Analyse, inform and activate

LAKA

Analyseren, informeren, en activeren

Stichting Laka: Documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie

De Laka-bibliotheek

Dit is een pdf van één van de publicaties in de bibliotheek van Stichting Laka, het in Amsterdam gevestigde documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie.

Laka heeft een bibliotheek met ongeveer 8000 boeken (waarvan een gedeelte dus ook als pdf), duizenden kranten- en tijdschriften-artikelen, honderden tijdschriftentitels, posters, video's en ander beeldmateriaal. Laka digitaliseert (oude) tijdschriften en boeken uit de internationale antikernenergie-beweging.

De catalogus van de Laka-bibliotheek staat op onze site. De collectie bevat een grote verzameling gedigitaliseerde tijdschriften uit de Nederlandse antikernenergie-beweging en een verzameling video's.

Laka speelt met oa. haar informatie-voorziening een belangrijke rol in de Nederlandse anti-kernenergiebeweging.

The Laka-library

This is a PDF from one of the publications from the library of the Laka Foundation; the Amsterdam-based documentation and research centre on nuclear energy.

The Laka library consists of about 8,000 books (of which a part is available as PDF), thousands of newspaper clippings, hundreds of magazines, posters, video's and other material.
Laka digitizes books and magazines from the international movement against nuclear power.

The catalogue of the Laka-library can be found at our website. The collection also contains a large number of digitized magazines from the Dutch anti-nuclear power movement and a video-section.

Laka plays with, amongst others things, its information services, an important role in the Dutch anti-nuclear movement.

Appreciate our work? Feel free to make a small donation. Thank you.

www.laka.org | info@laka.org | Ketelhuisplein 43, 1054 RD Amsterdam | 020-6168294

NRG en de KERNENERGIEWET

Ontwikkelingen op het bedrijfsterrein
‘Nucleair Onderzoek Centrum’ te Petten

Tekst en uitleg
voor omwonenden en andere geïnteresseerden

april 2001

Missie
NRG verleent expertise en diensten, die zijn gericht op een veilig, ecologisch verantwoord en efficiënt gebruik van nucleaire installaties. Daarnaast ontwikkelt en past NRG expertise toe in niet-nucleaire markten.

VOORWOORD

Tussen de toppen van de Pettemer duinen is de koepel van een kleine kernreactor zichtbaar. Die onderzoekreactor staat er ondertussen al veertig jaar. Nadat Nederland was gaan twijfelen aan de merites van kernenergie voor de productie van elektriciteit is het nucleaire programma in Petten steeds meer gericht op andere toepassingen van de nucleaire kennis en kunde, in het bijzonder op toepassing in de medische sector. De reactor is nog steeds een reactor voor onderzoek, maar ondertussen wordt toch de helft van de capaciteit ingezet voor de productie van 'medische' radio-isotopen. Dat is niet gering. Inmiddels ontstaat driekwart van alle radioactieve stoffen die in Europese ziekenhuizen worden gebruikt in die reactor in Petten.

De nucleaire activiteiten van ECN zijn eind 1998, samen met de nucleaire activiteiten van KEMA, ondergebracht in een v.o.f. met de naam Nuclear Research and consultancy Group (NRG). NRG heeft vestigingen in Arnhem en in Petten, maar de nucleaire installaties staan alleen in Petten. De vergunningen die nodig zijn voor het bedrijven daarvan staan nog op naam van ECN. Naast een nieuwe tenaamstelling vraagt NRG ook enkele verbredingen aan van de vergunningen voor nieuwe activiteiten die uit zijn missie voortspruiten. Een dynamisch en energiek kennisbedrijf wil zijn onderzoek en zijn installaties immers regelmatig aanpassen. Omdat de formele vergunningsaanvragen tamelijk omvangrijk en ingewikkeld zijn geven wij in dit boekje compacte en toelichtende informatie.

De NRG-directie,

ir H. Bergmans
ir A.M. van Dort
ir A.M. Versteegh

INHOUDSOPGAVE

Inleiding	7
De geboorte van NRG	8
De geschiedenis in een notendop	9
Hoe veranderen de vergunningen?	11
Medische toepassingen	14
De nucleaire installaties	18
Hoge Flux Reactor	19
Cyclotrons	22
Hot Cell Laboratory, HCL	23
Overige laboratoria	30
Lage Flux Reactor	31
Waste Storage Facility	32
Decontamination and Waste Treatment	34
Lozingen en lozingslimieten	37
Achtergrondstraling	42
Afsluitende opmerkingen	44

INLEIDING

Een goed onderzoekinstituut is altijd in beweging. Nieuwe inzichten, nieuwe ideeën, nieuwe programma's, nieuwe experimenteerfaciliteiten. Op gezette tijden dient tekst en uitleg gegeven te worden over de ontwikkelingen. Dit geldt zeker in het geval van ons onderzoekcentrum dat van oudsher in de gemeente Zijpe een centrale plaats inneemt in het dagelijks leven. Veel Zijpenaren verdienen hun brood in 'Petten' of hebben familieleden of kennissen die daar werken. Bovendien wordt 'Petten' nog altijd geassocieerd met kernenergie. Daar hebben velen een uitgesproken mening over, niet alleen in de Zijpe maar in heel Nederland. Een reden te meer om op gezette tijden uit de doeken te doen wat zich precies afspeelt in de Pettense duinen. In het bijzonder de Zijpenaren hebben daar recht op.

De recente aanvraag van een heel pakket vergunningen vormt de directe aanleiding voor het uitbrengen van dit informatieve boekje.
Het overgrote deel betreft bestaande, thans aan ECN vergunde activiteiten. De vergunningen kunnen worden gestroomlijnd en gebundeld en moeten een andere tenaamstelling krijgen. Enkele activiteiten zijn wel nieuw. Daarvoor wordt een verbreding van de vergunningen gevraagd:

- het afscheiden van meer medische isotopen uit bestraald uranium
- het uitvoeren van medisch-biologisch onderzoek met zogenoemde knock-out-muizen
- het bewerken van sludges (slurry-achtig afval afkomstig uit de olie- en gaswinning) en andere soortgelijke afvalstoffen.

Voorts gaan we in dit boekje alvast in op het terugwinnen van uranium, een activiteit waarvoor nu nog geen vergunning kan worden aangevraagd, omdat daarvoor eerst nog een MER-procedure moet worden doorlopen.

Ook wordt in dit boekje enige aandacht besteed aan de rol en betekenis van het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek van de Europese Commissie en Mallinckrodt Medical, de twee andere 'nucleaire' organisaties op het bedrijfsterrein.

DE GEBOORTE VAN NRG

Eind 1998 zag NRG, de Nuclear Research and consultancy Group, het levenslicht. Het is een dochter van ECN en KEMA, de twee Nederlandse op het gebied van kernenergie actieve instituten. Zij hebben in 1998 besloten hun nucleaire expertise te bundelen. NRG, officieel een vennootschap onder firma, telt inmiddels 330 medewerkers, van wie er oorspronkelijk 230 van ECN en 70 van KEMA afkomstig zijn. Dat personeel is gewoon op de eigen plek in de eigen laboratoria blijven werken zodat NRG uit een Pettense en een Arnhemse vestiging bestaat. Het Pettense deel van NRG is dus niets anders dan het nucleaire deel van ECN dat is verzelfstandigd. NRG is op papier dus een nieuwe onderneming maar dan wel een nieuwe onderneming met een halve eeuw ervaring.

De naam NRG is ondertussen al een paar maal gevallen. Spreekt u dat nu eens op zijn Engels uit: *en-ar-djie*, en misschien nog maar een keer, dan hoort u dat het klinkt als *energy*, energie op z'n Engels. Een aardige associatie dus die het makkelijk maakt de naam NRG te onthouden. Nu begrijpt u ook waarom consultancy in 'Nuclear Research and consultancy Group' geen hoofdletter heeft gekregen.
Overigens spreekt iedereen bij NRG van *en-er-gee*, maar dat is ook logisch voor een Nederlandse organisatie en dat hindert ook verder niet. U hoeft alleen maar aan energie op zijn Engels te denken om op NRG in het Nederlands uit te komen.

In dit boekje wordt met NRG verder alleen het Pettense deel bedoeld, omdat de onderwerpen waarover het gaat alleen op Petten betrekking hebben.

NRG
AN ECN KEMA COMPANY

ENERGY IS OUR DRIVING FORCE

DE GESCHIEDENIS IN EEN NOTENDOP

In de Noord-Hollandse duinen ten noorden van Petten (gemeente Zijpe) ligt een bedrijfsterrein. Daarop zijn vier instellingen gevestigd: het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek van de Europese Commissie (GCO), Mallinckrodt Medical BV (MM) en de Nuclear Research and consultancy Group (NRG). Aanvankelijk was ook de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval NV (COVRA) op het terrein gevestigd. COVRA is in 1993 echter naar Borsele in Zeeland verhuisd.

Bestemmingsplan

In de jaren 1950 besloot Nederland, zoals veel andere landen, ook zelf een rol te gaan spelen in de ontwikkeling van 'Atoms for Peace'. In Den Haag werd RCN, de Stichting Reactor Centrum Nederland, opgericht en allereerst zocht men een geschikte plek voor de bouw van zo'n centrum. Na zorgvuldig zoeken en afwegen viel de keus uiteindelijk op het duinterrein bij Petten. Daar was zoet koelwater beschikbaar, uit het Noordhollands Kanaal, dat vervolgens in zee kon worden geloosd. Daar woonden weinig mensen in de omgeving en toch lag het gebied niet echt ver van de 'bewoonde wereld'. Het bevoegde gezag maakte van het duinterrein een bedrijfsterrein met als bestemming 'Nucleair Onderzoek Centrum'.

