

123-341

ECN

Energieonderzoek
Centrum
Nederland

Verwerking
van radioactief afval



Verwerking van radioactief afval

Inhoud

De verwerking van radioactief afval	2
Indeling gebouwen.....	2
Decontaminatie-afdeling.....	3
Verwerking en opslag van vast afval	5
COVRA	9
Behandeling van radioactief afvalwater	10
Verklaring van eenheden en afkortingen	13

ECN

Energieonderzoek Centrum
Nederland

Bureau Voorlichting

Postbus 1
1755 ZG Petten
Telefoon 02246-4949
of
Postbus 80404
2508 GK Den Haag
Telefoon 070-514581

De verwerking van radioactief afval

2

De Groep Radioactief Afval (GRA) van het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) te Petten zorgt voor het behandelen van in Nederland geproduceerde radioactieve afvalstoffen. Een deel is afkomstig van ECN zelf en van een tweetal op het ECN-terrein gevestigde instellingen: het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek van de Europese Gemeenschappen en het isotoopproductiebedrijf Mallinckrodt Diagnostica BV. Het overgrote deel van het bij ECN verwerkte afval is afkomstig van circa 200 adressen in het land, zoals ziekenhuizen, universiteiten, industriële laboratoria en de beide Nederlandse kerncentrales. Dit afval wordt verzameld door de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval BV (COVRA), die het afval na verwerking en verpakking door de GRA in opslag neemt.

Het doel van de radioactieve afvalbehandeling bij de GRA is het op verantwoorde wijze verwerken van het afval, zodat dit geen gevaar oplevert voor de volksgezondheid. Daarnaast heeft de GRA als taak: het decontamineren (reinigen) van met radioactieve stoffen besmette apparatuur en kleding.

Radioactief afval bestaat uit een hoeveelheid niet-radioactief materiaal waarop of waarin radioactieve isotopen aanwezig kunnen zijn. Bij de behandeling van het afval wordt in hoofdzaak gewerkt volgens twee principes.

1. Het afval zoveel mogelijk van radioactiviteit ontdoen of verdunnen. Deze methode wordt gebruikt bij afvalwater. ECN heeft een vergunning voor het lozen van afvalwater in de Noordzee.

2. Het afval met de daarin aanwezige radioactieve isotopen concentreren tot een zo klein mogelijk volume. Het geconcentreerde afval, eventueel gemengd met cementpoeder, wordt dan ingepakt in stalen vaten en beton.

Te verwerken hoeveelheden per jaar

decontaminatie

300 aanvragen voor ca. 3000 onderdelen.
45.000 kg beschermende kleding.

vast afval

straling

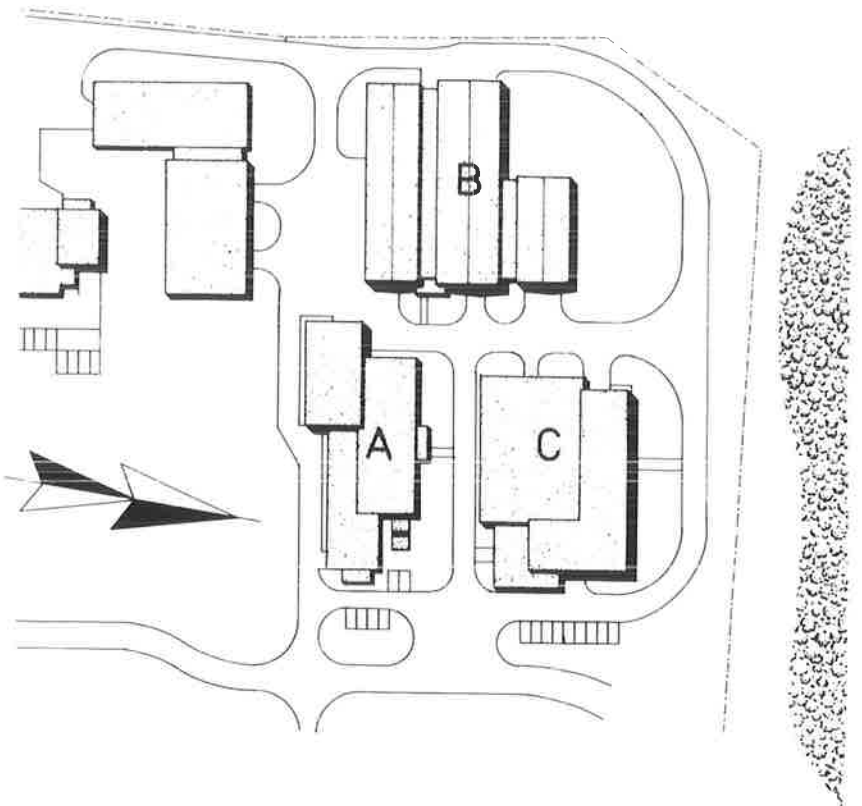
Categorie 1,	< 2	mSv/h:	ca. 800 m ³
Categorie 2,	2-20	mSv/h:	ca. 2 m ³
Categorie 3,	> 20	mSv/h:	ca. 5 m ³
Kleine kadavers		:	ca. 6 m ³

vloeibaar afval

activiteit

Categorie 1,	< 4.10 ⁻⁵	GBq/m ³ :	ca. 1.000 m ³
Categorie 2,	4.10 ⁻⁵ -4.10 ⁻²	GBq/m ³ :	ca. 3.000 m ³
Categorie 3,	4.10 ⁻² -4	GBq/m ³ :	ca. 500 m ³
Categorie 4,	> 4	GBq/m ³ :	ca. 100 m ³
Organische oplosmiddelen		:	ca. 20 m ³

Indeling gebouwen



Overzicht van het afvalbehandelingscomplex.

