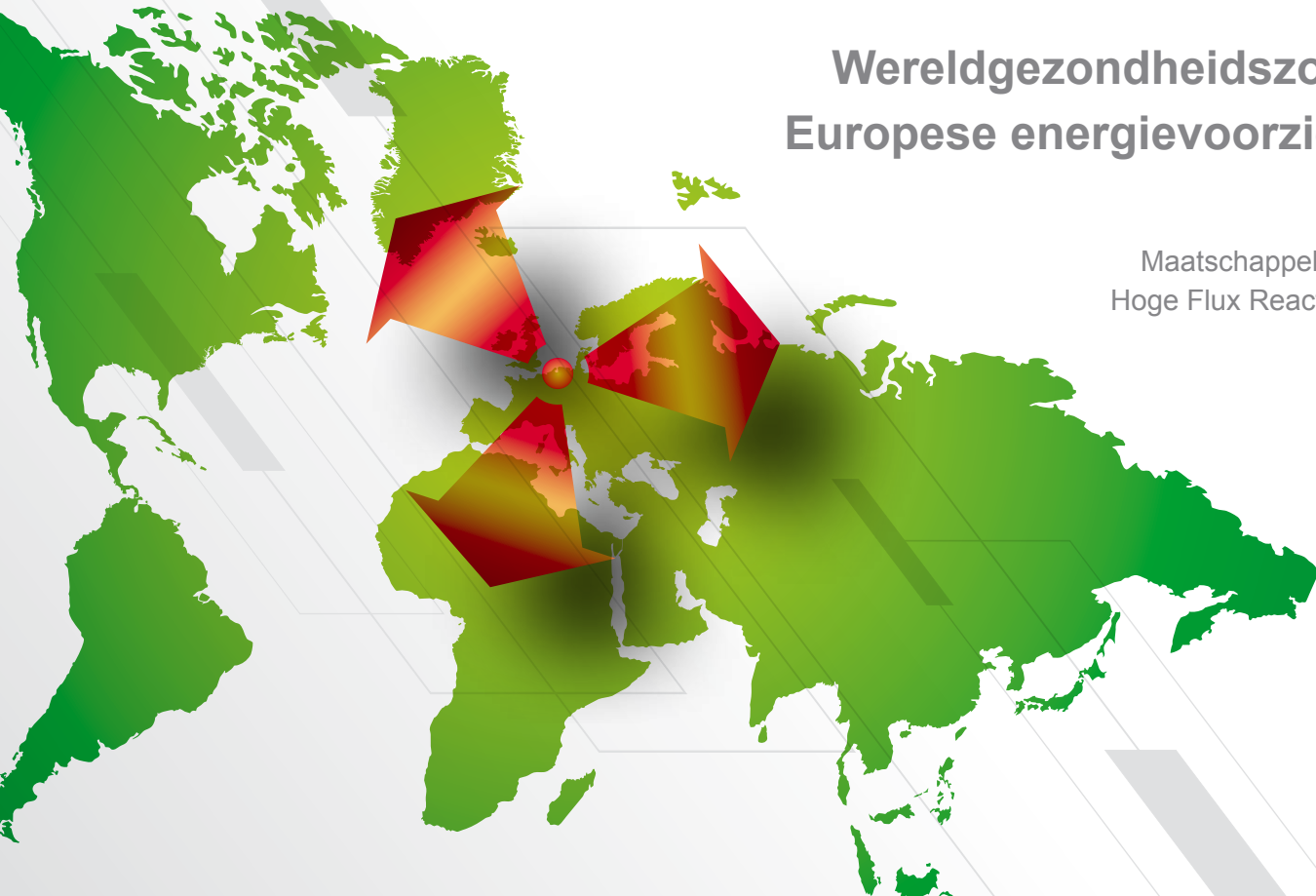




Wereldgezondheidszorg en Europese energievoorziening

Maatschappelijk belang
Hoge Flux Reactor Petten



Hoge Flux Reactor

Nuttig en noodzakelijk

De Hoge Flux Reactor (1962) nadert het einde van haar levensduur. En dat op het moment dat haar nut en haar taken aan belang toenemen.

NRG denkt nu na over de restlevensduur van de HFR en over de opvolging met 'Pallas'. Het maatschappelijk belang van energieonderzoek en de productie van isotopen in Nederland is van Europees en wereldbelang.

De huidige storing is een vingerwijzing: als Nederland haar leidende positie wil behouden, moet er snel gewerkt worden aan politiek-financieel draagvlak voor investeringen. Op de korte termijn in de HFR, op de lange termijn in 'Pallas'.

