

## Context

Radioactieve omgevingsbesmettingen kunnen het gevolg zijn van nucleaire elektriciteitsproductie, van militaire en industriële toepassingen, van het gebruik van radioactieve stoffen in de geneeskunde en in het onderzoek of van de ontginning en verwerking van ertsen waarin van nature een hogere concentratie aan radionucliden aanwezig is. Om de hieruit resulterende blootstelling van mens en milieu te kunnen schatten en om optimale maatregelen te kunnen voorstellen om de stralingsbelasting te beperken, is een grondige kennis van het gedrag van radioactieve stoffen in het leefmilieu en de door straling geïnduceerde effecten vereist. De betrouwbaarheid van de voorspellingen is sterk afhankelijk van de mate waarin we begrijpen hoe biologische en fysicochemische processen de transfer van radionucliden in de biosfeer bepalen en de manier waarop blootstelling aan straling resulteert in biologische effecten.

## Doelstellingen

Onze belangrijkste doelstellingen zijn om:

- Onze kennis en expertise te verhogen in het begrijpen van het gedrag van radionucliden in de biosfeer.
- Een grondwater-bodem-vegetatie interactiemodel te ontwikkelen. Dit laat ons toe om een schatting te maken van de lange-termijn impact van een meerjarig vegetatiesysteem op de verspreiding van radionucliden, van de besmetting van de voedselketen en de impact op mens en milieu.
- Onze kennis, expertise en internationale erkenning te verhogen in het onderzoek naar de biologische effecten geïnduceerd in planten na blootstelling aan straling, opname van radionucliden en blootstelling aan een combinatie van stressoren.
- Modellen voor het inschatten van de radiologische impact op mens en milieu te ontwikkelen en verbeteren.

## Belangrijkste activiteiten

### Studie van het gedrag van radionucliden in de biosfeer

Het SCK•CEN bestudeert mechanismen en processen om het gedrag van radionucliden op het land en in wateromgevingen beter te begrijpen en te voorspellen. We focussen ons in het bijzonder op kritische radionucliden in radioactieve afvalberging (bv. <sup>99</sup>technetium, <sup>94</sup>niobium), (post-)noodplansituaties (bv. <sup>137</sup>cesium, <sup>90</sup>strontium), industrieën die materiaal behandelen dat natuurlijke radioactiviteit bevat (bv. <sup>238</sup>uranium, <sup>226</sup>radium) en in het kader van een milieu-effectenanalyse voor MYRRHA (bv. <sup>210</sup>polonium). We doen ook tracerstudies voor zware metalen (bv. <sup>109</sup>cadmium, <sup>65</sup>zink, <sup>60</sup>cobalt) in samenwerking met Belgische universiteiten.

Om de invloed van omgevingsparameters op het gedrag van radionucliden te bestuderen, gebruiken we speciaal daartoe ontwikkelde modellen, laboratorium set-ups, serre-experimenten en veldstudies. We onderzoeken bijvoorbeeld:

- Hoe bodemeigenschappen een invloed uitoefenen op opname van radionucliden door planten.

- Of de aanwezigheid van andere contaminanten de beschikbaarheid van radionucliden beïnvloedt.
- Welke de opname en interne translocatiemechanismen bij planten zijn.
- Of bodemschimmels de wortelopname van radionucliden en de transfer naar bovengrondse plantendelen beïnvloeden.
- Hoe water- en sedimenteigenschappen de verdeling van radionucliden tussen beiden bepalen.

De kennis wordt gebruikt om impactmodellen te ontwikkelen en te verbeteren, om tegenmaatregelen en landbeheeropties voor gecontamineerde gebieden voor te stellen.



Veldstudies in Tsjernobyl



Belgische bodemstalen



Rhizoplan experimenten



Serre-experimenten



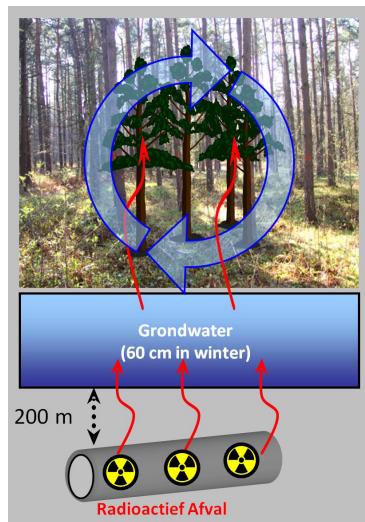
Micro-organisme wortelinteractie

### Ontwikkeling van model voor grondwater-bodem-vegetatie interactie

Er bestaan momenteel geen modellen voor (semi-)natuurlijke vegetatie die direct bruikbaar zijn voor de beoordeling op lange termijn van risico's van radioactief afval. Aangezien meerjarige ecosystemen rechtstreeks met het grondwater kunnen interageren, vormen ze een mogelijke vector van biosfeercontaminatie.

Om het transport en de accumulatie van biobeschikbare contaminanten in een meerjarig ecosysteem in te schatten, maakt deze studie gebruik van SVAT-modellen (Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer of Bodem-Vegetatie-Atmosfeer Transfer). Met SVAT-modellen bekijken we expliciet de rol van vegetatie op het gedrag van water, energie en de koolstofbalans door rekening te houden met de fysiologische eigenschappen van vegetatie. Deze modellen zijn vaak process-based en daarom geschikt om water- en koolstofluxen te simuleren in natuurlijke en beheerde ecosystemen onder verschillende milieuomstandigheden, zoals klimaatverandering. We gebruiken de water- en koolstofluxen omdat ze helpen bij de bepaling van de mate waarmee contaminanten worden verdeeld in het milieu.

