



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

Meetstrategie na een radiologische besmetting van grondwater voor drinkwaterproductie

RIVM Briefrapport 2015-0060
P.J.M. Kwakman | J.F.M. Versteegh



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

Meetstrategie na een radiologische besmetting van grondwater voor drinkwaterproductie

RIVM Briefrapport 2015-0060
P.J.M. Kwakman | J.F.M. Versteegh

Colofon

© RIVM 2015

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'.

P.J.M. Kwakman (auteur), RIVM
J.F.M. Versteegh (auteur), RIVM

Contact:

P.J.M. Kwakman
centrum Veiligheid
pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Inspectie Leefomgeving en Transport in het kader van project M/300001/01/DW ondersteuning calamiteiten drinkwater.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Meetstrategie na een radiologische besmetting van grondwater voor drinkwaterproductie

Wanneer zich in Nederland een grootschalig incident voordoet waarbij radioactiviteit vrijkomt, is de drinkwaterwinning waarbij grondwater als bron wordt gebruikt weinig in gevaar. Daardoor is er geen acuut probleem voor de drinkwaterproductie uit grondwater. Problemen zijn eerder te verwachten wanneer oppervlaktewater, bijvoorbeeld rivierwater, wordt gebruikt om drinkwater te produceren. Dat komt doordat dit water direct blootstaat aan de besmette lucht.

Het RIVM zet in dit onderzoek uiteen hoe drinkwaterbedrijven die grondwater gebruiken, kunnen handelen wanneer zich een radiologische besmetting voordoet. Dit betreft vooral het meetplan: waar en hoe in grondwater radioactiviteit gemeten wordt. Dit onderzoek is uitgevoerd voor de calamiteitenorganisatie in Nederland.

Grondwater zal niet gauw door radioactiviteit worden besmet. Een van de redenen daarvoor is dat radioactiviteit na een bepaalde tijd vervalst. Na een stralingsongeval zal dit voor een deel zijn gebeurd voordat het grondwater door duinzand, zand en kleilagen, en door rivieroeveren bij de grondwateronttrekkingspunten terechtkomt. Een andere reden is dat zand, slib en kleilagen bepaalde filterende eigenschappen hebben, waardoor een radioactieve besmetting veel langzamer door de grondlaag zal 'reizen' dan het grondwater zelf.

Tijdens een nucleair ongeval zijn de mogelijkheden om de drinkwaterzuivering aan te passen beperkt. Een belangrijke maatregel is de luchttoevoer bij de drinkwaterzuivering zo veel mogelijk te beperken wanneer een radioactieve wolk over het land trekt. In het uiterste geval wordt een besmet innamepunt van rivierwater (tijdelijk) gesloten en wordt gewacht tot de radionucliden zijn vervallen.

Kernwoorden: radioactiviteit, grondwater, drinkwater, zuivering, monitoring

Synopsis

Monitoring strategy after a radiological contamination of groundwater for drinking water production

Drinking water production facilities using groundwater are hardly sensitive for a nation-wide radiological contamination. Travel times for a radiological contamination in dune sand, river bank filtrate or deep groundwater are long leading to significant radioactive decay, especially for the short-lived nuclides. Furthermore, sand, sludge and clay have specific adsorption characteristics resulting in a much slower transport of a decontamination than the transport of groundwater itself. Basically, during a radiological contamination direct problems in drinking water production out of groundwater are not expected. It is much more likely that contaminated surface waters as a source for drinking water will present a problem.

The possible counter measures to adjust the drinking water purification process are limited. The most important short notice options are removal of contaminated waters to the sea and, during the passage of a fall-out cloud, minimize aeration in the purification process. In serious situations a contaminated intake point is (temporarily) closed until all radionuclides have decayed.

Keywords: radioactivity, groundwater, drinking water, contamination, purification

Inhoudsopgave

Samenvatting – 9

1 Inleiding – 11

- 1.1 Voorgeschiedenis – oppervlaktewater – 11
- 1.2 Vervolg – grondwater – 11

2 Scenario – een langdurige luchtlozing op ‘korte’ afstand – 13

- 2.1 Algemeen – 13

3 Bedrijfsprocessen productie drinkwater uit grondwater – 15

- 3.1 Grondwateronttrekking en productietijden – 15
- 3.2 Beluchting als besmettingsroute na het onttrekken van grondwater – 16
- 3.3 Grondwater versus oppervlaktewater – 17

4 Monstername en monitoringsplan voor grondwater – 19

- 4.1 Interventieniveaus voor drinkwater – 19
- 4.2 Monstername en meetplan – 19
- 4.3 Schatting van meetcapaciteit drinkwaterlaboratoria – 21

5 Omgaan met langdurig besmette bodem en grond – 23

- 5.1 Aanwezigheid van (langdurig) besmette bodemlagen en grond bij grondwaterwinning – 23
- 5.2 Wanneer een (voorheen besmette) bron voor drinkwaterbereiding weer vrijgeven? – 24

6 Stralingshygiënische aspecten – 25

- 6.1 Monstername – 25
- 6.2 Monstertransport – 25
- 6.3 Monsterbehandeling op het laboratorium – 25

7 Conclusies – 27

8 Bijlage 1 Radioactiviteit in het Drinkwaterbesluit – 29

9 Bijlage 2 WHO Guidelines voor drinkwater kwaliteit – 31

10 Referenties – 33

Samenvatting

In dit rapport blijkt dat ten tijde van een grootschalige radioactieve besmetting in Nederland de drinkwaterwinning die gebruik maakt van grondwater nauwelijks kwetsbaar is. Enerzijds zijn de reistijden van grondwater door duinzand, de rivieroever bij oeverfiltratie of naar diepe grondwateronttrekkingspunten lang zodat een deel van de radioactieve besmetting zal zijn vervallen, met name voor de kort-levende isotopen. Anderzijds hebben zand, slib en kleilagen specifieke adsorberende eigenschappen waardoor een radioactieve besmetting veel langzamer door de grondlaag zal 'reizen' dan het grondwaterfront zelf. Er is dus tijdens een radioactieve besmetting geen acuut probleem bij drinkwaterproductie uit grondwater. De problemen zijn in dat geval veel eerder te verwachten bij de bedrijven die oppervlaktewater gebruiken als ruwwaterbron.