Petten, 12 januari 2009



Wereldgezondheidszorg en Europese energievoorziening

Maatschappelijk belang
Hoge Flux Reactor Petten

Petten januari 2009

P5 Inleiding

Samenvatting

P7 Nederland hofleverancier nucleaire geneeskunde

P9 Petten, Europese hoofdstad energieonderzoek

Medische isotopen

P11 Van bijrol naar hoofdrol

Energieonderzoek

P35 Onderzoek verduurzaming kernenergie



De Hoge Flux Reactor die NRG bedrijft heeft te maken met een langdurige storing. Deze is technisch goed te verhelpen, maar bedreigt op de zeer korte termijn het aanbod van voldoende medische isotopen in de wereld.

Op de lange termijn bedreigt het einde van de levensduur van de Hoge Flux Reactor zowel de productie van medische isotopen als het onderzoek voor de nucleaire energievoorziening en haar milieubelasting.

NRG draagt voor beide terreinen een relatief grote verantwoordelijkheid. Bij normaal bedrijf kan NRG deze verantwoordelijkheid aan. Bij storingen zoals nu en bij de vervanging van de huidige reactor aan het einde van de levensduur, overstijgt die het vermogen van NRG.

Op de korte termijn is er besluitvorming en financiële hulp nodig voor het verhelpen van de storing. Daarmee is het continueren van de isotopenproductie en het onderzoek voor de korte termijn gewaarborgd. Op de lange termijn is politieke besluitvorming en budgettering ten aanzien van de vervanging van de Hoge Flux Reactor door 'Pallas' noodzakelijk.

Nederland kan dan ook in de toekomst blijven bijdragen aan de gezondheid en energievoorziening van miljoenen mensen.



Nederland hofleverancier nucleaire geneeskunde

Vanwege de actualiteit ligt in deze publicatie de nadruk op de productie van medische isotopen met de Hoge Flux Reactor. Nederland produceert zo'n dertig procent van de wereldvraag naar medische isotopen. Wij zijn daarmee de op één na grootste leverancier van grondstoffen voor de nucleaire geneeskunde.

Vele duizenden ziekenhuizen - van Japan, tot de Verenigde Staten en Europa - zijn afhankelijk van het materiaal dat wordt gemaakt in de Hoge Flux Reactor in Petten.

Vanuit Petten lopen talloze lijntjes naar miljoenen mensen op de wereld die een diagnose of een behandeling krijgen met medische isotopen uit Nederland.

Zonder overdrijving kan gesteld worden dat een ongestoorde levering voor deze mensen van levensbelang is.



Petten, Europese hoofdstad energieonderzoek

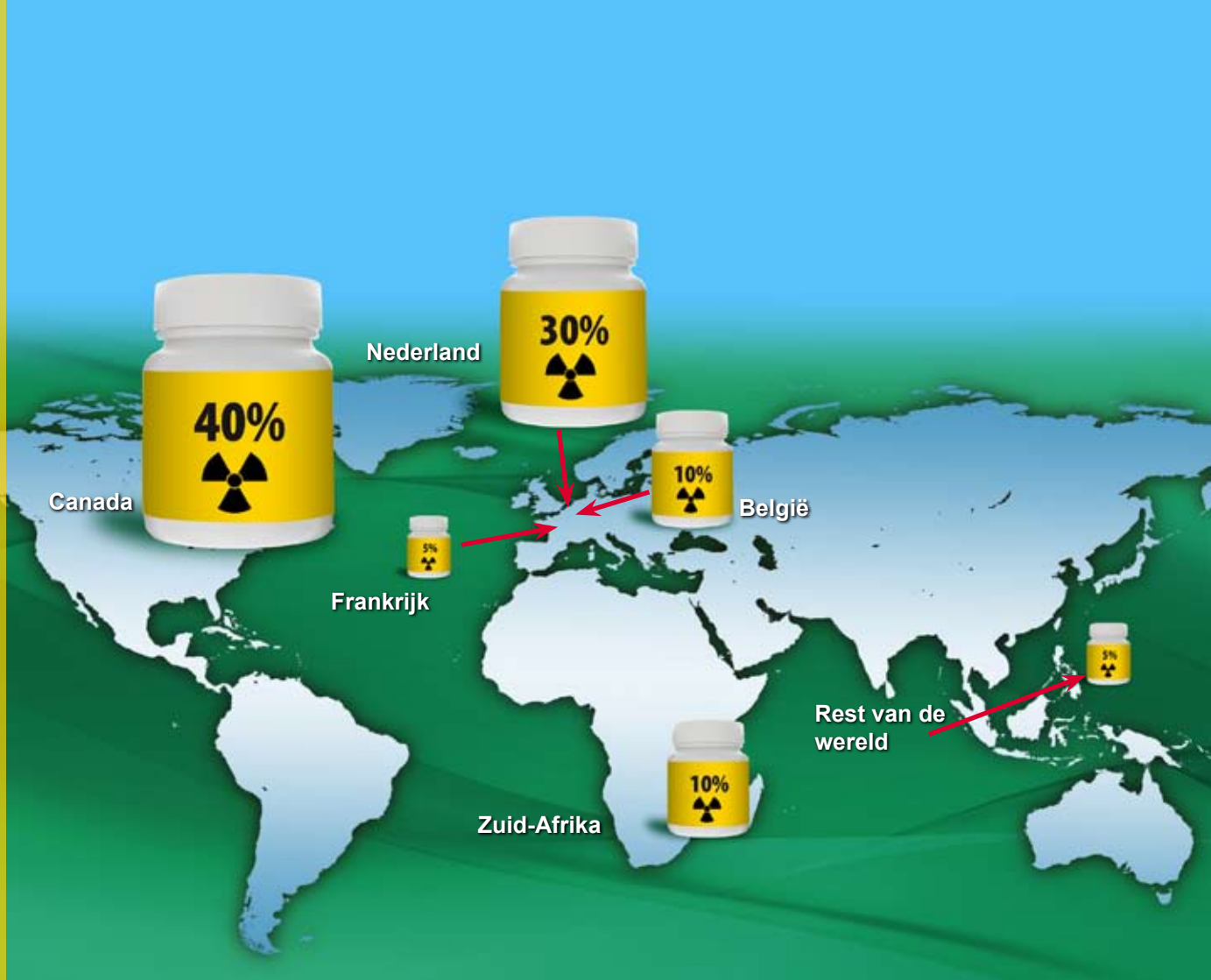
Op het complex in Petten zijn naast NRG meerdere energieonderzoeksinstituten gevestigd. In de praktijk vindt hier de innovatie naar een duurzame energievoorziening en beleidsonderbouwing van de Europese energiepolitiek plaats.

