



rivm

Rapport 703719043/2010

P.J.M. Kwakman | J.F.M. Versteegh

Maatregelen na een radiologische besmetting van drinkwater en drinkwaterbronnen

RIVM-rapport 703719043/2010

Maatregelen na een radiologische besmetting van drinkwater en drinkwaterbronnen

P.J.M. Kwakman
J.F.M. Versteegh

Contact:
Pieter Kwakman
Laboratorium voor Stralingsonderzoek
pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM Inspectie Noord-West, in het kader van project 703719, Monitoring Drinkwater

© RIVM 2010

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Maatregelen na een radiologische besmetting van drinkwater en drinkwaterbronnen

Drinkwater kan door een radiologisch incident verontreinigd raken met radioactief materiaal. Om de stralingsdosis na de consumptie van drinkwater te beperken, kunnen Nederlandse drinkwaterbedrijven nooddrinkwater verstrekken. Drinkwaterbedrijven zijn wettelijk verplicht deze voorziening te kunnen leveren. Ook kunnen ze een andere bron dan de vervuilde kiezen om drinkwater van te produceren.

Dit blijkt uit onderzoek van het RIVM in opdracht van de VROM Inspectie. Hierin zijn voor het eerst de handelingsperspectieven van drinkwaterbedrijven in deze situatie geïnventariseerd. Schoon drinkwater is altijd nodig en na een radiologische besmetting van drinkwater is snel handelen noodzakelijk. De handelingsperspectieven zijn ontleend aan een Europees handboek, dat op haalbaarheid is vertaald naar de Nederlandse situatie.

In het onderzoek is verder uiteengezet bij welke besmettingsniveaus sprake is van een gevaar voor de gezondheid en wat er dan moet gebeuren. Daarnaast zijn beslisschema's opgesteld om gerichte acties te kunnen bepalen en bijlagen met drie uitgewerkte scenario's. De nadruk ligt op het beheer van de radioactieve besmetting van het drinkwater zoals dat 'uit de kraan' aan de bevolking wordt geleverd.

Trefwoorden:

drinkwater, radioactiviteit, dosis, besmetting, herstelmaatregelen

Abstract

Countermeasures following a radiological contamination of drinking water and drinking water sources

The possible radiological contamination of drinking water must be considered following a radiological event. Drinking water companies in the Netherlands are lawfully obliged to supply an acceptable amount of 'clean' emergency drinking water. One option is to utilize their emergency water reserves in order to minimize radiation exposure resulting from the consumption of contaminated drinking water. A second option would be to change the abstraction point of the raw water used to produce drinking water.

These were the conclusions drawn by the RIVM following its investigation of possible recovery actions for handling such a situation. This first inventory of recovery actions aimed at managing radioactive contaminants in drinking water in the Netherlands was carried out by order of the Inspectorate of the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment. There is an ongoing need for clean drinking water, and a rapid and effective recovery action is required following a radiological contamination incident. The two recovery actions proposed in the inventory are taken from a European Handbook and subsequently adapted to the Netherlands for implementation at the national level.

The investigation also determined contamination levels in terms of their respective health risks and the countermeasures that should be taken. In addition, the report contains decision trees to determine the specific actions to be taken and annexes with worked-out scenarios. The emphasis of the report is on the management of radiological contaminants in drinking water that is delivered to the public as tapwater.

Key words:

drinking water, radioactivity, dose, contamination, countermeasures

Inhoud

Samenvatting		9
1	Inleiding	11
1.1	Algemeen handboek	11
1.2	Doel van dit rapport	11
1.3	Doelgroep	12
1.4	Aanwijzingen voor gebruik van dit rapport	13
2	Maatregelopties	15
2.1	Hulpschema voor besluitvorming	15
2.2	Alternatieve drinkwatervoorziening	18
2.3	Zuivering van water in zuiveringsfaciliteiten	18
2.4	Verandering van wateronttrekkingspunt of locatie van waterbron	18
2.5	Gecontroleerde menging van drinkwater	19
2.6	Zuivering van drinkwater aan de kraan	19
2.7	Koppeling van drinkwaterbedrijven en distributiegebieden	19
3	Criteria en wetgeving	21
3.1	Criteria voor ongevallen	21
3.2	Criteria voor reguliere situaties	23
3.3	Gebruik van interventieniveaus	23
4	Openbare drinkwatervoorziening	25
4.1	Belang van verschillende waterbronnen bij het beïnvloeden van stralingsblootstelling	25
5	Toezicht op kwaliteit van drinkwater	27
5.1	De drinkwater wetgeving onder VROM	27
5.2	Overschrijding van interventieniveaus ?	27
5.3	Monitoringstrategie	27
5.4	Analyse van watermonsters	27
5.5	Waarneming met een handmonitor	28
6	Radioactiviteit en dosis	31
6.1	Radioactiviteit - becquerel	31
6.2	Dosis - sievert	31
6.3	Stralingsdosis na consumptie van drinkwater	32
6.4	Drinkwater – schattingen na depositie	33
7	Trainingsscenario's	37
8	Conclusies	39
Literatuur		41
Bijlage A	Volledige originele titel – bronvermelding	43
Bijlage B	Toepassing van screening-methodes voor totaal alfa- en totaal bèta-activiteit	44
Bijlage C	Informatiebladen met maatregelopties	45
C1.	Alternatieve nooddinkwatervoorziening	45
C2.	Zuivering van water in zuiveringsinstallaties	46
C3.	Verandering in wateronttrekkingspunt	51
C4.	Gecontroleerde menging van drinkwater	54
C5.	Zuivering van drinkwater aan de kraan	54

Bijlage D	Trainingsscenario's	55
D1.	Besmetting door depositie van stof uit een radioactieve wolk	55
D2.	Directe besmetting van water voor zuivering	59
D3.	Directe besmetting van water na zuivering	62
Bijlage E	Effectiviteit van waterzuivering van radioactieve verontreinigingen	65
Bijlage F	Voorbeeld communicatiestrategie	68
Bijlage G	Woordenlijst	69

Samenvatting

Dit rapport bevat informatie voor het kiezen van herstelopties in het geval dat drinkwater radiologisch verontreinigd is. Het bevat beslisbomen die helpen bij het bepalen van de juiste keuze, beschrijvingen van de herstel mogelijkheden, informatie over radiologische aspecten, en een aantal informatiebladen.

Bij een radiologisch incident dient met de mogelijke verontreiniging van drinkwater en de stralingsdosis na consumptie van dit water rekening gehouden te worden. Dit rapport geeft mogelijkheden om de stralingsdosis door consumptie van besmet drinkwater te verminderen. Voorbeelden zijn het opstarten van de nooddrinkwatervoorziening en het veranderen van de onttrekkingspunten van ruwwater. In uitzonderingsgevallen kan er drinkwater gemengd worden of kunnen distributienetten van twee drinkwaterbedrijven gekoppeld worden. Het op grote schaal aanvullend zuiveren van drinkwater in de zuiveringsinstallaties is gezien de vereiste voorbereidingstijd geen uitvoerbare optie. Het zuiveren van drinkwater aan de kraan is door de onduidelijke efficiëntie van commercieel verkrijgbare filters en de beperkte schaal waarop deze filters inzetbaar zijn eveneens geen optie.

De nadruk ligt op het beheer van de radioactieve besmetting van het drinkwater zoals geleverd aan het publiek, dat wil zeggen 'uit de kraan' en niet in drinkwaterbronnen (bijvoorbeeld spaarbekkens). Besmet drinkwater heeft namelijk directe consequenties voor het publiek.

In het rapport worden enkele informatieve bijlagen gegeven die de lezer op een logische weg door de herstelmaatregelen heen helpt. Tevens zijn er enkele standaardscenario's beschreven om de lezer het gevoel te geven wanneer er welke herstelmaatregelen ingezet kunnen worden.

1 Inleiding

1.1 Algemeen handboek

Binnen het zesde Kaderprogramma van de Europese Unie is een algemeen handboek ontwikkeld voor het beheer van verontreinigde bewoonde gebieden in Europa na een radiologische calamiteit (zie Bijlage A voor de titelpagina of ref [EU, 2009]). Het zesdelige, Engelstalige handboek, opgesteld binnen het EU-project Euranos, dient een tweeledig doel:

1. Het ondersteunt organisaties die verantwoordelijk zijn voor een herstelstrategie direct na een radiologische calamiteit.
2. Het ondersteunt de besluitvorming over herstelopties in de eerste maanden na een radiologische calamiteit.

De zes delen betreffen:

- Deel I: Besluitvormingskader
- Deel II: Samenvatting van informatie over mogelijke tegenmaatregelen
- Deel III: Informatie ter ondersteuning van besluitvorming
- Deel IV: Richtlijnen voor gebruik van het handboek en ander opleidingsmateriaal
- Deel V: Aanwijzingen voor planning en aanpassing van het algemene handboek
- Deel VI: Beheer van drinkwater

Dit voorliggende rapport beslaat het in het Nederlands vertaalde deel VI ‘Beheer van drinkwater’.

Schuingedrukte woorden worden gedefinieerd in de woordenlijst in Bijlage G. In deze woordenlijst zijn alleen de woorden opgenomen die worden gebruikt in dit rapport.

1.2 Doel van dit rapport

1.2.1 Hoofddoel – aanpassen aan Nederlandse situatie

Het handboek is in het Europese kaderproject oorspronkelijk in algemene beschrijvingen opgesteld. Iedere Europese lidstaat dient dit handboek naar de eigen specifieke nationale situatie aan te passen. Het hoofddoel van dit rapport is de tekst van het handboek zoveel mogelijk specifiek van toepassing te maken voor de Nederlandse drinkwaterwinning, -zuivering en -voorziening.

1.2.2 Inhoudelijk doel

In het geval van een *radiologische calamiteit* met verspreiding van radioactieve verontreiniging in een bewoond gebied dient de besmetting van drinkwater en de *ingenomen dosis* na consumptie van dit water, ook in overweging te worden genomen.

Het doel van dit rapport is:

- 1) een leidraad te bieden bij het beoordelen van *herstelopties* voor verontreinigd *drinkwater*

2) de stralingsdoses door de consumptie van drinkwater te verminderen. Het bevat informatie over radiologische aspecten, beschrijvingen van de mogelijkheden, beslismomen die helpen bij het bepalen van de juiste keuze, en een aantal *informatiebladen*.

De nadruk ligt op het beheer van het radionuclidegehalte van het drinkwater zoals geleverd aan het publiek, dat wil zeggen 'uit de kraan' en niet in drinkwaterbronnen, zoals bijvoorbeeld spaarbekkens. De tijd die het duurt voordat verontreinigd water daadwerkelijk wordt geconsumeerd kan aanzienlijk verschillen. Dit geldt met name voor verontreinigde *grondwaterbronnen*, waar de tijd kan variëren van enkele dagen tot enkele decennia. Daarnaast zal de verontreiniging in het water 'uit de kraan' waarschijnlijk aanzienlijk lager zijn dan in de waterbron, vanwege verdunning, waterzuivering en radioactief verval. Derhalve is het relevanter om ons te richten op het beheersen van verontreiniging in het water zoals het geconsumeerd wordt door het publiek in plaats van de waterbronnen zelf. Er wordt een aantal richtlijnen gegeven voor het waarschijnlijke tijdsbestek van verontreiniging van verschillende *waterbronnen* na een *radiologisch incident*. Flessenwater of mineraalwater komen niet aan de orde in het rapport.

Het belangrijkste streven van dit rapport is richtlijnen te bieden die relevant zijn bij een ongevals-lozing van een nucleaire faciliteit of bij een ongeval met transport van nucleair materiaal. Veel *herstelopties* zullen echter ook relevant zijn in geval van veel andere radiologische calamiteiten. Het rapport behandelt een groot aantal radionucliden. De termen '*radiologische calamiteit*' en '*radiologisch incident*' worden in het rapport gebruikt om zowel ongevallen als andere lozingen van radioactiviteit te omschrijven.

Het rapport beoogt niet alle kwesties die aan de orde zouden kunnen zijn te behandelen. Het gaat in het bijzonder niet in op:

- gedetailleerde voorafgaande planning voor *radiologische calamiteiten*, van tevoren opgestelde persberichten en standaardantwoorden;
- overzichten/gegevens van contactpersonen en dienstverleners; verantwoordelijkheden van organisaties in het geval van een radiologische calamiteit;
- een communicatiestrategie (er wordt in Bijlage F verwezen naar een PWN-rapport);
- afstemming van reacties op verschillende niveaus, bijvoorbeeld lokaal, regionaal, enz.;
- de bredere sociaal-maatschappelijke kwesties van aantasting en schadevergoeding voor geleden bedrijfs- en persoonlijke schade.

1.3 Doelgroep

De doelgroep voor dit rapport is afhankelijk van de reactie op noodsituaties waarbij radioactiviteit vrijkomt en van de coördinatie van verantwoordelijke organisaties. De volgende personen en/of organisaties zouden hierbij betrokken kunnen zijn:

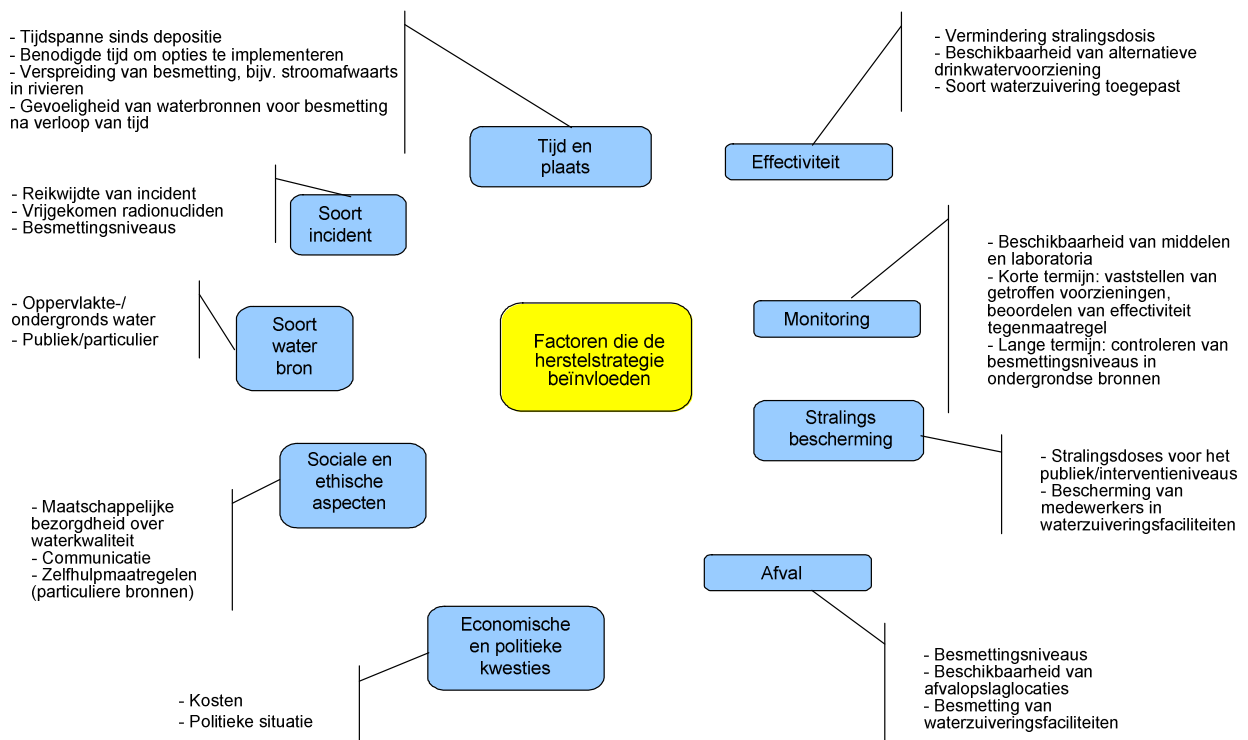
- Waterbedrijven;
- Waterlaboratoria;
- lokale overheden / vertegenwoordigers;
- waterschappen en gezondheidsinstellingen;
- politie en brandweer;
- nationale autoriteiten;
- stralingsspecialisten.

Andere *belanghebbenden* die een belangrijke rol spelen bij de ontwikkeling van een herstelstrategie dienen ook te worden beschouwd als potentiële gebruikers van een dergelijk rapport.

1.4 Aanwijzingen voor gebruik van dit rapport

Dit rapport bevat veel informatie die kan worden gebruikt bij het kiezen van tegenmaatregelen. Het moge duidelijk zijn uit **Figuur 1** dat niet alleen maar technische gegevens leiden tot de keuze van een herstelmaatregel, maar dat er veel factoren zijn die in overweging moeten worden genomen. Gebruikers van dit rapport kunnen dit soort diagrammen ook gebruiken als checklist om ervoor te zorgen dat alle factoren die van invloed zouden kunnen zijn op een herstelstrategie worden meegenomen in de overweging. Daarnaast kunnen de diagrammen gebruikt worden in de communicatie met *belanghebbenden*, om toe te lichten hoe een bepaalde herstelstrategie is ontwikkeld (zie ook Bijlage F).

Hoofdstuk 2 is de kern van dit rapport en bevat een uitgebreid beslisschema om de gebruiker te helpen bij de keuze van herstelmaatregelen. Hoofdstuk 3 bevat informatie over wetgeving voor ongevallen en routinesituaties. Hoofdstuk 4 beschrijft de openbare drinkwatervoorziening, en hoofdstuk 5 het toezicht. Hoofdstuk 6 geeft enkele richtlijnen voor het schatten van een dosis. Hoofdstuk 7 geeft enkele scenario's die het ontwikkelen van een herstelstrategie kunnen ondersteunen. De bijlagen bevatten uitgebreide achterliggende informatie die de bovenstaande hoofdstukken ondersteunen.



Figuur 1 Factoren die de herstelstrategie kunnen beïnvloeden

2 Maatregelopties

2.1 Hulpschema voor besluitvorming

In het geval dat *activiteitsconcentraties* hoger zijn dan de interventieniveaus of screeningniveaus, zijn maatregelen noodzakelijk om deze te reduceren. Tabel 1 toont de *maatregelopties* die beschikbaar zijn voor *openbare en particuliere drinkwatervoorzieningen*. Voor elk van deze opties is een *informatieblad* ontwikkeld. De informatiebladen in Bijlage C bevatten belangrijke informatie voor elke optie voor drinkwaterbeheer om de gebruiker te ondersteunen bij het maken van de juiste keuze in de betreffende situatie. De verschillende opties worden op algemene wijze besproken in de informatiebladen. De daadwerkelijke implementatie is afhankelijk van de gebruikelijke methodes die gehanteerd worden binnen een drinkwaterbedrijf.

Tabel 1 Informatiebladen voor maatregelopties voor drinkwater^a

Paragraaf	Bijlage	Beschrijving van beheeroptie
2.2	C1	Alternatieve drinkwatervoorziening
2.3	C2	Zuivering van water in zuiveringsfaciliteiten
2.4	C3	Verandering van wateronttrekkingspunten
2.5	C4	Gecontroleerde menging van drinkwatervoorziening
2.6	C5	Zuivering van drinkwater aan de kraan

a) De volgorde van de informatiebladen dient niet te worden geïnterpreteerd als de voorkeursvolgorde voor implementatie. Alle opties dienen te worden overwogen.

