Nederland en Europa

De trends die voor de wereld gelden, gelden ook voor ons. Weliswaar zullen de bevolking en de welvaart op ons continent niet spectaculair meer groeien; we worden wél steeds ouder. Alleen al hierdoor zal de vraag naar nucleaire geneeskunde ook in Nederland en Europa toenemen. Daarnaast is het uitdijend aantal nucleaire diagnostische en therapeutische mogelijkheden een belangrijke katalysator voor een groeiende vraag. De ontwikkelingen in de immunotherapie, gentherapie en radiotherapie staan niet stil. Volgens het RIVM verdubbelde de afgelopen 25 jaar in ons land het aantal nucleaire medische verrichtingen van tweehonderdduizend naar vierhonderdduizend.

Individuele behandeling kanker

De trend wijst op een meer gepersonaliseerde vorm van nucleaire geneeskunde. Kanker is een complexe ziekte die per patiënt een andere verschijningsvorm kan hebben. Dat vraagt om een patiëntspecifieke aanpak. De afgelopen decennia zijn er grote doorbraken geweest in de ontwikkeling van moleculen die zich hechten aan specifieke kankercellen. Door aan deze moleculen diagnostische isotopen te verbinden, kan zichtbaar worden gemaakt waar kankercellen in het lichaam zitten. Opereren is steeds minder vaak nodig.



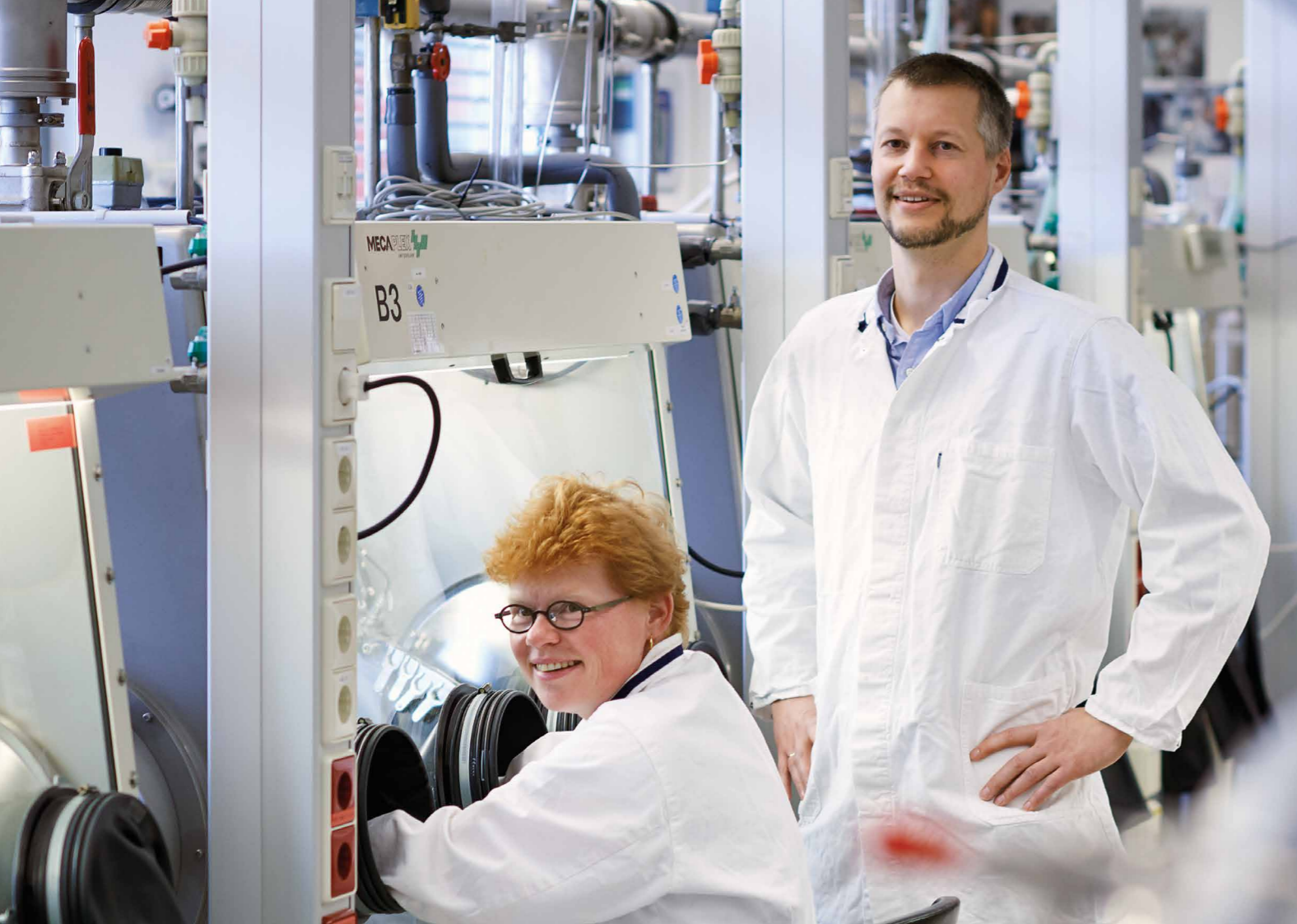
Else studeerde Technische Geneeskunde aan de Universiteit van Twente. Technische Geneeskunde richt zich op de verbeteringen van diagnostiek en therapie in de gezondheidszorg door innovatief gebruik van technologie.

