

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

VESTIGINGSPLAATSEN VAN ENERGIEREACTOREN

EN DE

OPSLAG VAN RADIOACTIEF AFVAL

Bureau van de

Wetenschappelijke Raad voor de Kernenergie

juli 1972

Collectie Stichting Laka

www.laka.org
Gedigitaliseerd 2021

VESTIGINGSPLAATSEN VAN ENERGIEREACTOREN

EN DE

OPSLAG VAN RADIOACTIEF AFVAL

Bureau van de

Wetenschappelijke Raad voor de Kernenergie

juli 1972

Vestigingsplaatsen van energiereactoren en de opslag van radioactief afval.

1. Inleiding

In de Kernenergienota van maart 1972 wordt uitgegaan van een stijging van het geïnstalleerde elektriciteitsproductievermogen van 9.000 MWe in 1970 tot 70.000 MWe in het jaar 2000, waarvan de helft zou bestaan uit kernenergie-installaties.

Van de economische en planologische problemen die aan een dergelijke groei van het geïnstalleerde vermogen zijn verbonden, krijgen vooral die op het gebied van koelwatervoorziening en transport van geproduceerde elektriciteit veel aandacht. In het geval van kernenergie-centrales worden daarnaast nog eisen gesteld ten aanzien van de vestigingsplaatsen, die in verband staan met de bevolkingsdichtheid van de in aanmerking te nemen gebieden, op basis van mogelijke calamiteiten.

In de meeste landen blijkt een groeiende bezorgdheid te bestaan over de toepassing van kernenergie op grote schaal, verband houdend met twijfel over de toereikendheid van de technische noodvoorzieningen van de installaties en met de vrees, dat de thans geldende normen voor de lozing van radioactiviteit tijdens normaal bedrijf van kerncentrales te ruim zouden zijn gesteld.

Terwijl enerzijds aan deze bezorgdheid ongetwijfeld tegemoet kan worden gekomen, wordt anderzijds door de verantwoordelijke instanties wellicht nog te weinig aandacht besteed aan de problematiek die samenhangt met de verwerking en opslag van het radioactieve afval dat bij de uitvoering van een omvangrijk kernenergie-programma zal vrijkomen.

Kernenergiereactoren hebben een beperkte levensduur, die 20 tot 40 jaar zal bedragen. In die periode worden, behalve elektriciteit en warmte, ook radioactieve afvalstoffen geproduceerd. Deze blijven als zodanig bestaan, zelfs als de reactor al lang niet meer functioneert. Thans leveren de radioactieve afvalstoffen nog weinig problemen, omdat het kleine hoeveelheden betreft, afkomstig van een beperkt aantal reactoren.

Op langere termijn zullen de groeiende hoeveelheden radioactief afval, met inbegrip van buiten dienst gestelde nucleaire installaties, leiden tot een wijziging in deze situatie. Ook in ons land zullen, zelfs indien in internationaal verband gemeenschappelijke "radioactive cemeteries" worden gesticht, bewaarplaatsen voor radioactief afval moeten worden ingericht en beslissingen moeten worden genomen ten aanzien van te sluiten radioactieve installaties.

Zowel ten aanzien van de definitieve opslag van radioactief afval als ten aanzien van de gedragslijn met betrekking tot te sluiten installaties zijn nog

geen algemeen aanvaarde oplossingen voorhanden, waarnaar men zonder meer de in ons land te volgen procedures kan richten. Studies op het gebied van de behandeling van het radioactieve bedrijfsafval van energiereactoren zijn thans in ons land ter hand genomen, mede naar aanleiding van een in ENEA-verband uitgevoerde studie "Radioactive waste management practices in Western Europe". De mogelijke procedures bij het sluiten van reactoren zijn nog nergens ter wereld systematisch kwantitatief bestudeerd.

Voor ons dichtbevolkte land geldt strikter dan elders, dat er verband gelegd dient te worden tussen de planning voor behandeling en opslag van radioactief afval enerzijds en de gedragslijn ten aanzien van te sluiten installaties anderzijds. In het volgende zal dit verband nader belicht worden.

2. Kwalitatieve beschouwing

2.1. Radioactief afval.

Tijdens de nuttige levensduur van een energiereactor ontstaan radioactieve afvalstoffen van zeer uiteenlopende aard. Voor een beschouwing op lange termijn zijn enkele groepen van belang, hieronder ingedeeld naar de plaats van herkomst:

- Tijdens het bedrijf van de reactor ontstaat voortdurend zwak radioactief en matig tot sterk radioactief vast afval. Het betreft aanzienlijke volumina, die tot op heden veelal niet worden gesorteerd op aard en sterkte van activiteit. Dergelijk afval wordt, al of niet gecompriëerd, verpakt in een afscherming en daarna begraven, in silo's of in zoutmijnen opgeslagen of in zee gestort, terwijl men tevens de mogelijke storting in zoutholten bestudeert. In ons land wordt dit afval naar Petten gevoerd en daar klaargemaakt voor dumping in zee, met uitzondering van het sterk radioactieve afval.

Verondersteld moet worden, dat de zeedumping te eniger tijd niet meer zal kunnen worden toegepast op grond van internationale afspraken. Ook in ons land zullen dan opslagplaatsen voor dit afval gecreëerd moeten worden.

In het volgende wordt geen bijzondere aandacht besteed aan radioactieve vloeistoffen en gassen die bij het reactorbedrijf ontstaan. De vloeistoffen kunnen worden ingedampt, waarna het radioactieve slib als vast afval wordt behandeld. De radioactieve gassen worden, na een voor "afkoeling" benodigd oponthoud, in de atmosfeer geloosd. Op lange termijn vormen vooral de accumulerende lang levende splijtingsprodukten krypton-85 en tritium een probleem. Deze komen voornamelijk vrij bij de splijtstofopwerkingsfabrieken, waar het opgevangen en bewaard zal moeten worden. Wanneer de lozing door kerncentrales eventueel problematisch zou worden, kunnen de benodigde maatregelen worden ontleend aan de opwerkingsindustrie.

