

RIVM Rapport 610100005/2003

**Radium in baggerspecie afkomstig uit het
Rijnmondgebied**

Resultaten over 2002 en correcties voor 1994-2001

H. Bijwaard, R.M.W. Overwater, P. Glastra en L.A. Nissan

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Stoffen, Afvalstoffen en Straling, in het kader van project M/610100/01/AO 'Ondersteuning Beleid Ioniserende Straling (OBIS)', mijlpaal 'Slib Nieuwe Waterweg'.

RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71

ABSTRACT

The radium concentration was measured in 25 samples of harbour sludge taken from the Rijnmond area (Rotterdam harbours and the Nieuwe Waterweg) in 2002. High radium levels were found near the former discharge points of the phosphate ore processing plants, confirming the results of previous campaigns. The results of these previous campaigns (1994-2001) were corrected for a calibration defect that had been indicated in an international comparison of measurements. The cause of this defect appeared to be radon leakage from the calibration samples, resulting in an overestimation of radium concentrations by 16%. However, this turned out to be of no consequence for the conclusions drawn in previous reports. For 2002, the highest radium concentration of about 209 Bq.kg⁻¹ was found in a sample from the Nieuwe Maas (NM-2). The average total amount of radium of industrial origin for 2000 to 2002 in the nine regularly probed sections showing the highest radium levels was found to be approximately half the average for the 1995–1997 period. This is probably the effect of the decrease in the former industrial releases.

INHOUD

| | |
|--|-----------|
| Samenvatting | 4 |
| 1. Inleiding | 5 |
| 2. Materiaal en methoden | 6 |
| 2.1 Bemonstering | 6 |
| 2.2 Monstervoorbereiding en analyse | 6 |
| 3. Resultaten en discussie | 7 |
| 4. Conclusies en aanbevelingen | 10 |
| Literatuur | 11 |
| Bijlage 1: Verzendlijst | 12 |
| Bijlage 2: Indeling van het havengebied | 13 |
| Bijlage 3: Herziening bepaling van het totaal en natuurlijk radiumgehalte | 14 |
| Bijlage 4: Analyseresultaten 2002 | 17 |
| Bijlage 5: Totaal ^{226}Ra-gehalte per vak in de periode 1994–2002 | 18 |
| Bijlage 6: Totale ^{226}Ra-vracht per vak in de periode 1994–2002 | 20 |
| Bijlage 7: Natuurlijk ^{226}Ra-gehalte per vak in de periode 1994–2002 | 22 |
| Bijlage 8: Natuurlijke ^{226}Ra-vracht per vak in de periode 1994–2002 | 24 |
| Bijlage 9: Toegevoegd ^{226}Ra-gehalte per vak in de periode 1994–2002 | 26 |
| Bijlage 10: Toegevoegde ^{226}Ra-vracht per vak in de periode 1994–2002 | 28 |

SAMENVATTING

In 2002 zijn wederom havenspeciemonsters verzameld in de Rotterdamse havens en in de Nieuwe Waterweg. Van 25 monsters is het ^{226}Ra -gehalte bepaald. Zoals ook in eerdere meetcampagnes is vastgesteld, worden hoge radiumgehalten gevonden in de omgeving van de voormalige lozingspunten van de fosfaatertsverwerkende industrieën. In de meetcampagne van 2002 is het hoogste ^{226}Ra -gehalte, circa 209 Bq.kg^{-1} , gevonden in een mengmonster afkomstig uit een vak gelegen in de Nieuwe Maas (NM-2).

Uit resultaten van internationale ringonderzoeken is gebleken dat de voorheen gerapporteerde radiumgehalten zijn overschat. De oorzaak daarvan lag in het niet geheel lekdicht zijn van de eertijds gebruikte kalibratiemonsters, waardoor een fractie van het radongas ontsnapte. Na herziening van de kalibratiemethode bleek de overschatting 16% te bedragen. De verbeterde kalibratiemethode heeft ook geleid tot een aanpassing in de berekening van de natuurlijke radiumgehalten in slibmonsters, zoals die vanaf 1998 plaatsvond. In dit rapport worden naast de nieuwe waarden voor 2002, alle gecorrigeerde waarden voor de periode 1994-2001 gegeven. Hoewel de eerder gerapporteerde overschotgehalten aan Ra-226 zijn verminderd, is de trend ongewijzigd gebleven en leiden de gecorrigeerde waarden niet tot andere conclusies.

De totale hoeveelheid radium van industriële oorsprong, in negen frequent onderzochte vakken met de hoogste radiumgehalten, blijkt gemiddeld over 2000-2002 ongeveer de helft te bedragen van het gemiddelde over de periode 1995-1997. Daarmee lijkt het stoppen van de lozingen eind 1999/begin 2000 er ook inderdaad toe te hebben geleid dat het overschotgehalte aan radium in het havenslib is afgenomen.

1. INLEIDING

Jaarlijks wordt het ^{226}Ra -gehalte bepaald in slibmonsters afkomstig uit de Rotterdamse havens en de Nieuwe Waterweg. Deze bepalingen zijn bedoeld om de mogelijke gevolgen van de voormalige lozings van de fosfaatertsverwerkende industrieën die aan de Nieuwe Waterweg waren gelegen, te volgen in de tijd. Het ^{226}Ra dat in verhoogde concentraties in bepaalde soorten fosfaaterts aanwezig is, werd immers tijdens het productieproces aan het erts onttrokken en met het afvalwater geloosd. Hoewel op deze wijze ook andere nucliden werden geloosd is de potentiële stralingsbelasting ten gevolge van het ^{226}Ra dominant [1].