De Hoge Flux Reactor die NRG in Petten bedrijft, is van oorsprong (1962) een onderzoeksreactor voor de energiesector. Daarin vindt NRG een belangrijk deel van haar bestaansrecht.

Nederland heeft een lange traditie op het gebied van nucleaire techniek. Zo speelde Petten een belangrijke rol rond de ultracentrifugetechniek voor uraniumverrijking. Urenco (Almelo) ontwikkelde zich hiermee tot wereldspeler met vele honderden miljoenen euro's omzet en circa 20 procent en groeiend wereldmarktaandeel.

Na een periode van verminderde interesse staat kernenergie weer volop in de belangstelling. NRG levert zowel voor kernsplijting als voor kernfusie met de Hoge Flux Reactor een onmisbare bijdrage aan materiaalonderzoek, onderzoek naar innovatieve splijtstoffen en onderzoek naar de vermindering van de levensduur van radioactief afval.

De Hoge Flux Reactor is van groot belang voor de toekomst van de nucleaire energieopwekking in Nederland en daarbuiten. Zij speelt een grote rol bij de oplossing van klimaatproblemen en andere uitdagingen op energiegebied zoals leveringszekerheid en diversificatie van bronnen.



Van bijrol naar hoofdrol

Al meer dan tien jaar worden er naast het onderzoek als bijproduct in de HFR grondstoffen gemaakt voor de nucleaire geneeskunde. NRG heeft dit de afgelopen jaren succesvol weten uit te bouwen en ontwikkelde zich tot één van de grootste aanbieders.

Er zijn buiten de Pettense reactor slechts vier andere plaatsen waar op grote schaal medische isotopen worden gemaakt. Canada is de grootste aanbieder, daarnaast zijn er bescheidener bijdragen van een Belgische, Franse en Zuid-Afrikaanse onderzoeksreactor.

Ook dit zijn van oorsprong onderzoeksreactoren en geen medische productiereactoren. Alternatieven voor de huidige vijf onderzoeksreactoren zijn er niet. Daarvoor is nieuwbouw van onderzoeksreactoren noodzakelijk.



