

Tsjernobyl: een les voor de toekomst

Inleiding

De meting van radio-activiteit werd voor het eerst actueel in de jaren '50-60 toen de bovengrondse proeven met atoombomben plaatsvonden. Na het verbod op deze proefnemingen zijn de gehalten radio-actieve stoffen in de lucht, het water en de bodem zeer sterk afgenomen.

Ook van nature is radio-activiteit in water aanwezig, voornamelijk veroorzaakt door kalium dat voor 0,02% uit het radio-actieve isotoop kalium-40 bestaat.



DRS. B. B. HOOGCARSPEL
Duinwaterleiding
van 's-Gravenhage

Vreedzame toepassingen van kernsplijting veroorzaken ook een verhoging van radio-activiteit. Het gaat vooral om kerncentrales en medische toepassingen. In de afgelopen dertig jaar hebben zich regelmatig ongelukken met kerncentrales voorgedaan. De meeste ongelukken kwamen niet uitgebreid in de pers, maar namen als Windscale en Harrisburg zijn bekend bij het grote publiek. In april/mei 1986 heeft zich een grote calamiteit voorgedaan in het Russische Tsjernobyl nabij Kiev.

Hiervan werd eerst melding gemaakt vanuit Zweden, waar een verhoging van de radio-activiteit werd geconstateerd. Door het stabiele weer heeft de fall-out zich over een groot deel van het noordelijk halfrond kunnen verspreiden. Begin mei zijn door regenval de meeste radio-actieve stoffen uit de atmosfeer gespoeld en in grond en water terechtgekomen.

Dit artikel geeft een overzicht van de gevolgen, die het ongeluk in Tsjernobyl gehad heeft voor de kwaliteit van het water van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage (DWL) in enkele stadia van de productie over de periode 1 mei tot 5 augustus. Voor een goed begrip van de gebruikte terminologie en eenheden wordt verwezen naar de literatuur [lit. 1, 2, 3 en 4].

Chronologisch overzicht

Op 26 april 1986 trad een ernstig ongeval met een kernreactor in Tsjernobyl (omgeving Kiev, USSR) op. Hierbij werd het dak van de reactor afgeblazen en een grote hoeveelheid radio-actief materiaal de lucht ingeslingerd. Op 29 april kwamen de eerste meldingen van verhoogde radio-activiteit uit Scandinavië binnen. Vanwege het stabiele weer met weinig neerslag heeft de radio-actieve wolk zich over een groot deel van Europa kunnen verspreiden.

In ons land werden meteen na de melding van 29 april de metingen van diverse instellingen geïntensiveerd. De wolk, die over ons land trok, is via Oostenrijk en Zuid-Duitsland naar de Noordzee getrokken. Dit bleek uit modelberekeningen van het KNMI. De eerste gemeten stijging van de radio-activiteit in de lucht dateert van 2 mei. In Bilthoven werd een verhoging van 6 naar 9 microröntgen/uur gemeten (gammastraling). Op 4 mei werden de hoogste waarden gemeten van 18 microröntgen/uur (1 microröntgen leidt tot een stralingsbelasting van ongeveer 0,01 micro sievert).

Het regenwater bevatte op 3 mei 1.400 Bq/l (bèta-radio-activiteit afkomstig van I-131); op 4 mei 1.000 Bq/l; op 5 mei 200 Bq/l, alles gemeten te Bilthoven. Na 5 mei waren de gehalten lager dan 100 Bq/l [lit. 1].

De eerste stijging van de gehalten in het rivierwater dateert van 3 mei. De hoogste gehalten in het Maaswater bedroegen 17 Bq/l te Eijsden en 23 Bq/l te Keizersveer. Het verschil wordt veroorzaakt door de hoge besmetting van de Dommel (150 Bq/l op 7 mei). In kleine oppervlaktewateren (sloten en dergelijke) zijn gehalten van enkele honderden Bq/l gemeten.

De normale natuurlijke waarden zijn (als gevolg van het kaliumgehalte) circa 0,2 Bq/l. Het laboratorium van de DWL beschikte ten tijde van het ongeluk wel over apparatuur voor de meting van bèta-radio-activiteit. Het onderzoek richtte zich echter op tritium dat door kerncentrales langs de Maas wordt geloosd. De metingen werden tijdelijk uitbesteed aan het laboratorium van de Drinkwaterleiding Rotterdam.

Na overleg met het laboratorium van DWL-Rotterdam is in 4 dagen tijd een analysemethode ontwikkeld, zodat op 9 mei de eerste analysesresultaten beschikbaar kwamen.

De resultaten zijn gecontroleerd door middel van contra-expertise bij DWL-Rotterdam. Vanaf 6 mei tot 23 mei zijn dagelijks het ingenomen Maaswater op het pompstation te Brakel (Inlaat Brakel) of het water na de voorzuivering bestemd voor infiltratie in de duinen (Aanvoer Infiltratie) en het drinkwater-af-pompstation gemeten. Daarna zijn de meetfrequenties geleidelijk verlaagd tot eenmaal per week (in juli).