Conform een aanbeveling in de rapportage uit 1996 over dit onderwerp [1] is ook in 2002 – net zoals in voorgaande jaren [2, 3, 4, 5, 6] – het ^{226}Ra -gehalte gemeten in monsters uit 18 havenvakken.

Beide aan de Nieuwe Waterweg gevestigde kunstmestproducenten zijn eind 1999, begin 2000 gestopt met de verwerking van fosfaaterts. Om te onderzoeken of dit invloed heeft op het radiumgehalte in het slib, is reeds in 1999 besloten om 1) de 18 standaard bemonsterde meetlocaties aan te vullen met 7 extra meetpunten en 2) deze extra meetpunten ook in volgende jaren te bemonsteren. Deze extra punten zijn geselecteerd uit havenvakken die in 1995 ook zijn onderzocht (21A, 25, 47, 50 en NM-7) of die dicht bij de lozingspunten zijn gelegen (vakken NM-1 en NM-3). Voor de ligging van de havenvakken en de voormalige lozingspunten wordt de lezer verwezen naar bijlage 2.

Net als in het verslag over 2001 [6] zijn afgeleide gegevens zoals natuurlijke en overschotgehalten berekend. Het overschotgehalte is gedefinieerd als het verschil tussen het gemeten ^{226}Ra -gehalte en het gehalte dat van nature in het betreffende monster verwacht mag worden. Dit laatste wordt bepaald aan de hand van de korrelgrootteverdeling van het geanalyseerde monster. Het overschotgehalte zegt dus hoeveel ^{226}Ra mogelijk is toegevoegd door menselijk handelen.

Eenmalig is in dit verslag over 2002 een uitgebreide bijlage (Bijlage 3) toegevoegd die ingaat op de correctie van kalibratiefouten in de bepalingen van het ^{226}Ra -gehalte in baggerspecie in de voorgaande jaren (1994-2001). Deze kalibratiefouten zijn het gevolg van het ontsnappen van radon uit de kalibratiemonsters. Dit heeft ertoe geleid dat het gemeten ^{226}Ra -gehalte in baggerspecie met 16% werd overschat. Het daarvan afgeleide overschotgehalte werd daardoor ook in meer of mindere mate overschat tot een waarde van ten hoogste 16%. Dit rapport geeft de voor bovengenoemde kalibratiefouten gecorrigeerde waarden voor de periode 1994-2001.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1 Bemonstering

In het voorjaar van 2002 zijn monsters verzameld in het kader van de jaarlijkse monstercampagne van Gemeentewerken Rotterdam en Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland [7], zoals dat ook voor de voorgaande onderzoeken is gebeurd [8, 9, 10, 11, 12]. Voor dit onderzoek zijn 25 vakken geselecteerd waar een hoog overschotgehalte wordt verwacht of in eerder onderzoek werd gevonden, of die gezien het hoge gemiddelde baggervolume significant kunnen bijdragen aan de totale overschotactiviteit voor het gehele gebied. Monsters uit vakken waaraan Gemeentewerken Rotterdam en Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland zelf metingen wensten uit te voeren, zijn in twee deelmonsters opgesplitst. Eén van beide deelmonsters is nat aangeleverd aan RIVM. Het volledige monster is aangeleverd aan RIVM indien het vak alleen voor het onderzoek naar radium was aangemerkt.

2.2 Monstervoorbereiding en analyse

Een deel van het monstermateriaal is aangeboden aan ALcontrol Laboratories gevestigd in Hoogvliet, voor bepaling van de massapercentages van organische stof, CaCO_3 en drie minerale fracties in de totale droge stof. Deze zijn nodig voor de bepaling van het natuurlijke radiumgehalte (zie Bijlage 3). Bepaald zijn het percentage droge stof met diameters $< 2 \mu\text{m}$, $< 16 \mu\text{m}$ en $< 63 \mu\text{m}$. Deze resultaten zijn via Rijkswaterstaat aan RIVM gerapporteerd [7]. Abusievelijk is niet de fractie $< 50 \mu\text{m}$ bepaald. Deze fractie is volgens een lognormaalverdeling geïnterpoleerd uit de fracties $< 16 \mu\text{m}$ en $< 63 \mu\text{m}$. De onzekerheid hierin wordt geschat op ongeveer 5 %. Dit leidt tot een verwaarloosbare bijdrage aan de totale onzekerheid in de bepaling van het natuurlijke radiumgehalte.

