



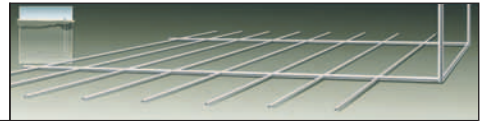
# **Het langetermijnbeheer van hoogradioactief en/of langlevend afval**

**Mogelijke opties**

## Mogelijke opties voor het langetermijnbeheer

	Nuloptie of status quo: huidige situatie wordt voortgezet	Berging in diepe boringen	Wachten om geavanceerde nucleaire technologieën te kunnen gebruiken
<b>Veiligheid</b>	niet veilig op lange termijn omdat de huidige opslaggebouwen daar niet voor ontworpen zijn	er is geen brede internationale consensus dat deze optie de veiligheid op lange termijn kan verzekeren	nieuwe technologieën kunnen leiden tot afval dat minder omvangrijk is, minder warmte produceert en minder radiotoxisch is, maar deze optie moet worden aangevuld met een optie voor het ultieme afval om de langetermijnveiligheid te verzekeren
<b>Voornaamste onzekerheden</b>	de grootste onzekerheid is de beslissingonzekerheid; een andere onzekerheid betreft de gedragingen van de verbruikte brandstof op lange termijn	beperkte wetenschappelijke kennis van het gedrag op zeer lange termijn van de kunstmatige en natuurlijke barrières; onzekerheden verbonden aan de mogelijkheid om het insluitings- en isoleringsvermogen van de geologische omgeving op grote diepte te karakteriseren	belangrijke onzekerheden omtrent het geproduceerde secundaire afval en het recycle- en transmutatierendement dat zal worden bereikt op industriële schaal; beslissingonzekerheid omtrent de toekomst van het ultieme afval
<b>Levensduur van het systeem</b>	beperkt tot de levensduur van de huidige opslaggebouwen	onzeker	afhankelijk van de optie die gekozen wordt voor het ultieme afval
<b>Kwetsbaarheid voor natuurlijke gebeurtenissen</b>	bescherming geboden door de huidige opslaggebouwen	bescherming door de geologie	afhankelijk van de optie die gekozen wordt voor het ultieme afval
<b>Overdracht van lasten</b>	volledige overdracht op de volgende generaties	overdracht op de volgende generaties beperkt tot een minimum	volledige overdracht op de volgende generaties
<b>Terugneembaarheid van het afval</b>	mogelijk	niet mogelijk	mogelijk
<b>Kennisoverdracht</b>	onontbeerlijk voor de veiligheid	niet onontbeerlijk voor de veiligheid	onontbeerlijk voor de veiligheid
<b>Benutten van de technische en wetenschappelijke ontwikkelingen</b>	steeds mogelijk	beperkt tot exploitatieperiode	steeds mogelijk
<b>Principe 'de vervuiler betaalt'</b>	niet toepasbaar omdat de oplossing die de opslag zal moeten vervangen niet bepaald is	toepasbaar	niet toepasbaar omdat de optie voor het ultieme afval niet bepaald is
<b>Kwetsbaarheid voor kwaadwillige daden</b>	fundamenteel afhankelijk van de controles	lage kwetsbaarheid omwille van de diepte	fundamenteel afhankelijk van de controles
<b>Type van oplossing</b>	kan volgens de veiligheidsautoriteit (FANC) niet verantwoord worden	is, gezien de volumes, niet te rechtvaardigen	kan volgens de veiligheidsautoriteit (FANC) niet verantwoord worden

In eerste instantie werden alle mogelijke opties voor het langetermijnbeheer van het hoogradioactieve en/of langlevende afval op een rijtje gezet. Sommige opties werden meteen verworpen omdat ze in strijd zijn met internationale verdragen of conventies en/of met het Belgische wettelijke en reglementaire kader. Na afweging van alle overblijvende opties geeft NIRAS in het Afvalplan aan dat er uiteindelijk slechts een keuze is tussen twee strategische opties: langdurige opslag of diepe berging in een weinig verharde kleilaag (geologische berging).