HFR

De eerste taak van de nieuwe stichting was de bouw van een eigen reactor op dat nieuwe bedrijfsterrein. De bouw van de Hoge Flux Reactor (HFR) werd in 1962 voltooid. Deze reactor was speciaal ontworpen voor het uitvoeren van onderzoek, en dus niet voor het produceren van elektriciteit. Tijdens de bouw van de HFR werd in Brussel Euratom opgericht, de Europese Gemeenschap voor Kernenergie. Euratom maakte plannen om een aantal nucleaire laboratoria op te zetten, in diverse landen waaronder Nederland waar net een reactorcentrum werd ingericht. Euratom vestigde zich ook op het Pettense bedrijfsterrein. Zo kon het gebeuren dat Nederland de HFR direct na voltooiing aan Euratom overdroeg – verkocht voor de somma van één dollar. De reactor kreeg zo een supranationale status. Dat was toen politiek 'opportuun'. Wel werd bedongen dat de reactor als eerste voor RCN, Reactor Centrum Nederland, beschikbaar zou zijn en dat de bedrijfsvoering aan RCN zou worden uitbesteed. De HFR nam – en neemt nog steeds – een centrale plaats in in de activiteiten op het bedrijfsterrein. In een later hoofdstuk komt de HFR nog uitvoeriger aan de orde.

EUROPESE COMMISSIE
DIRECTORAAT GENERAAL GCO
GEMEENSCHAPPELIJK CENTRUM VOOR ONDERZOEK
Instituut voor Geavanceerde Materialen

De Europese Gemeenschap voor Kernenergie Euratom is later opgegaan in ‘de’ Europese Gemeenschap, samen met de twee andere gemeenschappen: de EGKS en de EEG. En inmiddels heet de Europese Gemeenschap Europese Unie: EU. En de Euratom-laboratoria zijn omgedoopt tot Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek. Het GCO heeft vestigingen in Italië, België, Frankrijk, Duitsland en Spanje, en is organisatorisch ondergebracht in het Directoraat-Generaal GCO van de Europese Commissie. Binnen GCO zijn weer programmatische onderverdelingen gemaakt. GCO-Petten vormt op zijn eentje het Instituut voor Geavanceerde Materialen. Het briefpapier van deze terreinbewoner valt nu te begrijpen.

MALLINCKRODT

In de jaren na de Tweede Wereldoorlog ontwikkelde Philips-dochter Duphar radiofarmaceutische producten, aanvankelijk in Amsterdam, maar de firma verhuisde algauw naar Petten toen daar een bedrijfsterrein voor nucleaire activiteiten was ingericht. In 1977 is Philips Duphar overgegaan naar het chemieconcern Mallinckrodt dat ook een medische divisie omvat. De Pettense vestiging van Mallinckrodt heet officieel Mallinckrodt Medical BV. Eind 2000 is Mallinckrodt overgenomen door Tyco, een nog grotere Amerikaanse onderneming. Maar bij het ter perse gaan van dit boekje heette Mallinckrodt Medical nog gewoon Mallinckrodt Medical.

ECN

In 1976 kreeg het Reactor Centrum Nederland een ruimere taak. Andere gebieden van energieonderzoek zijn erbij gekomen, zoals energie uit kolen, gas, wind, en later nog zon en biomassa. De naam veranderde in ECN, Energieonderzoek Centrum Nederland. In 1998 werd het nucleaire onderzoek in een aparte organisatie ondergebracht, NRG, en zijn de activiteiten van ECN dus uitsluitend niet-nucleair. Gekscherend kunnen we vaststellen dat moeder ECN een vreemde eend in de eigen bijt is geworden. De bestemming van het terrein is immers nog steeds ‘Nucleair Onderzoek Centrum’.

HOE VERANDEREN DE VERGUNNINGEN?

Het splitsen van een 'inrichting' in de zin van de Kernenergiewet – en dat is nodig nu het nucleaire werk van ECN in NRG is ondergebracht – is een uitermate gecompliceerde onderneming. Daar gaan vele honderden mensuren in zitten, niet alleen van juristen. Daar komt bij dat de Kernenergiewet, artikel 15, onder b, ook een hele reeks niet-nucleaire aspecten regelt die anders onder de Wet milieubeheer zouden vallen. Daarom ziet de hele operatie er extra ingewikkeld uit. Omdat het om verschillende wetten en om verschillende aanvragers gaat is de Provincie Noord-Holland wettelijk verplicht hierbij als coördinerende instantie op te treden.
Het onderstaande geeft een beeld van de aard en de omvang van de hele exercitie.

Gebruikte afkortingen

Kew	Kernenergiewet
Wm	Wet milieubeheer
Wvo	Wet verontreiniging oppervlaktewater
Wdp	Wet op de dierproeven
ggo	Besluit genetisch gemodificeerde organismen
HCL	Hot Cell Laboratory, vroeger LSO gedoopt, Laboratorium voor Sterk-radioactieve Objecten
WSF	Waste Storage Facility, vroeger gewoon Opslagloods genoemd
LFR	Lage Flux Reactor
DWT	Decontamination and Waste Treatment, vroeger GBA geheten, Gebouw voor de Behandeling van Afval

Situatie nu

Vergunningen ECN
- Kew, art. 15, onder b, voor HCL/WSF
- Kew, art. 15, onder b, voor LFR
- Kew, art. 15, onder a, art. 29 en art. 34, voor de rest van ECN dat nog Kew-plichtig is (complexvergunning)
- Wm, voor alles van ECN dat niet onder de Kew valt
- Wvo, voor lozing van afvalwater op de Noordzee
- Wvo, voor lozing van lab-, bedrijfs- en sanitair afvalwater op het riool

- Wvo, voor lozing van hemelwater afkomstig van een vloeistofdichte vloer (bij DWT) op het riool
- Wdp, voor onderzoek aan levende organismen, in samenwerking met universiteiten

Situatie straks

Vergunningen NRG
- Kew, art. 15, onder b, voor alles
- Wvo, voor lozing van afvalwater op de Noordzee
- Wvo, voor lozing van sanitair en lab-afvalwater op het riool
- Wvo, voor lozing van hemelwater afkomstig van een vloeistofdichte vloer (bij DWT) op het riool
- Wdp + ggo, om met knock-out-muizen te mogen werken, in samenwerking met de universiteiten

Vergunningen ECN
- Wm
- Kew, voor de enkele ECN-activiteit* die nog Kew-plichtig is (complex-vergunning)
- Wvo, voor lozing op het riool van lab- en sanitair afvalwater

* Bij onderzoek aan lucht, bodem en water maakt ECN soms gebruik van radioactieve merkstoffen, zogenoemde tracers, en van meetinstrumenten die een radioactieve bron bevatten.

‘EHBO’-vergunning

Stel, op de kade in Rotterdam wordt een zeecontainer aangetroffen die straling blijkt af te geven. Het openmaken van die container om na te gaan waar de straling vandaan komt is in principe al vergunningplichtig, het opruimen helemaal. De havenautoriteiten hebben zo’n vergunning niet en missen ook de kennis en de apparatuur om het probleem op te lossen. De overheid heeft NRG verzocht om, vooruitlopend op de verlening van de nieuwe integrale vergunning die alles dekt, nu alvast vergunning te vragen voor het oplossen van zulke radioactieve problemen op elke locatie in Nederland. In de wandeling heet dit de ‘EHBO’-vergunning en die aparte vergunning is ondertussen aangevraagd en zal heel snel worden verleend. Zo’n vergunning zou trouwens ook handig zijn geweest ten tijde van de Bijlmerramp. Het uranium uit de staart van de verongelukte Boeing had dan vakkundig verwijderd kunnen worden, waardoor omwonenden en hulpverleners zich vast een hoop minder zorgen zouden hebben gemaakt.

In beslag genomen goederen

Het kan ook gebeuren dat de overheid radioactieve stoffen of splijtstoffen in beslag moet nemen. Al lang geleden is ECN bij Koninklijk Besluit aangewezen als instelling waaraan deze ‘onder bestuursdwang in bezit genomen’ stoffen dan worden overgedragen. Een nieuw Koninklijk Besluit zal nodig zijn om NRG de plaats van ECN te laten innemen.

MEDISCHE TOEPASSINGEN

In de loop der jaren is het accent van het nucleaire werk steeds sterker komen te liggen op medische toepassingen, de ontwikkeling van productiemethoden van radioactieve stoffen die geschikt zijn voor medische diagnosticering en therapeutische behandeling. Daardoor is ook de samenwerking met Mallinckrodt Medical sterk toegenomen. Een ander voorbeeld van medische toepassing van nucleaire kennis en ervaring is Boron Neutron Capture Therapy, BNCT, een nieuwe methode om tumoren te bestrijden.
Hieronder een korte beschrijving van slechts een viertal van de tientallen radioactieve stoffen die in de Hoge Flux Reactor in Petten worden gemaakt en die in moderne ziekenhuizen met een afdeling Nucleaire Geneeskunde worden gebruikt. Meestal gaat het om de behandeling van tumoren of het opsporen daarvan. Dus geen opwekkende lectuur, maar het onderwerp is wel maatschappelijk van belang want vrijwel iedereen krijgt in zijn leven direct of indirect met medische radio-isotopen te maken.

Holmium-166
De radioactieve isotoop 166 van het weinig bekende element holmium wordt gebruikt (nog experimenteel) voor de behandeling van levertumoren. De stof wordt, ingebed in microscopisch kleine bolletjes hars, in de leverslagader ingespoten. De doorbloeding van de tumor is sterker dan van de rest van de lever. De bolletjes lopen vast in de haarvaten rond de tumor. Het daar vervallende holmium zendt straling uit die de tumor vernietigt.

Lutetium-177
Veel tumoren die zich in klieren ontwikkelen nemen de lichaamseigen stof *somatostatine* op. Die stof kan in het laboratorium worden nagemaakt en worden voorzien van lutetium-177. Zo is het mogelijk het radioactieve lutetium te laten koppelen aan zo'n tumor waar het lutetium dan zijn energie deponeert en de tumor dood straalt. Ook deze behandeling verkeert nog in het experimentele stadium.

Iridium-192
Tumoren die van buitenaf eenvoudig zijn te bereiken worden meestal met iridium-192 bestraald. Een cilindertje radioactief iridium van ongeveer een millimeter, gemonteerd op een draad, wordt naar de plaats van de tumor geschoven en na een tevoren uitgerekende bestralingstijd weer teruggehaald. Zo kan ook op de plaats in een ader waar een dotterbehandeling

heeft plaatsgevonden, de wand (licht) worden bestraald om te voorkomen dat het (litteken)weefsel zich later verhardt en samentrekt, zodat een vroeger vaak noodzakelijke nieuwe dotterbehandeling achterwege kan blijven.