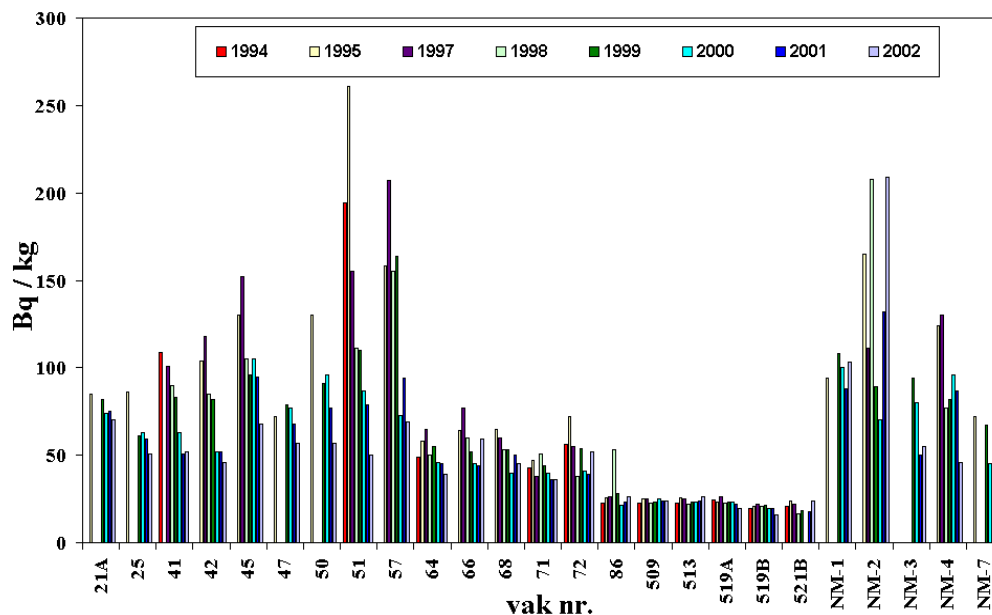
De rest van het materiaal is door RIVM gedroogd, verkleind en gehomogeniseerd met behulp van een kogelmolen. Vervolgens zijn de monsters lekdicht afgesloten om gedurende drie weken de kortlevende vervalproducten van radon (een vervalproduct van radium dat als gas uit een niet afgesloten monster zou kunnen ontsnappen) te laten ingroeien. Na ingroeien bestaat er evenwicht tussen radium en de dochterproducten waaronder ^{214}Pb en ^{214}Bi . Door met behulp van een Gedetector de gammastraling uitgezonden door ^{214}Pb en ^{214}Bi te meten is de ^{226}Ra -activiteit bepaald. Bij deze bepalingen wordt de uitgezonden gammastraling feitelijk vergeleken met die van een kalibratiemonster waarvan het radiumgehalte exact bekend is. Naar nu blijkt (zie bijlage 3) is in voorgaande jaren radongas uit de kalibratiemonsters ontsnapt waardoor er geen evenwicht van radium met de dochterproducten ontstond. De radiumgehalten werden daardoor overschat. In dit rapport worden daarom gecorrigeerde waarden voor 1994-2001 afgeleid. Om radonlekkage uit de kalibratiemonsters te voorkomen zijn deze voor de bepalingen voor 2002 ingeblijkt.

3. RESULTATEN EN DISCUSSIE

Bijlage 4 geeft de ruwe data voor de monsters die in 2002 zijn onderzocht. De gegevens zijn deels ontleend aan een rapportage aangeleverd door J. Mol van Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland [7].

De gemeten ^{226}Ra -gehalten en de totale radiumvrachten voor alle vakken bemonsterd in de periode 1994–2002 zijn samengebracht in bijlagen 5 en 6. Onder totale ‘vracht’ verstaat men de totale hoeveelheid van een bepaalde stof in de jaarlijks opgebaggerde specie. Overschotvrachten worden berekend door van de totale vracht de natuurlijke vracht af te trekken. De vrachten zijn berekend door het gemeten gehalte te vermenigvuldigen met de langjarig gemiddelde waarde voor de opgebaggerde hoeveelheden baggerspecie na droging zoals gebruikt in [1]. Daarbij moet worden aangetekend dat in 1996 geen ^{226}Ra -bepalingen zijn uitgevoerd.

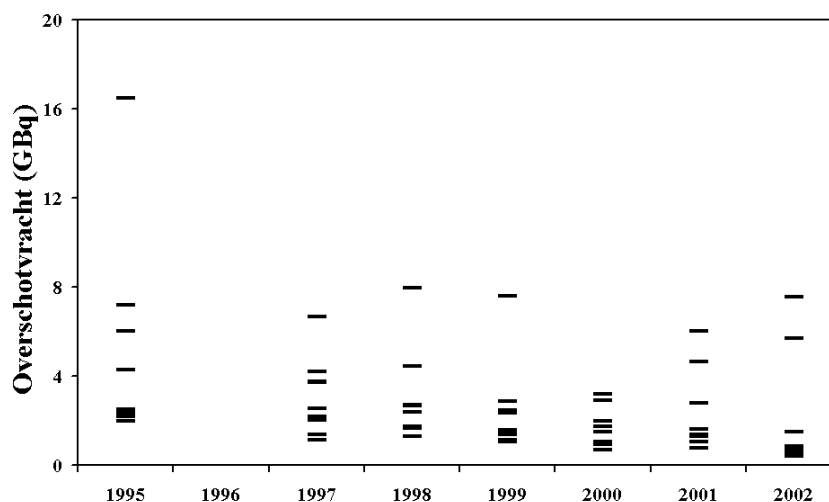
De berekende natuurlijke en overschotgehalten en de natuurlijke en overschotvrachten zijn samengebracht in Bijlagen 7 tot en met 10. In tegenstelling tot eerdere rapportages zijn niet uitsluitend de negen vakken met het hoogste totaal radiumgehalte opgenomen, maar alle vakken die in de periode 1994-2002 één of meerdere malen zijn bemonsterd. Voor deze opzet is gekozen omdat alle getallen nu zijn gecorrigeerd voor onvolkomenheden in de kalibratie (zie Bijlage 3).