Decontaminatie-afdeling

Decohal

Het decontamineren van voorwerpen wil zeggen het verwijderen van aangehechte radioactieve stofbesmetting.

Dit geschiedt in de meeste gevallen door de apparatuur te behandelen met speciale chemicaliën. De handelingen vinden plaats in het decontaminatiegebouw waarvan op pagina 4 de plattegrond is afgedrukt.

De te decontamineren, meestal in plastic verpakte voorwerpen komen de decohal binnen via de oostelijke toegangsdeur. De voorwerpen worden hier tijdelijk opgeslagen in afwachting van de bewerking.

De bewerking, alsook de behandelingsplaats, hangt af van de grootte en het gewicht van het voorwerp, de aard van het materiaal en de aard en hoogte van de besmetting.

De decontaminatievoorzieningen zijn beschikbaar voor opdrachten van derden.

Het overgrote deel van de voorwerpen, tot een maximum gewicht van 20 ton, wordt direct behandeld in de decohal. Hier kunnen de voorwerpen verschillende behandelingen ondergaan. Ter beschikking staan bakken van verschillende afmetingen, tot maximaal 115 x 350 cm, gevuld met speciale chemicaliën, waarin de voorwerpen enige tijd worden ondergedompeld. De chemicaliënkeuze hangt af van de aard van



Glasstraler voor reiniging van grote voorwerpen.

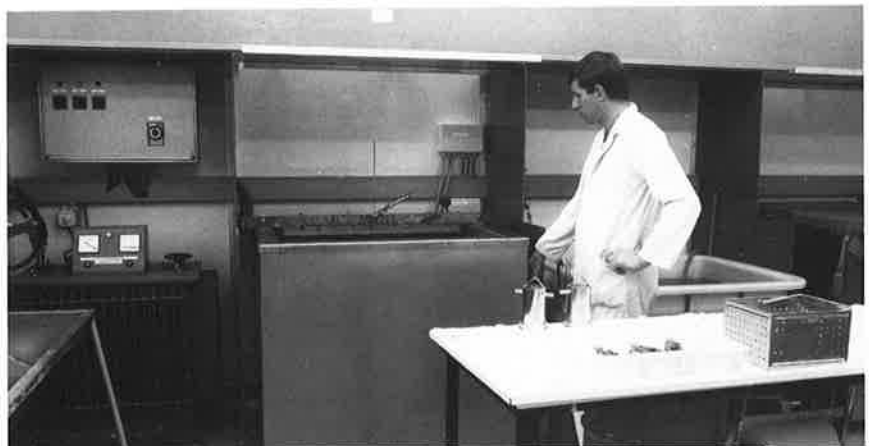
het materiaal en de aard van de besmetting.

Een zeer goede reinigingsmethode is de glasstraalbehandeling. Hierbij wordt een mengsel van water en kleine glasdeeltjes met grote kracht op het ontvette materiaal gespoten. Hierbij verdwijnt met de corrosielaag ook de in deze laag opgesloten besmetting. In de grote glasstraler kunnen voorwerpen tot 150 x 150 cm worden behandeld. Het vloergedeelte in het midden van de hal is uitgevoerd als een roostervloer. Bij het spoelen van behandelde voorwerpen wordt het spoelwater in een put opgevangen en doorgevoerd naar de waterzuivering.

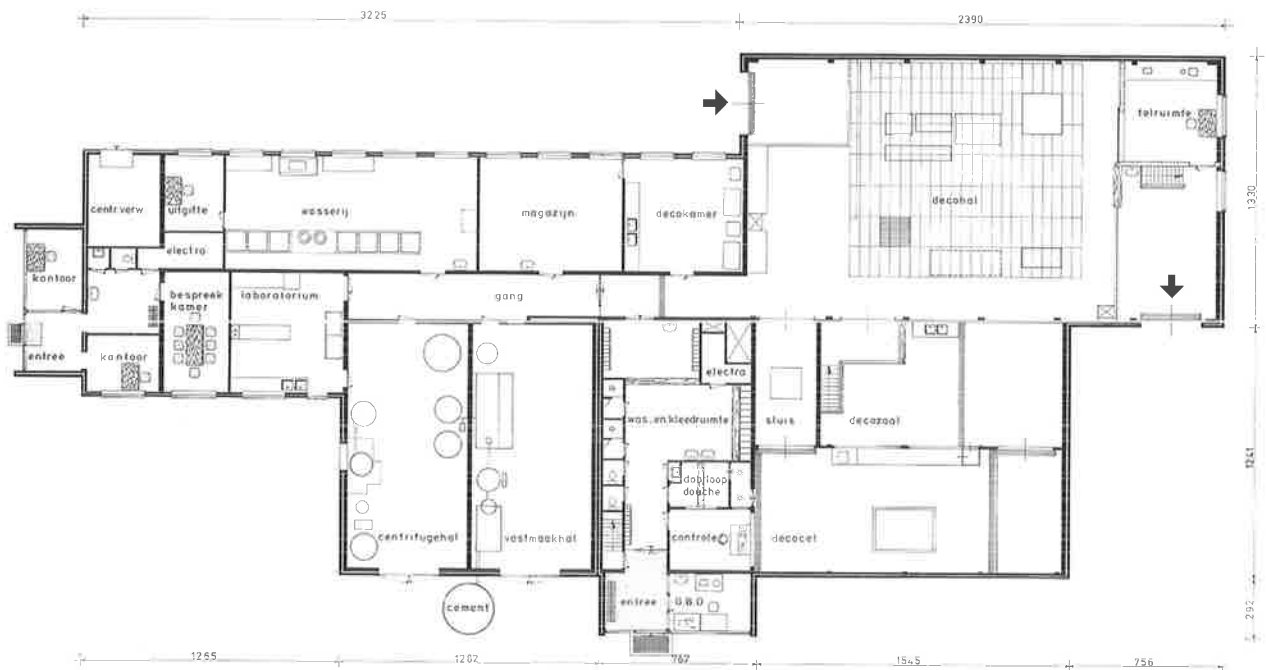
Het behandelen en verwerken van radioactief afval gebeurt in een drietal gebouwen:

