



**PALLAS**



**PALLAS, bouwen aan de energievoorziening en  
gezondheidszorg van morgen**

Maatschappelijk belang PALLAS reactor

Petten, augustus 2009





## Inhoud

P 5 Inleiding

### Project PALLAS

P 9 Flexibel ontwerp

P 13 Unieke nucleaire positie Nederland

P 19 PALLAS en werkgelegenheid

P 21 De financiële kanten van PALLAS

P 23 De sociaal maatschappelijke aspecten van PALLAS

P 25 Wanneer kan PALLAS klaar zijn?

P 27 Locatie PALLAS: regionale, nationale en internationale politieke dimensies

### PALLAS en energieonderzoek

P 29 Onderzoek verduurzaming kernenergie

P 31 Duurzame nucleaire brandstoffen

P 33 Reactorveiligheid

P 35 Kernafval, levensduurverkorting en recycling

P 37 PALLAS en kernfusie

### PALLAS en medische isotopen

P 41 Van bijrol naar hoofdrol

P 43 Toepassing medische isotopen

P 45 Medische Isotopen, een greep uit de nucleaire apotheek



## PALLAS

NRG in Petten werkt aan het ontwerp en de bouw van een nieuwe kernreactor: PALLAS.

PALLAS is het stuk gereedschap waarmee onderzoekers werken aan de energievoorziening van de toekomst: onderdelen en brandstoffen voor kernfusiereactoren, nieuwe generatie duurzame splijtingsreactoren en materialen voor duurzame energiebronnen. Denk bij dat laatste bijvoorbeeld aan halfgeleiders voor vermogenselektronica. Die zijn cruciaal voor de doorbraak elektrisch transport en betrouwbare windturbines.

PALLAS draagt ook bij aan het oplossen van de vraagstukken van vandaag: het onschadelijk maken van de gebruikte splijtstof en het veilig bedrijven van bestaande kerncentrales.

Tenslotte is PALLAS een modern en veilig productiemiddel waarmee de wereld haar nucleaire medicijnkast vult: isotopen voor diagnostiek en kankertherapie.

Door groeiende welvaart en ouderdom groeit de vraag naar deze medische isotopen.

In PALLAS worden nieuwe nucleaire medicijnen ontwikkeld in samenwerking met academische ziekenhuizen.



## Investeren in opbrengsten

Duidelijk is dat de bouw van de nieuwe reactor een investering vergt van enkele honderden miljoenen euro's, verspreid over circa 5 jaar.

Tegelijk is ook al duidelijk dat de opbrengsten navenant zullen zijn. Binnen enkele decennia zullen de maatschappelijke en financiële opbrengsten de investeringen overstijgen.

De internationale nucleaire markt groeit, zowel in termen van industrie (nucleair vermogen) als gezondheidszorg (isotopen). PALLAS garandeert Nederland een wereldkoppositie in de nucleaire energievoorziening en de nucleaire gezondheidszorg. Beide zijn groeimarkten voor de nabije toekomst en leiden tot directe hoogwaardige werkgelegenheid en versterking van de kenniseconomie.