- Bij de chemische opwerking van de bestraalde splijtstof ontstaat sterk radioactief afval in een relatief klein volume en een zeer groot volume zwak en matig radioactief afval.

In verband met zijn combinatie van zeer hoge activiteit en lange halfwaardetijden zal het sterk radioactieve afval een benodigde bewaartijd in de orde van 10.000 jaar hebben. De opvatting overheerst dat dit afval, ingesmolten in een glasmatrix, uiteindelijk moet worden opgeslagen in stabiele zoutafzettingen. De opwerking geschiedt buiten Nederland en het afval wordt ter plaatse opgeslagen. Hoewel mag worden aangenomen, dat de opwerking ook in de toekomst elders zal geschieden, is het niet zeker of de opslag van het daarbij vrijkomende afval voortdurend in andere landen zal kunnen geschieden.

Het is zeer wel mogelijk, dat het in de toekomst naar het land van herkomst zal worden teruggezonden.

In dat geval zal in ons land naar een geschikte opslagmogelijkheid moeten worden gezocht.

In het geval van het qua volume veel minder handelbare en moeilijk te transporteren zwak en matig radioactieve afval van de opwerking mag wellicht gerekend worden op voortzetting van de opslag elders. Dit heeft mede betrekking op het lang levende toxische "alpha-afval", dat grote volumina kan innemen.

- De reactorinstallatie met toebehoren zelf, die als gevolg van activering en contaminering radioactief wordt.

Het betreft zeer grote volumina overwegend zwak en matig doch plaatselijk ook sterk radioactief afval, waarmee men na sluiting van een reactor te maken krijgt.

2.2. Het sluiten van reactoren.

De reactor met bijbehorende installaties zal na een nuttig gebruik van 20 tot 40 jaar geruime tijd moeten afkoelen voordat tot eventuele ontmanteling kan worden overgegaan. Totale afbraak met inbegrip van de verwijdering van de radioactieve betonconstructies is van de mogelijk te volgen procedures waarschijnlijk te kostbaar om economisch aanvaardbaar te zijn.

Elke andere procedure heeft tot gevolg, dat de reactorstandplaats niet vrij van radioactiviteit komt.

Men kan de volgende maatregelen in beschouwing nemen:

- De reactorinstallatie zonder meer laten staan. Wanneer de eenheid binnen een geheel of gedeeltelijk nucleair produktiepark is gesitueerd, zijn na ontlasting van splijtstof en afvoer van het laatste radioactieve afval verdere voorzorgen praktisch overbodig. In het algemeen wordt deze mogelijkheid slechts als interim-oplossing gezien voor de duur van een afkoelingsperiode waarna verdere maatregelen kunnen worden genomen.

- Het areaal binnen het biologische schild hermetisch afsluiten door de toegangen met beton af te dichten. Hierdoor kan de afscherming van de radioactieve delen zodanig worden verzekerd, dat daartoe geschikte delen van de gebouwen ook voor niet-nucleaire doeleinden kunnen worden gebruikt.

Ook kan worden overgegaan tot afbraak van de niet-actieve delen van de centrale ter beperking van het terreinverlies.

Het insluiten van de afgeschermd installatie in kunstmatige heuvels zal binnen een centrale-complex slechts terreinverlies en bijkomende eisen met

betrekking tot de stabiliteit van de ondergrond opleveren.

- De procedure van het verzegelen van het actieve areaal vooraf laten gaan door een zo volledig mogelijk opvullen met radioactief afval. Hiertoe zou na voldoende afkoeling de nucleaire installatie zo ver mogelijk uiteengenomen en de vrijkomende delen zo dicht mogelijk gestapeld kunnen worden, waarna de overblijvende ruimte gebruikt zou kunnen worden voor de opslag van tijdelijk elders bewaard afval.

Uit de ervaring die met name in de V.S. is opgedaan met het sluiten van reactoren, blijkt dat de stralingsniveau's na afvoer van de splijtstof en bijeenbrengen van de sterkst gecontamineerde delen van de installatie in daartoe geschikte ruimten, geen afschermingsproblemen van betekenis behoeven op te leveren. In het geval van de BONUS-reactor is zelfs besloten de centrale, na afsluiting van de actieve ruimten, voor bezichtiging door het publiek open te stellen. Rekening houdend met de fysische eigenschappen van de ter plaatse aanwezige nucliden wordt de afscherming rond de in de V.S. gecreëerde "tomben" in de vorm van reeds aanwezige betonstructuren adequaat geacht, met een levensduur in de orde van honderden jaren.

2.3. Konsekwenties met betrekking tot het beleid.

Zowel het sluiten van reactoren als de behandeling en opslag van radioactief afval hebben planologische en milieuhygiënische konsekwenties. Deze hangen samen met het volume en de activiteit van het afval en zijn daarom niet los van elkaar te beschouwen. Aangezien de te sluiten reactoren zelf een categorie radioactief afval vormen, is de gedragslijn ten aanzien van deze reactoren mede afhankelijk van het beleid met betrekking tot de opslag van radioactief afval in het algemeen. Zou dit beleid inhouden, dat radioactief afval slechts centraal in het land wordt opgeslagen, dan zullen oude reactoren na voldoende afkoeling totaal afgebroken en van de vestigingsplaats afgevoerd moeten worden. Een dergelijke gedragslijn wordt voor de toekomst aanbevolen in het recente ENEA-rapport "Radioactive waste management practices in Western Europe", op basis van de filosofie dat een later gebruik van nucleaire vestigingsplaatsen voor niet-kernenergetische doeleinden zonder restricties mogelijk moet zijn. Deze eis lijkt onder de huidige omstandigheden niet reëel. Het ligt daarentegen voor de hand op hetzelfde terrein wederom een kernreactor te plaatsen. Het heeft dan weinig zin de gesloten installaties, met inbegrip van het biologische schild, totaal te ontmantelen en af te voeren. Hiervoor zijn drie argumenten aan te voeren. In de eerste plaats vormen de hoge kosten van totale afbraak en transport