Mocht er door een radiologische calamiteit toch een grondwaterwingebied besmet raken dan zijn er enkele fasen te onderscheiden in de te ondernemen meetstrategie.

Fase 1: Opschalen van de reguliere bemonstering en meting

Doel is het vaststellen van de ernst en de omvang van de besmetting.

Fase 2: Bepaling van de nuclidensamenstelling.

Dit is van belang voor het drinkwaterzuiveringsproces en voor de gevolgen voor het publiek.

Fase 3: Vervolg van screening met totaal-alfa en totaal-bèta bepalingen.

Fase 4: Stapsgewijs afbouwen van de monitoring en meetfrequentie tot het normale routine niveau weer bereikt is.

Maatregelen om de drinkwaterzuivering aan te passen tijdens een nucleair ongeval zijn beperkt. De belangrijkste mogelijkheden op korte termijn zijn het besmette ruwe water door te laten stromen naar zee en de beluchting tijdens het zuiveringsproces te minimaliseren. In het uiterste geval wordt een besmet innamepunt (tijdelijk) gesloten en wordt het radioactief verval van de betreffende radionucliden afgewacht.

1 Inleiding

1.1 Voorgeschiedenis - oppervlaktewater

Bij een grootschalige nucleaire ramp kunnen bronnen voor drinkwaterbereiding, zowel oppervlaktewater als grondwater, radiologisch besmet raken. Als gevolg daarvan kan de kwaliteit van het geproduceerde drinkwater in gevaar komen. In dat geval zal er op diverse plaatsen in het drinkwaterproductieproces bemonsterd en gemeten moeten worden om de ernst van de besmetting, en het resultaat van de drinkwaterzuivering te kunnen vaststellen.

Als onderdeel van het Nationaal Plan Kernongevallenbestrijding is in 2003 in samenwerking met deskundigen uit de drinkwaterwereld gestart met het opstellen van een meetstrategie¹. Dat rapport is verder uitgewerkt voor de drinkwaterbedrijven die *oppervlaktewater* als bron voor drinkwaterbereiding hebben².

In een vervolgrapport³ zijn, specifiek voor drinkwaterbedrijven die *oppervlaktewater* als bron gebruiken, in verschillende besmettingsscenarios alle opties voor bestrijding uitgewerkt. Hierbij is gebruik gemaakt van een Europees project (Euranos) waarbij er in algemene termen een groot aantal managementopties zijn aangegeven⁴

1.2 Vervolg - grondwater

In dit rapport wordt ingegaan op de gevolgen van een radiologische besmetting voor drinkwaterbedrijven die *grondwater* gebruiken als bron voor drinkwaterbereiding. Hiervoor is op 26 september 2013 een deskundigenoverleg geweest op het RIVM. Deelnemers aan dit overleg waren : Leo Puijker (KWR), Leo Keltjens (Aqualab Zuid), Jan Kroesbergen (HWL) Gerhard Wubbels (WLN), Hennie Gruter (Vitens), Ans Versteegh (RIVM/DGM) en Pieter Kwakman (RIVM/VLH).

In dit rapport zijn de bevindingen van dit overleg weergegeven.

2 Scenario – een langdurige luchtlozing op ‘korte’ afstand

2.1 Algemeen

2.1.1 *Fukushima type - dichtbij*

Bij het bespreken van de gevolgen van een grootschalige radiologische besmetting is uitgegaan van een ‘Fukushima’ scenario: hierin raakt ongekoelde splijtstof van een Europese, en dus dichtbijgelegen, kerncentrale gedeeltelijk oververhit met een langdurige lozing van radionucliden via de lucht tot gevolg. Aangenomen wordt dat heel Nederland besmet is met een aanzienlijke activiteit per m². Het betreft dan hoofdzakelijk de vluchtige aërosolgebonden isotopen van jodium en cesium: ¹³¹I, ¹³⁴Cs en ¹³⁷Cs.

Voor de bron oppervlaktewater is al in een eerder rapport bekeken wat de behandelopties zijn om de gevolgen voor de drinkwaterkwaliteit te minimaliseren³.

In dit rapport wordt gekeken naar de behandelopties indien grondwater radiologisch besmet zou kunnen worden.

2.1.2 *Overzicht van mogelijke besmettingsroutes*

Indien er een grootschalige besmetting van Nederland plaats heeft gevonden zijn er, niet direct, maar wel op termijn van enkele maanden gevolgen te verwachten voor de winning van grondwater voor de drinkwaterbereiding. Er zijn drie soorten waterwinstsystemen die een rol spelen bij de winning na bodempassage in Nederland:

- duininfiltratie
- oeverfiltratie
- grondwateronttrekking.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat de eerste twee waterwinstsystemen onderdeel zijn van oppervlaktewaterbedrijven en de laatste onderdeel is van een grondwaterbedrijf.

In een recent KWR-rapport⁵ is voor de bovengenoemde waterwinstsystemen het adsorptiegedrag van een aantal belangrijke radionucliden gemodelleerd. Hierbij is gebruik gemaakt van slibgebondenheid en de neiging tot adsorptie aan bodembestanddelen. In hoofdstuk 3 zal dieper ingegaan worden op invloed van deze parameters.

3 Bedrijfsprocessen productie drinkwater uit grondwater

3.1 Grondwateronttrekking en productietijden

In het geval van een radiologische calamiteit is de tijd die nodig is om van ruwwater (gezuiverd) drinkwater te maken een belangrijke factor. Het bepaalt de tijd die men heeft om tot noodzakelijke acties over te gaan. Bij een acute calamiteit zijn immers deze productietijden doorslaggevend. Hieronder wordt ingegaan op verschillende soorten waterwinstsystemen en de bijbehorende bodempassage en productietijden⁵.