Een richtlijn voor besluitvorming en het afwegen van *maatregelopties* worden weergegeven in een beslisboom in Figuur 2. Deze boom dient op de volgende manier gebruikt te worden:



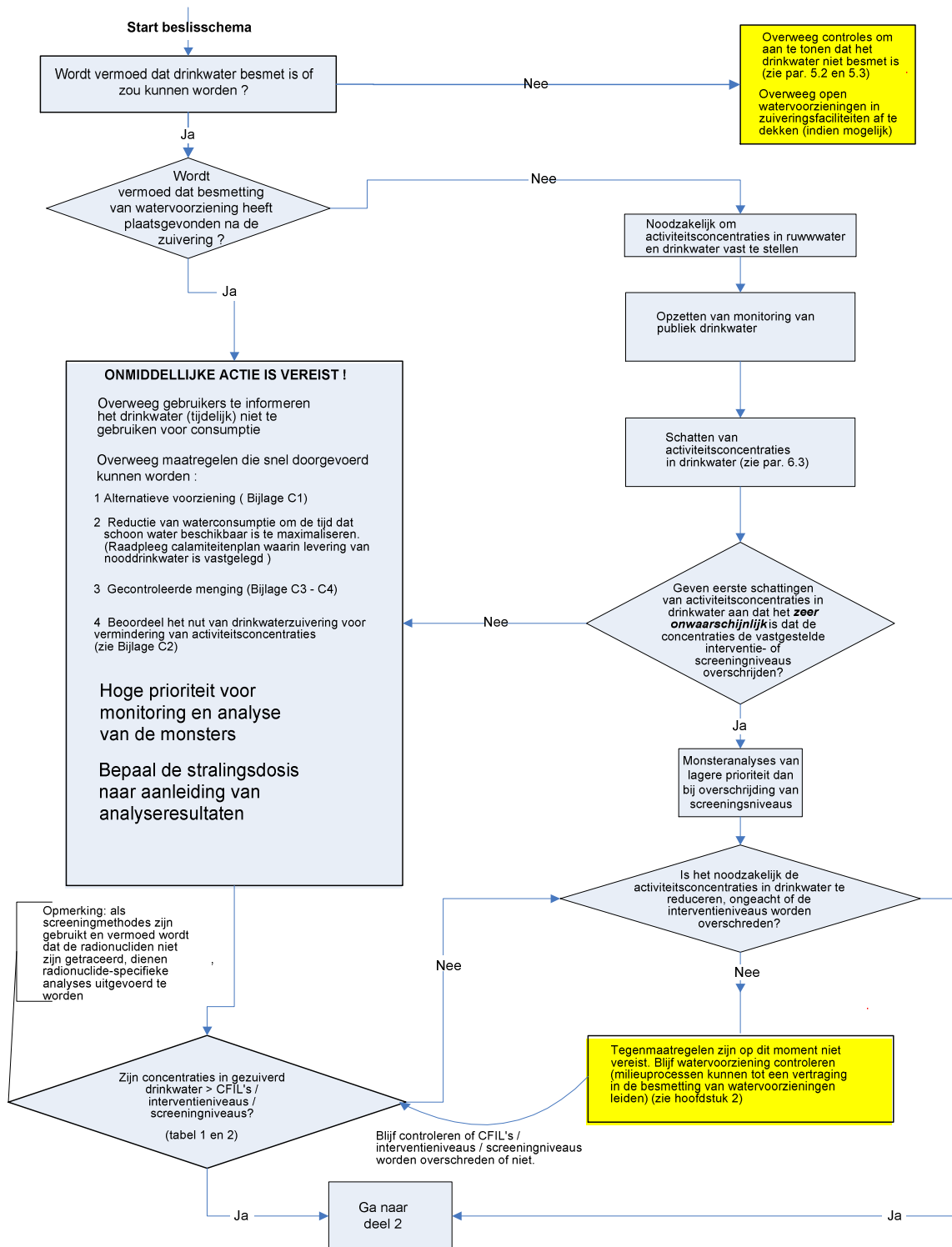
Geeft een besluitvormingspunt aan



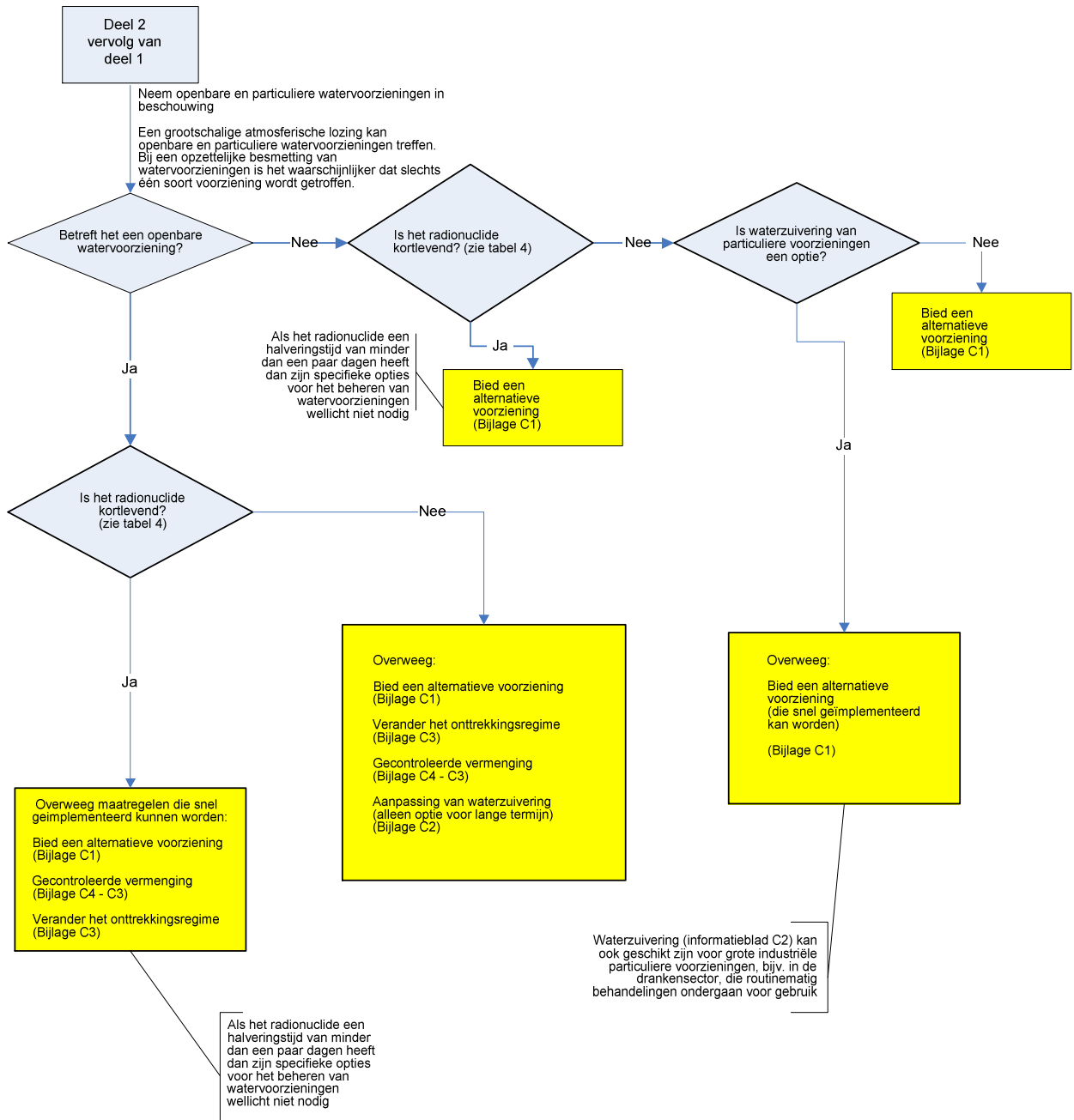
Geeft een stap aan waarbij actie vereist is



Geeft een eindpunt van de beslisboom aan



Figuur 2 Beslisschema voor maatregelopties voor drinkwater – deel 1



Figuur 2 (vervolg) Beslisschema voor maatregelopties voor drinkwater – deel 2

Er dient onderscheid gemaakt te worden tussen consumptiewater (circa 3 liter per persoon per dag; p.p.p.d) en gebruikswater (circa 120 liter p.p.p.d). Het verstrekken van 3 liter p.p.p.d. is wettelijk vastgelegd in de nooddrinkwatervoorziening. Het toepassen van licht besmet water voor gebruikdoeleinden is in bepaalde gevallen te rechtvaardigen. Dit is uiteraard afhankelijk

van het soort nuclide, de hoogte van de besmetting en het soort gebruiksdoel. Er is daarom geen algemene regel te geven, maar er zal per geval een advies opgesteld moeten worden.

In Bijlage C1 tot en met C5 zijn de volledige uitwerkingen opgenomen van de maatregelopties. Hieronder volgt een beknopte weergave van de maatregelopties.

2.2 Alternatieve drinkwatervoorziening

Als activiteitsconcentraties de interventieniveaus overschrijden, dient de nooddrinkwatervoorziening geactiveerd te worden. Dan wordt drinkwater geleverd buiten het net om. Feitelijk is dit in Nederland beschreven in de leveringsplannen waar de nooddrinkwatervoorziening in is vastgelegd. In Bijlage C behandelt informatieblad C1 het gebruik van:

1. flessenwater
2. water geleverd door waterbedrijven via tanks en tankwagens op distributiepunten (aangewezen door de gemeenten)

In de meeste gevallen kan de watervoorziening gebruikt blijven worden voor niet-consumptieve doeleinden, zoals wassen, toiletspoelen en schoonmaken, zonder dat dit tot gevaar voor de gezondheid leidt.

2.3 Zuivering van water in zuiveringsfaciliteiten

Waterzuiveringsfaciliteiten gebruiken verschillende processen om verontreinigingen uit drinkwater te verwijderen. Al deze processen verwijderen radionucliden tot op zekere hoogte. De belangrijkste toegepaste processen zijn beluchting, snelfiltratie, flocculatie, langzame zandfiltratie, actieve-koolfiltratie, duinfiltratie, membraanfiltratie, ionenwisseling en omgekeerde osmose. Deze processen zijn lastig op korte termijn aan te passen. Een proces als ontharding is wellicht snel te intensiveren en is daarmee een uitzondering. Het toepassen van extra beluchting voor het verwijderen van vluchtige jodiumverbindingen zal slechts een marginaal effect hebben. Voor een overzicht van de efficiëntie van de diverse zuiveringsstappen op het verwijderen van een aantal radionucliden wordt verwezen naar de tabel in Bijlage C2.

2.4 Verandering van wateronttrekkingspunt of locatie van waterbron

Het informatieblad in Bijlage C3 behandelt veranderingen in onttrekkingspunten en het gebruik van alternatieve waterbronnen. In Nederland heeft ieder drinkwaterbedrijf in de leveringsplannen vastgelegd wat er zou kunnen gebeuren als er een onttrekkingspunt uitgeschakeld moet worden. In principe is dit mogelijk, maar vergt de uitvoering een forse voorbereiding. Vaak zijn er (grondwater- of duinwater-) reserves die gedurende enkele dagen tot weken gebruikt kunnen worden met als doel voldoende tijd te hebben om het probleem elders aan te kunnen pakken. Met name grondwater als drinkwaterbron is in Nederland in ruime mate aanwezig en relatief weinig kwetsbaar voor radiologische besmettingen.

- Het Provinciaal Waterleidingbedrijf Noord-Holland (PWN) heeft de mogelijkheid om te schakelen tussen de inname bij Nieuwegein en Andijk. Duinwaterbedrijf Zuid-Holland (DZH; vanaf juni 2009 'Dunea') kan overschakelen van de inname bij Brakel uit de afgedamde Maas naar waterinname vanuit de Waal.
- Het kan mogelijk zijn over te schakelen op alternatieve waterbronnen, bijvoorbeeld onttrekking van grondwater, of het tijdelijk stoppen van de inlaat van rivierwater.

2.5 Gecontroleerde menging van drinkwater

Besmet water kan worden gemengd met onbesmet of minder besmet water (vaak grondwater) als meer dan één voorziening beschikbaar is op het punt van waterzuivering of na de zuivering. Dit is een effectieve wijze om activiteitsconcentraties in water te verlagen tot onder de interventieniveaus. Dit is een reële mogelijkheid in Nederland, bijvoorbeeld bij PWN waar gekozen kan worden tussen drinkwater uit Andijk, Nieuwegein en de duinen. Ieder bedrijf heeft in de leveringsplannen vastgelegd hoe er gekozen zou kunnen worden uit de diverse pompstations, in het geval er één of enkele pompstations besmet zouden raken.

Feitelijk is dit een variant op het veranderen van wateronttrekkingspunt, zoals omschreven in Bijlage C3. Vandaar dat Bijlage C4 verwijst naar Bijlage C3.

2.6 Zuivering van drinkwater aan de kraan

Er zijn commercieel verkrijgbare apparaten die door huishoudens en bedrijven kunnen worden gebruikt om een chemische of biologische verontreiniging van drinkwater te verminderen :

- Waterfilterkannen voor ontharding van water met behulp van ionenwisseling en zuivering met behulp van een koolfilter.
- Kleine omgekeerde osmose-apparaten die onder het aanrecht kunnen worden geïnstalleerd en geschikt zijn voor zowel openbare als eigen winningen.

De effectiviteit van het verwijderen van een radiologische besmetting is echter geheel onduidelijk. Een belangrijk nadeel is dat er extra verontreiniging wordt geïntroduceerd als de filters niet op tijd vervangen of gereinigd worden. Daarbij kunnen dergelijke filters en apparaten slechts in zeer beperkte aantallen geleverd worden. De toepasbaarheid van deze optie, het zuiveren van een radiologische besmetting aan de kraan, is dan ook uiterst twijfelachtig (zie Bijlage C5).

2.7 Koppeling van drinkwaterbedrijven en distributiegebieden

Uit oogpunt van leveringszekerheid zijn distributiegebieden van pompstations veelal gekoppeld: bij uitval van een pompstation kan een ander dan de levering overnemen. Dit is een praktische invulling van de wettelijk vastgelegde leveringszekerheidseis. De koppeling geldt binnen het voorzieningsgebied van een drinkwaterbedrijf, maar soms is er ook sprake van overschrijding van de grenzen van het drinkwaterbedrijf. Deze optie is uitvoerbaar als de reservecapaciteit van pompstations en de transportinfrastructuur toereikend zijn. Dit is meestal wel het geval binnen één bedrijf, maar tussen waterbedrijven is dit vaak beperkt.

Een voorbeeld waarbij het goed is geregeld, is de drinkwatervoorziening van de Haarlemmermeer die in de normale situatie door Waternet en PWN gezamenlijk wordt uitgevoerd door de pompstations Leiduin (Waternet) en Wim Mensink (PWN). Als één van beide pompstations mocht uitvallen heeft de ander voldoende reservecapaciteit om de gehele Haarlemmermeer te voorzien; de transportinfrastructuur is daarvoor ingericht.

3 Criteria en wetgeving

De ICRP (International Commission on Radiological Protection) is het belangrijkste internationale orgaan voor aanbevelingen en normen voor stralingsbescherming. In de meeste westerse landen is de wetgeving inzake stralingsbescherming gebaseerd op ICRP-adviezen. De ICRP deed haar laatste aanbevelingen voor een algemeen beschermingssysteem in 1990 in ICRP-publicatie 60 [ICRP, 1991a]. De ICRP heeft eveneens aanbevelingen gedaan voor de bescherming van het publiek in gevallen van langdurige stralingsblootstelling in ICRP 82 [ICRP, 2000]. Recent is ICRP 105 verschenen betreffende medische stralingsbelasting [ICRP, 2007].

Het beschermingssysteem voor interventie kan gebruikt worden bij het herstellen van een radioactief verontreinigd milieu. In dergelijke situaties kan bescherming alleen geboden worden door bestaande bronnen of routes te verwijderen of te wijzigen, of het aantal blootgestelde mensen te verminderen. ICRP [ICRP, 1991b] heeft het volgende aanbevolen:

1. Tegenmaatregelen dienen te worden genomen als ze naar verwachting meer goed dan kwaad doen. (De rechtvaardiging van interventie.)
2. De kwantitatieve criteria gebruikt voor de introductie en staking van *tegenmaatregelen* dienen zodanig te zijn dat de bescherming van het publiek geoptimaliseerd wordt. (De optimalisatie van interventie.)
3. *Deterministische gevolgen voor de gezondheid* dienen te worden vermeden door tegenmaatregelen te introduceren die de stralingsblootstelling voor individuen onder de drempelwaarde voor deze effecten houden.

Rechtvaardiging van een interventie ?

In de meeste gevallen kan een interventie niet plaatsvinden bij de bron van de blootstelling maar vindt deze plaats in de ruimere omgeving. Dit betekent, met name bij ongevallen, een beperking van de handelingsvrijheid van het individu. Een interventieprogramma moet te allen tijde gerechtvaardigd zijn in de zin dat het meer goed dan kwaad doet. Stralingslimieten zijn niet altijd bepalend voor het besluit of al dan niet interventie maatregelen genomen moeten worden.

3.1 Criteria voor ongevallen

Criteria zijn vereist voor het implementeren van acties met betrekking tot drinkwater. Deze dienen vastgesteld te worden door de bevoegde autoriteiten in de afzonderlijke lidstaten. De Raad van de Europese Unie heeft interventieniveaus (Intervention Levels – IL's) vastgesteld voor radioactieve besmetting in op de markt gebrachte voedingsmiddelen en diervoer (CFIL's – Council for Food Intervention Levels) na een noodsituatie [CEC, 1989a; CEC, 1989b; CEC, 1990].

De CFIL's in Tabel 2 zijn gebaseerd op de beoordeling van de EU van de optimale balans tussen de heilzame en schadelijke gevolgen van de introductie van levensmiddelenbeperkingen in de EU. In Nederland zijn dezelfde interventie niveaus vastgelegd in het Nationaal Plan Kernongevallen [VROM 1988 en 2009]; deze interventieniveaus worden verder NPK-IN's genoemd.

De NPK-IN's kunnen toegepast worden op al het *drinkwater* na een incident, ongeacht de afstand tot het incident. Ze kunnen worden gebruikt om aan te geven of actie ondernomen moet worden om *activiteitsconcentraties* in drinkwater na een radiologisch incident te verminderen,

bijvoorbeeld door een alternatieve voorziening te bieden. De onderstaande interventieniveaus dienen niet exact, maar flexibel geïnterpreteerd te worden.

Tabel 2 NPK-IN's en IAEA interventieniveaus voor drinkwater (Bq.l⁻¹)^a

Radionuclide	NPK-IN ^b	IAEA – interventieniveau	Categorisering van radionucliden besproken in rapport ^{c,d}
Isotopen van strontium, met name ⁹⁰ Sr	125	100	⁹⁰ Sr
Isotopen van jodium, met name ¹³¹ I	500	100	¹³¹ I
Alfa-emitterende isotopen van plutonium en transplutoniumelementen	20	1	²³⁸ Pu, ²³⁹ Pu, ²⁴¹ Am
Alle andere radionucliden met halveringstijd van meer dan 10 dagen, met name radio-isotopen van cesium en ruthenium ^e	1.000	1.000	⁶⁰ Co, ⁷⁵ Se, ⁹⁵ Zr, ⁹⁵ Nb, ⁹⁹ Mo, ¹⁰³ Ru, ¹⁰⁶ Ru, ¹³² Te, ¹³⁴ Cs, ¹³⁶ Cs, ¹³⁷ Cs, ¹⁴⁰ Ba, ¹⁴⁰ La, ¹⁴⁴ Ce, ¹⁶⁹ Yb, ¹⁹² Ir, ²²⁶ Ra ^f

Opmerkingen:

- NPK-IN's verwijzen naar alle watervoorzieningen die zijn bestemd, ten minste deels, voor consumptie en het bereiden van voedsel.
- Het is de som van de concentraties van alle radionucliden binnen een categorie en waargenomen in het water, die vergeleken moet worden met het interventieniveau. Ter vergelijking: in de Waterleidingbesluit staat een grens vermeld voor totaal alfa-activiteit van 0,1 Bq.l⁻¹, voor totaal- β -activiteit van 1,0 Bq.l⁻¹ en voor tritium van 100 Bq.l⁻¹.
- Voor uraniumisotopen dienen maatregelen gebaseerd te zijn op de chemische giftigheid van uranium, die een groter gevaar voor de gezondheid vormt dan de radioactiviteit van uranium [WHO, 2003].
- In deze categorie zijn ¹⁴C, ³H en ⁴⁰K niet opgenomen.
- Opgemerkt dient te worden dat het onwaarschijnlijk is dat radon een probleem vormt, aangezien het hoogst onwaarschijnlijk is dat opzettelijke besmetting van een watervoorziening met ²²⁶Ra zal leiden tot vorming van radongas.

Het IAEA biedt ook algemene interventieniveaus voor levensmiddelen, waaronder drinkwater [IAEA, 2002], zie Tabel 2. Deze zijn van toepassing in situaties waar alternatieve voedselvoorzieningen direct beschikbaar zijn. Ze zijn gebaseerd op en conform de richtniveaus van de Codex Alimentarius Commission voor radionucliden in levensmiddelen die internationaal worden verhandeld [FAO/WHO, 1991]. Deze algemene interventieniveaus zijn bedoeld om in het eerste jaar na een nucleaire of radiologische calamiteit gebruikt te worden.

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) en de Europese Commissie (EC) hebben richtwaarden gepubliceerd voor *activiteitsconcentraties* in drinkwater die van toepassing zijn op het regulier functioneren van bestaande of nieuwe watervoorzieningen [WHO, 2004; EC, 1998; EC, 2005]. De waarden geadviseerd door de WHO en EC gelden **niet** voor watervoorzieningen die verontreinigd zijn geraakt tijdens een noodsituatie waarbij radionucliden in het milieu terecht zijn gekomen. In dit geval dienen de NPK-IN's in Tabel 2, of andere geschikte interventieniveaus zoals de IAEA-waarden te worden gebruikt, zoals hierboven besproken. De richtwaarden voor activiteitsconcentraties in drinkwater die van toepassing zijn op het regulier

functioneren van bestaande of nieuwe watervoorzieningen worden volledigheidshalve hieronder besproken in paragraaf 3.2.

3.2 Criteria voor reguliere situaties

In het algemeen zijn *activiteitsconcentraties* in water lager dan de niveaus vastgesteld door de EC en WHO acceptabel voor menselijke consumptie en hoeven geen maatregelen genomen te worden om het stralingsniveau te verminderen. Richtlijn 98/83/EC van de Europese Commissie over de kwaliteit van water bestemd voor menselijke consumptie [EC, 1998] noemt een indicatieparameter van $0,1 \text{ mSv a}^{-1}$. Deze parameterwaarde wordt totale indicatieve dosis (of TID) genoemd en heeft betrekking op alle radionucliden behalve tritium, ^{40}K , radon en radonvervalproducten. Lidstaten zijn verantwoordelijk voor de controle van drinkwater om zeker te stellen dat de indicatieve dosis niet wordt overschreden. Verdere conceptrichtlijnen van de EC [EC, 2005] adviseren toezicht met behulp van screeningmethodes voor totaal- α -activiteit en totaal- β -activiteit om de parameterwaarde TID te bepalen. Dit wordt verder besproken in Bijlage B.