Tevens zijn metingen verricht van het water van de Afgedamde Maas, de verschillende deelstromen en de totale stroom (Aanvoer Zuivering te Scheveningen) van het uit het duin teruggewonnen water, water van enige peilbuizen van het diepinfiltratieproject (Flip/Flop) en van het regenwater opvangen op het pompstation te Scheveningen.

Meting van radio-activiteit

Meting van radio-activiteit kan op verschillende manieren geschieden, afhankelijk van

de te meten soort radio-activiteit (alfa, bèta of gamma). De belangrijkste radionucliden in verband met kernexplosies of reactor-ongevallen zijn I-131, Cs-134, Cs-137, Sr-89, Sr-90 en Te-132. Dit zijn allemaal bèta-stralers die met een 'bèta-spectrometer' aangetoond kunnen worden. Hiervoor zijn twee methodieken beschikbaar:

1. de Geiger-Müller-buis (GM-buis);
2. de vloeistofscintillatieteller.

Ad 1. Bij de methode met de GM-buis wordt het aangezuurde monster water eerst drooggedampt en de zoutrest wordt op de GM-buis gelegd. Het aantal ontladingen in de buis wordt geteld en vergeleken met een kaliumstandaard (K-40). Een ontwerp-methode van het NNI (NEN 6421) is op dit principe gebaseerd. Deze methode werd vanaf de jaren zestig tot aan 1984 ook door het laboratorium van de DWL toegepast.

Ad 2. Bij de vloeistofscintillatietelling wordt aan het al of niet geconcentreerde monster water een 'cocktail' toegevoegd. Deze cocktail geeft het monster een geleidende structuur en bevat stoffen, die onder invloed van radio-actieve (bèta-)straling lichtflitsjes afgeven. Deze lichtflitsjes worden gedetecteerd met een lichtgevoelige cel.

Met deze methode kunnen zowel harde bèta-stralers (cesium, strontium) als zachte bèta-stralers (tritium) worden aangetoond. Het is niet (zonder meer) mogelijk om de verschillende radionucliden in één monster naast elkaar te bepalen. Dit geldt trouwens ook voor de GM-buismethode.

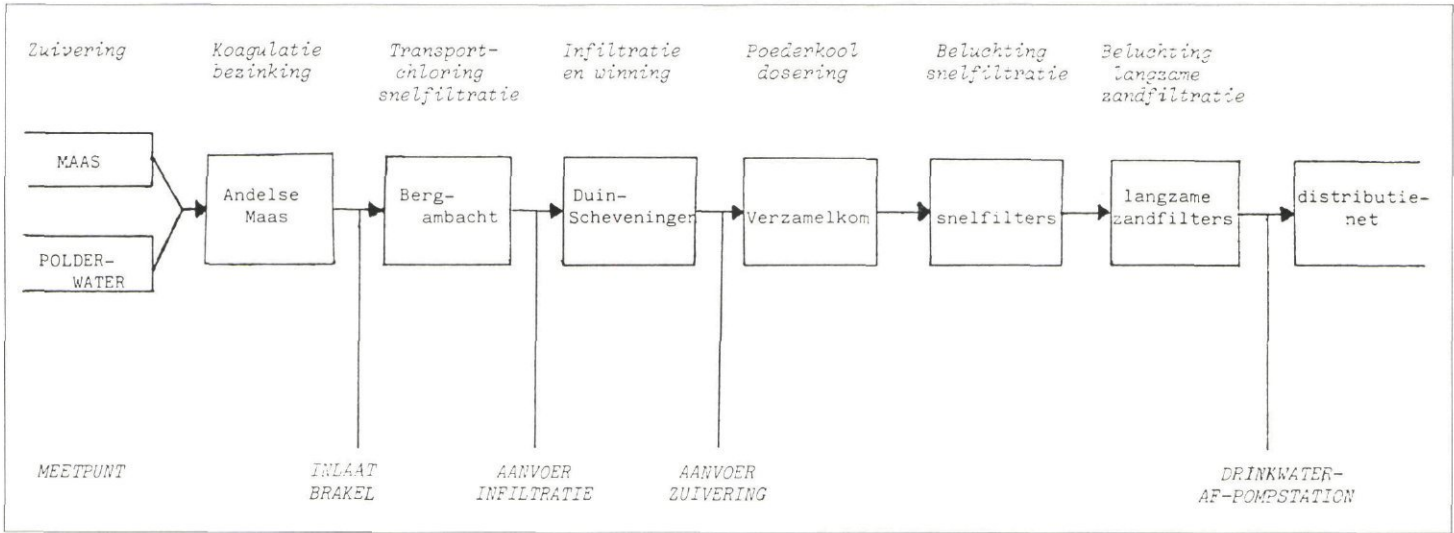
Ook bij deze methode wordt vergeleken met een kaliumstandaard (K-40). Beide methodieken geven een 'totaal'-gehalte aan bèta-radio-actieve stoffen.

Bèta-radio-activiteit wordt opgegeven als 'totaal-bèta-radio-activiteit' (alle bèta-stralers, behalve tritium) of als 'rest-bèta-radio-activiteit' (totaal-bèta-radio-activiteit minus de activiteit van kalium-40, dat van nature aanwezig is).