Duininfiltratie

Ruim de helft van de splijtingsnucliden, die na een reactorincident vrij kunnen komen, is na duinpassage vrijwel verdwenen uit het geïnfiltreerde water als gevolg van retardatie en radioactief verval. Realistische modale reistijden voor deze radionucliden bedragen 60 – 120 dagen in een duininfiltratiesysteem. Afhankelijk van de chemische eigenschappen van het nuclide en de af te leggen weg door het duinzandpakket worden enkele nucliden zonder enige retardatie met het water meegevoerd en komen na 60-120 dagen bij het onttrekkingspunt aan. Andere radionucliden worden sterk geretardeerd en zijn na tientallen jaren nog niet veel verder gekomen dan de plek van infiltratie⁵. De mate van retardatie bepaalt in hoge mate de verdunning van het nuclide bij het onttrekkingspunt.

Oeverinfiltratie (anoxisch zonder bodemslib)

De meeste radionucliden zijn na oeverinfiltratie met een reistijd van het rivierwater van >1800 dagen door 450 m zand volledig uit het water verdwenen als gevolg van retardatie en verval⁵.

Oeverinfiltratie (diep anoxisch met bodemsliblaag)

De retardatiefactor in een twee meter dikke bodemsliblaag is hoger dan in duinzand of rivierzand doordat in de slib- of modderlaag de kationuitwisselingscapaciteit veel hoger is. De verblijftijd is lang en slechts een zeer geringe fractie van de nucliden passeert de frontpositie.

Bij een combinatie van een passage door een twee meter dikke sliblaag gevolgd door een oeverinfiltratie zal de verwijdering van radionucliden nog veel hoger zijn dan bij de afzonderlijke processen.

Grondwateronttrekking

Voor een schatting van een bodempassage van radionucliden door zand of grindhoudende grondlagen worden reistijden van ca. 20 jaar en respectievelijk 5 jaar aangehouden⁵. Met dergelijke reistijden wordt er na de bodempassage van alle radionucliden vrijwel niets meer teruggevonden. Na de passage duurt het immers ook jaren voordat de radioactieve besmetting zich door het zandpakket of grond/grindpakket heeft heen bewogen. Hoe langzamer de besmetting beweegt, des te groter zal ook de verdunning zijn bij het onttrekkingspunt.

Bij grondwateronttrekking is de aanwezigheid van kleilagen van groot

belang. Kleilagen verhinderen de doorstroming van water. Tevens hebben kleilagen een sterke neiging tot het adsorberen van enkele belangrijke radionucliden, zoals het relatief langlevende ^{137}Cs (halfwaardetijd ca ~ 30 jaar).

In de praktijk blijkt dat radiologische calamiteiten van korte duur zijn, een periode van enkele dagen (Chernobyl) tot een week (Fukushima). In deze periode kan er een relatief kortdurende piekbesmetting door de grondwaterlagen beginnen te bewegen. Het is echter niet te verwachten dat er binnen een periode van enkele tot tientallen jaren een besmetting aan te treffen zal zijn in de dieper gelegen grondwateronttrekkingspunten.

Stuyfzand en Lüers⁶ hebben het gedrag van ^{90}Sr , ^{60}Co , ^{106}Ru en ^{137}Cs gemodelleerd bij duininfiltratie zonder bodemsliblaag. Daarbij hebben ze convectief transport, dispersie, sorptie en radioactief verval meegenomen in de beschouwingen. Samenvattend zijn de resultaten van de modelberekeningen: na een blootstellingspiek van een week wordt er na 70 m duinpassage van ^{90}Sr $< 1,5\%$ teruggevonden na 2-4 jaar, van ^{106}Ru in dezelfde periode $< 0,3\%$, en van ^{137}Cs niet meer dan $0,1\%$ na > 15 jaar.

Deze berekeningen zijn uitgegaan van relatief simpele condities. Een verdere detaillering van de model-inputparameters heeft invloed op de reistijd van de radionucliden door het grondwaterpakket. Dit kan voor duininfiltratie zowel een iets kortere als een langere reistijd tot gevolg hebben. Dit heeft echter op de grote lijn van de modelberekeningen niet veel invloed.

3.2 Beluchting als besmettingsroute na het onttrekken van grondwater

In de voorgaande paragraaf is onderbouwd dat bodeminfiltratie feitelijk nauwelijks kwetsbaar is voor een radiologische besmetting die via de lucht aangevoerd wordt. Echter na de grondwateronttrekking wordt het ruwe water nog verder gezuiverd waarbij onbedoeld besmettingen in het zuiveringsproces terecht kunnen komen. Is er sprake van passieve beluchting dan speelt de besmetting tijdens de drinkwaterbereiding een beperkte rol. Echter, door actieve beluchting met besmette lucht tijdens het overtrekken van de radioactieve wolk kunnen er radionucliden in het gezuiverde water terechtkomen.

Indien het zuiveringsproces dit toelaat dient ten tijde van het overtrekken van een radioactieve wolk een *actieve beluchting* tijdelijk zoveel mogelijk geminimaliseerd te worden. Voor de kwaliteit van aerobe processen in de drinkwaterbereiding dient filtering van de lucht overwogen en voorbereid te worden. Dit is feitelijk niets anders dan in de situatie dat er na een brand een rookwolk met een cocktail aan chemicaliën de zuiveringsprocessen bedreigt. Ook dan mag de kwaliteit van de gebruikte lucht niet ter discussie staan.

N.b. De duur van een brand met een rookpluim is doorgaans veel korter dan een radioactieve wolk. Bij een brand met rookpluim kan overwogen worden de productie korte tijd te stoppen. Bij een langer durende radioactieve wolk is dat geen optie.

De besmette luchtfilters dienen met in achtname van stralingshygiënische voorschriften gewisseld, opgeslagen en bewaard te worden.