“Ik ben Technisch Geneeskundige in het Antoni van Leeuwenhoek ziekenhuis op de afdeling Nucleaire Geneeskunde. Hier doe ik onderzoek naar de verbetering van kankerdiagnostiek én ben ik betrokken bij de implementatie van nieuwe radioactieve geneesmiddelen.

Met behulp van radioactieve geneesmiddelen kunnen biologische processen in beeld gebracht worden. Zo kunnen we bijvoorbeeld tumoren afbeelden, geneesmiddelen door het lichaam volgen, specifieke receptoren visualiseren en orgaanfuncties beoordelen. Omdat kanker zich anders gedraagt dan normale weefsels, ook bij de opname van radioactieve stoffen, levert dit veel mogelijkheden op voor diagnostische onderzoeken en behandelingen. Met de informatie van nucleaire scans kunnen we de behandeling voor patiënten aanpassen aan het gedrag van hun tumor, wat kan bijdragen aan minder bijwerkingen, goede kwaliteit van leven en een betere overleving.”

ELSE AALBERSBERG

Technisch Geneeskundige, Antoni van Leeuwenhoek ziekenhuis



Na een studie MBO-Levensmiddelen-technologie, werkzaam in de levensmiddelenindustrie en petrochemie, is Jessica alweer 12,5 jaar in dienst bij NRG.

“Ik ben onderzoekslaborant in het Actiniden-laboratorium waar veel onderzoek werd gedaan naar de levensduurverkortung van radioactief afval uit kerncentrales.” Dit onderzoek werd veelal gedaan in samenwerkingsprogramma's gefinancierd vanuit de Europese Unie. Nu NRG voor een koerswijziging staat met de focus op medische isotopen wordt het laboratorium langzaam omgebouwd naar een onderzoeksfaciliteit voor alfa-stralende medische isotopen. “Ook daarin draag ik graag mijn steentje bij.” Nucleaire technologie heeft Jessica gefascineerd vanaf het moment dat dit in de natuurkundeles werd behandeld. “De enorme hoeveelheid warmte die vrijkomt bij kernsplijting en de manier om dit veilig te gebruiken, heb ik altijd erg interessant gevonden. Door nu werkzaam te zijn in de nucleaire wereld heb ik veel geleerd over de energievoorziening nu en in de toekomst. Mijns inziens kan kernenergie daarin een belangrijke rol spelen als grootschalige CO₂-arme energiebron.”

JESSICA BRUIN
Onderzoekslaborant NRG

Een volgende stap is om deze moleculen aan therapeutische isotopen te binden. De moleculen zoeken vervolgens de kankercellen op waarna ze door de isotopen met zeer lokale stralingsschade uitgeschakeld worden. Een belangrijk voorbeeld hiervan is lutetium octreotaat, een dragermolecuul waarmee een bètastraler (lutetium-177) specifieke kankercellen kan aanpakken. Dit middel is inmiddels geregistreerd en commercieel verkrijgbaar. Deze dragermoleculen worden ook onderzocht voor de toepassing van alfastralers (alfa-therapie). Door de precisie ervan ontstaat er minimale schade aan gezonde cellen. Op deze manier wordt een zeer effectieve behandeling van specifieke zieke cellen mogelijk, zonder dat de patiënt ernstige bijwerkingen ervaart. Het goede perspectief van deze methoden is de afgelopen jaren herhaaldelijk bevestigd.