## Flexibel ontwerp

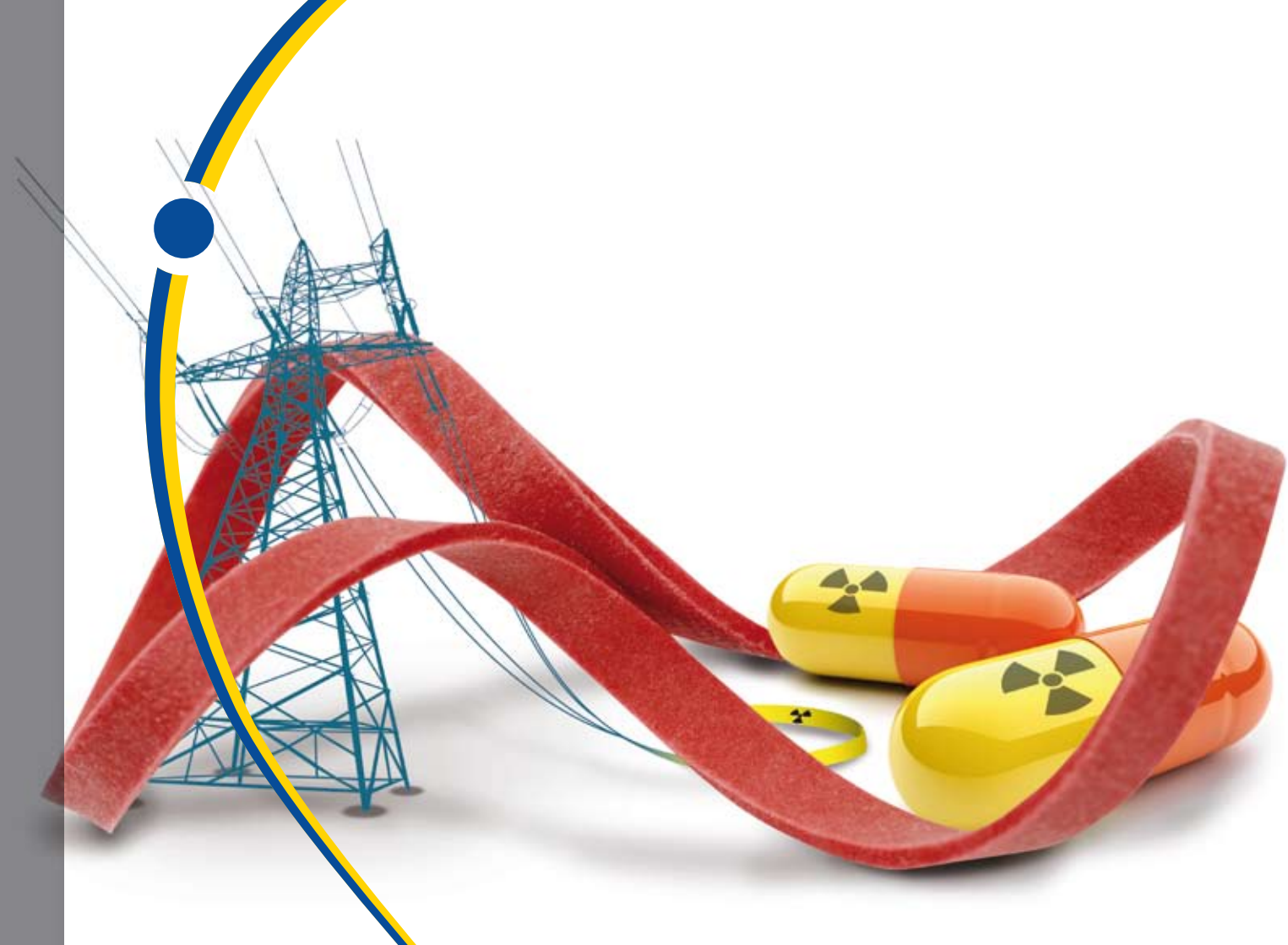
Een drietal internationale consortia, met daarin een belangrijke Nederlandse inbreng, heeft op basis van gedetailleerde specificaties medio 2009 aanbiedingen gedaan voor de bouw van PALLAS als een turn key project.

Belangrijkste karaktertrek van PALLAS is haar operationele flexibiliteit. Aan de ene kant speelt de reactor in op de veranderende vraag naar onderzoek en ontwikkelwerk. Aan de andere kant is de kern zo flexibel dat er meteen op de fluctuerende vraag naar isotopen kan worden gereageerd.

Piekvragen of bijzondere bestralingen moeten te allen tijde efficiënt en flexibel kunnen worden beantwoord en uitgevoerd. Het onderzoek en ontwikkelwerk mag de productie van medische isotopen niet belemmeren, en andersom. PALLAS voldoet hieraan. De kern is flexibel in te richten en heeft een grote capaciteit. Het is mogelijk om tegelijkertijd langdurige en kortdurende bestralingen uit te voeren.

PALLAS is ook bedoel als werkpaard voor de farmaceutische en nucleaire industrie. Centraal staan technische betrouwbaarheid en economische bedrijfsvoering. Het gaat dus om de slimme toepassing en configuratie van bewezen techniek.

De keuze voor een ontwerp en bouwer van PALLAS zal eind 2009 gemaakt worden. Begin 2010 kan worden gestart met het detailontwerp van PALLAS.



## Waarom is flexibiliteit essentieel?

Voor materiaalonderzoek en het ontwikkelen van nucleaire (brand-)stoffen is het soms nodig om stoffen voor weken, maanden of jaren ononderbroken in de reactor te plaatsen.

Kortdurende en langdurige bestralingen moeten dus naast elkaar en door elkaar plaatsvinden. Dat stelt eisen aan de inrichting en opbouw van de kern en de randsystemen om en in de reactor. PALLAS heeft deze flexibiliteit in haar kern.

Medische isotopen zijn zeer beperkt houdbaar. Direct na de productie verliezen isotopen door natuurlijk verval hun specifieke werking. De werking is lang genoeg om het medisch onderzoek goed uit te voeren en kort genoeg om de patiënt na het onderzoek niet in het ziekenhuis te hoeven houden. De tijd waarmee nucleaire producten hun eigenschappen verliezen, varieert van uren tot dagen. Dat betekent dat de productie van isotopen nauwkeurig op de medische toepassing moet zijn afgestemd.

Omdat de productiecapaciteit in de wereld uiterst beperkt is, moeten reactoren in geval van onverwacht onderhoud of storingen zeer snel de productie van medische isotopen van elkaar kunnen overnemen.

Bij de productie van medische isotopen is een snelle reactietijd op de farmaceutische vraag dus essentieel. PALLAS heeft het in zich om snel te reageren op een veranderende vraag of omstandigheden in de wereld.