een economisch beletsel. In de tweede plaats zal de locatie, alleen al gezien het daar beschikbare koelwater, niet worden opgegeven voor de elektriciteitsproduktie. Tenslotte ligt het voor de hand een vestigingsplaats van een kerncentrale voortdurend voor hetzelfde doel te bestemmen in verband met de wenselijkheid het aantal locaties van kerncentrales in het land te beperken.

Een logisch gevolg van het voorafgaande is, dat de vestigingsplaatsen door bijplaatsing en latere sluiting van andere eenheden zullen worden uitgebreid. In verband met het grondoppervlak dat op den duur door gesloten reactoren zal worden ingenomen, dienen zulke vestigingsplaatsen òf vanaf het begin zeer ruim te worden opgezet òf mogelijkheden te bieden voor voortdurende uitbreiding. Met deze planologische konsekventies moet reeds thans rekening worden gehouden bij de keuze van vestigingsplaatsen van kerncentrales.

Bij aanvaarding van de blijvende incorporering van radioactieve resten van gesloten reactoren in een vestigingsplaats zou er tevens aanleiding zijn de opslag daar ter plaatse te overwegen van ander radioactief afval dat op de vestigingsplaats ontstaan is. De eventuele konsekventies daarvan betreffen niet slechts de opslagvoorzieningen zelf, doch ook de keuze tussen behandeling van het afval ter plaatse dan wel elders om het voor opslag gereed te maken. De vestigingsplaats is een besloten gebied met bijzondere voorzieningen wat toegankelijkheid en toezicht betreft. Men kan deze voorzieningen in rekening brengen bij een principiële benadering van de definitieve opslag van radioactief afval:

- òf het afval zodanig verwijderen dat verdere controle daarop onnodig is (zeedumping, opslag in zout),
- òf het zodanig opslaan dat voortdurend toezicht mogelijk is (bij de reactoren dan wel centraal elders).

Voor de opslag van radioactief afval op de vestigingsplaats pleit, dat hierdoor het aantal plaatsen in ons land waar radioactiviteit van enige omvang voorkomt, wordt beperkt. Tegen deze procedure pleit, dat de vestigingsplaats ruimtelijk extra wordt belast door deze opslag. Voor elk van de alternatieven zijn argumenten voor en tegen aan te voeren. In de praktijk zal meer dan één methode worden toegepast, waarbij de keuze mede zal worden bepaald door de mogelijkheid radioactief afval in het buitenland op te slaan en het volumineuze afval te sorteren, en tevens zal worden beïnvloed door de mogelijkheid het radioactieve afval op te slaan in buiten gebruik gestelde reactoren.

De stand van de ontwikkeling van technieken voor behandeling en definitieve opslag van radioactief afval is thans niet zodanig, dat hierop een beleid op

lange termijn kan worden afgestemd. Het is dan ook noodzakelijk onderzoek, gericht op verbetering en vernieuwing van technieken, zowel in nationaal verband bij het Reactor Centrum Nederland als in internationaal verband van overheidswege te stimuleren.

In bijlage I is een overzicht gegeven waaraan de voornaamste beleids- en onderzoekaspecten kunnen worden ontleend, uitgaande van de knelpunten die diverse categorieën radioactief afval zullen opleveren en van het onderzoek dat benodigd is om een optimale aanpak mogelijk te maken.

In bijlage II is een opsomming gegeven van de mogelijkheden voor opslag van radioactief afval in ons land, uitgaande van de opslagmethoden, waarmee hier of elders reeds, deels nog slechts experimentele, ervaring is opgedaan of waarvan in meerdere of mindere mate studie is gemaakt.*

In bijlage III is een schema gegeven van de hoeveelheden radioactief afval die jaarlijks ontstaan in verband met het bedrijf van een nucleaire eenheid van 1.000 MWe. De opgenomen getallen zijn slechts indicatief, omdat zij -afhankelijk van reactortype, bedrijfsomstandigheden en afvalbehandelingsmethode- per installatie zeer sterk uiteen kunnen lopen. Bovendien bestaat er nog geen ervaring met zulke grote eenheden en mag worden verwacht, dat technieken zullen worden ontwikkeld voor een verdere volume-beperking.

* Dat de opslag van radioactief afval in ons land aan relatief grote beperkingen onderhevig zal zijn, blijkt onder meer uit een Euratom-studie over de mogelijke situering van opslagplaatsen in de Europese Gemeenschap (EUR. 3664, Sitologie du stockage des déchets radio-actifs dans la Communauté Européenne, 1968). Bij deze studie wordt onder meer uitgegaan van de bevolkingsdichtheid en van de meteorologische, geografische, geologische, bodemkundige, hydrologische en economische omstandigheden in de landen van de Gemeenschap.