Bij *passieve beluchting* is weinig aan te passen in het proces. Het is wel zo dat de verhouding tussen het aantal m³ (besmette) buitenlucht per geproduceerde m³ drinkwater veel gunstiger ligt dan bij actieve beluchting. Gedurende het overtrekken van de wolk is een besmetting dus onvermijdelijk, maar kan meevallen door het relatief geringe volume dat in een geproduceerde m³ drinkwater terechtkomt.

De besmetting zal uiteraard wel in het proces gemonitord moeten worden door een radiologisch laboratorium. Logistieke zaken zoals bemonsteringstijd, transport en analyse zijn al in een eerder rapport over "Maatregelen na een radiologische besmetting van drinkwater en drinkwaterbronnen"³ besproken.

3.3 Grondwater versus oppervlaktewater

Bij een grootschalige radiologische wolk die over Nederland trekt met een zware radioactieve depositie op land en op wateroppervlakken is de drinkwaterwinning die gebruik maakt van oppervlaktewater het meest kwetsbaar. De aandacht zal dan ook uit moeten gaan naar het beheersen van deze drinkwaterproductieprocessen³. De drinkwaterbedrijven zoals PWN en Evides die direct of indirect gebruik maken van oppervlaktewater, hebben ook enkele (grondwater-)winnings die veel minder kwetsbaar zijn voor besmettingen via de lucht.

Het is dus van belang om gedurende korte tijd over te kunnen schakelen op grondwaterwinning. Daarmee kan tijd worden gewonnen om maatregelen te kunnen nemen voor het beheersen van de besmetting van oppervlaktewater als ruwwaterbron. In dit rapport wordt niet ingegaan op de leveringszekerheid bij calamiteiten. Daarvoor wordt verwezen naar de drinkwaterwetgeving waarin leveringsplannen inclusief nooddrinkwatervoorzieningen worden voorgeschreven.

4 Monstername en monitoringsplan voor grondwater

4.1 Interventieniveaus voor drinkwater

Voor de inname van besmet drinkwater gelden interventieniveaus. Deze interventieniveaus kunnen gedurende korte tijd getolereerd worden met verwaarloosbare schadelijke gevolgen voor de consument. In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van Europese interventieniveaus^{7,8} voor enkele soorten nucliden en voedselproducten.

Tabel 1: Interventie niveaus in Europa voor voedsel en drinkwater voor jodium-, cesium- en strontiumisotopen en alfastralers.

Radioisotopen	Voedsel voor babies en kleine kinderen (Bq/kg)	Zuivel producten (Bq/kg)	Vloeibaar voedsel (Bq/kg)
Iodium isotopen, met name ¹³¹ I	150	500	500
Nucliden met $t_{1/2}$ > 10 d, met name ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs	400	1000	1 000
Sr isotopen, met name ⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr	75	125	125
Alfa stralers, bv. Pu, Am	1	20	20

Uiteindelijk zullen in normale situaties de routine screeningsniveaus weer gehandhaafd worden zoals de WHO die heeft gedefinieerd⁹ : 0,5 Bq/l voor totaal alfa en 1 Bq/l voor totaal beta. Onder dit screeningsniveau is geen verdere actie noodzakelijk.

4.2 Monstername en meetplan

4.2.1 Verhoging van monstername en meetfrequentie

Met een meetplan wordt bedoeld welke pakket aan (meet-)acties men kan ondernemen om de dreigende nucleaire crisis te bestrijden. De parameters voor de reguliere meting van radioactiviteit zijn vastgelegd in het Drinkwaterbesluit. De meetfrequentie is vastgelegd in de Drinkwaterregeling, op de parameters voor radioactiviteit is de auditfrequentie van toepassing. In het algemeen worden de analyses uitgevoerd in de drinkwaterbronnen en gezuiverd drinkwater na het verlaten van de productielocatie.

In deze paragraaf wordt het meetplan beschreven tijdens calamiteiten. Het doel van een meetplan is vaststellen of de interventiewaarden uit tabel 1 niet worden overschreden. Verder is een belangrijk korte termijn doel het vaststellen van de invloed van beluchting in het zuiveringsproces en het onderbouwen van het imago van het drinkwater. Op de wat langere termijn is pas het uitvoeren van daadwerkelijke analyses van grondwater aan de orde. Zie daarvoor de onderstaande fasen.

Fase 1 : Opschalen.

De bemonsterings- en meetfrequentie wordt opgeschaald om de ernst en de verspreiding van de radioactieve besmetting vast te stellen. Dit betreft zowel bronnen voor drinkwaterbereiding bij onttrekkingspunten als kwetsbare onderdelen in het zuiveringsproces. De reguliere totaal-alfa/beta metingen worden in een opgeschaalde meetfrequentie uitgevoerd.

Fase 2 : Bepaling van de nuclidensamenstelling.

Voor het bepalen van de nuclidensamenstelling worden in eerste instantie gammaspectrometrie metingen door Aqualab-Zuid uitgevoerd. Het gezuiverde drinkwater dat het distributienet in gaat zal de eerste prioriteit hebben, daarna het ruwwater. Informatie omtrent de nuclidensamenstelling kan uiteraard ook uit het buitenland komen als daar de besmetting vandaan komt.

N.b. Veel radionucliden zenden zowel beta- als gammastraling uit. Er is dan ook een logische samenhang tussen de gammaspectrometrische resultaten en de reeds uitgevoerde totaal-alfa/beta metingen. Dit hangt uiteraard af van de bron van de besmetting.

Fase 3 : Voortzetting van de metingen met totaal-alfa en totaal-bèta bepalingen. Hier moet rekening gehouden met de (wettelijk) maximaal toegestane radioactiviteit op het laboratorium. Deze fase kan enige dagen / weken aanhouden tot er voldoende gegevens zijn verzameld over de aard en ernst van de besmetting. Het zichtbaar blijven monitoren van de diverse punten in de drinkwaterproductie is met name belangrijk voor de communicatie met het publiek.