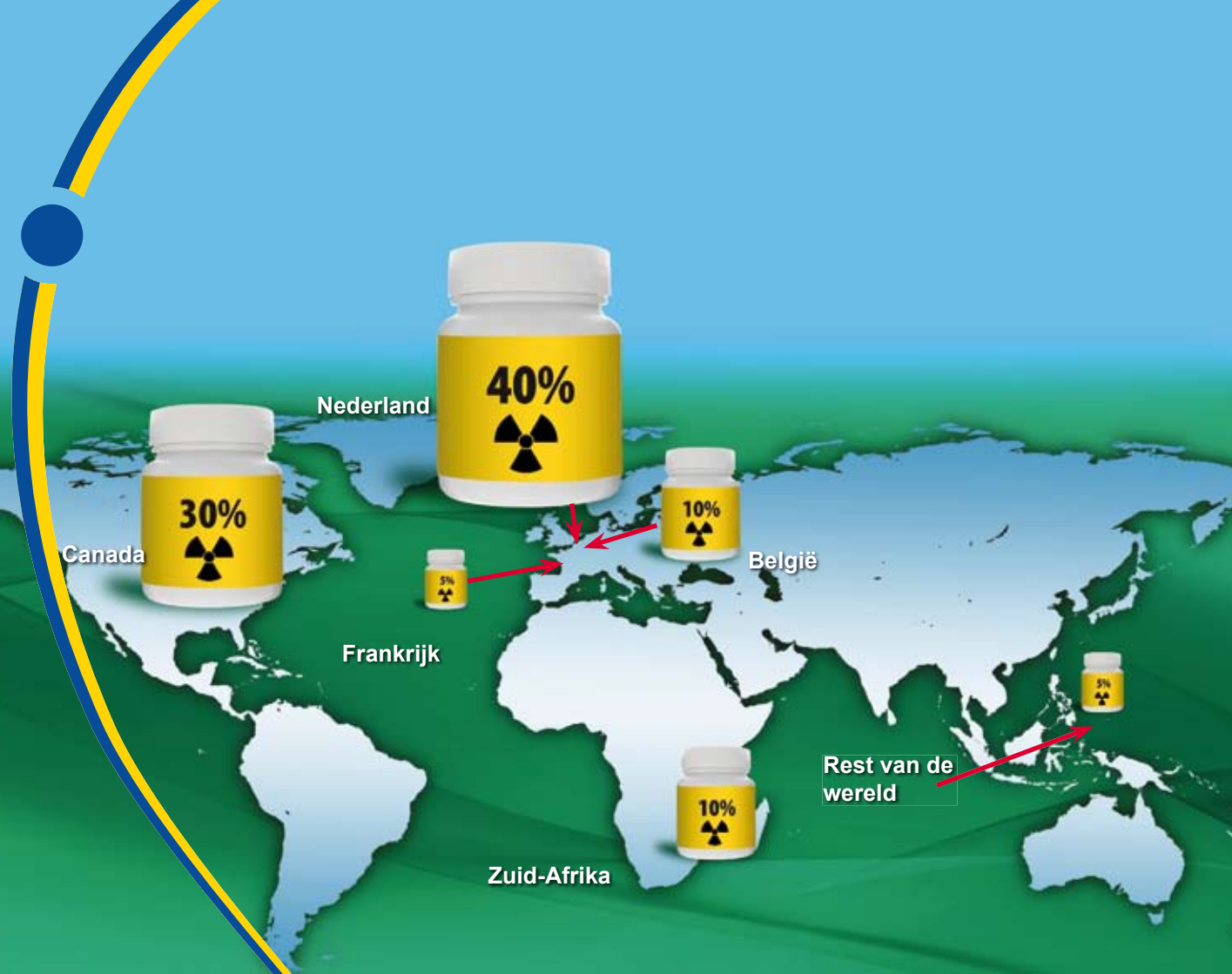


## Unieke nucleaire positie Nederland

Nederland neemt een bijzondere positie in rond toegepast nucleair onderzoek en bij de wereldproductie van medische isotopen. Rond de Hoge Flux Reactor in Petten is een uiterst productieve infrastructuur ontstaan waar nucleaire kennis wordt omgezet in oplossingen voor de toekomstige energievoorziening en de gezondheidszorg.

- Nederland is met haar deskundigheid en infrastructuur een gerenommeerd exportland van nucleaire kennisproducten en een gewaardeerde partner voor onderzoek en ontwikkeling van nucleair en fusievermogen voor de energievoorziening van morgen.
- In Petten wordt gewerkt aan de energievoorziening van de toekomst kernfusie en de oplossing van de uitdagingen van vandaag: veiligheid van huidige reactoren, betere benutting van brandstoffen in kerncentrales en de reductie van nucleair afval. Tegelijkertijd komt dertig procent van het wereldbehoefte van medische isotopen voor onder meer de kankerbestrijding uit de duinen bij Petten.