Uranium
Uranium wordt in dit boekje een stof genoemd die ‘niet of nauwelijks radioactief’ is. Nu word ik voor het lapje gehouden, is misschien uw reactie, want uranium was toch zo gevaarlijk? Dat hoor je overal. Hoe zit dat nou? Uranium is de enige natuurlijke stof waarmee een zichzelf onderhoudende nucleaire kettingreactie kan worden bewerkstelligd. Door uraniumkernen te splijten ontstaat meer energie dan nodig is òm ze te splijten. Je kunt er kernreactoren op laten draaien, maar je kunt er helaas ook bommen van maken. Als uranium wordt verspleten ontstaan er splijtingsproducten, en die zijn wel zeer radioactief. Die splijtingsproducten ontstaan in de splijtstof en blijven daarin zitten. Een plaatje of een blokje uranium waarin kernsplijting heeft plaatsgevonden, waarin dus een deel van het uranium is omgezet in splijtingsproducten, is hoogradioactief. Het uranium zelf is dat niet.

Molybdeenproductie
Voor de productie van het splijtingsproduct molybdeen, zie blz 16, worden uraniumplaatjes in de reactor bestraald, niet in maar een beetje naast de kern. Daar doen ze niet mee aan het op gang houden van de kettingreactie, maar er vindt wel in bescheiden mate splijting plaats. Na ongeveer een week is er voldoende molybdeen gevormd en worden de plaatjes uit de reactor gehaald en naar de MPF in het HCL overgebracht.

Molybdeen-dochter technetium-99m

Technetium-99m wordt door de artsen gebruikt om orgaanfuncties en lichaamsprocessen te bekijken. De stof bezit daarvoor precies de goede fysische en chemische eigenschappen. De uitgezonden gamma-straling heeft de juiste energie om een goede afbeelding – een 'foto' die door een of meer gammadetectoren wordt gemaakt – te verkrijgen. De stralingsbelasting van de patiënt is zeer laag. Technetium laat zich gemakkelijk binden aan veel verschillende chemische stoffen, zodat het voor zeer uiteenlopende soorten diagnoses bruikbaar is. De halveringstijd is 6 uur, lang genoeg om het medisch onderzoek goed uit te kunnen voeren en kort genoeg om de patiënt na de behandeling niet in het ziekenhuis te hoeven houden. Kortlevende radioactieve stoffen moeten altijd ergens worden aangemaakt, en hoe krijgt men een stof die na 6 uur nog maar voor de helft bestaat iedere dag in elk ziekenhuis? Hier helpt het toeval. Technetium is een vervalproduct van molybdeen-99, dat zelf een halveringstijd heeft van 66 uur. En *die* halveringstijd laat transport wel toe, zelfs over grote afstanden. Molybdeen-99 komt evenmin als dat technetium in de natuur voor. Het is een stof die slechts gemaakt kan worden door kernreacties. Het ontstaat bij de splijting van uranium en komt dus voor in verspleten splijtstof. In de HFR in Petten worden daarom speciale plaatjes uranium bestraald, waaruit in de Molybdeen-Productie-Faciliteit het molybdeen wordt geëxtraheerd (zie ook elders in dit boekje). In speciale afgeschermde flessen, in de wandeling 'koeien' genoemd, wordt het molybdeen afgeleverd in de ziekenhuizen. Het dochterproduct technetium is op eenvoudige wijze uit het molybdeen te spoelen. De 'koe' kan op elk gewenst moment worden 'gemolken'. In de Europese ziekenhuizen worden jaarlijks maar liefst 6 miljoen patiënten met het radioactieve technetium uit Petten gediagnosticeerd.

In de afgeschermde flessen (één voor de foto opengewerkt) bevindt zich molybdeen-99. Het molybdeen (halveringstijd 66 uur) vervalt naar technetium-99m (halveringstijd 6 uur). Dit technetium kan zeer eenvoudig chemisch worden afgescheiden. Het wordt in ziekenhuizen veelvuldig gebruikt voor diagnostische doeleinden. Als een ziekenhuis elke week een verse fles ontvangt, die 'technetium-koe' wordt genoemd, kunnen de artsen in dat ziekenhuis op elk moment van de dag, zeven dagen per week, door de koe te 'melken' over technetium beschikken.

Boron Neutron Capture Therapy, BNCT

Voor de behandeling van sommige soorten kanker is het beter de patiënt geen radioactieve stof toe te dienen, maar om de radioactieve stof die de tumor moet bestrijden in het lichaam van de patiënt te *produceren*. Daarvoor is het wel nodig de patiënt naar een kernreactor te brengen. Bij Boron Neutron Capture Therapy, BNCT, krijgt de patiënt een niet-radioactief preparaat toegediend met twee bijzondere eigenschappen: het preparaat zoekt de tumor op en het bevat borium. Als de tumor vervolgens met een bundel neutronen uit de reactor wordt bestraald, zal tussen de neutronen en de boriumatomen een kernreactie plaatsvinden waarbij alfa-deeltjes ontstaan. De alfa-deeltjes vernietigen de tumor, veel beter dan andere straling dat kan. Een van de neutronenbundelkanalen van de HFR, kanalen die indertijd voor het uitvoeren van fundamenteel wetenschappelijk onderzoek zijn gebouwd, is gemodificeerd voor de behandeling van patiënten. Fysici hebben verstrooiings- en filtertechnieken aangebracht om de snelheid van de neutronen zo te kunnen regelen dat de gewenste indringdiepte in het menselijk weefsel wordt bereikt. Ook BNCT verkeert nog in de experimentele fase.

DE NUCLEAIRE INSTALLATIES

Op het terrein bevinden zich diverse gebouwen. In sommige gebouwen zijn kantoren ondergebracht. In andere gebouwen bevinden zich laboratoria en installaties ten dienste van het onderzoek. In enkele daarvan spelen stralingsaspecten een belangrijke rol omdat met (hoog)radioactieve stoffen of splijtstoffen wordt gewerkt. Deze gebouwen vormen tezamen de 'inrichting' als bedoeld in artikel 15, onder b, van de Kernenergiewet.

Dit zijn
- het Hot Cell Laboratory, HCL
- overige laboratoria
- de Lage Flux Reactor, LFR, en
- de DWT-installaties (Decontamination and Waste Treatment)
- de Waste Storage Facility, WSF, een speciaal gebouw, vroeger Opslagloods geheten, waarin radioactief afval tijdelijk wordt opgeslagen.

Om compleet te zijn worden hier ook de installaties van GCO, het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek van de Europese Commissie, en MM, Mallinckrodt Medical, genoemd. Dat zijn
- de Hoge Flux Reactor (HFR, van GCO)
- het Philips-cyclotron (van MM)
- het IBA-synchrocyclotron (ook van MM).

HOGE FLUX REACTOR

De HFR die met zijn karakteristieke koepel van verre valt te herkennen, is in 1962 in gebruik genomen. De laatste jaren is het gebruik van deze reactor aan het verschuiven. Nucleair en fundamenteel onderzoek maken gedeeltelijk plaats voor de productie van radionucliden. Die radionucliden, meestal radio-isotopen genoemd, worden bijna alle voor medische doeleinden gebruikt. Ook is men bezig, in samenwerking met andere Europese groepen en het Nederlands Kanker Instituut, BNCT te ontwikkelen. BNCT staat voor Boron Neutron Capture Therapy. Het is een oude techniek waarbij tumoren met neutronen worden bestraald. De techniek was op papier indrukwekkend maar heeft vroeger in de praktijk nooit bijzonder goede resultaten opgeleverd. Wetenschap en techniek hebben echter niet stilgestaan en de vooruitzichten zijn nu aanzienlijk gunstiger. Het programma van proefbestralingen zal binnen twee jaar zijn afgewerkt en het ziet er nu naar uit dat daarna reguliere patiëntenbehandeling in de HFR zal gaan plaatsvinden.

Aan de HFR is een stukje ziekenhuis gebouwd.

De HFR krijgt dus meer en meer een ‘medische’ bestemming. De maatschappelijke relevantie van deze kerninstallatie is dus wel aan het *veranderen*, maar zeker niet aan het *verminderen*.

Iedereen is zo langzamerhand wel gewend aan de HFR. Maar hij is en blijft een kernreactor met splijtstoffen en splijtingsproducten, of er nu fundamenteel onderzoek mee wordt uitgevoerd of patiënten in worden bestraald. Daarom blijft NRG er uiterst zorgvuldig mee omgaan. Overigens, het vermogen van de HFR is ruwweg 100 keer kleiner dan dat van een normale kerncentrale die elektriciteit opwekt.

Hoe zit het met dat afval in de HFR?
In de Hoge Flux Reactor bevinden zich niet alleen de splijtstoffen waarop de reactor nu draait, maar ook de opgebrande elementen van de laatste 10 jaar. Opgebrande elementen laat men enige tijd in een zijbassin staan om minder radioactief te worden (afkoelen in vaktaal) voordat ze worden afgevoerd. Dat afvoeren was echter jarenlang een probleem. Greenpeace verzette zich heftig tegen transport van het afval naar de COVRA in Zeeland. Vorig jaar heeft de minister van VROM, nadat hij zich ervan had laten overtuigen dat zulke transporten nog steeds veilig kunnen worden uitgevoerd, toestemming gegeven om een aantal van de opgebrande elementen af te voeren. Gelukkig maar, het bassin zat ondertussen zo vol dat de HFR anders stilgelegd had moeten worden.

Afvoer
Inmiddels hebben vier transporten plaatsgevonden. De overheid wilde geen risico's lopen en trof omvangrijke veiligheidsmaatregelen. De colonne was een paar honderd meter lang. Busjes met ME-ers vóór en busjes met ME-ers ná de vrachtwagen die de container vervoerde. In Petten patrouilleerde de bereden politie op het bedrijfsterrein en in de duinen. Boven het transport vloog een helicopter mee. Op elke kruising met de transportroute was een agent geposteerd om de colonne voorrang te verlenen. Alles bijeen moet de inzet honderden agenten groot zijn geweest. De veiligheidsmaatregelen zijn weliswaar geheim, maar deze enorme omvang was eenvoudig vast te stellen door iedere waarnemer die toevallig ook die route aflegde.
Het zij ons vergund met lichte verbazing over deze vergaande maatregelen te rapporteren. Transport van radioactief materiaal is voor Petten een normale en alledaagse zaak. En als het dan geen grondstof maar afval betreft wordt plotseling een heel politieleger in stelling gebracht. Kernafval moet dan wel buitengewoon veel gevaarlijker zijn geworden, zou je denken. Jammer, er bestaan al zoveel misverstanden over kernenergie, afval en straling.