- gebouw A bevat in hoofdzaak de decontaminatie-afdeling waar apparatuur en kleding wordt gereinigd van radioactieve besmetting;
- gebouw B wordt gebruikt voor de verwerking en de opslag van vast radioactief afval;
- gebouw C dient voor de opslag van laag-radioactief afvalwater. De behandelingsinstallaties voor dit water zijn ondergebracht in gebouw A.

De werkzaamheden in het GRA-complex staan onder toezicht van de Gezondheids Beschermings Dienst (GBD), die in gebouw A een post heeft ingericht.



Apparatuur voor elektrolytisch polijsten.



Het decontaminatiegebouw.

Decokamer

De decokamer, naast het magazijn, wordt gebruikt voor het decontamineren van fijne apparatuur en gereedschappen. Met groot succes wordt elektrolytisch polijsten hier als decontaminatiemethode toegepast. Het metalen voorwerp wordt aan de positieve elektrode in een

zuurbad gehangen. De bak zelf is de negatieve elektrode. Door de elektrolytische werking van de stroom worden de radioactieve deeltjes van het voorwerp afgestoten. Het voorwerp krijgt een glad, glanzend oppervlak waardoor besmetting zich na deze behandeling minder makkelijk aan het voorwerp zal hechten.

Wasserij

In de wasserij wordt de mogelijk met radioactieve stoffen besmette kleding, zoals overalls, jassen en slossen, gewassen, gecentrifugeerd en gedroogd. Na de controle op rest-activiteit gaat de kleding terug naar de gebruikers. Het hele gebouw wordt zeer goed geventileerd. De lucht wordt via filterkasten afgevoerd. In elke kast bevindt zich een voorfilter, een absoluutfilter en een koolfilter. Dankzij het decontamineren kunnen voorwerpen zonder gevaar worden gerepareerd en opnieuw in gebruik genomen. Ook kan dit reinigen van apparatuur een beperking geven van de hoeveelheid af te voeren vast afval.

Decocel

Hoog-besmette voorwerpen of artikelen die met zg. alfastralers zijn besmet, worden in de decocel behandeld. Grote voorwerpen worden met behulp van een 5 tons telescoopkraan via een sluis in de decocel gebracht. De decontaminator in de decocel is gekleed in een plastic overdrukpak; hij verlaat de cel via een



Wasserij voor mogelijk besmette kleding.

doorloopdouche, waarin het pak wordt gereinigd.

In de meeste gevallen worden grote voorwerpen behandeld in de ingebouwde dompelspoelmachine, die vanuit de controleruimte kan worden bediend. Kleine voorwerpen worden behandeld op de tafel via lange handschoenen in de scheidingswand tussen de decocel en decozaal.

Na een grondige behandeling in de decocel worden de voorwerpen overgebracht naar de decozaal voor een tweede behandeling om daarna voor de eindbehandeling naar de decohal te worden getransporteerd.

In de telruimte wordt de eindactiviteit bepaald van de gedecontamineerde voorwerpen. Hierna gaan ze, eventueel verpakt in plastic, terug naar de aanbieder.



Decocel met op de voorgrond bedienings- en communicatiepaneel.

5

Verwerking en opslag van vast afval

Dit gebouw bestaat uit drie loods (zie plattegrond op pagina 6). In de vatenloods worden de met beton afgestorte afvalvaten verzameld.

De verwerkingsloods dient voor het verkleinen en het persen van het afval. In deze loods worden ook de vaten met beton volgestort. De pluggenloods wordt gebruikt voor de opslag van hoogactief afval.

Laagactief afval.

Het laagactief afval behoort tot de IAEA-categorie 1, met een straling tot 2 mSv/h op het oppervlak. Het wordt door de aanbieder meestal geleverd in stalen 100-liter vaten.

Groot afval, zoals pijpstukken, handschoenenkasten of ventilatiekanalen, wordt in de cel van de 90-tonspers verkleind.

