

RIVM--

Rapport nr. 249102006

Onderzoek naar de radioactiviteit van
oppervlaktewater. Resultaten over 1990.

J.F. van Sonderen, R.M.S. Drost, M.H. Graber,
A. Ockhuizen, A.C. Koolwijk.

augustus 1991



P.O. Box 1, 3720 BA Bilthoven, The Netherlands

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE
BILTHOVEN

Rapport nr. 249102006

Onderzoek naar de radioactiviteit van
oppervlaktewater. Resultaten over 1990.

J.F. van Sonderen, R.M.S. Drost, M.H. Graber,
A. Ockhuizen, A.C. Koolwijk.

augustus 1991

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht en ten laste van de Hoofdinspectie voor de Milieuhygiëne, en is beschreven in project nummer 249102, was voorheen 249003.

VERZENDLIJST

- 1 - 15 Hoofdinspectie van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne
- 16 Directeur-Generaal Milieubeheer
- 17 plv. Directeur-Generaal Milieubeheer
- 18 Directeur-Generaal Volksgezondheid
- 19 Depot van Nederlandse publikaties en Nederlandse bibliografie,
- 20 Directie RIVM
- 21 Hoofd Voorlichting & Public Relations
- 22 Directeur Sector Milieuonderzoek
- 23 Hoofd Laboratorium voor Stralingsonderzoek
- 24 Hoofd van de afdeling Monitoring & Meetmethoden
- 25 Laboratorium voor Stralingsonderzoek
- 26 Informatie- en Documentatiecentrum Laboratorium voor Stralingsonderzoek
- 27 Technisch secretaris radioactieve stoffen CCRX
- 28 - 32 Auteurs
- 33 - 34 Bibliotheek RIVM
- 35 Bureau Projecten- en Rapportenregistratie
- 36 Reserve-exemplaar

INHOUDSOPGAVE

blz

VERZENDLIJST	ii
INHOUDSOPGAVE	iii
ABSTRACT	iv
SAMENVATTING	v
1 INLEIDING	1
2 MATERIALEN EN METHODEN	2
2.1 Meetprogramma	2
2.2 Monsterbehandeling	4
2.2.1 Ongefilterd water	4
2.2.2 Slib en centrifugewater	4
2.2.3 Zeewater	5
2.3 Analysemethoden	5
2.3.1 Ongefilterd water	5
2.3.2 Slib en centrifugewater	6
2.3.3 Zeewater	7
3 RESULTATEN	8
3.1 Ongefilterd water	8
3.2 Slib en centrifugewater	9
3.3 Zeewater	10
4 REFERENTIES	11
Tabellen	12
Figuren	20

ABSTRACT

This report of the National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM) contains the results of measurements of radioactivity in the rivers Meuse, Rhine, Roer, in the Westerscheldt, in the Channel of Sas van Gent to Terneuzen, and at some specific locations in the North Sea along the Dutch coast. The results concern samples taken in 1990.

The ^{90}Sr -content of quarterly mixed samples from the Meuse, Rhine and Roer varies between 2.4 Bq/m^3 and 6.9 Bq/m^3 . In the Westerscheldt higher contents are found (between 9 Bq/m^3 and 22 Bq/m^3). The ^{90}Sr -content of seawater varies between 7 Bq/m^3 and 12 Bq/m^3 . Compared to 1989 the ^{90}Sr -contents of surface water have not changed. ^{89}Sr was not found in any of the samples.

The ^{226}Ra -contents measured in 1990 are equal to those measured in 1989. As in previous years, the ^{226}Ra -contents found in samples of the Roer (between 11 Bq/m^3 and 14 Bq/m^3) are higher than the ones measured in samples of the Meuse and of the Rhine (between 2.0 Bq/m^3 and 6.1 Bq/m^3). This can be attributed to liquid discharges of coalmines in Germany. The ^{226}Ra -content of the Westerscheldt varies between 6 Bq/m^3 and 38 Bq/m^3 . These high values can be attributed to discharges by plants processing phosphate rock.

The ^{210}Po - and ^{210}Pb -contents of the Meuse, Rhine and Roer are almost the same, and have changed little compared to previous years. The ^{210}Po - and ^{210}Pb -contents of the Westerscheldt are considerably higher than the contents of the rivers mentioned above: the yearly average of the ^{210}Po -content is 26.3 Bq/m^3 and of the ^{210}Pb -content 24.2 Bq/m^3 . These high contents originate from discharges by plants processing phosphate rock. The ^{210}Po - and ^{210}Pb -contents of the Westerscheldt have increased during the last four years. Samples of suspended matter from the Meuse, Rhine, Roer, Westerscheldt and the Channel of Sas van Gent to Terneuzen were examined by means of gamma-spectrometry. Natural as well as artificial radionuclides are found in these samples.

The ^3H -contents measured in the North Sea (between 1100 Bq/m^3 and 3500 Bq/m^3) are generally the same as in 1989. A slight increase is found in the contents measured at the two locations closest to the Dutch coast.

The ^{137}Cs -content of the North Sea is not significantly different from the ^{137}Cs -content in 1989. However, averaged over all locations the content of the samples shows a slightly decreasing trend over the last three years. The ^{137}Cs -contents measured vary between less than the detection limit (2 Bq/m^3) and 25 Bq/m^3 .

SAMENVATTING

In dit rapport zijn de resultaten beschreven van onderzoek naar radioactiviteit van oppervlaktewater uit de Maas, Rijn, Roer, Westerschelde, het Kanaal van Sas van Gent naar Terneuzen, en uit de Noordzee op enkele punten langs de Nederlandse kust. Het betreft hier bemonsteringen van oppervlaktewater in 1990.

De ^{90}Sr -gehalten in kwartaalmengmonsters uit de Maas, de Rijn en de Roer variëren van $2,4 \text{ Bq/m}^3$ tot $6,9 \text{ Bq/m}^3$. In de Westerschelde worden hogere gehalten gevonden (tussen 9 Bq/m^3 en 22 Bq/m^3). De concentraties van jaarmengmonsters Noordzeewater liggen tussen 7 Bq/m^3 en 12 Bq/m^3 . In vergelijking met 1989 zijn de ^{90}Sr -gehalten in oppervlaktewater niet veranderd. ^{89}Sr kon in geen enkel monster worden aangetoond.

De in 1990 gemeten ^{226}Ra -gehalten zijn gelijk aan die van 1989. Evenals in voorgaande jaren zijn de concentraties in de Roer (tussen 11 Bq/m^3 en 14 Bq/m^3) hoger dan die in de Maas en in de Rijn (tussen $2,0 \text{ Bq/m}^3$ en $6,1 \text{ Bq/m}^3$). Dit kan worden toegeschreven aan lozingen door kolenmijnen in Duitsland. ^{226}Ra -gehalten in de Westerschelde variëren tussen 6 Bq/m^3 en 38 Bq/m^3 . Deze hoge concentraties in de Westerschelde worden veroorzaakt door lozingen van fosfaaterts verwerkende bedrijven.

De ^{210}Po - en ^{210}Pb -gehalten in de Maas, Rijn en Roer verschillen niet van elkaar en zijn weinig veranderd ten opzichte van de afgelopen jaren. De ^{210}Po - en ^{210}Pb -gehalten in de Westerschelde zijn aanzienlijk hoger dan in bovengenoemde rivieren. Het jaargemiddelde voor ^{210}Po is $26,3 \text{ Bq/m}^3$ en voor ^{210}Pb is dit $24,2 \text{ Bq/m}^3$. Deze hoge gehalten kunnen worden toegeschreven aan lozingen van fosfaaterts verwerkende bedrijven. De ^{210}Po - en ^{210}Pb -gehalten zijn de afgelopen jaren steeds toegenomen.

Slibmonsters afkomstig uit de Maas, Rijn, Roer, Westerschelde en het Kanaal van Sas van Gent naar Terneuzen zijn gamma-spectrometrisch onderzocht. Hiermee werd de aanwezigheid van zowel natuurlijke als kunstmatige radionucliden in de monsters aangetoond.

Het ^3H -gehalte van Noordzeewater (tussen 1100 en 3500 Bq/m^3) is in het algemeen gelijk aan dat van 1989. Wel is een lichte toename zichtbaar bij de twee monsterpunten die het dichtst bij de Nederlandse kust liggen.

Het ^{137}Cs -gehalte van het Noordzeewater is niet significant verschillend van het gehalte in 1989. Wel is er gemiddeld over de verschillende meetpunten de afgelopen drie jaar een lichte daling van het ^{137}Cs -gehalte waarneembaar. Het ^{137}Cs -gehalte varieert van lager dan de detectielimiet ($\approx 2 \text{ Bq/m}^3$) tot 25 Bq/m^3 .

1 INLEIDING

Oppervlaktewater bevat van nature radioactieve nucliden als ^{40}K en dochters uit de uranium- en thorium-reeksen. Deze zijn door uitloging uit de bodem in het water gekomen. Daarnaast kunnen nog op andere wijze radioactieve stoffen in het water terecht komen. Gedacht kan worden aan de fall-out van kernwapenproeven in de atmosfeer, de gevolgen van nucleaire incidenten als Tsjernobyl, lozingen door nucleaire installaties en lozingen door ertsverwerkende bedrijven.

In opdracht van de Hoofdinspectie voor de Milieuhygiëne bepaalt het RIVM regelmatig de gemiddelde concentraties van een aantal radionucliden in het water van de belangrijkste grensoverschrijdende rivieren en van de Noordzee, om daarvan de niveaus vast te stellen en de trend te volgen.

Het meetprogramma loopt parallel met een onderzoek naar de totale α - en totale β -activiteit en de tritium-concentraties, dat wordt uitgevoerd door het RIZA. Samen maken ze deel uit van het Nationaal Meetprogramma van de CCRX.

RIZA, DGW en de directie Noordzee verzorgen de monsterneming voor het hier gerapporteerde onderzoek. Het bemonsteringsprogramma voor 1990 is vastgelegd in nota nr. 89.079 van DBW/RIZA.

Het programma voor het onderzoek aan oppervlaktewater in 1990 is vastgelegd in het MAP 1990-1994 milieuonderzoek. Naast de in dit programma beschreven analyses zijn de Maas-, Rijn- en Roermonsters ongefilterd water ook radiochemisch onderzocht op ^{89}Sr .

Conform afspraken tijdens het Belgisch-Nederlandse overleg in de gemengde werkgroepen kwaliteitsobjectieven van de "Technische Maascommissie" en de "Scheldewatercommissie", wordt een onderzoek uitgevoerd naar de hoeveelheid ^{210}Po en ^{210}Pb in het kanaal van Sas van Gent naar Terneuzen, bemonsterd bij de grens. Het onderzoek sluit goed aan bij dat van de CCRX en de meetresultaten zijn daarom eveneens in dit rapport opgenomen. Dit onderzoek naar ^{210}Po en ^{210}Pb bij Sas van Gent is per 1-1-1991 beëindigd.

