

**RADIOACTIEF AFVAL  
WAAR LATEN WE HET?**



**RADIOACTIEF AFVAL**  
WAAR LATEN WE HET?

Peter Löhnberg

© 2020 P. Löhnberg / Uitgeverij U2pi  
Tweede druk juli 2021

Titel: Radioactief Afval - Waar laten we het?  
Auteur: Peter Löhnberg

Uitgeverij U2pi BV, Den Haag, [www.uitgeveriju2pi.nl](http://www.uitgeveriju2pi.nl)  
Druk: [JouwBoekdrukkerij.nl](http://JouwBoekdrukkerij.nl)

ISBN: 978-90-8759-973-7  
NUR: 973

Te bestellen via de boekhandel en online via [www.kelbo.nl](http://www.kelbo.nl)  
Tevens verkrijgbaar als E-book

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

*“‘In dat geval’ zei Glorfindel, ‘moeten we hem in de diepte werpen (...). Toch ligt vaak in leugens de waarheid besloten: op de bodem van de Zee zou hij veilig zijn.’*

*‘Niet veilig voor altijd,’ zei Gandalf. ‘De diepe wateren herbergen vele dingen, en zeeën en landen kunnen veranderen. Het is niet onze taak om slechts aan één seizoen te denken, of aan een paar Mensengeslachten, of aan een voorbijgaand tijdvak van de wereld. Wij moeten voor eens en altijd een einde aan deze dreiging maken, zelfs al is er geen hoop op dat wij hierin zullen slagen.’”*

Uit *In de ban van de ring* door J.R.R. Tolkien, Deel 1 ‘De reisgenoten’ Tweede boek hoofdstuk II ‘De Raad van Elrond’ in de vertaling door Max Schuchart, Het Spectrum 1956-1957.



# Inhoud

<b>1. Inleiding</b>	9
<b>2. De geschiedenis rond ons radioactieve afval</b>	13
2.1. Wat is radioactief afval en hoe ontstaat het?	13
2.2. Algemeen beleid rond eindberging	14
2.3. Plannen voor opslag in zout	19
2.4. Terugneembaarheid van het afval	20
2.5. Plannen voor opslag in klei	22
2.6. Richtlijn van de Europese Unie	23
2.7. Overige gebeurtenissen	25
<b>3. Model voor ontwerp van optimale berging</b>	29
3.1. Ontwerpcriterium	29
3.2. Waarom en hoe een wiskundig model gebruiken?	30
3.3. Hoe bepaal je een geschikt model?	32
3.4. Adaptief ontwerpen	36
3.5. Maat voor onzekerheid bepalen en gebruiken	40
<b>4. Informatie over OPERA tot het eindrapport</b>	45
4.1. Bijeenkomsten over OPERA	45
4.2. Contacten over OPERA	48
4.3. Presentatie eindrapport	50
4.4. Publiciteit over presentatie eindrapport	51
<b>5. Inhoud eindrapport en onderliggende rapporten</b>	53
5.1. Toelaatbare stralingsdosis	53
5.2. Vooraf gekozen ontwerp en resulterende aanpak	54
5.3. Modelstructuur	54
5.4. Natuurlijke parameters	55

5.5. Resultaten	56
<b>6. Gebeurtenissen na eindrapport OPERA</b>	59
6.1. COVRA en NRG	59
6.2. Politiek	60
6.3. ANVS	62
6.4. Publiciteit	62
6.5. Besluitvormingsproces	64
<b>7. Aanbevelingen</b>	65
7.1. Minimaal nieuw radioactief afval	66
7.2. Kleine terugneembare bergingen kiezen	67
7.3. Parametergrenzen uit oude experimenten	68
7.4. Nieuwe experimenten voor grensbepaling	69
7.5. Het bepalen van stralingskansen	69
7.6. Mogelijke locaties	70
7.7. Financiering	71
7.8. Vinden van optimale eindberging	73
<b>Appendices</b>	75
A. Radioactiviteit en ontstaan van radioactief afval	75
B. Identificatie van onzekerheid	80
C. Lage en hoge parameterwaarden en resultaten OPERA	83
Over de auteur	91
Dankwoord	92
Literatuur	95
Register	105



## 1. Inleiding

De auteur van dit boek heeft zijn onderwijs en onderzoek aan de Universiteit Twente geconcentreerd op de vorming en het gebruik van wiskundige modellen. Een *wiskundig model* bestaat uit formules waarmee het gedrag van een systeem, bijvoorbeeld van een raffinaderij of robot, kan worden berekend.