3. Nadere beschouwing aangaande het sluiten van reactoren.

3.1. Vestigingsplaatsen.

Voorzien wordt, dat ons land uit een oogpunt van de beschikbaarheid van koelwater in eerste instantie nog mogelijkheden biedt voor een groei van het geïnstalleerde elektriciteitsproductievermogen tot ruim 80.000 MWe in centrales van meer dan 1.000 MWe.* Daarbij wordt indicatief aangegeven, dat een zestal locaties in aanmerking zouden komen voor de opstelling van kernreactoren:

| <u>Vestigingsplaats:</u> | <u>Totaal te installeren vermogen:</u> |
|--------------------------|--|
| Dodewaard | 1.600 MWe |
| Borssele | 5.000 MWe |
| Tiengemeten | 10.000 MWe |
| Schouwendam | 10.000 MWe |
| IJmuiden Zee | 3.000 MWe |
| Lauwersoog | 5.000 MWe |

Wanneer de in de Kernenergienota van 1972 gegeven prognose gerealiseerd zou worden (35.000 MWe nucleair vermogen in het jaar 2000), zouden de hier genoemde vestigingsplaatsen voor kerncentrales reeds rond het jaar 2000 met hun maximale vermogen zijn bebouwd. Er is dus alle reden de konsekventies van het sluiten van oude reactoren voor dergelijke vestigingsplaatsen reeds nu in de planologische beschouwingen te betrekken.

3.2. Omvang van de vestigingsplaatsen

Uitgaande van een in de toekomst toe te passen grootte van de opwekeenheden van ongeveer 1.000 MWe** kan aangenomen worden, dat de genoemde vestigingsplaatsen een aantal werkende reactorinstallaties zullen omvatten dat ligt tussen 2 en 10.

Wanneer nu wordt verondersteld, dat een centrale-complex van 10 eenheden tussen de jaren 1980 en 2000 wordt opgebouwd door telkenmale bijvoeging van een installatie met een levensduur van 30 jaren, dan zal in de jaren 2010 tot 2030 het complex successievelijk vernieuwd moeten worden.

Omdat het aannemelijk is, dat de gesloten installaties slechts gedeeltelijk ontmanteld zullen worden, zal het centrale-complex tegen het jaar 2030 tenminste een extra areaal omvatten, benodigd voor 10 nieuwe reactorgebouwen. Overeenkomstige uitbreidingen zouden daarna plaatsvinden in de jaren 2040 tot 2060, vervolgens van 2070 tot 2090 enz.

* P.J. Wemelsfelder, Toekomstbeeld der Techniek 12, 44 (1972)

** J.J. Went, Toekomstbeeld der Techniek 11, 9 (1972)

Afhankelijk van het reactortype en de lay-out van het centrale-complex zullen de reactorgebouwen een vijfde tot een tiende deel van het in totaal voor de opwekeenheden te bebouwen oppervlak beslaan. Dit bebouwde oppervlak vormt zelf weer slechts een gedeelte van het terrein van de centrale. Wanneer nu wordt aangenomen, dat de reactorgebouwen maximaal 1/10 deel van het totale terrein beslaan, dan zou met het reserveren van tweemaal het areaal dat in eerste aanleg nodig is voor het als voorbeeld gegeven in 20 jaar tijds te bebouwen complex, verzekerd worden dat ter plaatse gedurende drie eeuwen vernieuwing van de centrale mogelijk is.

Bij een beschouwing van deze konsekwentie van het sluiten van oude reactoren rijst de vraag, hoe lang men de termijn wil nemen waarover met bepaalde uitgangsgegevens wordt gerekend. De huidige vooruitzichten met betrekking tot de energievoorzieningstechniek op zeer lange termijn, met name wat betreft snelle kweekreactoren en fusiereactoren, geven echter geen aanleiding te veronderstellen dat de hier aan de orde gestelde problematiek beduidend gewijzigd zal worden. Met het oog hierop mag een rekening houden met een termijn van honderden jaren niet buitensporig worden geoordeeld.*

Daartegenover staat, dat de radioactiviteit van de vroegst gesloten reactoren na een dergelijk tijdsbestek nauwelijks meer van betekenis zal zijn, zodat hergebruik van het terrein op den duur weer aannemelijk is.

Geconcludeerd kan worden, dat bij de planologie van de elektriciteitsvoorziening rekening gehouden moet worden met terreinverlies tengevolge van het sluiten van reactoren en dat dit aanleiding kan geven tot het reserveren van een vestigings-

* Het gebruik van zonnestraling als directe energiebron wordt niet gezien als een veelbelovende mogelijkheid voor ons land, zelfs niet op lange termijn. Het klimaat in Nederland leent zich niet tot locale receptie en omzetting van zonne-energie op de grond. Dientengevolge zal de straling elders opgevangen en de energie getransporteerd moeten worden. Men kan hierbij denken aan receptoren in de ruimte of elders op aarde. In het laatste geval is men aangewezen op woestijngebieden, in het eerste geval zal de opgewekte energie in de vorm van microgolfbundels van de ruimtereceptoren naar de aarde moeten worden gestuurd. De ontzagwekkende microgolf-vermogens, die daarbij in het spel zijn, maken het onmogelijk de bundel(s) direct op ons land of andere dichtbevolkte gebieden te richten - de hieraan verbonden milieuhygiënische bezwaren zijn onoverkomelijk. In alle gevallen zal het dus noodzakelijk zijn de elektriciteitsproduktie via zonnestraling in betrekkelijk onbevolkte gebieden van de aarde te concentreren, hetgeen verder transport noodzakelijk maakt. Het lijkt economisch en milieutechnisch onwaarschijnlijk dat de thans benodigde vermogens voor West-Europa langs deze weg kunnen worden verkregen. Voor het gebruik van zonne-energie in tropische en subtropische ontwikkelingslanden ligt de situatie uiteraard anders. Ook zou te overwegen zijn de West-Europese energieverslindende industrie te verplaatsen naar de genoemde gebieden. De economische en andere konsekwenties van dit probleem vallen buiten het bestek van dit rapport.

plaats van ongeveer de dubbele omvang van het in eerste aanleg benodigde oppervlak. Uiteraard moet nader worden afgewogen of dit opweegt tegen het na betrekkelijk korte tijd volledig verwijderen van achterblijvende radioactieve structuren, waarbij de konsekventies van de ontmanteling en van transport en opslag elders in het land van ongeveer 2.000 m³ radioactief materiaal per ontmantelde eenheid moeten worden beschouwd.