2 MATERIALEN EN METHODEN

2.1 Mee-programma

De Rijn en de Maas zijn belangrijk voor de drinkwatervoorziening in Nederland. Op beide rivieren vinden in het buitenland diverse lozingen plaats. Op de Rijn in dit verband door nucleaire installaties en kolenmijnen, en op de Maas door nucleaire installaties en kunstmestfabrieken.

De Roer wordt onderzocht, omdat daarop wordt geloofd door het nucleair onderzoekscentrum te Jülich en kolenindustrie in Duitsland.

De Westerschelde (WS) wordt gecontroleerd in verband met lozingen door de centrales te Doel en door het nucleair onderzoekscentrum te Mol. Van meer belang voor de stralingsbelasting zijn hier de fosfaaterts verwerkende bedrijven, die met het afvalgips vrij grote hoeveelheden natuurlijke radionucliden lozen, in het bijzonder ^{226}Ra , ^{210}Po en ^{210}Pb .

^{90}Sr heeft een hoge, ^{226}Ra , ^{210}Po en ^{210}Pb een zeer hoge radiotoxiciteit. De eerste twee worden al gedurende een lange reeks van jaren regelmatig gemeten. De belangstelling voor de laatste twee nucliden is van meer recente datum. Uit berekeningen naar de bijdrage van lozingen van afvalgips tot de stralingsbelasting van de mens is geconcludeerd dat ^{210}Po de belangrijkste bijdrage levert (Koster en van Weers, 1985).

Om meer inzicht te krijgen in de verhouding waarin de nucliden ^{210}Po en ^{210}Pb zich enerzijds in het water en anderzijds in het zwevend slib bevinden, worden de monsters gecentrifugeerd.

De radioactiviteit van de Noordzee wordt in belangrijke mate beïnvloed door lozingen van splijtstofopwerkingsbedrijven te Sellafield (UK) en Cap la Hague (Fr). Water uit Het Kanaal stroomt in hoofdzaak langs de Franse, Belgische en Nederlandse kust in noordelijke richting. Water uit de Ierse Zee dringt voor een deel de Noordzee binnen, beweegt zich daar tegen de wijzers van de klok in en verlaat uiteindelijk eveneens in noordelijke richting de Noordzee. Tussen beide stromingen vindt gedeeltelijke menging plaats. Om die reden zijn meerdere (vier) monsterpunten gekozen, die op verschillende afstand uit de kust zijn gelegen. Het onderzoek van het Noordzeewater is gericht op de nucliden met lange halveringstijden als ^3H , ^{90}Sr , ^{134}Cs en ^{137}Cs .

Ongefilterd water

Aan de hand van twee- of vierwekelijkse steekmonsters worden voor zes meetlocaties door het RIVM kwartaalmengmonsters gemaakt. Deze worden radiochemisch onderzocht op ^{226}Ra en ^{90}Sr . Bovendien worden vier kwartaalmengmonsters (grensoverschrijdende rivieren) gammaspectrometrisch onderzocht.

meetlocatie	bemonsterings- periode (weken)	meetfrequentie (#/jaar)	analyse op
Eysden (Maas)	2	4	^{226}Ra , ^{90}Sr , ^{89}Sr , γ -spect.
Lobith (Rijn)	2	4	^{226}Ra , ^{90}Sr , ^{89}Sr , γ -spect.
Vlodrop (Roer)	2	4	^{226}Ra , ^{90}Sr , ^{89}Sr , γ -spect.
Schaar vOD (WS)	2	4	^{226}Ra , ^{90}Sr , γ -spect.
Hansweert (WS)	4	4	^{226}Ra , ^{90}Sr
Vlissingen (WS)	4	4	^{226}Ra , ^{90}Sr

Slib en centrifugewater

Aan de hand van vierwekelijkse steekmonsters slib en centrifugewater worden voor vijf meetlocaties door het RIVM ^{210}Po - en ^{210}Pb -analyses uitgevoerd. Bovendien wordt het slib gammaspectrometrisch onderzocht.

meetlocatie	bemonsterings- periode (weken)	meetfrequentie (#/jaar)	analyse op
Eysden (Maas)	4	13	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$, γ -spec.
Lobith (Rijn)	4	13	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$, γ -spec.
Vlodrop (Roer)	4	13	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$, γ -spec.
Schaar vOD (WS)	4	13	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$, γ -spec.
Sas van Gent	4	13	$^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$, γ -spec.

Zeewater

Het RIVM voert ^3H - en radiochemische ^{90}Sr -analyses uit op voor vier locaties samengestelde jaarmengmonsters Noordzeewater. Elk kwartaalsteekmonster wordt afzonderlijk radiochemisch onderzocht op $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$.

meetlocatie	bemonst.- freq. (weken)	meetfreq. (#/jaar)	analyse op	meetfreq. (#/jaar)	analyse op
Terschelling(Ts100)	4	4	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$	1	$^{90}\text{Sr}, ^3\text{H}$
Noordwijk (N10)	4	4	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$	1	$^{90}\text{Sr}, ^3\text{H}$
Noordwijk(N70)	4	4	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$	1	$^{90}\text{Sr}, ^3\text{H}$
Walcheren (W20)	4	4	$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$	1	$^{90}\text{Sr}, ^3\text{H}$

In vergelijking met het meetprogramma van 1989 zijn er twee veranderingen doorgevoerd. Ten eerste zijn er vierwekelijkse monsters slib en centrifugewater geanalyseerd, in plaats van kwartaalmonsters (zoals in 1989). Ten tweede zijn de slibmonsters uit 1990 ook γ -spectrometrisch onderzocht.

De beoogde monsterfrequentie is niet altijd gehaald. Dit geldt met name voor het Kanaal van Sas van Gent naar Terneuzen.

2.2 Monsterbehandeling

2.2.1 Ongefilterd water

Ten behoeve van het onderzoek naar activiteitsconcentraties in oppervlaktewater worden steekmonsters genomen. De bemonsteringsfrequentie bedroeg in 1990 éénmaal in de twee weken voor de monsterpunten Eysden (Maas), Lobith (Rijn), Vlodrop (Roer), Schaar van Ouden Doel (Westerschelde bij de grens) en éénmaal in de vier weken voor Hansweert en Vlissingen. Deze bemonsteringspunten zijn aangegeven in figuur 1.

Voor elk monsterpunt worden de steekmonsters in gelijke volumedelen gemengd tot maandmengmonsters. Voor elk monsterpunt worden vervolgens drie opeenvolgende maandmengmonsters in gelijke volumedelen gemengd tot kwartaalmengmonsters.

2.2.2 Slib en centrifugewater

Ten behoeve van het onderzoek naar ^{210}Po en ^{210}Pb wordt per maand een steekmonster genomen en ter plaatse gecentrifugeerd. Het gecentrifugeerde volume wordt bepaald als produkt van debiet en tijd. Het afgecentrifugeerde slib wordt ter plaatse of in het laboratorium (RIZA) gewogen, zodat het nat-slibgehalte kan worden vastgesteld.

Het ontvangen slibmonster wordt bij het RIVM gewogen, bij circa 100 °C gedroogd en de droogrest bepaald. Met de zo verkregen gegevens wordt uit het nat-slibgehalte het droog-slibgehalte berekend.

Zowel van het water als van het gedroogde slib worden de ^{210}Po - en ^{210}Pb -gehalten bepaald. Daaruit worden met behulp van de droog-slibgehalten de ^{210}Po - en ^{210}Pb -gehalten in de oorspronkelijke steekmonsters berekend.

2.2.3 Zeewater

De monsterneming van Noordzeewater wordt circa vier keer per jaar uitgevoerd op vier punten langs de Nederlandse kust. Het zijn van noord naar zuid de punten Terschelling op 100 km uit de kust (code Tsl00), Noordwijk op 10 km en op 70 km uit de kust (code N10 resp. N70) en Walcheren op 20 km uit de kust (code W20). De posities van de punten zijn aangegeven in figuur 1 en de coördinaten zijn opgenomen in tabel 7.

Alle monsters zijn onderzocht op ^{134}Cs en ^{137}Cs . Voorts zijn voor elk monsterpunt de ontvangen monsters in gelijke hoeveelheden gemengd. Deze jaarmengmonsters zijn onderzocht op ^3H en ^{90}Sr .

2.3 Analysemethoden

2.3.1 Ongefilterd water

γ -emitters

Voor de bepaling van γ -emitters worden de watermonsters na toevoeging van zwavelzuur drooggedampt en omgezet in een sulfaatas. Van deze as wordt vervolgens met een Ge(Li)-halfgeleiderdetector een gammaspectrum opgenomen over een energiebereik van 80-2000 keV (meetijd 54000 s). Als criterium voor de detectie van fotopieken in het spectrum geldt dat de inhoud van twee opeenvolgende kanalen de gemiddelde achtergrond met 2,5 maal de standaarddeviatie dient te overschrijden. De activiteit van aangetoonde radionucliden wordt voor radioactief verval gecorrigeerd tot het midden van de monsterperiode.

^{89}Sr - en ^{90}Sr -bepaling

Voor de analyse van ^{89}Sr en ^{90}Sr in het watermonster worden Ba- en Sr-dragers toegevoegd. Na toevoegen van zwavelzuur wordt het monster ingedampt. Het ontstane sulfaatprecipitaat wordt gezuiverd van organische materiaal door

behandeling met salpeterzuur en waterstofperoxide. De gezuiverde sulfaten worden door digeren met een natriumcarbonaatoplossing omgezet in carbonaten.

Aanwezige natuurlijke radionucliden uit de uranium- en de thoriumreeks werden verwijderd door precipitaties van bariumphosphaat en ijzer(III)hydroxide. Het ^{90}Sr -gehalte wordt bepaald uit een meting van ^{90}Y , dat na een wachtperiode is ingegroeid en als oxalaat is afgescheiden. Het achtergebleven strontium (drager + ^{89}Sr + ^{90}Sr) wordt als carbonaat neergeslagen en gewogen voor de bepaling van de chemische opbrengst. De totale activiteit van ^{89}Sr en ^{90}Sr samen wordt vastgesteld door een activiteitsmeting van het carbonaat.

Bij de zoutrijke monsters van de Westerschelde wordt ^{85}Sr toegepast als merker voor de bepaling van de chemische opbrengst. De bepaling van het ^{89}Sr -gehalte wordt in die gevallen onbetrouwbaar en wordt daarom achterwege gelaten.