Multinationale optie voor diepe berging: samenwerking tussen verschillende landen	Langdurige opslag	Diepe berging
intrinsiek aan het systeem gedurende een miljoen jaar	verzekerd indien permanent onderhoud en controles	intrinsiek aan het systeem gedurende een miljoen jaar
onzekerheden verbonden aan de beperkte wetenschappelijke kennis van het gedrag op zeer lange termijn van de kunstmatige en natuurlijke barrières	maatschappelijke: kunnen niet worden beheerst (het is onzeker of toekomstige maatschappijen de controles die voor de langetermijnveiligheid nodig zijn, zullen handhaven)	technische en wetenschappelijke: wordt rekening mee gehouden voor de ontwikkeling en de evaluaties van een robuust bergingssysteem; echter geen onoverkomelijke obstakels tijdens 30 jaar R&D in een twintigtal landen
verzekerd door de keuze van een stabiele geologie	beperkt door de techniek (a priori tot 300 jaar)	verzekerd door de keuze van een stabiele geologie
bescherming door de geologie	bescherming door de techniek	bescherming door de geologie
overdracht op de volgende generaties beperkt tot een minimum	volledige overdracht op de volgende generaties	overdracht op de volgende generaties beperkt tot een minimum
niet onontbeerlijk voor de veiligheid	mogelijk op elk moment	niet onontbeerlijk voor de veiligheid, maar bedoeling om ze te handhaven gedurende een overeen te komen periode
niet onontbeerlijk voor de veiligheid	onontbeerlijk voor de veiligheid	niet onontbeerlijk voor de veiligheid, maar gepland
beperkt tot exploitatieperiode	steeds mogelijk	beperkt tot exploitatieperiode
niet toepasbaar omdat de optie niet bepaald is	niet toepasbaar omdat de oplossing die de opslag zal moeten vervangen niet bepaald is	toepasbaar op concrete basis
het beheer van radioactief afval is een nationale verantwoordelijkheid	fundamenteel afhankelijk van de controles	lage kwetsbaarheid omwille van de diepte
het beheer van radioactief afval is een nationale verantwoordelijkheid	kan volgens de veiligheidsautoriteit (FANC) niet verantwoord worden	oplossing die op internationaal vlak aanbevolen is



<b>biedt dus geen oplossing voor het langetermijnbeheer</b>	<b>biedt dus een oplossing voor het langetermijnbeheer</b>
vereist een nieuwe principebeslissing met het oog op een oplossing voor het langetermijnbeheer	Strikt genomen is geen enkele menselijke actie meer nodig zodra de bergingsinstallatie volledig gesloten is. Het geheel van kunstmatige barrières en de geologische gastformatie zet de radionucliden die uiteindelijk uit het afval zullen vrijkomen vast, zodat mens en leefmilieu beschermd zijn.

## ■ Opties die moeten worden uitgesloten

---

De **berging op de zeebodem** bestaat erin het radioactieve afval, ingesloten in containers die ontworpen zijn om verscheidene duizenden jaren mee te gaan, te plaatsen op de zeebodem, op dieptes van enkele kilometers. *Internationale akkoorden verbieden deze optie.*

De **berging onder de zeebodem** is vergelijkbaar met de vorige optie. De afvalcontainers worden hier echter niet op de zeebodem geplaatst, maar geborgen in een geologische laag onder de zeebodem. *Internationale akkoorden verbieden deze optie.*

De **berging in de ijskap**, enkel toepasbaar op warmteafgevend afval, steunt op de vervalwarmte om het ijs rond de afvalcontainers geleidelijk te laten smelten, waardoor het afval in de ijslaag wordt opgenomen. Het gat sluit automatisch door de vorming van nieuw ijs. *Internationale akkoorden verbieden deze optie.*

De **berging in subductiezones** bestaat erin de afvalcontainers in de diepe oceaan te plaatsen, in geologisch onstabiele regio's, in de hoop dat de beweging van de oceaanplaten het afval van het aardoppervlak zal verwijderen. *Deze optie kan worden beschouwd als een vorm van zeeberging, die verboden is door internationale akkoorden. Omdat de tektonische bewegingen moeilijk nauwkeurig te voorspellen zijn, werden de risico's van deze optie ook te groot bevonden.*