Deze positie is niet vanzelfsprekend. Strategische overwegingen en lange termijn beslissingen zijn nodig om deze positie te behouden en te versterken. Daarvoor zijn forse investeringen nodig. Echter, daar staat grote winst tegenover: werkgelegenheid, kansen voor de industrie en een bijdrage aan een betrouwbare en schone energievoorziening en de gezondheid van miljoenen mensen.



40%

Nederland

30%

Canada

10%

België

5%

Frankrijk

5%

Rest van de wereld

10%

Zuid-Afrika

## Nucleaire positie Nederland mét Pallas

Als Nederland nu besluit te investeren in PALLAS, dan behoudt en vergroot ons land zijn strategische voorsprong.

Er zijn nog zeer weinig onderzoeksreactoren in bedrijf met een hoge neutronen-flux. De capaciteit in de wereld voor reactorruimte om materialenonderzoek of experimenten te doen is daardoor bijzonder klein. Dat zelfde geldt voor de productie van onmisbare medische isotopen. De vraag groeit, de capaciteit krimpt.

De reactoren die er zijn, komen op leeftijd. Door storingen neemt de betrouwbaarheid af en er zullen reactoren uit bedrijf gaan. Ook de grootste producent van medische isotopen is meermalen langdurig uit bedrijf geweest. Op die momenten valt veertig tot vijftig procent van de productiecapaciteit ongepland weg en raken ziekenhuizen over de hele wereld in de problemen.

Nederland heeft de kennis en de kunde om deze nijpende situatie om te zetten in een kans. Door PALLAS te bouwen consolideert Nederland zijn positie in nucleair onderzoek en heeft zelfs de mogelijkheid om wereldmarktleider te worden bij de productie van medische isotopen.