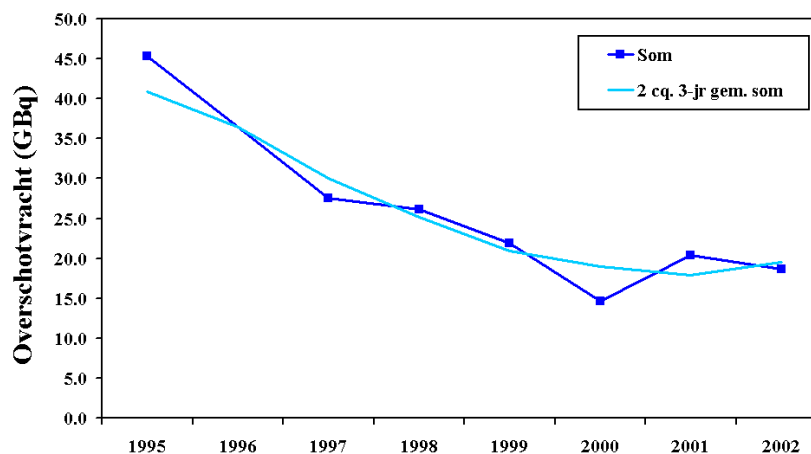
Figuur 1: Vergelijking van het totale ^{226}Ra -gehalte van alle 25 onderzochte vakken

De ruimtelijke verschillen in ^{226}Ra -gehalte zoals die zijn gevonden in voorgaande jaren, worden over het algemeen door de resultaten voor 2002 bevestigd (Figuur 1). Voor de periode 1994-2001 verschillen de trends niet van die verkregen

met de onvolkomen kalibratie. Voor 2002 worden wederom hoge gehalten gemeten in de Nieuwe Maas nabij de voormalige lozingspunten van de bedrijven (vakken NM-1, NM-2). Hierbij valt op dat de variatie in vak NM-2 behoorlijk groot is. De oorzaak hiervan is onbekend. De gevonden gehalten liggen voor de meeste onderzochte vakken nog steeds boven de natuurlijke waarden van 13 tot 33 Bq.kg⁻¹ (zie ook bijlagen 7 en 9). Dit betekent dat het effect van de lozingen (die eind 1999/begin 2000 zijn beëindigd) nog niet is verdwenen.



Figuur 2: Trend in de overschotvracht ²²⁶Ra voor 9 frequent onderzochte vakken met een hoog radiumgehalte



Figuur 3: Trend in de totale overschotvracht ²²⁶Ra voor 9 frequent onderzochte vakken tezamen (som) en lopend gemiddelde over perioden van 3 jaar (2 jaar voor 1995 en 2002). Hierbij is aangenomen dat de overschotvracht in 1996 gelijk was aan het gemiddelde over 1995 en 1997

Analyse van de overschotvrachten in negen geselecteerde vakken met een hoog radiumgehalte (42, 51, 64, 66, 68, 71, 72, NM-2 en NM-4) leert dat de totale

vracht voor deze vakken in de loop der jaren duidelijk is gedaald: het gemiddelde over de jaren 1995–1997 is tweemaal zo hoog als het gemiddelde over de jaren 2000–2002 (Figuren 2 en 3). Deze daling kan worden verklaard door 1) het stoppen van de productie van fosforzuur uit fosforerts in 1999/2000, 2) een gestaag dalende fosfaatproductie en radiumemissie in de daaraan voorafgaande jaren, en 3) het omschakelen naar ertsen met een laag gehalte aan natuurlijke radionucliden in de laatste productie jaren (Tabel 1).

Tabel 1: Totale jaarlijkse lozingen voor drie nucliden die door beide in het Rijnmondgebied gevestigde fosfaatertsverwerkende bedrijven tijdens het productieproces aan het erts werden onttrokken en met het afvalwater werden geloosd.

| Radionuclide | 1994 | 1996 | 1998 |
|-------------------|------|-------------------------|------|
| | | (GBq.a. ⁻¹) | |
| ²²⁶ Ra | 809 | 598 | 377 |
| ²¹⁰ Pb | 713 | 584 | 329 |
| ²¹⁰ Po | 733 | 569 | 369 |

De gegevens zijn ontleend aan de rapportages van de betrokken bedrijven naar aanleiding van voorschriften in hun vergunning. In 1999/2000 is de productie stopgezet.

4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De resultaten van de analyses van slibmonsters verzameld in 2002 in de Rotterdamse havens en waterwegen bevestigen de ruimtelijke verschillen in ^{226}Ra -gehalten zoals die zijn gevonden in voorgaande jaren. De ^{226}Ra -gehalten van de afgelopen jaren moesten echter bijgesteld worden vanwege onvolkomenheden in de kalibratie. Deze onvolkomenheden leidden tot een overschatting van de totale radiumgehalten met 16%. Dit verandert echter niets aan de conclusies met betrekking tot de gevonden neergaande trends. Het radiumgehalte is in de loop der jaren gestaag gedaald, waarschijnlijk als gevolg van dalende lozingen en het geheel beëindigen van de lozingen in 1999/2000. Het radiumgehalte dat vermoedelijk is toegevoegd door de voormalige fosfaatertsverwerkende industrie is echter nog steeds duidelijk meetbaar.