De **berging in de ruimte** bestaat erin de afvalcontainers in de ruimte te sturen door middel van een ruimteveer of een raket. *Deze optie wordt niet meer overwogen wegens de hoge kostprijs en de risico's die eraan verbonden zijn, met name in geval van een mislukte lancering.*

De **fusie van de gastformatie met het afval**, enkel toepasbaar op warmteafgevend afval, bestaat erin het afval te injecteren in een holte of een gat, twee à drie kilometer onder de aardkorst. De thermische belasting van het afval zou het rondom liggende gesteente vloeibaar moeten maken. Nadat het gesteente opnieuw hard is geworden, zou een gesteente-afvalmatrix gevormd worden die het afval gedurende vele jaren zou vasthouden. *Na enkele weinig belovende laboratoriumproeven (ontoereikende temperatuur om een fusie van het gesteente mogelijk te maken), werd afgezien van deze optie.*

**Rechtstreekse injectie** bestaat erin vloeibaar afval rechtstreeks in een ondergrondse steenlaag te injecteren. De gastformatie wordt gekozen omwille van haar vermogen om het afval vast te houden. Ze kan worden gebruikt voor al het afval dat kan worden omgezet in slib. *Deze optie is verboden in België op basis van het koninklijk besluit van 20 juli 2001 over stralingsbescherming, dat de lozing van vloeibaar radioactief afval in de grond verbiedt.*

Bij **oppervlakteberging** worden de containers met radioactief afval in een speciaal daartoe ontworpen installatie geplaatst die aan de oppervlakte of enkele meters onder de oppervlakte wordt gebouwd. Een dergelijke installatie bestaat gewoonlijk uit betonnen modules voor de containers met radioactief afval. Deze modules zijn via een weinig waterdoorlatend beschermingssysteem beschermd tegen regenwater en doorsijpeling en/of, naargelang van de opstelling, tegen grondwater. *Deze optie biedt onvoldoende garanties op het vlak van de veiligheid, zoals bevestigd door internationale instanties.*

## Welke oplossing beveelt NIRAS aan?

Langdurige opslag van het radioactieve afval in bovengrondse gebouwen en installaties, zoals dit nu tijdelijk gebeurt, biedt enkel een oplossing op korte en middellange termijn en schept een last voor de toekomstige generaties. Dit soort opslag vereist immers regelmatig onderhoud van de gebouwen en de installaties en blijvend toezicht op het afval. Dit betekent dat de toekomstige generaties naast technische ook financiële inspanningen zullen moeten leveren om de veiligheid voor mens en milieu te blijven garanderen. Bovendien nemen mettertijd de risico's op het vrijkomen van radioactieve stoffen in het milieu toe.

Op basis van de beschikbare geologie beveelt NIRAS diepe berging in een weinig verharde kleilaag aan als enige geschikte beheeroplossing om mens en milieu langdurig te beschermen tegen de risico's verbonden aan hoogradioactief en/of langlevend afval. Bij zulke berging wordt het radioactieve afval voldoende lange tijd ingesloten en afgezonderd om te vermijden dat het geborgen afval nadelige gevolgen zou hebben voor het leven op aarde. Het afval wordt in eerste instantie ingesloten

door de kunstmatige barrières van de bergingsinstallatie, zoals de afvalvorm zelf (bijvoorbeeld verglaasd afval) en de verschillende barrières die de mens errond bouwt (bijvoorbeeld metallische mantel, beton). Daarnaast verzekert de natuurlijke, geologische barrière van de klei de insluiting van de radioactieve stoffen die na zeer lange tijd kunnen vrijkomen. De insluitingscapaciteit van klei als natuurlijke barrière betreft een tijdspanne die veel langer is dan de levensduur van kunstmatige barrières die de mens kan bouwen. De diepte van de bergingsinstallatie en de eigenschappen van de geologische kleiformatie zorgen ervoor dat het afval afgeschermd blijft van de biosfeer en van mogelijk versturende factoren, zoals klimaatveranderingen.

Om tot een globale en maatschappelijk gedragen oplossing te kunnen komen, wenst NIRAS dat de technische oplossing van diepe berging die ze aanbeveelt, gepaard gaat met een maatschappelijk besluitvormingsproces. Bovendien wordt ook rekening gehouden met de voorwaarden die uit de wettelijke raadpleging komen.