Het verschil tussen de GM-buis en de vloeistofscintillatie ligt vooral in het gebied van de laag-energetische bèta-straling. Deze straling wordt door de GM-buis minder goed gemeten, omdat deze eerst de vaste stof moet verlaten en vervolgens het venster van de GM-buis passeert. Daardoor zal de GM-buis-methode lagere gehalten meten, vooral wanneer veel laag energetisch radionucliden

TABEL I – Overzicht van de maximale energie van bèta-deeltjes uitgezonden door de belangrijkste bèta-stralers.

Isotoop	Maximale energie (KeV)
Telluur – 132	200
Jodium – 131	800
Cesium – 137	700
Cesium – 134	1.200
Barium – 140	1.000
Ruthenium – 103	700
Kalium – 40	1.300
Koolstof – 14	200



Afb. 1 - Zuiveringssysteem van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage.

aanwezig zijn (telluur-132, jodium-131, cesium-134) (zie tabel I).

Meetresultaten en interpretatie

Afb. 1 geeft een overzicht van het zuiveringsproces bij de DWL 's-Gravenhage met de belangrijkste monsternamenpunten.

Sedert een aantal jaren zijn de gehalten aan rest-bèta-radio-activiteit niet boven de analysegrens van 0,1 Bq/l geweest voor zowel rivier- als voor drinkwater. Voor regenwater geldt de laatste jaren een gehalte van circa 0,3 Bq/l [lit. 5].

Op 3 mei wordt de eerste verhoging van de bèta-radio-activiteit van het Maaswater gemeten. De gehalten liepen snel op tot 17 Bq/l (Eijsden, 5 mei 1986) en 23 Bq/l (Keizersveer, 8 mei 1986). De piek te Keizersveer ligt hoger dan die te Eijsden omdat de in de Maas uitmondende zij-riviertjes, zoals de Dommel (150 Bq/l, 7 mei 1986), hoge gehalten aan bèta-radio-activiteit bevatten door de afstroming van regenwater. Na 8 mei zijn de gehalten weer snel terug-gelopen tot waarden beneden de 1 Bq/l (circa eind mei).

Het kaliumgehalte van 5 mg/l veroorzaakt een natuurlijke radio-activiteit van circa 0,1 Bq/l.

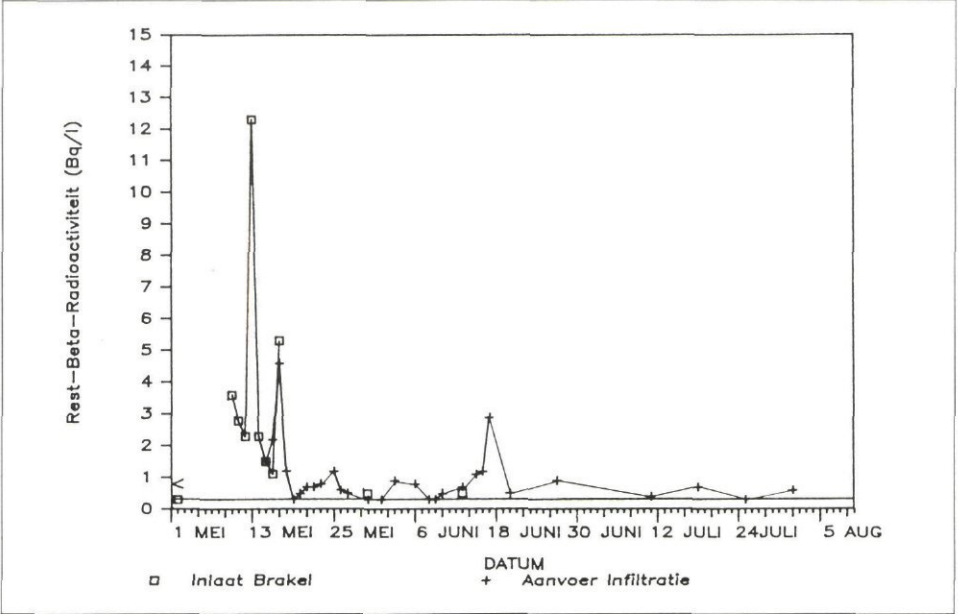
De metingen aan de Inlaat Brakel (afb. 2) zijn gestart op 6 mei. Op 9 mei werd een piek van 12 Bq/l geconstateerd. Op 10 mei was het gehalte echter weer gedaald tot 2 Bq/l, zodat de DWL niet tot stoppen van de inlaat is overgegaan.