Modellen speelden een cruciale rol in het zevenjarige OnderzoekProgramma naar de Eindberging van Radioactief Afval (*OPERA*) in een kleilaag (*COVRA*, 2019). Dit onderzoek werd gecoördineerd door de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (*COVRA*) met als organiserende onderzoeksgroep de Nucleaire Research Groep (*NRG*, die de reactor in Petten beheert).

Het oorspronkelijk vaak genoemde doel van dat onderzoek was het aantonen dat een vooraf gekozen ontwerp van een eindberging voor al het tot de sluiting van kerncentrale Borssele in 2033 geproduceerde Nederlandse radioactieve afval veilig zou zijn. Dat wil zeggen dat de maximale stralingsdosis in het leefmilieu niet boven de norm zou komen. Daartoe werd gebruik gemaakt van een wiskundig model van de berging.

Als deskundige in het vormen en gebruiken van modellen voor het ontwerp van (regel)systemen werd de auteur getroffen door dit beperkte en niet zeker te behalen doel. Het zou realistischer zijn geweest om in plaats daarvan te zoeken naar de minst onveilige wijze

van eindberging. Verder is bij OPERA onvoldoende rekening gehouden met alle mogelijke eigenschappen van de berging.

Hierdoor heeft OPERA niet aangetoond dat het Nederlandse radioactieve afval veilig kan worden geborgen in een centrale berging. Dit boek is een poging om te voorkomen dat de hoop daarop gevestigd blijft en om aan te geven wat noodzakelijk is om te komen tot de minst onveilige bergingsmethode.

De nodige informatie over de geschiedenis van ons radioactieve afval is kort samengevat in hoofdstuk 2. Daarbij wordt aandacht besteed aan de eis van de Nederlandse regering dat het afval zo lang mogelijk terugneembaar moet blijven, wat bij de uiteindelijke planning essentieel zal blijken te zijn.

In hoofdstuk 3 is beschreven wat er nodig is om te komen tot een betrouwbaar wiskundig model van de invloed van afval, berging en omgeving op de straling in het leefmilieu over de honderdduizenden jaren dat het afval gevaarlijk blijft stralen. Allereerst wordt de noodzaak van een model voor een goed ontwerp behandeld en aan welke eisen dat moet voldoen. Dan volgt hoe we zo'n model kunnen bepalen uit voorkennis en geschikte experimenten en hoe we het model en het ontwerp kunnen blijven aanpassen. Ten slotte wordt uitgelegd hoe we de onzekerheid over het model kunnen bepalen en deze kennis gebruiken voor het ontwerp van optimale bergingen.

Gewapend met dit inzicht worden in hoofdstuk 4 de ervaringen van de auteur met OPERA geschetst tot en met de presentatie van het eindrapport, inclusief het veilig verklaren van de berging door de COVRA.

In hoofdstuk 5 is te lezen wat er bij het verrichte onderzoek is gebeurd en waarom daardoor de veiligheid niet is aangetoond. Ook is er aandacht voor het feit dat de bestudeerde eindberging niet voldeed aan de vereiste zo lang mogelijke terugneembaarheid van het radioactieve afval.

Hoofdstuk 6 beschrijft de gebeurtenissen na het verschijnen van het OPERA eindrapport. Zo antwoordde de verantwoordelijke staatssecretaris op Kamervragen die gesteld werden naar aanleiding van een stuk van de auteur, dat er nog veel onderzoek zal moeten plaatsvinden om te komen tot een complete veiligheidsstudie voor een concrete eindberging. Daarbij werd vermeld dat het vervolgonderzoek niet gecoördineerd hoeft te worden door de COVRA.

In hoofdstuk 7 wordt aangegeven welke maatregelen zo spoedig mogelijk moeten worden genomen om te komen tot de minst onveilige eindberging van het Nederlandse radioactieve afval.

Details die van de grote lijn van het verhaal zouden afleiden zijn in appendices beschreven. Ze zijn vooral bedoeld als naslagwerk.



## **2. De geschiedenis rond ons radioactieve afval**

### **2.1. Wat is radioactief afval en hoe ontstaat het?**

Zoals in appendix A wordt uitgelegd, zijn alle stoffen opgebouwd uit atomen. Die kunnen verdeeld worden in stabiele en instabiele. De instabiele splitsen zich spontaan in andere atomen, waarbij radioactieve straling optreedt.

Een deel van deze radioactiviteit is in de natuur aanwezig. De door mensen veroorzaakte radioactiviteit noemen we radioactief afval. Radioactieve straling kan chemische veranderingen veroorzaken in materie en dus ook in menselijke cellen. Sterke straling vernietigt cellen. Minder sterke straling kan het DNA in een cel muteren met als gevolg kanker.