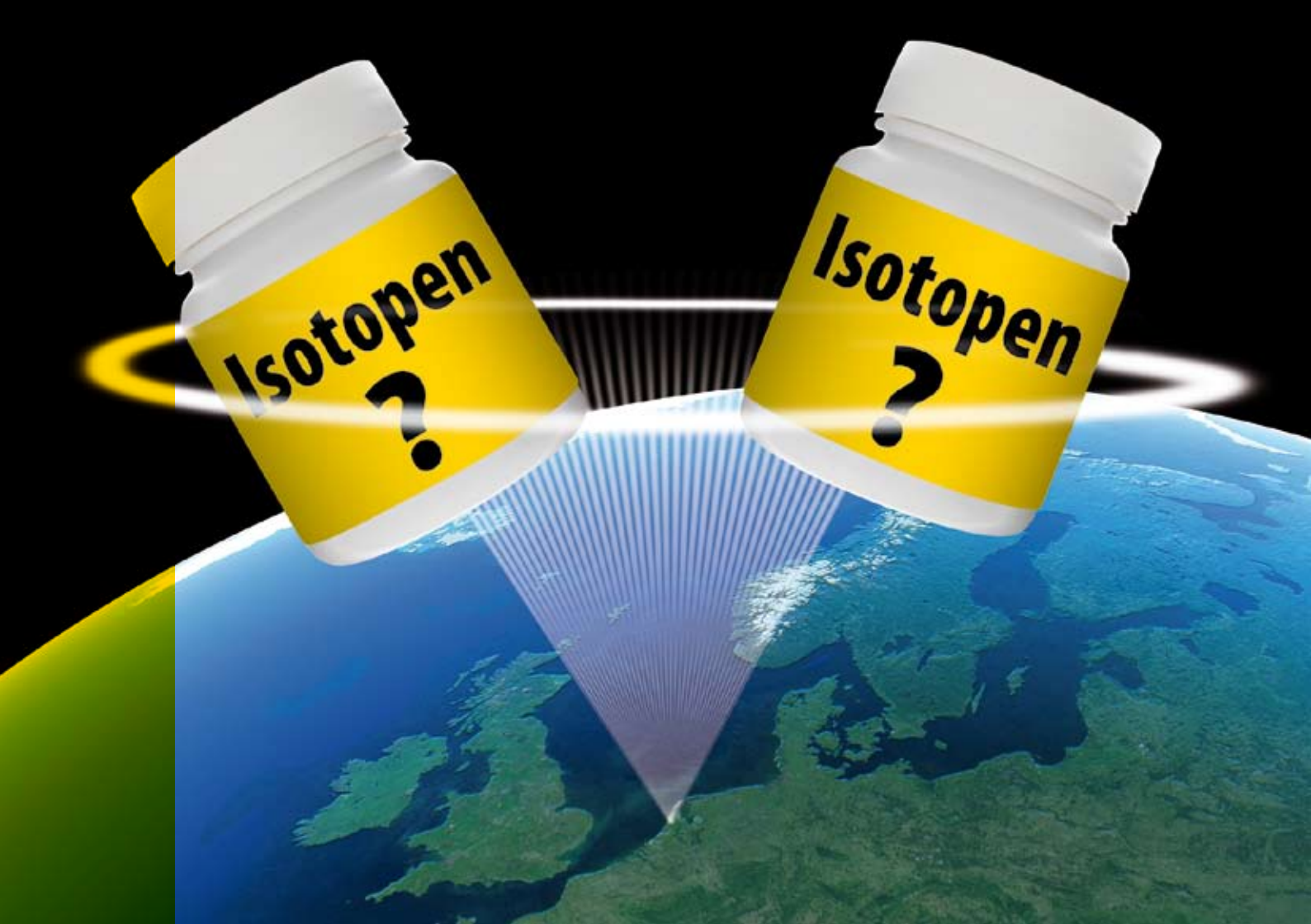
Een grote verantwoordelijkheid

NRG heeft het afgelopen decennium internationaal naam gemaakt als betrouwbare kwaliteitsproducent van medische isotopen. Ongemerkt heeft ons land daarmee niet alleen een unieke positie in de wereld veroverd, maar ook een grote verantwoordelijkheid naar zich toegetrokken.

Nu NRG als leverancier voor het eerst ongepland voor een langere periode wegvalt, ervaart de wereld een schaarste aan radio-farmaceutische grondstoffen.

Door de storing in de Hoge Flux Reactor komen de diagnose en behandeling van miljoenen mensen onder druk te staan. Door internationale samenwerking tussen collega-reactoren en medici, worden beschikbaar volume en behandelcapaciteit zo eerlijk mogelijk verdeeld. Het tekort wordt zo goed mogelijk opgevangen.

Dat is bedreigend, maar vormt ook een kans om de wereld-isotopen voorziening vanaf heden op een hoger peil te brengen.



Isotopen ?

Isotopen ?

De feiten op een rij

De isotopenproductie is van vitaal belang voor de wereldgezondheidszorg. Deze ervaart de huidige storing bij de Hoge Flux Reactor in Petten als een 'wake up call'. Het drukt de wereld met de neus op de feiten:

- De wereld isotopenproductie is afhankelijk van slechts enkele specialistische bestralingsfaciliteiten die hiervoor niet zijn ontwikkeld
- De belangrijke Nederlandse reactor is momenteel uit bedrijf door een langdurige storing, dit gebeurde ook al bij andere reactoren
- Dat zorgt voor actuele druk op radiodiagnostische en behandelmogelijkheden in ziekenhuizen wereldwijd
- De huidige reactoren die op grote schaal isotopen produceren zijn stuk voor stuk op leeftijd
- De beperkte productiehORIZON van de bestaande reactoren bedreigt de toekomst van de wereld-isotopenproductie
- De vraag naar medische isotopen zal de komende tijd flink blijven groeien

De ogen zijn plotseling gericht op Nederland. Wat gaat NRG doen?



Wat te doen op korte termijn?