De WHO geeft enkele radionuclidespecifieke waarden [WHO, 2004] die corresponderen met ongeveer een jaarlijkse dosis van $0,1 \text{ mSv.a}^{-1}$ op basis van specifieke aannames. De WHO stelt dat deze ook toegepast kunnen worden minstens één jaar na een nucleair ongeval, dat wil zeggen ze zijn **niet** geschikt voor toepassing in het eerste jaar volgend op een *radiologisch incident* en dienen niet te worden gebruikt als criteria voor het beoordelen van *herstelopties* binnen dit tijdsbestek.

3.3 Gebruik van interventieniveaus

Interventieniveaus kunnen worden gebruikt om te besluiten tot vervanging van watervoorzieningen die zijn bestemd voor consumptie en het bereiden van maaltijden. In de nooddrinkwatervoorziening is het leveren van 3 liter water p.p.p.d. vastgelegd, zie Bijlage C1. Feitelijk geven de interventieniveaus aan wanneer water niet meer voor consumptief gebruik aangewend zou moeten worden. Aangezien hier de chemische aard van het nuclide en de halfwaardetijd ook van belang zijn, kan er geen algemene regel gegeven worden. Men dient afhankelijk van de situatie adequaat te handelen.

In dergelijke situaties dient advies te worden uitgebracht over wanneer water dat de interventieniveaus overschrijdt voor langdurige periodes nog steeds veilig kan worden gebruikt om te wassen, het toilet door te spoelen en voor andere (niet-consumptieve) doeleinden. Dit wordt verder besproken in Bijlage C, in de informatiebladen voor *maatregelopties*.

Afsluiting van de normale watervoorzieningen kan leiden tot volksgezondheidsproblemen. Andere methodes om de *activiteitsconcentraties* in drinkwatervoorzieningen te verminderen, zoals extra zuivering, veranderingen in het onttrekkingsregime en gecontroleerde menging zijn dan geschikter.

De substitutie van voorzieningen of de implementatie van andere maatregelen kosten tijd, en in de tussentijd is het waarschijnlijk dat water wordt geconsumeerd. Bovendien kan er een periode na het *incident* zijn waarin de controleresultaten nog niet beschikbaar zijn en het water gewoon wordt gedronken door het publiek. Hierbij wordt er nadrukkelijk op gewezen dat als individuen gedurende een beperkte periode (bijvoorbeeld enkele weken) besmet water drinken dat de NPK-IN's overschrijdt, dit nog steeds geen significant stralingsrisico inhoudt. Zie de toelichting over het bepalen van de stralingsdosis in hoofdstuk 6.

4 Openbare drinkwatervoorziening

Drinkwater kan komen uit enkele soorten watervoorzieningen, zie Tabel 3. Dit rapport richt zich op de minimalisering van stralingsdoses voor het algemene publiek via de consumptie van drinkwater uit *openbare of eigen winningen*.

Tabel 3 Definities van categorieën van drinkwatervoorzieningen

Watervoorziening	Beschrijving
Openbaar	<p>Drinkwater wordt geleverd door bij de wet aangewezen waterbedrijven. Voor de openbare drinkwatervoorziening wordt gebruikgemaakt van zowel oppervlaktewater- als grondwaterbronnen.</p> <p>Het drinkwater dat wordt geleverd door waterbedrijven kent strenge kwaliteitseisen. Om te voldoen aan de eisen voor drinkwaterkwaliteit wordt het behandeld in waterzuiveringsinstallaties. De waterbedrijven nemen regelmatig monsters van het water gedurende het zuiveringsproces om te waarborgen dat aan de vereiste normen wordt voldaan en te garanderen dat het water van hoogwaardige kwaliteit is.</p>
Eigen winning (zelfstandige collectieve voorziening)	<p>Een eigen winning is een voorziening van water die niet wordt verzorgd door een bij de wet aangewezen waterbedrijf. Het totale volume in $m^3 \cdot a^{-1}$ is (zeer) gering in verhouding met de openbare drinkwatervoorziening.</p> <p>Eigen winningen betreffen in Nederland hoofdzakelijk grondwater. Het merendeel van de eigen winningen is bestemd voor recreatie in afgelegen gebieden. Er kunnen echter ook eigen winningen in stedelijke gebieden zijn, met name voor bedrijven zoals brouwerijen.</p> <p>Bij veel eigen winningen wordt het water minder intensief behandeld dan bij de openbare drinkwatervoorziening het geval is.</p>

Het kan, na verspreiding van radioactieve verontreiniging in het milieu, nodig zijn om kampeersders te waarschuwen dat water uit bijvoorbeeld beekjes of opgepompt water met handpompen (bijvoorbeeld bij natuurkampeerterreinen) niet gedronken mag worden.

4.1 Belang van verschillende waterbronnen bij het beïnvloeden van stralingsblootstelling

Zoals beschreven in Tabel 3 zijn er verschillende *waterbronnen* die verontreinigd kunnen raken in geval van een *radiologische calamiteit* en die gebruikt kunnen worden voor drinkwatervoorziening aan het publiek. Afhankelijk van de radiologische calamiteit en de wijze van verspreiding zal dit waarschijnlijk leiden tot *verontreiniging* van deze bronnen.

Een lozing in de atmosfeer zal bijvoorbeeld leiden tot directe depositie op de *oppervlaktewatervoorzieningen*, zoals rivieren, spaarbekkens en infiltratieplassen. Bovendien komt afvoer van het omliggende land ook in het water terecht. Bij de verspreiding van een radioactieve wolk over een groot oppervlak kan afwatering een belangrijke bijdrage leveren. Ook kan er na adsorptie van radionucliden aan grond- en kleideeltjes nog lang een trage desorptie of nalevering plaatsvinden.

Directe verontreiniging vindt niet plaats in aquifers; verontreiniging van deze lagen is alleen waarschijnlijk op de langere termijn als de radioactiviteit in de grond doordringt en de grondwaterspiegel bereikt.

Opzettelijke verontreiniging van een watervoorziening zou elke waterbron kunnen treffen en kan ook plaatsvinden tijdens of na de waterzuivering.

Oppervlaktewatervoorzieningen zijn dus kwetsbaarder voor verontreiniging als gevolg van een radiologische calamiteit en zullen sneller verontreinigd worden na een incident dan *grondwaterbronnen*.

Waterbronnen met de hoogste *radioactieve verontreiniging* in het milieu zijn niet noodzakelijkerwijs de bronnen die het meest bijdragen aan de blootstelling van de bevolking. Dit is afhankelijk van de mate waarin ze worden gebruikt voor *drinkwater*. Een bepaalde bron levert misschien maar een kleine bijdrage aan de watervoorziening.

Om de implementatie en timing van de *maatregelopties* te optimaliseren dient rekening gehouden te worden met een aantal belangrijke factoren:

- het soort *waterbronnen* dat wordt gebruikt voor drinkwatervoorziening
- de gevoeligheid voor verontreiniging als gevolg van een *radiologische calamiteit*
- het tijdsbestek waarin ze waarschijnlijk verontreinigd raken.

Deze factoren zijn ook van invloed op het monitoringprogramma. Aan de hand van de in het water gemeten activiteitsconcentratie wordt de stralingsdosis voor de bevolking geschat en wordt duidelijk welke maatregelopties ter beschikking staan.

5 Toezicht op kwaliteit van drinkwater

5.1 De drinkwaterwetgeving onder VROM

De VROM-Inspectie is aangewezen als toezichthouder op de waterbedrijven. Dit betekent dat de waterbedrijven onder andere verplicht zijn kwaliteitsafwijkingen zoals vastgelegd in het Waterleidingbesluit [VROM, 2001] te melden.

5.2 Overschrijding van interventieniveaus ?

Na de verspreiding van radioactief materiaal in het milieu dient het waterbedrijf vast te stellen of de *activiteitsconcentraties* in de *drinkwatervoorzieningen* al dan niet lager zijn dan de vastgestelde interventie- of screeningniveaus. In geval van een noodsituatie met wijdverbreide verontreiniging in het milieu is ruime meetcapaciteit met vooral hoge-resolutie gammaspectrometrie gewenst. In Nederland is dergelijke meetcapaciteit alleen aanwezig bij Aqualab, maar kan er ondersteuning door RWS-Waterdienst en het RIVM geboden worden. Zie ook paragraaf 5.3.

5.3 Monitoringstrategie

Voor de ontwikkeling van een monitoringstrategie is het belangrijk te weten welke *waterbronnen* gevoelig zullen zijn voor *radioactieve besmetting* ten gevolge van een incident. Dit is afhankelijk van het soort incident, bijvoorbeeld of het gaat om een opzettelijke besmetting van een watervoorziening of wijdverbreide besmetting als gevolg van een atmosferische lozing, en van de aard van de waterbron, dat wil zeggen gaat het om *oppervlaktewater* of *grondwater*. Grondwaterbronnen hebben een veel kleinere kans om besmet te raken, en als ze besmet raken zal dit veel langer duren dan bij oppervlaktewaterbronnen. Deze informatie voor een bepaald gebied dient gebruikt te worden om prioriteiten vast te stellen voor de controle van drinkwatervoorzieningen na een incident. Tot op zekere hoogte kunnen deze prioriteiten worden bepaald als onderdeel van het draaiboek voor noodsituaties voor de distributie van drinkwater in bepaalde geografische gebieden.

De mate en regelmaat van de controles zullen in ieder geval afgestemd worden op het specifieke *incident*. In het DRIMKO-rapport [Kwakman en Reinen, RIVM, 2008] is voor de Nederlandse situatie een schatting gemaakt van de meetfrequentie en de analytische capaciteit.

Als het gaat om het nemen van monsters is het waarschijnlijk dat de waterbedrijven over relevante expertise beschikken. Vergelijkbare expertise kan ook aanwezig zijn bij RWS-Waterdienst, RIVM of Rikilt. Er zijn algemene richtlijnen gepubliceerd over het nemen van monsters na een ongeval [IAEA, 1999].

5.4 Analyse van watermonsters

Onder reguliere omstandigheden hebben de waterbedrijven, RWS-Waterdienst en het RIVM de expertise in huis voor het uitvoeren van metingen. Dit zijn metingen van de totaal- α -activiteit en totaal bèta-activiteit en ^3H , aangezien het bepalen van deze parameters wordt geadviseerd als methode om te voldoen aan de EC-richtlijn inzake drinkwater [CEC, 1998]. Als de juiste expertise en apparatuur al voorhanden zijn, kunnen meetgegevens voor openbare voorzieningen

indien nodig zeer snel geproduceerd worden. Daarom is het belangrijk om te bepalen of dergelijke metingen gebruikt kunnen worden voor een specifiek *incident*. In sommige gevallen kunnen de screeningmethodes voor totaal- α - en totaal- β -activiteit gebruikt worden om aan te tonen dat *activiteitsconcentraties* lager zijn dan een gespecificeerd interventieniveau (in dit geval de NPK-IN's) voor *drinkwater*. Een voorbeeld van deze toepassing van totale metingen van activiteit wordt gegeven in Bijlage B.

Hoge-resolutie gammaspectrometrie is een krachtige techniek die radionuclidespecifieke gegevens verschaft zonder dat het drinkwatermonster eerst een bepaalde behandeling moet ondergaan. Sommige mogelijk belangrijke radionucliden geven echter geen *gammastralen* af, en laboratoria die specifieke alfa- of bètastralers kunnen aantonen moeten ingeschakeld worden om die analyses uit te voeren. Op 6 juli 2009 zijn hierover op een bijeenkomst bij KWR (Nieuwegein) afspraken tussen VROM, de drinkwaterlaboratoria en het RIVM formeel vastgelegd.

Niet alle waterlaboratoria gespecialiseerd in radioanalyse zijn uitgerust om om te gaan met de gevolgen van een *incident*. Hun gebruikelijke werkmethodes moeten misschien enigszins gewijzigd worden. In het algemeen is het bij het reageren op een groot *radiologisch incident* beter om bestaande procedures en methodes aan te passen dan nieuwe op te stellen. Enkele van de factoren die in overweging moeten worden genomen zijn hieronder beschreven.

1. Een groot aantal monsters kan worden verzameld door verschillende mensen. Dit houdt in dat het analyserende laboratorium over een systeem moet beschikken voor kwaliteitsbewaking en traceerbaarheid van monsters.
2. Betrouwbare analytische gegevens zullen snel nodig zijn omdat deze worden gebruikt bij het nemen van beslissingen over een eventuele interventie. De principes van snelle radionuclidenanalyses zijn uiteengezet in een document door Green [1993], en daarnaast zijn algemene richtlijnen voor analytische methodes gepubliceerd [Kwakman en Reinen, RIVM, 2008; IAEA, 1999].
3. Interventieniveaus zoals NPK-IN's liggen veel hoger dan de waarnemingsniveaus die nodig zijn voor veel routinecontroleprogramma's. Daarom zou het mogelijk moeten zijn om relatief snel te laten zien of *activiteitsconcentraties* in drinkwater hoger of lager zijn dan een *interventieniveau*.
4. Zoals bij elk monitoringprogramma zal de daadwerkelijke toegepaste benadering worden bepaald door de doelstellingen en zal moeten worden vastgesteld welke monsters worden verzameld, hoe deze worden behandeld en hoe deze worden geanalyseerd. Daarom is communicatie essentieel tussen diegenen die de doelen stellen, zij die de monsters verzamelen, de analisten, en diegenen die gebruikmaken van de analytische gegevens.

5.5 Waarneming met een handmonitor

Hieronder worden twee voorbeelden gegeven van situaties waar iemand met een handmonitor een radiologische besmetting constateert: een besmette watertank en een besmette hoofdleiding.

5.5.1 Besmette watertank (reinwaterkelder)

Met het programma Soil-Rad (v1.3) is een benadering gemaakt van het dosistempo dat men buiten een besmette reinwaterkelder zou meten. Hierbij is uitgegaan van de volgende set variabelen :

Volume:	2650 m ³ (27 x 33 x 3 m; l x b x h)
Afstand:	1,0 m
Wand (beton):	20 cm (resteert circa 2,5%)
Soort nuclide :	gammastraler Cs-137 (661 keV)
Type handmonitor:	Exploranium GR 130

Voor schatting van een detectiegrens is aangenomen dat er een minimale dosis van 50 nSv.h⁻¹ wordt toegevoegd aan de achtergrond. Dit wordt (bij grond in plaats van water) bereikt met een activiteitsconcentratie in de orde van 1 MBq.m⁻³. Corrigeren we voor de dichtheid van water en de afscherming van de betonnen wand, dan is een activiteitsconcentratie van ongeveer 10 MBq.m⁻³ nodig om een minimale dosis van 50 nSv.h⁻¹ aan te kunnen tonen.

5.5.2 Besmette hoofdleiding

Indien er een mogelijk besmette hoofdleiding wordt benaderd met een handmonitor dan zal de minimaal detecteerbare activiteitsconcentratie in ieder geval hoger zijn dan bij een reinwaterkelder. Er is veel minder water binnen het bereik van de monitor en een hoofdleiding ligt doorgaans onder de grond.

Samenvattend : een handmonitor kan op 1,0 m afstand toegepast worden bij activiteitsconcentraties boven de ~1 MBq.m⁻³ aan ¹³⁷Cs. Bij een ondergrondse hoofdleiding is de diepte, en dus de afscherming van de grondlaag, een belangrijke factor. Het is in deze gevallen raadzaam om een monster te nemen en snel op bèta/gamma-activiteit te screenen.

5.5.3 Conclusie

Ter controle van het overschrijden van interventieniveaus voor gammastralers, dus > 1 kBq.l⁻¹ of > 1 MBq.m⁻³, is een handmonitor zoals de Exploranium GR 130 alleen geschikt bij het bepalen van een hoog-energetische gammastraler op één of enkele meters van een hoofdleiding. In een reinwaterkelder is de afscherming van de betonnen wand zodanig dat een interventieniveau ongeveer een factor 10 overschreden kan zijn. In dat geval is een handmonitor minder geschikt en zullen monsters genomen moeten worden.

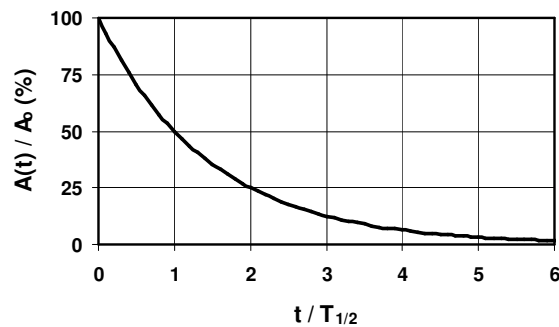
6 Radioactiviteit en dosis

6.1 Radioactiviteit - becquerel

Een atoomkern die uit een onstabiele combinatie protonen en neutronen is opgebouwd zal vroeg of laat vervallen, dat wil zeggen onder uitzending van straling verandert de samenstelling van de atoomkern. Dat verschijnsel heet *radioactiviteit*; isotopen die radioactief vervalt vertonen heten *radionucliden*.

De mate waarin een voorwerp radioactief is wordt uitgedrukt in ‘Het aantal kerndeeltjes dat per seconde vervalt’. De eenheid van radioactiviteit is dus $[s^{-1}]$, maar hieraan is de aparte naam *becquerel* [Bq] gegeven.

De activiteit van een hoeveelheid radioactief materiaal, $A(t)$, neemt in de tijd exponentieel af. Elk radionuclide kent zijn eigen vervalsnelheid, die uitgedrukt wordt in halfwaardetijd, $T_{1/2}$. Na steeds één halfwaardetijd is de helft van de radioactiviteit vervallen. Na $2T_{1/2}$ is dus nog maar een kwart over, en na $5T_{1/2}$ nog ongeveer 3 % (zie Figuur 3). Halfwaardetijden van radionucliden kunnen variëren van microsecondes (bijvoorbeeld: ^{212}Po : $T_{1/2} = 3 \cdot 10^{-7}$ s) tot vele miljarden jaren (bijvoorbeeld: ^{238}U : $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ j).



Figuur 3 Radioactief verval

6.2 Dosis - sievert

Bij radioactiviteit komt ioniserende straling vrij. Deze straling geeft via botsingen zijn energie af aan de omgeving. De gemiddelde energie die per massa-eenheid wordt overgedragen heet geabsorbeerde dosis, D . De eenheid van geabsorbeerde dosis is [J/kg], maar ook deze eenheid heeft een speciale naam gekregen, namelijk gray [Gy]. De dosis die per tijdseenheid wordt geabsorbeerd noemen we dosistempo, \dot{D} , en heeft als eenheid [Gy/s]. Tempo's worden aangegeven met een puntje boven de grootte.

Sommige typen straling zijn schadelijker voor een orgaan dan andere typen straling. Om die reden is de grootte ‘equivalente (orgaan)dosis’, H_T , gedefinieerd. Voor het vergelijken van de

verschillende soorten straling is er een dimensieloze stralingsweefactor, w_R . Deze stralingsweefactor is 20 voor α -deeltjes en 1 voor β - en γ -deeltjes.

Hebben we bijvoorbeeld tegelijkertijd te maken met α - en γ -straling, dan wordt de orgaandosis als gevolg van α -straling vermenigvuldigd met 20, en die als gevolg van γ -straling met 1, en de resultaten worden opgeteld. Is er alleen maar β - en γ -straling aanwezig (en dat is vaak het geval), dan is de equivalente dosis, H_T , gelijk aan de orgaandosis, D_T .

Omdat de stralingsweefactor dimensieloos is, is de eenheid van equivalente dosis gelijk aan die van orgaandosis, namelijk [J/kg]. Echter, dosisgrootheden die volgens hun definitie op een of andere manier de biologische schadelijkheid van straling in rekening brengen worden uitgedrukt in de speciale eenheid sievert [Sv].

Enigszins versimpeld is er een vertaling te maken van dosis (in sievert) naar kans op een effect, bijvoorbeeld de kans op sterfte aan kanker. Voor volwassen werkers is de kanscoëfficiënt voor fatale kanker als gevolg van straling 5 % per Sv [ICRP2007a. Als een hulpverlener tijdens een interventie dus een effectieve dosis oploopt van 200 mSv, loopt hij als gevolg daarvan een extra risico van één op honderd om op termijn aan kanker te overlijden.

6.3 Stralingsdosis na consumptie van drinkwater

Indien *drinkwatervoorzieningen* verontreinigd raken in geval van een *incident*, is het waarschijnlijk dat een gedeelte van het besmette water wordt geconsumeerd. Daarom is het belangrijk dat de stralingsdoses en de risico's die verbonden zijn aan het drinken van dit water effectief gecommuniceerd worden. Dit geldt ongeacht of het water radioactiviteit bevat in concentraties lager of hoger dan de vastgestelde interventieniveaus. De perceptie van het publiek kan de behoefte aan 'schoon' drinkwater ook groter maken. Dit kan strijdig zijn met andere volksgezondheidseisen en is wellicht niet gerechtvaardigd op basis van stralingsbescherming.

Ter illustratie zijn schattingen van *ingenomen doses* gemaakt met de volgende aannames:

- er wordt gedurende drie weken water gedronken (circa 2 l.d⁻¹);
- dit water bevat tien keer de NPK-IN-waarde voor verschillende radionucliden.

Dit besmettingsniveau is aanzienlijk hoger dan bijvoorbeeld het niveau na een *radiologische calamiteit*, zoals in Wit-Rusland na het Chernobyl ongeluk. De reden hiervoor is dat verontreinigingen ofwel snel aanzienlijk verdund worden in de drinkwaterbron of slechts kortstondig in deze geconcentreerde hoeveelheden aanwezig zijn in het drinkwater (in het geval van opzettelijke besmetting).