3.3. Afvalopslag in gesloten reactorinstallaties.

Wanneer een gesloten reactor met toebehoren wordt afgeschermd om gedurende zeer lange tijd als tombe in stand te worden gehouden, kan overwogen worden om de ruimte binnen de afscherming te gebruiken voor de opslag van radioactief afval dat binnen het centrale-complex wordt gegenereerd.

Het overwegen van een dergelijke procedure heeft slechts zin, wanneer de tomben inderdaad plaats kunnen bieden aan een aanmerkelijk deel van het tijdens de levensduur van de installaties vrijgekomen afval.

Hoewel de hoeveelheden vrijkomend radioactief afval uiteen blijken te kunnen lopen van 10 tot 100 m³ per reactor en per jaar voor het meest volumineuze, vaste afval^{*}, kan bij normaal bedrijf en toepassing van adequate volumeverminderingstechnieken gerekend worden met 1000 tot 2000 m³ verpakt afval, ontstaan tijdens de levensduur van een reactorinstallatie.

Daartegenover moet worden gesteld het beschikbare volume binnen het reactorgebouw, dat geschikt is of geschikt gemaakt kan worden voor de opslag van radioactief afval. Zou het gehele reactorgebouw als containment blijven bestaan, dan gaat het om een ruimte, variërend van 10.000 m³ tot vele malen groter. Wordt alleen gelet op de ruimte binnen de primaire afscherming en de geassocieerde met beton omgeven ruimten, dan is er nog steeds sprake van een volume van vele duizenden kubieke meters. Van dit volume wordt een groot deel ingenomen door de reactorinstallatie met delen van het koelsysteem en er zal waarschijnlijk vèrgaande ontmanteling en compactie nodig zijn om ruimte te maken voor nog enkele duizenden kubieke meters additioneel in te sluiten afval. In principe kan echter gesteld worden, dat in reactortomben een aanmerkelijk deel zo niet het totaal van het tijdens de levensduur van de installaties ter plaatse gegenereerde radioactieve afval opgeslagen kan worden.

De voordelen daarvan kunnen gezocht worden in een ontlasting van de opslag elders in het land en in een sterk verminderd transport van radioactief afval door het land.

De konsekventies zijn echter velerlei:

- Wanneer de levensduur van de tombe beperkt is tot enkele honderden jaren, zal

* Radioactive waste management practices in Western Europe, ENEA 1972.

het daarin opgeslagen afval na die tijd óf geen activiteit van betekenis meer mogen hebben óf een vorm moeten hebben die goed hanteerbaar is.

- De tombe zal qua afscherming berekend moeten zijn op het afval dat erin wordt opgeslagen. In de praktijk zal hieraan het gemakkelijkst kunnen worden voldaan door keuze van het afval en van de benodigde verpakking.
- Het radioactieve afval zal ter plaatse behandeld en tijdelijk opgeslagen moeten worden.

Voor vestigingsplaatsen met een aantal nucleaire eenheden in bedrijf zal de afvalbehandeling waarschijnlijk geen grote economische bezwaren opleveren. Het gaat om een verlengstuk van de behandeling die toch noodzakelijk is om het alternatief, transport voor behandeling en opslag elders, mogelijk te maken. Voorts is het waarschijnlijk, dat ook voor dit alternatief in de toekomst hoge eisen aan de behandeling ter plaatse (sorteren, compactie en verpakking) zullen moeten worden gesteld om een economische en veilige operatie op landelijk niveau te verzekeren. Voor de tijdelijke opslag zullen bouwwerken nodig zijn, waarin dat deel van het vrijkomende afval wordt bewaard dat in aanmerking komt voor opslag in de tomben.

De extra kosten van deze behandeling en tijdelijke opslag ter plaatse kunnen worden afgewogen tegen de kosten van transport en van alternatieve opslagvoorzieningen elders in het land.

3.4. Slotopmerkingen en conclusies met betrekking tot het sluiten van reactoren.

In bijlage IV is een globaal overzicht gegeven van de verschillende sluitingsprocedures en hun consequenties. Op één van de aannamen, namelijk dat de factor blijvende radioactiviteit van weinig betekenis lijkt binnen een kerncentrale-complex in bedrijf, moet nader worden ingegaan. Op basis van deze aanname zou immers de opslag van radioactief afval in reactortomben gerechtvaardigd kunnen worden. Hierbij dient men zich echter te realiseren, dat een opvatting van dit ogenblik wellicht geen honderden jaren zal standhouden. Anderzijds kan ook de opslag van het afval elders in het land in de verre toekomst slechts een verlegging van het probleem betekenen. Daarom zal het -ongeacht de te volgen opslagprocedure- verstandig zijn voldoende hoge eisen te stellen aan de verpakking van het afval, zodat het goed hanteerbaar blijft zolang het als radioactief materiaal moet worden beschouwd, en het volume van het te verpakken afval zoveel mogelijk te beperken.

De sluiting van reactoren brengt mee, dat de vestigingsplaats veel groter moet worden opgezet dan voor de eerste opbouwfase nodig is, tenzij gekozen wordt voor

totale ontmanteling met inbegrip van het radioactieve beton. Dit is een eerste principiële keuze.

Wanneer radioactieve tomben op de vestigingsplaats worden geschapen, kan worden overwogen het door de centrales gegenereerde radioactieve afval daarin of in andere bouwwerken op het terrein op te slaan als alternatief voor een zeer omvangrijke landelijke centrale opslag van dergelijk afval. Dit is een tweede principiële keuze.

