Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Vrijgave van terreinen na werkzaamheden met radioactiviteit.

Praktische aandachtspunten bij het opstellen van een beleidskader.

RIVM

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

T 088 689 89 89

Auteurs:
Fieke Dekkers en
Marte van der Linden
Centrum:
VLH
Contact:
fieke.dekkers@rivm.nl
Kenmerk:
KN-2024-0070
DOI:
10.21945/RIVM-KN-2024-0070
Datum: 23 januari 2025

1. Aanleiding en vraagstelling

Een vergunninghouder van een nucleaire inrichting is verplicht om na de bedrijfsduur deze te ontmantelen en het terrein terug te brengen naar de situatie "waarin feitelijke beperkingen die in de weg staan aan de realisatie van elke volgende functie op het terrein waarop de inrichting was gevestigd (worden) weggenomen." (Besluit Kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen, art. 30a, lid 1).

Er is er nog geen beleidskader op basis waarvan door de ANVS in haar rol van toezichthouder kan worden getoetst wanneer er voldaan is aan deze eis.

In 2023 heeft het RIVM een rapport gepubliceerd (RIVM-rapport 2022-0184) waarin opties voor een dosiscriterium voor de vrijgave van terreinen zijn onderzocht [1]. In dit rapport geeft het RIVM aan dat verschillende landen verder zijn dan Nederland met het ontwikkelen van een beleidskader voor vrijgave van terreinen, en dat de in deze landen gevolgde benaderingen in principe ook in Nederland toepasbaar zouden zijn. Eén van deze landen is België. Het Belgische Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) heeft voor de Belgische situatie een *position paper* geschreven.

Het ministerie van IenW vraagt het RIVM om 'kennis aan tafel' bij de voorbereiding van beleid gebaseerd op de in dit *position paper* beschreven aanpak. Deze notitie geeft een globale beschrijving van het proces voor vrijgave van terreinen en keuzes die nog gemaakt moeten worden om te komen tot concreet beleid op basis van de uitgangspunten van het FANC-*position paper* voor vrijgave van nucleaire terreinen [2].

1.1. Afbakening

Deze notitie betreft alleen de vrijgave van terreinen waar vergunde handelingen met radioactiviteit hebben plaatsgevonden. Vrijgave van terreinen na incidenten of noodsituaties valt buiten de scope. Ontmanteling van installaties en afvoer van vervuild materiaal worden buiten beschouwing gelaten.

Het RIVM-rapport uit 2023 had alleen betrekking op **on**voorwaardelijke vrijgave. De Belgische aanpak omvat ook voorwaardelijke vrijgave, waarbij er beperkingen worden opgelegd aan het gebruik van het terrein. Voorwaardelijke vrijgave valt daarom binnen de scope van deze notitie.

In het *position paper* van FANC zijn voor verschillende stappen verantwoordelijke partijen aangewezen. Zo is bijvoorbeeld de exploitant verantwoordelijk voor het opstellen van de vrijgavemethodologie, het vaststellen van afgeleide vrijgaveniveaus en het beargumenteren waarom saneren tot het in het document gehanteerde dosiscriterium van 10 microSv·a^{-1} eventueel niet haalbaar is. De Veiligheidsautoriteit beoordeelt het werk van de exploitant en is verantwoordelijk voor goedkeuring.

De Veiligheidsautoriteit kan daarnaast altijd onafhankelijke metingen (laten) uitvoeren om het werk van de exploitant te controleren. Indien het terrein voorwaardelijk wordt vrijgegeven, legt de Veiligheidsautoriteit beperkingen vast in overleg met bevoegde lokale overheden. In deze notitie is niet onderzocht hoe deze verantwoordelijkheden in de context van de Nederlandse wet- en regelgeving zouden moeten worden belegd, noch welke instanties zouden moeten worden betrokken als op het terrein naast mogelijke radiologische besmetting ook andere vormen van verontreiniging aanwezig zijn.

Voor deze notitie heeft geen afstemming plaatsgevonden met de ANVS. Het perspectief van de toezichthouder is hier dan ook nog niet meegenomen.

2. Samenvatting van te maken keuzes

Om te komen tot een beleidskader moeten op meerdere punten keuzes gemaakt worden. Samengevat gaat het gaat hierbij om de volgende zaken, die in het vervolg van de tekst worden toegelicht:

Type locatie (paragraaf 5.2)

1. Geldt de aanpak alleen voor terreinen waar nucleaire installaties hebben gestaan, of voor alle terreinen waar handelingen met ioniserende straling (die kunnen leiden tot besmettingen met radioactiviteit) hebben plaatsgevonden?
2. Heeft het beleidskader alleen betrekking op lege terreinen of ook op terreinen waar gebouwen staan?
3. Tot op welke diepte worden eisen gesteld aan het terrein?

Beoordelingscriteria (paragraaf 5.3)

4. Hoeveel en welke dosiscategorieën worden gehanteerd?
5. Wordt er in het beleidskader onderscheid gemaakt tussen van nature voorkomende nucliden en kunstmatige? Wat is de status van cesium?

Vaststelling achtergrondniveau (paragraaf 5.4)

6. Wat zijn de eisen die gesteld worden aan de bepaling van eventuele achtergrondniveaus?

Vaststellen afgeleide vrijgavecriteria (paragraaf 5.5)

7. Worden dosiscriteria of afgeleide vrijgavecriteria vastgelegd?
8. Welke eisen worden gesteld aan blootstellingsscenario’s en dosisberekeningen?

Vrijgavemethodologie (paragraaf 5.6)

9. Wordt aangesloten bij de algemene beschrijving van FANC of worden aanvullende eisen opgenomen in wet- en regelgeving?

Optimalisatie (paragraaf 5.7)

10. Welke organisatie is verantwoordelijk voor toetsing aan criteria voor optimalisatie en hoe wordt deze toetsing uitgevoerd?
11. Is naast onvoorwaardelijke vrijgave ook voorwaardelijke vrijgave mogelijk, en zo ja, in welke gevallen?

3. Het Belgische kader

In deze paragraaf wordt het Belgische kader nader toegelicht. De tekst in Tekstkader 1 hieronder is gebaseerd op het RIVM-rapport uit 2023 [1]. In Figuur 1 is een stroomschema gegeven van het Belgische systeem.