Opslag 100-liter vaten

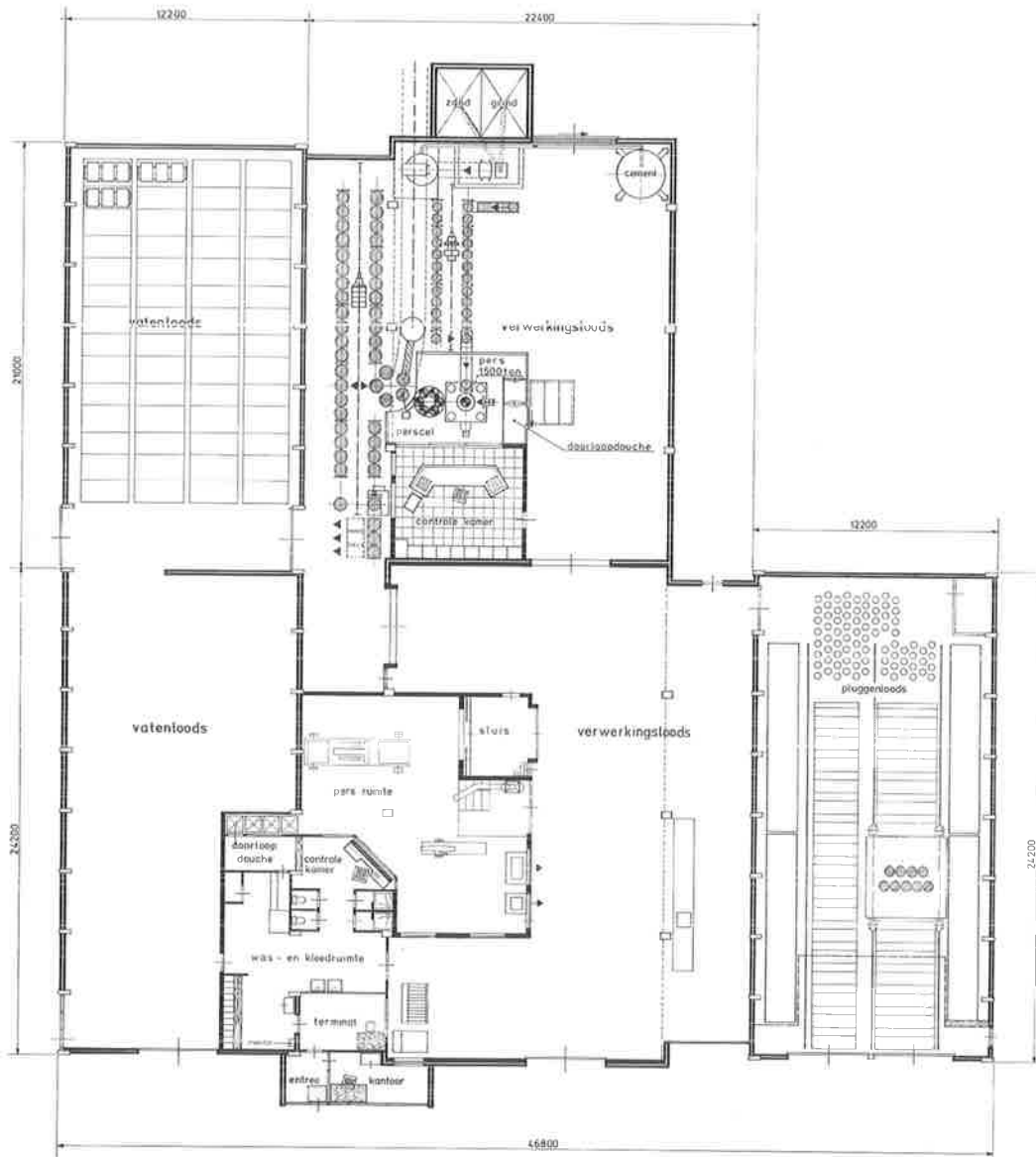
De met afval gevulde 100-liter vaten worden zeshoog in rekken geplaatst. Tijdens het in-

voeren in het rek worden het gewicht en de globale straling van ieder vat alsook het vatnummer in het geheugen van de aangesloten computer vastgelegd. De rekken bieden plaats aan

maximaal 140 vaten. In de controlekamer worden de gegevens van de vaten – zoals soort isotopen, activiteit per isotoop en klantcode – in de computer ingevoerd.



Opslag voor aangevoerde 100-liter vaten.



Loodsen voor verwerking en opslag van vast afval.



Bedieningsruimte voor de vatenpers.

Het persen

Het persen kan worden gestart met een speciaal computerprogramma. Een 100-litervat wordt door een transportapparaat uit de rekken gehaald en naar de pers gevoerd. De pers staat opgesteld in een afgesloten perscel, waar een onderdruk van 10-15 mm w.k. heerst.

De vaten komen via een rollenbaan en een luchtsluis de perscel binnen, waarna een vat-grijper het vat in het centrum van de pers plaatst. Vervolgens daalt een dikwandige stalen persklok rondom het vat, waarna de hoofdcilinder met een kracht van 1500 ton het vat tot het minimale volume samenperst. Het geperste pakket wordt op een keuzeschild



Pers met een kracht van 1500 ton.

geduwd waar de hoogte wordt gemeten.