De bepaling van deze keuzen kan niet onafhankelijk van elkaar, noch van een algemene standpuntbepaling ten aanzien van de behandeling en opslag van radioactief afval in ons land geschieden.

4. Conclusies.

Er bestaat een samenhang tussen de problemen die verband houden met het sluiten van oude reactoren en de opslag van radioactief afval.

Het toekomstige beleid ten aanzien van het sluiten van reactoren en de opslag van radioactief afval heeft duidelijke konsekventies voor de vestigingsplaatsen van kernenergiecentrales.

Hoewel er reeds veel aandacht besteed wordt aan de kwalitatieve aspecten van de hier beschouwde problematiek, bestaat er grote behoefte aan een kwantitatieve benadering voor ons eigen land.

Een eerste kwantitatieve benadering geeft aan, dat elke procedure voor het sluiten van reactoren, anders dan totale ontmanteling en afvoer van alle radioactieve resten, een beduidende invloed zal hebben op de omvang van het terrein dat als vestigingsplaats van een kerncentrale moet worden gereserveerd.

Voorts blijkt, dat de te sluiten reactoren plaats zouden kunnen bieden aan een groot deel, zo niet het totaal, van het tijdens hun levensduur ter plaatse gegenereerde radioactieve afval.

Met betrekking tot de behandeling en opslag van radioactief afval wordt gesteld, dat de huidige kennis in Nederland op dit gebied nog geen definitieve gedragslijn toelaat. In bijlage I wordt de aard van het nog benodigde onderzoek globaal aangeduid. Het verdient aanbeveling dergelijk onderzoek van overheidswege te stimuleren.

WETENSCHAPPELIJKE RAAD VOOR DE KERNENERGIE

Advies nr. R 120

Advies over de vestigingsplaatsen van energiereactoren en de opslag van radioactief afval, uitgebracht aan Hunne Excellenties de Ministers van Economische Zaken, van Verkeer en Waterstaat, van Volksgezondheid en Milieuhygiëne en van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, en de Minister zonder portefeuille, belast met de aangelegenheden betreffende het wetenschapsbeleid en het wetenschappelijk onderwijs.

De Wetenschappelijke Raad voor de Kernenergie heeft zich gebogen over een aantal planologische en milieuhygiënische aspecten samenhangende met de toenemende toepassing van kernreactoren als energiebron voor de elektriciteitsproduktie in ons land, zoals voorzien in de Kernenergienota van maart 1972. Hij heeft daarbij de aandacht gericht op de konsekventies voor het beleid welke het gevolg zullen zijn van de toenemende hoeveelheid radioactief afval, in de vorm van bij het reactorbedrijf en bij de opwerking van bestraalde splijtstof vrijkomende afvalprodukten. In het bijzonder is aandacht besteed aan de konsekventies van het buiten dienst stellen van reactorinstallaties. De Raad is van mening, dat deze problemen niet langer kunnen worden gezien als problemen op lange termijn, welke afzonderlijk van de andere konsekventies van de kernenergietechniek kunnen worden beschouwd.

De Raad heeft de eer U hierbij een door zijn Bureau opgesteld rapport aan te bieden, waarin enkele kwalitatieve en kwantitatieve aspecten van dit probleem worden belicht. Voor de conclusies, waartoe de studie heeft geleid, moge worden verwezen naar de bladzijde 13 van het rapport.

De publieke opinie vraagt in toenemende mate om opening van zaken met betrekking tot de konsekventies van een kernenergieprogramma. Het verdient derhalve aanbeveling de resultaten van reeds verrichte en nog benodigde nationale studies op dit gebied op een daartoe geschikte wijze te publiceren.

De Voorzitter,



(Prof. dr. H.G. van Bueren)

WRK 19.340

's-Gravenhage, 17 juli 1972.

Beleidsaspecten met betrekking tot enkele categorieën radioactief afval,
afkomstig van een Nederlands kernenergieprogramma.

| Categorie radio-actief afval | Knelpunten | Mogelijke opslag | Benodigd onderzoek |
|--|---------------------------|------------------|------------------------------|
| <u>oude reactoren</u> <u>reactorbedrijf</u> | planologie | land | afbreken of "tombe" scheppen |
| laag actief vast | volume | zee/land/zout | sorteren en comprimeren (1) |
| matig tot hoog actief vast | verwerking | zee/land/zout | hanteren en verpakken (2) |
| <u>splijtstofop- werking</u> | | | |
| hoog actief | activiteit en opsluittijd | land/zout | verwerken en opslaan (3) |
| gasvormig | Krypton-85 | land | verwerken en bewaren (4) |

- (1) Bij de grote volumina van dit afval is het uitgangspunt: sorteren. Daarnaast komen technieken voor compactie aan de orde (verbranding, compressie).
- (2) Dit afval is zeer inhomogeen van samenstelling (ionenwisselaars, filters, onderdelen). Dit betekent, dat de verwerking flexibel moet zijn en de verpakking gegarandeerd, zeker bij dumping in zee.
- (3) Het ligt voor de hand dit probleem in internationaal verband aan te pakken en hiervoor het kader van Eurochemic te gebruiken. Er bestaat een duidelijke wisselwerking tussen de verwerking en de opslag van radioactief afval, waarbij het probleem niet mag worden verlegd naar een komende generatie (gebruikmaking van huidige kennis kan leiden tot een situatie die op veel langer zicht niet optimaal is).
- (4) Voor de behandeling van gasvormig afval is nog veel onderzoek nodig, zoals:
 - meest gunstige bindingsmethode,
 - aantasting van cylinders (alkali),
 - mogelijkheid van verspreiding in stratosfeer.