In Nederland is een grote verantwoordelijkheid neergelegd bij NRG. Zij verzorgt zelfstandig de isotopenproductie op semi-commerciële basis. Omdat het wereldwijd altijd om bijproductie ging in reactoren met een andere hoofdtak, is er nooit een volwassen isotopenmarkt ontstaan.

De prijs van isotopen heeft geen relatie met marktvraag of kostprijs. Zij is historisch gegroeid. Isotopen worden soms aanzienlijk onder de kostprijs afgestaan.

NRG is door haar kennispositie en efficiënte productie er wél in geslaagd de medische wereld op economisch verantwoorde wijze te bedienen. Mede door het grote volume dat NRG produceert, is er sprake van een levensvatbare industrie.

Dit geldt echter alleen zolang het productiemiddel (de reactor) in bedrijf blijft. Er is in de huidige marktsituatie geen sprake van het planmatig reserveren van middelen voor vervangingsinvesteringen en het projecteren van nieuwbouw – nog afgezien van de complexiteit en lange termijnen die hier bij horen.

Op de korte termijn is een financiële en technische noodvoorziening aan de Hoge Flux Reactor de enige oplossing om de noodzakelijke isotopenproductie snel weer op peil te brengen.

Technisch kan NRG dit aan, voor de financiële dekking zoekt NRG ondersteuning.



PALLAS

Nuclear Innovation

Wat te doen op lange termijn?

De nucleaire gezondheidszorg is zich plotseling volop bewust van de kwetsbaarheid van de isotopenproductie. Voor Nederland liggen er kansen om de toekomst mede vorm te geven.

Zowel de productie als de markt voor isotopen zijn voor verbetering vatbaar. NRG heeft de kennis en de kunde en een goede reputatie, maar kan niet in haar eentje de doorslaggevende rol spelen in het hervormen van productie en markt.

NRG bereidt wel de vervanging van de Hoge Flux Reactor voor. De nieuwe reactor met de naam Pallas kan in 2015 in bedrijf gaan.

Nederland loopt hiermee voorop in deze hoogtechnologische sector. Ons land levert een onmisbare bijdrage aan de wereldgezondheidszorg en dat geeft ons een stem. Een sterke marktpositie met bijbehorende hoogwaardige technologische werkgelegenheid liggen in het verschiet.

Politieke besluitvorming is essentieel om deze kansen te benutten.



Waarom groeit de vraag naar medische isotopen?

Door nieuwe ontwikkelingen in de medische technologie ontstaan steeds meer radiologische toepassingsmogelijkheden. Er komen meer diagnose mogelijkheden en nieuwe therapieën bij.

Verder wordt de mens ouder en doet vanwege zijn hogere leeftijd en langere levensduur vaker beroep op gezondheidszorg.

Tenslotte wordt een groter deel van de wereld welvarend en neemt het aantal wereldbewoners dat goede gezondheidszorg kan betalen toe.

De wereldvraag naar medische isotopen stijgt.



Cyclotron isotoop 10%



Reactor isotoop 90%



Zijn er geen alternatieve productiemethodes?

Een klein aantal isotopen wordt gemaakt in cyclotrons. Deze techniek is echter niet bruikbaar voor het overgrote deel (circa 90%) van het volume aan medische isotopen.

Het produceren van een isotoop duurt enkele dagen tot vele weken. Daarna moet het meteen worden gebruikt. Je kunt van medische isotopen geen voorraden aanleggen. Alleen continue productie verspreid over meerdere reactoren garandeert voldoende aanbod.

Door verval verliezen isotopen na enige uren, dagen of weken hun werking. De radioactiviteit wordt minder omdat het isotoop (kunstmatig, instabiel element) op zoek gaat naar een nieuw evenwicht. Vervolgens is het onbruikbaar voor diagnose of behandeling.

Het tijdstip van productie en het gebruik moeten dus nauwkeurig op elkaar worden afgestemd.



Waarom productie in Petten?

De wereld kent honderden onderzoeksreactoren. Helaas zijn die bijna allemaal ongeschikt voor isotopenproductie. Dat komt door twee harde criteria:

- een grote productiecapaciteit
- een hoge bestralingsintensiteit

Om een isotoop te kunnen produceren moet een reactor groot genoeg zijn om te bestralen grondstoffen te kunnen laden. Ook moet hij voldoende neutronen genereren voor de benodigde intense bestraling. Deze intensiteit wordt aangeduid met Flux. Die is in de Hoge Flux Reactor ongeveer 10 keer zo hoog als in een kernenergiecentrale.

De Hoge Flux Reactor in Petten is één van de weinige locaties waar deze combinatie mogelijk is. Rond de reactor is een volledige industrie ontstaan die de isotopen geschikt maakt voor gebruik in ziekenhuizen.



Isotopen maken gezondheidszorg individueler en preciezer.

Vrijwel iedereen maakt in zijn leven mee dat hijzelf of een familielid te maken krijgt met nucleaire geneeskunde.