Fase 4 : Stapsgewijs afbouwen van de monitoring en meetfrequentie tot het normale stralingsniveau weer bereikt is.

De bovenstaande fasen zijn uiteraard afhankelijk van de radiologische situatie, de besmettingsniveaus en de crisissituatie als gevolg van het incident. Er is namelijk voor veel grondwaterwinningen radiologisch gezien niet altijd een echte reden om heel veel monsters te nemen en metingen uit te voeren. Het kan immers enkele jaren duren voordat de besmetting aan het onttrekkingspunt aangetroffen wordt.

4.2.2

Afschalen en vaststellen van de gewenste eindsituatie

Uit het oogpunt van het geruststellen van het publiek is het van belang dat het drinkwaterbedrijf zichtbaar controleert. Het publiek zal meetgegevens als overtuigend bewijs voor het schoon zijn van het drinkwater accepteren. Een op ervaring berustende modelvoorspelling zal door het publiek hoogstwaarschijnlijk niet geaccepteerd worden. Tevens is het belangrijk om snel en transparant te communiceren over de meetresultaten.

De drinkwaterbedrijven zullen een helder lange termijnplan op moeten stellen en moeten communiceren naar het publiek. Tijdens een dergelijk incident zal er een opschaling van het Crisis Expert Team (CET) zijn langs welke de communicatie wordt gestroomlijnd in overleg met bevoegd gezag. Doel daarvan is dat het consumentenvertrouwen in de drinkwaterlevering voor lange tijd gewaarborgd blijft. Hoe lang gaat men door met vervolgmetingen en wanneer is het zodanig veilig dat er mee

gestopt kan worden? Als richtlijn kunnen de EU en WHO screeningsniveaus genomen worden (par. 4.1).

4.3 Schatting van meetcapaciteit drinkwaterlaboratoria

In 2014 spelen alleen de laboratoria van Aqualab-Zuid (Werkendam), Het Water Laboratorium (Haarlem), en van Vitens (Leeuwarden) een rol in het uitvoeren van radiologische metingen van drinkwatermonsters.

Het is de vraag of de beschikbare laboratoriumcapaciteit ten tijde van een radiologisch incident toereikend is. Het is immers aannemelijk dat gedurende eerste dag/dagen de monsternamen en de meetfrequentie fors omhoog moet. Na die eerste dagen als de nucliden samenstelling van de besmetting grotendeels bekend is kan er sneller gemeten worden met totaal-alfa en totaal-beta meetmethodes.

Daarnaast zal ook vanuit de drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater gebruiken een forse vraag naar analyses zijn. Die analyses hebben een hogere prioriteit dan de 'grondwatermonsters'.

De kans is groot dat er ook vanuit kwetsbare grondwaterwinningen een extra vraag naar analyses zal komen. In dat geval ligt het voor de hand om per cluster van drinkwaterbedrijven de beschikbare capaciteit van de laboratoria zo goed mogelijk te delen. In het calamiteitenplan van de drinkwaterbedrijven dient hier aandacht aan te worden besteed. Indien er extra laboratoriumcapaciteit of radiologische kennis nodig is kan er ondersteuning geboden worden door de laboratoria van RWS (Lelystad) en RIVM (Bilthoven). Deze laboratoria zijn echter ook deel van de landelijke nucleaire ongevalsorganisatie en zullen daarom, zeker in de eerste paar dagen, slechts zeer beperkt capaciteit beschikbaar hebben voor drinkwateranalyses.

Een onderschat aspect van een radiologisch incident en het uitvoeren van een groot aantal laboratoriumanalyses betreft laboratoriumlogistiek. Hiermee wordt bedoeld dat drinkwaterlaboratoria niet zijn ingericht als een radiologisch laboratorium en vaak niet de faciliteiten hebben om besmette monsters in behandeling te nemen. Bij een incident moet men rekening houden met de mogelijkheid:

- dat er veel (mogelijk besmette) monsters getransporteerd, opgeslagen en geadmistreerd moeten worden,
- dat glaswerk besmet kan raken en niet meer geschikt is voor hergebruik; het niet meer voorradig zijn van schoon glaswerk is een reëel knelpunt,
- dat er veel zuurkastcapaciteit nodig is voor het droogdampen van monsters,
- dat er gereede kans is op het besmet raken van meetapparatuur
- dat het aantal radiologisch getrainde analisten doorgaans beperkt is.

Er wordt bij het schatten van de meetcapaciteit vaak uitgegaan van de meest ideale situatie, namelijk dat alleen de meettijd de bepalende factor is. In praktijk zal veel vaker blijken dat één of meer van de bovengenoemde factoren een knelpunt zal blijken te zijn. Het is daarom niet eenvoudig om een getal te geven voor het aantal monsters dat per dag ten tijde van een radiologisch incident verwerkt en gemeten kan worden.

5 Omgaan met langdurig besmette bodem en grond

5.1 Aanwezigheid van (langdurig) besmette bodemlagen en grond bij grondwaterwinning

Na het overtrekken van een radioactieve wolk blijven restbesmettingen achter op het land en in het oppervlaktewatersysteem. In het geval van Fukushima kon dat tot 30 km afstand variëren van enkele tientallen 10^3 Bq/m² tot zelfs meer dan 10×10^6 Bq/m² aan jodium en cesiumisotopen. Met name ¹³⁷Cs met een halfwaardetijd van 30 jaar zal gedurende lange tijd een bedreiging vormen voor de drinkwaterkwaliteit. Dit lijkt ernstig, maar is wellicht minder relevant dan het lijkt. Het aantal grondwaterwinningen in een straal van 30 km van een kerncentrale is niet zo groot.

In deze paragraaf wordt aangegeven wat de beperkte mogelijkheden zijn om met dergelijke besmettingen om te gaan.