Canada



Nederland



Frankrijk



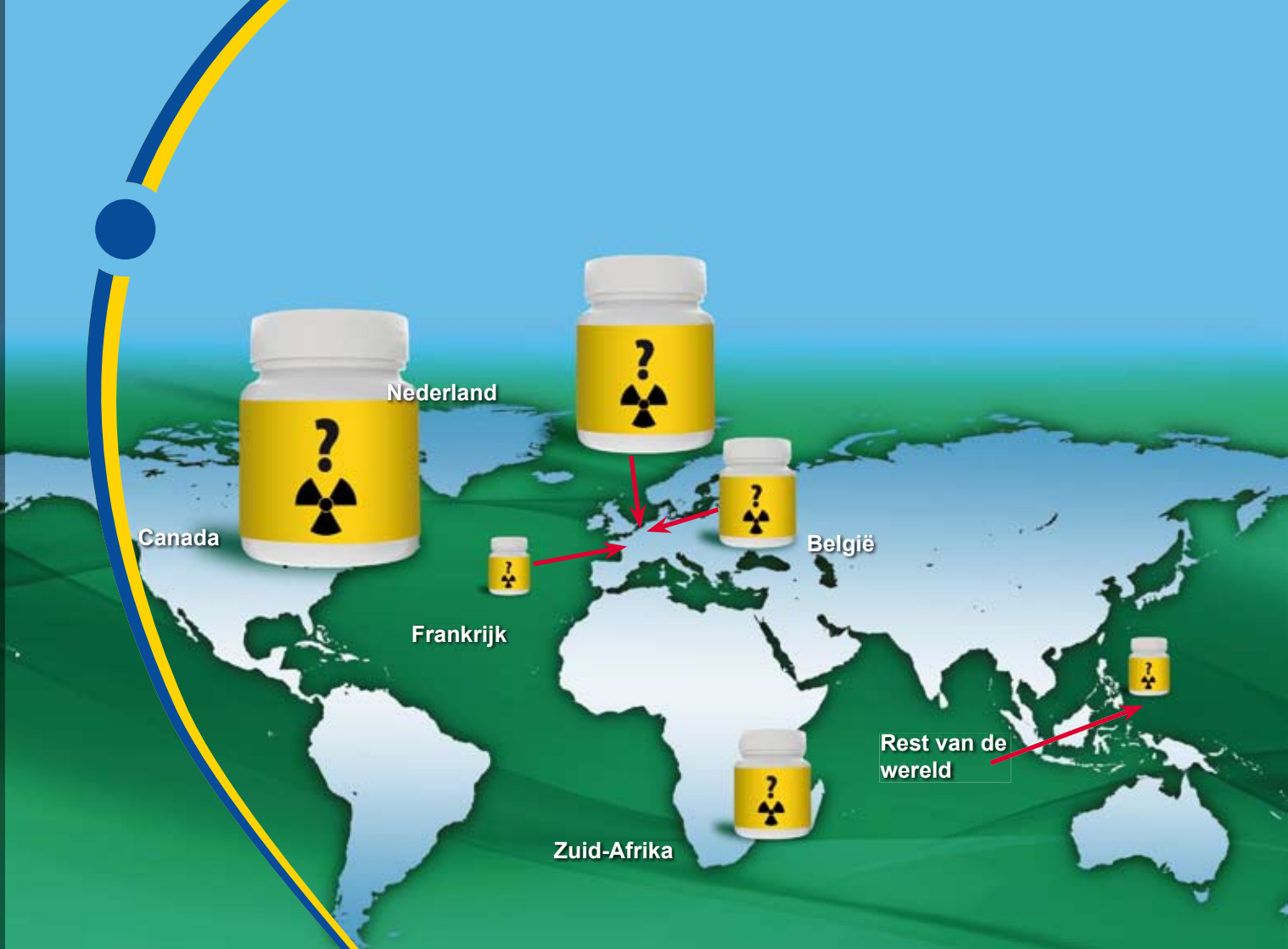
België



Zuid-Afrika



Rest van de wereld



## Nucleaire positie Nederland zónder Pallas

Investeert Nederland niet in PALLAS? Dan is duidelijk dat ons land een unieke positie zal verliezen. Ook kunnen er wereldgezondheidsproblemen ontstaan door tekorten aan isotopen van hoge kwaliteit.

De bestaande Hoge Flux Reactor (HFR) komt geleidelijk aan het einde van zijn bedrijfstijd. Zoals vorig jaar bleek door een langdurige storing, zal de betrouwbaarheid van dit productie- en onderzoeksmiddel afnemen. Klanten zullen naar alternatieven zoeken en de werkgelegenheid en kennisinfrastructuur in Nederland komen onder druk te staan.

Nederland zal aansluiting verliezen bij de groeiende vraag naar nucleaire kennis en onderzoekscapaciteit.

Ook zal de wereldgezondheidszorg (inclusief de Nederlandse) voor een grote uitdaging komen te staan: hoe te voorzien in de grote behoefte aan voldoende betaalbare medische isotopen?



## Pallas en werkgelegenheid

De bouw van een nieuwe reactor heeft positieve gevolgen voor de werkgelegenheid.

De bouw van PALLAS is te vergelijken met die van een haventerminal of vliegveld. Er zijn talloze bedrijven voor meerdere jaren bij betrokken. Voor de vestigingslocatie en Nederland als geheel betekent dit volop banen bij de toeleverende (bouw-)bedrijven.

Als PALLAS operationeel is, zal zij als een magneet hoogwaardige werkgelegenheid aantrekken. Uiteraard is de 24-uurs bediening van de reactor alleen al specialistenwerk. En kunnen onderzoekers hun onderzoek naar de verduurzaming van kernenergie uitbouwen. Daarnaast zullen tal van toeleverende, afnemende en dienstverlenende bedrijven willen profiteren van een vestiging in de nabijheid van de productielocatie.

Zo zullen bedrijven de halffabricaten uit de reactor dichtbij willen afwerken tot eindproducten. De laboratoria en productiefaciliteiten die daarvoor nodig zijn, moeten worden gebouwd, bemand, beheerd en onderhouden.

De eindproducten en de kennis hierover gaan de hele wereld over. Andersom zal wereldwijde belangstelling resulteren in het bezoeken van de locatie. De transport-, distributie- en verblijfssector in de omgeving van PALLAS zullen ruimschoots profiteren.

PALLAS is een katalysator voor de (supra-)regionale werkgelegenheid



## De financiële kanten van Pallas

Om te kunnen starten met het detailontwerp van PALLAS, is op korte termijn een budget nodig van enkele tientallen miljoenen euro's. NRG voert overleg met verschillende potentiële financiers, waaronder provinciale overheden en ministeries.

Ook wordt gesproken met belanghebbenden, waaronder elektriciteitsbedrijven en de farmaceutische industrie. Door het sluiten van lange termijncontracten met afnemers, verkrijgen potentiële financiers zoals internationale investeringsbanken zekerheden.

De feitelijke bouw van PALLAS, kost enkele honderden miljoenen euro's, verspreid over meerdere jaren. Het precieze bedrag hangt af van de vestigingslocatie en het bijbehorende detailontwerp. Zaken als bestaande infrastructuur, de beschikbaarheid van koelwater en landschappelijke inpassing beïnvloeden de bouw prijs. Een bedrag van rond de 500 miljoen euro lijkt reëel, een investering waarover in de toekomst een regeringsbesluit genomen zal moeten worden.

Bij PALLAS spelen publieke en private belangen een rol. Publieke belangen zijn gericht op onderzoek en de voorzieningszekerheid van energie. Private belangen hebben te maken met commerciële bestralingen en de productie van isotopen. Daarom wordt er een vorm van Publiek Private Samenwerking opgezet.

Naar verwachting wordt de private investering terugverdiend met onderzoeksopdrachten uit de industriële markt en de productie van medische isotopen. Deze markten zullen zich naar verwachting sterk ontwikkelen.



## De sociaal maatschappelijke aspecten van Pallas

Europa – en dus Nederland - heeft zich ten doel gesteld de meest concurrerende kenniseconomie ter wereld te worden. Deze zogenaamde 'Lissabon doelstelling' houdt in dat lange termijn investeringskeuzes worden gemaakt op basis van opbrengsten voor de kenniseconomie. Criteria zijn: meer afgestudeerden in bèta-technische vakken, meer hoger opgeleiden, deelname van 20 procent van de beroepsbevolking aan onderwijs- en trainingsactiviteiten.