‘Lekkende’ vaten

In 1998 schortte de minister van VROM, toen Margreet de Boer, alle transporten met gebruikte splijtstof op. In Frankrijk en Duitsland waren namelijk aan de buitenzijde van transportcontainers besmettingen aangetroffen groter dan de wettelijke norm. De milieuorganisaties maakten hiervan gebruik om een grootscheepse publiciteitscampagne op te zetten tegen kernenergie en haar ‘lekkende’ vaten. Het risico zou onverantwoord groot zijn.

Een transportcontainer moet volgens de regels bestand zijn tegen van alles en nog wat. De prototypes worden dan ook uitvoerig getest: van metershoog op een betonnen vloer gesmakt, in een heet vuur geroosterd, in diep water gegooid. Mede daarom kosten ze gauw een miljoen gulden per stuk. En zou zo’n container dan zomaar lekken? Nee natuurlijk. Het verschijnsel zit als volgt in elkaar. Gebruikte splijtstof wordt altijd onder water in zo’n container geladen. Dat water bevat altijd sporen radioactiviteit. Vóór vertrek droogt men de container zorgvuldig af. Met tissue-papiertjes poetst het personeel de hele container nog een keer na en controleert met gevoelige meetinstrumenten dat elke vierkante cm aan de gestelde norm voldoet. Bij aankomst wordt opnieuw gemeten en dan blijkt soms dat de norm op enkele plekken is overschreden. Waar kan die activiteit in vredesnaam vandaan komen? De verklaring is weinig spectaculair. Bij de belading is hier en daar wat licht besmet water in de ‘huid’ van de container gedrongen – onder een schroefkop, achter een felsrand – dat tijdens het transport is losgekomen en vervolgens ergens opgedroogd. De besmetting blijft dan achter.

Brengt dat serieuze risico’s met zich zoals de milieuorganisaties beweerden? De minister – ondertussen was dat Jan Pronk – wilde hier een advies over van de Gezondheidsraad. Deze raad kwam snel met zijn uitspraak: “De besmettingen die soms aan de buitenzijde van een splijtstofcontainer worden aangetroffen vertegenwoordigen geen bijzonder risico.” En dat wist iedere deskundige natuurlijk al lang. De gestelde norm is namelijk 4 Bq/cm^2. Dat is zo goed als niets. Vier becquerel correspondeert met minder dan een miljardste milligram besmetting. En vergelijk die 4 Bq eens met de radioactiviteit in zeewater. In een liter zeewater zit 35 Bq, in gewone halfvolle melk zelfs twee maal zo veel.

Het is te hopen dat tijdens zo’n transport niemand van de begeleiders uit zijn bekertje melk op de container morst. Dat zou tot een besmetting kunnen leiden die aan de overheid gemeld moet worden. En dat zou de poppen weer aan het dansen kunnen brengen.

CYCLOTRONS

Mallinckrodt Medical heeft twee cyclotrons in bedrijf, voor de productie van radionucliden. Deze cyclotrons versnellen protonen. Deze deeltjes laat men botsen op bepaalde trefplaatjes waarbij door kernreacties de radionucliden worden gevormd die men wenst. Het Philips-cyclotron is al wat ouder. Het wordt alleen ingezet als het andere cyclotron zijn taken niet aankan. Dat andere cyclotron, een hypermodern synchrocyclotron van de Belgische fabrikant IBA, is een machine die bij u in de kamer zou kunnen staan. Maar dan zou u bij de buren moeten gaan wonen, want als hij aanstaat ontstaat straling. Er horen daarom stevige betonnen wanden om zo'n cyclotron, en die staan er dan ook. Alleen daar waar de versnelde deeltjes botsen, dus in het trefplaatje, ontstaat radioactiviteit. En dat wordt ook nagestreefd, daar ontstaan de radioactieve geneesmiddelen. Het grootste deel van het risico voor de omgeving spruit voort uit de directe straling die een werkend cyclotron uitzendt. En die directe straling is aan de rand van het bedrijfsterrein al niet meer meetbaar.

Het synchrocyclotron van Mallinckrodt

HOT CELL LABORATORY, HCL

Het belangrijkste kenmerk van het Hot Cell Laboratory is de aanwezigheid van ‘hete cellen’, ruimtes die door dikke wanden zijn afgeschermd zodat in de cel met hoogradioactieve stoffen gewerkt kan worden. De mens blijft uiteraard buiten de cel. Kijkend door een venster van loodglas en met hulp van een stel manipulatoren (op afstand bedienbare grijphandjes) kunnen allerlei handelingen worden verricht: van fijn laboratoriumwerk tot grofstoffelijke bezigheden als het doorzagen en ompakken van hoogactieve bestralingscapsules waarvan de inhoud bestemd is voor onderzoek of voor medische doeleinden. In het HCL, dat vroeger Laboratorium voor Sterkradioactieve Objecten (LSO) werd genoemd, zijn enkele tientallen van dergelijke cellen aanwezig.

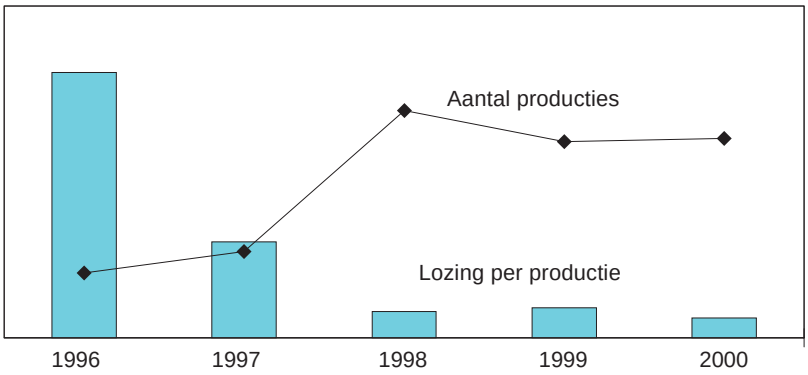
Een gedeelte van het HCL is niet uitgerust met ‘hete cellen’, maar met gewone handschoenenkasten. Dat is het gedeelte waar wordt gewerkt met radioactieve stoffen die vervallen door het uitstoten van alfa-deeltjes. Deze deeltjes hebben maar weinig doordringingsvermogen. Ze worden al door papier tegengehouden en komen dus ook de opperhuid niet door. Maar een alfa-deeltjes uitzendende stof moet je niet in de longen krijgen want op je longblaasjes zit geen beschermend laagje opperhuid. De handschoenenkasten bieden bescherming tegen inademing van deze alfa-stralers.
NRG doet, in Europees verband, onderzoek aan de alfa-stralers die in langlevend kernsplijtingsafval voorkomen met het doel wegen te vinden om hun levensduur te verkorten.

De meeste radioactieve stoffen in het splijtingsafval van een kerncentrale hebben een halveringstijd van maanden tot enkele tientallen jaren. Een zeer kleine fractie van het afval leeft echter zeer lang, in de orde van honderdduizenden jaren. Hoewel deze alfa-deeltjes uitzendende langlevers er per definitie eindeloos lang over doen om te vervallen en dus ook niet of nauwelijks stralen, wordt de productie van deze langlevers door velen als het belangrijkste bezwaar tegen kernenergie gezien. Dat is de reden waarom NRG werkt aan manieren om hun levensduur te verkorten, en ook het ontstaan van deze stoffen te voorkomen.

De verschillende soorten hoogradioactieve stoffen die het HCL in en uit gaan worden vervoerd in metalen containers die voldoende dik zijn om de uitgezonden straling tegen te houden. Deze containers worden aan een 'hete cel' gekoppeld waarna de actieve inhoud via een ingenieus klapdeursysteem in de cel wordt gebracht – of vice versa – zonder dat de buitenzijde van de container besmet kan raken.

Bij het werken in de hete cellen blijven altijd radioactieve restanten over, afval dus. Een van de cellen is gereserveerd voor het verpakken van dit afval en voor het geschikt maken voor tussenopslag. We spreken van tussenopslag omdat al het afval uiteindelijk naar COVRA gaat. Tussenopslag – om de kortlevende stoffen de gelegenheid te geven te vervallen – vindt in het HCL zelf plaats als het om stoffen gaat waarvoor een paar weken of maanden verval voldoende is, en in de Waste Storage Facility (de Opslagloods) als het verstandig is het afval enkele jaren te laten liggen alvorens het af te voeren.

Molybdeen-productiefaciliteit
Een belangrijk onderdeel van het HCL is de MPF, de Molybdeen-productiefaciliteit. In de Hoge Flux Reactor worden plaatjes hoogverrijkt uranium bestraald. Door de bestraling wordt een deel van het uranium verspleten. Daarbij ontstaan enkele tientallen splijtingsproducten. Een daarvan is molybdeen-99. In de Molybdeen-productiefaciliteit wordt dit molybdeen chemisch afgescheiden en zover gezuiverd dat Mallinckrodt Medical het kan gebruiken voor zijn molybdeen/technetium-generatoren, het meest gevraagde product in de nucleaire geneeskunde. Strikt genomen wordt er in de Molybdeen-productiefaciliteit dus helemaal geen molybdeen geproduceerd. Dat gebeurt in de HFR. In de MPF wordt het molybdeen slechts *gewonnen*. De MPF wordt bemand (M/V) door eigen personeel van Mallinckrodt Medical met eigen apparatuur.



De MPF is momenteel de schoonste 'molybdeen-fabriek' ter wereld. De emissies zijn de laatste jaren nog verder teruggedrongen, terwijl de productie juist is toegenomen. Dit is te danken aan het revolutionaire scheidingsprocédé dat door Mallinckrodt zelf is ontwikkeld, en aan de bijzondere kwaliteitszorg die het Mallinckrodt-personeel aan de bedrijfsvoering besteedt.

Het HCL biedt de mogelijkheid ook andere radio-isotopen chemisch af te scheiden uit de bestraalde uraniumplaatjes. NRG wil dat in de nabije toekomst gaan doen met nog twee andere waardevolle stoffen: jodium-131 en uranium-235.