De hoogte van ieder pakket wordt doorgegeven aan de computer voor latere verwerking, o.a. kostprijsberekening.

De pakketten worden met een pakketgrijper in een gereedstaand 200-litervat gezet, waarvan de bodem al is voorzien van een 10 cm dikke laag beton. Door het persen wordt een 100-litervat gemiddeld verkleind tot een pakket van 20 liter.

Het afstorten

In een tweede opslagdeelte worden lege 200-litervaten ingevoerd en vervolgens voorzien van een 10 cm dikke betonbodem. Dit beton wordt aangemaakt in een eigen betonmenginstallatie; met het storten van de betonbodem worden tevens enkele metalen strippen mee-ingegoten, die later de geperste pakketten midden in het vat op hun plaats houden.

Na het uitharden van de betonbodem worden de vaten aangevoerd tot naast de perscel en gevuld met de geperste pakketten.

Tijdens het vullen wordt de vrij beschikbare hoogte in het vat gemeten, zodat de computer het vat optimaal kan vullen.

De ruimte tussen pakketten en vat wordt opgevuld met beton, terwijl ook boven de pakketten een laag van minimaal 10 cm beton wordt gestort.

Dit afstorten geschiedt op een schoktafel, zodat het beton goed wordt verdeeld en verdicht.

Het volgestorte 200-litervat wordt vervolgens naar het rek getransporteerd, waar het beton kan uitharden. Na minimaal twee dagen worden de vaten naar het weeg- en meetstation gevoerd, waar het gewicht en de maximale straling aan het oppervlak van het vat worden bepaald. Via een kantelbank worden steeds 3 gemeten vaten op een pallet gekanteld. De pallets met de daarop liggende vaten worden met een heftruck in de vatenloods gestapeld in afwachting van afvoer naar de COVRA.

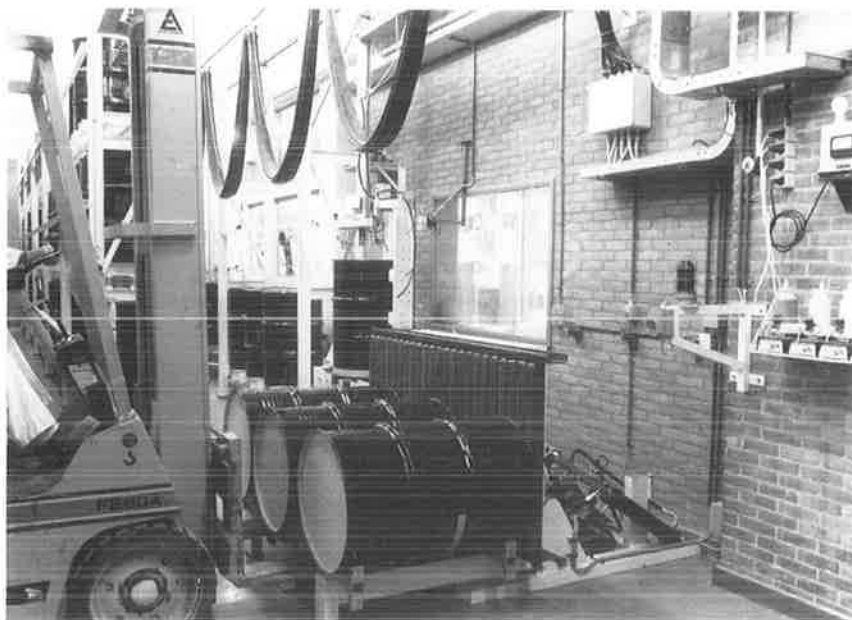
Kadavers

Uit verscheidene onderzoeklaboratoria worden laag-radioactieve kadavers, meestal ratten en muizen, in diepgevroren toestand aangevoerd. Deze kadavers worden in eenheden van ca. 1 liter ingebed in cementpoeder in een 100-litervat.

Tijdens het ontdooien wordt het vrijkomende vocht door het cement geabsorbeerd: het resultaat is een vat met droog vast afval, dat op zijn beurt in een 200-litervat wordt geplaatst en daarna ingestort in beton.

Middelactief afval

Middelactief vast afval, IAEA-categorie 2, straling tot 20 mSv/h, wordt in de meeste gevallen direct in beton gestort in 200- of 600-litervaten, eventueel met extra afscherming.



Vaten met in beton verpakt laagactief afval.

Na het openen van de container wordt het blik afgelaten in de pijp; via een meetring wordt dan ook de straling van het afval gemeten. Zijn de pijpen onder het open gedeelte vol, dan wordt er onder de wagen een afscherm-balk vastgemaakt. De wagen wordt geheven, waarna deze de balk tot boven de volle pijpen verrijdt. Het stralende afval blijft dus altijd bedekt door een afscherm-laag.

Achtereenvolgens kunnen alle pijpen op deze manier worden volgezet. De geschatte verblijftijd voor het voldoende afnemen van de radioactiviteit is ca. 30 jaar; daarna kan dit afval als laagactief afval worden behandeld.