Op al deze vlakken stimuleert PALLAS het behalen van de doelstellingen.

Hoogwaardige werkgelegenheid op of rond de nieuwe reactor stimuleert jongeren te gaan studeren aan de TU's. Voortschrijdende technische ontwikkelingen en vervolginvesteringen stimuleren technici om voortdurend te leren. Tegelijk zullen nieuwe technische mogelijkheden leiden tot innovatieve producten en spin off. De vraag naar kennis leidt in samenwerking met universiteiten uit de hele wereld tot het ontstaan van opleidings- en trainingsfaciliteiten in de nabijheid van de reactor.

Zowel nationaal als internationaal zal PALLAS gezien worden als waardevolle bestemming van onderzoeks-, ontwikkel- en productiebudgetten.



2010

2011

2013

2015

2017

## Wanneer kan Pallas klaar zijn?

De technische levensduur van de Hoge Flux Reactor reikt tot na 2015. Gelet op de leeftijd van de HFR en de voorbereidingstijd voor de bouw van een nieuwe reactor is NRG, in samenwerking met Covidien (Mallinckrodt Medical), het Institute for Energy van de Europese Commissie en de Technische Universiteit Delft in 2004 een project gestart dat moet leiden tot de bouw en in bedrijfname van een nieuwe reactor.

Op basis van de technische specificaties die NRG heeft opgesteld voor PALLAS komt in 2009 het conceptontwerp voor PALLAS gereed. Als in 2010 wordt begonnen met het detailontwerp, kan de reactor in 2016 operationeel zijn. Met het lange vergunningstraject dat nodig is voor de daadwerkelijke bouw is al gestart, zodat Nederland verzekerd is van de continuïteit van haar wereldwijd unieke positie tot ver in de tweede helft van deze eeuw.:

### Grofweg ziet de planning er aldus uit:

<b>2009 – 2010</b>	keuze conceptontwerp
<b>2010 – 2011</b>	detailontwerp
<b>2011 – 2013</b>	procedures en vergunningen, begrotingsbesluit
<b>2013 – 2015</b>	bouw
<b>2016</b>	inbedrijfname en proefbedrijf
<b>Eind 2016</b>	start commercieel bedrijf



**PALLAS**  
**BORSSELE**

**PALLAS**  
**PETTEN**

## Locatie Pallas: regionale, nationale en internationale politieke dimensies

Het belangrijkste politieke besluit dat genomen moet worden is dát PALLAS gebouwd gaat worden. Een tweede belangrijk besluit is de locatie van vestiging.

Er zijn twee gelijkwaardige keuzemogelijkheden:

- **Noord-Holland**

Als gekozen wordt voor Noord-Holland, zal PALLAS gebouwd worden in de nabijheid van de bestaande nucleaire infrastructuur op de Pettense locatie. De bouw van PALLAS garandeert de versterking en uitbouw van de bestaande nucleaire kennisinfrastructuur.

- **Zeeland**

Bij een keuze voor Zeeland zal PALLAS in de nabijheid van de bestaande kerncentrale 'Borssele' en de afvalberging van COVRA worden gerealiseerd. Zeker als ook de bouw van een tweede kerncentrale 'Borssele' doorgaat, ontstaat in Zeeland een grootschalige nucleaire kennisinfrastructuur.

Beide plaatsen hebben technische en maatschappelijke voor- en nadelen. Deze worden in de afwegingen betrokken.



## Onderzoek verduurzaming energievoorziening

Nu komt 30% van de stroom in de EU uit kerncentrales. Dat aandeel zal naar verwachting groeien: Steeds meer landen overwegen bedrijfsduurverlenging of nieuwbouw van kerncentrales. Hoe veiliger en duurzamer dit gebeurt, hoe beter. Dit vakgebied is dus van groot belang voor Nederland en de Europese energiesector. Met PALLAS kan NRG de verdere verduurzaming van kernenergie een flinke impuls geven.

Daarnaast wordt overal in de wereld hard gewerkt aan de ontwikkeling van kernfusie, de energiebron voor de toekomst. Bij een fusiereactor ontstaan geen langlevende radioactieve restproducten en de benodigde brandstoffen zijn ruim voorhanden. Ook Nederland is bijvoorbeeld met materiaalonderzoek en het ontwikkelen van fusiebrandstof betrokken bij de bouw van 's werelds eerste fusiereactor in Zuid-Frankrijk.

Op hoofdlijnen onderscheidt NRG voor PALLAS de volgende onderzoeksgebieden:

- Duurzamere nucleaire brandstoffen
- Reactorveiligheid
- Kernafval, levensduurverkorting en recycling
- Ontwikkeling kernfusie
- Concrete bijdrage aan fusiereactor ITER

Op al deze terreinen zijn belangrijke ontwikkelingen gaande die bepalend zijn voor de toekomst van kern-energie in de wereld. Met de bouw van PALLAS kan Nederland hierin een vooraanstaande rol blijven spelen.