De geschatte effectieve ingenomen doses zijn weergegeven in Tabel 4. Daaruit blijkt dat de doses in het algemeen lager of vergelijkbaar zijn met de typische blootstelling aan natuurlijke achtergrondstraling die ongeveer 2 mSv per jaar bedraagt [ELE2003]. Hieruit volgt dat de onmiddellijke afsluiting van drinkwatervoorzieningen strikt uit radiologisch oogpunt niet noodzakelijk is. Toch moet te allen tijde geprobeerd worden om de activiteitsconcentraties in het water snel (binnen enkele dagen of weken) te verlagen om de stralingsdoses zo veel mogelijk te verminderen.

Tabel 4 Effectieve stralingsdoses als gevolg van de consumptie van kraanwater^a besmet met tien keer de NPK-IN-waarden (zie Tabel 2) voor drinkwater gedurende drie weken

Radionuclide	Effectieve stralingsdoses, mSv, na consumptie gedurende 3 weken		
	1 jaar oud	10 jaar oud	Volwassene
⁶⁰ Co	1E+01	5E+00	1E+00
⁹⁰ Sr	4E+00	3E+00	1E+00
¹⁰⁶ Ru	2E+01	6E+00	3E+00
¹³¹ ^b I	4E+01	1E+01	5E+00
¹³⁷ Cs	5E+00	4E+00	5E+00
²³⁹ Pu	4E+00	2E+00	2E+00

Opmerkingen:

a) Geconsumeerde hoeveelheid kraanwater: 2 liter per persoon per dag. Indien locatiespecifieke gegevens over de consumptie van kraanwater beschikbaar zijn, kunnen de waarden in de tabel evenredig aangepast worden om de verschillende doses door consumptie weer te geven.

b) Voor het kortlevende radionuclide, ¹³¹I, zal de radioactiviteit drie keer halveren, dat wil zeggen met factor 8, gedurende de periode van drie weken. Dus de geschatte doses zijn overschat, aangezien deze ervan uitgaan dat de activiteitsconcentraties gedurende drie weken op hetzelfde niveau blijven. Tevens kan bij een jodiumbesmetting de dosis gereduceerd worden door het uitdelen van jodumpillen (jodiumprofylaxe).

Tabel 5 toont stralingsdoses na het drinken van water gedurende een jaar met een initieel besmettingsniveau van 1 Bq l⁻¹, waardoor de radioactiviteit gedurende het jaar kan vervallen zonder verdere besmetting van het water. Indien de activiteitsconcentratie afwijkt van 1 Bq.l⁻¹ dan mag daar recht evenredig voor gecorrigeerd worden. Een initiële activiteitsconcentratie van 50 Bq.l⁻¹ ⁶⁰Co, geconsumeerd gedurende een periode van 3 maanden levert dus voor een volwassene een dosis op van $2 \cdot 10^{-3} \text{ mSv} \cdot \text{j}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1} \times \frac{1}{4} \text{ j} \times 50 \text{ Bq} = 25 \text{ microSv}$. In dit geval is het verval gedurende het jaar (van 100 % tot 87 %) vrijwel verwaarloosbaar. Zou er een kortlevend nuclide gekozen worden, zoals ¹³¹I ($T_{1/2} = 8$ dagen) dan wordt de dosis in de eerste 2 maanden opgelopen en neemt de dosis in de rest van het jaar niet meer toe.

6.4 Drinkwater – schattingen na depositie

In deze paragraaf staat informatie om *activiteitsconcentraties* in *drinkwater* te schatten op basis van bodemdepositiemetingen. Deze methodes hebben niet de voorkeur boven het meten van activiteitsconcentraties in drinkwater. Ze kunnen echter een nuttige tool bieden wanneer metingen van drinkwatervoorzieningen niet beschikbaar zijn. Metingen in milieumedia, zoals lucht- en bodemdepositie, kunnen ook worden gebruikt om activiteitsconcentraties van radionucliden in water te schatten.

Tabel 5 Effectieve stralingsdoses (mSv) na consumptie van kraanwater besmet met 1 Bq l⁻¹ gedurende één jaar^{a,b}

Radionuclide	Effectieve stralingsdoses, mSv		
	1 jaar oud	10 jaar oud	Volw
⁶⁰ Co	2.E-02	7.E-03	2.E-03
⁷⁵ Se	4.E-03	2.E-03	7.E-04
⁹⁰ Sr	4.E-02	4.E-02	2.E-02
⁹⁵ Zr	8.E-04	3.E-04	2.E-04
⁹⁵ Nb	3.E-04	1.E-04	6.E-05
⁹⁹ Mo	3.E-05	7.E-06	6.E-06
¹⁰³ Ru	4.E-04	2.E-04	7.E-05
¹⁰⁶ Ru	3.E-02	7.E-03	4.E-03
¹³¹ I	4.E-03	1.E-03	6.E-04
¹³² Te	3.E-04	7.E-05	4.E-05
¹³⁴ Cs	8.E-03	7.E-03	1.E-02
¹³⁶ Cs	3.E-04	1.E-04	1.E-04
¹³⁷ Cs	8.E-03	7.E-03	9.E-03
¹⁴⁰ Ba	8.E-04	2.E-04	9.E-05
¹⁴⁰ La	4.E-05	2.E-05	9.E-06
¹⁴⁴ Ce	2.E-02	4.E-03	2.E-03
¹⁶⁹ Yb	4.E-04	1.E-04	7.E-05
¹⁹² Ir	2.E-03	7.E-04	4.E-04
²²⁶ Ra	8.E-01	7.E-01	2.E-01
²³⁵ U	8.E-02	4.E-02	4.E-02
²³⁸ Pu	3.E-01	2.E-01	2.E-01
²³⁹ Pu	3.E-01	2.E-01	2.E-01
²⁴¹ Am	3.E-01	1.E-01	1.E-01

Opmerking:

- a) Voor de geconsumeerde hoeveelheid kraanwater wordt in Nederland uitgegaan van 2 l.d⁻¹ (= 730 l.a⁻¹) onafhankelijk van de leeftijd. In het Euranos drinkwater handboek [EU2009] wordt uitgegaan van 172 l.a⁻¹ voor babies, 197 l.a⁻¹ voor 10-jarigen, en 391 l.a⁻¹ voor volwassenen. De verschillen in de bovenstaande tabel met de data in Tabel B2 in [EU2009] is direct te herleiden uit het verschil in jaarlijkse volumina.
- b) Alleen met radioactief verval is rekening gehouden gedurende het jaar.

6.4.1 Drinkwater uit een spaarbekken

Als depositie heeft plaatsgevonden op een spaarbekken of andere *oppervlaktewaterbron* is de meest conservatieve benadering om aan te nemen dat de bovenste laag van het water direct verdund is. Voor het doen van schattingen is een voorzichtige waarde van 0,1 m aangenomen voor de mengingsdiepte. Dit geeft een activiteitsconcentratie voor het oppervlaktewater en aangenomen kan worden dat de niveaus in het drinkwater (kraanwater) hier in het meest

pessimistische geval gelijk aan zijn. Hierbij wordt geen rekening gehouden met verdere verdunning, verval tijdens de passage door het watervoorzieningssysteem of verwijdering tijdens het waterzuiveringsproces. Deze methode houdt geen rekening met de verdunning die uiteindelijk wel zal plaatsvinden; er zijn meer gedetailleerde modellen nodig om dit te voorspellen. Dit speelt waarschijnlijk echter pas een rol op de (middel-) lange termijn, wanneer voldoende controlemaatregelen genomen zouden moeten zijn. De basisformule voor het directe verdunningsmodel is:

SNELLE SCHATTING – Voor een conservatieve mengingsdiepte van 0,1 m is de conversiefactor 0,01 Bq l⁻¹ per Bq m⁻²

6.4.2 Drinkwater uit regenwater

Een conservatieve schatting van de activiteitsconcentraties in regenwater kan worden gemaakt door aan te nemen dat alle neergeslagen activiteit als regenwater is gevallen. Dus als de hoeveelheid neerslag die is gevallen bekend is kan een vergelijkbare berekening als die gebruikt voor oppervlaktewater worden gebruikt, door de waterdiepte te vervangen door de hoeveelheid neerslag.

SNELLE SCHATTING – Voor 1 mm neerslag is de factor 1 Bq l⁻¹ per Bq m⁻²

7 Trainingsscenario's

Er zijn drie scenario's uitgewerkt in Bijlage D om gebruikers vertrouwd te laten raken met de inhoud en structuur van dit rapport. Ze nemen de gebruiker mee in de besluitvorming en de soorten problemen waar ze mee geconfronteerd kunnen worden bij het ontwikkelen van een *herstelstrategie*.

De drie scenario's en uitgewerkte voorbeelden dienen uitsluitend ter illustratie !

Ze dienen niet te worden geïnterpreteerd als dé oplossingen voor de geschetste scenario's. Zie de drie scenario's in Bijlage D :

1 Besmetting door depositie van stof uit een radioactieve wolk

Een groot nucleair ongeval heeft plaatsgevonden in een kernreactor, waardoor radioactief materiaal is vrijgekomen in de atmosfeer (Chernobyl-scenario).

Het regende toen de verontreinigde wolk overtrok, wat leidde tot natte depositie van radioactiviteit op de grote oppervlaktewaterbekkens, zoals de Biesbosch, en Andijk. Kleinere innamebekkens zoals bij WRK en de waterplas bij Heel (Limburg) zijn in geringere mate besmet geraakt.

De verontreinigde wolk is overgetrokken, depositie heeft plaatsgevonden op oppervlaktewater, maar de besmettingsniveaus zijn nog niet vastgesteld.

De getroffen oppervlaktewatervoorzieningen leveren water voor een grote stad en een aantal andere, kleinere bewoonde gebieden.

2 Directe besmetting van water voor zuivering

Een radioactieve verontreiniging heeft plaatsgevonden in de Maas stroomopwaarts van de inlaatlocatie van de Biesbosch. Het rivierwater heeft de opslagbekkens al besmet tegen de tijd dat het ontdekt wordt. Regelmatige monitoring van het rivierwater heeft aangetoond dat het het radionuclide ⁹⁰Sr betreft, en aan de hand van een totaal-β-meting is vastgesteld dat het screeningniveau net niet is overschreden.

3 Directe besmetting van water na zuivering

De autoriteiten zijn telefonisch op de hoogte gebracht van een opzettelijk lozing in een drinkwatervoorziening die een grote stad van water voorziet (Berenplaat te Spijkenisse). De geloosde radioactiviteit heeft zich inmiddels verspreid door het drinkwaternetwerk. Het is nog niet bekend om welke radionuclide(n) het gaat.

Zie Bijlage D voor een gedetailleerde uitwerking van de bovengeschetste scenario's.

8 Conclusies

Na een grootschalig stralingsongeval kan het drinkwater in Nederland radioactief besmet raken. Mensen die dit water drinken zullen daardoor een extra stralingsdosis oplopen. Er zijn een vijftal mogelijkheden om de consumptie van besmet drinkwater en de door de bevolking opgelopen stralingsdosis te minimaliseren:

1. Het verstrekken van nooddrinkwater
2. Het zuiveren van water in het drinkwaterproductieproces
3. Het veranderen van het wateronttrekkingspunt
4. Het gecontroleerd mengen van besmet en onbesmet water
5. Het zuiveren van drinkwater aan de kraan.

Aangezien er bij een radiologische besmetting van drinkwater altijd sprake is van beslissingen en maatregelen die in een zeer korte tijd genomen moeten worden, vormen in Nederland alleen het verstrekken van nooddrinkwater en het veranderen van wateronttrekkingspunt realistische opties.

Dit rapport bevat informatiebladen voor het maken van een keuze zodat de stralingsdosis door de consumptie van besmet drinkwater beperkt blijft. Verder geeft het radiologische informatie en interventiewaarden, beschrijft het herstel mogelijkheden, geeft beslisschema's en een aantal bijlagen met uitgewerkte praktijkvoorbeelden. Hiermee vormt het een nuttige uitbreiding van de calamiteitenplannen van de Nederlandse drinkwaterbedrijven.

Literatuur

CEC (1989a).

Verordening Europese Raad (Euratom) Nr. 3954/87 tot vaststelling van maximaal toelaatbare niveaus van radioactieve besmetting van levensmiddelen en diervoeders ten gevolge van een nucleair ongeval of ander stralingsgevaar.

Publicatieblad van de Europese Unie L211/1.

CEC (1989b). Verordening Europese Unie (Euratom) Nr. 770/90 tot vaststelling van maximaal toelaatbare niveaus in diervoeders ten gevolge van een nucleair ongeval of ander stralingsgevaar. Publicatieblad van de Europese Unie L101/17.

CEC (1990). Verordening Europese Unie (Euratom) Nr. 770/70 tot vaststelling van maximaal toelaatbare niveaus van radioactieve besmetting van diervoeders ten gevolge van een nucleair ongeval of ander stralingsgevaar. Publicatieblad van de Europese Unie L83/78.

CEC (1998). Richtlijn 98/83/EG van de Raad betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, Brussel.

CEC (2005, ontwerp). Richtlijnen van de Raad betreffende het vaststellen van eisen voor toezicht op de waterkwaliteit met betrekking tot de parameters voor radioactiviteit zoals vastgelegd in de Richtlijn van de Raad 98/83 over de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water. Europese Commissie, Brussel.

ELE (2003). Eleveld H, Ionising radiation exposure in the Netherlands. RIVM rapport 861020002 (2003).

Green N (1993). An evaluation of rapid methods of radionuclide analysis in the aftermath of an accident. *Science of the Total Environment* 130/131, pp 207 – 218.

IAEA (1999). Algemene procedures voor monitoring in geval van een nucleair ongeval of ander stralingsgevaar. IAEA-TECDOC-1092.

IAEA (2002). Veiligheidseisen voor voorbereiding en reactie op een nucleair ongeval of ander stralingsgevaar. Safety Standards Series No. GS-R-2, IAEA, Wenen.

ICRP (1991a). 1990 Aanbevelingen van de ICRP. ICRP Publicatie 60, annalen van de ICRP, 21 (1-3) (Pergamon Press).

ICRP (1991b). Principes van interventie voor bescherming van het publiek bij stralingsgevaar. ICRP Publicatie 63, annalen van de ICRP, 22 (4) (Pergamon Press).

ICRP (2000). Bescherming van het publiek in gevallen van langdurige stralingsblootstelling. Toepassing van het systeem voor radiologische bescherming in geval van beheersbare stralingsblootstelling veroorzaakt door natuurlijke bronnen en langlevende radioactieve stoffen. ICRP Publicatie 82, annalen van de ICRP, Wenen, Oostenrijk, ISSN 0146-6453.

ICRP (2007). Annals of the ICRP, ICRP recommendation 105. Radiological Protection in Medicin. Ed. J. Valentin, Octobre 2007.

Kwakman P.J.M. en H.A.J.M. Reinen (2008) Implementatie Meetstrategie Drinkwater bij Kernongevallen. Resultaten DRIMKO project. RIVM-rapport 703719021

NRPB (1994) Richtlijn voor beperkingen op voedsel en water na een radiologisch incident. Chilton, Doc NRPB, 5 (1).

Tangena B.H., P.P. Morgenstern, J.F.M. Versteegh (2006) Nooddrinkwater en Noodwater. Onderbouwing van toekomstige wettelijke eisen. RIVM-rapport 734301027.

VROM (1988) Nationaal Plan voor de Kernongevallen bestrijding. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21015, nr 3. VROM 90044/2-89, 1174/26.

VROM (2001) Waterleidingbesluit, 9 februari 2001. Zie op www.overheid.nl of <http://www.wetten.nl/waterleidingbesluit>.

VROM (2003) Meetstrategie drinkwater bij kernongevallen. HAJM Reinen, C. de Hoog, F. Wetsteijn, JGMM Smeenk, HAM Ketelaars, AD Hulsmann, JM van Steenwijk, AJ Stortenbeek. April 2003, distributienummer 15060/177.

VROM (2009) Responsplan Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding. Augustus 2009, versie 1.0.

WHO (2003). Media Centre Fact Sheet Nr 257 (2003) Depleted uranium. World Health Organisation, Genève. (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs257/en/>).

WHO (2004) Richtlijnen voor drinkwaterkwaliteit, 3e ed Vol 1. Aanbevelingen. Wereldgezondheidsorganisatie, Genève.

Bijlage A Volledige originele titel – bronvermelding

(Vertaalde titel van het Engelstalige Euranos-handboek)

Generic handbook for assisting in the management of contaminated drinking water in Europe following a radiological emergency

deel VI: Beheer van drinkwater EURANOS(CAT1)-TN(06)-09-02

Joanne Brown¹, Derek Hammond¹, P Kwakman²

¹Radiation Protection Division, Health Protection Agency, UK

²RIVM, Nederland

Dankbetuiging

De totstandkoming van dit handboek was niet mogelijk geweest zonder de constructieve feedback en bijdragen van de belangenpanels die hebben deelgenomen aan het project in Frankrijk en Nederland en de EURANOS-partners. De auteurs danken hen voor hun bijdrage aan het project. Het handboek kwam tot stand mede dankzij financiële ondersteuning van het Zesde Kaderprogramma van de Europese Commissie (atoomsplitsing/stralingsbescherming) krachtens het geïntegreerde EURANOS-project: Europese benadering voor beheer van nucleaire en radiologische calamiteits- en herstelstrategieën (contractnr.: FI6R-CT-2004-508843).

Auteursrecht

Copyright © Health Protection Agency (HPA), 2007.

Het is toegestaan dit rapport te kopiëren, verspreiden en/of wijzigen, op voorwaarde dat een eventuele nieuwe versie van het handboek anderen dezelfde vrijheden biedt en het auteurschap van het oorspronkelijke handboek erkent.

Bijlage B Toepassing van screeningmethodes voor totaal alfa- en totaal bèta-activiteit

In het rapport 'Meetstrategie drinkwater na kernongevallen' [1] is een default meetstrategie vastgesteld met enkele radioactiviteitsparameters waarop screening moet plaatsvinden. Deze screeningniveaus zijn weergegeven in Tabel A1.

Tabel B1 Screeningniveaus na radiologische ongevallen voor totaal- α -en - β -activiteitsconcentraties in drinkwater

Soort monitoring	Screeningniveau (Bq l ⁻¹)
Totaal alfa-activiteit	0,5
Totaal bèta-activiteit	5
tritium	100

Als de waargenomen concentraties van totale activiteit in gezuiverde, gedistribueerde drinkwatervoorzieningen lager zijn dan de waarden in Tabel B1, dan betekent dit voor de meeste radionucliden die worden behandeld in dit rapport dat er geen noodzaak is om verdere radionuclidespecifieke analyses uit te voeren. Indien de activiteitsconcentraties de screeningwaarden hebben overschreden, dient een grondigere radionuclidespecifieke analyse plaats te vinden.

De meeste radionucliden zenden gelijktijdig bèta- en gammastraling uit. Pure gammastralers, zoals ⁷⁵Se, ⁹⁵Nb, ¹⁰³Ru en ¹⁶⁹Yb zullen echter niet worden waargenomen met totaal alfa- en totaal bèta-metingen. Indien vermoed wordt dat deze radionucliden in de watervoorziening aanwezig zijn is het noodzakelijk om meer radionuclidespecifieke analyses uit te voeren. Gammastralers kunnen eenvoudig worden gemeten met gammaspectrometrie zonder voorbereiding. Voor andere radionucliden is echter een radiochemische voorbereiding vereist. Er is een artikel voor het gebruik van radiochemische methodes na een radiologisch incident gepubliceerd [Green, 1993].

Literatuur

1. Meetstrategie drinkwater bij kernongevallen. HAJM Reinen, C. de Hoog, F. Wetsteijn, JGMM Smeenk, HAM Ketelaars, AD Hulsmann, JM van Steenwijk, AJ Stortenbeek. April 2003, distributienummer 15060/177.
2. Green N, 1993. An evaluation of rapid methods of radionuclide analysis in the aftermath of an accident. Science of the Total Environment 130/131, pp 207 – 218.

Bijlage C Informatiebladen met maatregelopties

C1. Alternatieve nooddrinkwatervoorziening

Doel	Verminderen van de ingenomen doses voor consumenten door radioactieve besmetting in drinkwater te reduceren. De langetermijnprioriteit zou moeten zijn om de waterkwaliteit terug te brengen naar een acceptabel niveau dat voldoet aan de eisen voor drinkwaterkwaliteit. Dit moet worden ondersteund door een monitoringprogramma voor de lange termijn om de kwaliteit te waarborgen en om de effectiviteit van de geïmplementeerde maatregelopties te beoordelen
Beschrijving tegenmaatregel	Activeren van nooddrinkwatervoorziening.
Toepassingsgebied	Nationaal voor korte tijd. Bij een lokale besmetting kan dit voor langere tijd een alternatief zijn. Als deze voorzieningen alleen aan kwetsbare bevolkingsgroepen worden geboden, bijvoorbeeld ziekenhuispatiënten, zou het een oplossing voor langere duur kunnen zijn. Advies over de noodzaak om het watergebruik tot een minimum te beperken en kraanwater alleen te gebruiken voor niet-consumptieve doeleinden zou moeten worden verstrekt bij de uitgifte van water uit flessen of tankwagens.
Toepassingstijd	Vanwege de omvang van de getroffen bevolking is dit waarschijnlijk alleen een optie voor korte duur. Als deze voorzieningen alleen aan kwetsbare bevolkingsgroepen worden geboden, bijvoorbeeld ziekenhuispatiënten, zou het een oplossing voor langere duur kunnen zijn. Advies over de noodzaak om het watergebruik tot een minimum te beperken en kraanwater alleen te gebruiken voor niet-consumptieve doeleinden zou moeten worden verstrekt bij de uitgifte van water uit flessen of tankwagens.
Wettelijke beperkingen	In het Drinkwaterbesluit zijn ten aanzien van de nooddrinkwatervoorziening de volgende uitgangspunten gehanteerd [Drinkwaterbesluit, 2009]: <ul style="list-style-type: none"> – De levering is minimaal 3 liter per persoon per dag en uitsluitend bedoeld om te drinken; – Nooddrinkwater wordt gedistribueerd op door gemeenten aan te wijzen distributiepunten van circa 2500 inwoners als richtgetal; – Voor nooddrinkwater gelden dezelfde kwaliteitseisen als voor drinkwater (leidingwater); – Een nooddrinkwatersysteem is binnen 24 uur operationeel; – De nooddrinkwatervoorziening moet voldoende zijn om de uitval van een cruciaal pompstation of leiding als gevolg van een natuurramp of technisch falen te kunnen opvangen (maatgevend scenario waterbedrijf).
Verdere overwegingen	Tal van factoren moeten overwogen worden bij het kiezen van de meest passende oplossing, zoals: <ul style="list-style-type: none"> • kosten; • maatschappelijke, politieke en ethische aspecten; • soort waterzuivering toegepast; • de verwachte termijn waarbinnen activiteitenconcentraties waarschijnlijk de vastgestelde interventieniveaus overschrijden; • maatschappelijke bezorgdheid over waterkwaliteit.