Stel de besmettingsgraad vast

In het begin van de radioactieve lozing is besmetting van drinkwater geproduceerd uit grondwater alleen maar mogelijk via de beluchting. De mate van besmetting wordt dan vastgesteld door het bemonsteren van de diverse stadia in het zuiveringsproces.

Door middel van een aantal metingen van de grondlagen en de dieper gelegen onttrekkingspunten moet in kaart gebracht worden of het front van de besmetting al aangekomen is in het onttrokken ruwwater; dit kan maanden tot jaren duren. Uit de adsorptie-eigenschappen van de grond kan een realistische schatting gemaakt kunnen worden wanneer de besmetting waarneembaar is in het opgepompte ruwwater.

In het meest negatieve scenario is de bodemlaag ernstig besmet en zal de winning langdurig last hebben van een hoog besmettingsniveau in het opgepompte ruwwater. In dat geval zit er niet veel anders op dan de grondwaterwinning te sluiten en het ruwwater te onttrekken aan een onbesmet innamepunt. Alleen door radioactief verval van de besmetting kan de winning weer in gebruik genomen worden.

Het meten van de besmetting aan het grondoppervlak boven de grondwaterwinning is specialistisch werk dat de drinkwaterlaboratoria hoogstwaarschijnlijk niet zullen beheersen. Hier zullen de radiologische laboratoria van RWS, RIVM en wellicht RIKILT assistentie moeten verlenen.

Welke nucliden breken door?

Lang niet alle nucliden in de bodemlagen zullen het onttrekkingspunt bereiken. Het is daarom alleen nodig om het drinkwaterzuiveringsproces zodanig aan te passen dat de nucliden die wel doorbreken verwijderd worden. Die aanpassing kost uiteraard tijd, maar het kan maanden tot jaren duren voordat het besmettingsfront in het te onttrekken grondwater is aangekomen. Indien technisch mogelijk kan de Reversed Osmose techniek een uitkomst bieden.

Zuivering blijkt niet toereikend

Indien de zuivering niet toereikend blijkt te zijn kunnen de diep-gelegen besmette grondwatervoorraden feitelijk niet schoongemaakt en gedecontamineerd worden. Er zijn dan maar enkele mogelijkheden.

- Het opgepompte grondwater via de grote rivieren doorvoeren naar zee. Dit mag alleen met toestemming van het bevoegd gezag. Dit lijkt alleen maar nuttig als het betreffende grondwater een zeer belangrijke rol speelt in de drinkwaterproductie en deze niet stilgelegd kan worden. Tevens is het langdurig onttrekken van grondwater ongunstig voor het grondwaterpeil rond die locatie.
- Het winningspunt (tijdelijk) sluiten en radioactief verval afwachten.

Maatregelen om de drinkwaterzuivering aan te passen tijdens of vlak na een nucleair ongeval zijn beperkt. De belangrijkste mogelijkheden op korte termijn zijn het besmette ruwe (oppervlakte)water door te laten stromen naar zee en de beluchting met besmette lucht tijdens het zuiveringsproces te minimaliseren.

5.2 Wanneer een (voorheen besmette) bron voor drinkwaterbereiding weer vrijgeven?

In Europese wetgeving zijn eind 2013 in de herziene Drinking Water Directive 2013/51/Euratom¹⁰ grenzen vastgelegd voor tritium (100 Bq/l), totaal-alfa (0,1 Bq/l) en totaal-bèta (1 Bq/l), zie Bijlage 1. Doel van deze meetwaarden is dat de bevolking bij een jaarconsumptie van 730 liter water niet wordt blootgesteld aan een dosis van meer dan 0,1 mSv/jaar. De Europese grenswaarden zijn erg laag en worden doorgaans gehaald als er tientallen jaren geen radioactieve besmetting is geweest. Het is daarom in praktijk beter haalbaar om in een overgangsfase van bijvoorbeeld een jaar iets ruimere screeningswaarden te hanteren. Om vervolgens na dat jaar alsnog over te stappen op de Europese grenswaarden.

De WHO hanteert iets ruimere detectiegrenzen: een grond- of oppervlaktewateronttrekkingspunt mag weer vrijgegeven worden indien de screeningsmeetwaarden voor totaal-alfa en totaal-bèta voldoen aan de WHO richtlijnen⁹, zijnde <0,5 Bq/l voor totaal-alfa en <1 Bq/l voor totaal-bèta (zie paragraaf 4.1 en Bijlage 2). De WHO geeft aan dat het bij deze screeningswaarden doorgaans zeer aannemelijk is dat de totale indicatieve dosis van 0,1 mS/jaar niet wordt overschreden. Dit moet elk land zelf onderbouwen.

6 Stralingshygiënische aspecten

6.1 Monstername

Indien er bij de monstername geen contact is met het ruwe water en de monsterflessen kortstondig met de hand verplaatst worden zal een eventuele uitwendige stralingsdosis zeer gering of zelfs verwaarloosbaar zijn. Als een fles een concentratie van 0,1 MBq/l aan ¹³⁷Cs bevat en met de hand in totaal 6 minuten wordt vastgehouden dan zal de opgelopen dosis 0,37 µSv bedragen.

Toelichting

De bronconstante voor ¹³⁷Cs bedraagt 0,093 µSv/h per MBq op 1 m afstand¹¹. Aangenomen dat de gemiddelde afstand tot het centrum van de fles 5 cm bedraagt wordt de dosis na 6 min :

$$0,093 \text{ [}\mu\text{Sv/h per MBq op 1 m]} \times 0,1 \text{ MBq} \times (1/0,05)^2 \times 0,1 \text{ h} = 0,37 \text{ }\mu\text{Sv.}$$

Dit is een zeer geringe dosis die nauwelijks gevolgen zal hebben voor de monsternemer. Ter vergelijking: een röntgenfoto van de kaak bij de tandarts levert een dosis op van ca. 10-20 µSv. Dat is dus ruim 10 keer meer.