Soms wordt een radiodiagnose gesteld van het functioneren van organen. In andere gevallen worden radioactieve materialen in of bij het lichaam gebracht om bijvoorbeeld kankercellen te bestrijden.

- *Diagnostiek:* Er zijn zeer veel technologische ontwikkelingen die gebruik maken van radioactieve eigenschappen van materialen. Omdat die zeer goed te meten zijn, kan heel precies worden vastgesteld hoe organen en lichaamsdelen, die kortlevend radioactief materiaal opnemen, functioneren. Of wat het effect is van bepaalde behandelingen of het stadium en verloop van een ziekte
- *Therapie:* Bij de behandeling van kanker is een heel spectrum van methodes ontstaan. Bronnen bestralen direct kankercellen of isotopen worden gecombineerd met 'slimme' moleculen: tracers die individuele kankercellen opzoeken en bestrijden. Bepaalde vormen van kanker krijgen zo hun eigen behandelmethode die steeds preciezer is en minder bijwerkingen heeft



Isotopenproductie, verantwoordelijk en hoogtechnologisch

Het moreel appèl van de wereld op ons land als betrouwbare producent van voldoende isotopen is uitdagend. Ons land draagt bij aan de kwaliteit van het bestaan van velen.

Zelf wordt ons land daar ook beter van: de productie van isotopen is hoogtechnologisch werk. De spin off is echter minstens zo interessant. Alleen al in Petten zorgt het voor een kleine duizend banen.

- De bediening en de bedrijfsvoering van de reactor zorgen voor hoogtechnologische werkgelegenheid
- Zodra het isotoop uit de reactor komt, start een intensief verwerkingstraject waarin het materiaal geschikt wordt gemaakt voor medische doeleinden. Daarvoor zijn zeer geavanceerde en kostbare laboratoria nodig. Die moeten worden gebouwd, onderhouden en bemenst. Het complex dat rond de Hoge Flux Reactor in Petten is verzezen, is hiervan de meest sprekende illustratie
- Ook op logistiek gebied zorgt de isotopenproductie voor economische activiteiten. Binnen zeer korte tijd worden de isotopen over de hele wereld verspreid en toegepast

Isotopenproductie past zowel in de traditie van Nederland Distributieland als in de Lissabon-strategie om te komen tot een leidende Europese kennis-economie.



Achtergronden nucleaire geneeskunde

Medische isotopen worden gebruikt voor diagnose en behandeling.

Diagnose: radiodiagnostiek heeft enkele grote voordelen ten opzichte van andere diagnostische methoden. In plaats van alleen een anatomisch beeld van het inwendige van de mens, leveren radiodiagnostische technieken ook een functioneel beeld op. Te zien is hoe organen presteren en er of afwijkingen zijn.

Therapie: er zijn twee soorten behandeling:

- Radio-farmaceutische therapie die werkt met tracers die in het lichaam hun heilzame werk verrichten door kankercellen op te sporen en te vernietigen. Isotopen worden ingezet in de behandeling van kanker en voor pijnbestrijding onder andere bij terminale kankerpatienten
- Brachy-therapie die gebruik maakt van inwendige bestraling van kankercellen. Er wordt een radio-actieve bron bevestigd in een naald of metalen bolletje en enige tijd in de tumor gebracht. Een effectieve therapie met goede resultaten en weinig neveneffecten

NRG bestraalt grondstoffen voor alle genoemde toepassingen.



Medische Isotopen

Een medische isotoop ontstaat als een element na bestraling instabiel (radioactief) is gemaakt. NRG maakt onder meer de volgende isotopen:

- Molybdeen: vervalt naar Technetium, het werkpaard van de nucleaire geneeskunde. Het wordt gebruikt in beeldvormingstechnieken om diagnoses te kunnen stellen onder meer op de volgende terreinen: cardiologie, oncologie, neurologie, urologie
- Verschillende Jodium-isotopen worden gebruikt: o.a. in de behandeling van schildklierandoeningen en prostaatkanker
- Samarium, Rhenium en Strontium worden ingezet bij pijnbestrijding bij botkanker, het voorkomt de verdere (pijnlijke) groei van botkankercellen
- Iridium wordt als brachy-therapiebron ingezet voor het bestralen van allerlei soorten gelokaliseerde tumoren bijvoorbeeld in de nek- en hoofdgebieden en baarmoeder
- Erbium en Yttrium worden toegepast voor pijnbestrijding bij artritis
- Lutetium en Yttrium worden gebruikt bij veelbelovende therapieën bij maag-, alveesklier- en darmkanker. Patiënten verkrijgen hiermee een hogere levensverwachting en betere kwaliteit van leven
- Fosfor wordt via tal van therapieën ingezet en is veelbelovend bij de bestrijding van alveesklierkanker



Onderzoek verduurzaming kernenergie

Zoals gezegd is de Hoge Flux Reactor gebouwd voor nucleair onderzoek voor de energieopwekking. Dit vakgebied is van enorm belang voor Nederland en de Europese energiesector. 's Nachts komt 50% van de stroom in de EU uit kerncentrales.