C2. Zuivering van water in zuiveringsinstallaties

<p>Praktisch gezien zijn er maar drie opties :</p> <ul style="list-style-type: none"> - aanpassing op details van de bedrijfsvoering, bijvoorbeeld vaker filters wisselen - nieuwe units plaatsen (alleen voor de langere termijn mogelijk) - toepassen van mobiele kleine units die decentraal op kleine schaal kunnen worden ingezet. Dit lijkt echter alleen mogelijk bij lokale besmetting. Bovendien zijn mobiele units, zoals de perfector van PWN, wel geschikt voor de verwijdering van bacteriologische verontreinigingen, maar niet voor chemische verontreinigingen.
--

Doel	Verminderen van de ingenomen doses voor consumenten door radioactieve besmetting in drinkwater te reduceren wanneer de activiteitsconcentraties de interventieniveaus overschrijden.
Andere voordelen	Verwijdert ook andere verontreinigingen.
Beschrijving tegenmaatregel	Waterzuiveringsfaciliteiten gebruiken verschillende processen om verontreinigingen uit drinkwater te verwijderen. Al deze processen verwijderen radionucliden tot op zekere hoogte. De belangrijkste toegepaste processen zijn flocculatie of filtratieprocessen, snelle of langzame zandfiltratie, actieve-koolfiltratie, duinfiltratie, membraanfiltratie, ionenwisseling en omgekeerde osmose. Het aanpassen van de bedrijfsvoering wordt beschouwd als een maatregel.
Onderwerp	Openbare drinkwatervoorziening. Niet geschikt voor particuliere drinkwatervoorzieningen.
Radionucliden	Deze tegenmaatregel is gericht op alle radionucliden die verbonden zijn met de besmetting (met uitzondering van tritium). Het is niet waarschijnlijk dat aanvullende zuiveringsmaatregelen worden geïmplementeerd alleen voor kortlevende radionucliden, vanwege de tijd die het kost om de nieuwe processen te implementeren.
Toepassingsgebied	Groot Al het drinkwater wordt normaal gesproken gezuiverd voor gebruik. Als water al uitgebreide zuiveringsbehandelingen ondergaat om verontreinigingen te verwijderen, dan is het niet waarschijnlijk dat aanvullende maatregelen tot een effectievere verwijdering van radionucliden zouden leiden. Alleen omgekeerde osmose is daarop een uitzondering.
Besmettingspad	Niet van toepassing
Blootstellingspad voor interventie	Vermindering van interne blootstelling door consumptie van drinkwater.
Toepassingstijd	Gemiddeld tot lang Mogelijkheden voor wijziging van waterzuiveringsprocessen moeten worden vastgesteld zodra de besmetting is bevestigd. Het zal echter minimaal enkele weken tot maanden duren voor wijzigingen in bestaande waterzuiveringsprocessen worden geïmplementeerd. Als het om nieuwe processen gaat waarvoor apparatuur en infrastructuur geïnstalleerd moeten worden kan de implementatie zelfs maanden of jaren in beslag nemen.
Beperkingen	
<u>Wettelijke beperkingen</u>	Drinkwater wordt normaal gesproken gezuiverd om te voldoen aan de kwaliteitseisen. Aanvullende zuivering is alleen noodzakelijk als het water, na de gebruikelijke behandeling, boven de interventieniveaus voor radioactieve besmetting uitkomt. Voor eventueel afval als gevolg van de behandeling dat wordt opgeslagen in de zuiveringsfaciliteiten is een ontheffing nodig.

<u>Maatschappelijke beperkingen</u>	Behandeling van het water betekent een verhoogde blootstelling voor de arbeiders in de waterzuiveringsfaciliteit. Dit kan direct voortvloeien uit blootstelling aan besmet water of uit de verzameling en opslag van besmet afval na de behandeling. Bij hyperfiltratie (omgekeerde osmose) is de blootstelling van de werkers zeer gering omdat alle handelingen binnen de “pijpen” plaatsvinden. Het publiek moet vertrouwen hebben in waterzuiveringsprocedures om radioactieve besmetting te verwijderen of te verminderen. Het publiek moet restniveaus van besmetting accepteren.
Milieubeperkingen	Geen
Effectiviteit	
Effectiviteit tegenmaatregel	Aan het eind van het informatieblad vindt u een tabel met het effect van waterzuiveringsprocessen voor verschillende radionucliden. In het algemeen zijn behandelingen, die worden toegepast om vaste deeltjes (die leiden tot kleuring of troebelheid) te verwijderen uit oppervlaktewaterbronnen, met name effectief voor het verwijderen van radioactieve besmetting. Veel radionucliden adsorberen immers aan zwevende deeltjes.
Factoren die de effectiviteit beïnvloeden	De effectiviteit is afhankelijk van de verschillende behandelingen die worden toegepast en van de radionucliden waar het om gaat en hun fysische en chemische eigenschappen. Zie <u>Bijlage E</u> voor referenties met betrekking tot de effectiviteit van behandelingen.
Haalbaarheid	
Specifieke benodigde apparatuur	Er is geen aanvullende specifieke apparatuur benodigd voor behandelmogelijkheden die al worden toegepast in de waterzuiveringsfaciliteiten. Er kan echter niet uitgegaan worden van de veronderstelling dat de meest effectieve technieken voor alle radionucliden (ionenwisseling en omgekeerde osmose) beschikbaar zijn.
Overige benodigde apparatuur	Voor de implementatie van nieuwe technieken in een waterzuiveringsfaciliteit is nieuwe apparatuur nodig. Het op productieschaal aanpassen van de waterzuiveringstechniek is in een tijdsbestek van dagen tot weken praktisch vrijwel onhaalbaar.
Benodigde voorzieningen en infrastructuur	De infrastructuur (materiaal en apparatuur) moet liefst al aanwezig zijn als aanvullende behandelingen toegepast moeten gaan worden.
Benodigde verbruiksgoederen	Materialen voor het zuiveringsproces zullen nodig zijn voor nieuwe technieken en/of toenemende frequentie.
Benodigde vaardigheden	Er zijn geen specifieke vaardigheden vereist behalve de vaardigheden die al worden aangewend binnen het waterbedrijf. Specialisten (of ‘skilled contractors’) zijn nodig voor het integreren van nieuwe apparatuur in bestaande waterzuiveringsfaciliteiten.
Vereiste veiligheidsmaatregelen	Monitoring van afval en/of arbeiders kan vereist zijn om te waarborgen dat limieten voor blootstelling van arbeiders niet worden overschreden.
Overige beperkingen	Geen
Afval	

Hoeveelheid en soort	Tijdens het zuiveringsproces wordt afval geproduceerd. Het kan gaan om besmet materiaal dat achterblijft in filters of om slib. Afval wordt verzameld als de filters worden vervangen of wanneer het slib wordt verwijderd als de faciliteit wordt schoongemaakt. Deze processen kunnen met grotere regelmaat plaatsvinden na radioactieve besmetting om te voorkomen dat hoge concentraties van radioactief afval ontstaan. Er kunnen grote hoeveelheden afvalmateriaal worden geproduceerd, bijvoorbeeld besmet zand en koolstof van filterbedden.
Mogelijke transport-, behandel- en opslagroutes	Afval dat geproduceerd wordt tijdens het zuiveren van water moet misschien via een voorgeschreven goedgekeurde route afgevoerd worden. Voor de opslag van “radioactief” afval gelden voorschriften.
Factoren die de afvalproductie beïnvloeden	De aanwezigheid van een geschikte afvoerroute. De kosten van het afvoeren van radioactief afval.
Doses	
Vermeden stralingsdoses	De vermeden stralingsdoses hangen direct en proportioneel samen met de vermindering van activiteitsconcentraties in de watervoorziening.
Opgelopen stralingsdoses	Als de werkmethodes veranderen in verband met de besmetting van de zuiveringsfaciliteiten, bijvoorbeeld zandfilters worden vaker vervangen dan normaal of nieuwe processen worden toegevoegd, dan zou dit kunnen leiden tot opgelopen stralingsdoses. Vanwege de specifieke aard van deze taken en de brede variatie in zuiveringsfaciliteiten is het niet mogelijk een inschatting te maken van de waarschijnlijke incrementele stralingsdoses. Deze inschatting moet echter wel per geval gemaakt worden in geval van een incident waarbij waterbronnen vóór het zuiveringsproces besmet raken.
Interventiekosten	
Apparatuur	De installatie van nieuwe apparatuur en infrastructuur die nodig zijn voor aanvullende zuiveringsprocessen zal erg duur zijn en waarschijnlijk veel tijd in beslag nemen. De kosten zijn ook afhankelijk van de beschikbaarheid van de apparatuur en de mogelijkheid om deze in de bestaande productiefaciliteit te installeren. Als nieuwe technologieën vereist zijn, zal de ontwikkeling daarvan ook veel tijd en geld kosten.
Verbruiksgoederen	Het regelmatig vervangen van materialen zal extra kosten met zich meebrengen.
Operatortijd	Als handelingen vaker worden uitgevoerd kan dit extra arbeidstijd betekenen.
Factoren die de kosten beïnvloeden	Als extra handelingen buiten de normale werktijden verricht moeten worden. De kosten zijn afhankelijk van of nieuwe processen toegepast moeten gaan worden en hoe eenvoudig deze te implementeren zijn.
Compensatiekosten	Zeer waarschijnlijk niet van toepassing.
Afvalkosten	Aan het opruimen van radioactief afval zijn waarschijnlijk zeer hoge kosten verbonden, aangezien grote hoeveelheden afvalmateriaal worden geproduceerd, bijv. besmet zand van filterbedden.
Communicatie-behoefte	Aansturing van de zuiveringsprocessen en de daaruit voortvloeiende afvalstroom. Consumenten moeten gerustgesteld worden dat het geleverde water voldoet aan wettelijke verplichtingen met concentraties lager dan de interventieniveaus. Arbeiders moeten geïnformeerd worden dat ze blootgesteld kunnen worden aan radioactieve besmetting.

Evaluatie bijwerkingen	
Ethische overwegingen	De risico's die verbonden zijn aan de extra taken uitgevoerd door arbeiders in de waterzuiveringsfaciliteiten moeten worden geëvalueerd.
Milieu-effecten	Een nuttige toepassing of opruimen van radioactief slib en/of pellets moet worden overwogen, aangezien de activiteitsconcentraties in het slib hoger kunnen zijn dan de toegestane niveaus voor normaal gebruik (verspreiding op het land of stortterrein).
Landbouweffecten	Verspreiding van slib is niet toegestaan voor landbouwgrond.
Maatschappelijke effecten	Negatief stempel wordt gedrukt op gebieden en verontreinigde wateren waar de tegenmaatregel is toegepast. Kans op wantrouwen ten opzichte van waterzuiveringsprocedures. Dit is ook mogelijk zonder interventie. Stigma dat gekoppeld is aan de consumptie van 'besmet' water. Toegenomen vraag naar flessenwater. Mogelijk groei van het openbare vertrouwen dat het probleem van besmetting effectief wordt aangepakt.
Overige bijwerkingen	Geen
Advies belanghebbenden	Zolang dit afdoende is, worden reguliere zuiveringsprocessen beschouwd als de procedure om radioactieve besmetting van drinkwater te voorkomen, aangezien kraanwater van een moderne waterzuiveringsfaciliteit al grotendeels ontsmet is. Als informatie over de kwaliteit van kraanwater vanaf het begin van de stralingssituatie wordt verstrekt, kan onrust bij de consument waarschijnlijk geminimaliseerd worden. Wijzigingen in de watervoorziening en zuiveringsprocedures moeten worden toegelicht aan het publiek, evenals de neveneffecten
Praktische ervaring	Waterbedrijven hebben ervaring in het behandelen en zuiveren van water. Dit was met name belangrijk in de voormalige Sovjet-Unie, na de ramp in Chernobyl. Advies moet worden ingewonnen over de verzameling, opslag en afvoer van radioactief afval. Daarnaast is advies over blootstelling en risico's voor arbeiders nodig.
Literatuur	Annamäki, M., Turtiainen, T., Jungclas, H., Rauße, C, 2000. Disposal of radioactive waste arising from water treatment: Recommendations for the EC. STUK-A175, Helsinki. Goossens, R., Delville, A., Genot, J., Halleux, R., Masschelein, W.J, 1989. Removal of the typical isotopes of the Chernobyl fall-out by conventional water treatment, Wat. Res. Vol. 23, No. 6, pp. 693-97. Smith, J.T., Voitsekhovitch, O.V., Håkanson L., Hilton J, 2001. A critical review of measures to reduce radioactive doses from drinking water and consumption of freshwater foodstuffs. Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 56, No.1-2. Saxén, R. Freshwater and fish, in: P. Strand, L. Skuterud, J. Melin (eds.). Reclamation of contaminated urban and rural environments following a severe nuclear accident. Nordic Nuclear Safety Research, NKS(97) 18 97-10-10, ISBN 87-7893-017-0, pp 98-116. Tsarik, N, 1993. Supplying water and treating sewage in Kiev after the Chernobyl accident. Journal of the American Water Works Association, 85, 42-45. Health Protection Agency, 2005. UK Recovery Handbook for Emergency Response to Radiation Incidents: 2005, HPA-RPD-002, Chilton, UK. Oatway WB, Smith JG en Hesketh N. Incremental doses from the implementation of drinking water, aquatic, forest or social countermeasures. EURANOS report, HPA-RPD, Chilton, 2007.

Tabel C1 Effect van waterzuivering naar element en zuiveringsproces^{a,b}

Element	Flocculatie /coagulatie	Zandfiltratie ^c (snel & langzaam)	Actieve kool	Ontharding ^d	Klei zeolieten	Ionenwisseling ^e	Omgekeerde osmose ^f	Zuiverings-efficiëntie (% verwijdering)
Cobalt	XXX	XX	XX	X	XX	XXX	XXXX	X : 0 – 10%
Selenium	XXX	XX	XX	X	XXX	XXX	XXXX	
Strontium	XX	XX	X	XXXX ^g	XXX	XXX	XXXX	XX : 10 – 40%
Zirconium	XXXX	XX	XX	X	XXX	XXXX	XXXX	
Niobium	XXXX	XX	XX	X	XXX	XXXX	XXXX	XXX : 40– 70%
Mol/Techneetium	XXX	XXX	XX	X	X	XXX	XXXX	
Ruthenium	XXX	XX	XX	X	XX	XXX	XXXX	XXXX : > 70%
Iodine	XX	XX	XXX	X	XX	XXX	XXXX	
Tellurium	XXX	XX	XX	X	XXX	XXX	XXXX	
Caesium	XX	XX	X	XX	XXX	XXX	XXXX	
Barium	XXXX	XXX	XX	X	XXX	XXXX	XXXX	
Lanthanum	XXXX	XXX	XX	X	XXX	XXXX	XXXX	
Cerium	XXXX	XXXX	XX	X	XXX	XXXX	XXXX	
Ytterbium	XXX	XXX	X	X	XX	XXX	XXXX	
Iridium	XXX	XX	XX	X	XX	XXX	XXXX	
Radium	XX	XXX	XX	XXXX ^g	XX	XXXX	XXXX	
Uranium	XXXX	X	XX	XXXX	XXX	XXXX	XXXX	
Plutonium	XXXX	XX	XXX	X	XXX	XXXX	XXXX	
Americium	XXXX	XX	XXX	X	XXX	XXXX	XXXX	

a) De meeste waterzuiveringsfaciliteiten zullen over meerdere van de in de tabel genoemde processen beschikken. In dat geval is de effectieve verwijdering multiplicatief. Dit betekent dat als het eerste proces een effectiviteit van 50% heeft en een volgend proces eveneens een effectiviteit van 50% heeft, de totale effectiviteit 75% is. Het tweede proces heeft alleen effect op het resterende deel van het element.

b) De waarden in de tabel gelden alleen voor chemische verwijdering. Elementen die zich gehecht hebben aan specifieke deeltjes in het water zijn niet meegenomen in deze tabel, aangezien verwijdering daarvan een fysische verwijdering en geen chemische verwijdering betreft. Meer specifieke informatie vindt u hieronder en in Bijlage E.

c) De effectieve verwijdering geldt voor het chemische proces van zandfiltratie en niet voor de mechanische verwijdering van vaste deeltjes.

d) Als er geen gegevens bekend zijn voor een bepaald element wordt ervan uitgegaan dat ontharding met behulp van calciumoxide-natriumcarbonaat weinig tot geen effect heeft en is een effectiviteit van < 10% ingevuld.

e) Gegevens voor ionenwisseling gaan uit van gebruik van zowel een kationenwisselaar als een anionenwisselaar.

f) Omgekeerde osmose omvat geen microfiltratie, toegepast bij membraanfiltratiefaciliteiten. Dit is uitsluitend een fysisch verwijderingsproces.

g) De toevoeging van calciumoxide en NaOH tijdens het flocculatieproces (voor aanpassing pH-waarden) vergroot waarschijnlijk de verwijderingsefficiëntie voor strontium en radium, aangezien de toegevoegde calcium als drager kan werken en coprecipitatie kan ondersteunen. Er is echter geen informatie over de mate waarin de toevoeging van ongebluste kalk de verwijderingsefficiëntie vergroot.

C3. Verandering in wateronttrekkingspunt

In Nederland kan de onderstaande tabel als volgt samengevat worden: in de leveringsplannen van ieder drinkwaterbedrijf staat omschreven hoe onttrekkingspunten (Rijn, Maas, Biesbosch, Andijk, et cetera) desgewenst tijdelijk afgesloten kunnen worden totdat een verontreiniging of een chemische, bacteriologische of radiologische besmetting verminderd, vervallen of verwijderd is.