Tekstkader 1: het Belgische kader voor vrijgave van terreinen
(Gebaseerd op RIVM-rapport 2022-0184 [1])

Als algemeen principe geldt in België voor de vrijgave van terreinen van *nucleaire installaties* een maximale bijkomende effectieve dosis boven het achtergrondniveau voor het meest kritische scenario van 10 microSv·a^{-1} en een maximale collectieve dosis van 1 manSv·a^{-1} [2]. In het geval het praktisch niet haalbaar is om aan deze dosiscriteria te voldoen, zal de exploitant bepalen welke dosisbeperking wel haalbaar is, en dit vertalen naar specifieke vrijgaveniveaus. Hierbij moeten alle mogelijke scenario's, maar in elk geval die uit RP122 en RS-G-1.7, voor het verder gebruik van het terrein in ogenschouw worden genomen [3, 4]. Het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) beoordeelt de argumentatie. Hierbij worden de volgende vier categorieën onderscheiden voor de effectieve dosis boven de bestaande achtergrond:

- <10 microSv·a^{-1}: dosisreductie is waarschijnlijk niet gerechtvaardigd;
- 10-100 microSv·a^{-1}: het ALARA-optimalisatieprincipe wordt toegepast, vrijgave van het terrein is mogelijk zonder beperkingen aan het gebruik;
- 100-300 microSv·a^{-1}: het ALARA-optimalisatieprincipe wordt toegepast en sanering moet overwogen worden; er is een mogelijkheid om het terrein vrij te geven, maar met beperkingen qua verder gebruik;
- 300-1000 microSv·a^{-1}: het terrein moet gesaneerd worden en kan nog niet vrijgegeven worden; bij sanering blijven de voorwaarden gekoppeld aan de drie bovenstaande dosisregimes geldig.

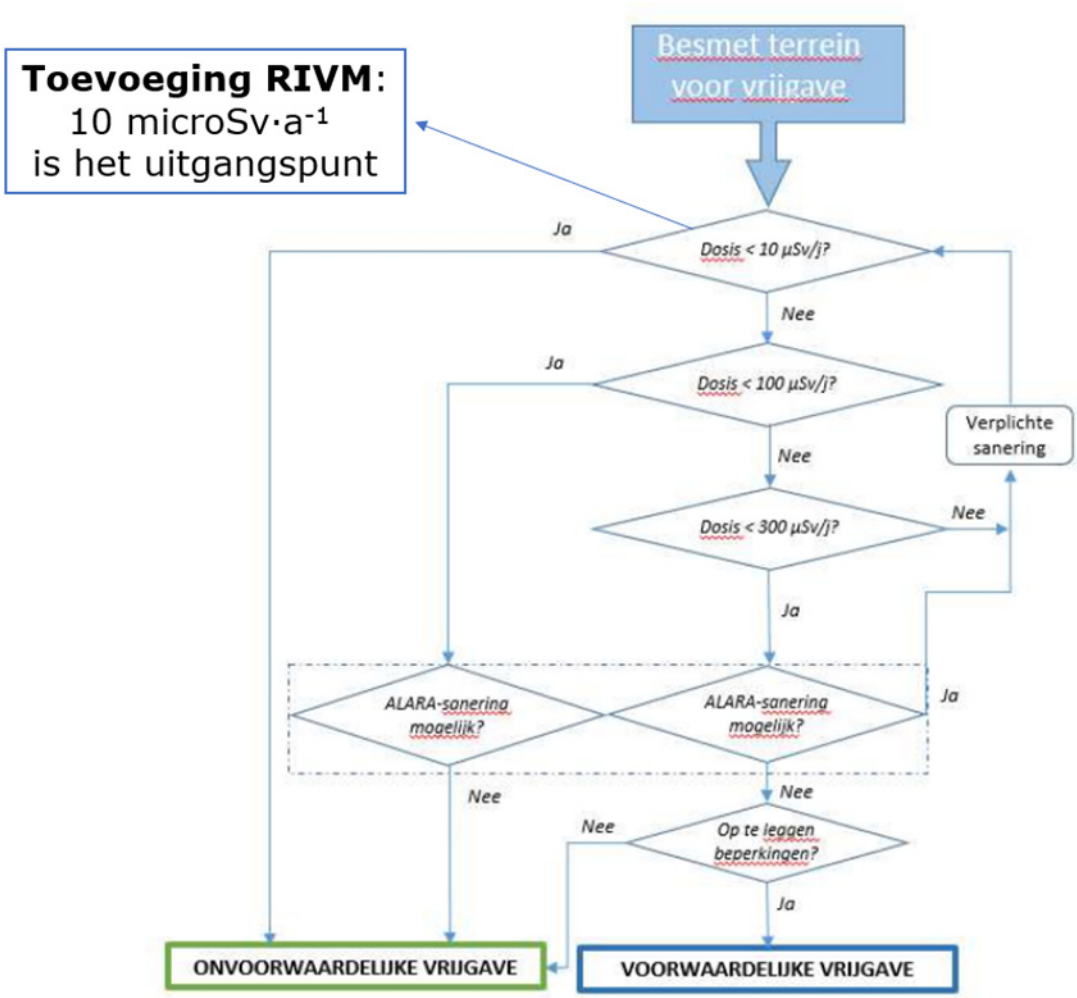
In aanvulling op bovenstaande merken we op dat in november 2022 in België een wet is aangenomen waarin de verantwoordelijkheden bij het beheer van bodems verontreinigd door radioactieve stoffen zijn vastgelegd [6]. De wet bevat geen dosiscriteria voor het opheffen van toezicht. De uitvoeringsbesluiten worden op dit moment nog uitgewerkt.

Merk op dat volgens het stroomschema (zie Figuur 1) het in België ook mogelijk is om een terrein **on**voorwaardelijk vrij te geven indien de effectieve dosis boven de bestaande achtergrond 100-300 microSv·a^{-1} is.

Bij een effectieve jaardosis van >300 microSv·a^{-1} boven de achtergrond is saneren altijd verplicht. Indien de effectieve jaardosis na sanering nog steeds >300 microSv·a^{-1} is, kan het terrein in het Belgische systeem niet worden vrijgegeven (ook niet voorwaardelijk). Het is de vraag of dergelijke situaties in de praktijk voorkomen.