De ontwikkeling van deze moleculen gaat in een hoog tempo door. Inmiddels is al een grote variatie aan nieuwe gepersonaliseerde behandelingen in ontwikkeling. Dat zal leiden tot een enorm portfolio aan nieuwe nucleaire medicijnen voor diagnostiek en therapie van verschillende ziektes. Dit zal weer leiden tot grote mogelijkheden voor behandelingen van specifieke patiënten met een individueel ziektebeeld.

Het 'personalized medicine' staat op het punt van doorbreken. Het zal de behandeling van kanker radicaal veranderen: een maximaal resultaat met minimale bijwerkingen. Ons land met een rijk uitgeruste nucleair-geneeskundige infrastructuur loopt daarin voorop en grote farmaceutische bedrijven beginnen zich te positioneren voor deze radio-farmaceutische (groei)markt.

Nederland kan met gerichte investeringen ook komende decennia vooraan blijven staan bij het ontwikkelen van nieuwe generaties diagnostische 'drager' moleculen en alfa-therapieën. Immers, ook hier geldt dat Nederland op dit moment al de volledige benodigde nucleair-medische ontwikkelingsketen binnen haar landsgrenzen heeft. Alle betrokken organisaties zijn internationaal gerespecteerd en uitstekend gepositioneerd om vanaf het idee,

tot aan de marktimplementatie een doorslaggevende rol te spelen.

Voorhoede

Voor wat betreft de medisch-technische ontwikkelingen kan Nederland in de voorhoede blijven zolang wij blijven bouwen aan de benodigde infrastructuur. Denk aan de productie- en medische voorzieningen PALLAS, FIELD-LAB en het Nuclear Health Center. Maar ook aan de protonentherapie centra in Delft, Groningen, en Maastricht.

Door de inzet van publieke financiële middelen wordt de nucleaire kennisbasis effectiever gecombineerd met medische en technologische ontwikkeling. Dit zal ook leiden tot de versnelde ontwikkeling en marktintroductie van nieuwe nucleaire medicijnen. Hoe meer van dit soort producten op de markt verschijnen, des te meer concurrentie er zal zijn. Dit komt betaalbaarheid ten goede en geeft patiënten en ziekenhuizen de mogelijkheden de beste behandelingsmethode te kiezen. Vanwege concurrentie en beschikbare alternatieven worden de beste behandelingen met nucleaire medicijnen voor het brede publiek bereikbaar en blijven ze betaalbaar.

Nucleair technologische kennisinstellingen en academische medische centra werken nu al nauw samen in FIELD-LAB (Petten) aan een grote variatie aan radio-farmaceutische ontwikkelingen. Er zijn meer samenwerkingen: TU Delft, Urenco en NRG werken aan nieuwe medische isotopen en TU Delft, Erasmus MC en Leiden UMC bundelen hun krachten in Medical Delta. Zij werken met Holland Particle Centre (Holland PTC) aan protonentherapie. Deze zullen nieuwe, concurrerende behandelmethodes mogelijk maken met een groot maatschappelijk en economisch rendement.

De kans op monopolistische prijsstellingen wordt een stuk minder als we met publieke middelen participeren. Publiek-private samenwerking als in het FIELD-LAB voorkomt immers dat de exclusiviteit van nieuwe vindingen in de handen van farmaceutische bedrijven komt te liggen. Als nieuwe vindingen breed beschikbaar komen, heeft de samenleving betere garanties op de betaalbaar-

heid en toegankelijkheid van de nucleaire geneeskunde. Bovendien ontstaat er gezonde concurrentie tussen verschillende behandel-mogelijkheden

Investeren in infrastructuur

Het is een maatschappelijk belang om na de ontwikkeling en introductie van nieuwe nucleaire medicijnen deze snel naar de markt te brengen. Een zo breed mogelijke ontwikkeling van nieuwe nucleaire geneesmiddelen moet leiden tot een betaalbare behandeling van het groeiende aantal patiënten. Dat is ook in het belang van de verdere economische ontwikkeling van Nederland op het gebied van gezondheidszorg, zorgkosten en werkgelegenheid.