We voeren gevoeligheidstesten uit met het geselecteerde SVAT-model voor variërende vegetatie/bodem/klimaat omstandigheden. Na validatie van de gesimuleerde fluxen aan de hand van



Mogelijke interactie van een bosvegetatie met grondwater dat besmet is door vrijzetting uit een afvalopslagplaats.

### Biologische effecten geïnduceerd in planten na blootstelling aan externe straling, opname van radionucliden of blootstelling aan meerdere stressoren

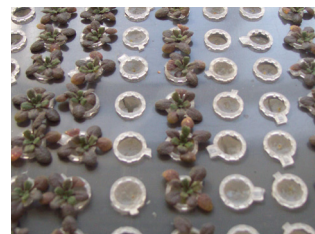
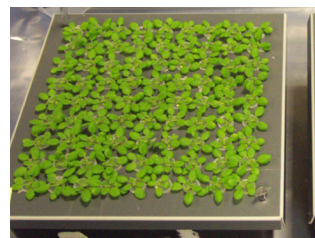
Het paradigma "als de mens beschermd is, dan is het milieu ook beschermd" wordt meer en meer sterk betwist. Afgelopen decennium werd de noodzaak om een systeem ter bescherming van het milieu tegen ioniserende straling te ontwikkelen, internationaal erkend. Er is een belangrijk tekort aan kwaliteitsvolle experimentele data over stralingseffecten op niet-humane biota (ecosysteem zonder de mens), zeker wanneer men experimenten beschouwt met chronische blootstelling in realistische omstandigheden.

In deze context voert BIS experimenten uit met chronische blootstelling op planten waarbij we ons voornamelijk concentreren op individuele personen (mortaliteit, morbiditeit, reproductie, mutatie) en op populatie (mortaliteit, reproductie). We evalueren ook hoe stressoren het oxidatieve verdedigingsmechanisme activeren zowel op enzymatisch, metabolisch als genetisch niveau. We onderzoeken de vorming van DNA-schade en de inductie van DNA-herstelmechanismen onder invloed van verschillende stressoren. Om de biochemische mechanismen en genetische veranderingen na blootstelling aan stressoren te identificeren, hebben we onder gecontroleerde omstandigheden analyses uitgevoerd om genexpressiepatronen te vergelijken.

We evalueren effecten op de plant *Arabidopsis thaliana* (zandraket) en/of de waterplant *Lemna minor* (eendenkroos) na blootstelling aan uranium, gamma, alfa ( $^{241}$ americium) of bètastraling ( $^{90}$ strontium). Om meer relevante blootstellingsscenario's na te bootsen, bestuderen we ook effecten bij blootstelling aan meerdere contaminanten:

- Uranium, thorium, arseen, cadmium voor ontginningsgebieden van uranium.
- Gecombineerd alfa-, bèta- en gammastraling en zware metalen afkomstig uit lozing van kerncentrales.
- Gamma en neutronenstraling voor ruimtecondities.

We voeren dit onderzoek voornamelijk uit in samenwerking met UHasselt, UAntwerpen en in het kader van het Europese STAR project.



Voorbeelden van blootstellingscondities en testplanten.

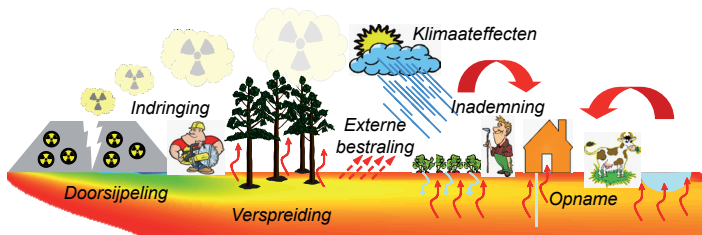
### Radiologische blootstellingsberekeningen voor mens en milieu

Een belangrijke discipline van stralingsbescherming is het schatten van de impact van radiologische lozingen op mens en milieu. Immers, zonder deze schattingen is het niet mogelijk aan te tonen dat aan de regelgeving ter bescherming van mens en milieu tegen ioniserende straling is voldaan. Het SCK•CEN ontwikkelt en gebruikt diverse blootstellingsmodellen om de impact van radionucliden te voorspellen.

Tot ons werkingsgebied behoren voornamelijk:

- Ontwikkelen, testen en verbeteren van de biosfeermodellen voor het schatten van de langetermijnveiligheid van radioactieve bergingsites.
- Het schatten van de radiologische impact van routine en accidentele lozingen en historische vervuilingen (dosisreconstructie).
- Nagaan of remediatie van gecontamineerde sites nodig is en schatten van effectiviteit van mogelijke remediatechnieken.
- Ontwikkelen en verbeteren van oppervlaktewater-modellen voor routine en accidentele lozingen.
- Ontwikkelen van niet-menselijke biota-blootstellings-modellen en uitvoeren van milieuriscoschattingen.

De meeste van deze studies worden uitgevoerd in opdracht van NIRAS, GdF-Suez en in internationale samenwerkingsverbanden onder de auspiciën van het IAEA. Specifiek radio-ecologisch onderzoek en het onderzoek rond oppervlaktewatermodellering wordt uitgevoerd in samenwerking met de VUB en in het kader van het Europese STAR project.



Conceptueel biosfeermodel.

### Contact

Hildegarde Vandenhove

hildegarde.vandenhove@sckcen.be

Tel. + 32 14 33 21 14