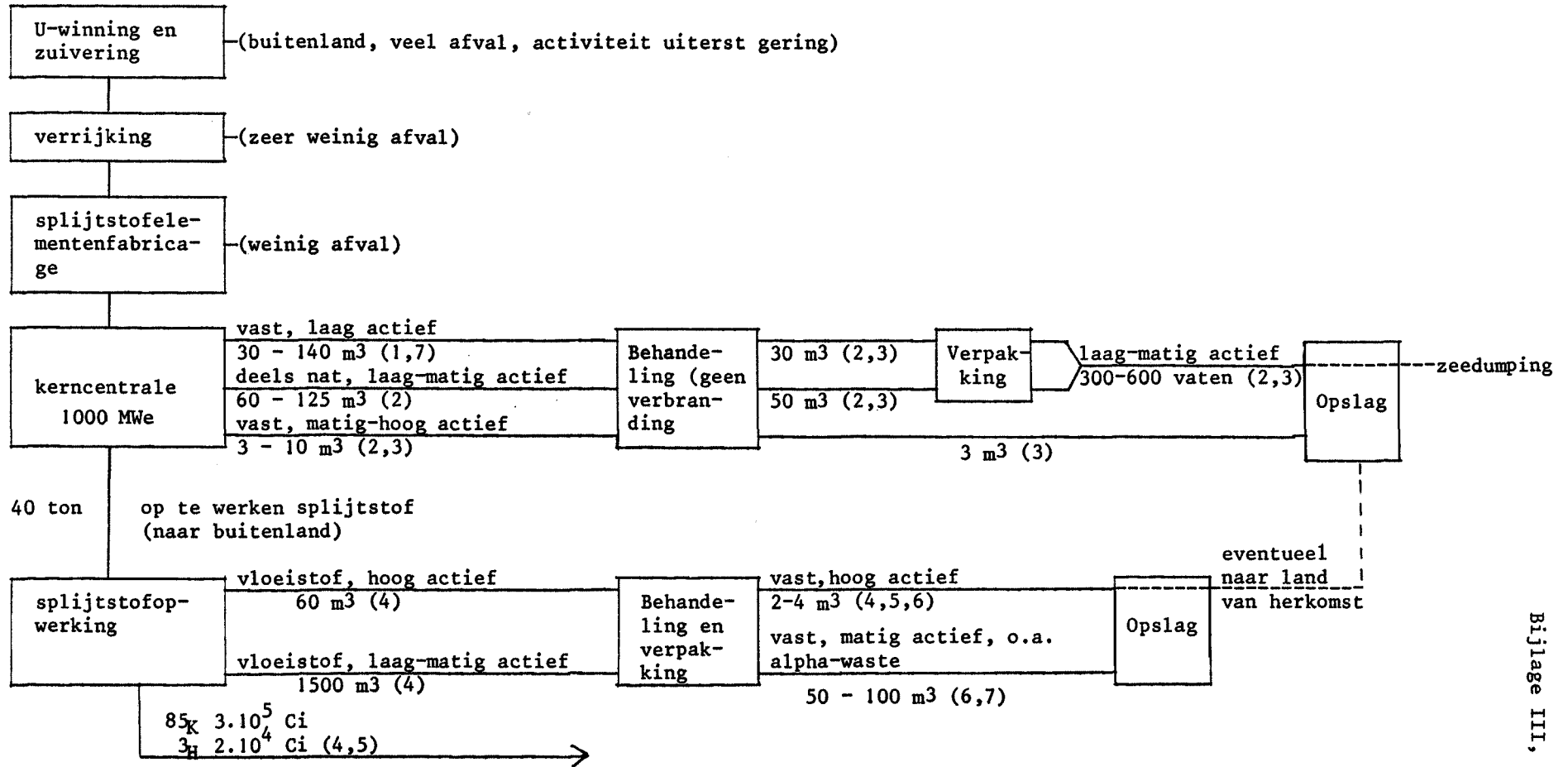
Mogelijkheden voor opslag van radioactief afval in Nederland

| Uitgangsprincipe voor de opslag | Methode | Mogelijkheden voor ons land | Toepasbaar voor afval uit | Opmerkingen |
|--|---|-----------------------------|---|--|
| Ongecontroleerd, afval niet opnieuw te hantieren | zeedumping | voorlopig aanwezig | kerncentrales en laboratoria | veel transport, internationale aspecten |
| | * Storting in zoutholten | aanwezig | kerncentrales en laboratoria | veel transport; ontwikkeling bijzondere voorzieningen, waaronder stort-mechanismen |
| | Persen van vloeistoffen in diepe, hydrologisch afgesloten formaties | theoretisch aanwezig | | af te raden zolang andere mogelijkheden openstaan; in de praktijk ook alleen te verwachten voor daartoe specifiek te situeren opwerkingsfabrieken |
| | Opslag in zoutmijnen die dicht zullen vloeien | aanwezig | kerncentrales en laboratoria | veel transport; ontwikkeling bijzondere voorzieningen, waaronder zoutmijnen met schachtbouw; relatief duur. |
| Controle van de omgeving, afval moeilijk opnieuw te hanteren | Ondiep begraven | niet aanwezig | | af te raden in verband met hydrologische omstandigheden en grondgebruik |
| | Ingieten in betonlichamen | aanwezig | kerncentrales en laboratoria | veel transport; vergt relatief groot oppervlak |
| | * Insluiten in reactortomben | aanwezig | kerncentrales | weinig transport (bij tijdelijke opslag ter plaatse); weinig bijzondere voorzieningen. |
| Controle op afval zelf, dat steeds hanteerbaar blijft | Opslag in bunkers, pakhuizen e.d. | aanwezig | kerncentrales, laboratoria en opwerkingsfabrieken | bij centrale opslag veel transport en opbouw van bijzondere voorzieningen aldaar bij opslag op reactor-site weinig transport en weinig bijzondere voorzieningen |
| | Opslag in open blijvende zoutmijnen | aanwezig | opwerkingsfabrieken, kerncentrales en laboratoria | veel transport; ontwikkeling van bijzondere voorzieningen (schachtbouw); voor laagmatig actief afval relatief duur. |
| | Opslag in tunnels, mijngangen e.d. | aanwezig | kerncentrales en laboratoria | veel transport; opbouw van bijzondere voorzieningen; risico's van kolenmijnen. |

* Met deze methoden bestaat nog geen ervaring, met de andere in mindere of meerdere mate wel.