Omdat de bepaalde radiumgehalten in veel gevallen nog steeds boven de natuurlijke achtergrondwaarden liggen, adviseert het RIVM om het beperkte monitoringprogramma ook in volgende jaren uit te voeren en om dit programma te koppelen aan de campagnes van Gemeentewerken Rotterdam en Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, zoals dat tot nu toe gebeurd is.

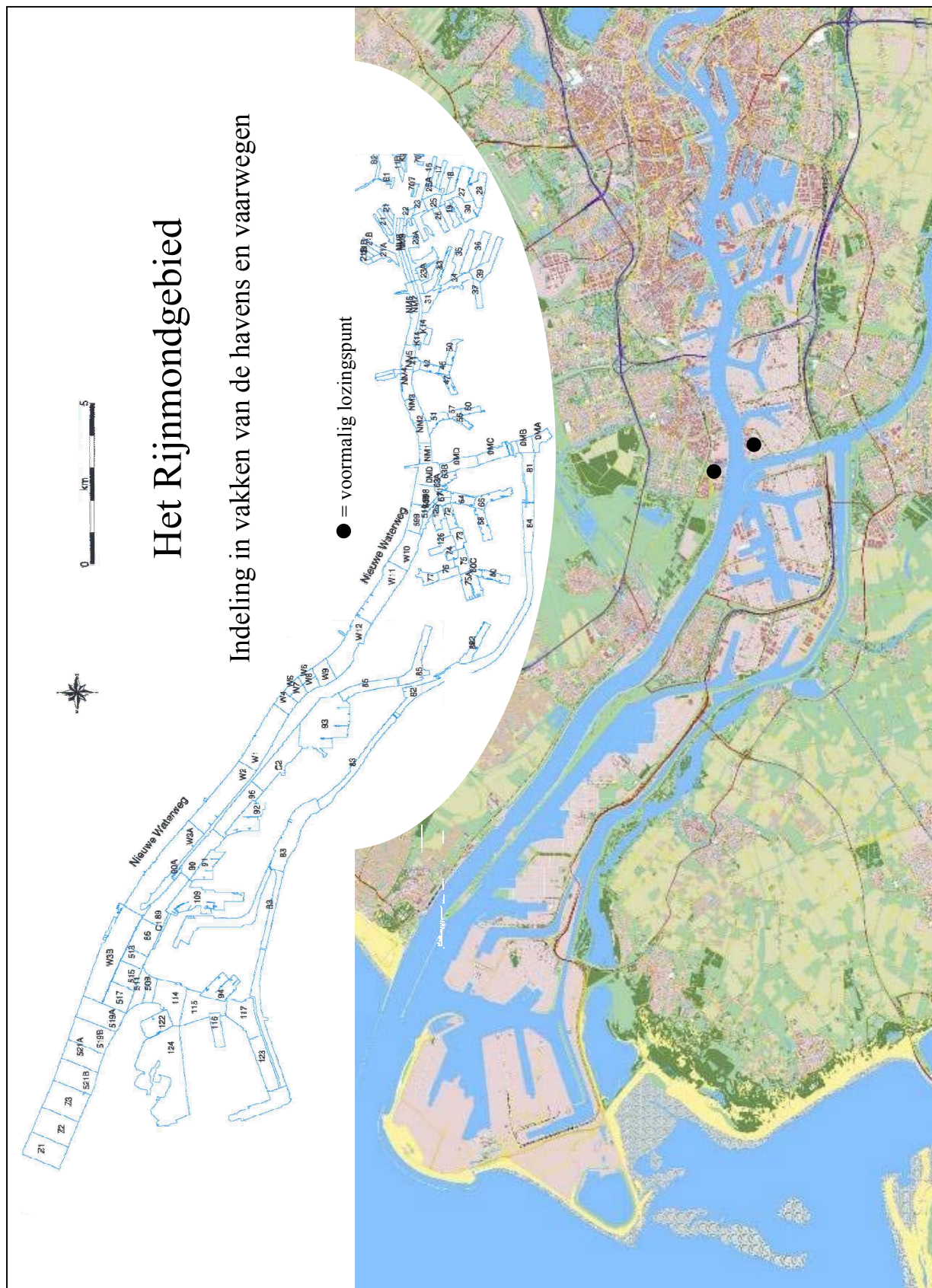
LITERATUUR

- [1] Stoop P, Lembrechts J. 1996. Radium in baggerspecie van 1994 en 1995 uit het Rijnmondgebied - Metingen en dosisberekeningen. RIVM, Bilthoven, rapport nr. 610058004
- [2] Lembrechts J, Glastra P, Stoop P. 1998. Radium in baggerspecie afkomstig uit het Rijnmondgebied. Resultaten over 1997. RIVM, Bilthoven, rapport nr. 610058007
- [3] Lembrechts J en Glastra P. 1998. Radium in baggerspecie afkomstig uit het Rijnmondgebied. Resultaten over 1998. RIVM briefrapport met kenmerk 906/98 Sm/Lem/pbz
- [4] Lembrechts J, Glastra P, Nissan LA. 1999. Radium in baggerspecie afkomstig uit het Rijnmondgebied. Resultaten over 1999. RIVM briefrapport met kenmerk 935/99
- [5] Lembrechts J, Glastra P, Nissan LA. 2000. Radium in baggerspecie afkomstig uit het Rijnmondgebied. Resultaten over 2000. RIVM briefrapport met kenmerk 578/00
- [6] Lembrechts J, Glastra P, Nissan LA, Overwater RMW. 2002. Radium in baggerspecie afkomstig uit het Rijnmondgebied. Resultaten over 2001. RIVM, Bilthoven, rapport nr. 610050010
- [7] Duintjer J. 2002. Milieuaspecten onderhoudsbaggerspecie. Resultaten monstercampagne 2002. Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam/RWS Directie Zuid-Holland, 12p. + bijlagen
- [8] Krijgsman A. 1997. Milieuaspecten onderhoudsbaggerspecie. Resultaten monstercampagne Rotterdamse havens en vaarwegen. Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam/RWS Directie Zuid-Holland, rapport nr. Rt178.1, 16p. + bijlagen
- [9] Eisma M. 1998. Milieu-aspecten onderhoudsbaggerspecie. Resultaten monstercampagne 1998. Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam/RWS Directie Zuid-Holland, 13p. + bijlagen
- [10] Eisma M. 1999. Milieu-aspecten onderhoudsbaggerspecie. Resultaten monstercampagne 1999. Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam/RWS Directie Zuid-Holland, 13p. + bijlagen
- [11] Duintjer J en Eisma M. 2000. Milieu-aspecten onderhoudsbaggerspecie. Resultaten monstercampagne 2000. Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam/RWS Directie Zuid-Holland, 13p. + bijlagen
- [12] Duintjer J. 2001. Milieuaspecten onderhoudsbaggerspecie. Resultaten monstercampagne 2001. Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam/RWS Directie Zuid-Holland, 10p. + bijlagen