Doel	Verminderen van de ingenomen doses voor consumenten door radioactieve besmetting in drinkwater te reduceren wanneer de activiteitsconcentraties de interventieniveaus overschrijden.
Andere voordelen	Geen
Beschrijving tegenmaatregel	<p>Dit informatieblad behandelt veranderingen in onttrekkingspunten binnen een spaarbekken, verandering van onttrekkingspunten in rivieren, het gebruik van alternatieve waterbronnen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het kan verschillende dagen of langer duren voor besmetting gelijkmatig verspreid is door de waterkolom van spaarbekkens, vanwege hun omvang en diepte. • Voor rivieren kan stroomopwaarts van de besmetting water worden onttrokken als verschillende onttrekkingspunten beschikbaar zijn. Ook water stroomafwaarts van de besmetting kan gebruikt worden als het onttrekkingspunt voldoende ver verwijderd is en de besmetting dat punt nog niet heeft bereikt. • Het kan mogelijk zijn over te schakelen op alternatieve waterbronnen, bijvoorbeeld overschakelen van onttrekking aan een rivier. • Een andere mogelijkheid is dat andere nabijgelegen waterbedrijven onbesmet water delen, als ze over voldoende reservecapaciteit beschikken en over distributienetwerken om het water naar de gewenste locatie over te brengen.
Onderwerp	Openbare drinkwatervoorzieningen. Niet geschikt voor particuliere drinkwatervoorzieningen.
Radionucliden	Deze tegenmaatregel is gericht op alle radionucliden die verbonden zijn met de besmetting.
Toepassingsgebied	Klein - middelgroot De waterbedrijven/leveranciers kunnen van deze mogelijkheid gebruikmaken zolang voldoende drinkwatervoorzieningen gehandhaafd kunnen worden, of tot de besmetting voldoende is verspreid of verdund.
Blootstellingspad voor interventie	Vermindering van interne blootstelling door consumptie van drinkwater.
Toepassingstijd	<p>Beginperiode van radiologische calamiteit</p> <p>Prioriteiten moeten worden bepaald afhankelijk van de kwetsbaarheid van watervoorzieningen voor de radiologische calamiteit.</p> <p>Oppervlaktewatervoorzieningen, zoals rivieren en spaarbekkens, zullen naar verwachting op de korte termijn hoge prioriteit krijgen. Hiermee moet rekening gehouden worden bij het formuleren van een monitoringstrategie en het vaststellen van welke voorzieningen het grootste gevaar lopen. Op de langere termijn kan monitoring en de implementatie van deze optie misschien meer verschuiven naar</p>

	<p>grondwaterbronnen.</p> <p>Wijzigingen in onttrekkingspunten of waterbronnen zouden gebruikt kunnen worden zodra besmetting van een waterbron is bevestigd en snel kunnen worden geïmplementeerd. Het is een tijdelijke oplossing, voor enkele dagen of weken, totdat de besmetting volledig is verspreid, bijv. in spaarbekkens, of totdat de besmetting zich heeft uitgestrekt tot het nieuwe onttrekkingspunt, bijv. in rivieren (behalve wanneer het nieuwe onttrekkingspunt zich stroomopwaarts van de besmettingsbron bevindt). Het is onwaarschijnlijk dat deze oplossing op de langere termijn gebruikt kan worden. Veranderingen in de watervoorzieningsbronnen moeten nauw verbonden worden aan een uitgebreid monitoringprogramma om een optimale timing van de veranderingen te waarborgen.</p>
Beperkingen	
Wettelijke beperkingen	De drinkwatervoorzieningen moeten voldoen aan de normale wettelijke eisen.
Maatschappelijke beperkingen	Er kunnen problemen zijn met het accepteren van restniveaus van besmetting in watervoorzieningen; dit is waarschijnlijk gerelateerd aan de beschikbaarheid van alternatieve voorzieningen, zoals flessenwater.
Omgevingsbeperkingen	Wijdverbreide besmetting of watertekorten tijdens periodes van droogte kunnen leiden tot minder mogelijkheden voor verandering van het onttrekkingspunt.
Effectiviteit	
Effectiviteit tegenmaatregel	Als het water bij het nieuwe onttrekkingspunt onbesmet is, dan is deze tegenmaatregel 100% effectief in het verminderen van activiteitsconcentraties in drinkwater.
Factoren die de effectiviteit beïnvloeden	De mate waarin het water bij het nieuwe onttrekkingspunt besmet is. In geval van onttrekking van water uit een spaarbekken moet het water voldoende diep zijn. De tijd die het duurt voor de besmetting de onttrekkingspunten bereikt (monitoring vereist).
Haalbaarheid	
Specifieke benodigde apparatuur	Op de korte termijn alleen de monitoringapparatuur. Als deze tegenmaatregel als optie voor de langere termijn wordt overwogen (overstappen op diepe boorgaten) kunnen pijpleidingen en infrastructuur nodig zijn. Hier is echter een lange tijd voor nodig (maanden tot een jaar).
Overige benodigde apparatuur	Monitoring kan nodig zijn bij onttrekkingspunten om te waarborgen dat de besmetting deze nog niet heeft bereikt of lager dan de interventieniveaus is.
Benodigde voorzieningen en infrastructuur	De waterbedrijven moeten over een voldoende flexibel en geïntegreerd systeem voor watervoorziening beschikken om het wijzigen van onttrekkingspunten en/of waterbronnen mogelijk te maken.
Benodigde verbruiksgoederen	Geen
Benodigde vaardigheden	Er zijn geen specifieke vaardigheden vereist behalve de vaardigheden die al worden aangewend binnen het waterbedrijf of door de leverancier.
Doses	
<u>Vermeden stralingsdoses</u>	De vermeden stralingsdoses hangen direct en proportioneel samen met de vermindering van activiteitsconcentraties in de watervoorziening.

Incrementele stralingsdoses	Het is hoogst onwaarschijnlijk dat de implementatie van deze optie zal leiden tot incrementele stralingsdoses en deze zijn niet beoordeeld.
Interventiekosten	
Operatortijd	Er zijn geen extra kosten voor tijd die aan de uitvoering van de maatregelen wordt besteed, aangezien deze kunnen plaatsvinden tijdens de normale werkzaamheden, met uitzondering van het toezicht bij de onttrekkingspunten.
<u>Communicatie-behoefte</u>	Het is wenselijk om medewerkers adequaat te instrueren. Tevens om naar de getroffen gemeenschappen te communiceren over de reden dat voor deze optie is gekozen. Dit zou onderdeel moeten uitmaken van een bredere communicatie- en informatiestrategie.
<u>Evaluatie bijwerkingen</u>	
<u>Ethische overwegingen</u>	Mogelijke watertekorten in andere gebieden. Het water bij een nieuw onttrekkingspunt kan ook besmet zijn, maar in mindere mate. Een toename van de stralingsdosis vergeleken met die voor het incident zou moeten worden afgewogen tegen de behoefte aan drinkwater van de getroffen bevolking.
Milieu-effecten	Er is toezicht op het onttrekkingsproces nodig om te waarborgen dat blijvende schade aan natuurlijke waterbronnen wordt voorkomen.
Landbouweffecten	Hoogstwaarschijnlijk gering
<u>Maatschappelijke effecten</u>	De vraag naar flessenwater zou sterk kunnen stijgen als mensen de voorkeur geven aan het drinken van water uit flessen (wat de reden daar ook voor is).
Advies belanghebbenden	Implementatie in oppervlaktewaterspaarbekkens is waarschijnlijk minder effectief en alleen geschikt voor de korte termijn. Deze oplossing wordt misschien ook niet zo gemakkelijk geaccepteerd.
Praktische ervaring	Wijzigingen in wateronttrekking vinden regelmatig plaats als onderdeel van het beheer van drinkwatervoorzieningen om andere risico's te vermijden. Er is echter maar weinig ervaring met deze optie als maatregel na incidenten met radioactieve besmetting. De implementatie van deze tegenmaatregel in Kiev, na het ongeval in Chernobyl, biedt praktische ervaring en (hoewel nu gedacht wordt dat het verkeerd is aangepakt) laat het belang zien van een weloverwogen keuze voor nieuwe onttrekkingspunten.
Literatuur	<p>Smith, J.T., Voitsekhovitch, O.V., Håkanson L., Hilton J, 2001. A critical review of measures to reduce radioactive doses from drinking water and consumption of freshwater foodstuffs. Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 56, No.1-2.</p> <p>O. Voitsekhovitch, O. Nasvit, I. Los`y, en V. Berkovsky, 1997. Present thoughts on the aquatic countermeasures applied to regions of the Dnieper river catchment contaminated by the 1986 Chernobyl accident. IN. Desmet, G, Blust, R.N.J. Comans, J.A. Fernandez, Hilton, J en de Bettencourt, A: Studies in Environmental Science 68. Freshwater and Estuarine Radioecology. Proceedings of an International Seminar, Lissabon, Portugal, 21-25 maart 1994, pp 75-85. Oxford, Elsevier.</p> <p>Health Protection Agency, 2005. UK Recovery Handbook for Emergency Response to Radiation Incidents: 2005, HPA-RPD-002, Chilton, UK.</p> <p>Oatway WB, Smith JG en Hesketh N. Incremental doses from the implementation of drinking water, aquatic, forest or social countermeasures. EURANOS report, HPA-RPD, Chilton, 2007.</p>

C4. Gecontroleerde menging van drinkwater

In Nederland kan de situatie als volgt samengevat worden:

Het mengen van de reinwaterhoofdleidingen van verschillende drinkwaterproductiebedrijven is in een korte tijdbestek vrijwel niet realiseerbaar.

In de leveringsplannen van ieder drinkwaterbedrijf staat omschreven hoe er (indien technisch mogelijk) geschakeld kan worden tussen onttrekking van oppervlaktewater of grondwater totdat een chemische, bacteriologische verontreiniging of een radiologische besmetting verminderd, vervallen of verwijderd is.

Feitelijk is hiermee het gecontroleerd mengen van grondwater en oppervlaktewater een variant van Bijlage C3. Daarom wordt dit hieronder niet apart behandeld, maar wordt verwezen naar Bijlage C3.

C5. Zuivering van drinkwater aan de kraan

Het toepassen van waterfilterkannen of commerciële omgekeerde osmose-apparaten voor huishoudelijk gebruik is nauwelijks een zinvolle maatregel in het geval van een radiologische besmetting van het drinkwater. Alleen in het geval van een besmetting met een radioactief jodiumisotoop is een koolfilter een goede mogelijkheid om jodium te verwijderen. In vrijwel alle andere gevallen is de effectiviteit niet aangetoond. De benodigde filterkannen of osmose-apparaten zijn niet op een korte termijn en op een grote schaal beschikbaar en/of installeerbaar.

Het zuiveren van radiologisch besmet drinkwater aan de kraan wordt om bovenstaande redenen als uitvoerbare optie in Nederland niet overwogen.

Bij ziekenhuizen is een tankwagen met nooddrinkwater voor de deur neerzetten een beter uitvoerbare optie. Een dergelijke maatregel is al geregeld in de bestaande calamiteitenplannen.

Literatuur	Zie referenties in Bijlage C3 En 'Nooddrinkwater en noodwater', RIVM (2006)
------------	--

Bijlage D Trainingsscenario's

D1. Besmetting door depositie van stof uit een radioactieve wolk

Beschrijving van scenario

Een groot nucleair ongeval heeft plaatsgevonden in een kernreactor, waardoor radioactief materiaal is vrijgekomen in de atmosfeer (Chernobyl-scenario).

Het regende toen de verontreinigde wolk overtrok, wat leidde tot natte depositie van radioactiviteit op oppervlaktewatervoorzieningen (openlucht) in een groot gebied.

De verontreinigde wolk is overgetrokken, depositie heeft plaatsgevonden op oppervlaktewater, maar de besmettingsniveaus zijn nog niet vastgesteld.

De getroffen oppervlaktewatervoorzieningen leveren water voor een grote stad en een aantal andere, kleinere bewoonde gebieden.

Besluitvormingskader voor herstelmaatregelen

Gebruik het aanbevolen traject in hoofdstuk 0 om een herstelstrategie te ontwikkelen. Deze verwijst naar de beslisboom voor herstelopties voor drinkwater (Figuur 2). Informatie met betrekking tot de voortgang van het scenario na verloop van tijd is *schuingedrukt*.

<p>Wordt vermoed dat drinkwater besmet is of zou kunnen worden?</p> <p>⇒ Ja</p>	<p>De radioactieve wolk heeft zeer waarschijnlijk oppervlaktewatervoorzieningen verontreinigd. In de meeste gevallen zal het één of meer dagen duren voor opslagtanks met onbesmet drinkwater leeg zijn, en het duurt enkele uren tot 1-2 dagen voor radioactieve verontreiniging een waterzuiveringsfaciliteit bereikt. De eerste stap is derhalve het opzetten van gestructureerde monster- en monitoringactiviteiten.</p>
<p>Wordt vermoed dat besmetting van de watervoorziening heeft plaatsgevonden na waterzuivering?</p> <p>⇒ Nee (het heeft plaatsgevonden voor zuivering).</p> <p>Er zijn nog geen metingen van activiteitsconcentraties in het drinkwater.</p>	<p>In dit stadium is de belangrijkste vraag: 'Hoelang kan een waterbedrijf onbesmet water blijven leveren uit het distributienetwerk, uitgaand van normaal gebruik?' Dit is de maximale tijd die beschikbaar is voor het plannen van herstelmaatregelen als deze noodzakelijk zijn.</p> <p>In dit vroege stadium is het niet duidelijk of verontreinigde watervoorzieningen in de komende dagen of weken zullen leiden tot verontreinigd drinkwater uit de kraan. In dit stadium zijn de belangrijkste doelstellingen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) vaststellen welke radionucliden aanwezig zijn in het ruwwater dat wordt gebruikt voor drinkwatervoorzieningen; 2) inschatten of het waarschijnlijk is dat activiteitsconcentraties in dit water hoger zullen zijn dan de interventie- of screeningniveaus.
<p>Noodzakelijk om activiteitsconcentraties in drinkwater vast te stellen</p> <p>Opzetten van monitoring voor drinkwater geleverd aan het publiek</p> <p>Schatten van activiteitsconcentraties in drinkwater (zie paragraaf 6.4)</p>	<p>Het opzetten van een monsterprogramma moet hoge prioriteit hebben. De hoogste prioriteit moet worden gegeven aan het bemonsteren van gezuiverd drinkwater, zoals dat wordt gedronken door het publiek. Activiteitsconcentraties in ongezuiverd water kunnen echter ook dienen als conservatieve schatting van concentraties in drinkwater en kunnen wellicht gemakkelijker verzameld worden of zijn misschien al verzameld in verband met andere monitoringactiviteiten om niveaus van radioactiviteit in het milieu te meten.</p> <p>Metingen van radioactiviteitsniveaus in andere milieumedia zoals lucht of aarde zouden waardevolle informatie kunnen bieden over de radionucliden die zijn vrijgekomen en neergeslagen op de oppervlaktewaterbronnen. Bodemdepositie</p>

<p>Evaluëren van elke bron voor drinkwatervoorzieningen</p> <p>VOOR ELKE BRON Geven eerste schattingen van activiteitsconcentraties in drinkwater aan dat het zeer onwaarschijnlijk is dat de concentraties de vastgestelde interventie- of screeningniveaus overschrijden?</p> <p>⇒ Nee</p>	<p>(Bq/m²) kan ook worden gebruikt om een schatting te maken van de verontreiniging van oppervlaktewatervoorzieningen (zie paragraaf 6.4). Deze schattingen kunnen worden gebruikt om te bepalen of het waarschijnlijk is dat verontreinigingsniveaus in water gebruikt voor drinkwatervoorzieningen de vastgestelde interventie- of screeningniveaus overschrijden.</p> <p><i>Ga ervan uit dat vroege schattingen van activiteitsconcentraties in ongezuiverd drinkwater van alle waterbronnen verontreinigd door de wolk erop wijzen dat de NPK-IN-waarden overschreden zouden kunnen zijn en dat het radionuclide dat de meeste zorgen baart ¹³⁷Cs is.</i></p> <p>Als er geen informatie van andere milieumedia beschikbaar is over welke radionucliden van belang zijn, hebben een vroege analyse van watermonsters voor totaal-α- en totale β-activiteit, gammaspectrometrie en andere snelle radionuclidespecifieke analyses hoge prioriteit (zie hoofdstuk 4). In afwachting van de uitslagen dient het beheer van mogelijk verontreinigd drinkwater te worden overwogen (zie hieronder), rekening houdend met de hoeveelheid opgeslagen drinkwater in het distributienetwerk.</p>
<p>ONMIDDELLIJKE ACTIE IS VEREIST</p> <p>Overweeg mensen te adviseren de watervoorziening niet meer te gebruiken voor consumptie of het bereiden van eten (en misschien voor andere doeleinden)</p> <p>Monitoring hoge prioriteit</p> <p>Bepaal de stralingsdoses voor mensen (zie paragraaf 6.1)</p> <p>Analyse van monsters heeft hoge prioriteit</p> <p>Overweeg herstelopties te implementeren die snel doorgevoerd kunnen worden in afwachting van de monsteranalyse (zie hoofdstuk 7)</p> <p>Alternatieve voorziening (informatieblad C1)</p> <p>Probeer de waterconsumptie te reduceren om de tijd dat schoon water beschikbaar is te maximaliseren</p>	<p><i>In het getroffen gebied is een beperkte buffervoorraad onbesmet drinkwater beschikbaar, die onder normale omstandigheden voldoende zou moeten zijn voor 24 uur.</i></p> <p>De eerste maatregelen dienen gericht te zijn op de prioriteiten voor de korte termijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Continuering van de levering van (een minimum hoeveelheid) schoon drinkwater, ervan uitgaande dat reservevoorraden niet zijn besmet. • Verandering van wateronttrekkingspunt of gebruikte waterbron voor onbesmet water (informatieblad C3). • Afsluiting van verontreinigde watervoorzieningen; sluiten van de inlaatpompen naar de zuiveringsinstallatie. • Regelen van alternatieve watervoorzieningen (tankwagens of flessenwater) (informatieblad C1). • Communiceren naar het publiek dat een (tijdelijke) vermindering van de waterconsumptie noodzakelijk is. • Verminderen van de waterdruk waar mogelijk. • Uitvoeren van monitoring en beoordeling van stralingsdoses om te communiceren naar het publiek. <p>De waarschijnlijke effectiviteit van reguliere drinkwaterzuivering voor ¹³⁷Cs zou beoordeeld moeten worden. Om dit te kunnen doen moet de wijze van waterzuivering in de zuiveringsfaciliteiten in het getroffen gebied bekend zijn. Op informatieblad C2 is te vinden hoeveel radiocesium normaal gesproken verwijderd wordt door de bestaande behandeling. Deze informatie kan gebruikt worden om een meer realistisch beeld te krijgen van de waarschijnlijke activiteitsconcentraties in kraanwater en de mate van directe controle van drinkwater die vereist is totdat uitgebreide metingen beschikbaar zijn. Deze geschatte verwijderingen moeten worden bevestigd door zowel de invoer als de uitvoer van de zuiveringsinstallaties te monitoren.</p>

<p>Veranderingen in wateronttrekkingspunt of waterbron (informatieblad C3)</p> <p>Gecontroleerde menging (informatieblad C4)</p> <p>Beoordeel het waarschijnlijke nut van drinkwaterzuivering voor vermindering van activiteitsconcentraties (zie informatieblad C2)</p> <p>Als mensen nog steeds gehuisvest zijn in het gebied waar drinkwatervoorzieningen getroffen zijn is het bieden van een alternatieve voorziening (zie informatieblad C1) waarschijnlijk niet haalbaar.</p>	<p><u>Informatieblad C2</u> laat zien dat reguliere waterzuivering waarschijnlijk niet meer dan 40% van het radiocesium verwijdert.</p> <p>Het nemen van monsters en transporteren van grote aantallen watermonsters in een besmet gebied vraagt om een grondige organisatie. Voor het uitvoeren van uitgebreide metingen en analyses op deze monsters is het noodzakelijk dat laboratoria goed voorbereid zijn op hun taak en dat de capaciteit van de laboratoria is beoordeeld (zie Bijlage A).</p> <p>Met behulp van de informatie in paragraaf 6.1 (Tabel 4 en Tabel 5) en schattingen van activiteitsconcentraties in drinkwater kunnen de stralingsdoses voor het publiek worden geschat. Deze kunnen weer worden gebruikt om een inschatting te maken van de invloed op de gezondheid van mensen die gedurende een beperkte periode verontreinigd water hebben gedronken, toen de maatregelopties werden geïmplementeerd. Meer advies hierover vindt u in paragraaf 3.4.</p>
<p>Zijn concentraties in gezuiverd drinkwater > NPK-IN's / interventieniveaus / screeningniveaus? (Tabel 1)</p> <p>⇒ Ja</p>	<p><i>Na enkele uren komen de eerste onderzoeksresultaten binnen. Een activiteitsconcentratie van 500 Bq l⁻¹ voor ¹³⁴Cs, en 1000 Bq l⁻¹ voor ¹³⁷Cs is gemeten na waterzuivering. Deze activiteitsconcentraties overschrijden de NPK-IN's van 1000 Bq l⁻¹.</i></p> <p>Dit is in werkelijkheid hoogst onwaarschijnlijk! Aangenomen wordt echter dat de activiteitsconcentraties de NPK-IN-waarden overschrijden om te verduidelijken hoe dit rapport kan worden gebruikt en welke overwegingen moeten worden gemaakt in geval van een radiologisch incident waarbij deze situatie zich voordoet.</p>
<p>Betreft het een openbare watervoorziening?</p> <p>⇒ Ja</p> <p>Betreft het een particuliere watervoorziening?</p> <p>⇒ Ja</p>	<p>Water uit de verontreinigde waterbronnen wordt gebruikt voor de openbare drinkwatervoorziening aan een groot aantal burgers en verschillende ziekenhuizen. Er wonen ook verschillende mensen in het getroffen gebied met eigen winningen.</p>
<p>Is het radionuclide kortlevend? (zie Tabel 7)</p> <p>⇒ Nee</p>	<p>Nee. ¹³⁴Cs en ¹³⁷Cs worden volgens dit rapport als langlevend beschouwd.</p>
<p>Overweeg: Alternatieve voorziening (informatieblad C1)</p> <p>Verander onttrekkingsregime (informatieblad C3)</p>	<p>- Het bieden van alternatieve voorzieningen voor drinkwater (<u>informatieblad C1</u>). Vanwege de omvang van de getroffen bevolking is dit waarschijnlijk alleen een optie voor korte duur. Als deze voorzieningen alleen aan kwetsbare bevolkingsgroepen worden geboden, bijvoorbeeld ziekenhuispatiënten, zou het een oplossing voor langere duur kunnen zijn. Advies over de noodzaak om het watergebruik tot een minimum te beperken en kraanwater alleen te gebruiken voor niet-consumptieve doeleinden zou moeten worden verstrekt bij de uitgifte van water uit flessen of tankwagens.</p> <p>- Verandering van onttrekkingsregime of gebruikte waterbron (<u>informatieblad C3</u>). Informatie over het distributienetwerk en de waterbronnen die daarvoor water leveren moet beschikbaar zijn om te kijken of er grondwaterbronnen</p>

<p>Gecontroleerde menging (informatieblad C4)</p>	<p>voorhanden zijn. Gezien de omvang van het getroffen gebied is het waarschijnlijk dat alternatieve onttrekkingspunten van rivieren ook getroffen zijn. Deze kunnen echter overwogen worden, rekening houdend met de windrichting en de precieze plaats waar de verontreinigde wolk overheen trok.</p> <p>- Gecontroleerde menging van drinkwater (informatieblad C4) kan een optie zijn als meerdere voorzieningen beschikbaar zijn, aangezien de activiteitsconcentraties in het drinkwater niet te ver boven de NPK-IN's liggen en menging deze tot ver onder de NPK-IN's zouden kunnen brengen. (Verdunning van hoge activiteitsconcentraties is waarschijnlijk moeilijk uit te leggen aan het publiek).</p>
<p>Waterzuivering bij kraan (informatieblad C5)</p>	<p>- Waterzuivering bij de kraan (informatieblad C5) door waterfilterkannen te gebruiken is waarschijnlijk alleen uitvoerbaar op kleine schaal, aangezien de verkrijgbaarheid van filterkannen in winkels de toepassing beperkt. Deze oplossing is niet haalbaar voor het aantal mensen dat in dit scenario getroffen wordt.</p> <p>Tal van factoren moeten overwogen worden bij het kiezen van de meest passende oplossing, zoals:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kosten; • maatschappelijke, politieke en ethische aspecten; • soort waterzuivering toegepast; • de verwachte termijn waarbinnen activiteitsconcentraties waarschijnlijk de vastgestelde interventieniveaus overschrijden; • maatschappelijke bezorgdheid over waterkwaliteit. <p>Deze factoren worden nader toegelicht in de informatiebladen.</p>
<p>Aanpassing van waterzuivering (alleen optie voor lange termijn) (informatieblad C2)</p>	<p>De langetermijnprioriteit zou moeten zijn om de waterkwaliteit terug te brengen naar de niveaus zoals omschreven door de WHO (WHO, 2004). Dit moet worden ondersteund door een monitoringprogramma voor de lange termijn om de kwaliteit te waarborgen en om de effectiviteit van de geïmplementeerde maatregelopties te beoordelen. Op de langere termijn dienen de volgende punten overwogen te worden als monitoring erop wijst dat activiteitsconcentraties boven de interventieniveaus blijven.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beoordelen van de waarschijnlijke invloed van wegvloeiing uit afwateringsspaarbekkens en rivieren en of het waarschijnlijk is dat dit de activiteitsconcentraties in het water voor langere tijd verhoogd houdt. • Kunnen veranderingen in het waterzuiveringsproces geïmplementeerd worden om meer radiocesium te verwijderen? Ionenwisseling en omgekeerde osmose kunnen bijvoorbeeld overwogen worden, aangezien deze processen waarschijnlijk zeer effectief zijn voor het verwijderen van radiocesium (zie informatieblad C2). • Schoonmaken van de waterzuiveringsfaciliteiten om al het verontreinigde bezinsel, slib en filters te verwijderen. Zo wordt het publiek verzekerd dat de radioactiviteit niet weer in het drinkwater terechtkomt en verminderen ook de stralingsdoses voor mensen die regelmatig onderhoudswerkzaamheden verrichten in de zuiveringsfaciliteiten. De stralingsdoses waaraan de mensen die de faciliteiten schoonmaken worden blootgesteld moeten worden beoordeeld en gecontroleerd. • Toezicht blijven houden op alle relevante stadia van waterzuivering tot de verontreinigingsniveaus voor alle belanghebbenden aanvaardbaar zijn.