Ook ziekenhuizen anticiperen op nieuwe mogelijkheden met infrastructuur als camera's en radio-apotheken. Voor diagnostiek zien we in ziekenhuizen wereldwijd nu al een toename van het aantal beschikbare PET en SPECT-camera's. De beelden die met behulp van nucleaire hulpmiddelen worden gegenereerd (digital imaging) zijn van een steeds betere resolutie. En als de kwaliteit van de diagnostische digitale beelden verder toeneemt, dan wordt de inzet van PET en SPECT-camera's nóg aantrekkelijker. Dat zal de vraag naar de noodzakelijke nucleaire hulpmiddelen dus nog verder aanwakkeren.

Het kunnen hanteren van nucleaire geneeskunde voor een grotere groep patiënten vereist een strategische keuze. Om het benodigde volume te creëren, is het opschalen van de productie van radio-farmaceutische producten noodzakelijk. Er is een uitbreiding nodig van capaciteit en kennis in de productieketen van de nucleaire medicijnen en grondstoffen.

Belang van onderzoeksprogramma's

De kansen zijn dus enorm. Door de (inhoudelijke) complexiteit en tijdsduur van product-ontwikkelingen zijn de uitdagingen dat ook. Voldoende overheidssteun is absoluut noodzakelijk. Daarbij is het van belang dat die strategisch gericht wordt op het ondersteunen van onderzoek en ontwikkeling bij universiteiten en ziekenhuizen, in combinatie met de Nederlandse onderzoeks-infrastructuur van de productie van nucleaire geneesmiddelen. Hier kan nucleaire kennis effectief worden uitgebreid met medische toepassingen. Denk hierbij aan het ontwikkelen van nieuwe isotopen. Of denk aan het kleinschalig produceren van nieuwe verbindingen met isotopen voor pre-klinisch en klinisch onderzoek bij academische medische centra. Financiële ondersteuning van kennisinstellingen met een medisch oogmerk kan bovendien als contrafinanciering worden ingezet voor (bijvoorbeeld) Europese medische onderzoekssamenwerkingen. Nederlandse kennis van isotopen en nucleaire kennis wordt gekoppeld aan internationale medische kennis die vervolgens naar ons land wordt gehaald.

Kortom: als de Nederlandse overheid blijft investeren in onderzoeksprogramma's, klinische testen en samenwerking tussen producenten en medische experts, kan het van zijn unieke positie blijven profiteren. Dit is ook in het belang van de volksgezondheid en de individuele kankerpatiënt.

RANDVOORWAARDEN NUCLEAIRE TECHNOLOGIE

De twee hiervoor geschetste nucleaire perspectieven zijn kansrijk en maatschappelijk zeer relevant. Randvoorwaardelijk voor de realisatie ervan, zijn competenties voor veilige omgang met radioactieve stoffen, straling en nucleaire installaties. Hiervoor zijn state-of-the-art kennis, kunde en ervaring nodig. De overheid onderzoekt momenteel hoe de huidige kennisbasis in de toekomst versterkt en geborgd kan worden.

Randvoorwaarde 1: Veiligheid nucleaire processen en installaties

Voor de ontwikkeling van zowel nucleaire energie-opties als voor nucleaire gezondheidszorg: de rode draad is het streven naar voortdurende verbetering van de nucleaire veiligheid. Een evolutionair proces, gevoed door nieuwe inzichten en ervaringen. Deze worden ondersteund door steeds meer en steeds verfijndere modellen voor nucleaire processen in combinatie met steeds krachtigere (super)-computers. In feite vormen zij de 'nucleaire gereedschapskist' voor het uitvoeren van veiligheidsanalyses en het vaststellen van adequate beheersmaatregelen. Een toolkit met methodieken voor bijvoorbeeld de beoordeling van veiligheidsmarges en ten behoeve van inspectiedoeleinden. De toolkit moet nauwgezet onderhouden en up-to-date gehouden worden.

Randvoorwaarde 2: Adequate bescherming tegen straling voor mens en omgeving

Stralingsbescherming: net als bij nucleaire veiligheid van installaties wordt binnen dit vakgebied steeds gestreefd naar verbetering van veilige menselijke omgang met straling. Gebruik van nieuwe wetenschappelijke inzichten zal leiden tot verdere reductie van de blootstelling van radiologische werkers en de bevolking aan straling en radioactiviteit.