- [13] Nederlands Normalisatie Instituut 2001. Radioactiviteitsmetingen – Bepaling van de natuurlijke radioactiviteit in steenachtige bouwproducten met behulp van halfgeleider-gammaspectrometrie. NEN-5697, 24 p.
- [14] Stoop P, Glastra P, Hiemstra Y, de Vries L, Lembrechts J. 1998. Results of the second Dutch national survey on radon in dwellings. RIVM, Bilthoven, rapport nr. 610058006
- [15] Köster HW, Keen A, Pennders RMJ, Bannink DW, de Winkel JH. Linear regression models for the natural radioactivity (^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K) in Dutch soils: a key to anomalies. Radiat. Prot. Dosim. 24, pp. 63-68, 1988

BIJLAGE 1: VERZENDLIJST

| | |
|-------|---|
| 1-10 | Directeur van de Directie Stoffen, Afvalstoffen en Straling |
| 11 | Plaatsvervangend Directeur-Generaal Milieubeheer |
| 12 | Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie |
| 13 | Directie RIVM |
| 14 | Directeur Sector Milieurisico's en Externe Veiligheid |
| 15-17 | Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland |
| 18 | Water Research Stichting |
| 19 | Hoofd van het Laboratorium voor Stralingsonderzoek |
| 20 | Hoofd van de LSO-afdeling Risicoanalyse en Modelonderzoek |
| 21 | Hoofd van de LSO-afdeling Monitoring en Meetmethoden |
| 22-25 | Auteurs |
| 26 | Hoofd SBC/Communicatie |
| 27 | Bureau Rapportenregistratie |
| 28 | Bibliotheek RIVM |
| 29 | Bibliotheek LSO |
| 30-44 | Bureau Rapportenbeheer |
| 45-50 | Reserve-exemplaren LSO |

BIJLAGE 2: INDELING VAN HET HAVENGEBIED



BIJLAGE 3: HERZIENING BEPALING VAN HET TOTAAL EN NATUURLIJK RADIUMGEHALTE

RIVM/LSO bepaalt radiumgehalten door middel van gammaspectrometrie. De procedure die hiervoor tot nu toe gevolgd werd staat uitvoerig beschreven in het eerste RIVM-rapport over Radium in Baggerspecie [1]. De metingen worden uitgevoerd volgens de standaardprocedures voor gammaspectrometrie van LSO. Het LSO-kwaliteitssysteem vereist dat regelmatig deel wordt genomen aan nationale en internationale ringonderzoeken of dat metingen aan gecertificeerde referentiemonsters worden verricht. Tevens dient met controlebronnen de stabiliteit van de kalibratie van de detectoropstelling te worden gevolgd.

Kalibratie

De laatste kalibratie voor de gebruikte meetopstelling voor de geometrie ^{226}Ra in grond' heeft plaatsgevonden op 10 januari 1996 [1]. De kalibratie is uitgevoerd met een gecertificeerde radiumoplossing die met aluminiumoxidepoeder is gemengd en gedroogd. Vervolgens is dit poeder gemengd met enkele referentiegronden. Na drie weken ingroei van radiumdochternucliden zijn de monsters gemeten. Aangezien de referentiegronden verschillende dichtheid hebben, kan een kalibratiefactor als functie van de volumieke massa van het monster worden bepaald.