Kriticiteit
Uranium is niet of nauwelijks radioactief – het is eerder aangegeven – maar wel chemisch giftig, net als andere zware metalen zoals lood en kwik. Het eigenlijke gevaar van splijtbaar uranium schuilt echter in de eigenschap dat er onder bepaalde omstandigheden een ongecontroleerde kettingreactie in kan optreden. Het is gelukkig niet moeilijk om die omstandigheden te voorkomen, kriticiteit voorkomen heet het in vaktaal. NRG gaat al 40 jaar met splijtstoffen om en met alle bijbehorende veiligheidsmaatregelen. Problemen zijn er nooit geweest.
In het Hot Cell Laboratory bevindt zich in totaal maximaal ongeveer 25 kg splijtstof. In de WSF (de Opslagloods) ligt nog ongeveer 15 kg splijtbaar materiaal, de som van de restanten onderzochte splijtstof, gebruikte maar ook ongebruikte.

Non-proliferatie
Voor de splijtstoffen op het terrein wordt een apart administratiesysteem bijgehouden, zoals de internationale regels dat voorschrijven. Ook Nederland moet steeds kunnen aantonen dat het geen materiaal achterhoudt waarmee kernbommen gemaakt kunnen worden. De inspecties, onder verantwoordelijkheid van het International Atomic Energy Agency, vinden regelmatig plaats.

Jodium
In de nucleaire geneeskunde wordt jodium-131 voor verschillende doeleinden gebruikt, onder meer voor het bestralen van schildklierweefsel. Het jodium wordt nu geleverd door andere ‘molybdeen-fabrieken’. Anders dan de MPF gebruiken de andere molybdeen-fabrieken in de wereld een afscheidingsprocédé waarbij het jodium-131 in vluchtige vorm vrijkomt. Dat heeft een voor- en een nadeel. Het jodium hoeft alleen maar opgevangen te worden, een voordeel, maar *alles* opvangen is heel moeilijk, duidelijk een nadeel. De ongewenste lozingen uit deze fabrieken zijn dan ook tien, twintig keer groter dan die uit de MPF.

Uranium
Van het uranium in het uraniumplaatje wordt door het bestralen maar een paar procent verspleten. Het is chemisch niet moeilijk om de resterende ongeveer 97% van de splijtingsproducten af te scheiden, zodat het uranium opnieuw gebruikt kan worden. We gaan nader op dit onderwerp in.

Uraniumterugwinning

De acht hoogverrijkt-uraniumplaatjes die steeds tegelijk in de HFR worden bestraald om het gewenste molybdeen, een der splijtingsproducten, te doen ontstaan, bevatten samen 8 × 5 = 40 gram uranium. Daarvan wordt ongeveer één gram opgebruikt, of te wel omgezet in splijtingsproducten. Het residu dat overblijft als het molybdeen uit de plaatjes is geëxtraheerd bestaat dus vrijwel geheel uit uranium. Het is van meet af aan de bedoeling geweest dat de fabrikant van de plaatjes, AEA Technology in Dounreay, Schotland, het uranium uit het afval zou afscheiden om er weer nieuwe plaatjes van te maken. AEA Technology is echter in 1998 door de Engelse autoriteiten stilgelegd – er bleek sprake van onvoldoende zorgvuldige bedrijfsvoering. Dounreay viel daarmee weg, maar NRG kon de uraniumplaatjes gelukkig ook betrekken van CERCA in Frankrijk. Die firma is echter niet in staat het uranium te recyclen. Daarom wil NRG dat nu zelf gaan doen. Het terugwinnen van uranium uit gebruikte splijtstof wordt in de vakwereld meestal 'opwerken' genoemd. Dit begrip heeft een zeer negatieve klank gekregen doordat de opwerkingsfabrieken veel radioactiviteit in het milieu loosden. De milieuorganisaties hebben daar terecht tegen geageerd. Het kon een stuk beter, en inmiddels gáát het ook een stuk beter in Sellafield en La Hague. Maar het terugwinnen dat NRG van plan is te gaan doen is toch moeilijk op één hoop te gooien met de activiteiten van een opwerkingsfabriek, alleen al niet wat de omvang betreft. De uranium'doorzet' van de Pettense Molybdeen-productiefaciliteit bedraagt maximaal 10 kg per jaar. Vergelijk dit eens met de omzet in La Hague en Sellafield.

Terugwincapaciteit in kg uranium per jaar

Cogéma La Hague Frankrijk	BNFL Sellafield Engeland	NRG Petten Nederland
1.600.000	2.350.000	10

De omzet in Petten is zo gering dat alle afvalstoffen, ook de vloeibare, naar COVRA afgevoerd kunnen worden. Dit betekent ook dat er bij het hele proces van molybdeenproductie en uraniumterugwinning geen enkele lozing in water plaatsvindt of zal plaatsvinden, niet in het riool en niet in de zee. Dit is duidelijk anders dan bij de opwerkingsfabrieken die wel radioactiviteit in zee lozen (en daar ook vergunning voor hebben).

De terugwinning van uranium staat in deze paragrafen beschreven in de tegenwoordige tijd. Dat is alleen om het verhaal wat levendiger te maken. Dat terugwinnen kan pas plaatsvinden als NRG daar vergunning voor heeft. Die vergunning is nog niet aangevraagd. Dat kan pas als eerst een MER-procedure is doorlopen. De startnotitie voor die milieu-effect-rapportage zal op korte termijn bij het bevoegd gezag worden ingeleverd.

Hoe gaat de terugwinning in zijn werk?
Om te beginnen mag het eerderbeschreven residu uit de MPF zes maanden afkoelen zodat alle kortlevende radioactieve stoffen alvast zijn vervallen. Dan lossen we het op in een mengsel van natriumbicarbonaat (zuiveringszout) en koolzuurhoudend water (Spa-rood) en scheiden het uranium af. Als het residu niet zo radioactief zou zijn had dit een scheikundepracticumopdracht voor 4 Havo kunnen zijn. Maar het residu is wèl actief – hoogactief zelfs, ook na het verval van de kortlevers nog – en de handelingen moeten daarom plaatsvinden in een hot cell. Het maken van een poedervormige uranium-aluminium-legering en vervolgens het walsen daarvan tussen twee aluminium plaatjes kan in een gewone handschoenkast gebeuren. Uranium zelf straalt immers niet of nauwelijks (zie ook elders in dit boekje).

Veiligheid
Het HCL is ervoor ingericht om met radioactieve stoffen en splijtstoffen om te gaan, het personeel is ervoor opgeleid. Het terugwinnen van uranium, elke week ongeveer 150 gram, en het fabriceren van nieuwe uraniumplaatjes is niets bijzonders binnen het pakket werkzaamheden dat toch al in het HCL wordt uitgevoerd. Een veiligheidsanalyse laat zien dat de gevaarzetting van die extra activiteiten geheel binnen die van de normale activiteiten valt. Met andere woorden: het terugwinnen van uranium zal de gevaarzetting van het HCL niet verhogen.
Maar omdat ‘het opwerken van bestraalde splijtstof’ expliciet wordt genoemd in de lijst van MER-plichtige activiteiten, zal er toch een milieu-effect-rapport moeten komen. Pas nadat de MER-procedure is doorlopen kan een vergunning worden aangevraagd. Dat is de reden waarom het terugwinnen van uranium nu niet in het pakket vergunningsaanvragen voorkomt. NRG verwacht overigens geen problemen. Het is duidelijk te maken dat terugwinning in Petten, waar ook de bestraling en de extractie van molybdeen plaatsheeft, het meest milieuvriendelijke alternatief is, vriendelijker dan terugwinning in Dounreay of op een andere plaats dan Petten.

Het materiaal hoeft dan immers niet heen en weer getransporteerd te worden. Niet terugwinnen, maar het uranium mèt het afval naar COVRA sturen is geen alternatief dat onderzocht hoeft te worden. Terugwinnen is namelijk wettelijk voorgeschreven, zie het nieuwe Besluit stralingsbescherming, artikel 37:
“De ondernemer die een handeling verricht zorgt ervoor dat, zoveel als redelijkerwijs mogelijk is, (...) radioactieve stoffen en materialen (...) na gebruik ervan opnieuw worden gebruikt (...).”
De wet vereist dus hergebruik als dat redelijkerwijs mogelijk is. Welnu, de aanwezigheid van het HCL en veertig jaar ervaring met de omgang met radioactieve materialen maken die terugwinning redelijkerwijs mogelijk, dat behoeft geen verder betoog. Als NRG niet zou willen, zou de overheid NRG ertoe kunnen dwingen. Maar NRG heeft niet zoveel druk nodig. Het strategische voordeel om niet van buitenlandse firma’s afhankelijk te zijn is duidelijk zonder meer. Bovendien wordt er met zelf recyclen ook nog geld bespaard.
NRG hoopt in 2003 met de terugwinning van uranium te kunnen beginnen.

OVERIGE LABORATORIA

Naast de eerder genoemde faciliteiten beschikt NRG nog over een aantal kleinere radionuclidenlaboratoria. Deze laboratoria dienen vooral ter ondersteuning van andere NRG-werkzaamheden. Zo zijn er faciliteiten voor het bepalen van neutronenfluenties in reactoren, het kalibreren van radioactieve bronnen en stralingsmeetapparatuur en het meten van lozingen en besmettingen. In andere ruimten wordt speurwerk verricht naar sporenelementen, onder andere voor de Verenigde Naties om de naleving van het Non-Proliferatie-verdrag te kunnen controleren, het internationale verdrag dat de verspreiding van kernwapens moet voorkomen. Verder vindt karakterisering plaats van materialen voor gebruik in bestaande reactoren en in toekomstige fusiereactoren. Voorts worden veelvuldig radioactieve stoffen toegepast, onder meer bij milieuanalyse en proefdierexperimenten. Röntgentoestellen staan ter beschikking voor radiobiologische bestralingen, kalibraties en onderwijsdoeleinden.
Kortom, in de 'overige laboratoria' – een aantal verspreide ruimten die in grootte variëren van uw badkamer tot uw huiskamer – wordt een flink deel van het NRG-onderzoek of van ondersteuning daarvan uitgevoerd.