Indien de afmetingen dit niet toelaten, wordt het afval opgeslagen in de kelders van de pluggenloods. Na een korte of langere verblijftijd is de radioactiviteit door natuurlijk verval voldoende afgenomen, zodat het afval later als categorie 1 kan worden behandeld.

Hoogactief afval

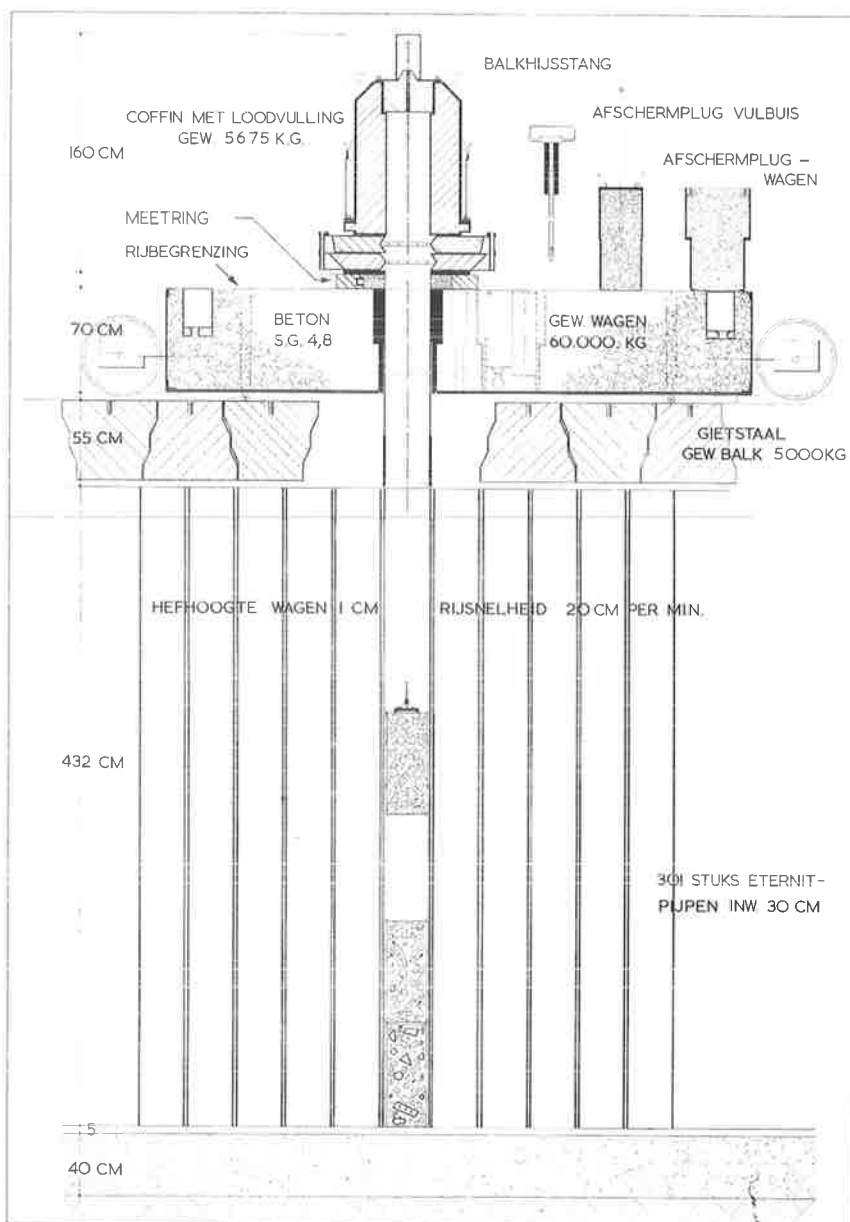
Het hoogactief afval, IAEA-categorie 3, gamma-straling groter dan 20 mSv/h, wordt niet direct behandeld, maar opgeslagen in de pluggenloods. Dit afval wordt verzameld in 35-literblikken. De straling kan variëren van 20 mSv tot 5 Sv/h.

Deze blikken worden opgeslagen in een kelder met rechtopstaande pijpen, die elk 6 blikken kunnen bevatten.

De oudste kelder in de loods bevat 100 pijpen, die aan de bovenzijde zijn afgedekt met 50 cm dikke, stalen pluggen.

De laatste uitbreiding van de opslagfaciliteit is veel compacter gebouwd; deze kelder bevat 301 pijpen, afgedekt met stalen balken.

De 35-literblikken met afval worden in een speciale container met loodafscherming per auto naar de pluggenloods vervoerd. In het nieuwe systeem wordt de container op de pluggenwagen geplaatst, nadat een afschermplug uit de wagen is verwijderd.



Kelder met pluggenwagen voor de opslag van hoogactief afval.



Opslagloods van de COVRA BV in Petten.

Toen in 1981 het besluit viel het radioactief afval niet meer in de Atlantische Oceaan te storten, heeft de overheid het initiatief genomen tot de oprichting van de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval. Deze organisatie kreeg de zorg voor al het radioactief afval toegedeeld, met inbegrip van het hoogactief afval dat mogelijk van de opwerkingsfabrieken in het buitenland naar Nederland wordt teruggestuurd. Tot de taak van COVRA behoren onder andere het transport, de verwerking, de langdurige en definitieve opslag en het verrichten van onderzoek naar verpakkingsmethoden en verpakkingscondities.