Kalibratiecontrole

Ringonderzoeken voor ^{226}Ra in grond/slib zijn schaars, maar in de periode vanaf 1996 is meegedaan aan een tweetal ringonderzoeken. De lage ^{226}Ra -activiteit in de ringonderzoekmaterialen zorgde voor grote telonzekerheden in de resultaten die door LSO zijn bepaald. Hoewel alle door LSO gerapporteerde waarden circa 20-30% hoger lagen dan de gemiddelden van de andere deelnemers (die overigens onderling een aanzienlijke variatie vertoonden), week geen van de afzonderlijke waarden significant af van deze gemiddelden.

Stabiliteitscontrole

Controle op de stabiliteit van de meetopstelling vindt plaats met referentiebronnen. De gemeten activiteiten van ^{109}Cd en ^{60}Co worden nauwlettend gevolgd in de tijd via Shewhart-controlekaarten. In de periode vanaf 10 januari 1996 is niet gebleken dat herkalibratie noodzakelijk is (dit laatste vindt plaats als de activiteit ten opzichte van het startpunt 5% of meer is veranderd). Er is ook geen significante trend waargenomen in de gemeten activiteiten.

Jaarlijks worden er nog extra controles uitgevoerd op stabiliteit door drie oude slibmonsters van het vorige jaar opnieuw te meten (één met lage, één met hoge en één met gemiddelde activiteit), zodat van jaar tot jaar vergelijking mogelijk is. Ook hierbij is nooit gebleken dat de opstelling opnieuw gekalibreerd diende te worden.

Evaluatie kalibratie 1996

Gezien de systematisch te hoge resultaten voor de ringonderzoeken is de kalibratie uitvoerig geëvalueerd. Na beoordeling van alle parameters gebruikt bij de hierbo-

ven beschreven kalibratiemethode bleef nog slechts één onzekerheid over: Is het ^{226}Ra in het kalibratiemonster volledig in evenwicht met de dochternucliden ^{214}Pb en ^{214}Bi , of ontsnapt er ^{222}Rn uit het kalibratiemonster?

Radium-radon evenwicht

Nadere inspectie van de bij de kalibratie gebruikte spectra laat zien dat uit de kalibratiemonsters inderdaad ^{222}Rn ontsnapt, waardoor volledig evenwicht tussen ^{226}Ra en ^{222}Rn in deze monsters niet wordt bereikt. Dit wordt zeer waarschijnlijk veroorzaakt doordat het ^{226}Ra gebonden zit aan het oppervlak van het aluminiumoxide, zodat de emanatie groot is en het niet geheel lekdicht zijn van de teldeels relevant wordt. Er is tevens gekeken of de ^{222}Rn -lekkage uit de teldeels ook optreedt bij de slibmonsters zoals gemeten sinds 1994. Dit is gedaan door de monsters radondicht te verpakken en te kijken of nog ^{222}Rn -ingroei plaatsvindt. Op basis van deze bepaling is bij deze monsters geen lekkage aangetoond. Blijkbaar ontsnapt er nauwelijks radon uit het slibmateriaal. Dit in tegenstelling tot de radonlekkage uit de kalibratiemonsters.

Herkalibratie

De oplossing voor het lekkage-probleem is het gebruik van lekdichte containers voor het verpakken van zowel kalibratiemonsters als ook grond-/slibmonsters, waardoor het zeker is dat volledig evenwicht in de monsters wordt bereikt. Gekozen is voor het inblikken van de monsters.

Tevens zijn referentie-ertsen gebruikt om nieuwe kalibratiemonsters aan te maken in plaats van een ^{226}Ra -oplossing en aluminiumoxidepoeder. Kalibratiemonsters zijn aangemaakt volgens NEN-5697, 'Radioactiviteitsmetingen - Bepalingen van de natuurlijke radioactiviteit in steenachtige bouwproducten met behulp van halfgeleider-gammaspectrometrie' [13].

Op basis van deze herkalibratie is gebleken dat de tot nu toe gerapporteerde ^{226}Ra -waarden in de jaarlijkse rapportages Radium in Baggerspecie met terugwerkende kracht (tot en met 1994) met een factor 1,16 dienen te worden verlaagd. Of deze factor eveneens gebruikt kan worden voor eerder gedane bepalingen van ^{226}Ra in andersoortige monsters zal middels aanvullend onderzoek moeten worden uitgezocht.

Bepaling natuurlijk radium

De bepaling van natuurlijk radium op basis van de vergelijking gegeven in het eerste Radium in Baggerspecie rapport [1] is herroepen in een rapport over het landelijk onderzoek naar radon in woningen [14] van 1998. In het rapport wordt op basis van gemeten ^{226}Ra -gehalten een nieuwe vergelijking, op basis van de massapercentages van drie minerale fracties, afgeleid.