^{226}Ra -bepaling

Aan het monster wordt ^{133}Ba als merker en een bariumdrager toegevoegd. Vervolgens worden barium en radium als sulfaat geprecipiteerd en afgecentrifugeerd. De sulfaten worden door digeren met een natriumcarbonaatoplossing omgezet in carbonaten. Na oplossing van de carbonaten met zoutzuur wordt de chemische opbrengst bepaald door meting van de γ -activiteit van ^{133}Ba . Uit de oplossing wordt na een ingroeiperiode het gevormde ^{222}Rn overgebracht in een met zinksulfide bedekte meetcel (een zgn. Lucascel) en de α -activiteit van het ^{222}Rn gemeten. Hiermee wordt de activiteit van ^{226}Ra berekend.

2.3.2 Slib en centrifugewater

^{210}Po - en ^{210}Pb -bepaling

De bepaling van ^{210}Po vindt plaats door middel van alfaspectrometrie onder toepassing van ^{208}Po als merker voor de bepaling van de chemische opbrengst. De ^{210}Po concentraties worden voor ingroei uit aanwezig ^{210}Pb en voor radioactief verval gecorrigeerd tot de monsterdatum.

De bepaling van ^{210}Pb vindt plaats na afscheiding van het reeds aanwezige ^{210}Po . Gedurende een wachtperiode laat men uit het aanwezige ^{210}Pb nieuw ^{210}Po ingroeien, waarvan vervolgens de activiteit bepaald wordt. Rekening houdend met de ingroeitijd kan dan het ^{210}Pb gehalte worden berekend.

De gehalten aan ^{210}Pb in de steekmonsters worden berekend met de formule $^{210}\text{Pb}(\text{totaal}) = ^{210}\text{Pb}(\text{opgelost}) + \text{slibgehalte} * ^{210}\text{Pb}(\text{slib})$. Op analoge wijze worden de ^{210}Po -gehalten berekend.

γ -emitters

Van het gedroogde slib wordt met een Ge(Li)-halfgeleiderdetector een gammaspectrum opgenomen over een energiebereik van 80-2000 keV (meettijd 54000 s). De activiteit van de aangetoonde radionucliden wordt voor radioactief verval gecorrigeerd tot het midden van de monsterperiode.

2.3.3 Zeewater

^3H in zeewater wordt bepaald door middel van een vloeistof-scintillatietelling na destillatie en electrolytische verrijking.

De analyse van ^{90}Sr in het monster verloopt identiek aan die van ongefilterd water (zie 2.3.1). Bij de zoutrijke Noordzeemonsters wordt ^{85}Sr toegepast als merker voor de bepaling van de chemische opbrengst. De bepaling van het ^{89}Sr -gehalte wordt in die gevallen onbetrouwbaar en wordt daarom achterwege gelaten.

Voor de bepaling van het ^{134}Cs - en ^{137}Cs -gehalte van zeewater wordt het cesium geadsorbeerd aan ammonium-molybdo-fosfaat, dat daarna gammaspectrometrisch wordt gemeten.

3 RESULTATEN

De meetresultaten zijn gegeven in de tabellen 1 t/m 7. De onzekerheid in de meetwaarden veroorzaakt door telstatistiek ligt voor de gemeten radionucliden tussen 10 à 30%.

3.1 Ongefilterd water

Deze resultaten zijn weergegeven in tabel 1a (Maas), 2a (Rijn), 3a (Roer), 4a (Westerschelde, Schaar van Ouden Doel) en 6 (Westerschelde-Hansweert en Westerschelde-Vlissingen). In tabel 6 is voor Hansweert en Vlissingen aangegeven uit welke vierwekelijkse steekmonsters het kwartaalmengmonster is samengesteld. Voor deze monsterpunten zijn namelijk niet alle steekmonsters door het RIVM ontvangen.

De ^{90}Sr -gehalten van de Maas, de Rijn en de Roer variëren van 2,4 Bq/m³ tot 6,9 Bq/m³. De ^{90}Sr -gehalten van de drie meetlocaties in de Westerschelde liggen hoger, namelijk tussen de 9 en 22 Bq/m³. Vergeleken met 1988 en 1989 zijn deze gehalten niet veranderd (Mattern et al. 1990a,b). De ^{90}Sr -gehalten in kwartaalmengmonsters vanaf 1972 zijn weergegeven in de figuren 2 en 3. Het monsterpunt Schaar van Ouden Doel is hierin aangegeven als Westerschelde Grens. Met Maas- Rijn- en Roerwater zijn ook analyses verricht om het ^{89}Sr -gehalte te bepalen. ^{89}Sr kon in geen enkel monster worden aangetoond.

Met het gammaspectrometrisch onderzoek konden geen γ -emitters worden aangetoond. Dit betekent dat de gehalten van ^{134}Cs en ^{137}Cs in de Maas, Rijn, Roer en Westerschelde (SvOD) onder de detectielimiet liggen. De detectielimiet ligt voor de bepaling van ^{134}Cs en ^{137}Cs op 10 Bq/m³ (voor de Westerschelde op 20 Bq/m³).

Het ^{226}Ra -gehalte van de Roer (een jaargemiddelde van 13 Bq/m³) is hoger dan dat van de Maas (gemiddeld 3,4 Bq/m³) en de Rijn (4,8 Bq/m³). Dit kan worden toegeschreven aan lozingen door kolenmijnen in Duitsland. De hoge gehalten in de Westerschelde (tot een gemiddelde jaarwaarde van 29 Bq/m³) worden met name veroorzaakt door lozingen van fosfaatgips door kunstmestindustrieën. De ^{226}Ra -gehalten zijn niet veranderd ten opzichte van 1989. De ^{226}Ra -gehalten in kwartaalmengmonsters vanaf 1972 zijn weergegeven in de figuren 4 en 5. Het monsterpunt Schaar van Ouden Doel is hierin aangegeven als Westerschelde Grens.

3.2 Slib en centrifugewater

De resultaten van de metingen aan slib en centrifugewater staan in tabel 1c t/m 5c. Het monster uit de Rijn van 22-08-1990 is incompleet ontvangen; er is daarvan geen centrifugaat afgeleverd. Bij het Roer-monster van 31-10-1991 waren geen gegevens over het slibgehalte bijgesloten. Hierdoor konden de ^{210}Po - en ^{210}Pb -gehalten van het totale monster niet worden berekend.

Bij één "Westerschelde"-monster (27-08-1990) en één "Sas van Gent"-monster (05-10-1990) kunnen wegens het mislukken van de analyse geen resultaten gegeven worden. Er was onvoldoende monstermateriaal aanwezig om de analyse te herhalen.

De jaargemiddelden in de tabellen 1c t/m 5c zijn het rekenkundig gemiddelde van de steekmonsters waarvan alle gegevens beschikbaar waren. Dit betekent dus dat de vier bovengenoemde steekmonsters niet zijn meegenomen.

De ^{210}Pb -gehalten van de Maas, de Rijn en de Roer komen vrijwel overeen (een jaargemiddelde van $2,4 \text{ Bq/m}^3$ tot $2,6 \text{ Bq/m}^3$). Ook in de ^{210}Po -gehalten komen slechts geringe verschillen voor (een jaargemiddelde van $1,7 \text{ Bq/m}^3$ tot $2,5 \text{ Bq/m}^3$). De ^{210}Po - en ^{210}Pb -gehalten zijn verder weinig veranderd in de afgelopen jaren (zie hiervoor figuur 6).

De ^{210}Po - en ^{210}Pb -gehalten in de Westerschelde zijn aanzienlijk hoger (een jaargemiddelde van $24,2 \text{ Bq/m}^3$ en $26,3 \text{ Bq/m}^3$). Deze hoge gehalten kunnen worden toegeschreven aan lozingen van fosfaatgips. Uit figuur 6 blijkt dat deze waarden in de afgelopen jaren steeds zijn toegenomen. In het Kanaal van Sas van Gent naar Terneuzen zijn de ^{210}Po - en ^{210}Pb -gehalten respectievelijk $3,0 \text{ Bq/m}^3$ en $5,1 \text{ Bq/m}^3$ (jaargemiddelden). Deze gehalten zijn de afgelopen drie jaar niet toegenomen (zie Mattern et al. 1990a,b). Voor een meer uitgebreide analyse van de aanwezigheid van ^{210}Po en ^{210}Pb in oppervlaktewater wordt hier verwezen naar Köster et al. 1990, en Berger en Köster, 1991.

In tabel 8 is voor de verschillende monsterpunten de verhouding $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ gegeven voor de verschillende steekmonsters. De verhouding $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ in centrifugewater is significant gecorreleerd met de verhouding $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ in slib ($r = 0,91$ over alle steekmonsters).

Uit de tabel blijkt dat de verhouding $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ in de Westerschelde afwijkt van de verhouding op andere monsterpunten. Een oorzaak voor dit verschil is niet bekend.

In figuur 7 en 8 is voor ^{210}Po en van ^{210}Pb het percentage aangegeven van de activiteitsconcentratie afkomstig van slib en centrifugaat (totaal 100%). Bij interpretatie van deze figuren moet men er op bedacht zijn dat het slibgehalte

in de steekmonsters niet constant is (zie tabel 1c t/m 4c). Dit betekent dat een relatief hoog aandeel van het slib in de activiteit van het totale monster enerzijds veroorzaakt kan worden door een hoge activiteitsconcentratie in het slib en anderzijds door een hoog percentage slib in het totale monster.

In 1990 is het droge slib ook γ -spectrometrisch onderzocht. Deze metingen worden in tabel 1b t/m 5b gepresenteerd. Tussen de vijf monsterpunten zijn geen grote verschillen in de activiteitsconcentraties van de verschillende nucliden zichtbaar. ^{235}U en ^{238}U zijn in geen van de slibmonsters aangetroffen. Opvallend is de aanwezigheid van het kunstmatige radionuclide ^{59}Co in de Maas. In de andere rivieren is dit nuclide niet aantoonbaar.

^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{134}Cs en ^{137}Cs zijn geen natuurlijke radionucliden. Het zijn aktiverings- en splijtingsprodukten die vrijwel zeker afkomstig zijn van lozingen door kerncentrales. Met name in de Maas (tabel 1b) worden radionucliden afkomstig van lozingen aangetroffen. ^{137}Cs is waarschijnlijk voor een deel afkomstig van radioactieve neerslag (Tsjernobyl).

3.3 Zeewater

De gegevens voor Noordzeewater zijn weergegeven in tabel 7. De ^3H -gehalten zijn van dezelfde orde grootte als in 1988 en 1989 (Mattern et al. 1990a,b). Wel zijn de concentraties op punten dicht bij de kust (Walcheren 20 km en Noordwijk 10 km) iets toegenomen in vergelijking met vorig jaar. In Walcheren van 2200 Bq/m³ naar 2800 Bq/m³ en in Noordwijk van 2100 Bq/m³ naar 3500 Bq/m³.

Het ^{90}Sr -gehalte in jaarmengmonsters (7 Bq/m³ tot 12 Bq/m³) is niet veranderd ten opzichte van 1989. Aangenomen wordt dat ^{90}Sr afkomstig is van lozingen door splijtstofopwerkingsbedrijven.

Het ^{137}Cs -gehalte van het Noordzeewater is niet significant verschillend van het gehalte in 1989. Wel is er gemiddeld over de verschillende meetpunten de afgelopen drie jaar een lichte daling van het ^{137}Cs -gehalte waarneembaar. Evenals in de twee voorgaande jaren werd de hoogste concentratie (19 Bq/m³) gemeten bij Terschelling (100 km uit de kust). De ^{134}Cs -gehalten liggen beneden de detectielimiet (<2 Bq/m³), evenals in 1988 en 1989.

4 REFERENTIES

- Berger G.W. en H.W. Köster, De regionale distributie van ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{226}Ra en Th isotopen in de Nieuwe Waterweg, de verspreiding ervan langs de Nederlandse kust en de mogelijke radiologische consequenties. Reeks Stralenbescherming VROM, verschijnt in 1991.
- Köster H.W. en A.W. van Weers, Radiologie van en stralingsbelasting door Nederlands afvalgips in het buitenmilieu. RIVM-rapport 248305001, juni 1985.
- Köster H.W., P.A. Marwitz, G.W. Berger, A.W. van Weers, P. Hagel, J. Nieuwenhuize, Oriënterend onderzoek naar polonium-210 en andere natuurlijke radionucliden in Nederlandse aquatische ecosystemen. RIVM-rapport nr. 248476004, augustus 1990.
- Mattern F.C.M., R.M.S. Drost, P.Glastra, A. Ockhuizen, A.C. Koolwijk. Onderzoek naar de radioactiviteit van oppervlaktewater. Resultaten over 1988. RIVM-rapport nr. 248701007, februari 1990.
- Mattern F.C.M., R.M.S. Drost, P.Glastra, A. Ockhuizen, A.C. Koolwijk. Onderzoek naar de radioactiviteit van oppervlaktewater. Resultaten over 1989. RIVM-rapport nr. 248701009, november 1990.

MAAS BIJ EYSDEN

Tabel la. Radioactiviteitsconcentraties in mengmonsters oppervlaktewater, samengesteld uit om de 14 dagen genomen steekmonsters.

Periode 1990	⁹⁰ Sr Bq/m ³	²²⁶ Ra Bq/m ³
eerste kwartaal	4,0 ± 0,2	4,6 ± 0,5
tweede kwartaal	2,4 ± 0,5	2,1 ± 0,2
derde kwartaal	2,9 ± 0,1	4,7 ± 0,5
vierde kwartaal	4,2 ± 0,2	2,0 ± 0,2
gemiddelde	3,4 ± 0,3	3,4 ± 0,4

Tabel lb. Gammaspèctrometrisch onderzoek aan steekmonsters centrifugeslib. Resultaten in Bq/kg gedroogd monstermateriaal.

Monster datum	⁷ Be	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²²⁸ Th	²³² Th	⁴⁰ K	totaal gamma
05-02	75	4	5	12	7	40	30	35	50	490	320
05-03	160	-	-	6	7	40	35	55	40	570	350
02-04	55	-	-	13	-	12	10	-	-	160	150
01-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	310	70
28-05	70	7	45	14	7	12	40	-	60	230	260
25-06	-	-	110	30	-	11	30	25	50	300	300
24-07	-	-	40	-	-	18	-	-	-	350	190
20-08	110	4	70	18	-	16	30	30	50	230	250
17-09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	150
16-10	-	-	60	-	-	-	-	-	-	<130	220
13-11	70	-	20	15	-	40	70	100	65	300	290

- = niet aangetoond

Tabel lc. ²¹⁰Po- en ²¹⁰Pb-gehalten in steekmonsters centrifugeslib en centrifugewater.

MONSTER DATUM	CENTRIFUGEWATER		GEDROOGD SLIB		SLIB GEHALTE GEDROOGD	TOTAAL	
	²¹⁰ Pb Bq/m ³	²¹⁰ Po Bq/m ³	²¹⁰ Pb Bq/kg	²¹⁰ Po Bq/kg	10 ⁻³ kg/m ³	²¹⁰ Pb Bq/m ³	²¹⁰ Po Bq/m ³
05-02-90	1,84	0,80	104,3	92,3	19,6	3,9	2,6
05-03-90	1,66	1,25	112,0	87,0	22,9	4,2	3,3
02-04-90	1,82	1,56	105,6	69,2	13,1	3,2	2,5
01-05-90	0,67	0,34	145,3	74,4	12,4	2,5	1,3
28-05-90	0,60	0,53	137,5	95,6	5,2	1,3	1,0
25-06-90	0,46	0,67	137,9	83,4	6,0	1,3	1,2
24-07-90	0,44	0,23	110,1	25,5	9,2	1,5	0,5
20-08-90	0,80	0,30	169,8	106,0	6,7	1,9	1,0
17-09-90	0,46	0,25	122,9	59,4	5,2	1,1	0,6
16-10-90	0,65	0,49	119,0	112,7	3,3	1,0	0,9
13-11-90	2,07	1,32	266,8	254,2	10,7	4,9	4,0
gemiddelde	1,04	0,70	139,2	96,3	10,4	2,4	1,7

RIJN BIJ LOBITH

Tabel 2a. Radioactiviteitsconcentraties in mengmonsters oppervlaktewater, samengesteld uit om de 14 dagen genomen steekmonsters.

Periode 1990	⁹⁰ Sr Bq/m ³	²²⁶ Ra Bq/m ³
eerste kwartaal	6,9 ± 0,3	4,7 ± 0,5
tweede kwartaal	3,8 ± 0,2	3,6 ± 0,4
derde kwartaal	3,3 ± 0,1	6,1 ± 0,6
vierde kwartaal	4,8 ± 0,2	4,9 ± 0,5
gemiddelde	4,7 ± 0,2	4,8 ± 0,5

Tabel 2b. Gammaspectrometrisch onderzoek aan steekmonsters centrifugeslib. Resultaten in Bq/kg gedroogd monstermateriaal.

Monster datum	⁷ Be	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²²⁸ Th	²³² Th	⁴⁰ K	totaal gamma
07-02	100	-	-	-	15	75	50	35	45	610	440
07-03	100	-	-	-	9	65	30	40	55	790	410
04-04	-	-	-	-	-	25	55	70	120	400	220
02-05	-	-	-	-	-	35	30	-	55	420	170
30-05	-	-	-	-	-	40	45	-	-	430	200
27-06	110	-	5	15	5	45	35	50	40	600	260
25-07	55	-	-	16	-	45	40	60	60	550	240
22-08	-	-	-	-	-	30	50	60	65	260	210
19-09	-	-	-	-	-	45	90	90	-	520	270
17-10	100	-	-	-	-	50	70	-	50	790	270
14-11	70	-	-	7	-	45	80	80	50	600	180
12-12	45	-	-	-	8	45	130	45	70	370	330

- - niet aangetoond

Tabel 2c. ²¹⁰Po- en ²¹⁰Pb-gehalten in steekmonsters centrifugeslib en centrifugewater.

MONSTER DATUM	CENTRIFUGEWATER		GEDROOGD SLIB		SLIB GEHALTE GEDROOGD	TOTAAL	
	²¹⁰ Pb Bq/m ³	²¹⁰ Po Bq/m ³	²¹⁰ Pb Bq/kg	²¹⁰ Po Bq/kg	10 ⁻³ kg/m ³	²¹⁰ Pb Bq/m ³	²¹⁰ Po Bq/m ³
07-02-90	0,86	0,44	83,7	83,1	15,7	2,2	1,7
07-03-90	1,13	1,10	78,5	70,2	63,6	6,1	5,6
04-04-90	0,51	0,51	62,8	166,2	24,6	2,1	4,6
02-05-90	0,45	0,27	62,2	41,9	22,0	1,8	1,2
30-05-90	0,52	0,55	54,5	48,1	7,2	0,9	0,9
27-06-90	0,53	0,58	46,4	60,4	32,5	2,0	2,5
25-07-90	0,43	0,25	40,1	54,7	39,1	2,0	2,4
22-08-90	geen centrifugaat aangeleverd						
19-09-90	0,69	0,41	86,1	61,1	31,2	3,4	2,3
17-10-90	0,61	0,32	79,0	66,8	26,1	2,7	2,1
14-11-90	0,72	0,48	93,7	88,8	24,5	3,0	2,7
12-12-90	0,54	0,54	100,9	62,4	18,5	2,4	1,7
gemiddelde	0,64	0,50	71,6	73,1	27,7	2,6	2,5

ROER BIJ VLODROP

Tabel 3a. Radioactiviteitsconcentraties in mengmonsters oppervlaktewater, samengesteld uit om de 14 dagen genomen steekmonsters.

Periode 1990	⁹⁰ Sr Bq/m ³	²²⁶ Ra Bq/m ³
eerste kwartaal	4,0 ± 0,2	11 ± 1
tweede kwartaal	2,4 ± 0,6	13 ± 1
derde kwartaal	3,5 ± 0,3	14 ± 1
vierde kwartaal	4,1 ± 0,2	13 ± 1
gemiddelde	3,5 ± 0,4	13 ± 1

Tabel 3b. Gammaspèctrometrisch onderzoek aan steekmonsters centrifugeslib. Resultaten in Bq/kg gedroogd monstermateriaal.

Monster datum	⁷ Be	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²²⁸ Th	²³² Th	⁴⁰ K	totaal gamma
23-01	90	-	-	-	9	40	80	40	90	430	440
22-03	250	-	-	-	10	40	45	40	35	460	400
18-04	-	-	-	-	-	25	-	-	-	220	290
15-05	-	-	-	-	-	35	40	-	80	380	340
06-06	-	-	-	-	-	30	100	-	150	520	260
17-07	130	-	-	-	-	35	80	80	140	370	340
08-08	90	-	-	-	8	25	80	60	120	300	270
05-09	290	-	-	-	-	30	90	-	30	370	300
02-10	70	-	-	-	-	20	100	80	90	360	310
31-10	70	-	-	-	-	20	80	70	100	310	280
14-11	110	-	-	-	-	35	120	80	100	420	330

- = niet aangetoond

Tabel 3c. ²¹⁰Po- en ²¹⁰Pb-gehalten in steekmonsters centrifugeslib en centrifugewater.

MONSTER DATUM	CENTRIFUGEWATER		GEDROOGD SLIB		SLIB GEHALTE GEDROOGD	TOTAAL	
	²¹⁰ Pb Bq/m ³	²¹⁰ Po Bq/m ³	²¹⁰ Pb Bq/kg	²¹⁰ Po Bq/kg	10 ⁻³ kg/m ³	²¹⁰ Pb Bq/m ³	²¹⁰ Po Bq/m ³
23-01-90	0,75	0,46	61,0	50,1	20,5	2,0	1,5
22-03-90	1,00	0,58	91,7	60,0	12,7	2,2	1,3
18-04-90	0,55	0,55	78,8	58,8	9,2	1,3	1,1
15-05-90	0,50	0,48	93,4	71,5	10,2	1,5	1,2
06-06-90	0,66	0,48	69,6	74,6	2,1	0,8	0,6
17-07-90	0,43	0,50	107,3	58,6	19,5	2,5	1,6
08-08-90	0,68	0,37	94,5	58,0	25,2	3,1	1,8
05-09-90	1,32	0,88	94,2	67,4	36,2	4,7	3,3
02-10-90	0,77	0,52	88,1	33,5	32,1	3,6	1,6
31-10-90	0,64	0,36	54,3	64,7	geen gegevens beschikbaar		
14-11-90	0,73	0,53	91,8	63,2	29,2	3,4	2,4
gemiddelde	0,74	0,54	87,0	59,6	19,7	2,5	1,7

WFSTERSCHELDE, SCHAAR VAN OUDEN DOEL

Tabel 4a. Radioactiviteitsconcentraties in mengmonsters oppervlaktewater, samengesteld uit om de 14 dagen genomen steekmonsters.

Periode 1990	⁹⁰ Sr Bq/m ³	²²⁶ Ra Bq/m ³
eerste kwartaal	9 ± 1	32 ± 3
tweede kwartaal	11 ± 1	38 ± 4
derde kwartaal	9 ± 1	19 ± 2
vierde kwartaal	10 ± 1	28 ± 3
gemiddelde	10 ± 1	29 ± 3

Tabel 4b. Gammaspectrometrisch onderzoek aan steekmonsters centrifugeslib. Resultaten in Bq/kg gedroogd monstermateriaal.

Monster datum	⁷ Be	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²²⁸ Th	²³² Th	⁴⁰ K	totaal gamma
12-02	25	-	-	7	3	25	70	35	35	540	330
05-03	70	-	-	-	3	20	75	30	17	500	380
02-04	-	-	-	4	13	25	75	30	35	490	340
02-05	-	-	-	-	-	25	140	110	-	480	290
28-05	-	-	-	-	-	11	75	50	45	360	230
25-06	-	-	-	3	2	10	60	45	35	360	230
30-07	-	-	-	-	-	30	70	-	-	370	190
27-08	-	-	-	-	-	16	55	-	60	350	190
24-09	-	-	-	-	-	14	70	-	50	340	210
22-10	-	-	-	-	-	17	85	50	35	320	220
26-11	-	-	-	-	-	20	100	-	40	410	260
10-12	-	-	-	-	-	25	120	80	-	720	300

- - niet aangetoond

Tabel 4c. ²¹⁰Po- en ²¹⁰Pb-gehalten in steekmonsters centrifugeslib en centrifugewater.

MONSTER DATUM	CENTRIFUGEWATER		GEDROOGD SLIB		SLIB GEHALTE GEDROOGD	TOTAAL	
	²¹⁰ Pb Bq/m ³	²¹⁰ Po Bq/m ³	²¹⁰ Pb Bq/kg	²¹⁰ Po Bq/kg	10 ⁻³ kg/m ³	²¹⁰ Pb Bq/m ³	²¹⁰ Po Bq/m ³
12-02-90	7,71	11,83	126,6	211,3	188,1	31,5	51,6
05-03-90	2,87	5,36	174,3	226,7	35,6	9,1	13,4
02-04-90	16,24	26,44	188,2	242,9	110,2	37,0	53,2
02-05-90	0,67	3,46	284,1	305,6	16,5	5,4	8,5
28-05-90	4,34	8,57	134,5	135,1	29,9	8,4	12,6
25-06-90	1,17	7,96	118,3	130,9	147,8	18,7	27,3
30-07-90	1,86	2,62	262,7	267,2	43,6	13,3	14,3
27-08-90	1,72	5,66	*****	*****	88,2	****	****
24-09-90	1,49	2,89	151,9	148,4	14,5	3,7	5,0
22-10-90	1,88	7,89	196,9	180,1	175,8	36,5	39,5
26-11-90	3,89	7,62	182,2	237,2	88,8	20,1	28,7
10-12-90	4,02	9,70	539,5	179,0	145,1	82,3	35,7
gemiddelde	4,19	8,58	214,5	205,9	90,5	24,2	26,3

**** = analyse mislukt

KANAAL VAN SAS VAN GENT NAAR TERNEUZEN BIJ SAS VAN GENT

Tabel 5b. Gammaspectrometrisch onderzoek aan steekmonsters centrifugeslib. Resultaten in Bq/kg gedroogd monstermateriaal.

Monster datum	⁷ Be	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²²⁸ Th	²³² Th	⁴⁰ K	totaal gamma
26-01	300	-	-	-	-	6	65	35	70	150	410
26-04	55	-	-	-	-	-	55	-	70	300	180
11-07	-	-	-	-	-	-	40	30	55	220	140
05-10	-	-	-	-	-	-	90	45	60	510	290
22-11	150	-	-	-	-	11	100	140	90	450	280

- - niet aangetoond

Tabel 5c. ²¹⁰Po- en ²¹⁰Pb-gehalten in steekmonsters centrifugeslib en centrifugewater.

MONSTER DATUM	CENTRIFUGEWATER		GEDROOGD SLIB		SLIB GEHALTE GEDROOGD	TOTAAL	
	²¹⁰ Pb Bq/m ³	²¹⁰ Po Bq/m ³	²¹⁰ Pb Bq/kg	²¹⁰ Po Bq/kg	10 ⁻³ kg/m ³	²¹⁰ Pb Bq/m ³	²¹⁰ Po Bq/m ³
26-01-90	4,38	1,48	544,2	290,6	4,5	6,8	2,8
26-04-90	3,69	1,43	282,7	164,7	8,3	6,0	2,8
11-07-90	1,56	1,37	144,2	133,9	7,2	2,6	2,3
05-10-90	1,29	1,01	*****	*****	8,8	****	****
22-11-90	2,98	1,96	208,3	219,1	9,7	5,0	4,1
gemiddelde	3,15	1,56	294,9	202,1	7,4	5,1	3,0

**** - analyse mislukt

Tabel 6. Westerschelde bij Hansweert en Vlissingen.
Radioactiviteitsconcentraties in mengmonsters oppervlaktewater,
samengesteld uit om de vier weken genomen steekmonsters. Niet alle
monsters zijn bij het RIVM binnengekomen.

HANSWEERT

1990 periode	⁹⁰ Sr Bq/m ³	²²⁶ Ra Bq/m ³
jan/feb	11 ± 2	25 ± 3
mei/juni	9 ± 1	27 ± 3
juli	14 ± 2	29 ± 3
okt/nov/dec	10 ± 1	26 ± 3
gemiddelde	11 ± 2	27 ± 3

VLISSINGEN

1990 periode	⁹⁰ Sr Bq/m ³	²²⁶ Ra Bq/m ³
jan/feb	22 ± 1	8 ± 1
mei	12 ± 1	7 ± 1
---	---	---
okt/nov/dec	9 ± 1	6 ± 1
gemiddelde	14 ± 1	7 ± 1

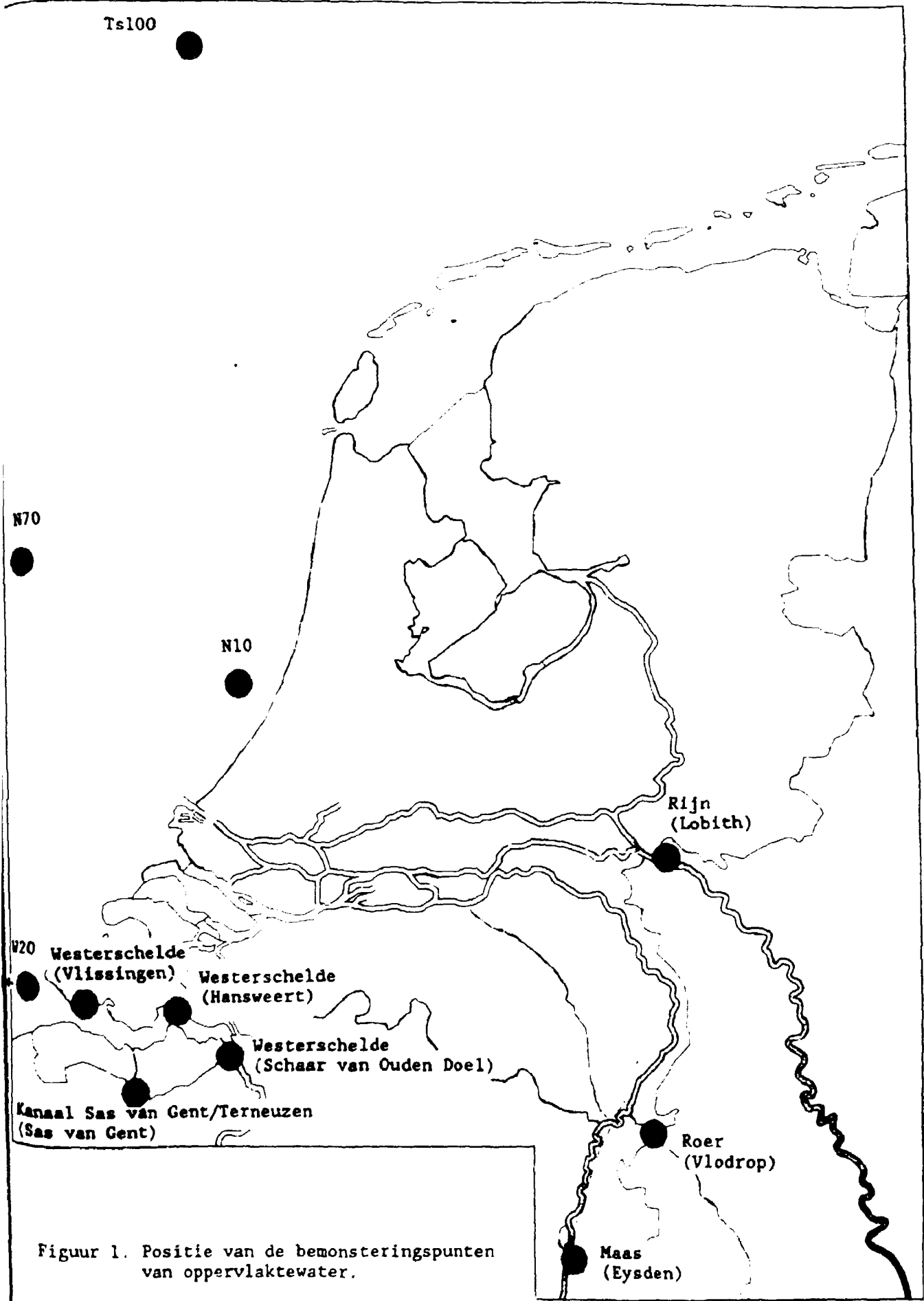
--- = geen monsters ontvangen

Tabel 7. Noordzeewater. Kwartaal bemonstering van Noordzeewater op vier locaties. Meting van ^{134}Cs en ^{137}Cs in steekmonsters. Meting van ^3H en ^{90}Sr in mengmonsters.

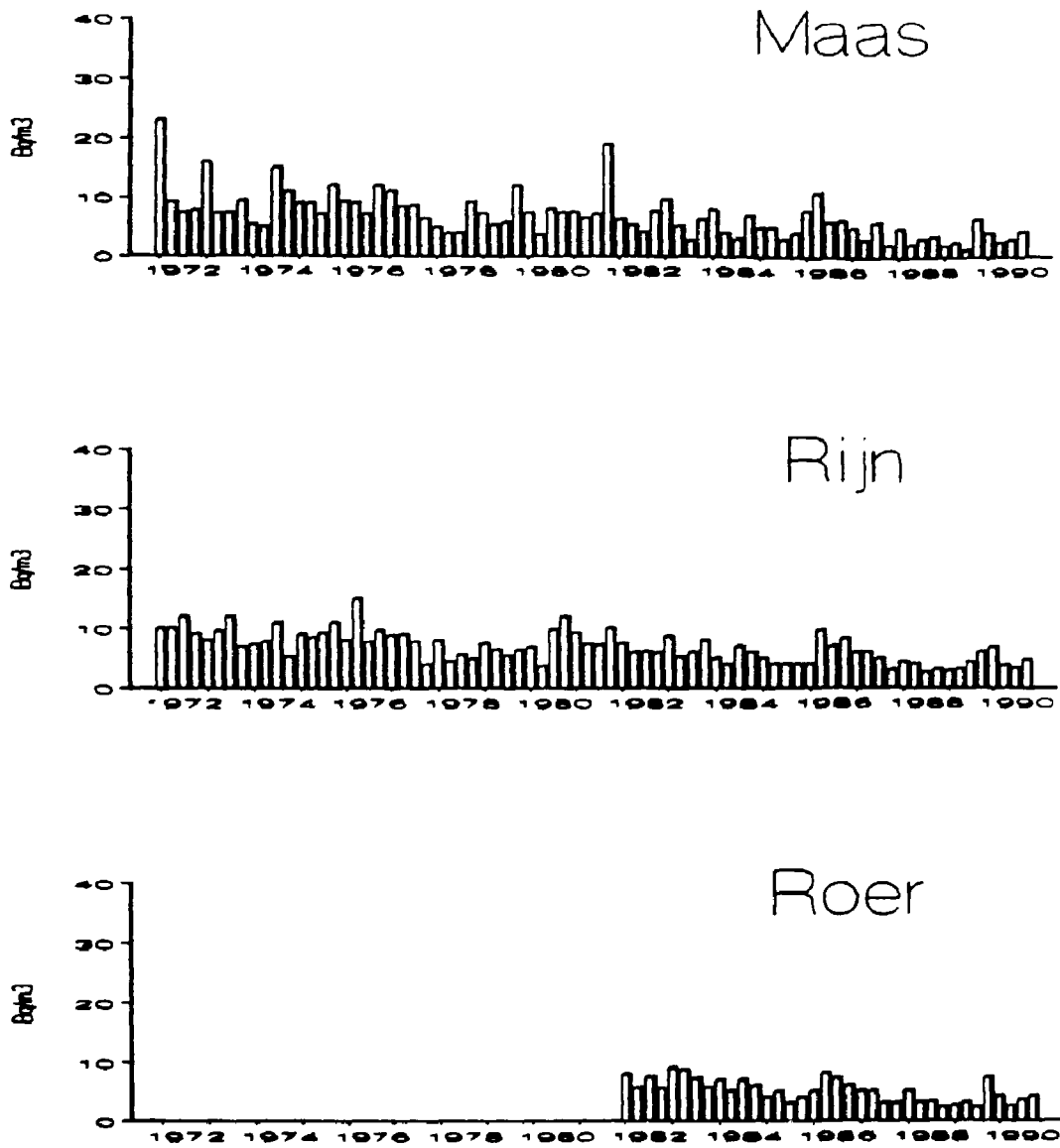
Herkomst:	monsterdatum 1990	^{134}Cs Bq/m ³	^{137}Cs Bq/m ³	^3H Bq/m ³	^{90}Sr Bq/m ³
Terschelling 100 km uit de kust Coördinaten Tsl00 NB 54°08'58'' OL 04°20'31''	21-03	<2	13±2	1100 ± 100	7 ± 1
	16-05	<2	25±2		
	23-08	<2	14±1		
	22-11	<2	24±2		
	gemiddelde	<2	19±2		
Noordwijk 10 km uit de kust Coördinaten N10: NB 52°18'08'' OL 04°18'09''	20-03	<2	4±1	3500 ± 100	12 ± 2
	17-05	<2	8±1		
	22-08	<2	5±1		
	22-11	<2	8±1		
	gemiddelde	<2	6±1		
Noordwijk 70 km uit de kust Coördinaten N70 NB 52°34'10'' OL 03°31'53''	20-03	<2	5±1	1600 ± 100	7 ± 3
	17-05	<2	5±1		
	23-08	<2	<2		
	22-11	<2	7±1		
	gemiddelde	<2	5±1		
Walcheren 20 km uit de kust Coördinaten W20 NB 51°39'31'' OL 03°13'14''	20-03	<2	10±1	2800 ± 100	9 ± 1
	17-05	<2	11±1		
	22-08	<2	7±1		
	21-11	<2	15±2		
	gemiddelde	<2	11±1		

Tabel 8. Verhouding $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ in slib en in centrifugewater voor opeenvolgende steekmonsters. De bemonsteringsdata voor de verschillende rivieren, de Westerschelde en het kanaal van Sas van Gent naar Terneuzen zijn vermeld in de tabellen 1 t/m 5.

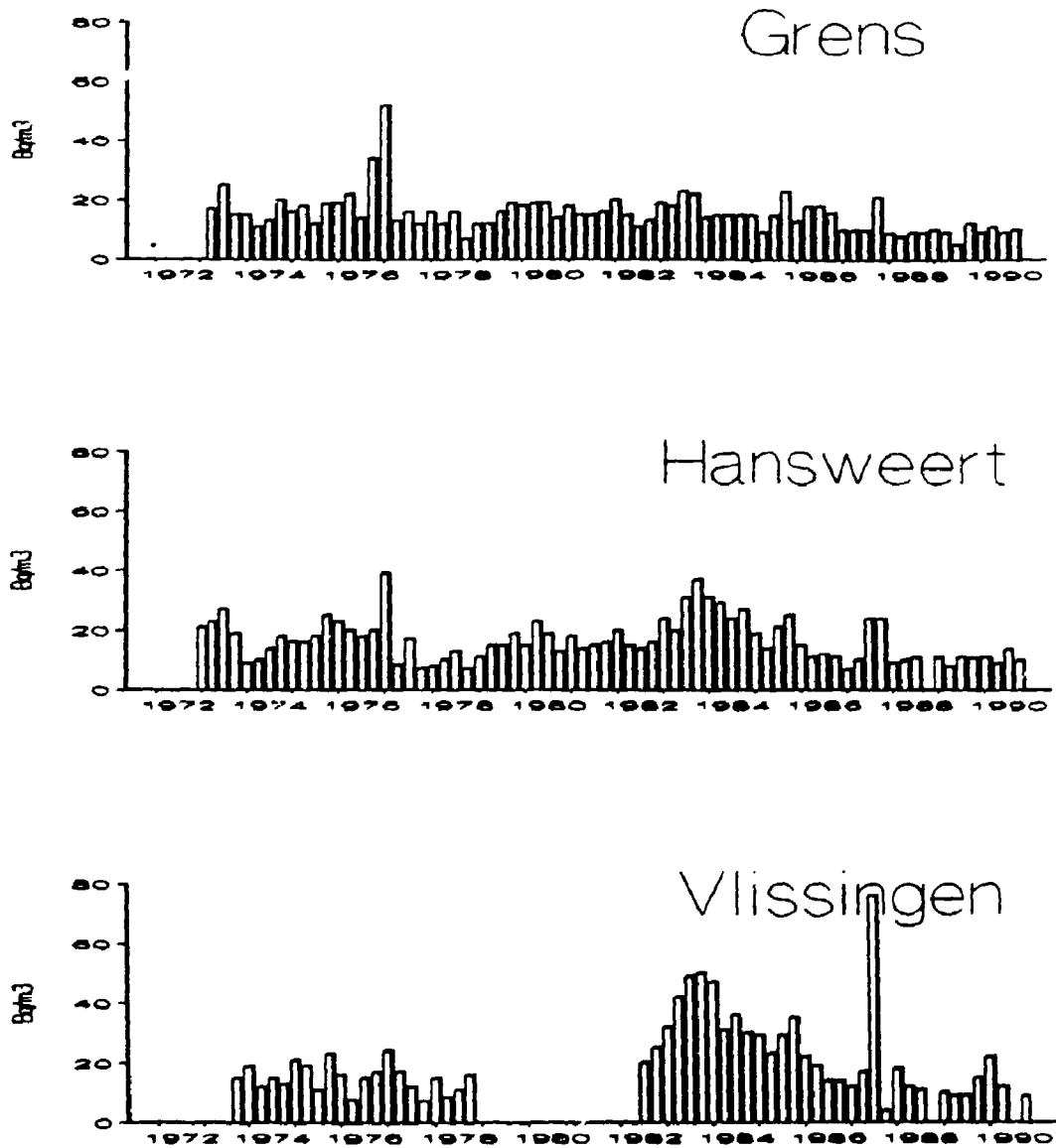
Maas		Rijn		Roer		Westerschelde		Sas van Gent	
water	slib	water	slib	water	slib	water	slib	water	slib
0,4	0,9	0,5	1,0	0,6	0,8	1,5	1,7	0,3	0,5
0,8	0,8	1,0	0,9	0,6	0,7	1,9	1,3	0,4	0,6
0,9	0,7	1,0	2,6	1,0	0,7	1,6	1,3	0,9	0,9
0,5	0,5	0,6	0,7	1,0	0,8	5,2	1,1	0,7	1,1
0,9	0,7	1,0	0,9	0,7	1,1	2,0	1,0		
1,5	0,6	1,1	1,3	1,2	0,5	6,8	1,1		
0,5	0,2	0,6	1,4	0,5	0,6	1,4	1,0		
0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	1,9	1,0		
0,5	0,5	0,5	0,8	0,7	0,4	4,2	0,9		
0,8	0,5	0,7	0,9	0,6	1,2	2,0	1,3		
0,6	1,0	1,0	0,6	0,7	0,7	2,4	0,3		



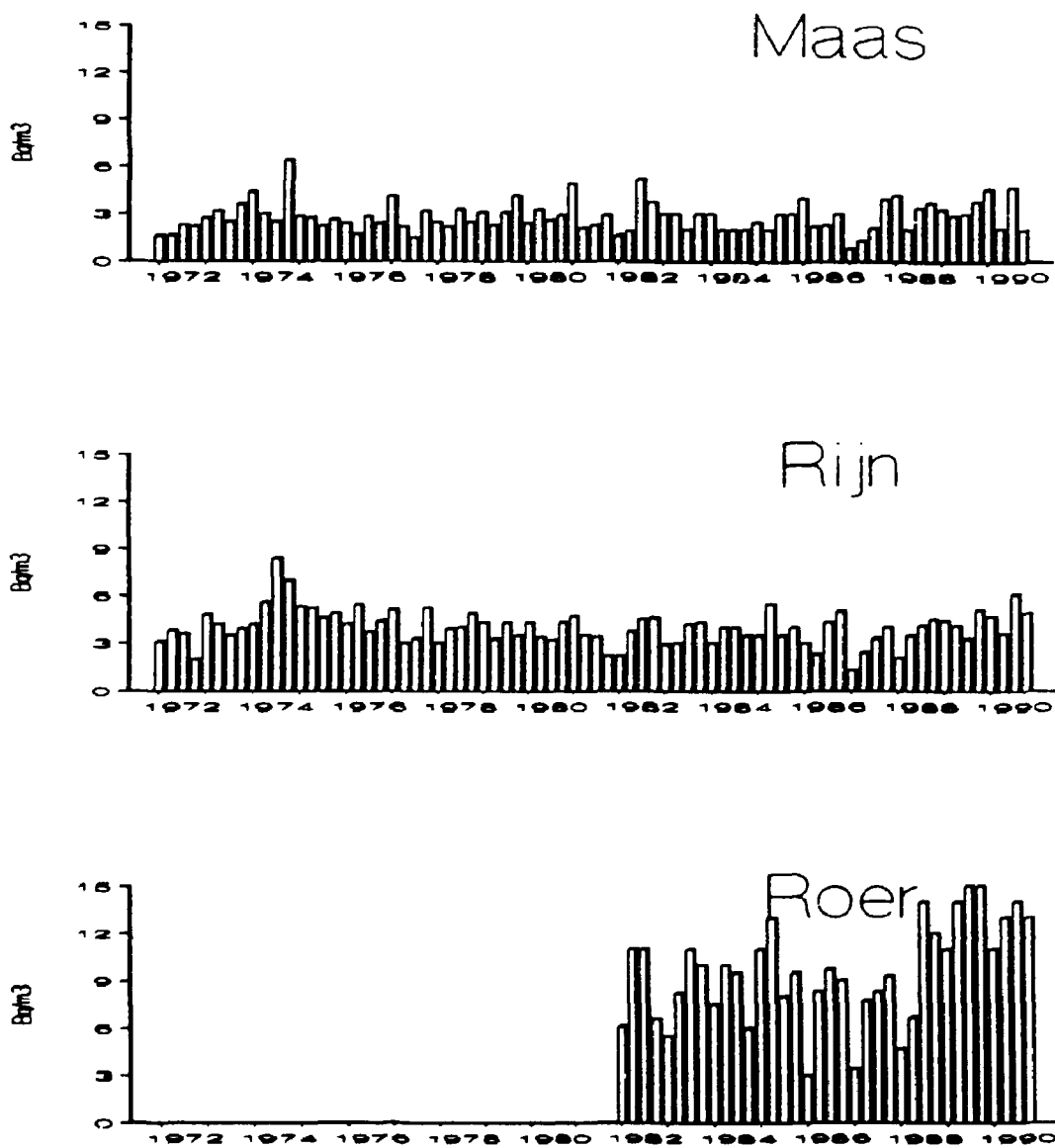
Figuur 1. Positie van de bemonsteringspunten van oppervlaktewater.



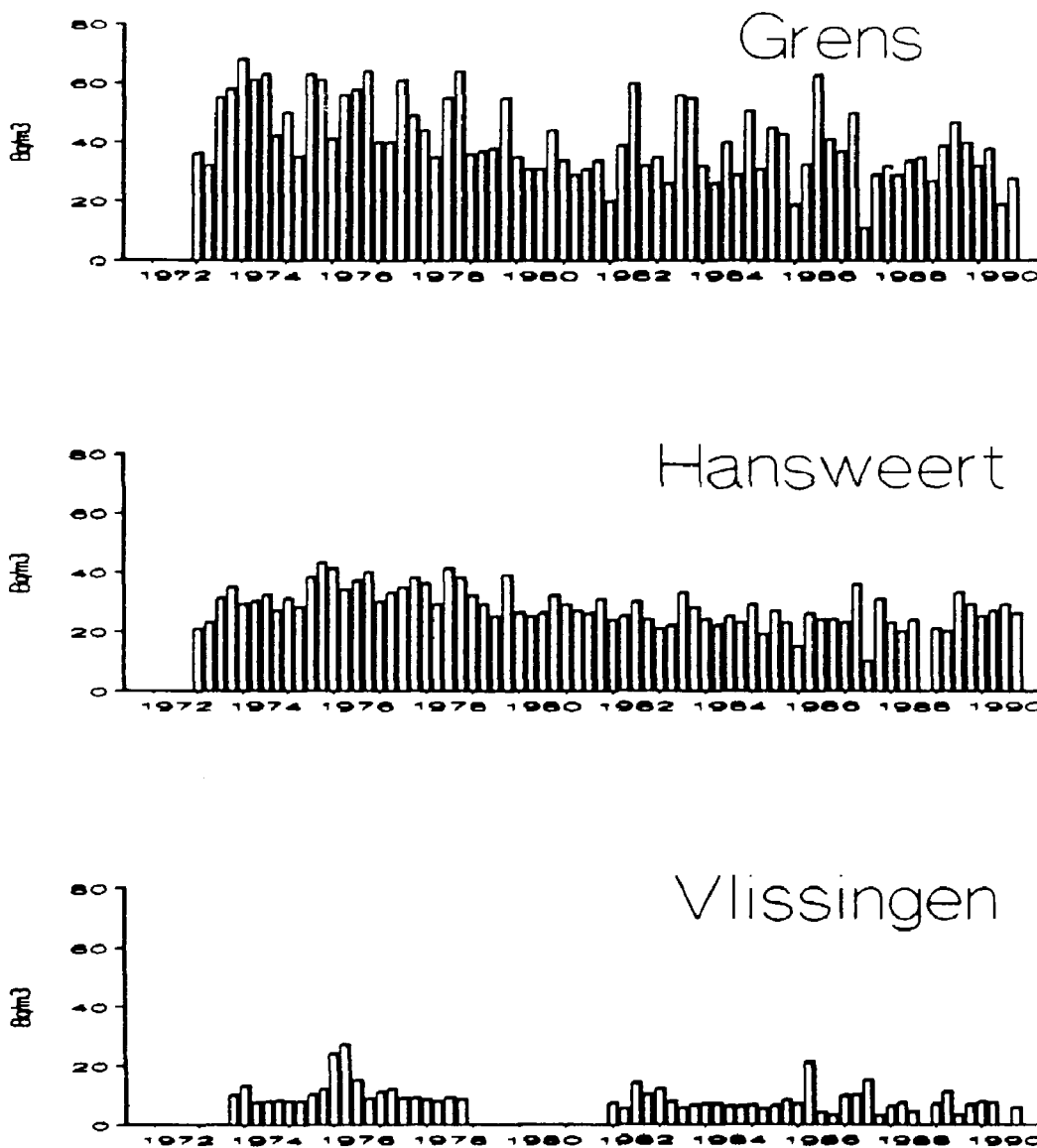
Figuur 2. Het ^{90}Sr -gehalte in kwartaalmengmonsters afkomstig uit Maas, Rijn en Roer sinds 1972.



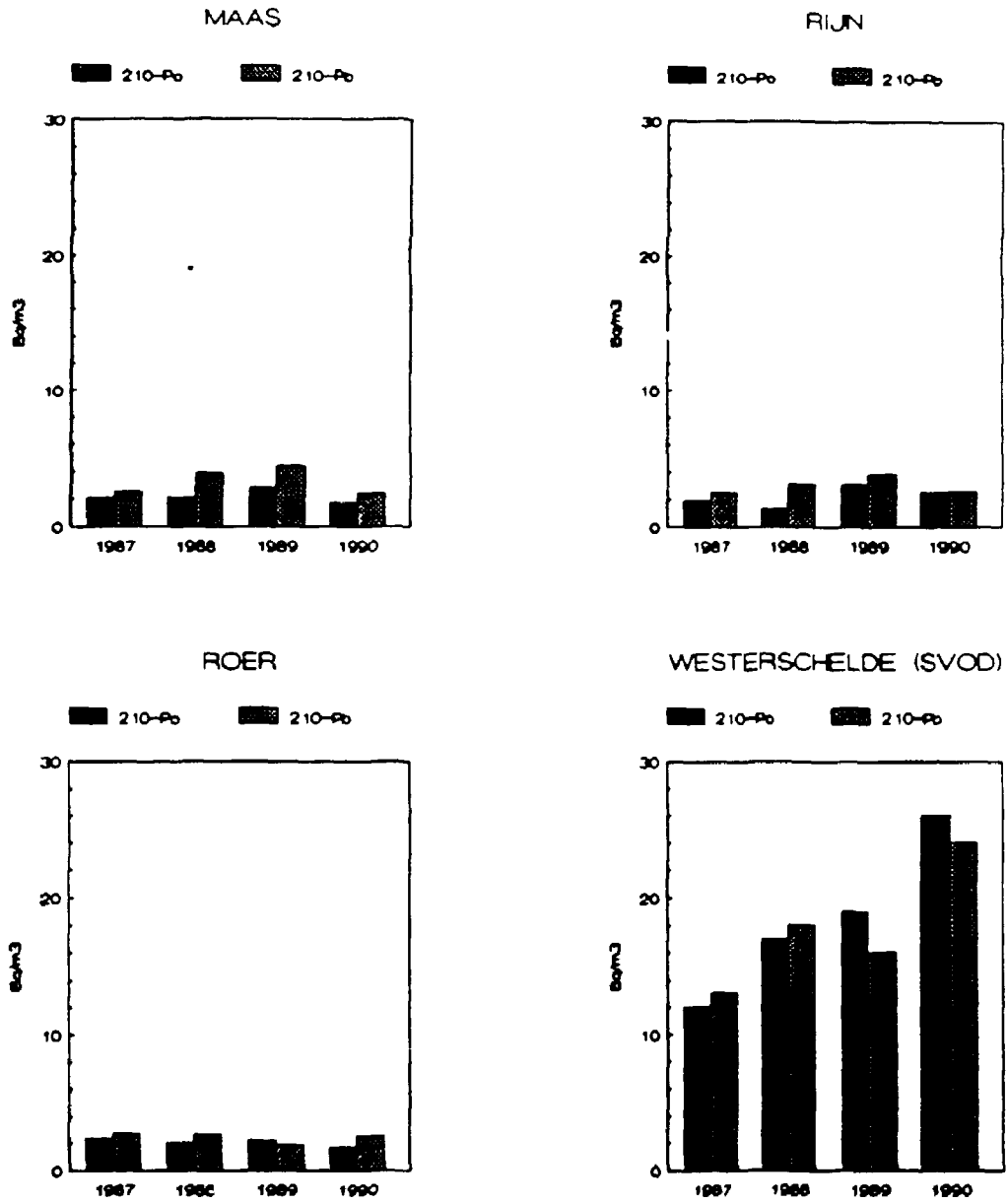
Figuur 3. Het ^{90}Sr -gehalte in kwartaalmengmonsters afkomstig uit de Westerschelde op drie verschillende locaties sinds 1972.



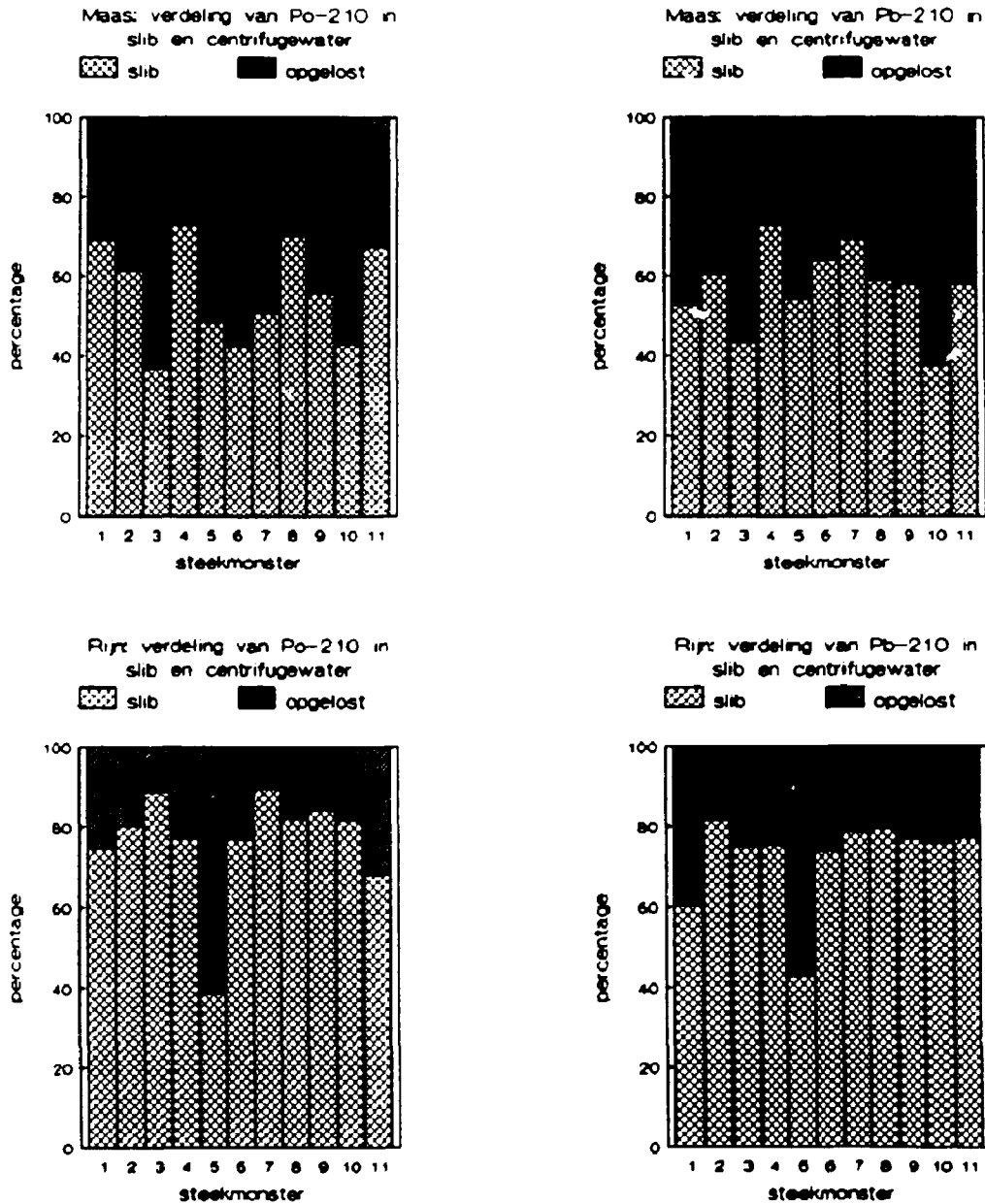
Figuur 4. Het ^{226}Ra -gehalte in kwartaalmengmonsters afkomstig uit Maas, Rijn en Roer sinds 1972.



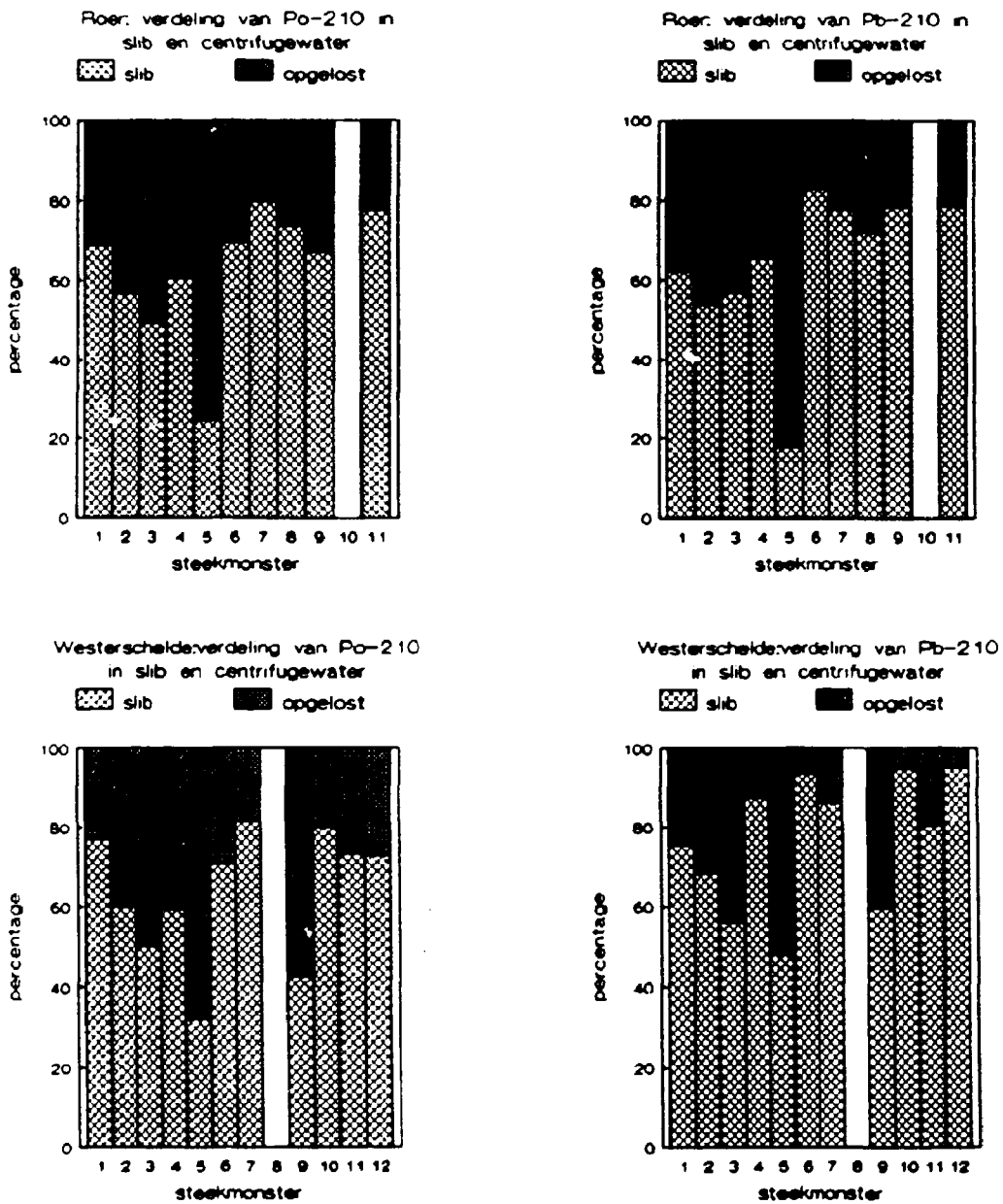
Figuur 5 Het ^{226}Ra -gehalte in kwartaalmengmonsters afkomstig uit de Westerschelde op drie verschillende locaties sinds 1972.



Figuur 6. ^{210}Po - en ^{210}Pb -gehalten in de Maas, Rijn, Roer en Westerschelde over een periode van vier jaar.



Figuur 7. Radioactiviteit als gevolg van de aanwezigheid van ^{210}Po en ^{210}Pb in oppervlaktewater. Percentage van de activiteitsconcentratie afkomstig van slib en van centrifugewater (totaal 100%). Gegevens van de Maas en de Rijn.



Figuur 8. Radioactiviteit als gevolg van de aanwezigheid van ^{210}Po en ^{210}Pb in oppervlaktewater. Percentage van de activiteitsconcentratie afkomstig van slib en van centrifugewater (totaal 100%). Gegevens van de Roer en de Westerschelde.