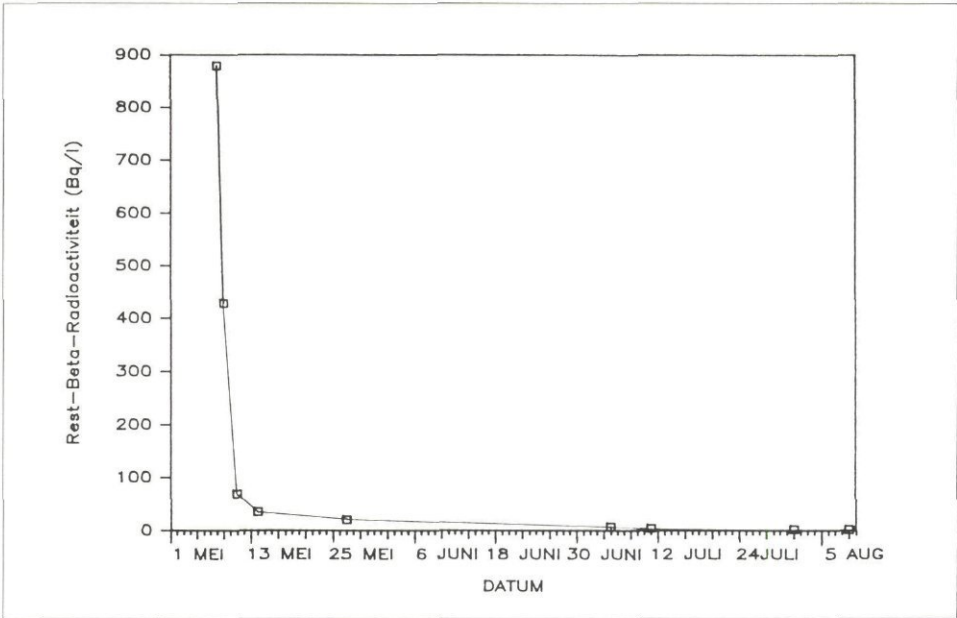
Opvallend is dat de piek één dag later optreedt dan de piek voor de Maas te Keizersveer. Dit heeft te maken met het uitslaan van de poldergemalen van de Bommelerwaard, met name het gemaal Brakel, dat op 9 en 13 mei veel water uitsloeg. Na enige dagen zowel Inlaat Brakel als de Aanvoer Infiltratie te Scheveningen te hebben gemeten is overgegaan tot het meten

van deze laatste in plaats van de eerste (dit in verband met eenvoudiger monstertransport). Na een daling in de periode tot 12 juni treedt op 13 juni nog een piek(je) van 3 Bq/l op. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de periode van neerslag in de eerste week van juni gevolgd door uitspoeling en uitslag door de poldergemalen. Half juli is de bèta-radio-activiteit gedaald tot waarden onder de 1 Bq/l. Metingen aan de gehalten bèta-radio-activiteit van slootwater hebben uitgewezen, dat daar hoge gehalten aan radio-actieve stoffen kunnen optreden [lit. 1, 6]. Dit wordt bevestigd door de gemeten waarden bij gemaal Rietschoof (12 mei 1986, 8,3 Bq/l) en gemaal Brakel (12 mei 1986, 4,6 Bq/l). Vermoedelijk zijn de gehalten in het polderwater in de dagen vóór 12 mei nog

aanzienlijk hoger geweest [lit. 1, 6]. Dit is een nadeel van de lozing van polderwater op de Afgedamde Maas [zie ook lit. 7]. Afb. 3 geeft een overzicht van de gemeten bèta-radio-activiteit van neerslag. De monsters zijn noodzakelijkerwijs verzameld over de voorgaande periode. Duidelijk blijkt dat de gehalten sterk afnemen in de loop van de tijd. Dit heeft twee oorzaken. Ten eerste werd de atmosfeer in de eerste dagen van de neerslag (4-6 mei) schoon-gewassen door de regen. Ten tweede trad sterk radio-actief verval op van de kortlevende radionucliden (jodium-131, telluur-132 en enkele andere). Als kanttekening bij de gehalten van de eerste drie regenwatermonsters moet gezegd worden dat deze pas enige dagen na

Afb. 2 - Rest-bèta-radio-activiteit van het water bij de Inlaat Brakel en de Aanvoer Infiltratie te Scheveningen in de periode 1 mei-5 augustus 1986.