Op hoofdlijnen onderscheidt NRG de volgende onderzoeksgebieden:

- Efficiëntere nucleaire brandstoffen
- Reactorveiligheid
- Toekomstige kernreactoren
- Kernfusie
- Kernafval, levensduurverkorting en recycling

Op al deze terreinen zijn belangrijke ontwikkelingen gaande die bepalend zijn voor de toekomst van kernenergie in de wereld. Nederland wil hierin een vooraanstaande rol blijven spelen en heeft NRG opgedragen met kennis en kunde hieraan bij te dragen.



Efficiëntere nucleaire brandstoffen

Kerncentrales worden steeds zuiniger. NRG onderzoekt de mogelijkheden en de effecten van efficiëntere splijtstofsamenstellingen, die ook minder afval produceren in bestaande kerncentrales zoals die van Borssele.

Door voortschrijdende technische mogelijkheden doen centrales steeds langer met hun splijtstof. In plaats van de drie jaar enkele decennia geleden, hoeft splijtstof tegenwoordig slechts om de vier (soms vijf) jaar te worden gewisseld.

Dit kan bijvoorbeeld door hogere verrijking toe te passen. Als in plaats van ongeveer 4 procent 5 procent verrijkt uranium (U-235) wordt toegepast, gaat de splijtstof veel langer mee.

Ook kunnen er nieuwe samenstellingen worden gemaakt uit gerecyclede splijtstof: mengoxide. Deze brandstof bestaat volledig uit restproducten uit de nucleaire industrie: gebruikt uranium en plutonium. Door deze recycling wordt zeer efficiënt met de grondstof uranium omgesprongen.

Tenslotte is het ook mogelijk om ex-militair uranium uit wapenontmantelingsprogramma's in te zetten in kerncentrales.

NRG biedt onderzoek, ondersteuning en kennis op vrijwel alle aspecten die met het bovenstaande te maken hebben. De HFR speelt hierin een onmisbare rol voor het doen van proeven en specifiek (bestralings)onderzoek.

