

**RADIOACTIEF AFVAL
WAAR LATEN WE HET?**

RADIOACTIEF AFVAL
WAAR LATEN WE HET?

Peter Löhnberg

© 2020 P. Löhnberg / Uitgeverij U2pi

Titel: Radioactief Afval - Waar laten we het?

Auteur: Peter Löhnberg

Uitgeverij U2pi BV, Den Haag, www.uitgeveriju2pi.nl

Druk: JouwBoekdrukkerij.nl

ISBN: 978-90-8759-973-7

NUR: 973

Te bestellen via de boekhandel en online via 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

1. Inleiding	9
2. De geschiedenis rond ons radioactieve afval	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
3. Model voor ontwerp van optimale berging	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
4. Informatie over OPERA tot het eindrapport	45
4.1. Bijeenkomsten over OPERA	45
4.2. Contacten over OPERA	48
4.3. Presentatie eindrapport	49
4.4. Publiciteit over presentatie eindrapport	51
5. Inhoud eindrapport en onderliggende rapporten	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
6. Gebeurtenissen na eindrapport OPERA	59
6.1. COVRA en NRG	59
6.2. Politiek	60
6.3. ANVS	61
6.4. Publiciteit	62
6.5. Besluitvormingsproces	63
7. Aanbevelingen	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	70
7.6. Mogelijke locaties	70
7.7. Financiering	71
7.8. Vinden van optimale eindberging	72
Appendices	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	93
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. Dat zijn 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 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 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 voor de terugneembaarheid van het afval, die 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 gebruiken voor het ontwerp van optimale bergingen.