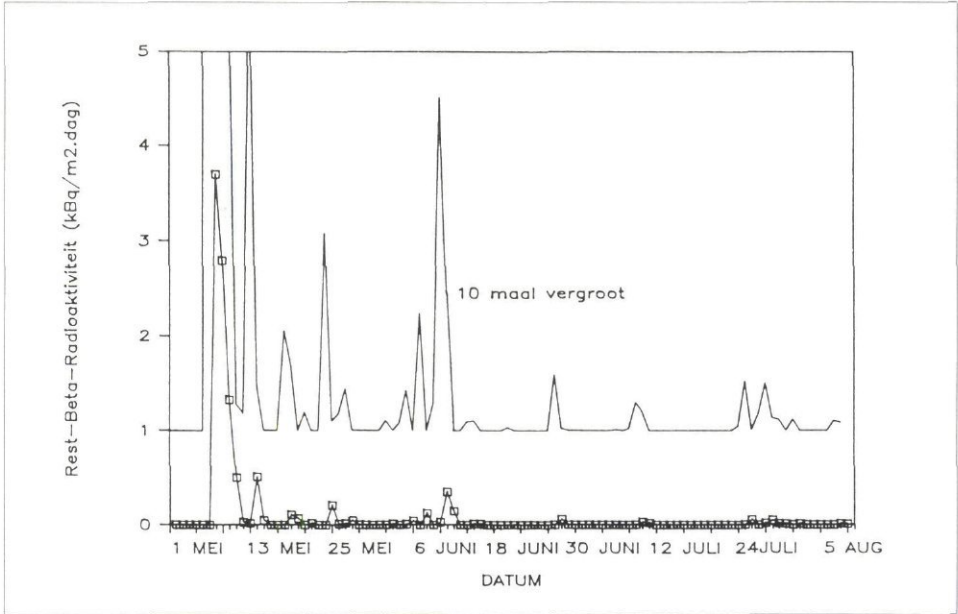


Afb. 3 - Rest-bèta-radio-activiteit van het regenwater op het pompstation te Scheveningen in de periode 1 mei-5 augustus 1986.

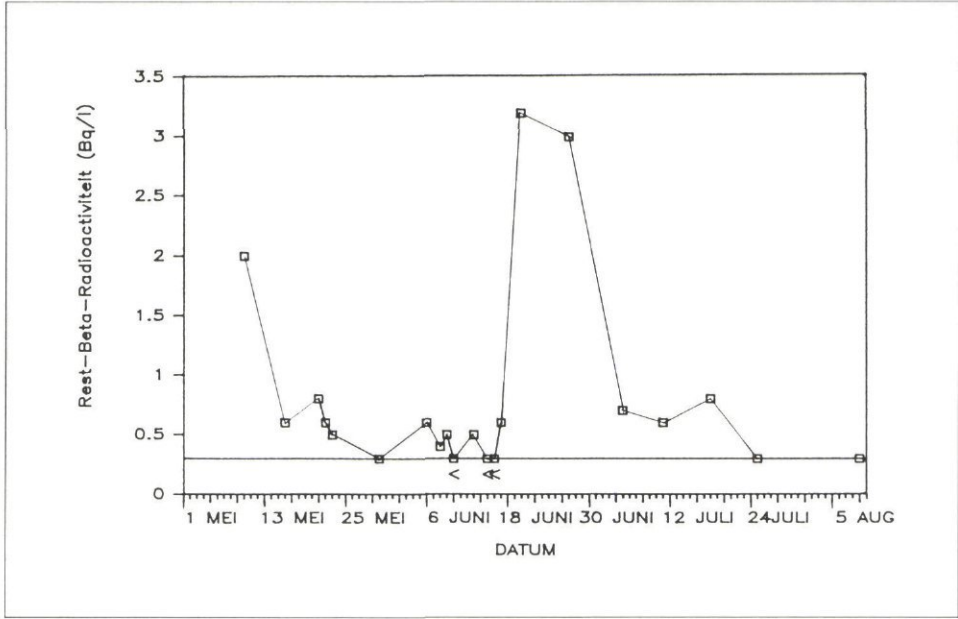
monsternamen gemeten konden worden, zodat de werkelijke gehalten respectievelijk circa 1.200, 650 en 100 Bq/l geweest zijn (ervan uitgaande dat ongeveer de helft van de bèta-stralers uit jodium-131 bestond). Op grond van de hoeveelheid neerslag en de gehalten aan bèta-radio-activiteit kan een globale berekening van de totale natte depositie gemaakt worden. De resultaten voor het pompstation Scheveningen staan in afb. 4. Duidelijk is dat in de periode 4-7 mei het overgrote deel van de natte depositie heeft plaatsgevonden. Totaal bedroeg dit circa 12 kBq/m² (hierbij is gecorrigeerd voor het radio-actieve verval dat voor de meting van de regenwater-monsters plaatsvond). In de periode daarna is nog 1-2 kBq/m² met de regen neergeslagen. Het totaal van 13-14 kBq/m² komt goed overeen met de waarden genoemd in het rapport van het RIVM [lit. 1]. Hier wordt *gemiddeld* voor Nederland gesproken over 7 kBq/m² voor jodium-131 en 1,4 kBq/m² voor cesium-137. Als opmerking wordt nog gegeven, dat de gehalten plaatselijk sterk kunnen verschillen. Verder hebben ook andere radionucliden een rol gespeeld, zoals telluur-132, molybdeen-99, technetium-99, ruthenium-103, cesium-134, cesium-136 en barium-140 [lit. 6]. Meetgegevens van het Energie-onderzoek Centrum Nederland [lit. 4] hebben uitgewezen, dat de totale depositie (nat en droog) op het ECN-terrein 37 kBq/m² heeft bedragen in de periode van 2-9 mei, voor de helft bestaande uit jodium-131. Verder is een verhouding gevonden tussen natte en droge depositie van 3 : 1 [lit. 8]. In de lucht waren radio-actieve stoffen

gebonden aan zeer kleine aerosol-deeltjes van enige tienden micrometers [lit. 4]. Uitgaande van dezelfde verhouding van natte en droge depositie zou voor pompstation Scheveningen gerekend moeten worden met 16 (4-7 mei) of 18 (gehele periode) kBq/m² totale depositie. Op 10 mei, 21 mei en 7 juni traden nog kleine pieken op in de natte depositie van bèta-stralers. De neerslag heeft duidelijk invloed gehad op het water in de infiltratie-pannen. Op 5 mei werd in pan 11.1 7,7 Bq/l en in pan 13.1 3,9 Bq/l gemeten. De eerste meting van de bèta-radio-activiteit