Statutair is vastgelegd dat COVRA dient uit te gaan van het door de rijksoverheid geformuleerde

radioactief-afvalbeleid.

COVRA kan een gedeelte van eerder genoemde werkzaamheden uitbesteden aan andere bedrijven of instellingen. Op dit moment vindt de verwerking en de verpakking van het afval bij ECN plaats.

Het radioactief afval dat bij ziekenhuizen, universiteiten en andere instellingen in het land wordt opgehaald, komt op het moment van inladen in het bezit van COVRA. Het COVRA-afval wordt bij de Groep Radioactief Afval van ECN verwerkt en in 200-litervaten verpakt. Een keer in de twee à drie maanden wordt het door ECN verwerkte afval van de GRA-vatenloods naar de COVRA-loods gebracht, waar het wordt opgeslagen.

Met de gemeente Zijpe is overeengekomen dat het afval tot 1 januari 1989 in de COVRA-loods zal worden opgeslagen. Eventueel kan deze opslagperiode met vijf jaar worden verlengd. Na deze interim-opslag zal het afval voor een periode van 50 tot 100 jaar elders in het land bovengronds worden opgeslagen.

Het Energieonderzoek Centrum Nederland, de Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Dodewaard en de Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij nemen elk voor dertig procent deel in de COVRA en de overheid voor tien procent.

Opslag

Het aangevoerde afvalwater wordt opgeslagen in het watergebouw. Hierin bevindt zich een aantal bassins met een totale inhoud van 1000 m³ voor de opslag van laag-radioactief afvalwater. Middel- en hoogactief water wordt opgeslagen in roestvrij stalen tanks. Deze opslag kan tevens dienen als behandelingsmethode voor kortlevende isotopen. Zo heeft het veel gebruikte jodium-131 een halveringstijd van 8 dagen. Na 10 halveringstijden is de activiteit al 1000 maal kleiner geworden. Na een opslag van ca. 3 maanden in de tanks is het jodium-131 vervallen van hoog- tot laagactief, waarna het als zodanig kan worden behandeld.

Vatenleeginstallatie

De door de ophaaldienst verzamelde dubbelwandige 60-liter vaten met afvalvloeistof worden in een glazen vat geleegd, waarna eventueel aanwezige, niet in water oplosbare organische vloeistoffen worden afgescheiden. De organische vloeistoffen worden door verbranding vernietigd. De verbrandingsgassen worden gezuiverd met spoelwater. De waterige oplossingen uit de 60-liter vaten worden samengevoegd met het andere binnenkomende water.

Shredder voor telpotjes

Veel laboratoria gebruiken kleine potjes, plastic of glas, bij het meten van de activiteit in diverse vloeistofmonsters. Na de meting worden deze potjes, vele duizenden per week, tot afval gedegradeerd. In speciale vaten worden deze gevulde telpotjes opgehaald en naar ECN vervoerd. In de telpotjesshredder worden de potjes gebroken; door een trilzeef wordt de vloeistof gescheiden van de brokstukken. De brokstukken worden als vast afval samengeperst, de vloeistof wordt gescheiden in water en organische bestanddelen.



Shredder voor het versnipperen van telpotjes.

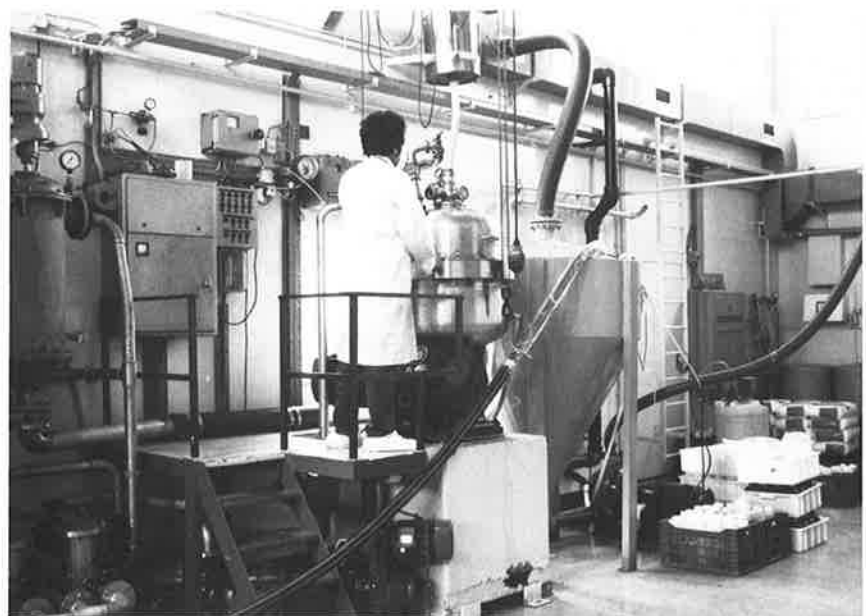
Centrifuge

Water van categorie 1 en 2 met een activiteit tot 40 MBq/m³ wordt in de centrifuge behandeld. Aan het water worden poly-elektrolyten toegevoegd die kleine deeltjes doen samenballen tot grotere deeltjes. Deze deeltjes

worden door de grote centrifugaalkracht uit het water geslingerd en verder behandeld als slib. Het gereinigde water gaat naar de zeelozingsbassins. Van het water van categorie 3 en eventueel 4 wordt eerst bepaald welke isotopen de activiteit in het water veroorzaken. Tevens wordt bepaald met welke chemicaliën de gevonden isotopen een onoplosbaar zout vormen. Deze zouten worden door de centrifuge afgescheiden en gemengd met het laagactieve slib in afwachting van verdere verwerking. Het water is dan voldoende gereinigd van activiteit om te kunnen worden geloosd.