Genetisch gemodificeerde organismen (ggo)
Welk genen beïnvloeden de gevoeligheid van biologisch weefsel voor straling? Voor het beantwoorden van zulke fundamentele vragen maakt men gebruik van muizen die een bepaald gen missen, zogenoemde knockout muizen. Dit soort onderzoek vindt plaats in samenwerking met onder meer de Erasmus Universiteit die ook de muizen levert en wordt gefinancierd door de Europese Unie. De reden om dit werk in Petten uit te voeren zal duidelijk zijn: alleen in Petten zijn geschikte bestralingsfaciliteiten beschikbaar zoals de LFR.
Om dit soort onderzoek uit te kunnen voeren heeft NRG echter nog wel een aparte vergunning nodig 'ingevolge het Besluit genetisch gemodificeerde organismen'. We zijn ons ervan bewust dat elke burger nu de oren zal spitsen. Dierproeven, genetisch gemodificeerde cellen en dan ook nog straling. Alles wat slecht is in deze wereld bij elkaar. Erger bestaat niet. Om u een beetje gerust te stellen: dit type werk wordt al veertig jaar in Petten uitgevoerd, echter nog niet met 'ggo'. En een vergunning voor dat laatste is ook al niet zo bijzonder als het lijkt: tientallen andere instellingen en bedrijven in Nederland hebben ook zo'n vergunning.

LAGE FLUX REACTOR

Op het terrein van de inrichting NRG bevindt zich een kleine kernreactor, de Lage Flux Reactor. Het maximale vermogen bedraagt 30 kW, het vermogen dus van uw CV-ketel. De reactor wordt, zoals elke onderzoekreactor, gebruikt om neutronenbestralingen uit te voeren, bijvoorbeeld voor analyse van sporenelementen in allerlei materialen en voor de studie van biologische effecten van straling. Het is de enige reactor van dit (kleine) formaat in Nederland. Hij is ook uitermate geschikt voor onderwijsdoeleinden en training van reactor-operators.
Kenmerk van de LFR is de hoge mate van veiligheid, die natuurlijk grotendeels is te danken aan zijn geringe vermogen. Normaal is een kernreactor uitgerust met een noodkoelsysteem. De LFR heeft dat niet nodig, de

nawarmte is onvoldoende om schade aan te richten. Het is zelfs zo dat het koelwater bij een snelafschakeling (scram, noodstop) via een valklep uit de reactor in een ondergronds vat stort. Dit stopt de kettingreactie onmiddellijk (omdat water in de kern een noodzakelijke voorwaarde is om de kettingreactie op gang te kunnen houden).
De LFR functioneert al 40 jaar tot volle tevredenheid en heeft in die tijd circa 11 gram uranium verbruikt.

WASTE STORAGE FACILITY

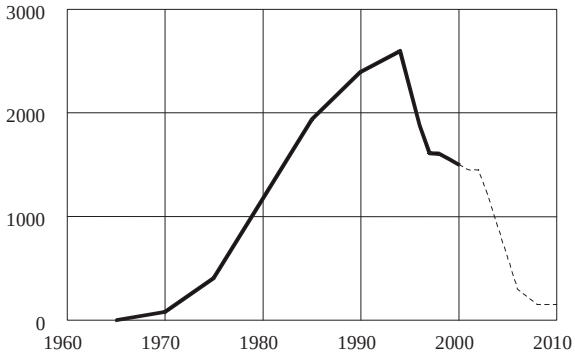
De Waste Storage Facility (vroeger Opslagloods of Pluggenloods geheten) heeft als enig doel het bewaren van hoogradioactief afval en restanten splijtstof. Oneerbiedig gezegd is het een gewone bollenschuur van 24 bij 12 meter, maar dan een lege. De inhoud bevindt zich namelijk in de kelder. De kelder staat vol met verticale pijpen waarin men met een ingenieus vulsysteem de roestvrijstalen vaatjes met afval kan laten zakken. Aan de zijkanten van de kelder staan geen pijpen. Daar worden grotere componenten die niet in een vat passen op schappen geplaatst. De vloer van de loods schermt de kelder af. Hij bestaat uit staal en extra zwaar beton.

In de Waste Storage Facility vindt geen behandeling van het afval plaats. Het afval, uitsluitend in vaste vorm, wordt opgeslagen in dezelfde verpakking als waarin het is aangevoerd. Het bestaat uit resten van experimenten en van splijtstof, gebruikt gereedschap, poetslappen en ook grote, voor een deel hoogactieve voorwerpen, zoals metalen onderdelen, afschermpluggen, loodschilden, ringen, splijtstofhouders en dergelijke. Het meeste hiervan is afkomstig van de vervanging van het reactorvat van de HFR in 1983/1984. Als de activiteit in deze grote componenten voldoende is vervallen zullen ze worden verzaagd, waarna de nog actieve stukken naar COVRA kunnen worden afgevoerd.

De WSF-loods is voornamelijk leeg. Het opgeslagen radioactieve afval bevindt zich in de kelder.

Halveringstijd
Het aardige van een stof die radioactief is, is dat hij dat na verloop van tijd niet meer is. De ene stof doet er lang over om zijn radioactiviteit te verliezen, de andere kort. De tijd waarin de helft van een radioactieve stof verdwijnt noemt men halveringstijd. Uranium heeft een halveringstijd in de orde van een miljard jaar; het is dus nauwelijks radioactief, maar wel heel lang radioactief. Technetium heeft een halveringstijd van 6 uur; het is dus behoorlijk radioactief, maar vrij kort: na 60 uur, dat zijn tien halveringstijden, nog geen drie dagen, is al 99,9% van het technetium verdwenen.

In de afgelopen vijf jaar is een omvangrijke saneringsoperatie uitgevoerd. Alle vaten zijn 'gelicht', visueel geïnspecteerd en doorgemeten. De middel- en laagactieve vaten zijn naar Zeeland afgevoerd. Het aantal vaten is hierdoor afgenomen van 2500 tot 1500. Wat overblijft is dus hoogactief, grotendeels historisch afval. Met de afvoer daarvan kan pas worden begonnen als COVRA het HABOG gereed heeft. Dat HABOG – Hoogactief Afval Behandelings en Opslag Gebouw – zal naar verwachting in 2003 gereed zijn. De bouw is ernstig vertraagd door bezwaarprocedures die door milieuorganisaties zijn aangespannen. Over enkele jaren resteert in de Waste Storage Facility nog slechts het 'lopende' afval, het afval dat in afwachting van verval 2 tot 5 jaar opgeslagen zal blijven. Naar verwachting zal de hoeveelheid 'lopend' – in de WSF dus *liggend* – afval nooit boven de 200 vaten uit komen.



Aantal vaten dat in de WSF ligt opgeslagen

De afvoer van het hoogactieve afval naar COVRA gaat straks miljoenen guldens kosten. Het geld daarvoor ligt al klaar. Het benodigde bedrag is in de loop der jaren bijeengespaard.

DECONTAMINATION AND WASTE TREATMENT

De gebouwen voor Decontamination and Waste Treatment (DWT) zijn gesitueerd in de noordwesthoek van het terrein. De faciliteit is bestemd voor de behandeling van laagactief afval en bestaat uit drie gebouwen: het deco-gebouw (decontaminatie), het watergebouw en het vast-afvalgebouw. Handelingen bij de DWT zijn erop gericht om het volume afval te verminderen, door het schoonmaken van voorwerpen, het scheiden van vloeistoffen in een radioactief en een niet-radioactief deel, en door vast afval samen te persen. Laagactief afval dat binnen een jaar vervallen zal zijn wordt niet behandeld maar terzijde gezet.

In het deco-gebouw worden radioactief besmette onderdelen van activiteit ontdaan. Dat noemt men decontamineren, het verwijderen van contaminatie, besmetting. Deze onderdelen kunnen zijn: transportcontainers, reactorcomponenten of voorwerpen afkomstig uit de gas- en oliewinning. Middelen die hierbij worden toegepast zijn onder andere glasparelstralen, elektrolyse en reiniging met water onder hoge druk. Voor dit laatste doel is de zogenoemde pijpenreiniger opgesteld in het vast-afvalgebouw. Daarmee kunnen boor- en productiebuizen uit de gas- en oliewinning worden schoongemaakt.
De behandeling resulteert in schone voorwerpen en kleine hoeveelheden vast en vloeibaar radioactief afval. Het vaste afval gaat naar de COVRA, het vloeibare afval wordt eerst nabehandeld in het watergebouw.

In het vast-afvalgebouw bevindt zich een installatie voor het recyclen van molybdeen/technetium-generatoren, ‘koeien’ genoemd (zie elders in dit boekje). Deze ‘koeien’ zijn afkomstig van ziekenhuizen waar zij technetium-99m hebben geleverd, de dochter van molybdeen-99. Gezien de halveringstijden van deze stoffen is zo’n generator na enkele maanden geheel vrij van radioactiviteit. De nog bruikbare onderdelen, zoals de loden afscherming, kunnen worden gedemonteerd voor hergebruik. In het gebouw bevindt zich ook een tweetal persen voor het samendrukken van vast afval, zodat het in een standaardvat afgevoerd kan worden naar COVRA.

In het watergebouw worden alle vloeibare radioactieve afvalstromen van het gehele bedrijfsterrein te Petten bijeengebracht. Hiervoor zijn grote bassins en tanks aanwezig. De deeltjes in het water worden eerst door toevoeging van chemicaliën tot bezinken gebracht (flocculatie). Het overblijvende water wordt vervolgens door een keramisch filter geperst. Zo wordt het

water op efficiënte wijze ontdaan van het overgrote deel van de radioactieve verontreinigingen. Ook de zware metalen (deeltjes kwik, cadmium en andere) blijven overigens achter in het filtersysteem. Het gereinigde water wordt tenslotte via een 4 km lange pijpleiding in de Noordzee geloosd.
Het bezinksel van de bassins gaat naar een centrifuge (zie foto) om de vaste en de vloeibare fracties te scheiden. Het vloeibare deel gaat terug naar het bassin, het vaste deel wordt naar COVRA overgebracht.

Op verschillende plaatsen binnen DWT worden afvalstoffen tijdelijk opgeslagen. Dit gebeurt in afwachting van afvoer, behandeling of radioactief verval. Grote voorwerpen kunnen buiten worden opgeslagen op een vloeistofdichte vloer, natuurlijk veilig opgesloten zodat geen radioactieve stoffen kunnen vrijkomen. Hemelwater van deze vloer stroomt na slib- en olie-afscheiding in het riool. In geval van nood kan deze stroom worden toegevoegd aan het bedrijfswater, zodat alsnog reiniging kan plaatsvinden.