Afb. 4 - Geschatte totale natte depositie van rest-bèta-radio-activiteit op het pompstation te Scheveningen in de periode van 1 mei-5 augustus 1986. (De depositie werd berekend door de gemeten gehalten rest-bèta-radio-activiteit te interpoleren en vervolgens te vermenigvuldigen met de hoeveelheid neerslag.)



van het uit het duin teruggewonnen water dateert van 6 mei (afb. 5). Opvallend is het gehalte van 2 Bq/l op deze datum. Nader onderzoek op 12 mei heeft uitgewezen, dat dit *niet* afkomstig kon zijn van de verschillende deelwinningen (alle 10 deelstromen: < 0,3 Bq/l). De oorzaak moet dan ook gezocht worden in de open zijpanden van de verzamelkom, die zich voor het monsterpunt bevinden. De neerslag heeft hierin een belangrijke rol gespeeld. Frappant zijn de hoge gehalten gemeten in de monsters van 16 en 23 juni (respectievelijk 3,3 en 3,1 Bq/l). Op grond van het verval van jodium-131 werden dergelijke gehalten niet verwacht. De monsters konden echter pas later gemeten worden, vanwege het niet verkrijgbaar zijn van de voor de meting noodzakelijke chemicaliën (veroorzaakt door de plotselinge grote vraag!). Er kon dus niet gereageerd worden op deze plotselinge verhoging met extra onderzoek. Opvallend is de lichte verhoging van de gehalten bij de Aanvoer Zuivering na de piek ten opzichte van de periode daarvoor. Hierop is gereageerd met extra onderzoek van de tien deelstromen. Van de tien gemeten gehalten waren er 5 boven de onderste analysegrens van 0,3 Bq/l met een maximum van 0,4 Bq/l. Na 14 juli is tweemaal bij de Aanvoer Zuivering een gehalte van 0,3 Bq/l gemeten. Dit betekent mogelijk, dat hiermee het grootste gedeelte van de radio-actieve stoffen uit het duinpakket gekomen is. In afb. 6 staan de gehalten rest-bèta-radio-activiteit van het drinkwater-af-pompstation (te Scheveningen) weergegeven. In de eerste dagen na de neerslag van 4 mei is geen



Afb. 5 - Rest-bèta-radioactiviteit van het water bij de Aanvoer Zuivering te Scheveningen (uit het duin teruggewonnen water) in de periode 1 mei-5 augustus 1986.

bèta-radio-activiteit in het drinkwater geconstateerd. Op 4 mei wordt 0,5 Bq/l gemeten en op 11 mei 1,8 Bq/l. Dit is 7 dagen na de eerste regenval. Blijkbaar worden de radio-actieve stoffen door zandfiltratie tegengehouden en vertraagd weer losgelaten. Op 15 mei treedt een tweede piek(je) op. Dit kan veroorzaakt zijn door de piek in de depositie op 10 mei (zie afb. 4). Dit geldt ook voor het piekje van 19 mei in drinkwater en 15 mei in de depositie. In tabel II staat een overzicht van de pieken in de depositie van bèta-radio-activiteit en in de bèta-radio-activiteit in drinkwater-afpompstation.

Uitgaande van de hypothese dat de pieken in drinkwater veroorzaakt worden door pieken in de depositie, zou men hieruit af kunnen leiden dat het 4-7 dagen duurt voor een front 'bèta-stralers' de beide filtratiestappen passeert. Deze redenering heeft een enigszins speculatief karakter door het ontbreken van fundamentele kennis over het gedrag van de verschillende radionucliden in zandfilters. Er is veel (extra) onderzoek nodig om de hier gesuggereerde verbanden te bevestigen of te ontkennen. Deze metingen hebben aangetoond, dat zandfiltratie de radio-actieve stoffen vertraagt en de pieken uitvlakt. Er treedt

TABEL II – Overzicht van de pieken in de bèta-radio-activiteit van de depositie en het drinkwater-afpompstation.

Datum piek in de depositie	Datum piek in drinkwater	Tijdsverschil in dagen
4 mei	11 mei	7
10 mei	15 mei	5
15 mei	19 mei	4
21 mei	28 mei	7
7 juni	12 juni	5

TABEL III – Resultaten van de metingen van rest-bèta-radio-activiteit (Bq/l) aan het proefproject diepinfiltratie.