Zoals in appendix A wordt gespecificeerd, ontstaat radioactief afval in de volgende achtereenvolgende fasen van het nucleaire proces:

- de winning van uranium (het afval blijft in het buitenland);
- de verrijking van uranium in ultracentrifuges;
- de splijting van uranium in kernreactoren;
- de opwerking in een opwerkingsfabriek (een deel van het afval blijft in het buitenland);
- de ontmanteling van kernreactoren;
- gebruikte radioactieve deeltjes voor medische diagnose en therapie en voor technisch onderzoek.

Het meeste afval ontstaat door het opwekken van kernenergie. Toch wordt dit door voorstanders van kernenergie suggestief anders voorgesteld door kernenergie vaak als laatste te noemen, na de medische en technische toepassingen.

## **2.2. Algemeen beleid rond eindberging**

De onderstaande overzichten zijn onder andere gebaseerd op publicaties door de Nederlandse publicist op dit gebied (Damveld, 2016 en 2019).

De kernreactoren in Petten (een hoge en een lage flux reactor), Delft, Dodewaard en Borssele werden respectievelijk in 1961 (hoge flux reactor), 1962 (lage flux reactor), 1963, 1969 en 1973 in bedrijf genomen zonder dat er een eindoplossing was voor het radioactieve afval.

De eerste Nederlandse wetgeving over nucleaire activiteiten was de Kernenergiewet uit 1963. De huidige versie is van 16-10-2018 (NL, 2018). Deze beschrijft elementaire regels op nucleair gebied over bijvoorbeeld stralingsbescherming, verantwoordelijkheden en principes voor de behandeling van radioactief afval. De verantwoordelijkheid lag in 1963 bij het ministerie van Economische Zaken (EZ).

Nederland dumpte van 1965 tot en met 1982 regelmatig laag- en middelradioactief afval in de Atlantische Oceaan. De verbruikte brandstofelementen van de kernreactoren met hoogradioactief afval werden naar

een buitenlandse opwerkingsfabriek gebracht en het resulterende kernafval zou volgens de eerste opwerkingscontracten in het buitenland blijven. Vanaf begin jaren 70 voorzagen de nieuwe opwerkingscontracten in het terugsturen van het niet in het buitenland gedumpte kernafval.

In 1972 gaf de Wetenschappelijke Raad voor de Kernenergie aan dat het radioactieve afval geborgen moest worden met als optie de zoutmijnen. Dit werd in 1975 bevestigd door de Interdepartementale Commissie voor Kernenergie. In 1976 schreef de regering aan de provincies Groningen en Drenthe dat hun ondergrond geschikt was voor proefboringen, wat veel verzet kweekte.

Vanaf 1978 ontstond bezwaar tegen het dumpen van het Nederlandse radioactieve afval in de oceaan door lekkende afvalvaten bij het inschepen bij de Hoogovens en in Den Helder. Door de vele protesten stopte dit in 1982. Daarom werd het laag- en middelradioactief afval vanaf 1983 gedurende vijf jaar in Petten verzameld door het Reactor Centrum Nederland, later Energie Centrum Nederland (*ECN*), met in noodgevallen een verlenging van nog eens vijf jaar, dus tot eind 1993.

In 1981 werd de commissie Integraal Landelijk Onderzoek Nucleair Afval (*ILONA*) geïnstalleerd. Het doel daarvan was om niet langer alleen centrale eindberging in Nederland te onderzoeken, maar ook om internationale samenwerking voor berging te overwegen.

In 1982 werd de COVRA opgericht om de inzamel functie over te nemen van het ECN en het nationale onderzoek te coördineren. De aandelen van COVRA waren als volgt verdeeld: GKN (eigenaar kerncentrale Dodewaard) 30%, PZEM (eigenaar kerncentrale Borssele) 30%, ECN 30% en de Nederlandse staat 10%. In 2002 nam de staat het volledig eigendom over.

In de 'Nota Radioactief Afval' uit 1984 (Winsemius, 1984) stond dat het hoogradioactieve afval enkele tientallen jaren tijdelijk bovengronds zou worden opgeslagen en daarna ondergronds zou worden opgeslagen voor de lange termijn in één centrale berging. Uitgangspunten waren isoleren, beheersen en controleren (IBC). Redenen voor een centrale opslag waren veiligheid, eenvoud, de aanwezigheid van expertise en de kleine hoeveelheid afval. Verderop zal blijken dat zelfs voor deze kleine hoeveelheid meerdere bergingen nodig zijn. Deze voordelen werden belangrijker geacht dan de nadelen zoals meer transport en het niet verdelen van lasten.