Het slib dat overblijft nadat het proceswater uit de nucleaire laboratoria is gereinigd bevat een zeer kleine hoeveelheid radioactieve stoffen, maar toch ook nog veel water. Daarom beschikt de afdeling DWT over een geavanceerde drooginstallatie die het slib ontwatert en een residu oplevert dat kan worden samengeperst tot een klein volume. De slibdrooglijn omvat een centrifuge, een transportsysteem en droogunits.

Bij de vergunningsaanvraag hoort tevens een verzoek om radioactieve stoffen af te scheiden danwel voorwerpen te reinigen bij andere instellingen dan NRG. Het komt voor dat er besmette stukken metaal worden aangetroffen in schroot. Soms betreft dit zelfs radioactieve bronnen, die per ongeluk in het schroot terecht zijn gekomen. Soms worden besmette materialen aangetroffen in een procesinstallatie. Omdat het niet altijd doenlijk is om de decontaminatie danwel het uitsorteren bij NRG te laten plaatsvinden, vraagt NRG in zijn algemene vergunning aan om dit werk ook bij derden te mogen uitvoeren. Omdat niet goed valt te voorzien welke acties nodig zullen zijn, zal een specifiek plan van aanpak tot de eisen behoren. Zie ook het kader 'EHBO'-vergunning op bladzijde 13.

De zuiveringsinstallatie voor (licht) radioactief afvalwater is de modernste en efficiëntste in de wereld. Het systeem is uitgerust met keramische filters die door ECN zijn ontwikkeld. NRG en ECN, en ook de Nederlandse overheid zijn trots op deze installatie die nationaal en internationaal een voorbeeldfunctie vervult.

LOZINGEN EN LOZINGSLIMIETEN

Waarom worden er radioactieve stoffen geloosd, wat wordt geloosd en hoe gevaarlijk is dat? Wat is men van plan nog meer te lozen? Deze vragen worden in dit hoofdstuk eerst behandeld.

Waarom lozingen?
Uit kerninstallaties worden altijd radioactieve stoffen geloosd, eenvoudig omdat je niet alles kunt binnenhouden. En waarom niet? Het radioactief afval komt voor in vaste, vloeibare en gasvormige toestand. In de vaste toestand is er geen probleem: het afval kan gemakkelijk worden verzameld, verpakt en naar COVRA gestuurd of, in het geval van hoogactief afval of grote componenten, eerst nog een aantal jaren in de WSF worden geplaatst.

Vloeibaar afval
Omdat het niet om grote hoeveelheden gaat kan het vloeibare radioactief afval uit Petten ook naar COVRA worden gebracht, behalve het douche- en handenwaswater en het 'afschermings'water uit de gebouwen waar met radioactieve stoffen wordt gewerkt. Dit mogelijk licht besmette water wordt behandeld in het waterbehandelingsgebouw van NRG. Daar worden de deeltjes die zich in het water bevinden zo veel mogelijk neergeslagen en weggefilterd. De radioactiviteit zit dan in die neerslag en gaat als vast afval naar Zeeland. Het gereinigde water, dat toch altijd nog wel sporen radioactiviteit bevat, wordt op 4 km uit de kust in de Noordzee geloosd. Waarom? Omdat het om grote volumes gaat met een kleine radioactiviteitconcentratie. De activiteit in zee verdunt bovendien zo snel dat op korte afstand van het lozingspunt al in het geheel niets meer te meten valt. Dat wil zeggen, men meet 35 becquerel per liter, maar dat is de natuurlijke hoeveelheid radioactiviteit in zeewater.

Gasvormig afval
Gasvormig afval wordt, net als het licht radioactieve spoelwater, eerst zo goed mogelijk ontdaan van z'n activiteit (in filters die dan vast afval worden) en vervolgens geloosd. De rechtvaardiging daarvoor is dezelfde als voor vloeibaar afval: grote hoeveelheden kun je redelijkerwijs niet opslaan, het gaat om relatief lage concentraties en in de lucht verdunt het zeer snel. Bij kernsplijting ontstaan vele verschillende radionucliden waaronder ook krypton en xenon. Dat zijn edelgassen, gasvormige stoffen die zich met niets verbinden en daarom niet kunnen worden 'neergeslagen'. Hetzelfde

geldt voor het edelgas argon dat ontstaat door activering van lucht. De edelgassen blijven gasvormig, natuurlijk ook na lozing. Wie radioactieve edelgassen inademt, ademt ze ook weer uit, ze verbinden zich immers met niets. En dat betekent dat het risico van ingeademde edelgassen gering is.

Dat weer uitademen geldt niet voor tritium. Tritium is de radioactieve variant van waterstofgas. Het bevindt zich in radioactief afval en 'lekt' er altijd uit, heel langzaam. Dat doet waterstof nu eenmaal, en tritium dus ook. Er bestaat geen materiaal op aarde dat geheel waterstofdicht (tritiumdicht) is. Lozing van tritium is daarom niet te voorkomen. Tritium komt voornamelijk voor in geoxideerde vorm (^3H_2O, $^3H^1HO$), als water(damp) dus.
De penetratie van de door tritium uitgezonden straling is zo klein dat zij de (dode) opperhuid niet kan passeren. Alleen het tritium dat men inademt of inslikt kan schade veroorzaken (inwendige besmetting). Tritium zendt overigens slechts zwakke straling uit. Het behoort tot de allerlaagste radiotoxiciteitscategorie.

Wat wordt er geloosd en waarom?
Er worden uit de nucleaire installaties te Petten radioactieve stoffen geloosd om de eenvoudige reden dat deze stoffen redelijkerwijs niet binnengehouden kunnen worden. In dat 'redelijkerwijs' speelt mee dat de gevolgen van de lozingen zeer gering zijn. Het vloeibare afval wordt in zee geloosd, gewoon water met daarin een weinig tritium (radioactief water). Gasvormig afval wordt door de schoorsteen in de atmosfeer geloosd. Het bestaat uit de edelgassen argon, krypton, xenon en ook tritium (als radioactieve waterdamp). Vast afval gaat naar COVRA in Zeeland, of wordt eerst nog enige jaren in de Waste Storage Facility opgeslagen.

Overheidsnorm voor normaal bedrijf
De overheid heeft een regel gesteld: zolang niemand meer dan 40 microsievert per jaar ontvangt ten gevolge van een 'inrichting', is dat toelaatbaar. Die 40 microsievert is vrij weinig, in elk geval vergeleken met de dosis die men toch al jaarlijks ontvangt: ongeveer 2500 microsievert. Daarvan is 2100 microsievert van natuurlijke en 400 microsievert van kunstmatige oorsprong. Dat laatste deel is vrijwel uitsluitend 'medische' straling. De natuurlijke component bestaat uit 600 microsievert achtergrondstraling en 1500 microsievert als gevolg van natuurlijke radioactieve stoffen die ieder mens in zijn eigen lichaam heeft. Zie ook bladzijde 42 en volgende.

Lozingen
De aangevraagde lozingslimiet bedraagt 100 Re, zie de tabel. Om deze tabel te kunnen doorgronden moet nog iets uitgelegd worden. De lozingen zijn uitgedrukt in Re, het radiotoxiciteits-equivalent. Dat is de eenheid waarin de overheid tegenwoordig de vergunde lozingslimiet uitdrukt. Iedere radioactieve stof heeft zijn eigen Re-waarde. Daarin zit verwerkt hoe schadelijk die stof is voor de mens. De in Re uitgedrukte lozingen van verschillende stoffen kun je daarom voor de dosisberekening bij elkaar optellen, en hoeveelheden becquerel niet. (Dat laatste kàn natuurlijk wel, maar de uitkomst zegt niets over de dosis.) Omdat de Re-waarde wèl een maat is voor de dosis, kunnen de Re's vervolgens omgerekend worden naar microsievert waarbij overigens ook nog rekening moet worden gehouden met de hoogte van de schoorstenen. Omdat er ondertussen ervaring is opgedaan met de molybdeenproductie is de nu aangevraagde lozingslimiet nog weer wat lager dan die in de bestaande vergunning is vastgelegd.

Aangevraagde limieten voor lozingen in de atmosfeer

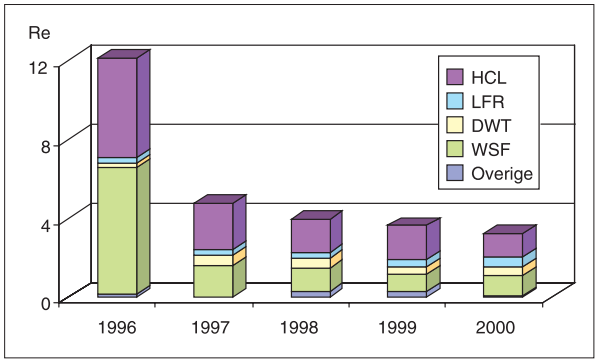
gebouw	limiet (in Re/jaar)	maximale individuele dosis (in µSv/jaar)
HCL	60	0,35
LFR	5	0,20
DWT	10	0,25
WSF	20	0,50
Overige labs	5	0,30
totaal	100	1,6*

* Geldt voor de fictieve persoon die tegelijkertijd op alle plaatsen verblijft waar de maximale doses worden ontvangen.

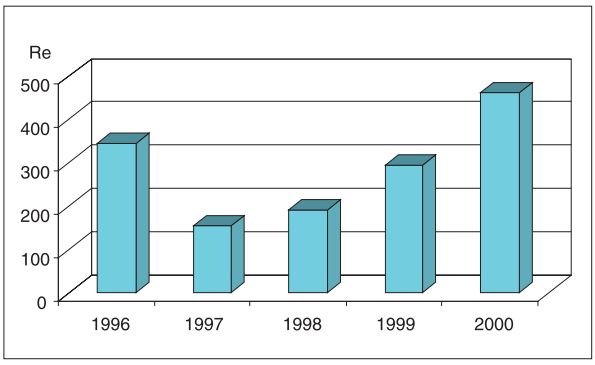
Aangevraagde limiet (ongewijzigd) voor lozingen in zee

gebouw	limiet (in Re/jaar)	maximale dosis (in mSv/jaar)
DWT	2000	0,04

In de praktijk blijven de lozingen ruim beneden deze limieten, zie de figuren met gegevens uit vroegere jaren.