Randvoorwaarde 3: Internationale samenwerking

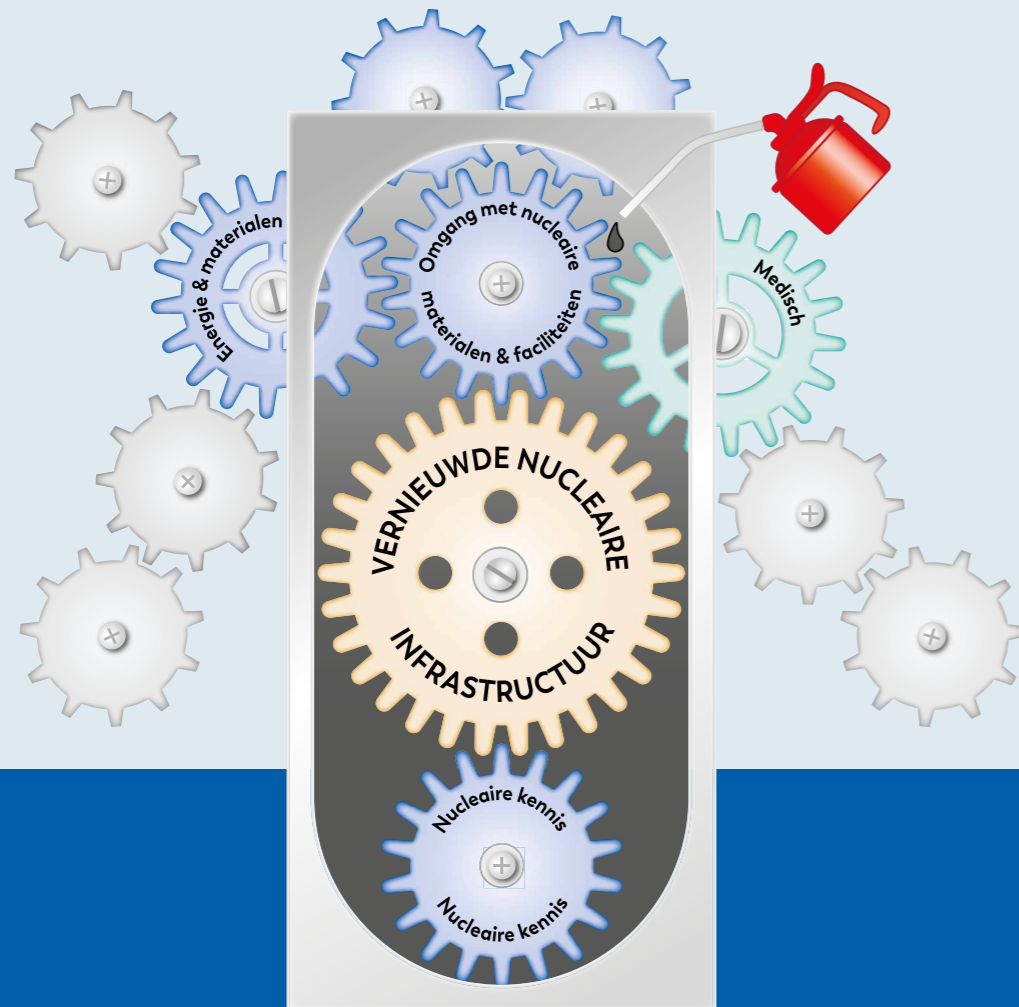
Cruciaal voor de ontwikkeling van kennis en competenties is internationale samenwerking. Binnen internationale gremia, onder auspiciën van onder andere de IAEA en OECD-NEA worden nieuwe kennis en inzichten gedeeld. Ook worden onderzoeken uitgevoerd die vaststellen hoe inzichten en ervaringen vertaald kunnen worden naar nieuwe richtlijnen en methodieken. Uiteindelijk zullen die de nucleaire veiligheid naar een hoger plan brengen.

Randvoorwaarde 4: Aanwezigheid van basis onderzoeks-infrastructuur

Andere belangrijke bronnen voor kennis-opbouw zijn onderzoeksvoorzieningen. Die bieden bij uitstek de mogelijkheid om daadwerkelijk kennis en operationele ervaring op te doen met nucleaire processen, materialen en straling. De geschiedenis laat zien dat onderzoekers uit bijvoorbeeld Petten en Delft in het vervolg van hun carrière hun kennis en ervaring hebben kunnen inzetten bij Urenco, EPZ, COVRA en de ANVS. De instandhouding van deze 'diaspora' en kennisoverdracht is cruciaal voor de verdere ontwikkeling van de nucleaire sector in Nederland.