<p>Is waterzuivering van eigen winningen een optie? ⇒ Ja</p>	<p>De eigen winningen in het getroffen gebied worden verkregen uit boorgaten en putten. Derhalve is het hoogst onwaarschijnlijk dat deze voorzieningen direct besmet zijn geraakt na het ongeval.</p> <p>Een monitoringprogramma moet worden opgezet om de activiteitsconcentraties in het drinkwater verkregen uit deze bronnen te meten om de mensen gerust te stellen en in de gaten te houden dat ze op de langere termijn niet verontreinigd raken.</p> <p>Overweeg tot de meetgegevens beschikbaar zijn alternatieve voorzieningen voor drinkwater (<u>informatieblad C1</u>).</p>
--	--

D2. Directe besmetting van water voor zuivering

Beschrijving van scenario:

Een radioactieve verontreiniging heeft plaatsgevonden in een rivier, stroomopwaarts van de inlaatlocatie van een grote waterzuiveringsfaciliteit.

Het rivierwater heeft de opslagspaarbekken al besmet tegen de tijd dat het ontdekt wordt. Regelmatige monitoring van het rivierwater heeft aangetoond dat het radionuclide ⁹⁰Sr is en aan de hand van een totaal β -meting is vastgesteld dat het NPK-IN-niveau (zie Tabel 2) niet is overschreden.

Besluitvormingskader voor herstelmaatregelen:

Gebruik het aanbevolen traject (hoofdstuk 2) om een herstelstrategie te ontwikkelen. Deze verwijst je naar de beslisboom voor herstelopties voor drinkwater (Figuur 2). Informatie met betrekking tot de voortgang van het scenario na verloop van tijd is *schuingedrukt*.

<p>Wordt vermoed dat drinkwater besmet is of zou kunnen worden ? ⇒ Ja</p>	<p>Verontreiniging is gemeten in de rivier, waar water uit onttrokken wordt voor een grote waterzuiveringsfaciliteit voor drinkwater. Informatie is nodig over hoeveel tijd er zit tussen onttrekking van het water en distributie naar het drinkwaternetwerk, en welke waterzuiveringsprocessen plaatsvinden.</p> <p>Water wordt na zuivering opgeslagen in spaarbekken, van waaruit het doorstroomt naar het distributienetwerk al naar gelang het waterverbruik. Daarnaast is informatie nodig over eventuele andere wateronttrekkingspunten verder stroomafwaarts.</p>
<p>Wordt vermoed dat besmetting van de watervoorziening heeft plaatsgevonden na waterzuivering?</p>	<p>De verontreiniging komt duidelijk voort uit de onttrekking van verontreinigd water uit de rivier.</p>
<p>Noodzakelijk om activiteitsconcentraties in drinkwater vast te stellen</p> <p>Opzetten van monitoring voor drinkwater geleverd aan het publiek</p> <p>Schatten van activiteitsconcentraties in drinkwater (zie paragraaf 6.2)</p>	<p>De hoogste prioriteit heeft het meten van activiteitsconcentraties van ⁹⁰Sr in dit water, aangezien het terecht komt in het distributienetwerk. Het monitoringprogramma moet ook het nemen van monsters bij het onttrekkingspunt omvatten, om aan te tonen dat geen verdere verontreiniging de faciliteit binnenkomt, en het nemen van monsters als het water de zuiveringsfaciliteit verlaat (als het direct in het netwerk terecht komt zonder eerst in spaarbekken opgeslagen te worden).</p> <p>Het is mogelijk dat water is geconsumeerd voor de verontreiniging in de rivier werd ontdekt. Een schatting van de stralingsdoses kan worden gemaakt aan de hand van standaardwaarden voor de effectiviteit van drinkwaterzuivering voor</p>

<p>Evaluëren van elke bron voor drinkwatervoorzieningen</p> <p>VOOR ELKE BRON Geven eerste schattingen van activiteitsconcentraties in drinkwater aan dat het zeer onwaarschijnlijk is dat de concentraties de vastgestelde interventie- of screeningniveaus overschrijden?</p> <p>⇒ Ja (NPK-IN's niet overschreden)</p>	<p>het element ⁹⁰Sr en kennis van de toegepaste zuiveringsprocessen door de faciliteit.</p> <p><i>Eerste schattingen wijzen erop dat het interventieniveau voor ⁹⁰Sr waarschijnlijk niet is overschreden, aangezien het totaal β-schermingsniveau niet is overschreden.</i></p> <p>Als we ervan uitgaan dat de activiteitsconcentraties in het drinkwater op het screeningniveau van 5 Bq l⁻¹ zitten (zie Bijlage A) en dat de toegepaste waterzuiveringsprocessen 30% van de verontreiniging verwijderen (zie <u>informatieblad C2</u>), dan kan aan de hand van Tabel 5 een conservatieve schatting van de opgelopen stralingsdoses worden gemaakt. Ervan uitgaande dat het verontreinigde water gedurende één week is geconsumeerd, dan zouden de ingenomen doses rond de 1 µSv liggen. Dit is waarschijnlijk een te hoge schatting, aangezien de verontreiniging snel verdund zal worden als onbesmet water wordt onttrokken en in het distributienetwerk terecht komt.</p> <p>Voordat maatregelen worden getroffen voor het opgeslagen water kan een conservatieve schatting gemaakt worden van de stralingsdoses die opgelopen kunnen worden door drinkwater uit de opslagpaarbekken, door hiervoor van dezelfde waarden uit te gaan als hierboven. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de verontreiniging in het opslagpaarbekken niet verdund wordt, ondanks dat het hier gemengd wordt met schoon water van zowel voor als na de verontreiniging.</p> <p>Voordat met behulp van monitoring bevestigd kan worden dat geen verontreinigd water meer wordt onttrokken, moet overwogen worden de onttrekking op dit punt stop te zetten als alternatieve waterbronnen of onttrekkingspunten beschikbaar zijn. Dit betekent een extra geruststelling voor het publiek dat de situatie onder controle is en de stralingsdoses voor de bevolking tot een minimum beperkt worden.</p> <p>Communiqueer via alle mogelijke media naar het publiek dat consumptie van drinkwater gedurende ten minste drie opeenvolgende dagen tot een minimum beperkt moet blijven, het verontreinigingsniveau is laag (< NPK-IN) maar onnodige blootstelling voor het publiek moet worden voorkomen.</p> <p>Ook het rivierwater stroomafwaarts moet worden gemonitord, waarbij de aandacht in eerste instantie uitgaat naar andere onttrekkingspunten voor drinkwater. Deze analyses hebben minder prioriteit omdat aanzienlijke verdunning zal optreden naarmate de verontreiniging stroomafwaarts gaat en de geschatte stralingsdoses in drinkwater van het dichtstbijzijnde onttrekkingspunt erop wijzen dat geen directe actie vereist is.</p> <p><i>De meetgegevens van de opslagpaarbekken zijn na twee dagen beschikbaar. De metingen komen uit op activiteitsconcentraties in het drinkwater van 5-10% van het NPK-IN voor ⁹⁰Sr.</i></p>
<p>Is het noodzakelijk de activiteitsconcentraties in drinkwater te reduceren, ongeacht of de interventieniveaus worden overschreden?</p>	<p>Een goede drinkwaterkwaliteit is heel belangrijk voor het publiek. Zelfs als er geen noemenswaardig gezondheidsrisico is, is er waarschijnlijk druk vanuit de maatschappij en politiek om de radioactiviteitsniveaus in water terug te brengen tot achtergrondstraling.</p>

⇒ Ja	
Betreft het een openbare watervoorziening? ⇒ Ja	Houd rekening met de verschillende soorten watervoorzieningen. <i>In dit geval is alleen een openbare watervoorziening verontreinigd geraakt en deze voorziet verschillende grotere plaatsen van drinkwater.</i>
Betreft het een particuliere watervoorziening? ⇒ Nee	
Is het radionuclide kortlevend? (zie Tabel 5) ⇒ Nee	Nee. ⁹⁰ Sr is langlevend ($T_{1/2} = 28$ jaar).
Overweeg: Alternatieve voorziening (informatieblad C1) Verander onttrekkingsregime (informatieblad C3) Gecontroleerde menging (informatieblad C4) Aanpassing van waterzuivering (alleen optie voor lange termijn) (informatieblad C2)	<p>De volgende opties moeten worden overwogen.</p> <p>Het bieden van alternatieve voorzieningen voor drinkwater (informatieblad C1). Vanwege de omvang van de getroffen bevolking en de lage besmettingsniveaus gemeten in het drinkwater is deze optie niet voor de hand liggend en ook niet haalbaar.</p> <p>Verandering van onttrekkingsregime of gebruikte waterbron (informatieblad C3). Dit is slechts tijdelijk nodig, aangezien de verontreiniging stroomafwaarts is gegaan van het onttrekkingspunt. Voor de korte termijn, terwijl verdere metingen plaatsvinden, kan verandering van de waterbron overwogen worden als dit haalbaar is, ter geruststelling van het publiek.</p> <p>Voor de zekerheid en ter geruststelling is een grondige schoonmaak van de waterzuiveringsfaciliteiten verstandig, om al het verontreinigde bezinksel, slib en filters te verwijderen. Dit moet gepland worden om de watervoorziening zo min mogelijk te verstoren. De stralingsdoses waaraan de mensen die de faciliteiten schoonmaken worden blootgesteld moeten worden beoordeeld en gecontroleerd.</p> <p>Veranderingen in het waterzuiveringsproces kunnen worden geïmplementeerd om meer radiostrontium te verwijderen (zie informatieblad C2). Het gebruik van calciumoxide tijdens het uitvlokken kan de verwijderingsefficiëntie vergroten. Wijzigingen in de zuiveringsprocessen zijn echter waarschijnlijk niet gerechtvaardigd op basis van stralingsbeschermingsredenen.</p> <p>Monitoring van het drinkwater dat de getroffen waterzuiveringsfaciliteit verlaat moet worden gecontinueerd tot gewaarborgd kan worden dat de drinkwaterkwaliteit aanvaardbaar is voor alle belanghebbenden. Afhankelijk van de situatie kunnen de WHO-richtlijnen of de grenswaarden in de EC Drinking Water Directive 83/96 toegepast worden.</p>

D3. Directe besmetting van water na zuivering

Beschrijving van scenario:

De autoriteiten zijn telefonisch op de hoogte gebracht van een opzettelijk lozing in een drinkwatervoorziening die een grote stad van water voorziet. De geloosde radioactiviteit heeft zich inmiddels verspreid door het drinkwaternetwerk. Het is nog niet bekend om welke radionuclide(n) het gaat.

Besluitvormingskader voor herstelmaatregelen:

Gebruik het aanbevolen traject (hoofdstuk 2) om een herstelstrategie te ontwikkelen. Deze verwijst naar de beslisboom voor herstelopties voor drinkwater (Figuur 2). Informatie met betrekking tot de voortgang van het scenario na verloop van tijd is *schuingedrukt*.

<p>Wordt vermoed dat drinkwater besmet is of zou kunnen worden ?</p> <p>⇒ Ja</p> <p>Wordt vermoed dat besmetting van de watervoorziening heeft plaatsgevonden na waterzuivering?</p> <p>⇒ Ja</p>	<p>Je weet (of hebt een sterk vermoeden) dat het drinkwater in het distributienetwerk besmet is. Waarschijnlijk hebben sommige mensen al stralingsdoses opgelopen. Deze zullen sterk uiteenlopen en afnemen omdat de verontreiniging verdund wordt naarmate deze zich verder verwijderd van het besmettingspunt. Derhalve is het van groot belang snel monitoring op te zetten en verdere blootstelling aan straling zoveel mogelijk te voorkomen tot meer informatie beschikbaar is.</p> <p>Het is ook belangrijk om te weten hoeveel mensen gebruikmaken van de verontreinigde watervoorziening en in hoeverre verdunning plaatsvindt in het drinkwaternetwerk.</p> <p><i>Onmiddellijke actie is vereist.</i></p>
<p>ONMIDDELLIJKE ACTIE IS VEREIST</p> <p>Overweeg mensen te adviseren de watervoorziening niet meer te gebruiken voor consumptie of het bereiden van eten (en misschien voor andere doeleinden)</p> <p>Monitoring hoge prioriteit</p> <p>Bepaal de stralingsdoses voor mensen (zie paragraaf 6.1)</p> <p>Analyse van monsters heeft hoge prioriteit</p> <p>Overweeg maatregelen te implementeren die snel doorgevoerd kunnen worden in afwachting van de monsteranalyse (zie hoofdstuk 7)</p>	<p>Grootschalige monitoring met handbediende monitors moet worden gestart in drinkwatervoorzieningstanks en hoofd(water)leidingen. Monsters moeten worden genomen van het netwerk waar toegang kan worden verkregen en totale metingen van activiteit (wellicht direct met behulp van een vloeistofscintillatieteller (liquid scintillation counter – LSC)) moeten worden gedaan. Zo kan de aanwezigheid van de meeste radionucliden worden vastgesteld.</p> <p><i>Laten we aannemen dat de locatie is vastgesteld dankzij sensoren of dat verdachte personen zijn vastgelegd met beveiligingscamera's. Eerste schattingen van activiteitsconcentraties op de besmettingslocatie met handbediende monitors wijzen erop dat de NPK-IN's overschreden zouden kunnen zijn. De activiteitsconcentraties zijn echter niet zo hoog dat een gezondheidsrisico bestaat als het water wordt gebruikt voor niet-consumptieve doeleinden.</i></p> <p>Ondertussen moeten veel watermonsters genomen worden om de omvang van de besmetting vast te stellen. Voor het uitvoeren van uitgebreide gammaspectrometrie-analyses en totaal-β-metingen zijn goed voorbereide laboratoria vereist, die onderling samenwerken (zie hoofdstuk 10).?????</p>

<p>Alternatieve voorziening (informatieblad C1)</p> <p>Probeer de waterconsumptie te reduceren om de tijd dat schoon water beschikbaar is te maximaliseren</p> <p>Gefaseerd doorspoelen van leidingnet</p> <p>Bieden van een alternatieve voorziening (zie informatieblad C1).</p>	<p>Alternatieve watervoorzieningen zoals tankwagens of flessenwater moeten worden geregeld (zie informatieblad C1).</p> <p>Communiceer via alle mogelijk media naar het publiek dat kraanwater tot nader order niet langer gebruikt mag worden voor consumptie of het bereiden van eten. Mensen moeten geïnformeerd worden dat gebruik van het water voor niet-consumptieve doeleinden geen gezondheidsrisico met zich meebrengt. Communiceer eveneens in heldeer taal wat de mogelijke schade is als er al een beperkte hoeveelheid water is geconsumeerd.</p> <p>Activeren van nooddrinkwatervoorzieningen.</p>
<p>Zijn concentraties in gezuiverd drinkwater > NPK-IN's / interventieniveaus / screeningniveaus? (Tabel 3 en 4)</p> <p>⇒ Ja</p>	<p><i>Na enkele uren komen de eerste onderzoeksresultaten binnen. Een ¹³¹activiteitsconcentratie van 5000 Bq/l voor ¹³¹I is gemeten in twee monsters, gelijk aan tien keer de NPK-IN-waarde. In de overige monsters zijn ¹³¹activiteitsconcentraties variërend van niet-waarneembaar tot 1000 Bq l⁻¹ gemeten, d.w.z. tot twee keer de NPK-IN-waarde. Er zijn gegevens beschikbaar over de consumptie van kraanwater door de lokale bevolking. De consumptie ligt 50% hoger dan de waarden in Tabel 2 van dit rapport.</i></p> <p>Als we de waarden voor waterconsumptie uit Tabel 4 met factor 1,5 vermenigvuldigen zou dit resulteren in een maximale ingenomen dosis van 2-6 mSv, gebaseerd op de hoogste meting en het drinken van water met dit besmettingsniveau gedurende drie weken. Op basis van de andere metingen zou de stralingsdosis minder dan circa 1 mSv zijn. Bij deze schattingen wordt geen rekening gehouden met radioactief verval. Als rekening wordt gehouden met radioactief verval zijn de ingenomen doses ongeveer een factor 3 lager, d.w.z. dat de hoogste stralingsdosis ongeveer 2 mSv is.</p> <p>Daarbij moet opgemerkt worden dat de hogere besmettingsniveaus snel zouden dalen doordat de besmetting binnen korte tijd aanzienlijk verdund wordt in het drinkwater.</p> <p>Overwogen kan worden het drinkwater weg te laten lopen op de locaties met de hoogste activiteitsconcentraties, d.w.z. de locaties het dichtst bij het besmettingspunt. Dit kan gedaan worden door de kranen open te zetten en het water in het riool te laten lopen. In dat geval moet worden gekeken of dit afvalwater als besmet afval moet worden beschouwd en behandeld.</p>
<p>Betreft het een openbare watervoorziening?</p> <p>⇒ Ja</p> <p>Betreft het een particuliere watervoorziening?</p> <p>⇒ Nee</p>	<p>Het waternetwerk levert water aan een groot aantal burgers. Eigen winningen zijn niet aangetast.</p>
<p>Is het radionuclide kortlevend? (zie Tabel 5)</p> <p>⇒ Ja</p>	<p>Ja. ¹³¹I wordt als kortlevend beschouwd. Het heeft een halveringstijd van 8 dagen.</p>

<p>Overweeg opties die snel geïmplementeerd kunnen worden:</p>	<p>Het grootste deel van de stralingsdoses opgelopen door het drinken van besmet water is waarschijnlijk opgelopen voor de waterconsumptie aan banden werd gelegd. Mensen kunnen de volgende paar weken echter nog steeds lagere doses binnenkrijgen via het drinkwater, tot ¹³¹ I volledig vervallen is. Daarom is het van belang maatregelopties te overwegen die snel geïmplementeerd kunnen worden en te kijken hoe effectief deze zijn.</p>
<p>Alternatieve voorziening (informatieblad C1)</p>	<p>Overweeg: Activering en continuering van alternatieve drinkwatervoorzieningen (zie informatieblad C1). Het is belangrijk om te bepalen hoelang deze kunnen worden gehandhaafd.</p>
<p>Gecontroleerde menging (informatieblad C4)</p>	<p>Gecontroleerde menging houdt hier in dat hoofdleidingen versneld doorgespoeld worden met reinwater uit onbesmette reinwaterkelders.</p> <p>In het specifieke geval van een jodiumbesmetting kan een waterfilter met een koolfilter de besmetting terugdringen.</p> <p>Monitoring van het drinkwater in het distributienetwerk moet worden gecontinueerd tot gewaarborgd kan worden dat de drinkwaterkwaliteit voldoet aan aanvaardbare richtlijnen (WHO, 2005). Water dat de zuiveringsfaciliteit verlaat moet ook gemonitord worden om aan te tonen dat de zuiveringsfaciliteit niet besmet is en om het publiek gerust te stellen over de waterkwaliteit.</p> <p>Vanwege de korte halveringstijd van ¹³¹ I is dit is maar een paar weken tot maanden nodig.</p> <p>Er zal waarschijnlijk grote druk zijn vanuit het publiek om het waterdistributienetwerk door te spoelen om te waarborgen dat het water geen restbesmetting bevat. Met het oog op de korte halveringstijd van ¹³¹ I en het feit dat de opgelopen stralingsdoses van verdunde verontreiniging in het water erg laag zullen zijn, is dit waarschijnlijk niet gerechtvaardigd op basis van stralingsbeschermingsredenen. Het geruststellen van het publiek is echter een belangrijke sociale factor.</p>

Bijlage E Effectiviteit van waterzuivering van radioactieve verontreinigingen

Tabel C1 biedt een matrix voor de verwijderingsefficiëntie voor de elementen en waterzuiveringsprocessen behandeld in het onderzoek. De verwijderingsefficiëntie wordt weergegeven als een bandbreedte die een voorzichtige schatting biedt van de waarschijnlijke verwijdering van radioactieve isotopen van elementen door waterzuivering in geval van een radiologisch incident. De zuiveringsprocessen kunnen afzonderlijk of gecombineerd worden toegepast.