## Duurzame nucleaire brandstoffen

In Europa wordt nu gemiddeld één derde deel van de elektriciteit opgewekt met kernenergie. Dit aandeel zal mogelijk nog groeien komende jaren. Op dit moment zijn er 148 kerncentrales in Europa en zijn er verschillende in aanbouw of gepland.

Als een kerncentrale minder grondstoffen gebruikt, efficiënter omgaat met brandstof en minder afval produceert, kan kernenergie een interessante bijdrage leveren in de transitie naar een duurzame energiehuishouding. Met het verduurzamen van kernenergie is dus directe en toekomstige milieuwinst te boeken en wordt de voorzieningszekerheid van energie vergroot.

PALLAS draagt met onderzoek & Ontwikkelingsprogramma's bij aan deze verduurzamingslag. PALLAS zal bestaande splijtstoffen verbeteren en nieuwe splijtstoffen ontwikkelen en testen waardoor efficiënter bedrijf van bestaande reactoren mogelijk wordt. Het lukt nu al om door het toepassen van hogere verrijking meer energie uit klassieke splijtstoffen te halen.

Daarnaast komen er steeds meer alternatieve brandstoffen die geschikt zijn voor bestaande reactoren. Deze brandstoffen worden samengesteld uit restproducten zoals verarmd uranium en plutonium of componenten uit wapenontmantelingsprogramma's. Door dit materiaal in te zetten in kerncentrales wordt het onbruikbaar voor kernwapens en levert daarnaast een bijdrage aan de energievoorziening. Via experimenten in PALLAS wordt onderzocht hoe nieuwe samenstellingen van splijtstof veilig en efficiënt kunnen worden ingezet in bestaande kerncentrales.

# De evolutie van nucleaire energie

Eerste demonstratie reactoren



Generatie 1

Huidige reactoren



Generatie 2

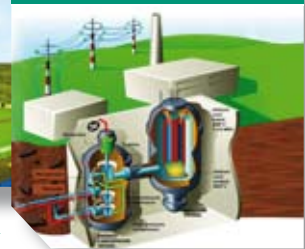
Verbeterde reactoren



Generatie 3

• Veiliger • Schoner • Zuiniger

Toekomstige reactoren



Generatie 4

1950

1970

1990

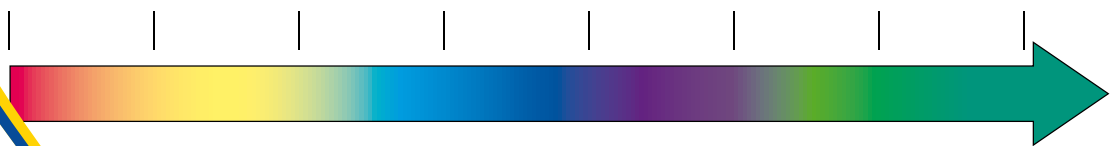
2010

2030

2050

2070

2090



## Reactorveiligheid

Reactoren blijken tot wel 60 jaar veilig in bedrijf te kunnen blijven. Hierbij moet wel worden aangetoond dat de materialen de langere belasting kunnen weerstaan. Aan materialen voor nieuwe reactoren worden nog hogere eisen gesteld. Deze moeten bestand zijn tegen hoge temperaturen en stralingsbelasting.

PALLAS faciliteert proeven met deze cruciale materialen. Met de hoge neutronen flux kunnen verouderingsprocessen versneld worden gerealiseerd waardoor we in staat zijn toekomstig gedrag van materialen vast te stellen. Zo kan bijvoorbeeld worden voorspeld hoe de kwaliteit van materialen als staal of grafiet zich komende jaren houdt in een actieve kernreactor. Op basis hiervan kunnen veiligheids- en economische analyses worden gemaakt.

Daarnaast zal PALLAS bijdragen aan de ontwikkeling van toekomstige duurzamere en veiligere reactoren (Generatie IV). Met PALLAS wordt op basis van nieuwe reactorontwerpen vastgesteld welke materialen en splijtstoffen veilig en economisch kunnen worden gebruikt. Zo zal PALLAS worden gebruikt voor de doorontwikkeling van de Hoge Temperatuur Reactor (HTR) met onderzoek naar de brandstofsamenstelling (grafietbollen met splijtstofkorrels). De levensduur van dit grafiet bepaalt mede de levensduur van de 'bollenreactor'.



## Kernafval, levensduurverkorting en recycling

Bij kernsplijting komt langlevend radioactief afval vrij. Het is mogelijk om veel van deze radioactieve restproducten te recyclen. Door deze 'back-end' efficiënt in te richten en te verduurzamen kan milieuwinst worden geboekt. Hoe meer recycling, hoe minder volume 'echt' afval. En: hoe minder afval, hoe overzichtelijker de uitdaging.