Omgekeerd is het van groot belang dat de kerncentrale Borssele in bedrijf blijft. Dit is goed voor de handhaving van praktijkervaring en op peil houden van kennis en kunde van alle bij de kerncentrale betrokken organisaties (ook wetgeving en toezicht). De benodigde praktijkervaring bij de exploitant en de Nederlandse overheid geeft weer input aan nieuw onderzoek en onderwijs bij NRG en TU Delft.

Toekomstige tandwielkast van de nucleaire infrastructuur en kennis



Toekomstige nucleaire infrastructuur

- Oyster maakt de onderzoeksreactor van de Technische Universiteit een stuk preciezer en breder inzetbaar. Dat geeft een impuls aan het nucleaire onderzoek en onderwijs bij het Reactor Instituut Delft.
- PALLAS zorgt als opvolger van de HFR voor continuïteit van onderzoek en isotopenproductie. Met de keuze voor Oyster en PALLAS consolideert Nederland zijn leidende positie in de wereld op het gebied van de productie van medische isotopen. Er zullen naast diagnostisch mogelijkheden ook veel meer therapeutische behandelingen mogelijk worden.
- De kerncentrale Borssele blijft onder voorwaarden open tot 2034. Ons land beschikt nog ruim een decennium over een operationele kerncentrale en zal daarmee haar operationele vaardigheden op peil houden.

Appèl op de politiek

INVESTEER SUBSTANTIEEL IN NUCLEAIR ONDERZOEK OMWILLE VAN KENNIS, KUNDE EN ERVARING

De vraag die de politiek zou moeten beantwoorden is in essentie: zijn wij bereid om nú substantieel te investeren in de mogelijkheden voor veilige betaalbare klimaatneutrale energie en effectieve, persoonlijke gezondheidszorg van onze kinderen.

Terug naar de nucleaire motor of tandwielkast. Er is een goede eerste stap gezet om de opties naar de toekomst open te houden. Denk aan de voorgenomen investeringen voor de realisatie van Oyster bij de TU Delft en PALLAS in Petten. Denk ook aan het openhouden van Borssele tot 2034. We behouden hiermee de mogelijkheid om nucleaire technologie te blijven inzetten bij de realisatie van onze ambitieuze gezondheidszorg- en klimaatdoelen. We houden de bestaande kennisbasis in stand en de mogelijkheid van verdere ontwikkeling open.

Wat is er nodig?

Met het oog op de voorgenomen investeringen en realisatie van Oyster en PALLAS richten wij ons appèl niet op nieuwe nucleaire infrastructuur. NRG benadrukt hier vooral dat dit tandwiel niet kan functioneren zonder de twee andere tandwielen:

- Omgang met nucleaire materialen en faciliteiten
- Nucleaire kennis

Een goede tweede stap zou zijn om hiervoor integraal Nederlands nucleair onderzoeksbeleid te formuleren. Er ligt een taak voor de overheid om een integrale visie te formuleren op de nucleaire energie en de nucleaire medische positie van ons land in de toekomst. Daaruit zouden dan onder andere financieringsmogelijkheden en budget moeten voortkomen. Immers, die zijn nodig om de bestaande competenties verder uit te bouwen en nieuwe generaties wetenschappers de kans te geven ze te ontwikkelen.

NRG pleit dus voor beleid en budget voor onderzoeks- en kennisprogramma's. Programma's waarin experimenteel onderzoek wordt uitgevoerd met behulp van de nucleaire onderzoeksinfrastructuur. De nucleaire kennis en praktische ervaring die hiermee wordt verkregen, zullen blijvend toegang geven tot de geschetste ambities met veilige betaalbare klimaatneutrale energie en effectieve, persoonlijke gezondheidszorg.

INVESTEER NU IN DE TOEKOMST!

1. Formuleer een integraal beleid voor nucleair onderzoek.
2. Investeer substantieel in nucleair onderzoek.

APPÈL ENERGIE- ONDERZOEK

Algemeen: in tegenstelling tot het domein nucleair-medisch is de basiskennis op veel gebieden al aanwezig. Die basis staat echter onder druk. Uitbreiding van het onderzoek is ook cruciaal om alle onderdelen van het nucleaire landschap in Nederland ook in de toekomst van kennis en ervaring te kunnen blijven voorzien. Om voorbereid te zijn op toekomstige vragen en ontwikkelingen (zoals mogelijke uitbreiding van nucleaire capaciteit in Nederland) is het noodzakelijk die kennis uit te breiden en verder te verdiepen. Dit vraagt om onderzoek binnen internationale samenwerkingsverbanden en in samenwerking met de betrokken industrie en regelgevers.