In geval van een afzonderlijke zuiveringsbehandeling wordt de activiteitsconcentratie van een bepaald radionuclide in het water na zuivering als volgt berekend:

$$[\text{Activiteitsconcentratie}_{\text{na zuivering}}] = [\text{activiteitsconcentratie}_{\text{voor zuivering}}] \times F$$

Waarbij:

$$F = 1 - (\text{verwijderingsefficiëntie} / 100)$$

In geval van gecombineerde processen moet opgelet worden bij de toepassing van de verwijderingsefficiëntiefactoren in de tabel bij informatieblad C2. Als bijvoorbeeld flocculatie/coagulatie bijna alle concentraties van een bepaald radionuclide of een bepaald element verwijdert, zullen volgende processen alleen effect hebben op het resterende deel van radioactieve besmetting en niet op de totale initiële besmetting. De meeste waterzuiveringsfaciliteiten zullen over meerdere van de in de tabel bij informatieblad C2 genoemde processen beschikken. In dat geval is de effectieve verwijdering multiplicatief. Dit betekent dat als het eerste proces een effectiviteit van 50% heeft en een volgend proces eveneens een effectiviteit van 50% heeft, de totale effectiviteit 75% is. Het tweede proces heeft alleen effect op het resterende deel van het element.

De totale efficiëntie voor een combinatie van zuiveringsprocessen voor het verwijderen van radioactiviteit uit het water kan als volgt geschat worden:

$$[\text{activiteitsconcentratie}_{\text{na zuiveringsproces A}}] = [\text{activiteitsconcentratie}_{\text{voor zuivering}}] \times F_a$$

$$[\text{activiteitsconcentratie}_{\text{na zuiveringsproces A en B}}] = [\text{activiteitsconcentratie}_{\text{na zuivering A}}] \times F_b$$

Waarbij:

$$F_a = 1 - (\text{verwijderingsefficiëntie} / 100) \text{ voor zuiveringsproces A en}$$

$$F_b = 1 - (\text{verwijderingsefficiëntie} / 100) \text{ voor zuiveringsproces B}$$

Er is een aantal belangrijke factoren waar rekening mee moet worden gehouden bij gebruik van tabel C1 met verwijderingsefficiëntiefactoren.

- De waarden in tabel C1 gelden alleen voor chemische verwijdering. Elementen die zich gehecht hebben aan specifieke deeltjes in het water zijn niet meegenomen in deze tabel, aangezien verwijdering daarvan een fysische verwijdering en geen chemische verwijdering betreft. Daarop wordt hieronder nader ingegaan voor zandfiltratie en microfiltratie.
- Zandfiltratie volgt gewoonlijk op flocculatie/coagulatie. Dit verwijdert veel van de zwevende deeltjes aanwezig in het onbehandelde water en voorkomt dat de zandfilters verstopt raken en niet meer efficiënt werken. Zandfiltratie houdt zwevende deeltjes die eventueel nog aanwezig zijn na de eerste zuiveringsstap tegen en deze worden verwijderd. De effectieve verwijdering geldt voor het chemische proces van zandfiltratie en niet voor de mechanische verwijdering van vaste deeltjes. Secundaire filtratie, zoals toegepast voor verwijdering van mangaan, zou dezelfde verwijderingsefficiëntie hebben als de eerste filtratie.
- De toepassing van actieve kool is geëvalueerd. De kool kan aanwezig zijn als korrelige actieve kool in filterbedden of toegevoegd worden als poedervormige actieve kool op verschillende punten tijdens het zuiveringsproces in reactie op verontreiniging.
- Omgekeerde osmose moet niet verward worden met microfiltratie, dat wordt toegepast bij membraanfiltratie. Microfiltratie verwijdert deeltjes met een diameter van slechts enkele micrometers. Microfiltratie verandert niets aan de chemische eigenschappen van de vloeistof die door het membraan passeert. Verwijdering vindt plaats doordat elementen aan deeltjes gehecht zijn en mechanisch tegengehouden worden door het filter (als de deeltjes niet te klein zijn). Omgekeerde osmose kan ionen en moleculen met een molaire massa van een paar tientallen grammen per mol tegenhouden, en verandert dus wel de chemische eigenschappen van de vloeistof die door het membraan passeert.
- Het effect van calciumoxide-natriumcarbonaat is onderzocht voor bepaalde elementen, met name strontium. Voor de meeste elementen is het effect van ontharding door calciumoxide-natriumcarbonaat minimaal omdat eerdere zuiveringsprocessen, zoals flocculatie/coagulatie, het grootste deel van het element al verwijderd hebben. Alhoewel calciumoxide-natriumcarbonaat heel effectief is voor het verwijderen van strontium en radium vanwege hun chemische overeenkomst met calcium, zal door ontharding derhalve niet meer dan een fractie van de overige elementen worden verwijderd op het punt waar waterontharding plaatsvindt.

Literatuur – Waterzuivering

Annamäki M, Turtiainen T, Jungclas H, Rauße C (2000). Disposal of radioactive waste arising from water treatment: Recommendations for the EC. Final report of the WP 8 of the TENAWA Project. STUK-A175.

1. Annamäki M en Turtiainen T (2000). Treatment Techniques for removing Natural Radionuclides from Drinking Water. STUK-A169.
2. Arey JS, Seaman JC en Bertsch PM (1999). Immobilization of Uranium in contaminated sediments by hydroxyapatite addition. Environ. Sci. Technol. 33 (1999) 337.
3. Dionian J en Linsley GS (1983). Models for the transfer of radionuclides from atmosphere into drinking water supplies. NRPB, Chilton, UK
4. Gafvert T, Ellmark C en Holm E (2002). Removal of radionuclides at a water works. J Environ Radioact, 63, 105-115.

5. Goossens R, Delville A, Genot J, Halleux R en Masschelein WJ (1989). Removal of the typical isotopes of the Chernobyl fall-out by conventional water treatment. *Wat Res Col*, 23 (6) 693-697.
6. Haberer K (1989). Radioactivity - Requirements and possibilities of the water treatment. *Water Supply*, 7, 201-205 (Wenen).
7. Huikuri P, Salonen L en Raff O (1998). Removal of natural radionuclides from drinking water by point of entry reverse osmosis. *Desalination*, 119, 235-239.
8. Huikuri P, Salonen L en Turtiainen T (1999). Removal of natural radionuclides from drinking water from private wells in Finland. *Nordic Society for Radiation Protection*, 317, 113-116.
9. Huikuri P, Salonen L (2000). Removal of uranium from Finnish groundwaters in domestic use with a strong anion resin. *J. Radioanal. and Nuc. Chem.*, 245 (2000) 385.
10. Jimenez A, De La Montana Rufo M (2002). Effect of water purification on its radioactive content. *Wat. Res.*, 36 (2002) 1715.
11. Kinner NE, Quern PA, Schell GS, Lessard CE en Clement JA (1990). Treatment technology for removing radon from small community water supplies. Radon, radium and uranium in drinking water. Lewis publishers. 286, 39-50.
12. Kwakman PJM (2004). Drinkwaterzuivering na een kernongeval. Een literatuurstudie. RIVM/LSO briefrapport 445/2004, RIVM, Bilthoven, Nederland.
13. Liu N, Luo S, Tyang Y, Zhang T, Jin J en Liao J (2002). Biosorption of Am-241 by *Saccharomyces Cerevisiae*. *Radioanal. Nuclear. Chem.*, 252 (2002) 187.
14. Möller T, Harjula R en Paajanen A (2003). Removal of ⁸⁵Sr, ¹³⁴Cs, and ⁵⁷Co radionuclides from acidic and neutral waste solutions by metal doped antimony silicates. *Separation Science and Technology*, 38 (2003) 2995.
15. Reid GW, Lassoovsky P en Hathaway S (1985). Treatment, waste management and cost of removal of radioactivity from drinking water. *Health Phys*, 48 (5), 671-694.
16. Rudenko LI, Sklyar VY en Khan VE (2004). Treatment of liquid radioactive waste from the shelter object to remove transuranic elements, radiostrontium en γ -emitters. *Radiochemistry*, 46 (2004) 198. Vertaald uit *Radiokhimiya* 46, 184.
17. Rulyov NN (1999). Application of ultra-flocculation and turbulent micro-flotation to the removal of fine contaminants from water. *Colloids and Surfaces, A: Physicochemical and Engineering aspects* 151 (1999) 283.
18. Strand P, Skuterud L en Melin J (1997). Reclamation of contaminated urban and rural environments following a severe nuclear accident. *Nordic Nuclear Safety Research*.
19. Thomson BM et al (2003). Removal of metals and radionuclides using apatite and other natural sorbents. *J. Env. Engineering*, Juni 2003, 492.
20. Turtiainen T, Salonen L en Myllymaki P (2000). Radon removal from different types of groundwater applying granular activated carbon filtration. *J Radioanal Nucl Chem*, 243 (2), 423-432.
21. Vaaramaa K, Lehto J en Jaakola T (2000). Removal of ²³⁴U, ²³⁸U, ²²⁶Ra, ²¹⁰Po and ²¹⁰Pb from drinking water by ion exchange. *Radiochimica Acta* 88 (2000) 361.
22. Van Craenenbroeck W (1990). Evaluation of radioactivity measurements in Belgium and Dutch water supply facilities following the Chernobyl event. IN *Nuclear contamination in water resources - Proceedings of the Water resource consequences of a nuclear event organised by the Institution of Civil Engineers and held in Glasgow on 7-8 September 1989*. Thomas Telford, Londen.
23. Watson JE en Crawford-Brown DJ (1991). Use of activated carbon to remove radon from drinking water. *North Carolina Water Resources Research Inst.*

Bijlage F Voorbeeld communicatiestrategie

In 2007 vond er bij PWN, Noord-Holland, een lichte E. coli-besmetting plaats in het drinkwater. In de evaluatie is een lijst gegeven met lessen die geleerd zijn in de communicatie naar het publiek. Daar communicatie in grote lijnen dezelfde zal zijn, is deze lijst met lessen hieronder overgenomen. Uiteraard wordt sterk aanbevolen om het oorspronkelijke rapport van PWN erop na te slaan.

- Wees duidelijk met de hulpvraag richting betrokken partijen. Onduidelijkheid levert in een crisissituatie vertraging op in het proces.
- Wanneer een incident meerdere gemeentes betreft, schaal dan zo snel mogelijk op via het Regionaal Crisiscentrum om burgemeesters snel en direct te kunnen bereiken.
- Schaal bij onduidelijkheid over de grenzen van het getroffen gebied altijd op naar GRIP4 zodat verschillende gemeentes in meer dan een veiligheidsregio tegelijkertijd worden geïnformeerd en daardoor dezelfde acties ondernemen.
(GRIP = gecoördinerende regionale incidentenbeschrijvingsprocedure. De ‘4’ houdt dat er sprake is van een ‘Ramp/zwaar ongeval in meerdere gemeenten’)
- Behoud het initiatief in de communicatie naar buiten. De gezondheid en het geruststellen van de burger gaat boven alles.
- Niet wachten met het communiceren van officiële berichten naar de media tot alles bekend is. Informeer ze over wat je weet en wat je nog niet weet (procesinformatie).
- Je wordt snel verrast door de aantallen mensen die reageren en informatie willen. Neem als uitgangspunt dat we leven in een tijd waarin mondige, informatiezoekende burgers snel vragen om het laatste nieuws. Internet speelt hierbij een steeds belangrijker rol (in positieve en negatieve zin)
- Nazorg: laat weten dat je je bewust bent van de overlast die een crisis voor alle betrokkenen oplevert.
- Communiqueer welke stappen je als bedrijf neemt om uit te zoeken hoe een en ander heeft kunnen gebeuren en wat je eraan doet om een crisis in het vervolg te voorkomen.
- Maak vooraf met de rampenzender (radio, lokale of nationale TV, internetnieuwssites) afspraken over het delen van informatie en het effectief bereiken van het grote publiek.

Bron

E. Coli in drinkwater. Crisismanagement in de praktijk. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, oktober 2007.

(www.pwn.nl ; zoek naar ‘E. Coli’ onder de zoekfunctie)

Bijlage G Woordenlijst

Activiteitsconcentratie

Het niveau van *radioactieve besmetting* per oppervlakte-, volume- of gewichtseenheid.

Voorbeelden zijn:

Bq m⁻²: activiteitsconcentratie van neergeslagen radioactief materiaal op een *oppervlakte*.

Bq l⁻¹: activiteitsconcentratie van radioactief materiaal in drinkwater, opgevangen regenwater of vloeibaar afval.

Bq (*Becquerel*) is de SI-eenheid voor radioactiviteit en beschrijft het aantal atoomkernen dat per seconde radioactief vervalst in een bepaalde hoeveelheid radioactief materiaal.

Alfa-emitters

Radioactieve materialen waarvoor de meest gevaarlijke soort straling alfadeeltjes zijn; voorbeeld van een alfa-emitter is het radionuclide plutonium-239.

Arbeider

In dit rapport is een arbeider een persoon die formeel betrokken is bij de praktische implementatie van een *herstelstrategie*. De blootstelling voor arbeiders moet worden gecontroleerd.

Beheeroptie (= hersteloptie of maatregeloptie)

Een maatregel bedoeld om stralingsdoses voor de getroffen bevolking te vermijden of de besmettingsniveaus in *drinkwater* te verminderen; de maatregel wordt uitgevoerd in de *herstelfase*.

Belanghebbenden

Individueën, groepen en organisaties die getroffen worden door de *herstelstrategie* en betrokken zouden moeten worden bij de ontwikkeling daarvan.

Besluitvormers

Personen, of groepen mensen, die de verschillende *herstelopties* evalueren en beslissen over een *herstelstrategie* of verschillende opties binnen een *herstelstrategie*. Besluitvormers kunnen bijvoorbeeld lokale overheden of vertegenwoordigers zijn, waterschappen en gezondheidsinstellingen, politie en brandweer, milieudiensten, nationale autoriteiten en stralingsspecialisten.

Bèta-emitters

Radioactieve materialen waarvoor de soort straling bètadeeltjes zijn; voorbeeld van een bèta-emitter is strontium-90 (met dochter yttrium-90).

Bewoonde gebieden

Plaatsen waar mensen hun tijd doorbrengen, bijv. thuis, op het werk en recreatiegebieden.

Blootstellingspad

De manieren waarop mensen blootgesteld kunnen worden aan straling. Het meest relevante pad voor *drinkwater* is de consumptie van drinkwater.

Collectieve stralingsdosis

Het totaal van individuele stralingsdoses onder een bepaalde populatie, vaak bij benadering aangegeven als de gemiddelde *effectieve dosis* onder een populatie blootgesteld aan een bepaalde bron van ioniserende straling vermenigvuldigd met het aantal blootgestelde personen, eenheid mSv.

Deterministische gevolgen voor de gezondheid (weefselschade)

Door straling veroorzaakte gezondheidsgevolgen die ernstiger worden naarmate de stralingsdosis toeneemt en boven drempel uitkomt. Boven die drempel treden de gezondheidsgevolgen altijd op. Voorbeelden van een deterministisch gevolg zijn misselijkheid en stralingsbrandwonden

Drinkwater

Water dat wordt gebruikt voor consumptie en het bereiden van maaltijden, zoals geleverd aan de bevolking op het punt van consumptie, dit is meestal aan de kraan.

Effectieve dosis

Een grootte die wordt gebruikt in stralingsbescherming en die rekening houdt met de gevoeligheid van verschillende soorten weefsel voor schade door verschillende soorten straling waar het aan wordt blootgesteld. Het is een maat voor stralingsblootstelling, eenheid Sv (Sievert).

Eigen winningen

Alle regelmatige voorzieningen van *drinkwater* die niet worden verzorgd door een bij de wet aangewezen waterbedrijf.

Gamma-emitters

Radioactieve materialen waarvoor de uitgezonden soort straling gammastralen zijn; voorbeeld van een gamma-emitter is het radionuclide kobalt-60.

Grondwaterbronnen

Zie *waterbronnen*.

Grondwatervoorzieningen

Drinkwatervoorzieningen die voortkomen uit ondergrondse *waterbronnen*, bijvoorbeeld aquifers.

Gevolgen voor de gezondheid

Zie *deterministische gevolgen voor de gezondheid* en *stochastische gevolgen voor de gezondheid*.

Herstelfase

De periode gedurende welke activiteiten gericht zijn op het herstel van de *normale levensstandaard* voor de getroffen bevolking. Er zijn geen duidelijke grenzen tussen de *noodfase* en de herstelfase. Echter, in de context van het rapport gaat de *herstelfase* in nadat het *incident* onder controle is en duurt het voort tot aan de *herstelcriteria* is voldaan.

Herstelopties

Een herstelopties zijn de maatregelen die genomen kunnen worden om de gevolgen van een radiologisch incident zoveel mogelijk te beperken. Dit kan bijvoorbeeld de dosis voor de bevolking betreffen of decontaminatie van woningen of gebouwen, of het doordraaien van besmette landbouwproducten.

Herstelstrategie

Het doel van een herstelstrategie is terug te keren naar het *normale leven*, d.w.z. dat mensen kunnen leven en werken in een gebied zonder dat ze zich zorgen hoeven te maken over het *radiologische incident* en de gevolgen daarvan. De strategie bestrijkt alle aspecten van het langetermijnbeheer voor het verontreinigde gebied en de implementatie van specifieke *herstelopties*. Bij de ontwikkeling van de strategie moeten alle *belanghebbenden*, waaronder burgers, betrokken worden.

Incident

Zie *radiologisch incident*.

Informatieblad

Verzamelde gegevens en informatie over een *herstelkans* of noodmaatregel ontwikkeld om *besluitvormers* te ondersteunen bij het beoordelen van een *optie* en het effect van de implementatie van de optie

Ingenomen dosis

Effectieve dosis opgelopen door de opname van radioactiviteit in het lichaam.

Kortlevende radionucliden

Gedefinieerd voor het rapport als radionucliden met een *radioactieve halveringstijd* van minder dan drie weken.

Langlevende radionucliden

Gedefinieerd voor het rapport als radionucliden met een *radioactieve halveringstijd* van meer dan drie weken.

Openbare watervoorzieningen

Drinkwatervoorzieningen geleverd door bij de wet aangewezen waterbedrijven.

Oppervlaktewaterbronnen

Zie *waterbronnen*.

Oppervlaktewatervoorzieningen

Drinkwatervoorzieningen die voortkomen uit *oppervlaktewaterbronnen*, bijv. rivieren en spaarbekkens.

Radioactieve besmetting

De depositie van radioactief materiaal op de *oppervlaktes* in *bewoonde gebieden* of in *drinkwaterbronnen* en -voorzieningen.

Radioactieve verontreiniging

Zie *radioactieve besmetting*.

Radioactieve halveringstijd

De tijd die het duurt voor de *activiteitsconcentratie* van een radionuclide gehalveerd is door fysisch verval.

Radiologisch incident / radiologische calamiteit

Elk voorval, door ongeval of anderszins, waarbij radioactiviteit in het milieu terechtkomt.

Stralingsdosis

Algemene term die wordt gebruikt voor een hoeveelheid ioniserende straling. Tenzij gebruikt in een specifieke context verwijst stralingsdosis naar de *effectieve dosis*.

Sievert, Sv

De SI-eenheid voor de *effectieve dosis*, symbool Sv.

Stochastische gevolgen voor de gezondheid (kans op kanker)

Door straling veroorzaakte gezondheidsgevolgen waarvan de ernst niet afhankelijk is van de *stralingsdosis* en waarvoor geen ondergrens bestaat. De kans dat dergelijke gevolgen worden waargenomen is evenredig aan de stralingsdosis. Een voorbeeld van een stochastisch (=kansgebonden) effect is kanker.

Vermeden stralingsdosis

De stralingsdosis die wordt vermeden als een beheeroptie of noodmaatregel wordt geïmplementeerd.

Waterbronnen

In dit rapport zijn deze onderverdeeld in *grondwaterbronnen*, zoals aquifers, en *oppervlaktewaterbronnen*, zoals rivieren en spaarbekkens.

RIVM
Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl