
SUMMARY

The radioactive contamination of surface water in the European Community

On the basis of the Euratom Treaty the Commission of the European Community has a task to watch over the health protection of the population, specially of the industrial workers. The Treaty obliges the member countries to take adequate legal and administrative measures in order that the 'Euratom Standards on protection against radiation' be observed.

The Commission cooperates also in solving health problems connected with radioactivity by promoting research contracts. Research is i.a. directed at the problems of storage and disposal of radioactive waste materials. The disposal is strictly licensed, as a consequence of which the quantities of liquid radioactive materials that are really to be disposed of, are minimal. Extensive control measures are taken to secure the observance of licence conditions.

De radioactieve besmetting van oppervlaktewater in de Europese Gemeenschap ¹⁾

1. Inleiding

De snelle ontwikkeling van de toepassing van kernenergie stelt in toenemende mate het probleem van de vaste, vloeibare en gasvormige radioactieve afvalstoffen.

Naast de verontreiniging van het milieu door chemische, fysische en organische afvalstoffen van niet-nucleaire oorsprong vereist de mogelijke radioactieve besmetting om radiotoxicologische redenen bijzondere aandacht. Door een intensieve samenwerking tussen volksgezondheidsautoriteiten en beheerders van nucleaire installaties worden voor deze installaties adequate maatregelen ter bescherming van de volksgezondheid opgesteld. De Commissie van de Europese Gemeenschappen (Euratom) heeft via het Verdrag tot haar instelling niet alleen tot taak de technologische aspecten op nucleair gebied te ontwikkelen en bevorderen, maar eveneens te waken voor de gezondheidsbescherming van de bevolking en de werknemers.

Door de geografische situering van een groot aantal geprojecteerde kernenergieinstallaties in West-Europa langs de rivieren en vanwege de grote bevolkingsdichtheid moet bij het opstellen van maatregelen in verband met de lozing van radioactieve afvalstoffen in oppervlaktewater rekening worden gehouden met een vergroting van het risico van radioactieve besmetting en met het probleem van een cumulatief effect.

2. De herkomst van radioactieve afvalstoffen

De radionucliden in oppervlaktewater kunnen van verschillende herkomst zijn.

In de eerste plaats is er de natuurlijke omgevingsradioactiviteit voornamelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van kalium-40 (0,01% van het totale kalium) en door de radioisotopen van uranium, thorium en actinium en dochterproducten.

Het laatste decennium zijn de proefnemingen met kernwapens ongetwijfeld de grootste bron van radioactieve besmetting met een wereldomvattend karakter geweest. Dit geldt in het bijzonder voor de proefnemingen in de jaren 1961 en 1962. Bij de grote verscheidenheid van gevormde splijtingsproducten, dienen in het bijzonder vermeld te wor-

den de radionucliden met een lange fysische halfwaardetijd en met een relatief hoge radiotoxiciteit zoals strontium-90 en cesium-137.

De belangrijkste producenten van radioactieve afvalstoffen onder „normale” omstandigheden vindt men in de reactorbrandstofcyclus. De eerste schakel in deze kringloop vormen de mijnen en industriële bedrijven voor de winning en behandeling van uranium- en thoriumertsen en verder de bedrijven voor de bereiding van reactorbrandstoffen. Als radioactieve afvalstoffen vindt men hierbij voornamelijk de radioisotopen van uranium, thorium en actinium en hun dochterproducten. Van dit soort mijnen en installaties waren er op 1 juli 1967 in de Gemeenschap enkele tientallen werkzaam (zie tabel I).

Bij de installaties voor de opwerking van bestraalde splijtstoffen afkomstig van kernreactorinstallaties e.d. ('reprocessing plants'), kunnen zich in de afvalstoffen alle geproduceerde splijtingsproducten bevinden. De grootste hoeveelheden radioactieve afvalstoffen komen thans beschikbaar bij deze installaties, waarvan er in juli 1967 in de Gemeenschap vier in bedrijf waren en drie in aanbouw. De verwerking en opslag van deze afvalstoffen vormt bij deze bedrijven een groot industrieel, economisch maar ook sanitair probleem.

Andere producenten van radioactieve afvalstoffen zijn studiecentra van kernenergie, kernenergiecentrales en laboratoria en ziekenhuizen waar radioactieve elementen worden gebruikt.

In het algemeen komen er zelden splijtingsproducten in de omgeving vrij door de kernreactoren als zodanig. De voornaamste radioactieve afvalstoffen kunnen hierbij ontstaan door neutron geactiveerde isotopen van koelmateriaal (koelwater, onzuiverheden in het koelwater, corrosieproducten e.d.). Afhankelijk van het type reactor en de gebruikte koelmedia kunnen hierbij gevormd worden tritium en radioisotopen van natrium, cobalt, ijzer, mangaan e.a.

Met betrekking tot koelwater zij bovendien nog vermeld het probleem van de thermische pollutie van oppervlaktewater, dat zich in toenemende mate bij de bouw van kernenergiecentrales stelt.

De volksgezondheidsproblemen verbonden aan de lozing door relatief kleine gebruikers zoals ziekenhuizen, laboratoria voor onderzoekingen, industrie e.d. kunnen in het algemeen als individuele lozingen gering genoemd worden.

¹⁾ Voordracht gehouden tijdens 'Water for Tomorrow' - An International Survey, Milaan 18-19 april 1968.

TABEL 1 - Statistisch overzicht van het aantal nucleaire installaties in 1961 en 1967 in de Europese Gemeenschap* (Rapport EUR 3568 f, 1 juli 1967)

	1 juli 1961				1 juli 1967			
	S*	B*	A*	E*	S*	B*	A*	E*
I. Mijnen voor de winning van uranium en thorium ertsen	—	—	—	26	—	—	—	13
II. Bedrijven voor de concentratie van de ertsen	—	—	—	6	—	—	—	6
III. Bedrijven voor de chemische behandeling en de raffinage van de concentraten	—	—	—	4	—	—	—	4
IV. Bedrijven voor de bereiding van nucleaire brandstof onder alle vormen	1	—	—	5	—	—	—	8
V. Bedrijven voor de fabricage van brandstofelementen	1	1	1	5	1	1	1	5
VI. Bedrijven voor de produktie van uranium hexafluoride	—	—	—	1	—	—	—	2
VII. Bedrijven voor de verrijking van uranium	—	—	1	—	—	—	—	2
VIII. Bedrijven voor de opwerking van bestraalde splijtstoffen	—	1	1	1	—	—	3	4
IX. Bedrijven voor de produktie van moderatoren	—	—	—	10	—	—	—	13
X. Bedrijven voor de produktie van zirconium	—	—	—	8	—	—	—	12
XI. A. Kritische assemblages	1	1	—	10	—	—	1	17
XI. B. Onderzoek- en proefreactoren	1	3	12	19	1	1	6	56
XI. C. Energiereactoren of prototypen	4	4	7	4	8	2	10	16
XI. D. Reactoren voor scheepsvorststuwing	(9)	—	—	—	—	1	1	1
XII. Installaties voor de behandeling van radioactieve afvalstoffen	1	—	—	2	—	—	—	4
Sub-totaal	18	10	22	101	10	5	22	163
Totaal	151				200			

* E — bouw beëindigd A — in aanbouw B — tot bouw besloten S — bouwproject in studie

De vraag rijst evenwel, of zich hierbij op de duur géén cumulatief effect kan voordoen door de vele duizenden individuele gebruikers in de Gemeenschap.

Ook niet-nucleaire installaties zoals fabrieken van bepaalde kunstmeststoffen kunnen radioactieve afvalstoffen produceren en hierdoor de oorzaak zijn van een verhoogde omgevingsradioactiviteit door de lozing van soms relatief grote hoeveelheden natuurlijke radionucliden radium-226 en kalium-40.

Een ongeval met een schip met kernvoorstuwing nabij de kust of in een haven kan een besmetting van het milieu veroorzaken door splijtingsprodukten.

Aangezien de lozing van radioactieve afvalstoffen aan strenge restricties is gebonden, zal dit dus alleen dan kunnen plaatsvinden, wanneer door verdunning, ontsmetting of radioactief verval het radioactief afvalwater beantwoordt aan de in de vergunning verleende criteria.

Gezien het grote belang, dat de Commissie van de Europese Gemeenschappen hecht aan de behandeling en opslag van radioactieve afvalstoffen, heeft zij door middel van talrijke onderzoekcontracten een belangrijke bijdrage geleverd ter oplossing van de betreffende vraagstukken. Hierbij stonden zowel industriële, economische als sanitaire overwegingen voor. Deze onderzoeken betreffen o.a. nieuwe technieken of methodes voor de behandeling en de opslag van sterk radioactieve afvalstoffen, de ontsmetting van vloeibaar radioactief afval van moeilijk te zuiveren radionucliden, de ontsmetting van eventueel radioactief besmet drinkwater en talrijke andere onderwerpen.

3. De overdracht van radionucliden via het hydrobiologisch milieu

Evenals bij de lozing van niet-radioactief afval wordt de verdeling van radioactief afvalmateriaal in het oppervlaktewater bepaald door verdunnings- en concentratieverschijnselen van hydrologische, fysische, chemische en biologische aard. Deze processen omvatten verspreiding door stromingen,

diffusie, sedimentatie, sorptie door sedimenten, gesuspendeerde materialen en organismen, precipitatie, isotopen- en ionenwisselingen, ingestie van besmet voedsel door flora en fauna op verschillende trofische niveaus.

Het karakter van deze processen varieert aanzienlijk volgens de aard van het betrokken radionuclide, zijn fysisch-chemische toestand (ionen, deeltjes, complexe verbindingen), de karakteristieken van het hydrobiologische milieu en de selectiviteit van bepaalde al dan niet biologische fixerende stoffen.

Zowel een kwalitatieve als een kwantitatieve evaluatie van de invloed van al deze parameters en cycloprocessen is zeer gecompliceerd vanwege de complexiteit van het mechanisme en het aantal parameters. Deze problematiek is overigens niet karakteristiek voor de lozing van radioactieve stoffen.

De onderzoeken in situ en in vitro die in en buiten de Gemeenschap in dit verband reeds zijn uitgevoerd, zijn zeer talrijk. Zij worden gewoonlijk verricht op locale of regionale niveaus, dus voor bepaalde ecosystemen en met betrekking tot de karakteristieken van eventueel te lozen radioactief afvalmateriaal. De directe of indirecte doelstelling is gewoonlijk te bestuderen, die hoeveelheid radioactiviteit die maximaal geloofd kan worden in het betreffende hydrobiologisch milieu zonder gevaar in eerste instantie voor de mens, hetzij door de mogelijke ingestie met drinkwater of de consumptie van gecontamineerde produkten, hetzij als mogelijke externe stralingsbron.

Het is in dit bestek niet mogelijk op al deze onderzoeken in te gaan. Evenwel vermeldenswaard is het internationale onderzoek, dat in de periode 1962-1965 op instigatie van de Commissie van de Europese Gemeenschappen is uitgevoerd in het stroomgebied van de Rijn. Duitsland, Frankrijk, Luxemburg en Nederland werkten samen met de Commissie aan deze studie die verschillende doelstellingen beoogde, die samengevat neerkomen op een onderzoek omtrent de aanwezigheid en het gedrag van radionucliden in situ, in het hydrobiologisch milieu en het testen en de ontwikkeling van monsternemings- en meettechnieken.

42 monsternemingspunten waren uitgezocht, waarvan 19 in de Rijn, 11 in het stroomgebied van de Moezel en 12 op de zes voornaamste zijrivieren van de Rijn.

Gemeten werden 4.032 monsters sediment (zand, klei, organisch materiaal), 2.016 monsters gefilterd water, 3.024 monsters van in het water gesuspenderd materiaal. De metingen omvatten de totale alpha-, beta- en gamma-activiteiten en voor de sedimentmonsters tevens ^{141}Ce , ^{144}Ce , ^{108}Ru , ^{106}Ru , ^{137}Cs , $^{95}\text{Zr} + ^{95}\text{Nb}$ en ^{40}K , activiteiten die van nature aanwezig waren of afkomstig zijn van fallout en eventuele lozingen (zie tabel II).

TABEL II - Gemiddelde waarden van de resultaten voor het gehele Rijnbekken ³⁾

	alpha	beta	gamma	
Sedimenten	21,9	73,9 (*)	25,0	in pCi/g droog materiaal
Water	0,9	10,9 (**)	8,6	in pCi/l
Gesuspenderd mater.	0,25	2,5	3,3	in pCi/l

*) De gemiddelde waarde voor het gehele Rijnbekken voor ^{40}K is 10,5 pCi/g droog materiaal voor de periode oktober 1963—september 1964.

**) De gemiddelde waarde voor het gehele Rijnbekken voor ^{40}K is 5,5 pCi/l voor de periode oktober 1963—september 1964.

De voornaamste conclusies van meer algemene aard zijn:

- de ontwikkeling van de radioactiviteit in tijd en ruimte is minder dan men verwacht had voor een dergelijke lange rivier en met zeer gevarieerde karakteristieken. De radioactiviteit blijft in verhouding vrij homogeen verdeeld.
- de metingen hebben het niet mogelijk gemaakt om aan te tonen industriële afval van radionucliden, niettegenstaande de talrijke monsternemingen en metingen.
- de sedimenten zijn nuttige indicatoren voor de aanwezigheid van radioactiviteit.

In het algemeen kan gesteld worden dat in sanitair opzicht de overdracht van de besmetting via ingestie door de mens bijzondere aandacht vereist en ook verkrijgt. Dit betreft vooral die processen die de radioactieve besmetting van de laatste schakel in de overdrachtsweg beïnvloeden en vervolgens deze schakels of media zelf, die verantwoordelijk zijn voor de overdracht naar de bevolking.

De beoordeling van het risico van elk van deze wegen van overdracht maakt het mogelijk kritische wegen te bepalen die voor een bijzondere groep van de bevolking (de zogenaamde kritische groep) een belangrijk gevaar voor bestraling door een bepaald kritisch radionuclide opleveren ²⁾.

Op het niveau van de Europese Gemeenschap wordt in dit verband het begrip „radiologische grenscapaciteit” van een waterwegennet toegepast. Dit begrip werd gedefinieerd als de maximale in een waterwegennet toelaatbare hoeveelheid

²⁾ De uitdrukking „kritisch” is ontleend aan publicatie 7 van Comité 4 van ICRP. Ze is hier gebruikt om te kwalificeren bepaalde groepen van de bevolking, bepaalde overdrachtswegen en radionucliden, zodat het mogelijk is op sanitair gebied beslissingen te nemen. Deze term „kritisch” omvat op zich zelf géén enkel begrip van gevaar.

³⁾ Etude systématique de la radioactivité d'un bassin fluvial organisée sur un plan international; Dr. P. RECHT, M. COLLET, IRPA Congress, Rome, 1966.

radioactiviteit zonder dat het hieruit voor de mens voortvloeiende bestralingsniveau hoger ligt dan de toelaatbare stralingsdosis. Voor een bepaald net van waterwegen impliceert de studie van de radiologische grenscapaciteit alle lozingen, dus een cumulatie van de risico's en dus van alle wegen waarlangs de radioactiviteit op de mens kan worden overgebracht.

De belangrijkste wegen zijn:

- het gebruik van water als drinkwater
- de consumptie van vis, schaal- en weekdieren
- de consumptie van voedingsmiddelen die zijn besmet als gevolg van:
 - de bevloeiing van de teeltgronden met radioactief besmet water
 - de teelt op besmette sedimenten afkomstig van uitbaggeren of overstromingen
- de consumptie van voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong (melk, vlees . . .), afkomstig van vee of gevogelte dat besmet water of voeder (gras, vismeel . . .), heeft gebruikt.

4. Wettelijke en bestuursrechtelijke maatregelen

De nationale wetgevingen betreffende de bescherming van de volksgezondheid tegen de somatische en genetische gevaren van ioniserende stralen zijn gebaseerd op normen betreffende de toelaatbare stralingsdoses. Deze zijn afgeleid van aanbevelingen of normen opgesteld door internationale organisaties als de International Commission on Radiological Protection (ICRP), Euratom en andere. Hoofdstuk III van het Verdrag van Rome tot oprichting van de Europese Gemeenschap voor Atoomenergie betreft de maatregelen ter bescherming van de gezondheid.

Volgens artikel 33 is elk land van de Gemeenschap verplicht passende wettelijke en bestuursrechtelijke bepalingen op te stellen om deze basisnormen te doen naleven. In de zes lidstaten van de Gemeenschap zijn deze normen geharmoniseerd evenals de uit deze basisnormen afgeleide maximaal toelaatbare concentraties (MTC) voor radionucliden in drinkwater en lucht. (zie tabel III).

TABEL III - Voor enkele belangrijke radionucliden de maximaal toelaatbare concentratie (MTC) in drinkwater voor de bevolking buiten de gecontroleerde zones ⁴⁾

Radionuclide	MTC $\mu\text{Ci/ml}$
Sr-89	1×10^{-5}
Sr-90	4×10^{-7}
Cs-137	2×10^{-5}
Zr-95	6×10^{-5}
Ce-144	10^{-5}
Ba-140	3×10^{-5}
Ru-103	8×10^{-5}
Ru-106	10^{-5}
2n-65	10^{-4}

Bij de vaststelling van de MTC voor drinkwater is men uitgegaan van de maximaal toelaatbare stralingsdosis, veronderstellend een dagelijks gebruik van 2,2 l water (via dranken en voedingsmiddelen) en veronderstellend een voortdurende besmetting van het water. Uitgaande van deze MTC's wordt in het algemeen de door nucleaire installaties maximaal toelaatbare hoeveelheid te lozen radioactiviteit vastgesteld.

⁴⁾ „Normen inzake Stralingsbescherming”; EURATOM.

Volgens artikel 35 richt elke Lid-Staat de nodige installaties op, om een voortdurende controle uit te oefenen op de radioactiviteit van de lucht, het water en de bodem, evenals om controle uit te oefenen op de in acht-neming van de basis-normen. Deze controle dient in algemene zin te worden gezien en betreft dus zowel nucleaire installaties e.d. als het toezicht op fallout.

Overeenkomstig artikel 36 worden de informatie betreffende deze controle door de bevoegde autoriteiten regelmatig aan de Commissie medegedeeld, die dan ook jaarlijks duizenden meetresultaten ontvangt betreffende de radioactieve besmetting van lucht, water, bodem en voedingsmiddelen. Deze gegevens werden door de Commissie uitgewerkt en gepubliceerd in jaarrapporten.

Overeenkomstig artikel 37 van het Verdrag zijn de Lidstaten gebonden aan de Commissie algemene gegevens te verstrekken voor de lozing van radioactieve afvalstoffen in welke vorm ook om te kunnen vaststellen of de uitvoering van dat plan de radioactieve besmetting van het water, bodem of luchtruim van een andere Lidstaat ten gevolge zou kunnen hebben. Dit betreft mogelijke besmetting zowel onder normale bedrijfsomstandigheden als vanwege mogelijke ongevallen.

Sedert het in werking treden van het Verdrag in 1958 is in het kader van dit artikel voor een dertigtal nucleaire installaties door de Commissie advies uitgebracht. In verschillende gevallen werden hierbij aanbevelingen gedaan ter verbetering van de veiligheid der installaties. Deze adviezen kwamen tot stand in overleg met een groep deskundigen uit de ledenlanden.

Zoals reeds werd opgemerkt worden de lozingsformules en dus de toelaatbare radioactiviteitsconcentraties in oppervlaktewater in het algemeen afgeleid van de MTC voor drinkwater. Dit zal in vele gevallen wel een goede benadering zijn; in andere gevallen kan het een te restrictief karakter hebben of is het drinkwater niet de meest kritische overdrachtsweg, zoals in het vorige hoofdstuk bleek. Deze opvatting heeft recentelijk geleid tot aanbevelingen van de Commissie 4 van ICRP om vanwege de radioactiviteitslozingen een diepgaande analytische studie te maken van alle mogelijke overdrachtswegen van de radionucliden naar de mens. Door het bepalen van de meest kritische wegen, dient men vervolgens te komen tot een herbezinning van de maximaal toelaatbare concentraties in het oppervlaktewater en eventueel tot een herziening van de lozingsformules.

Volgens een onderzoek verricht door Euratom naar aanleiding van deze aanbevelingen voor een nucleaire installatie in de Gemeenschap blijkt, dat de thans ter plaatse toegelaten lozingen voor de verschillende kritische wegen onder aanneming van de meest pessimistische waarden voor de diverse parameters een fractie in de orde van grootte van 10^{-4} tot 10^{-8} van de maximaal toelaatbare dosis liggen. De meest kritische bevolkingsgroep wordt gevormd door vissers en de kritische weg door de consumptie van zoetwatervis; de consumptie was geschat op 100 gram per dag.

5. Het toezicht op radioactieve besmetting

De monsternemingen en radioactiviteitsmetingen van het water — afgestemd op de behoefte voor een adequaat toezicht — worden gewoonlijk uitgevoerd zowel vanwege de volksgezondheidsautoriteiten als vanwege de beheerders van nucleaire installaties. Naast zuiver sanitaire doeleinden spelen bij de opstelling van deze controleprogramma's psychologische, politieke en sociologische motieven een belangrijke rol.

Dit toezicht kan betreffen fallout, nucleaire installaties en bij grensoverschrijdende rivieren een controle op de radioactiviteitsconcentraties, die het land uitgaan of binnenkomen.

Zowel oppervlaktewater in het algemeen, als drinkwater af-

komstig van grondwater, oppervlaktewater en regenwater, en verder irrigatiewater zijn gewoonlijk aan een regelmatig toezicht onderworpen. Daarnaast zij vermeld onderzoeken van sedimentmonsters, gesuspendeerd materiaal en hydrologische flora en fauna.

De radioactiviteitsmetingen van het oppervlaktewater beperken zich gewoonlijk tot globale metingen van de totale beta of beta-restactiviteit⁵⁾, in mindere mate tot de totale alpha- en gamma-activiteit. In specifieke gevallen wordt de controle uitgebreid tot bepaalde radionucliden, zoals rond nucleaire centra e.d. of bij het toezicht op drinkwater afkomstig van regenwater (putwater). De aard van de te meten nucliden rond de nucleaire centra e.d. hangt samen met de samenstelling van de te lozen radioactieve afvalstoffen.

De metingen van totale alpha, beta en gamma-activiteit hebben overigens alleen betekenis voor het vaststellen van eventuele sterke fluctuaties in de concentraties. In biologisch opzicht d.w.z. voor een eventuele evaluatie van risico's voor de bevolking heeft een dergelijke globale meting slechts een zeer beperkte betekenis vanwege het ontbreken van informatie omtrent de aanwezigheid van bepaalde nucliden met een mogelijke hoge radiotoxiciteit.

Voor de beoordeling van mogelijke risico's voor de bevolking is het noodzakelijk de gemiddelde stralenbelasting door de eventuele opnemings of externe stralingsbelasting over langere periodes te schatten. Dat de te nemen monsters zo representatief mogelijk moeten zijn, is vanzelfsprekend. De problematiek hieraan verbonden is evenwel een studie op zich; dit is overigens niet typisch voor de monsterneming op radiologisch gebied.

De duizenden informatie welke de Commissie jaarlijks ontvangt omtrent het toezicht op de radioactieve besmetting van water afkomstig van nationale, federale, regionale of lokale instanties zoals bijv. de instanties verantwoordelijk voor de drinkwatervoorziening, demonstreren de grote waarde, die aan dit toezicht wordt gehecht. De meetresultaten zijn deels afkomstig van vaste monsternemingspunten met frequente of continue waarnemingen, deels van steekproeven. Zij hebben betrekking op het oplosbare gedeelte, op het gehele verzamelde monster, dus inclusief de gesuspendeerde deeltjes, of op het filtraat residu.

Uit deze gegevens blijkt een sterke stijging van de radioactieve besmetting in de jaren 1962, 1963 en 1964 ten gevolge van de proefexplosies met kernwapens in 1961 en 1962. Voor de radionucliden strontium-90 en cesium-137 was de maximaal waargenomen concentratie evenwel niet meer dan 10^{-2} tot 10^{-4} van de maximale toelaatbare concentraties. In tegenstelling hiermede was de ingestie van deze nucliden met voedingsmiddelen waaronder vooral melk dient te worden vermeld, aanmerkelijk hoger. Na 1964 constateert men weer een sterke daling, zodat de besmetting van het oppervlaktewater thans lager ligt dan 1 pCi/l voor strontium-90 en 0,5 pCi/l voor cesium-137⁶⁾ (zie ook figuur 1).

Bij de evaluatie van deze meetresultaten is eveneens gebleken dat voor de jaren 1962-1965 de bijdrage aan de bevolking van de Europese Gemeenschap als gevolg van het gebruik van drinkwater besmet door strontium-90 zeer gering is geweest namelijk volgens schatting minder dan 5% van het totaal. Hierbij dient vermeld, dat eveneens volgens schatting circa 80% van het drinkwater afkomstig is uit grondwater. Deze bijdrage kan plaatselijk hoger zijn, als het drinkwater afkomstig is van regenwater of oppervlaktewater.

⁵⁾ Dit is dat gedeelte van de totale beta-activiteit, dat overblijft na aftrek van het aandeel van het natuurlijk radionuclide kalium-40. Gezien de invloed van dit kalium-40 op de totale radioactiviteit verdient het aanbeveling de beta-restactiviteit op te geven.

⁶⁾ 1 picocurie = 10^{-12} curie = hoeveelheid van een radioactief element, die overeenkomt met 2,2 desintegraties per minuut

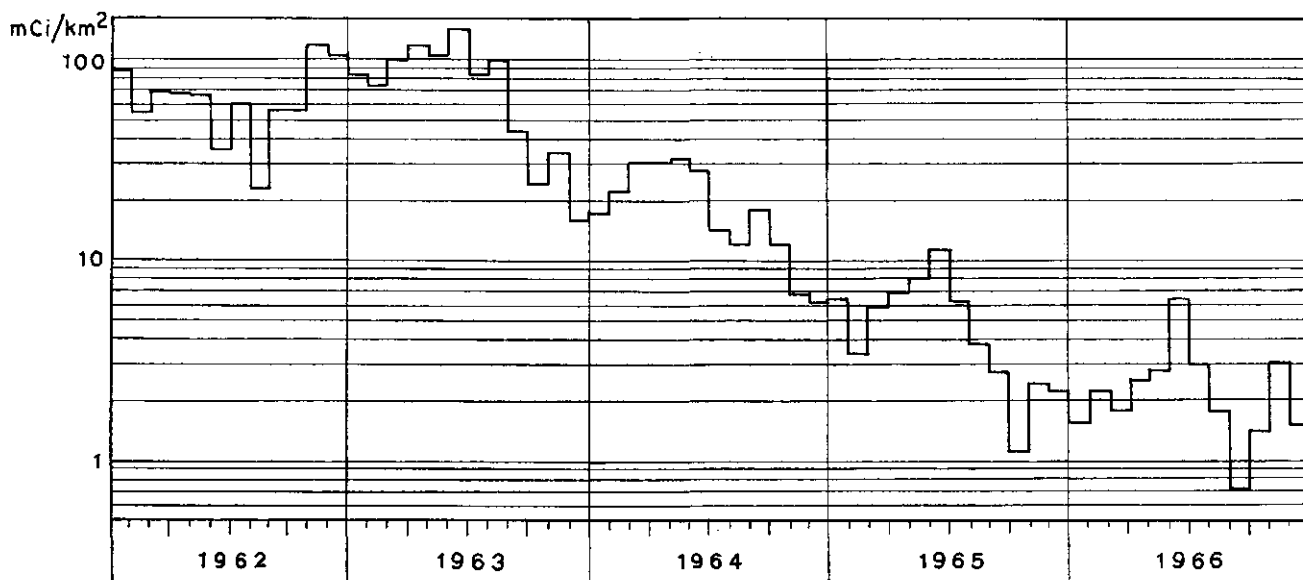


Fig. 1 - Evolutie van de radioactieve neerslag (totale beta-activiteit) in de Europese Gemeenschap.

Immers de conventionele zuiveringsmethodes voor de drinkwaterbereiding zijn slechts ten dele doeltreffend voor de radioactieve ontsmetting. Dit hangt uiteraard samen met de aanwezige radionucliden en de bezigde technieken.

Doordat de consumptie van zoetwatervisproducten in het algemeen vrij gering is in de landen van de Europese Gemeenschap, is de ingestie langs deze weg zeer beperkt, alhoewel de radioactieve besmetting van zoetwatervis in vergelijking met marine producten aanmerkelijk hoger is. Immers eerstgenoemde leven in een milieu dat aanmerkelijk minder rijk aan zouten is.