Redenen voor geologische berging in plaats van oppervlakteberging waren de verwachte veiligheid op lange termijn, dat dit in Nederland kon, dat het technisch uitvoerbaar was en dat er veel ervaring met mijnbouw was, ook in het buitenland.

Deze nota noemde ook dat het laag- en middelradioactieve afval na honderd jaar als niet-radioactief afval zou kunnen worden afgevoerd. Dit werd door de



COVRA geïnterpreteerd als een besluit dat al het afval honderd jaar bovengronds opgeslagen moest blijven, waardoor pas in 2130 zou worden begonnen met de geologische eindberging (Verhoef e.a., 2017 deel 1.2, blz. 21). Dat is dan als laatste van alle landen, na België en Groot Brittannië in 2075. Daartoe zou besluitvorming in het jaar 2100 plaats moeten vinden. De raad van advies van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming ANVS (zie paragraaf 2.7) stelde later voor om die besluitvorming te vervroegen (ANVS, 2019).

In 1986 koos de COVRA voor tijdelijke bovengrondse opslag in Borssele, waarvan de gemeenteraad in 1987 akkoord ging. In december 1992 werd de eerste bouwphase voor laag en matig niveau radioactief afval afgerond en in september 2003 werd de faciliteit voor hoog radioactief afval geopend. In 1989 was het voornemen in Nederland om in het jaar 2000 te beginnen met de eindopslag.

In 1989 verscheen het eerste 'Nationale Milieuplan' (NL, 1989) over de vraag of de ondergrond in principe gebruikt mag worden voor de berging van afval. Tussen 1991 en 1993 werd het afval uit Petten naar Borssele vervoerd. Het intussen 'historisch' genoemde afval bleek voor een deel niet meer te vinden en bleef in Petten.

In 1994 stemde het Nederlandse parlement voor het afbouwen van kernenergie. In lijn daarmee ging de verantwoordelijkheid voor het radioactieve afval in

1999 van de minister van EZ naar de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu. In 2010 keerde die weer terug bij de minister van Economie, Landbouw en Innovatie, terwijl de Kernfysische Dienst onderdeel bleef van het ministerie van Infrastructuur en Milieu.

In 1997 ging kerncentrale Dodewaard dicht, vooral omdat die niet langer winstgevend was, en besloot de regering om kerncentrale Borssele eind 2003 te sluiten. Dit werd in 2000 geblokkeerd door de Raad van State. In 2003 werd sluiting uitgesteld tot 2013 en in 2005 werd de beslissing tot sluiting losgelaten. In 2006 werd besloten dat de reactor in werking mocht blijven tot 2033 (World Nuclear, 2019). De lage flux reactor in Petten sloot in 2010 en de regering besloot in maart 2013 dat kerncentrale Borssele tot en met 2033 in bedrijf mocht blijven. In 2009 stelde mede-eigenaar Delta van kerncentrale Borssele voor om daar een tweede kernreactor te bouwen. Dit voorstel was daarna lang niet meer aan de orde vanwege de financiële onaantrekkelijkheid.

### **2.3. Plannen voor opslag in zout**

De Nederlandse regering plande in 1976 de opslag van het radioactieve afval in de noordelijke zoutkoepels. Aan de daarbij gestelde eisen voldeden negen zoutkoepels in Groningen en Drenthe. Wegens verzet tegen deze opslag besliste de Tweede Kamer in 1978 dat de proefboringen voorlopig werden opgeschort en in 1980 dat alle proefboringen werden uitgesteld tot na de Maatschappelijke Discussie Energiebeleid (ook wel Brede Maatschappelijke Discussie, *BMD* genoemd). Tijdens de BMD van 1981 tot 1984 werd duidelijk dat alle Nederlandse zoutkoepels ongeschikt zijn voor de opslag van radio-actief afval.

Die BMD toonde aan dat er bij de bevolking veel weerstand bestond tegen kernenergie. Deze uitkomst werd destijds door de regering genegeerd. In 1985 besloot de regering zelfs om twee nieuwe kerncentrales te bouwen. Dat veroorzaakte veel wantrouwen in de overheid op het terrein van kernenergie. Pas in 1986 na de ramp in Tsjernobyl werd het advies van de BMD geaccepteerd.

In 1981 startte de ILONA-commissie het programma 'OPberging te LAnd' (*OPLA*) met als doel de opslag in zoutkoepels voor te bereiden. In 1993 kwam die met een 'Aanvullend onderzoek Fase 1' (*OPLA*, 1993). Daarin stond dat de veiligheidsmodellen nogal subjectief waren opgesteld en niet getoetst konden worden omdat daarvoor 30-50% van de totale opslagtijd van