Hoewel het Belgische systeem meerdere dosiscriteria kent, is het algemene principe dat [2] "*de bijkomende effectieve dosis (boven het achtergrondniveau) het vrijgavecriterium van 10 microSv/jaar niet overschrijdt voor elke persoon van het publiek*. *In sommige specifieke gevallen is het niet mogelijk om deze beperking te bereiken. Andere oplossingen kunnen dan worden overwogen, zoals in de rest van het document* [FANC *position paper*] *wordt uitgelegd.*"

Het Belgische systeem gaat dus standaard uit van een dosiscriterium van 10 microSv·a^{-1}, net als het Duitse systeem [7, 8], maar biedt ook ruimte voor flexibiliteit wanneer dit dosiscriterium in de praktijk niet haalbaar blijkt. In dat geval moet wel aan het ALARA-principe worden voldaan.



Figuur 1: Belgisch stroomschema voor vrijgave van terreinen, uit het FANC position paper [2] . De dosis in het stroomschema heeft altijd betrekking op de toegevoegde dosis; de dosis boven de al aanwezige achtergrond (zie paragraaf 4.1). Bij een dosis van hoogstens 10 microSv·a^{-1} wordt een terrein altijd onvoorwaardelijk vrijgegeven. Als de dosis tussen 10 en 100 microSv·a^{-1} ligt, moet een terrein als dat redelijkerwijs mogelijk is, gesaneerd worden; is een dergelijke sanering niet mogelijk dan wordt het terrein onvoorwaardelijk vrijgegeven. Ligt de dosis tussen 100 en 300 microSv·a^{-1} en is sanering niet redelijkerwijs mogelijk, dan kan het terrein voorwaardelijk of onvoorwaardelijk vrijgegeven worden. Bij een dosis van meer dan 300 microSv·a^{-1} moet altijd worden gesaneerd.

4. Belangrijke punten

Enkele belangrijke punten worden in deze paragraaf verder toegelicht en uitgewerkt.

4.1. Achtergrond

Een dosiscriterium heeft betrekking op de toegevoegde dosis, dat wil zeggen: de effectieve jaardosis *boven op* de al aanwezige achtergrond. Evenzo wordt met besmettingen (in Bq·g^{-1}) bedoeld de besmetting die is toegevoegd door de ondernemer, boven op de al aanwezige achtergrond.

Sommige radionucliden komen van nature voor en zullen dus in meer of mindere mate al aanwezig zijn geweest op het terrein vóór de handelingen met radioactiviteit of ioniserende straling daar zijn begonnen. Voor kunstmatige radionucliden zal de achtergrond in de meeste gevallen 0 $Bq \cdot g^{-1}$ (of 0 $microSv \cdot a^{-1}$) zijn.

Een speciaal geval is Cs-137, dat overal in Nederland aanwezig is, na het ongeval in Tsjernobyl en als gevolg van bovengrondse kernproeven. Hoewel het een kunstmatig radionuclide is, is een besmetting met Cs-137 dus niet altijd te wijten aan de ondernemer. In die zin is Cs-137 dus onderdeel van de achtergrond.

Met de achtergrond wordt in dit document dus bedoeld: activiteitsconcentraties[1] van radionucliden in de bodem ($Bq \cdot g^{-1}$) die niet zijn veroorzaakt door toedoen van de ondernemer, maar van nature voorkomen of een externe bron hebben.

De achtergrond kan variëren van terrein tot terrein en zal moeten worden vastgesteld, zie paragraaf 5.4.

4.2. Blootstellingsscenario's

De in het *position paper* van het FANC beschreven aanpak heeft betrekking op dosiscriteria. Om in de praktijk vast te stellen of aan dosiscriteria voldaan is, is scenario-onderzoek nodig. De dosis die iemand ontvangt, is namelijk afhankelijk van de toepassing van het terrein en van het gedrag (en andere eigenschappen) van de blootgestelde persoon: een volwassene die op een terrein werkt, zal een andere dosis ontvangen dan een peuter die er in de zandbak speelt. De activiteitsconcentratie ($Bq \cdot g^{-1}$) die overeenkomt met een bepaalde effectieve dosis ($microSv \cdot a^{-1}$) is dus afhankelijk van de situatie en zal per geval moeten worden berekend. Hiervoor worden blootstellingsscenario's gebruikt. Zie tekstkader 2 voor uitleg.

De berekende activiteitsconcentraties die overeenkomen met de dosiscriteria, worden *afgeleide vrijgavecriteria* (of *operationele vrijgavecriteria*) genoemd. Wanneer metingen van een terrein zijn gedaan, worden de meetresultaten getoetst aan (vergeleken met) de afgeleide vrijgavecriteria. De meetresultaten worden daarmee dus ook (indirect) getoetst aan de dosiscriteria.

Als voor terreinen A en B verschillende blootstellingsscenario's zijn opgesteld (of verschillende invoerparameters zijn gebruikt), zullen de vrijgavecriteria ook verschillend zijn. Het is dus ook mogelijk dat terrein A wordt vrijgegeven en terrein B niet, ook al zijn de gemeten activiteitsconcentraties hetzelfde.

In bepaalde gevallen kan het wenselijk zijn een terrein *voorwaardelijk* vrij te geven, waarbij, na (gedeeltelijke) sanering dosisbeperkende maatregelen in stand gehouden worden. Als uit scenario-onderzoek bijvoorbeeld blijkt dat gebruik van een terrein als landbouwgrond zal leiden tot overschrijding van dosiscriteria, kan besloten worden dat het terrein voor dat doel niet gebruikt mag worden.

[1] Of effectieve jaardosis als gevolg van de aanwezigheid van deze activiteitsconcentraties.

Tekstkader 2: uitleg over blootstellingsscenario's
Een blootstellingsscenario beschrijft hoe een persoon blootstaat aan straling. In het voor deze notitie relevante geval gaat het om de manier waarop een terrein gebruikt wordt. Op het terrein is een bepaalde besmetting aanwezig: een activiteitsconcentratie ($Bq \cdot g^{-1}$) van één of meerdere radionucliden. De effectieve dosis die een persoon ontvangt is afhankelijk van het gebruik van het terrein. Voorbeelden van soorten gebruik zijn:

- Op het terrein worden huizen gebouwd. Een persoon is … uur per jaar aanwezig op het terrein, waarvan een bepaalde fractie van de tijd binnenshuis, waarbij het huis zorgt voor afscherming van externe straling.
- Op het terrein worden volkstuintjes aangelegd. De gekweekte gewassen nemen een bepaalde hoeveelheid radioactiviteit uit de grond op (dit kan verschillen per gewas), en een persoon eet per jaar … kg van deze gewassen.