Bij de bemonstering van ruwwater moet echter altijd rekening gehouden worden met de aanwezigheid van mogelijk besmet water. Gebruik daarom altijd wegwerphandschoenen en vermijd het binnenkrijgen van spatwater of het inhaleren van aerosolen.

6.2 Monstertransport

Het kan voorkomen dat een monsternemer aan het eind van de dag een groot aantal besmette flessen in zijn bestelwagen heeft opgeslagen. Met dezelfde gegevens kunnen we daar een dosis voor berekenen. Stel: de monsternemer heeft 100 flessen met 0,1 MBq op gemiddeld 1 m afstand staan en hij rijdt daar in een uur mee naar het laboratorium. Dan is de totale dosis :

$$0,093 \text{ [}\mu\text{Sv/h per MBq op 1 m]} \times 0,1 \text{ MBq} \times 1 \text{ h} \times 100 = 0,93 \text{ }\mu\text{Sv.}$$

Deze dosis is ca. drie keer hoger dan de bovenstaande dosis, maar nog steeds zeer gering. In deze berekening is het aantal van 100 flessen erg hoog en per fles is de activiteit van 0,1 MBq/fles eveneens hoog ingeschat. In praktijk zal een externe stralingsdosis als gevolg van besmette monsterflessen achter in de bestelauto veel lager uitvallen.

6.3 Monsterbehandeling op het laboratorium

Het bovenstaande voorbeeld van monsterflessen met een concentratie van 0,1 MBq/l aan ¹³⁷Cs zal op ieder drinkwaterlaboratorium grote problemen opleveren qua regelgeving, monsteropslag en monsterbehandeling (zie ook par. 4.3).

Het feit dat er op een niet radiologisch-laboratorium monsters droog gedampt gaan worden stuit op strenge eisen in de regelgeving. Droogdampen van watermonsters voor een totaal-alfa/beta bepaling is een handeling die in de zuurkast uitgevoerd moet worden. Er is immers een grote kans op het verspreiden van een besmetting op het laboratorium door het vervluchtigen van radionucliden. Het uitvoeren van een gammaspectrometrische meting aan een monster waar geen enkele handeling aan verricht is lijkt een toegestane verrichting te zijn. De gammaspectrometrische meettechniek wordt echter alleen Aqualab Zuid uitgevoerd.

De kans is dus reëel dat tijdens een grootschalige radiologische calamiteit de meetcapaciteit van de drinkwaterlaboratoria bepaald wordt door beschikbare zuurkastruimte en de tijd die nodig is voor het indampen van monsters. Het volume van het deelmonster dat ingedampt moet worden is natuurlijk wel kleiner dan onder normale omstandigheden.

7 Conclusies

Uit de bevindingen beschreven in dit rapport blijkt dat ten tijde van een omvangrijke radioactieve besmetting van Nederland de drinkwaterproductie die gebruik maakt van grondwater nauwelijks kwetsbaar is. Enerzijds zijn de reistijden van radioactief besmet water door duinzand, bij oeverfiltratie of naar diepe grondwatervoorraden lang zodat een deel van de radioactieve besmetting zal zijn vervallen. Anderzijds hebben zand, slib en kleilagen specifieke adsorberende eigenschappen waardoor een radioactieve besmetting veel langzamer door de bodem zal 'reizen' dan het grondwaterfront zelf. Er is dus tijdens een radiologische besmetting geen acuut probleem bij grondwaterwinning, met uitzondering van de kans op een besmetting via beluchting. De problemen zijn veel eerder te verwachten bij de bedrijven die direct oppervlaktewater gebruiken als ruwwaterbron.

Maatregelen om de drinkwaterzuivering aan te passen tijdens een nucleair ongeval zijn beperkt. De belangrijkste mogelijkheden op korte termijn zijn het winpunt (tijdelijk) sluiten en radioactief verval afwachten. Het besmette grondwater oppompen en door laten stromen naar zee is een tijdrovende oplossing die mogelijk negatieve gevolgen heeft voor het oppervlaktewatersysteem en het grondwaterpeil ter plekke.

Tijdens het overtrekken van een radioactieve wolk dient de actieve beluchting in het zuiveringsproces geminimaliseerd te worden of er dienen speciale filters te worden geplaatst.

8 Bijlage 1 Radioactiviteit in het Drinkwaterbesluit

Drinkwaterbesluit¹², geldend op 28 mei 2014. Bijlage A, tabel IIIa.

Parameter	Maximum waarde (tenzij anders aangegeven)	Eenheid	Opmerkingen
Aeromonas (30 °C)	1000	kve/100 ml	kve = kolonievormende eenheden
Ammonium	0,20	mg/l	
Bacteriën van de coligroep	0	kve/100 ml	
Chloride	150	mg/l	Jaargemiddelde.
<i>Clostridium perfringens</i> (inclusief sporen)	0	kve/100 ml	
DOC/TOC	Geen abnormale verandering	mg/l	Noot 1
Geleidingsvermogen	125 bij 20 °C	mS/m	
Hardheid (totaal)	> 1	mmol/l	Totale hardheid te berekenen als aantal mmol Ca ²⁺ plus Mg ²⁺ /l. Normwaarde geldt uitsluitend bij toepassing van ontharding of ontzouting. Toetsing vindt plaats aan de 90 percentiel van de meetgegevens. Noot 2
Koloniegetal bij 22 °C	100	kve/ml	Geometrisch jaargemiddelde. Noot 2
Radioactiviteit			Noot 3
Totale α	0,1	Bq/l	Noot 3
Totale β	1	Bq/l	
Tritium	100	Bq/l	
Indicatieve dosis (totaal)	0,10	mSv/j	
Saturatie Index (SI)	> -0,2	pH-eenheden	Jaargemiddelde.

³⁾ Totaal α , uitgezonderd radon, inclusief kortlevende vervalprodukten van radon. Totaal β behalve ⁴⁰K, tritium en kortlevende vervalprodukten van radon. Indien de norm voor totaal α en/of totaal β wordt overschreden dient nader onderzoek te worden uitgevoerd conform de «VROM-Inspectierichtlijn Harmonisatie Meetprogramma Drinkwaterkwaliteit».