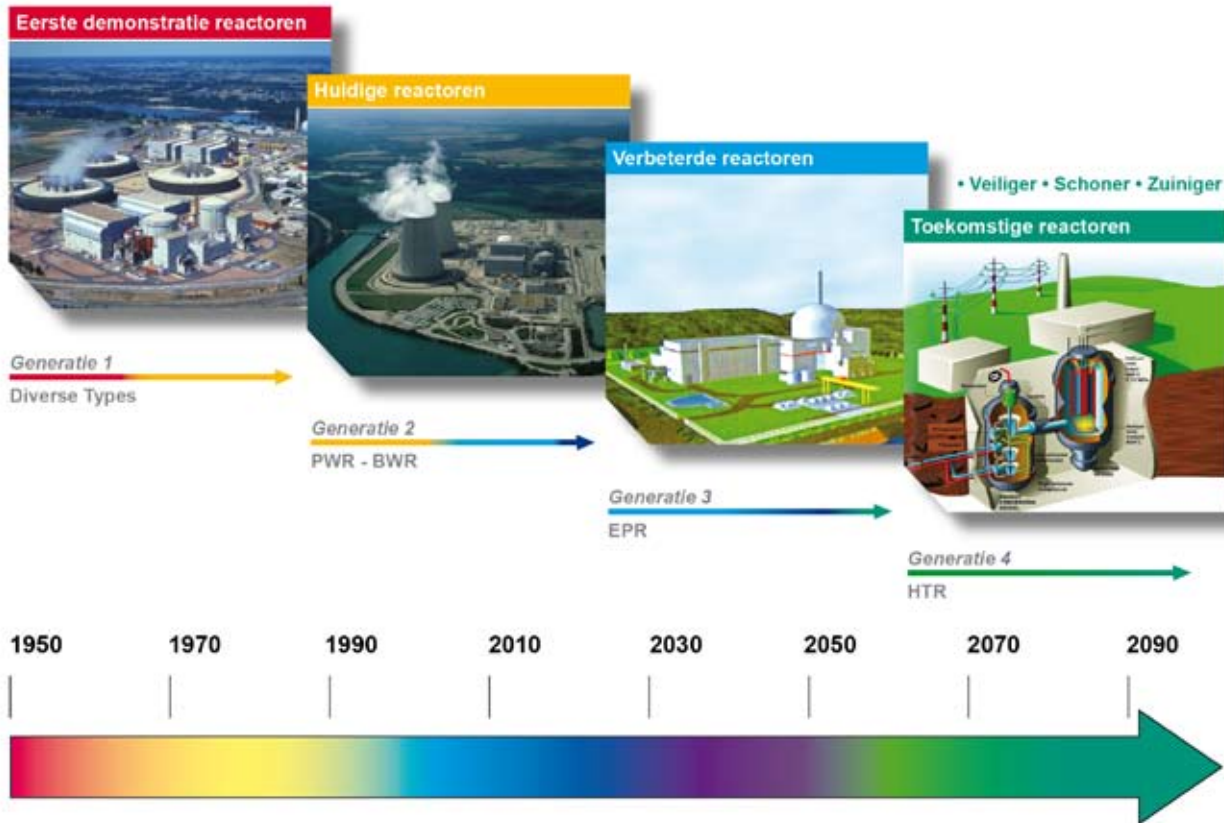


Reactorveiligheid

Veiligheid en betrouwbaarheid zijn een groot goed in de industrie. Het bedrijven en bedienen van kernreactoren vereist opleiding en training en een voortdurend investeren in de best-beschikbare techniek. Veiligheidsdenken uit de nucleaire industrie heeft zijn weg gevonden naar andere sectoren zoals de procesindustrie, luchtvaart, watermanagement en de gezondheidszorg.

In Nederland is NRG hét kenniscentrum dat wordt geraadpleegd als het gaat om reactorveiligheid. NRG verzorgt de opleiding van nucleaire werkers en operators. Specialisten van NRG zijn betrokken bij risico- en betrouwbaarheidsanalyses voor reactoren en andere sectoren met een hoog veiligheidsprofiel.

De evolutie van nucleaire energie



Toekomstige kernreactoren

De wereld maakt zich zorgen over haar energievoorziening. Ook in Nederland is dat actueel. Schaarste, afhankelijkheid van instabiele landen, uitputting van fossiele reserves en klimaatproblematiek hebben kernenergie ook weer op de Nederlandse energieagenda gezet.

- 'Borssele' blijft langer open en gaat volop investeren in de bestaande reactor
- Recent zijn in Nederland plannen voor de bouw van een nieuwe kerncentrale ontvouwd
- Elders in de wereld vindt nieuwbouw plaats van een nieuwe generatie (Generatie III) reactoren
- NRG werkt samen met internationale partners aan de ontwikkeling van een volgende generatie kernreactoren (Generatie IV), waarvoor beproevingen worden uitgevoerd in de Hoge Flux Reactor

Op al deze gebieden is het van groot belang dat Nederland voldoende onafhankelijke kennis in huis heeft. Die kennis en kunde zitten bij NRG.



Kernfusie

Kernfusie is het tegenovergestelde van kernsplijting. Bij fusie smelten kernen van verschillende atomen samen tot een nieuw element. Daarbij komt in bepaalde gevallen meer energie vrij dan het kost.

Bij fusie van atomen volgt er geen kettingreactie en er ontstaan geen langlevende radioactieve reststoffen. Kernfusie wordt gezien als een energie-optie voor de toekomst.

Kernfusie lukt alleen onder extreme condities van dichtheid en temperatuur zoals die in het heetst van een ster heersen. Om dit op aarde te bewerkstelligen zijn dus reactorkunde, technologie- en materiaalonderzoek nodig. Er zijn doorbraken ophanden in de ontwikkeling van een prototype van een levensvatbare fusiereactor die veilig en betrouwbaar is, werkt met ruim voorradige brandstof en het milieu minimaal belast.

NRG speelt in dit internationale kernfusieonderzoek een belangrijke rol.



Restproducten en recycling

Tot het moment dat kernfusie ruim inzetbaar is, zullen kerncentrales nodig zijn. Samen met onder meer ziekenhuizen produceren zij radioactief afval. Er is inmiddels veel bereikt in het verminderen van de hoeveelheid en schadelijkheid van kernafval.

In tal van landen worden nucleaire reststoffen gerecycled via een proces van opwerking. Door ze te behandelen en te mengen kan meer dan negentig procent van gebruikte spijfstof opnieuw in de reactor worden gebracht. Zo wordt zorgvuldig gebruik gemaakt van beschikbare splijtstof en vermindert de hoeveelheid afval.

Behandeling en verwerkingstechnieken van radioactief afval worden steeds geavanceerder. NRG speelt daarin een belangrijke rol.

Tenslotte zijn er op laboratoriumschaal technieken ontwikkeld die de levensduur van het radioactief afval kunnen bekorten tot enkele honderden jaren. Deze worden met de Hoge Flux Reactor beproefd.

Daarnaast levert NRG kennis en kunde om het resterende afval veilig te behandelen, te recyclen en op te slaan.



Petten

Westerduinweg 3

Postbus 25

1755 ZG Petten

T 0224 56 4950

F 0224 56 8912

Arnhem

Utrechtseweg 310

Postbus 9034

6800 ES Arnhem

T 026 356 8524

F 026 351 8092

info@nrg.eu

www.nrg.eu