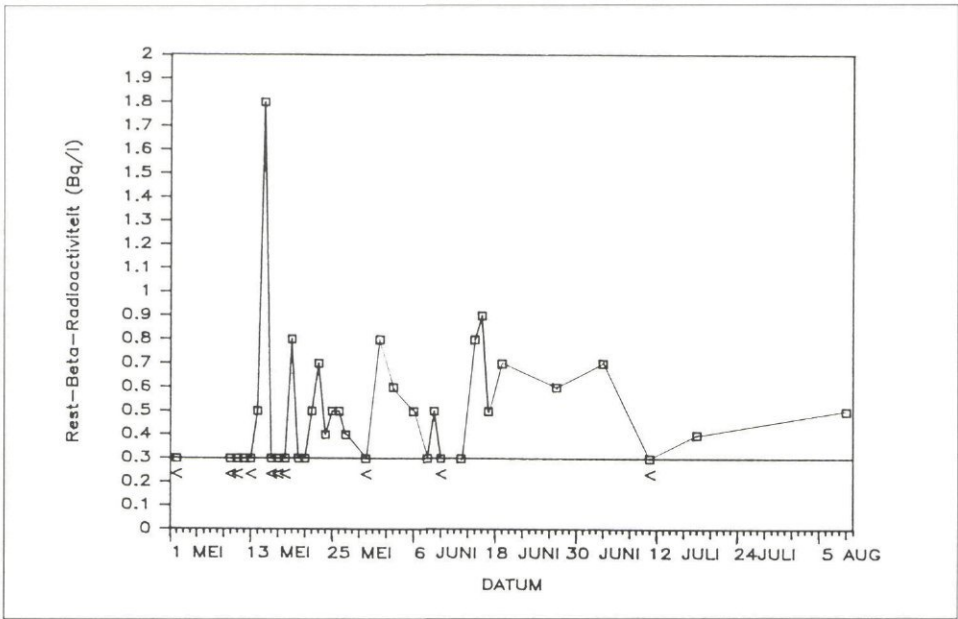
Monsterpunt	Reistijd van het water	12/5	26/5
infiltratieput		4,2	1,1
waarnemingsput A	1 week	1,3	0,7
waarnemingsput B	2 weken	–	0,9
waarnemingsput C	3 weken	–	0,8

echter geen volledige verwijdering op. Metingen aan het proefproject diepinfiltratie hebben uitgewezen dat 14 meter zandpakket na 7 dagen reeds doorslag van bèta-radio-activiteit vertoont. In het diepe grondwater (geïnfiltreerd rivierwater) zijn gehalten van omstreeks 1 Bq/l gemeten (zie tabel III). Deze metingen ondersteunen de eerder geconcludeerde onvolledige verwijdering door een zandpakket. Uitgaande van een totale belasting van 16 kBq/m² in de periode van 4-7 mei kan een gemiddelde concentratie in drinkwater berekend worden. Het nat-oppervlak van de verzamelkom en de snelfilters bedraagt 9.500 m². De totale natte depositie over die periode is dus 152 MBq. Gerekend met zes dagen vertraging en enige extra spreiding zou deze radio-activiteit in de periode 9-14 mei moeten doorslaan naar drinkwater. Dit betekent een gemiddeld gehalte van circa 0,2 Bq/l (in 900 miljoen liter water). Het gemiddelde van de metingen over dezelfde periode in het drinkwater-afpompstation bedroeg 0,5 Bq/l. Vanwege de sterke fluctuaties in de bèta-radio-activiteit van drinkwater en regenwater is de overeenkomst tussen deze getallen (orde van grootte) goed te noemen.

Gegevens van andere waterleidingbedrijven

In het algemeen geldt, dat de bèta-radio-activiteitsmetingen bij andere waterleidingbedrijven vergelijkbare resultaten hebben opgeleverd voor zowel ruw water, water na duininfiltratie en drinkwater als voor regenwater. Het betreft hier metingen uit de periode van 1-25 mei. Deze waterleidingbedrijven zijn Gemeentewaterleidingen (Amsterdam), Antwerpse Waterwerken, Regionaal Energiebedrijf Dordrecht, Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch en Watermaatschappij Zuid-West-Nederland [lit. 9]. In Zuid-Duitsland zijn ook radio-activiteitsmetingen verricht bij de drinkwaterbedrijven aan het Bodenmeer [lit. 2]. Uit de resultaten blijkt, dat zowel

Afb. 6 - Rest-bèta-radio-activiteit van het Drinkwater-afpompstation (Scheveningen) in de periode 1 mei-5 augustus 1986.



ruw- als reinwatergehalten tot 2 Bq/l jodium-131 te zien gaven. Zulke gehalten zijn voor reinwater in Nederland niet gerapporteerd.

Metingen in de zuivering van de NV Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland [lit. 5, 9] hebben uitgewezen, dat coagulatie/snelle zandfiltratie het gehalte aan bèta-radio-activiteit met een factor 4 à 5 kan doen afnemen (6-8 mei). Het hierbij ontstane slib bevatte dientengevolge enige tienduizenden Bq/kg. Voor 'normaal' slib is dit circa 300 Bq/kg.

Conclusies

Uit de hier gerapporteerde meetgegevens en de beschikbare literatuur kunnen voor de DWL 's-Gravenhage ten aanzien van het reactorongeval te Tsjernobyl de volgende conclusies worden getrokken.

1. Naast de contaminatie van rivierwater en duinpannenwater is vooral de directe verontreiniging van het water na infiltratie van belang, omdat alleen een poederkooldosering en een snelle en langzame zandfiltratie als zuiveringswerken resteren. Het gebruik van boezemwater als bron voor drinkwaterbereiding houdt meer risico's in bij het optreden van radio-actieve fall-out, dan het gebruik van rivierwater.