Jaarlijkse hoeveelheden van enkele categorieën radioactief afval,
ontstaan bij het bedrijf van een nucleaire eenheid van 1000 MWe.

In verband met de nog beperkte ervaring, de zeer verschillende lozings- en behandelingsprocedures, de afhankelijkheid van het reactortype en de zeer sterke afhankelijkheid van het bedrijf (percentage defecte splijtstof) kunnen de getallen slechts indicatief zijn. Op het volgende blad zijn dan ook de gebruikte referenties met aldaar voorkomende gegevens vermeld. Enerzijds kunnen de hier opgenomen waarden in de huidige praktijk soms verre overschreden worden, doch anderzijds kunnen door technische verbeteringen weer aanzienlijke reducties mogelijk worden.



- (1) Belter, Proc. IAEA-ENEA Symp. Management of low- and intermediate level radioactive waste (1970) p. 155.
- laag actief vast afval: 30-140 m³/1000 MWe jaar; 1980: 55.000-85.000 m³/jaar te begraven; bij 150.000 MWe in 1980 betekent dit 365-565 m³/1000 MWe jaar, maar het is niet duidelijk welke afvalbewerking daarbij in aanmerking is genomen.
- (2) Oszucky, Proc. IAEA-ENEA Symp. Management of low- and intermediate level radioactive waste (1970) p. 218.
- | | BWR | PWR | PWR |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| LWR 600-700 MWe | | | |
| vast, laag actief, gecompri-meerd | 28 m ³ /jaar | 25 m ³ /jaar | 70 drums/jaar |
| matig actief, ionenwisselaar | 27 | 10-20 | 45 |
| laag-matig actief, slurry | 60-80 | - | - |
| verdampers-concentraat | 15 | 30-40 | 15 |
| filters en onderdelen | 3 | 10 | 150 |
- (3) Graf, Proc. IAEA-ENEA Symp. Disposal of radioactive wastes into the ground (1967), p. 338.
- | | BWR | PWR | 1000 MWe |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|
| LWR 500-700 MWe | | | |
| vast, gecompri-meerd | 28 m ³ /jaar | 25 m ³ /jaar | (gemiddeld) |
| ionenwisselaar | 27 | 10 | 250 drums laag |
| sludge | 3-4 | - | actief/jaar |
| verdampers-concentraat | 15 | 40 | 350 drums/matig |
| onderdelen | 3 | 2-4 | actief/jaar |
- (4) v.d. Feer, Atoomenergie en haar toepassingen 71/12, p. 334 (1971)
- | | | |
|------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| - hoog actieve opwerkingsvloeistof | 1,5 m ³ /ton | opgewerkte splijtstof |
| in vaste vorm, hoog actief | 0,09 m ³ /ton | " " |
| laag-matig actieve vloeistof | 37,5 m ³ /ton | " " |
- (5) ENEA, Radioactive waste management practices in Western Europe (1972)
- (6) Culler, Proc. 4thICPUAE (4de Atoomconferentie) Vol. 11, 430 (1972)
- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| - hoog actief opwerkingsafval, vast | 1,8 m ³ /1000 MWe. jaar |
| alpha-waste | 65 m ³ /1000 MWe. jaar |
- (7) EEG, Proc. Coll. Health implications of the storage of radioactive substances on and in the ground, 1970, (EUR 4736).

Sluiting van kernreactoren

| Procedure (1) | Overblijfsel (2) | Kosten ter plaatse (3) | <u>Opmerkingen</u> |
|--|---------------------|---------------------------|---|
| a. Afsluiten intact gebouw na demontage bruikbare uitrusting | reactorgebouw | zeer laag | Opslag- en transportvoorzieningen voor het tijdens de levensduur van de installaties gegenereerde radioactieve bedrijfsafval en voor ontmantelingsprodukten spelen mede een rol. Daarbij kan worden onderscheiden tussen opslag binnen het centrale-complex of elders. Alles bijeen zal een minimum aan dergelijke voorzieningen benodigd zijn in geval c, een maximum in geval e: bij afvoer van afgebroken installaties moet gerekend worden op extra transport en opslag elders van hoeveelheden radioactief afval, die in dezelfde grootte-orde liggen als het totaal tijdens hun levensduur gegenereerde bedrijfsafval. |
| b. Afschermen actieve ruimten, gebouw verder afbreken | actieve ruimten | laag | |
| c. Ontmantelen installaties, vrije ruimte vullen met additioneel afval, afschermen, gebouw verder afbreken | actieve ruimten | hoog | |
| d. Gebouw en installaties afbreken en afvoeren met uitzondering van radioactief beton | actief beton | hoog | |
| e. Door totale afbraak terrein geheel vrij maken | geen | zeer hoog | |

(1) Procedure na verwijdering van splijtstof, koelmiddel e.d.; c, d en e na langdurige "afkoeling".

(2) Het verschil in oppervlak tussen a en b of c zal te verwaarlozen zijn, terwijl in geval d wellicht een groter oppervlak vrijgemaakt zal worden. De hinder van de overblijfselen als obstakel en als radioactief besmet gebied lijkt binnen een kerncentrale-complex in bedrijf van weinig betekenis.

(3) Relatieve kosten ter plaatse voor afscherming en afbraak.



Collectie Stichting Laka

www.laka.org
Gedigitaliseerd 2021