Zeelozing

Het gereinigde afvalwater wordt vermengd met koelwater. Van iedere 100 m³ wordt een monster genomen waarvan de alfa- en bèta/gamma-activiteit wordt bepaald. Wanneer de totale activiteit niet méér bedraagt dan de waarden vermeld in bijgaande tabel, dan mag dit water, volgens een speciale vergunning worden geloosd door een leiding die 4 km de Noordzee insteekt, minimaal 10 meter onder zeeniveau.



Centrifuge voor de behandeling van vloeibaar afval.

De lozing staat onder controle van de overheid.

De per kwartaal te lozen activiteit van de radioactieve stoffen mag niet meer bedragen dan:

- 3,7 GBq voor zover het alfastralen uitzendende radioactieve stoffen betreft,
- 370 GBq voor zover het bèta- en/of gammastralen uitzendende radioactieve stoffen betreft met uitzondering van de radioactieve stof tritium, en
- 3700 GBq voor zover het de radioactieve stof tritium betreft.

De concentratie van de radioactieve afvalstoffen in het lozingswater mag niet meer bedragen dan:

- 1,85 MBq per m³ voor zover het alfastralen uitzendende radioactieve stoffen betreft,
- 185 MBq per m³ voor zover het bèta- en/of gammastralen uitzendende radioactieve stoffen betreft met uitzondering van de radioactieve stof tritium, en
- 1850 MBq per m³ voor zover het de radioactieve stof tritium betreft.

Slibmenger

Het slib van de centrifuge wordt, na een indikkings- en vervalperiode, overgepompt naar de slibmenger in de vastmaakhal. In de menger wordt het slib gemengd met cementpoeder. Het cement reageert met het in het slib aanwezige water. Het mengsel wordt afgestort in 100-liter vaten. Na enkele dagen is dit mengsel volledig uitgehard. De vaten worden in 200-liter vaten geplaatst en volledig in beton ingestort.



Slib uit de centrifuge wordt met behulp van cement vastgemaakt.

Vastmaakbox

Vloeistoffen met veel alfastralers of met een hoge bèta/gamma-activiteit worden in een speciaal geconstrueerde box behandeld. De vloeistof wordt uit het aanvoervat gepompt en, indien nodig, geneutraliseerd met loog. Een afgemeten hoeveelheid vloeistof wordt in een vat gepompt en aangevuld met cementpoeder tot alle vloeistof is geabsorbeerd. Na enkele dagen is dit weer een vaste en harde massa. De zo verkregen vaten worden in 200-liter vaten in beton ingegoten. Met de beschreven behandelingsmethoden kan het aangeboden radioactieve materiaal op verantwoorde wijze worden verwerkt. Het eindproduct is daardoor in een vorm gebracht waarin het geen gevaar oplevert voor de gezondheid van de mensen die ermee in aanraking komen.

Verklaring van eenheden en afkortingen

13

- ECN : Energieonderzoek Centrum Nederland.
GBD : Gezondheids Beschermings Dienst.
GRA : Groep Radioactief Afval.
IAEA : International Atomic Energy Agency, Wenen, Oostenrijk.
NEA : Nuclear Energy Agency, Parijs, Frankrijk.
COVRA: Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval.
Bq : Becquerel. In 1 becquerel (1Bq) van een radioactieve stof vindt 1 desintegratie per seconde plaats (een desintegratie is meestal het uitstoten van een kerndeeltje).
- Sv : Sievert. Dit is de eenheid voor dosisequivalent, die rekening houdt met het biologisch effect dat afhankelijk is van de stralingssoort en de stralingsomstandigheden.
- 1 sievert = 100 rem.
1 becquerel = 27.10^{-12} curie.

Straling

De volgende soorten straling zijn het belangrijkste:

- α (alphastraling) : deeltjes; heliumkernen; 2 protonen en 2 neutronen; vrij zwaar; kleine reikwijdte (enkele cm in lucht).
- β (bètastraling) : elektronen, veel lichter, grotere reikwijdte (enkele meters in lucht).
- γ (gammastraling) : golven (zoals radio-, licht- en röntgengolven), zeer grote reikwijdte.
- Neutronenstraling: deeltjes, de eigenschappen hangen sterk af van de snelheid, daarom onderscheid tussen langzame en snelle neutronen.

Men kan zich op drie manieren tegen uitwendige bestraling beschermen:

- de verblijftijd bij het stralende voorwerp zo klein mogelijk houden;
- de afstand tot de stralingsbron zo groot mogelijk houden;
- afscherming rond de bron gebruiken
voor α : niet nodig (lucht)
voor β : plastic, glas, papier
voor γ : lood, beton, water
voor neutronen: beton, water, paraffine, plastics.