Een van de huidige oplossingen voor hoogradioactief afval is opslag in een veilige omgeving. Nu zien we vooral tijdelijke oplossingen, soms bovengronds zoals bij COVRA in Vlissingen. In de toekomst zullen dat waarschijnlijk geologische eindbergingen zijn.

Een ding is zeker: kernafval wordt nu en straks veilig verpakt. Voor de ontwikkeling van veilige technieken en verpakkingen is onderzoek en experimenteer ruimte nodig.

Een andere veelbelovende oplossing is levensduurbekorting van radioactief afval. Als langlevende reststoffen onder bepaalde omstandigheden worden bestraald, veranderen ze in minder langlevend afval. Er zal nog veel onderzoek en ontwikkelwerk moeten worden gedaan om dit technisch en economisch toepasbaar te maken. PALLAS kan daaraan een flinke impuls geven.



## PALLAS en kernfusie

De bouw van PALLAS is belangrijk voor de ontwikkeling van kernfusie.

Kernfusie is het tegenovergestelde van kernsplijting. Bij fusie smelten kernen van verschillende atomen (waterstof, deuterium en tritium) samen tot een nieuw element. Daarbij komt meer energie vrij dan het proces kost.

Kernfusie heeft in potentie grote voordelen. Bij fusie van atomen volgt geen kettingreactie en er ontstaan geen langlevende radioactieve reststoffen. Kernfusie wordt daarom 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 naast kennis en kunde ook goede voorzieningen nodig. PALLAS draagt met haar mogelijkheden bij aan de ontwikkeling van toekomstige fusiereactoren. Zoals bijvoorbeeld met materiaalonderzoek om vast te stellen hoe snel staalsoorten en composieten van karakter veranderen onder extreme condities. Of aan de gecompliceerde productie van tritium als component voor de fusiereactie.

PALLAS verschaft Nederland toegang tot het internationale kernfusie onderzoek.



## PALLAS en ITER

Veel wordt verwacht van de ontwikkeling van een prototype van een levensvatbare fusiereactor in het Zuid-Franse Cadarache (ITER). Via PALLAS kan Nederland bijdragen aan doorbraken in dit toegepaste fusieonderzoek. In Nederland zal met PALLAS de nadruk liggen op materiaalonderzoek, nodig voor een economisch verantwoorde en technisch betrouwbare reactor.

Om de experimentele fusiereactor in Frankrijk te kunnen bouwen en bedienen, moet nog veel kennis worden verzameld. Nederland speelt hierin al een cruciale rol. Werken aan ITER is voor de Nederlandse wetenschap vergelijkbaar met de bijdrage aan de Europese Ruimtevaart Organisatie ESA.

De zoektocht naar geschikte materialen voor de bouw van het reactorvat voor ITER voert letterlijk door PALLAS. Alleen in het type onderzoeksreactoren zoals PALLAS kunnen materialen en ook grotere onderdelen onder allerlei omstandigheden worden getest. PALLAS heeft grote capaciteit, een flexibele kern en een hoge neutronenflux.

De nieuwe onderzoeksreactor PALLAS in combinatie met de overige al bestaande infrastructuur zoals hot-cell laboratoria zijn een onmisbare werkplaats voor het uitvoeren van allerlei experimenten.

De resultaten komen terecht in het ITER Materials Properties Handbook, de handleiding voor de bouwstenen van de fusiereactor. Hierin staan de karakteristieken en het gedrag van materialen onder extreme omstandigheden zoals hoge temperaturen en hoge stralingsintensiteit.



## Van bijrol naar hoofdrol

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

Er zijn buiten de huidige 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. Zeker omdat de wereldvraag naar medische isotopen blijft stijgen.

Door nieuwe ontwikkelingen in de medische technologie ontstaan steeds meer radiologische toepassingsmogelijkheden. Er komen meer diagnose mogelijkheden en nieuwe therapieën bij, die in samenwerking met academische ziekenhuizen worden ontwikkeld.

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.



## Toepassing medische isotopen

Met PALLAS worden medische isotopen gemaakt voor diagnose en behandeling van ernstige ziektes. Een medische isotoop ontstaat als een element na bestraling instabiel (radioactief) is gemaakt.

**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 of er afwijkingen zijn.

**Therapie:** er zijn twee soorten behandeling van ernstige ziektes zoals kanker:

- 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 bij de behandeling van kanker en voor pijnbestrijding onder andere bij terminale kankerpatiënten
- Brachy-therapie die gebruik maakt van inwendige bestraling van kankercellen. Er wordt een radioactieve bron bevestigd in een naald of metalen bolletje en enige tijd in de tumor gebracht. Een effectieve therapie met goede resultaten en weinig neveneffecten

In PALLAS maakt NRG grondstoffen voor alle genoemde toepassingen.



## Medische Isotopen, een greep uit de nucleaire apotheek

Diagnostische methodes en therapieën zijn volop in ontwikkeling. De medische sector werkt aan grote doorbraken. Nu al is er veel mogelijk, 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 schildklier-aandoeningen 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