9 Bijlage 2 WHO Guidelines voor drinkwater kwaliteit

GUIDELINES FOR DRINKING-WATER QUALITY

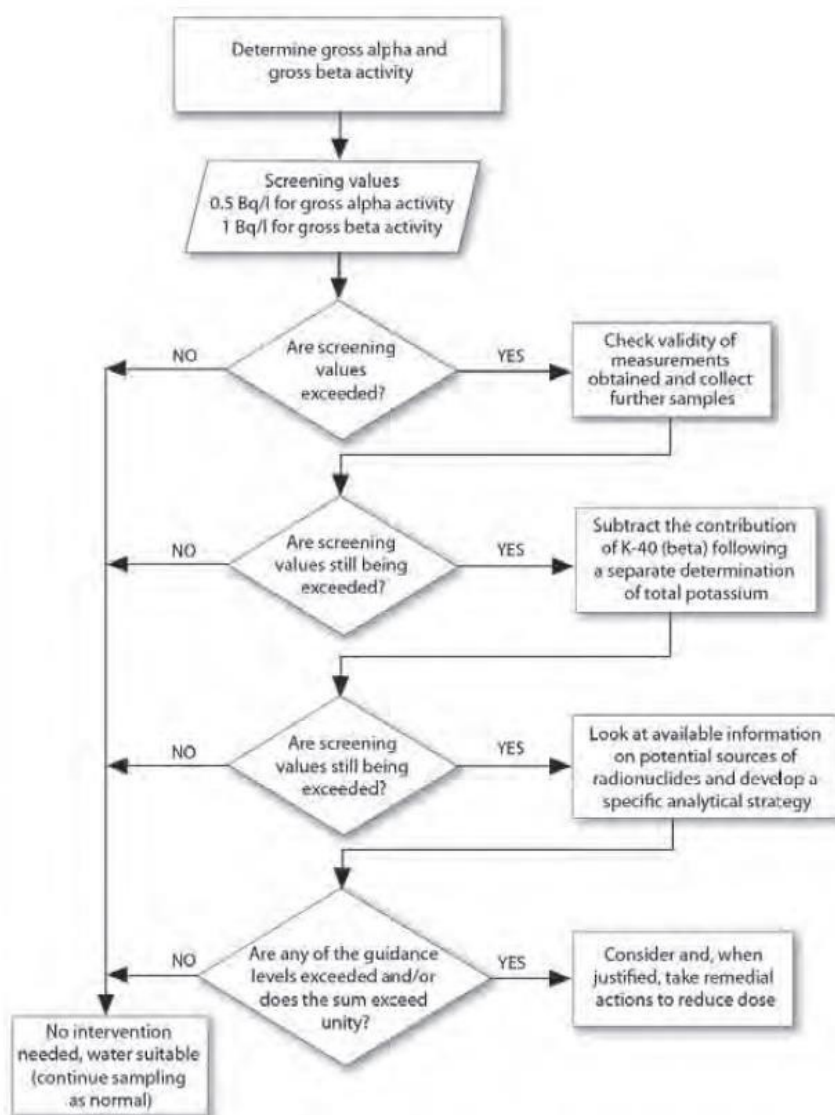


Figure 9.2 Application of screening and guidance levels for radionuclides in drinking-water

Bron WHO (2011)⁹; Chapter 9 – Radiological aspects.

10 Referenties

- ¹ *Meetstrategie drinkwater bij kernongevallen*. HAJM Reinen, C. de Hoog, F. Wetsteijn, JGGM Smeenk, HAM ketelaars, AD Hulsmann, JM van Steenwijk, AJ Stortenbeek. VROM (2003), distributienummer 15060/177.
- ² PJM Kwakman, HAJM Reinen, *Implementatie meetstrategie drinkwater bij kernongevallen*, RIVM rapport 703719021/2008.
- ³ PJM Kwakman, JFM Versteegh, *Maatregelen na een radiologische besmetting van drinkwater en drinkwaterbronnen*, RIVM rapport 703719043/2010
- ⁴ J. Brown, Derek Hammond and P. Kwakman. *Generic handbook for assisting in the management of contaminated drinking water in Europe following a radiological emergency*. Euranos (CAT1)-TN(06)-09-02.
- ⁵ L.M. Puijker, M. Schriks, R.C. van Leerdam, P. Stuyfzand. "Evaluatie gevolgen van een kernongeval zoals Fukushima voor de Nederlandse drinkwatervoorziening" KWR, rapportnummer BTO.2014.013, april 2014, (KWR_PBC_CW_13_01_34).
- ⁶ P.J. Stuyfzand en F. Lüers (1996), *Gedrag van milieugevaarlijke stoffen bij oeverinfiltratie en kunstmatige filtratie; effecten van bodempassage gemeten langs stroombanen*. Kiwa-mededeling 125. Kiwa Onderzoek & Advies, Nieuwegein.
- ⁷ Regulation (EURATOM) No. 3954/87 of the Council dated 22 December 1987 as modified by Regulation 2218/89 dated 18 July 1989 *laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feeding stuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency*.
- ⁸ Regulation (EURATOM) No. 2218/89 *laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feeding stuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency*.
- ⁹ *WHO Guidelines for drinking-water quality*, Chapter 9 – Radiological aspects, 4th edition, WHO 2011. ISBN 978 92 4 154815 1.
- ¹⁰ Council Directive 2013/51/Euratom *laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption*.

¹¹ A.J.J. Bos, F.S. Draaisma, W.J.C. Okx, *Inleiding tot de stralingshygiene*, Sdu Uitgevers, Den Haag, 2007. ISBN 978 90 12 11 905 4.

¹² Drinkwaterbesluit (2011), Staatsblad 2011, 293.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag