Verspreiding van de radioactiviteit van Tsjernobyl in Nederland en betekenis voor de drinkwatervoorziening



DR. T. TROUWBORST
Inspectie van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne



DR. J. P. F. TIJSSEN
Directoraat-Generaal voor de Milieuhygiëne, directie stralenbescherming



DR. R. VAN VEEN
DBW/RIZA

DR. H. J. FRISSEL
RIVM

1. Inleiding

Na de eerste berichten over verhoging van de radioactiviteit in de noordelijke landen als gevolg van een ongeval met een kerncentrale in Tsjernobyl is er in Nederland naast het normale meetprogramma een uitgebreid programma van radioactiviteitsmetingen gestart om de ontwikkelingen nauwkeurig te kunnen volgen en – zo nodig – maatregelen te kunnen nemen. Deze metingen werden uitgevoerd door zowel overheidsinstituten als talrijke particuliere en universitaire instellingen en betroffen metingen aan lucht, oppervlaktewater, bodem en gewassen alsmede levensmiddelen. Hoewel het nog enige tijd kan duren alvorens de meetresultaten in geheel uitgewerkte vorm beschikbaar zijn, is het gewenst om in verband met de vele vragen die bij betrokkenen leven nu reeds enige globale getalsmatige informatie te geven over het niveau van besmetting en de betekenis daarvan voor de belasting van de mens.
In het onderstaande wordt daarbij met name aandacht geschonken aan de mogelijke belasting via drinkwater.

2. Verloop van de besmetting in de lucht

Het ongeval in Tsjernobyl vond plaats in de nacht van vrijdag op zaterdag 25-26 april 1986. Op vrijdag 2 mei steeg de activiteitsconcentratie van J-131 in Nederland van minder dan 0,1 Bq/m³ (1 becquerel is 1 desintegratie per seconde) om 5 uur 's morgens tot een waarde van 20 Bq/m³ omstreeks het middaguur (afb. 1). Naast J-131 bevatte de lucht ook andere isotopen, zij het in lagere activiteitsconcentraties (zie tabel I). Als gevolg van verandering van de windrichting nam de radioactiviteit na 3 mei snel af. Op 7/8 mei is deze gedaald tot circa 0.01 Bq/m³ voor J-131.

3. Regenwater en depositie

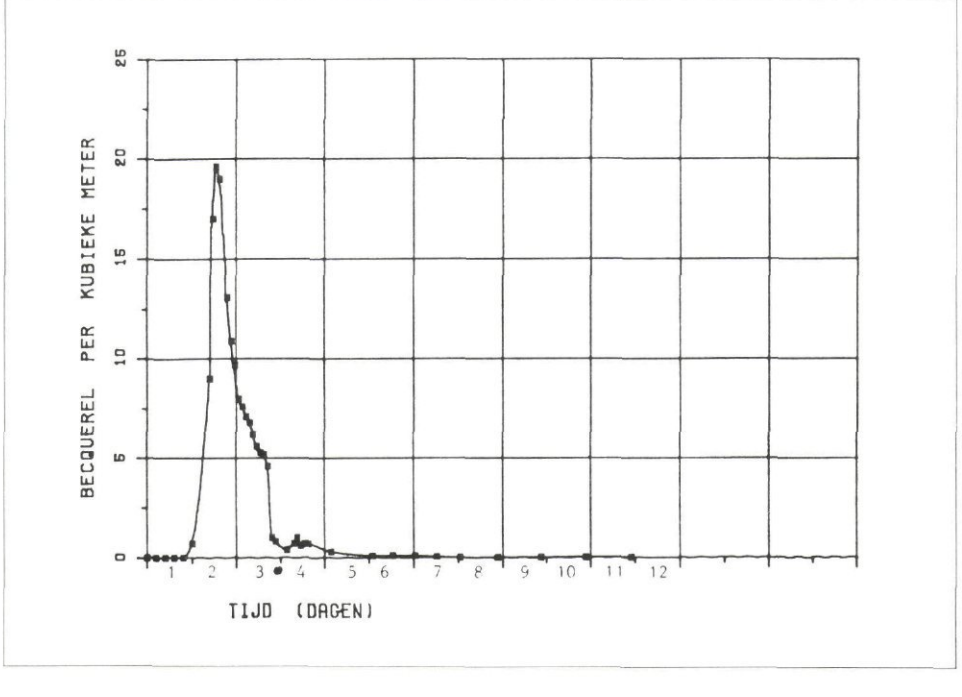
Het was te verwachten, dat de concentraties aan radioactiviteit in regenwater aanzienlijk zouden worden verhoogd omdat de aanwezige radioactiviteit gemakkelijk in het regenwater wordt opgenomen.
De meetresultaten van de radioactiviteit in regenwater geven op 2 mei en 3 mei dan ook concentraties te zien van 1.400-2.300 Bq/l-J-131 en circa 3.500 Bq/l voor de isotopen gezamelijk (tabel I). De laatste waarde ligt een factor 10^4 hoger dan die van de normaal voorkomende concentraties aan totaal ß-activiteit in oppervlaktewater.
Na 4 mei neemt de concentratie in regenwater snel af en op 8 mei bedraagt deze 48 Bq/l-J-131.
De neerslag in de besmettingsperiode heeft tot een aanzienlijke depositie van de radioactiviteit op de bodem geleid. Uitgaande van een concentratie van 2.000 Bq/l en een neerslag van 12,8 mm kan worden berekend dat de depositie circa 25.000 Bq/m² kan zijn geweest.
Een groot deel van de radioactiviteit is aan de gewassen gehecht; dit was vooral het geval bij gras en spinazie.
In de praktijk is gebleken, dat de concentraties aan radionucliden op de gewassen afnemen door afspoeling met schonere neerslag en door radioactief verval.

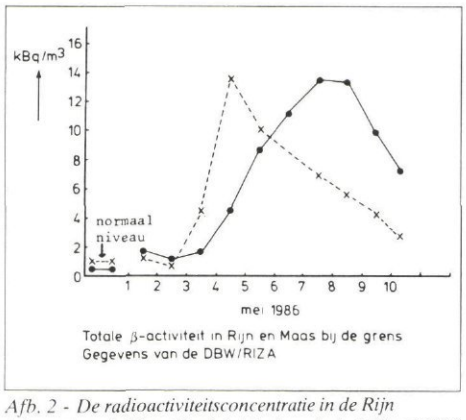
De netto depositie van cesium van 4.000 Bq/m² moet worden vergeleken met de reeds aanwezige achtergrond van circa 2.500 Bq/m², die afkomstig is van de kernwapenproeven van rond 1960. De nu gevallen hoeveelheid is van dezelfde grootteorde als de reeds aanwezige hoeveelheid.
De totale depositie van radioactiviteit verschilt van plaats tot plaats aanzienlijk, vooral als gevolg van variatie in de hoeveelheid neerslag. In de periode van 2-6 mei varieerde de depositie van J-131 van 1,3-19 kBq/m². De hoogste waarden werden gemeten in De Bilt en de laagste in de Braakman.

4. Concentratie in oppervlaktewater

Vanaf 2 mei werd een verhoging van de radioactiviteit in het oppervlaktewater geconstateerd vanaf het normale niveau van circa 0.15-0.3 kBq/m³ totaal ß-activiteit (afb. 2). Naar schatting werd het niveau van de ß-activiteit in de grote rivieren globaal genomen met een factor 100 verhoogd ten opzichte van de normale activiteit.
De gevonden concentraties liggen ruwweg een factor 10 boven de norm voor totaal-ß van 1 kBq/m³ zoals genoemd in het IMP-water (1985-1989) en het IMP-straling (1985-1989) maar een kortdurende overschrijding van deze norm behoeft nog geen ernstige consequenties voor de volksgezondheid te hebben (zie 5.2).
De radioactiviteit in het oppervlaktewater

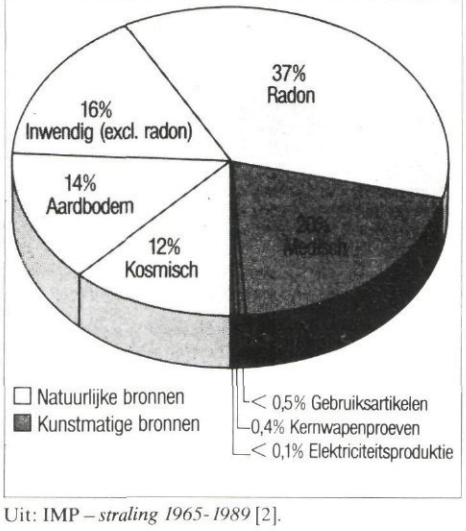
Afb. 1 - Concentratie (Bq/m³) van de totale hoeveelheid van J-131 in de lucht van Bilthoven in de eerste dagen van mei 1986. Ten gevolge van het overtrekken van de radioactiviteit stijgt de concentratie in de nacht van 1-2 mei. Met de neerslag wordt de lucht schoongewassen, zodat na 4 mei praktisch geen J-131 meer in de lucht wordt gemeten.





Afb. 2 - De radioactiviteitsconcentratie in de Rijn (stippen) en de Maas (kruisjes) in de periode 1-10 mei 1986.

Afb. 3 - Gemiddelde jaarlijkse dosis van de bevolking.



Uit: IMP – *straling 1965-1989* [2].

van de grote rivieren neemt na 4-8 mei geleidelijk af (zie afb. 2).
In lokale wateren die relatief sterk worden beïnvloed door neerslag en run-off kan deze beïnvloeding worden teruggevonden in de mate van radioactiviteit (zie tabel II).

5. Betekenis voor de drinkwatervoorziening

5.1 *Betekenis van de besmetting van het oppervlaktewater voor de drinkwatervoorziening*

De mate van gevaar van de verschillende radioactieve isotopen is sterk afhankelijk van de soort en de energie van de straling die bij radioactief verval vrijkomt.
De mate van biologische belasting wordt thans uitgedrukt in de eenheid Sievert (Sv). Tot voor kort werd hiervoor de eenheid rem gebruikt (1 Sv = 100 rem).
De maximaal toelaatbare hoeveelheid aan radioactiviteit wordt uitgedrukt in eenheden biologische belasting, dus in Sv.
Voor kunstmatige radioactiviteit of door menselijk toedoen verhoogde blootstelling aan natuurlijke radioactiviteit wordt een dosislimiet aangehouden van 1 mSv per persoon per jaar, voor de bevolking als geheel. Voor beperkte groepen uit de bevolking bijvoorbeeld reizigers of consumenten van bepaalde produkten geldt een limiet van 5 mSv per jaar.
Ter vergelijking kan worden gesteld, dat de gemiddelde natuurlijke stralingsbelasting – welke trouwens niet onder de gestelde dosislimieten valt – in de grootte orde ligt van 2 mSv per persoon per jaar (zie tabel III en afb. 3). Personen die beroepsmatig met straling omgaan, mogen een dosis van 50 mSv/jaar ontvangen.

Voor omrekening van de fysisch meetbare radioactiviteit naar de mate van biologische belasting door een bepaalde isotoop moeten we beschikken over gegevens ten aanzien van de mate van biologisch effect welke door die bepaalde isotoop per eenheid van radioactiviteit wordt veroorzaakt. Voor deze omrekening zijn voor veel isotopen zogenaamde ALI-waarden berekend.

TABEL I – *Metingen van regenwater. Resultaten in Bq/l.*

	RIVM, Bilthoven 2 mei, 10 h tot 4 mei, 6.30 h 12,8 mm neerslag	RIVM, Wageningen 3 mei, 18-21 h	3 mei, 21 h tot 4 mei, 9 h	RIVM, Bilthoven 4 mei en 5 mei, 16.30-14.00 h	6 mei-7 mei 6,9 mm	7 mei-8 mei 10 h
		regen				
	Bq/l	Bq/l	Bq/l	0,3 mm neersl.	6,9 mm neersl.	1,5 mm
Mo-99/Tc-99m	70	160	130	90	9	
Ru-103	560	730	620	430	46	39
J-131	1.400	2.300	1.600	1.000	85	48
Te-132/J-132	1.000	1.600	1.200	700	50	24
Cs-134	100	200	160	130	4	11
Cs-136	50	70	60	220	27	14
Cs-137	220	380	320	70		
Ba-140/La-140	60	180	110			

Deze waarde is als volgt gedefinieerd:

ALI = de hoeveelheid van het nuclide welke bij opname leidt tot een effectieve volgdosis van 50 mSv.
Hoe meer radiotoxisch een isotoop is, des te kleiner zal de ALI-waarde voor deze isotoop zijn.

De ALI (Annual Limit of Intake) is de berekende hoeveelheid radioactiviteit die een stralingsbelasting van 50 mSv oplevert. Er zijn afzonderlijke ALI's voor ingestie en inhalatie. Voor drinkwater is de ingestiewaarde van belang. De berekening is zodanig opgezet dat jaarlijks een ALI geconsumeerd kan worden. Voor een eventueel lange verblijftijd van de isotoop in het lichaam hoeft dus niet meer gecorrigeerd te worden. Wel moet men er rekening mee houden dat de verschillende belastingen bij elkaar moeten worden opgeteld. Dus men moet een berekening maken voor elke radionuclide en voor elke belastingsweg (water, voedsel, lucht, externe straling) afzonderlijk.
De ALI-waarden zijn voor veel isotopen vastgesteld door de International Commission on Radiological Protection (1).

De radioactieve belasting door opname via drinkwater kan als volgt worden berekend: Aan de hand van de samenstelling van een karakteristiek monster laat zich de belasting per dag (H) per nuclide als volgt berekenen voor een consumptie van 2 l per dag:

$$H\ (Sv/dag) = \frac{0{,}05\ (Sv) \times 2\ (l/dag) \times \text{activiteitsconcentratie}\ (Bq/l)}{ALI\ (Bq)}$$

In tabel IV wordt op grond van de berekende gemiddelde nuclidensamenstelling in een aantal regenwatermonsters geschat wat de belasting per dag zou zijn bij een consumptie van 2 liter water met een globale ß-activiteit van 1 Bq per liter, ervan uitgaande dat de concentratie in drinkwater gelijk is aan die van het oppervlaktewater. We nemen nu tevens aan, dat de samenstelling van oppervlaktewater ongeveer overeenkomt met die van regenwater. De hoogst gemeten activiteit in de Maas bij Eijsden in de verzamelmonsters bedroeg 13 Bq/liter.

TABEL II – *Metingen van ß-totaal in oppervlaktewater door de DBW/RIZA op 7 mei 1986.*

Meetpunten	ß-totaal Bq/l
Andijk	8,7
Broek op Langendijk 1	8,0
Broek op Langendijk 2	10,2
Wolderwijd	6,7
Westland ('s-Gravenzande)	89,6
Keizersveer	10,8
Belterwijde	9,6
Dommel (Den Bosch)	150,0
Westland (waterbassin)	300,0
Westland (Naaldwijk) (Boezemwater)	46,4
Waterbassin (Eendenbrug)	28,7
Tjeukemeer	11,4
Lobith, verzamelmonsters	11,1
Lobith, steekmonsters	13,7
Eijsden, verzamelmonsters 7 mei, 5 uur	8,7
Eijsden, steekmonsters, 5 uur	8,7
Twente-kanaal	5,5
Drenthse Aa	15,3
Maarserveense Plas	8,0
Alkmaardermeer	9,9
Hoogeveensevaart bij Koevorden	7,3
Poldersloot bij ter Horne (Fr.)	50,0

De stralingsbelasting bij opname van water met de samenstelling volgens tabel IV en een globale ß-activiteit van 13 Bq/l gedurende een periode van 14 dagen is 0.005 mSv. Bij de opname gedurende een heel jaar is dit 0.14 mSv. Dit is dus slechts een fractie van de toelaatbaar geachte 1 mSv/jaar.
In de praktijk zal deze belasting aanmerkelijk lager zijn door verwijdering bij de zuivering, verdunningseffecten en verval van de isotopen.

5.2 *Relatie met de norm voor opervlaktewater*
Hoewel in de onderhavige situatie de norm voor oppervlaktewater van 1 kBq/m³ aanmerkelijk is overschreden is er nog geen sprake van een situatie die ernstig gevaar voor de volksgezondheid geeft. De betreffende norm moet ook meer worden gezien als een signaleringsniveau waarboven nader onderzoek naar de oorzaak en de betekenis noodzakelijk is en waarbij moet worden

TABEL III – *Totale stralingsbelasting van de gemiddelde Nederlander.*

mSv/jaar	
Natuurlijke stralingsbelasting	
* kosmische straling	0,30
* primordiale nucliden	
– uitwendige straling	0,35
– inwendige straling	0,40
– radon en vervalprodukten	0,93
Kunstmatige stralingsbelasting	
* beroepsmatige blootstelling	< 0,01
* geneeskunde	0,50
* wetenschap en techniek	—
* energievoorziening	< 0,01
* gebruiksartikelen	< 0,01
* radioactief afval	—
* fall-out	0,01
Totaal mSv per jaar circa	2,50

Uit: IMP - straling 1985-1989 [2].

nagegaan of maatregelen gewenst zijn.
De huidige genomen maatregelen moeten dan ook met name worden gezien tegen de achtergrond van een beleid om de belasting zo laag mogelijk te houden en om onnodige belasting te voorkomen.

5.3 *Invloed van beluchting bij de zuivering op de radioactiviteit in drinkwater*
Bij de zuivering van drinkwater wordt vaak een beluchting toegepast. Bij een concentratie van radioactiviteit in de lucht van 10 Bq/m³ moet dan ook worden onderkend dat als gevolg hiervan een verhoging van de radioactiviteit in het drinkwater kan worden aangetoond.
Indien de volumeverhouding lucht/water bij de beluchting wordt gesteld op 100 en indien wordt aangenomen dat de totale radioactiviteit uit de aangezogen lucht wordt opgenomen in water, dan zou in drinkwater

TABEL IV.

Nuclide	halfwaarde tijd	Concentratie geschat voor globale ß-activiteit van 1.000 Bq/m³	ALI-waarde	Dagdosis** bij 1 Bq/l Sv/dag
Mo-99	66 uur	70	6 E 7	0,117 E-9
Tc-99m	6 uur	70	3 E 9	0,002 E-9
Ru-103	39 dagen	280	7 E 7	0,400 E-9
J-131	8 dagen	700	4 E 6	17,5 E-9
Te-132	78 uur	700	2 E 7	3,5 E-9
J-132	2,3 uur	700	3 E 8	0,23 E-9
Cs-134	2 jaren	80	3 E 6	2,6 E-9
Cs-136	13 dagen	40	2 E 7	0,2 E-9
Cs-137	30 jaren	140	4 E 6	3,5 E-9
Ba-140	13 dagen	50	2 E 7	0,25 E-9
La-140	40 uur	50	2 E 7	0,25 E-9
Totaal				— + 29 E-9 Sv/dag

* Elke nuclide zendt per desintegratie een verschillend percentage detecteerbare ß-straling uit. Een schatting van de bijdrage van elk der nucliden aan de globale ß-activiteit is berekend uitgaande van de samenstelling van regenwater. Voor een globale ß-activiteit van 1 Bq per liter laat zich vervolgens berekenen met welke absolute activiteitsconcentraties dit correspondeert onder de aanname dat verhouding tussen de nuclidenspecies hetzelfde is als in regenwater.
** De dagdosis bij consumptie van 2 liter water met een globale ß-activiteit van 1 Bq/liter onder aanname dat de nuclidensamenstelling dezelfde is als die in regenwater.

uiteindelijk een concentratie kunnen voorkomen van 1 Bq/l bij 10 Bq/m³ radioactiviteit in de lucht. Dit betekent dat ook in drinkwater bereid uit grondwater enige radioactiviteit zou kunnen worden aangetoond als gevolg van de luchtbesmetting. De relatieve betekenis van de belasting via deze route van opname ten opzichte van de directe belasting via de lucht kan bij eerste benadering als volgt worden ingeschat:

Bij een consumptie van 2 liter drinkwater per dag wordt een hoeveelheid radioactiviteit opgenomen die aanwezig is in 0,2 m³ lucht. Via inhalatie wordt per dag circa 10 m³ lucht ingeademd, zodat – globaal genomen – de opname via drinkwater als gevolg van beluchting slechts 2% van de opname via inhalatie zal bedragen.

6. Samenvatting

De radiologische belasting van de mens via drinkwater bij het na de Tsjernobylramp waargenomen niveau van verontreiniging in oppervlaktewater van Bq/l voor totaal ß-activiteit wordt geschat op maximaal ten hoogste 0.14 mSv bij consumptie van dit water gedurende een heel jaar en op 0.005 mSv bij consumptie gedurende 2 weken. Dit is slechts een fractie van de toelaatbaar geachte hoeveelheid van 1 mSv/jaar. De werkelijke belasting zal aanmerkelijk lager zijn door verwijdering bij de zuivering, verdunning en verval van de isotopen.

7. Nabeschouwing

De metingen die in deze periode van radioactieve besmetting werden verricht kunnen een goed inzicht geven in de route van besmetting van milieucompartimenten, gewassen en voeding in het algemeen. Het is derhalve van meer dan uitsluitend radiologisch belang om de thans beschikbaar komende meetgegevens diepgaand te evalueren.

Literatuur

1. *International Commission on Radiological Protection.* Publ. no. 30 (1979).
2. *Indicatief Meerjaren Programma Straling 1985-1989.* Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

● ● ●

Seminar over stikstofverwijdering bij de zuivering van afvalwater

De Verein zur Förderung des Instituts für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung der Technischen Hochschule Darmstadt en de Abwassertechnische Vereinigung organiseren op 13 november 1986 in Darmstadt het 11de Wassertechnische Seminar met als thema 'stikstofverwijdering bij de zuivering van afvalwater – nitrificatie en denitrificatie'.
Behandeld worden onder meer:
– de gevolgen van stikstofbelasting van het oppervlaktewater;
– grondslagen van de biologische stikstofverwijdering en
– bedrijfservaringen en besturing van installaties voor de stikstofverwijdering.
Nadere inlichtingen en aanmeldingen:
Institut für WAR, Dipl.-Ing. Pfaff-Simoneit, Petersenstrasse 13, 6100 Darmstadt, tel. 06151-162848/162148 of bij WAR Förderverein, Wachtelweg 77, 6100 Darmstadt, tel. 06151-373957.