Investeer in:

- **Bestralingstechnologie:**

Innovaties in materialen en splijtstoffen die gebruikt worden in huidige kernreactoren zijn gericht op het veiliger en efficiënter maken van kernenergie. Voor geavanceerde reactortypen als de Hoge Temperatuur Reactor (HTR), metaalgekoelde reactoren en de gesmolten zout reactor is de ontwikkeling van kennis zelfs randvoorwaardelijk. Daarnaast vraagt dit om uitbreiding van onderzoek op het gebied van materialen en splijtstof.

Na jaren van gestage afbouw zal het experimentele onderzoek hiervoor verder verstevigd moeten worden. Ook om de specialisten van morgen te kunnen trainen en de activiteiten in PALLAS voort te kunnen zetten.

- **Nucleaire modellering en simulatie:**

Om huidige kernreactoren veilig efficiënter te kunnen bedrijven zijn innovaties noodzakelijk op het gebied van simulatie- en evaluatietechnieken. Voor nieuwe (geavanceerde) reactoren kunnen simulatie- en evaluatietechnieken al in het ontwerpproces leiden tot technische en economische efficiëntie. Dit vraagt echter onder andere om uitbreiding van de ICT infrastructuur (supercomputers) en uitbreiding van de capaciteit op het gebied van thermohydraulica, mechanica, 'nuclear physics' en veiligheidsanalyses.

Een eventuele groei van de nucleaire energie-infrastructuur vraagt ook om uitbreiding van de kennis voor het domein 'Omgang met nucleaire materialen en faciliteiten'. Dat geldt overigens ook voor groei van nucleaire geneeskunde.

- **Omgaan met productie- en R&D-faciliteiten:**

Het behoud en de versterking van nucleaire veiligheid (denk ook aan afval en stralingsbescherming) zijn een keiharde randvoorwaarde voor een land dat een nucleaire productie-infrastructuur heeft (energie én nucleaire geneeskunde). Nieuwe toepassingen in de twee domeinen geven aanleiding tot nieuwe vragen. Enkele voorbeelden: onderzoek aan en de productie van nieuwe medische isotopen zullen tot nieuwe vragen leiden. Maar denk ook aan de ontmanteling (decommissioning) van afgeschreven nucleaire faciliteiten en de veilige en efficiënte behandeling en opslag van afval.

APPÈL ONDERZOEK NUCLEAIRE GENEESKUNDE

Algemeen: de nucleaire geneeskunde wordt gekenmerkt door een toename in de toepassingen van therapeutische en diagnostische nucleaire (genees)middelen. Er wordt daarnaast nu al gewerkt aan nucleaire geneesmiddelen die over 10-15 jaar op de markt komen.

Voor dit proces zijn Research & Development een voorwaarde: onderzoeksprogramma's die samenwerken met ziekenhuizen en de farmaceutische productieketen. Het ontwikkelen van nieuwe middelen en productietechnologieën betekent uiteraard ook het in stand houden en versterken van zowel bestralings-technologie als processingtechnologie.

Investeer in:

- **Processingtechnologie:**

het versterken van processingkennis.

Na de bestraling moeten de radioactieve materialen worden 'gezuiverd'. Medische isotopen worden vrijgemaakt van andere stoffen zodat ze kunnen worden omgezet naar een radiochemical en radiopharmaceutical. Hiervoor is (radio)chemische kennis nodig. Die moet worden versterkt en uitgebreid.

- **Bestralingstechnologie:**

Er is een blijvende onderzoeksinspanning nodig op het gebied van bestralings-technologie. Dit vakgebied is namelijk een 'crosscutting' discipline. Bestralings-technologie voedt zowel energie- en materialen-onderzoek, als productie-technologie en de R&D voor nieuwe nucleaire geneesmiddelen.

- **Omgaan met productie- en R&D-faciliteiten voor nucleaire geneesmiddelen.**

Zoals hierboven al is geschetst is behoud en versterking van nucleaire veiligheid, afval en stralingsbescherming een randvoorwaarde voor het hebben van nucleaire infrastructuur in een land. Dat geldt ook voor de ontwikkeling en productie van nucleaire geneesmiddelen.