Om de dosiscriteria voor vrijgave ($microSv \cdot a^{-1}$) om te rekenen naar meetbare afgeleide vrijgavecriteria ($Bq \cdot g^{-1}$ besmetting), moeten blootstellingsscenario's worden opgesteld die alle relevante soorten gebruik omvatten.

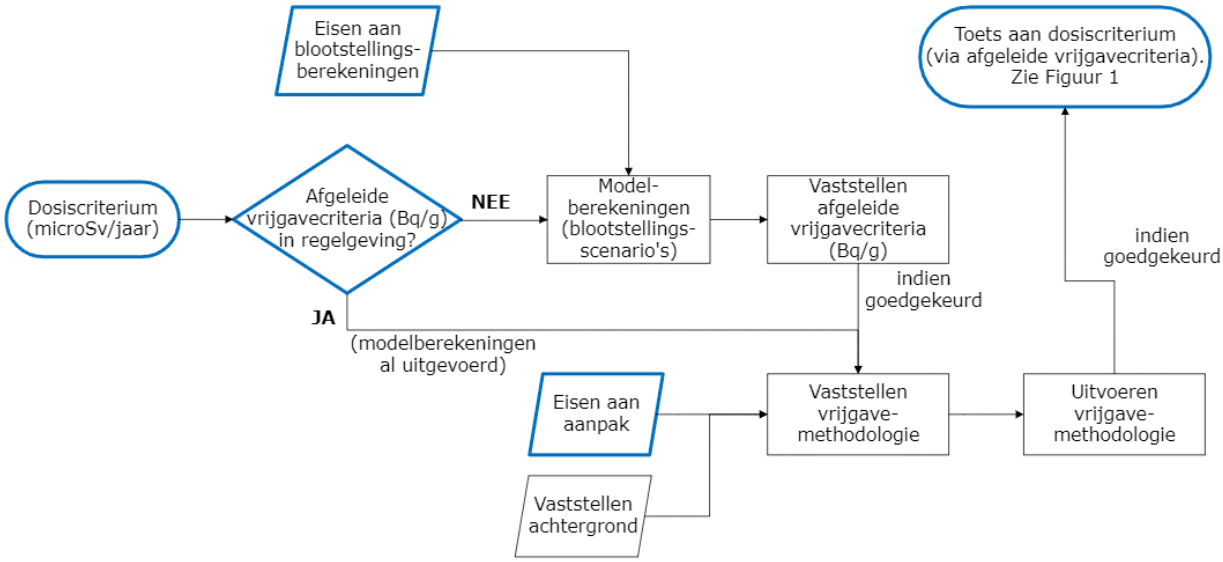
Blootstellingsscenario's beschrijven de blootstellingswegen (soorten blootstelling, namelijk: externe blootstelling, inhalatie, ingestie) en blootstellingsroutes (de wijze waarop radionucliden personen kunnen bereiken en blootstelling kunnen veroorzaken, bijvoorbeeld: ingestie van gewassen die op het terrein worden verbouwd). In RIVM-rapport 2022-0184 zijn blootstellingsscenario's opgesteld voor steeds één blootstellingsweg [1]. Het is ook mogelijk om blootstellingsscenario's te definiëren met meerdere blootstellingswegen (bijvoorbeeld: een scenario "woning met moestuin", waarbij een persoon wordt blootgesteld aan externe straling uit de grond en ook een ingestiedosis ontvangt door consumptie van gewassen uit de moestuin).

Er zullen verschillende blootstellingsscenario's moeten worden opgesteld en doorgerekend. Het conservatiefste scenario (dat de hoogste dosis geeft per $Bq \cdot g^{-1}$ besmetting) wordt gebruikt om de afgeleide vrijgavecriteria vast te stellen. Welk scenario dit is, kan per radionuclide anders zijn.

Blootstellingsscenario's kennen verschillende soorten invoerparameters. Sommige beschrijven het gedrag van radionucliden in het milieu (bijvoorbeeld: mate van opname in gewassen), andere zijn gedragsparameters (bijvoorbeeld: aantal uren per jaar dat iemand op een locatie is, aantal kg gewassen dat iemand per jaar eet). Het maakt daarom uit *wie* de blootgestelde persoon is in de blootstellingsscenario's. Is dit een gemiddelde Nederlander, of een persoon met de hoogst mogelijke blootstelling (voor een ingestiescenario: een persoon met hoge consumptie van de gewassen in kwestie)? De ICRP hanteert het concept *representatieve persoon*, dit is een persoon die blootstaat aan een dosis die representatief is voor die van de meest aan ioniserende straling blootgestelde personen van de bevolking, met uitsluiting van personen met extreme of zeldzame gewoonten [5]. In de praktijk kan op verschillende manieren invulling worden gegeven aan dit concept.

5. Beleidskader voor vrijgave van terreinen, en toepassing in de praktijk

In deze paragraaf wordt in meer detail besproken welke keuzes moeten worden gemaakt bij het opstellen van het beleidskader. Het stroomschema in Figuur 2 illustreert hoe het vrijgaveproces van een terrein er in de praktijk uit zou kunnen zien.



Figuur 2: Dit stroomschema beschrijft stappen in het proces van vrijgave. Blokjes met dikke blauwe rand: generieke stappen, die niet afhankelijk zijn van het specifieke terrein.

5.1. Algemeen

Algemeen kan gezegd worden dat het Belgische systeem, zoals beschreven in het *position paper* van FANC, veel keuzes vrijlaat. Het te ontwikkelen Nederlandse beleid kan op één of meerdere punten (hieronder beschreven) ook andere eisen stellen.

5.2. Toepassingsgebied

Om te komen tot een beleidskader moet het ministerie van IenW kiezen voor welke terreinen het beleidskader geldt (**keuze 1**). Het Belgische kader zoals beschreven door FANC is enkel van toepassing op nucleaire installaties. Vrijgave van terreinen die besmet zijn met uitsluitend van nature voorkomende radionucliden valt onder het beheer van bestaande blootstellingssituaties. In het Nederlandse beleidskader kunnen ook terreinen worden opgenomen van niet-nucleaire installaties, zoals een

- industrieterrein waar gewerkt is met van nature voorkomende radionucliden;
- terrein met een radionuclidenlaboratorium;
- terrein met een cyclotron;

Als gekozen wordt voor een breed toepassingsgebied, waarbinnen besmetting met kunstmatige nucliden en besmetting met van nature voorkomende nucliden vallen, is het mogelijk bij de in het vervolg genoemde keuzes voor verschillende opties te kiezen voor natuurlijke en kunstmatige nucliden.

Een andere keuze die gemaakt moet worden bij het opstellen van een beleidskader (**keuze 2**) is of dit kader enkel betrekking heeft op lege terreinen of ook op terreinen met gebouwen. Het Belgische kader geldt ook voor terreinen met gebouwen. FANC heeft hiervoor een *position paper* over de vrijgave van gebouwen [9] en een *position paper* over de opheffing van reglementaire controle na ontmanteling van nucleaire installaties (terrein, gebouwen en structuren) [10].

Een derde keuze (**keuze 3**) die gemaakt moet worden bij het opstellen van een beleidskader, is tot op welke diepte eisen gesteld worden aan het terrein: wordt alleen gekeken naar eisen aan de bovenste centimeters grond, of wordt een eventuele

besmetting van grondwater ook meegenomen? Deze keuze raakt aan de berekening van afgeleide vrijgavecriteria, zie paragraaf 5.5, en heeft ook gevolgen voor de vrijgavemethodologie (paragraaf 5.6).

5.3. Vaststellen dosiscriteria

Bij het opstellen van het beleidskader kan het ministerie van IenW één of meerdere dosiscriteria vaststellen (**keuze 4**). Hiervoor kan worden aangesloten bij de Belgische criteria, zoals gegeven in hoofdstuk 3. Het is ook mogelijk om andere waarden of een ander aantal categorieën te kiezen. Hierbij wordt het volgende opgemerkt:

- 10 microSv·a^{-1}: een lager criterium is mogelijk niet gerechtvaardigd op grond van de stralingsbescherming (IAEA, WS-G-5.1 [11])
- 300 microSv·a^{-1}: het IAEA raadt aan het dosiscriterium niet hoger te kiezen dan deze waarde (WS-G-5.1 [11])
- 1000 microSv·a^{-1} (1 mSv·a^{-1}): dosislimiet voor leden van de bevolking.

Zoals genoemd in hoofdstuk 3, is het algemene uitgangspunt in België een dosiscriterium van 10 microSv·a^{-1}. Hiervan kan (in het door FANC geschetste kader) worden afgeweken, zoals getoond in het stroomschema in Figuur 1, wanneer 10 microSv·a^{-1} in de praktijk niet haalbaar blijkt.

Het Belgische kader geldt voor nucleaire installaties, en focust op kunstmatige nucliden. Indien het Nederlandse systeem ook voor andere terreinen gaat gelden (**keuze 1**), zal ook rekening moeten worden gehouden met van nature voorkomende radionucliden. Voor sommige van nature voorkomende radionucliden is het waarschijnlijk niet (of lastig) mogelijk om aan te tonen dat het vrij te geven terrein voldoet aan het strengste dosiscriterium (10 microSv·a^{-1}). Dit komt omdat de restbesmetting (Bq·g^{-1}) die overeenkomt met 10 microSv·a^{-1} klein kan zijn vergeleken met de natuurlijke variatie in de achtergrondconcentratie van het nuclide.

Het ministerie van IenW kan kiezen hoe in het beleidskader wordt omgegaan met van nature voorkomende radionucliden en radionucliden afkomstig van buiten het terrein, zoals Cs-137 (**keuze 5**). Eén optie is om van tevoren te onderzoeken voor welke radionucliden het laagste dosiscriterium in de praktijk niet aantoonbaar is, en voor deze radionucliden aparte dosiscriteria op te nemen in het beleidskader. Of een bepaalde besmetting aantoonbaar is, hangt af van het terrein en het meetprotocol. Dit kan dus per terrein/situatie anders zijn. Een andere optie is om dezelfde dosiscriteria te laten gelden voor kunstmatige en van nature voorkomende radionucliden. Indien in de praktijk blijkt dat het niet mogelijk is om aan te tonen of het terrein voldoet aan het strengste dosiscriteria, kan worden beoordeeld of het terrein toch kan worden vrijgegeven omdat verdere sanering of aanvullende metingen niet ALARA zijn.

Keuze 5 hangt samen met **keuze 6** (vaststellen van de achtergrond), besproken in paragraaf 5.4.

5.4. Vaststellen van de achtergrond

Zoals beschreven in paragraaf 4.1 hebben de dosiscriteria altijd betrekking op de dosis boven op de al aanwezige achtergrond. Wanneer het gaat om besmettingen met van nature voorkomende radionucliden (of Cs-137, of eventuele andere kunstmatige radionucliden met externe bron), zal moeten worden getoetst of de besmetting *boven op de achtergrond* voldoet aan de dosiscriteria (of afgeleide vrijgavecriteria). Hiervoor is het nodig om te weten wat de achtergrond is.

De achtergrond kan worden bepaald:

1. Door grondmonsters te nemen (of metingen te verrichten) van het terrein vóór wordt gestart met handelingen met radioactiviteit/ioniserende straling.
2. Door metingen te verrichten op een vergelijkbaar terrein.
3. Door specifiek voor een aantal nucliden voor te schrijven welke waarden er voor de achtergrond gehanteerd moeten worden in een regio, provincie of nationaal.

Optie 1 heeft volgens het IAEA de voorkeur [11]. Dit is uiteraard enkel mogelijk indien deze grondmonsters beschikbaar zijn. Het is echter niet zeker dat deze grondmonsters ten tijde van de vrijgavemetingen nog representatief zijn voor het terrein; tijdens het gebruik van het terrein kan de achtergrond (voor bepaalde nucliden) veranderd zijn, bijvoorbeeld door depositie van Cs-137 na het ongeval in Tsjernobyl in 1986.

Indien de tweede optie wordt gebruikt, moet worden vastgesteld wanneer een terrein *vergelijkbaar* is aan het vrij te geven terrein. De achtergrond kan variëren van terrein tot terrein, maar ook binnen een terrein. FANC schrijft hierover in het *position paper* dat de achtergrondactiviteit bepaald moet worden "aan de hand van referentieterreinen met dezelfde fysische, chemische, geologische en biologische karakteristieken die niet gecontamineerd zijn door de activiteiten op de site" [2]. Dit sluit aan bij de aanbevelingen van het IAEA [11].

De derde optie heeft belangrijke nadelen: voor sommige radionucliden varieert het achtergrondniveau sterk. Indien landelijk voorgeschreven waarden worden gehanteerd, is het, bij keuze van lage voorgeschreven waarden, mogelijk dat op sommige terreinen het achtergrondniveau al zo hoog is, dat het terrein nooit vrijgegeven zal kunnen worden, ook niet als werkzaamheden op het terrein niet leiden tot besmetting van het terrein. Indien voor hoge voorgeschreven waarden wordt gekozen, kan dat ertoe leiden dat terreinen waar werkzaamheden aantoonbaar hebben geleid tot een verhoging van het stralingsniveau toch worden vrijgegeven. In beide gevallen worden terreinen met een laag achtergrondniveau mogelijk aantrekkelijker als vestigingslocatie dan terreinen met een hoog achtergrondniveau.

IenW kan hier vergelijkbare eisen stellen als FANC (**keuze 6**). Aanvullend kan, bij nieuwe vergunningen, een ondernemer verplicht worden gesteld om grondmonsters te nemen (dan wel nulmetingen te doen), zodat optie 1 (vergelijking met grondmonsters voor start handelingen) kan worden gebruikt.

5.5. Vaststellen afgeleide (of: operationele) vrijgavecriteria

Het dosiscriterium geeft aan welke effectieve dosis, in microSv·a^{-1}, een lid van de bevolking maximaal mag ontvangen. De ontvangen dosis hangt af van het gedrag van de persoon en is daarmee niet direct te meten. Daarom moeten blootstellingsscenario's worden opgesteld, waarmee het dosiscriterium (microSv·a^{-1}) voor ieder nuclide kan worden omgerekend naar een afgeleid (of: operationeel) vrijgavecriterium (een activiteitsconcentratie in Bq·g^{-1}). Dit kan worden vergeleken met metingen. In Tekstkader 2 wordt uitgelegd wat blootstellingsscenario's zijn en worden enkele begrippen toegelicht.

Let op: het dosiscriterium geldt voor het totaal aan besmettingen op het terrein (alle aanwezige radionucliden). Afgeleide vrijgavecriteria worden per radionuclide vastgesteld. Indien meerdere radionucliden aanwezig zijn, kan gebruik worden gemaakt van de sommatieregel (art. 3.13 van de ANVS Verordening).

IenW kan hier een keuze maken (**keuze 7**) in wat wordt opgenomen in de wet- en regelgeving: de dosiscriteria (microSv·a^{-1}) of de afgeleide criteria (Bq·g^{-1}). Voor- en nadelen van de twee opties zijn gegeven in Tabel 1. In België is gekozen voor de eerste optie, al geeft FANC aan dat een exploitant ook gebruik kan maken van de "*algemene vrijgaveniveaus van bijlage IB van het ARBIS* [komt overeen met Bbs, Bijlage 3, onderdeel B, Tabel A] *met maximale uitmiddeling over 1000 kg".* De voorkeur gaat echter uit naar door "*de exploitant afgeleide niveaus per nuclide (…) die specifiek zijn voor zijn site*" [2].

In Duitsland is gekozen voor het vastleggen van afgeleide criteria gebaseerd op een dosiscriterium van 10 microSv·a^{-1} (https://www.buzer.de/Anlage_4_StrlSchV.htm). Indien IenW kiest voor het vastleggen van afgeleide criteria, zou hierbij kunnen worden aangesloten. Hierbij dient te worden opgemerkt dat niet voor alle radionucliden vrijgavecriteria zijn vastgesteld.

De keuze die gemaakt wordt voor de diepte tot waarop eisen aan het terrein gesteld worden (**keuze 3**), raakt aan de vaststelling van afgeleide vrijgavecriteria: zo moet worden vastgesteld of een afgeleid criterium geldt voor bijvoorbeeld de gemiddelde of maximale concentratie van een radionuclide.

Onafhankelijk van welke optie voor criteria voor vrijgave wordt gekozen, moet worden besloten welke blootstellingsscenario's relevant zijn. IenW kan verschillende eisen stellen aan de berekeningen (**keuze 8**). In België moet de exploitant de berekeningen uitvoeren [2]. Deze moeten worden goedgekeurd door de Veiligheidsautoriteit. In het *position paper* van FANC staan enkel eisen aan de blootstellingswegen die moeten worden beschouwd (te weten: tenminste ingestie, inhalatie, externe gamma-bestraling en bèta-huidbestraling). Aanvullende eisen die IenW kan overwegen zijn:

- Het gebruik van een specifieke rekenmethode, bijvoorbeeld een methode beschreven in een specifiek IAEA-document of een rekenpakket zoals RESRAD [12]. Indien een specifieke rekenmethode wordt voorgeschreven: gaat het om een specifieke versie of kan men ook een latere (de geldende) versie gebruiken?
- Het specificeren van de blootgestelde persoon: is dit bijvoorbeeld een gemiddelde inwoner van Nederland, of moet het ICRP-concept representatieve persoon [5] worden gebruikt? Hoe moet dit concept eventueel in de praktijk worden toegepast?
- Het meenemen van specifieke blootstellingsroutes, bijvoorbeeld inwendige besmetting door ingestie van landbouwproducten of door ingestie van oppervlakte- of grondwater.
- Het voorschrijven van specifieke invoerparameters (of invoerparameters uit een specifieke bron).

Het inbouwen van enige mate van flexibiliteit is aan te raden, omdat er altijd situaties kunnen zijn die niet standaard zijn. Als een bepaald terrein bijvoorbeeld niet geschikt is voor akkerbouw (vanwege de ligging, grondsoort, …), dan zal blootstelling door ingestie van gewassen geen relevante blootstellingsroute zijn. Het is dan ook niet nodig om dit mee te nemen in de blootstellingsscenario's. Daarnaast kunnen *best practices* wijzigen bij nieuwe inzichten (bijvoorbeeld: invoerparameters zoals de typische consumptie van bepaalde voedselproducten).

Tabel 1: Voor- en nadelen van het opnemen van dosiscriteria (microSv·a^{-1}) en afgeleide criteria (Bq·g^{-1}) in wet- en regelgeving.

Opnemen in wet- en regelgeving	**Voordeel**	**Nadeel**
Dosis (microSv·a^{-1})	- Maatwerk mogelijk (bijv. situaties waarbij scenario's moeten worden toegevoegd of uitgesloten) - Nieuwe inzichten kunnen in de toekomst eenvoudig worden opgepakt	- Afgeleide vrijgavecriteria moeten voor elke situatie opnieuw worden berekend - Verschillende ondernemers kunnen uitkomen op verschillende afgeleide criteria
Afgeleide criteria (Bq·g^{-1})	- Consistentie: alle ondernemers gebruiken dezelfde afgeleide criteria (en dus ook dezelfde scenario's)	- Veel werk aan de voorkant - Maatwerk niet mogelijk (bijv. situaties waarbij scenario's moeten worden toegevoegd of uitgesloten) - Bij nieuwe inzichten moeten berekeningen overnieuw

We merken hier nog op dat het aan te bevelen is, bij het vaststellen van afgeleide vrijgavecriteria voor terreinen, ook vrijgavecriteria voor materialen te betrekken: bij het schatten van de dosis die burgers kunnen ontvangen na vrijgave van een terrein, zijn andere scenario's relevant dan bij vrijgave van een materiaal, bijvoorbeeld doordat materialen kunnen worden verplaatst. Eenzelfde dosiscriterium kan hierdoor leiden tot verschillende afgeleide criteria voor terreinen en materialen. Het IAEA geeft aan dat het redelijk kan zijn voor terreinen een hoger dosiscriterium te hanteren dan voor materialen, omdat er grotere zekerheid bestaat over het gebruik van terreinen [11]. In de praktijk lijkt het echter niet werkbaar dat bijvoorbeeld een terrein onvoorwaardelijk vrijgegeven wordt, maar de grond op dat terrein niet mag worden verplaatst.

5.6. De vrijgavemethodologie

De vrijgavemethodologie beschrijft de wijze waarop het terrein wordt onderzocht, de aanpak voor bemonsteren en meten, en de manier waarop wordt aangetoond of het terrein voldoet aan de gestelde dosiscriteria.

Het uitgangspunt is dat de exploitant moet aantonen dat het terrein voldoet aan de dosiscriteria. De nulhypothese is dus dat het terrein niet voldoet (niet vrijgegeven kan worden); de exploitant moet metingen verrichten en statistische tests uitvoeren (en eventueel saneren) om aan te tonen dat dit wel het geval is.

De doelstelling van de methodologie is volgens FANC "*om gedurende de volledige ontmanteling een duidelijke en consistente benadering na te komen voor alle acties die worden uitgevoerd op besmette of potentieel besmette terreinen*" [2]. De exploitant is verantwoordelijk voor het opstellen van de methodologie en kan daarbij aansluiten op bestaande methodologieën zoals MARSSIM [13], EURSSEM [14] en DIN 25457-7 [15]. De eerste twee documenten zijn beschreven in een RIVM-notitie uit 2020 [16].

In het *position paper* van FANC zijn 5 algemene stappen van de methodologie beschreven:

1. *Historische site assessment*. Deze stap omvat het verzamelen van alle relevante informatie over het terrein, bijvoorbeeld uit eerdere karakterisering of over

incidenten. Het doel is onder andere om te bepalen welke zones al dan niet (mogelijk) zijn besmet.

2. *Beperkte radiologische inventarisatie*[2]*.* Deze stap wordt gebruikt om het terrein verder te onderzoeken. Er wordt een beperkt aantal metingen verricht. De resultaten hiervan worden gebruikt als input voor de volgende stap, om een voorlopige evaluatie te maken van potentiële risico's, en om het terrein in te delen in zones van verschillende categorieën. FANC geeft als voorbeeld de zonering van MARSSIM (met het eigen dosiscriterium):
   - *Cat. 1:* Verwachte besmetting, leidend tot een effectieve jaardosis >10 microSv·a^{-1}.
   - *Cat. 2:* Verwachte besmetting, leidend tot een effectieve jaardosis <10 microSv·a^{-1}.
   - *Cat. 3:* Zeer lage kans op aantreffen van besmetting.
   - *Niet-beïnvloede zone:* Met zekerheid geen besmetting aanwezig.
3. *Volledige radiologische karakterisering.* Deze stap bestaat uit een gedetailleerde karakterisering voor de zones van categorie 1 en 2. Het doel is om te bepalen welke besmettingen aanwezig zijn en of sanering nodig is (en indien dit het geval is: data verzamelen voor de evaluatie van de sanering). Het is de meest uitgebreide stap. Voor de overige zones volstaan de metingen die in stap 5 worden uitgevoerd.
4. *Onderzoek tijdens sanering van besmette zones.* Wanneer uit de voorgaande stap blijkt dat besmettingen aanwezig zijn (waarbij de effectieve jaardosis >10 microSv·a^{-1}), moet een saneringsplan worden opgesteld. Tijdens de saneringswerkzaamheden worden metingen uitgevoerd. Het doel van de metingen is om de werkzaamheden te ondersteunen en te beoordelen wanneer de saneringswerkzaamheden voltooid zijn (eventueel: wanneer aanvullende sanering niet langer ALARA is).
5. *Finale status*. Als laatste wordt een finale radiologische karakterisering uitgevoerd. De resultaten hiervan worden, samen met metingen voor en na eventuele sanering, gebruikt om aan te tonen dat het terrein voldoet aan de gestelde dosiscriteria.

Gedetailleerde informatie over de vrijgavemethodologie wordt niet gegeven in het *position paper* van FANC. Hiervoor verwijst FANC naar (bijvoorbeeld) de drie eerder genoemde documenten MARSSIM, EURSSEM en DIN 25457-7. Op basis hiervan kan de exploitant zelf een gedetailleerd plan opstellen waarin onder andere zijn beschreven de wijze waarop de historische site assessment wordt uitgevoerd (welke informatie is relevant), de monsternamestrategie (aantal monsters en patroon van bemonstering), de gebruikte meetapparatuur, hoe wordt omgegaan met hotspots, e.d. Uitgaande van het *position paper* heeft de exploitant dus veel vrijheid bij het opstellen van de vrijgavemethodologie en heeft de toezichthouder een belangrijke rol bij de goedkeuring. IenW kan ervoor kiezen om aan te sluiten bij de algemene beschrijving van FANC of om aanvullende eisen op te nemen (**keuze 9**). Eisen kunnen betrekking hebben op de gehele vrijgavemethodologie of specifieke stappen daarvan. Voorbeelden van aanvullende eisen kunnen bijvoorbeeld zijn:

- Het vaststellen van een acceptabele onzekerheid.

[2] In het *position paper* wordt dit als volgt omschreven: "*Indien de data die gecollecteerd werden tijdens het historische site assessment aangeven dat het terrein **besmet is**, wordt een beperkte radiologische inventarisatie uitgevoerd voor de beïnvloede zones.*" Uit de rest van de tekst blijkt dat een historische assessment enkel voldoende is wanneer hieruit blijkt dat het terrein met zekerheid niet besmet is.

- Het aansluiten bij een specifieke methode, zoals MARSSIM, EURSSEM of DIN 25457-7, of delen van deze methoden. Relevante delen kunnen bijvoorbeeld zijn die over zonering, bemonsteringspatronen, …
- Het vaststellen de massa, of eventueel de diepte (zie paragraaf 5.2), waarover gemeten activiteitsconcentraties kunnen worden gemiddeld.
- Vastleggen welke apparatuur moet worden gebruikt.

Net als in paragraaf 5.5 is enige mate van flexibiliteit aan te raden. Zo kan nieuwe apparatuur worden ontwikkeld of kunnen nieuwe methoden beschikbaar komen.

5.7. Beslissing over vrijgave en optimalisatie

Indien voldaan is aan het dosiscriterium van 10 microSv·a^{-1} (of daarvan afgeleide vrijgavecriteria) kan een terrein onvoorwaardelijk worden vrijgegeven binnen de door FANC geschetste kaders. Zoals genoemd in hoofdstuk 3 is dit dosiscriterium van 10 microSv·a^{-1} in het *position paper* van FANC het uitgangspunt. Hiervan kan worden afgeweken, zoals in het stroomschema in Figuur 1, wanneer 10 microSv·a^{-1} in de praktijk niet haalbaar blijkt. In dat geval is vrijgave niet altijd onmogelijk, maar zal eerst moeten worden gekeken of ALARA-sanering mogelijk is.

IenW kan hier het volgende uitwerken (**keuze 10**): hoe wordt getoetst aan het ALARA-principe en welke organisatie(s) is/zijn daarvoor verantwoordelijk? Dit is een complexe keuze: bij vaststellen van een dosisniveau (of afgeleide concentratie) dat zo laag is als redelijkerwijs mogelijk, moeten niet alleen factoren uit de stralingsbescherming worden meegenomen[3], maar ook, bijvoorbeeld, sociaal-economische factoren. Het vaststellen van een dergelijk toetsingskader gaat de afbakening van deze notitie te boven. Het is aan te raden, vast te leggen hoe verantwoordelijkheden belegd zijn, en aandacht te besteden aan de invulling van het ALARA-principe.

Het stroomschema van FANC biedt ruimte voor zowel voorwaardelijke als onvoorwaardelijke vrijgave. Opvallend in het stroomschema van FANC is, dat bij doses in het gebied 100-300 microSv·a^{-1} (en geen ALARA-sanering) **on**voorwaardelijke vrijgave mogelijk is. Hierin is een keuze (**keuze 11**) te maken of dit ook wenselijk is in Nederland.

[3] Of ALARA-sanering mogelijk is, kan ook afhangen van de achtergrond. Indien de vastgestelde achtergrond (paragraaf 5.4) hoog is, is het wellicht voor bepaalde radionucliden niet mogelijk om een (relatief kleine) besmetting aan te tonen die overeenkomt met 10 microSv·a^{-1}.

6. Referenties

1. F. Dekkers, et al., *Vrijgave van terreinen na werkzaamheden met radioactiviteit. Mogelijkheden voor dosiscriteria*, RIVM-rapport 2022-0184, 2023.
2. Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), *Position paper voor vrijgave van nucleaire terreinen*, 2014-06-26-XX-5-4-1-NL, Rev.1, 2019 (Rev. 1).
3. European Commission, *Radiation protection 122 - Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption - Part I*, 2000.
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance*. IAEA RS-G-1.7, Wenen: IAEA, 2004.
5. ICRP, *Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public*, ICRP Publication 101a. Ann. ICRP 36 (3), 2006.
6. Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC). *Wet sanering bodems*. Beschikbaar via https://www.jurion.fanc.fgov.be/jurdb-consult/consultatieLink?wettekstId=32608&appLang=nl&wettekstLang=nl, geraadpleegd 17 maart 2023.
7. S. Thierfeldt, et al., *Überarbeitung der Strahlenschutzverordnung bzgl. der Regelungen zur Freigabe künstlicher radioaktiver Stoffe zur Umsetzung der neuen Euratom-Grundnormen in deutsches Recht – Konzept zur Umsetzung - Vorhaben 3614R03520. Band 3: Bericht zu AP2*, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) BfS-RESFOR-132/18, 2018.
8. S. Thierfeldt, et al., *Ressortforschungsberichte zum Strahlenschutz - Überarbeitung der Strahlenschutzverordnung bzgl. der Regelungen zur Freigabe künstlicher radioaktiver Stoffe zur Umsetzung der neuen Euratom-Grundnormen in deutsches Recht – Konzept zur Umsetzung - Vorhaben 3614R03520 Band 1: Schlussbreicht*, 2018.
9. Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), *Position paper voor vrijgave van gebouwen*, 2015-08-28-XX-5-4-1-NL, Rev. 1, 2017 (Rev. 1).
10. Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC), *Position paper m.b.t. de opheffing van de reglementaire controle waarmee de buitenbedrijfstellingsfase van een nucleaire installatie wordt afgesloten*, 2019-06-05-XX-5-4-2-NL, 2019.
11. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), *Release of Sites from Regulatory Control on Termination of Practices*. WS-G-5.1, Wenen: IAEA, 2006.
12. Argonne National Laboratory. *RESRAD family of codes*. Beschikbaar via https://resrad.evs.anl.gov/, geraadpleegd
13. US NRC, EPA, en DOE, *Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual (MARSSIM) (Revision 1)*, NUREG-1575 (Rev. 1), EPA 402-R-97-016 (Rev. 1), DOE/EH-0624 (Rev. 1), 2000.
14. European Commission (Co-ordination Network on Decommissioning), *European Radiation Survey and Site Execution Manual (EURSSEM)*, 2009.
15. Deutsches Institut für Normung (DIN), *DIN 25457-7: Activity measurement methods for the clearance of radioactive substances and nuclear facility components - Part 7: Ground surfaces and excavated soil*, 2017.
16. M. van der Schaaf, *Toepasbaarheid diverse documenten t.b.v. radiologische vrijgave van terreinen*, RIVM-notitie geschreven in opdracht van de ANVS, 2020.

Dit document is op 1 september 2025 technisch aangepast ter verbetering van de digitale toegankelijkheid. De inhoud en vormgeving zijn ongewijzigd.