2. De gehalten aan bèta-radio-activiteit hebben de volgende maxima bereikt: 23 Bq/l (Maaswater), 12 Bq/l (Inlaat brakel), 5 Bq/l (Aanvoer Infiltratie), 3 Bq/l (Aanvoer zuivering Scheveningen), 1,8 Bq/l (Drinkwater) en 1200 Bq/l (neerslag te Scheveningen).

3. Zandfiltratie vlak de piek van radio-actieve stoffen af en vertraagt deze, maar houdt het front van radio-actieve stoffen niet volledig tegen. Circa 5 dagen na de eerste regenval werd voor het eerst een verhoging in drinkwater geconstateerd.

4. Uitgaande van het feit dat circa 0,04% van de radio-actieve stoffen uit Tsjernobyl in Nederland is neergeslagen [lit. 1], kan geconcludeerd worden, dat de gehalten aan radio-actieve stoffen bij een reactorongeval in Nederland, België, Duitsland of Frankrijk wel 100 tot 1.000 maal zo hoog kunnen zijn. Dit zou verregaande normoverschrijding tot gevolg hebben, zowel voor drinkwater als voor voedsel.

Deze conclusie is ook getrokken voor het drinkwaterbedrijf van New York [lit. 10].

5. Het ontbreken van een normstelling voor drinkwater en van een genormaliseerde meetmethode is een groot gemis bij de interpretatie van de gegevens.

6. De meetmethode van de waterleidingbedrijven (bèta-radio-activiteit) is voldoende om de ernst van de besmetting te bepalen, maar is onvoldoende om uitspraken te doen over het gedrag van radionucliden in de

zuivering, omdat gebruik gemaakt wordt van een (arbitraire) groepsbepaling. Uitbreiding van het instrumentarium met een gamma-spectrometer verdient aanbeveling.

Literatuur

1. *Samenvattend rapport radio-activiteitsmetingen in verband met het nucleaire ongeval te Tsjernobyl over de periode 1-12 mei 1986*. RIVM, Bilthoven, 1986 (rapport nr. 248606001).
2. Naber, G. (1986). *Radio-aktivität und Trinkwasserversorgung aus den Bodensee*. Berichte von Bodensee Wasserversorgung, juli.
3. Reinders, L. (1986). *Na Tsjernobyl*. Natuur en milieu 1986/6, blz. 10-12.
4. Davids, J. A. G. en Weers, A. M. van (1986). *Energiespectrum (ECN)*, juni/juli, blz. 140-150.
5. Veen, C. v. d. (1986). *H₂O* (19) 1986, nr. 12, 266-267.
6. Trouwborst, T., Tijssen, J. P. F., Veen, R. v. d. en Frissel, H. (1986). *H₂O* (19) 1986, nr. 12, 260-262.
7. Hoogcarspel, B. B. (1986). *Vergelijking van de kwaliteit van het Maaswater te Heusden, het polderwater in de Bommelerwaard en het ingenomen water te Brakel (1972-1984)*. Intern rapport, Duinwaterleiding van 's-Gravenhage (in voorbereiding).
8. Davids, J. A. G. (1986). *Persoonlijk contact*. Juli 1986.
9. RIWA-werkgroep Kerncentrales. *Stuk nr. 86-10 t/m 16*.
10. Codell, R. B. (1985). *Health Physics* 49, nr. 5, 713-730.

• • •



Nederlandse Vereniging voor Afvalwaterzuivering en Waterkwaliteitsbeheer

Voorzitterswisseling bij de NVA

Tijdens de op 25 november 1986 gehouden ledenvergadering trad ir. H. A. Meijer (rechts) af als bestuurslid en voorzitter van de NVA. De ledenvergadering benoemde dr. ir. F. Dijkstra (links) tot nieuwe voorzitter van de NVA.

Voorts werd ir. J. H. Rensink herbenoemd tot bestuurslid en werden de heren ir. P. H. A. Hoogweg en ir. R. R. Kruize benoemd tot bestuurslid.



Enquête 'Watervoorziening van bedrijven 1986'

Eens per 5 jaar houdt het C.B.S. een enquête naar de watervoorziening van bedrijven.

De formulieren van de eerstvolgende enquête, die over 1986, zullen eind januari 1987 worden verzonden aan industriële ondernemingen met 20 en meer werknemers en aan de elektriciteitscentrales.

In deze enquête wordt onder meer gevraagd naar het verbruik van drinkwater, grondwater en oppervlaktewater. Tevens wordt voor elk van deze soorten water gevraagd naar de hoeveelheid die voor koeling gebruikt wordt.

Bedrijven met meer dan één vestiging zullen centraal worden benaderd met het verzoek de gegevens per vestiging te verstrekken.

De eerste enquêteresultaten zullen, na publikatie in het Statistisch bulletin van het C.B.S., eveneens worden opgenomen in dit blad.

Gedetailleerde resultaten zullen worden opgenomen in de C.B.S.-publikatie 'Watervoorziening van bedrijven 1986'.