DECLARATION FROM NUCLEAR SOCIETIES

MAY 13, 2019

JUAN-LES-PINS, FRANCE

WE THE UNDERSIGNED,

Women and men scientists, engineers, and professionals representing national, regional and international scientific societies, as well as numerous technical organizations dedicated to the development and peaceful use of nuclear technologies,
Gathered here today in Juan-les-Pins – France

ABOUT THE FUTURE ROLE OF NUCLEAR ENERGY:

AGREE that climate change is the most significant threat to our planet today, and with the objectives of the Paris Agreement to limit global warming by the end of this century to well below 2 degrees Celsius above pre-industrial levels, with further efforts to limit the increase to 1.5 degrees Celsius.

ARE CONCERNED that the world is not progressing quickly enough in meeting this goal.

- The latest Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) report sends a clear warning that the 1.5°C temperature increase may be exceeded already by 2030.
- According to the International Energy Agency (IEA), in 2018 global energy-related CO₂ emissions rose 1.7% to a historic high of 33.1 Gt CO₂.

REMINDE that:

- Nuclear energy is recognized as one of the lowest carbon sources of electricity. According to the IPCC, the median lifecycle emissions from nuclear energy are 12g/kWh, similar to wind energy.
- International institutions (United Nations, Organization for Economic Cooperation and Development, European Union) believe that all low-carbon technologies (renewable, nuclear and carbon capture & storage) will need to be implemented in order to achieve deep decarbonization by the middle of this century. This is reflected in the latest 2018 IPCC report: the four 1.5°C illustrative pathways in the Summary for Policymakers include more nuclear energy, with a two-fold to six-fold increase in the use of nuclear power by 2050.

ABOUT THE NEED FOR INNOVATION FOR NUCLEAR ENERGY:

NOTE that:

- There is global consensus that accelerating clean energy innovation is essential for limiting the rise in global temperatures, and some progress has been made in that direction: according to the IEA, the amount of public R&D investment in clean energy has doubled since 2000. Also, the launch of the Mission Innovation initiative in 2015 includes the objective of another doubling of the investment for low-carbon energy research by the 2020 timeframe.

HIGHLIGHT that:

- The current level of public support for nuclear R&D (fission and fusion) has remained constant around 4 billion USD per year (in 2014 value) since 2000, in a “business as usual” situation. Additionally, in many countries, the private sector has been less eager to invest in nuclear R&D, for a variety of reasons including mixed or negative political signals, electricity market designs that have had a negative impact on the business case for nuclear energy, and perceptions on the level of financial risk required to be taken by private investors.

POINT OUT that:

- The nuclear industry is currently undertaking a new wave of creative projects around innovative reactor technologies (e.g. Small Modular Reactors, Gen IV reactors), cross-cutting technologies (e.g. digital transformation) and new applications (e.g. desalination, district heating, process heat for industry, hydrogen production), all requiring significant R&D investment and new innovative approaches.
- These projects are expected to open new market opportunities for the use of nuclear power together with other clean energy sources, often in sectors where they can make a decisive contribution to the decarbonization effort (e.g. the heating sector)
- At the same time, a large proportion of the R&D infrastructure is becoming obsolete and needs to be renewed not only to support the development of this new wave of innovative reactors, but also to produce the radioisotopes needed for the development of nuclear medicine.

Hereby declare that

WE ASK THAT

THAT THE CLEAN ENERGY MINISTERIAL CONFERENCE

TAKE NUCLEAR INNOVATION TO BROAD MULTILATERAL DISCUSSIONS ON CLEAN ENERGY AT BOTH THE MINISTERIAL AND WORKING LEVELS, SO THAT NUCLEAR ENERGY CAN MAKE ITS FULL EXPECTED CONTRIBUTION, AS PART OF THE CLEAN ENERGY PORTFOLIO, TOWARDS DECARBONIZATION GOALS.

COMMIT TO A DOUBLING OF PUBLIC INVESTMENT IN NUCLEAR-RELATED R&D AND INNOVATION WITHIN THE NEXT 5 YEARS, WITH A FOCUS ON INNOVATIVE APPLICATIONS OF ADVANCED NUCLEAR SYSTEMS TO ENABLE THE CLEAN ENERGY MIX OF THE FUTURE

And

Have DECIDED to jointly sign this declaration and would like to bring it to the attention of decision-makers internationally.

Nuclear. For Life.



www.nrg.eu