Lozingen in de atmosfeer. Deze waarden dient men te vergelijken met de vergunde limiet van 127 Re. In de nieuwe vergunningsaanvraag is een verlaging tot 100 Re voorgesteld.



Lozingen in de Noordzee. Deze waarden dient men te vergelijken met de vergunde limiet van 2000 Re. In de nieuwe vergunningsaanvraag is dezelfde limiet voorgesteld. De toename van de laatste jaren is te wijten aan cesiumisotopen die afkomstig zijn van een experiment in de HFR. Verwacht wordt dat de waarden in de komende jaren weer zullen dalen.

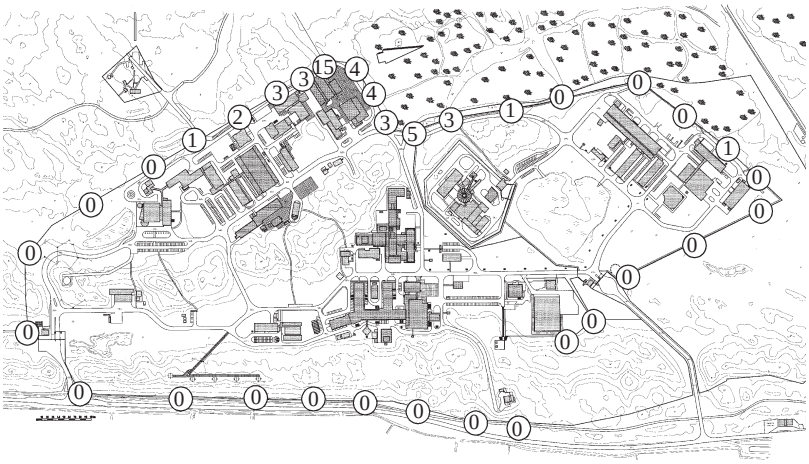
Lozingen heel 'Petten'

Wat NRG maximaal aan dosis kan veroorzaken is interessant, maar de inwoner van Zijpe zal het nog interessanter vinden om te horen wat heel 'Petten' hem/haar aan dosis levert. Welnu daar valt het volgende over te zeggen. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu heeft onderzoek gedaan en vastgesteld dat mensen op de wegen en paden buiten het hek nooit meer dosis kunnen ontvangen dan 6 microsievert in een jaar, zelfs niet als ze daar dat jaar dag en nacht zouden vertoeven. Om die bovengrens te kunnen halen moeten bovendien alle schoorstenen van alle terreinorganisaties tegelijkertijd lozen wat maximaal is toegestaan.
In de praktijk ligt de hoogste dosis afkomstig van heel 'Petten' tenminste een factor tien lager, aldus het RIVM.

Directe straling

Mensen die vlakbij het hek rond het bedrijfsterrein verblijven kunnen ook een dosis ontvangen door de directe straling uit de gebouwen. Op enkele tientallen meters van dat hek is die straling al niet meer te meten. Alleen iemand die vele dagen achtereen aan het hek gekluisterd zou zitten zou door directe straling enige dosis kunnen ontvangen. Deze dosis moet kleiner zijn dan 40 microsievert per jaar voor de fictieve persoon die 300 uur per jaar aan dat hek verblijft, zo stelt de overheid. Deze eis geldt voor elke 'inrichting', dus zowel voor NRG, als voor MM, ECN en GCO. Theoretisch zou de dosis aan het hek rond de vier 'inrichtingen' dus 160 microsievert mogen zijn.

De terreinbewoners hebben echter een onderlinge overeenkomst gesloten waarin zijn beloven zich tezamen als één enkele inrichting te gedragen en er dus samen voor te zorgen dat de eerdergenoemde hekverblijver toch niet meer dan 40 microsievert in een jaar aan dosis kan oplopen.



Plattegrond van het bedrijfsterrein te Petten en de doses (in microsievert) na aftrek van de natuurlijke achtergrond, gemeten langs het hek (cijfers over het jaar 2000).

ACHTERGRONDSTRALING

Tot slot nog enkele gegevens over achtergrondstraling, in het bijzonder in de gemeente Zijpe.
De straling die in Nederland uit de bodem en uit het heelal komt zorgt voor een achtergrondniveau van ruwweg 600 eenheden (microsievert per jaar, maar laten we het in dit laatste stuk van het boekje verder maar gewoon *eenheden* noemen, dat leest gemakkelijker). In de meeste andere landen ligt dat achtergrondniveau hoger, veel hoger. Dat heeft te maken met de samenstelling van de bodem en ook met de hoogte van het land, want hoe hoger je komt des te sterker wordt de kosmische straling. Als de bodem uit vulkanisch gesteente bestaat en zich ook nog eens een of twee kilometer boven de zeespiegel bevindt, ligt het stralingsniveau algauw ergens tussen 2.000 en 10.000 eenheden. Bepaalde gebieden in India en Brazilië hebben zelfs een achtergrondniveau van 10.000 tot 50.000 eenheden, dus tientallen keren meer dan Nederland. Om ook nog een voorbeeld aan de lage kant van het spectrum te noemen: wie op vakantie gaat naar de Canarische Eilanden mag, alleen al omdat hij in het vliegtuig aan meer kosmische straling wordt blootgesteld, 40 eenheden bijtellen.

Speciaal voor dit boekje heeft NRG het stralingsniveau gemeten op een aantal plekken in de Zijpe die iedereen hier kent. De resultaten zijn in de tabel gepresenteerd, gerangschikt naar toenemend niveau.

Plaats	Stralingsniveau
Petten, bij het windorgel	510
Callantsoog, parkeerterrein zuid	520
Fietspad, achter NRG-terrein	530
Groote Keeten, parkeerterrein	530
St. Maartenszee, parkeerterrein	560
St. Maartensbrug, voor het Dorpshuis	590
’t Zand, tussen kerk en vlotbrug	620
Oude Sluis, hoek Groote Sloot/Slikkerdijk	640
Petten, Plein 1945	650
Schagerbrug, voor het Gemeentehuis	660
Callantsoog, Dorpsplein	670
Zijpersluis	680

Het is direct duidelijk dat het stralingsniveau in de duinen lager is dan in de polder. Dat komt doordat zandgrond minder radioactiviteit bevat dan kleigrond. Hoe meer klei in de grond des te meer straling we meten. Dat zie je het beste in Zijpersluis en Schagerbrug. In de duinen (op het parkeerterrein in Callantsoog, bij het windorgel en op het fietspad tussen Petten en St. Maartenszee) zijn de waarden lager. Ook op het NRG-terrein zelf worden zulke lage waarden gemeten, want ook daar ligt zandgrond. In de tabel valt verder op dat tussen twee dicht bij elkaar gelegen locaties in Callantsoog, het Dorpsplein en het parkeerterrein zuid, een flink verschil in stralingsniveau bestaat. Maar heel Callantsoog is toch op zand gebouwd? Bovenop de zandgrond van het Dorpsplein ligt kennelijk nog iets anders. Vermoedelijk is er zwarte grond opgebracht om het gras beter te laten groeien. Daardoor is het achtergrondniveau van 520 tot 670 toegenomen. Ook op het Plein 1945 in Petten zal wel zwarte grond liggen, want 650 is voor zand te hoog.

De nucleaire activiteiten op het Pettense bedrijfsterrein zorgen voor een verhoging van het stralingsniveau in de omgeving. Dat moet zo zijn want door de schoorstenen komen spoortjes radioactieve stoffen in de lucht. Dat laatste kunnen we wél meten, maar de gevolgen – de verhoging van het stralingsniveau – niét. Het gaat dan ook om (veel) minder dan één eenheid.

Ten slotte ter completering nog twee andere getallen. De dosis die de gemiddelde Nederlander bij de dokter in het ziekenhuis en bij de tandarts ‘oploopt’ bedraagt zo’n 400 eenheden. Maar de grootste dosis ontvangen we van onszelf, van de natuurlijke radioactieve stoffen die in ons eigen lichaam zitten, in de botten, in het spierweefsel. Die dosis bedraagt ongeveer 1.500 eenheden (volwassene van 75 kilogram).

AFSLUITENDE OPMERKINGEN

Kernenergie in Petten? Reactoren? O ja, RCN, Reactor Centrum Nederland. Later werd dat ECN en nu heet het nucleaire deel weer NRG. In elk geval blijven Mallinckrodt en GCO, de partners van NRG op het nucleaire bedrijfsterrein, een beetje in de schaduw. Dat vinden zij niet zo erg en NRG ook niet, maar het geeft wel verplichtingen: als 'familie-oudste' behoort NRG de nucleaire zaken op het terrein goed te regelen. Uit dit boekje moet blijken dat NRG die rol naar behoren vervult.

Aan de omwonenden wordt nu begrip gevraagd voor de aanvraag van het pakket vergunningen omdat

- het voor het overgrote deel slechts gaat om een andere tenaamstelling (van ECN naar NRG)
- de enkele verruimingen voor nieuwe activiteiten geheel binnen de bestaande risico-'enveloppe' vallen
- een dynamisch onderzoek- en hightech-bedrijf nu eenmaal per definitie regelmatig programmawijzigingen doorvoert
- alle terreinpartners een meer dan keurig afvalafvoerbeleid voeren (altijd alles wat er ligt zo spoedig mogelijk naar COVRA)
- mede daardoor het totale risico, dat toch al meer dan ruimschoots aan de overheidsnormen voldoet, nog verder wordt verlaagd
- de productie van 'medische' radio-isotopen voor Mallinckrodt, voor GCO, voor NRG en niet in de laatste plaats ook voor u belangrijk is.

In aanvulling op dat laatste: voor Mallinckrodt spelen commerciële en strategische belangen, voor GCO en NRG bedrijfsbelangen, vooral van technisch-wetenschappelijke aard, en voor de lezer is er ook sprake van een belang, een meer algemeen belang. Dat algemene belang voor 'leden van de bevolking' ligt op gebieden als de werkgelegenheid, de aantrekkelijkheid (het high-tech aanzien) van de regio, en zeker ook de volksgezondheid. De beschikbaarheid van 'medische' radio-isotopen dient de volksgezondheid, en dat kan ook voor u van belang zijn. Vrijwel iedereen belandt een keer in het ziekenhuis, de meesten vaker dan één keer. En de kans dat u als patiënt in het ziekenhuis een behandeling moet ondergaan met radioisotopen is ondertussen al ongeveer één op drie!