Een nuttig element bij de uitvoering van de controle b.v. rond nucleaire installaties, is het gebruik van biologische indicatoren, welke worden gekozen op grond van een relatief sterke en snelle concentratie van radionucliden in hun organismen. Vereisten zijn ongetwijfeld, dat deze biologische indicatoren in overvloed in het te controleren water aanwezig zijn en dat de monsters gemakkelijk te nemen zijn.

6. Toekomstige ontwikkeling

In tabel I is een overzicht gegeven van de ontwikkeling van het aantal nucleaire installaties binnen de Gemeenschap in de jaren 1961 tot 1967. Hieruit blijkt in totaal een sterke toename van meer dan 50% t.o.v. 1961 vanwege een belangrijke toename van het aantal onderzoeksreactoren (zie XIB) en kernenergiecentrales (zie XIC).

Vooral de sterke ontwikkeling in de constructie van kernenergiecentrales zal in de komende jaren de nodige problemen met betrekking tot de radioactieve afvalstoffen scheppen.

Op 31 oktober 1967 was het totaal netto nucleair elektrisch vermogen van deze bedrijven in exploitatie in de Gemeenschap 2106 MWe, in aanbouw 2205 MWe en in ontwerp 4670 MWe; in totaal in gebruik, in aanbouw of gepland ongeveer 9000 MWe.

Voor de gehele wereld bedroeg het totale vermogen van de in bedrijf, in aanbouw of geplande kernenergiecentrales 45.000 MWe. Hieruit blijkt dat de kernenergie momenteel zowel binnen als buiten de Gemeenschap een snelle ontwikkeling doormaakt.

Voor 1975 wordt het geïnstalleerde vermogen in de Gemeenschap geraamd op 17.000 MWe met een productie van $8,5 \times 10^9$ Ci/jaar aan splijtingsproducten; voor 1980 worden deze cijfers geraamd op 60.000 MWe en 3×10^{10} Ci/jaar.

Alhoewel de kernenergiecentrales als zodanig géén of zeer weinig vloeibaar of gasvormig radioactief afval produceren, dat direct in de omgeving geloosd wordt — immers aan deze 'clean' methode van energieproductie danken zij hun populariteit — is de productie van splijtingsproducten zeer groot. Deze belangrijke toename van het geïnstalleerd vermogen heeft tot gevolg dat de hoeveelheid radioactief afval die door de 'reprocessing plants' moet worden verwerkt en eventueel worden opgeslagen, omvangrijk zal worden.

Terwijl de opslag thans in de West-Europese landen in het algemeen van uit een oogpunt van veiligheid en bescherming van de gezondheid der bevolking bevredigend is, maar op economisch gebied reeds grote problemen vormt, zullen naarmate in de naaste toekomst de opgeslagen hoeveelheden toenemen, deze problemen nog groter worden, als hiervoor niet binnen enkele jaren een goede oplossing wordt gevonden.

Bovendien zal zich het probleem van de thermische pollutie door het koelwater bij de kernenergiecentrales in toenemende mate stellen, zoals dit zich overigens eveneens in toenemende mate bij de conventionele industrieën stelt.

7. Samenvatting

De snelle ontwikkeling van de toepassing van kernenergie en in het bijzonder door de bouw van kernenergiecentrales stelt in toenemende mate het probleem van de radioactieve afvalstoffen. Door tal van wettelijke en technische maatregelen wordt de vrijwillige radioactieve besmetting van het hydrobiologische milieu thans ter bescherming van de volksgezondheid in de Europese Gemeenschap tot een minimum beperkt. De grote bevolkingsdichtheid in West-Europa met een groeiende vraag naar zoetwater aan de ene kant en aan de andere kant de sterke ontwikkeling op nucleair gebied vereisen een bijzondere inspanning om voor de problemen die zich stellen een bevredigende oplossing te vinden, zowel op economisch als op sanitair gebied. De activiteiten door Euratom op dit gebied gevoerd onderstrepen het belang van een internationale samenwerking dienaangaande. Haar activiteiten van de laatste tien jaar demonstreren dit alleszins. In het algemeen kan worden opgemerkt, dat de ontwikkeling van de sanitaire aspecten zowel in technologisch als bestuursrechtelijk opzicht minstens gelijke tred hebben gehouden met de uitermate snelle technologisch-nucleaire ontwikkeling, zodat de toekomst met een groot vertrouwen kan worden tegemoet gezien.