De formule voor het natuurlijk radiumgehalte zoals gegeven in [1], afgeleid uit een formule voor natuurlijk uranium in grond [15], is als volgt:

$$^{226}\text{Ra}_{\text{nat}} = (0,60 \times F_{<2} + 0,37 \times F_{2-50} + 0,08 \times F_{50->}) \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1} \quad (1)$$

waarbij $F_{<2}$ staat voor de fractie $< 2 \mu\text{m}$, F_{2-50} voor de fractie tussen 2 en 50 μm en $F_{50->}$ voor de fractie $> 50 \mu\text{m}$.

De in [14] afgeleide formule is:

$$^{226}\text{Ra}_{\text{nat}} = (0,95 \times F_{-2} + 0,36 \times F_{2-50} + 0,08 \times F_{50}) \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1} \quad (2)$$

In [14] wordt tevens aanbevolen voortaan deze formule te gebruiken in nieuwe berekeningen van $^{226}\text{Ra}_{\text{nat}}$. Vanaf 1998 is dit ook toegepast in alle rapportages van Radium in Baggerspecie. Tevens zijn de natuurlijk radiumgehalten uit [1] opnieuw berekend en gerapporteerd in [2].

Het herroepen van vergelijking (1) is gedaan op basis van meetwaarden die bij nader inzien niet correct zijn vanwege de lekkage van ^{222}Rn uit de kalibratiemonsters, zodat er een foutieve conclusie getrokken werd wat betreft de aanpassing van vergelijking (1). Met de nieuwe kalibratie blijken de monsters uit de vakken in de monding van de Nieuwe Waterweg (86, 509, 513, 519A, 519B en 521B) volgens vergelijking (1) een toegevoegd radiumgehalte te hebben dat niet significant afwijkt van 0 (zie bijlage 9). Op basis hiervan is besloten vergelijking (1) weer te gebruiken.

Conclusies

Alle meetwaarden van ^{226}Ra in baggerspecie gerapporteerd in [1, 2, 3, 4, 5 en 14] zijn verlaagd met de hierboven gegeven herkalibratiefactor 1,16.

Alle berekende natuurlijke ^{226}Ra -gehalten op basis van de korrelgrootteverdeling van de minerale fracties zijn herberekend met de oorspronkelijke vergelijking (1).

De resultaten van de herberekening staan in bijlagen 5 tot en met 10.

BIJLAGE 4: ANALYSERESULTATEN 2002

| Monster-nummer | Locatie | Vak | Monster-datum | Droogrest % | Vulmassa droog (g) | Org. CaCO ₃ | F ₂ % | F _{2.50} ** | F ₅₀ ** | Pb-214 | | Bi-214 | | Ra-226 | | |
|----------------|-------------------|------|---------------|-------------|--------------------|------------------------|------------------|----------------------|--------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|--------------------|---------------------|-------|
| | | | | | | | | | | Gehalte (Bq/kg) | Telfout (%) | Gehalte (Bq/kg) | Telfout (%) | Gemiddelde (Bq/kg) | Totale fout (Bq/kg) | |
| 020246 | Nieuwe Waterweg | 519A | 26-mit-02 | 51,2 | 355 | 2,3 | 14,0 | 7,6 | 18,7 | 57,4 | 19,87 | 6,81 | 19,27 | 8,60 | 19,57 | 1,69 |
| 020247 | Nieuwe Waterweg | 519B | 26-mit-02 | 50,7 | 373 | 1,6 | 15,0 | 8,9 | 11,3 | 63,2 | 15,28 | 12,19 | 16,26 | 9,57 | 15,77 | 1,61 |
| 020248 | Nieuwe Waterweg | 521B | 26-mit-02 | 59,0 | 390 | 1,6 | 12,0 | 4,1 | 12,1 | 70,2 | 24,69 | 7,37 | 22,41 | 7,85 | 23,55 | 2,02 |
| 020249 | Waalhaven | 25 | 03-apr-02 | 47,7 | 266 | 4,9 | 8,1 | 22,0 | 27,8 | 37,2 | 52,66 | 5,49 | 48,67 | 3,87 | 50,67 | 3,81 |
| 020250 | 1e Petroleumhaven | 51 | 08-mei-02 | 41,8 | 256 | 6,0 | 7,4 | 25,0 | 36,5 | 25,1 | 52,43 | 5,10 | 47,38 | 6,24 | 49,91 | 3,90 |
| 020251 | 1e Petroleumhaven | 57 | 08-mei-02 | 36,8 | 248 | 7,2 | 15,0 | 28,0 | 32,6 | 17,2 | 71,09 | 2,94 | 66,66 | 4,40 | 68,88 | 4,96 |
| 020252 | 2e Petroleumhaven | 41 | 07-mei-02 | 40,5 | 251 | 7,2 | 7,3 | 24,0 | 40,4 | 21,1 | 51,67 | 4,80 | 52,34 | 5,43 | 52,01 | 3,97 |
| 020253 | 2e Petroleumhaven | 42 | 07-mei-02 | 34,2 | 235 | 8,1 | 13,0 | 31,0 | 34,6 | 13,3 | 46,06 | 8,01 | 46,92 | 6,98 | 46,49 | 3,98 |
| 020254 | 2e Petroleumhaven | 45 | 07-mei-02 | 32,2 | 251 | 6,8 | 13,0 | 27,0 | 43,3 | 9,9 | 69,43 | 4,13 | 67,13 | 4,80 | 68,28 | 5,06 |
| 020255 | 2e Petroleumhaven | 50 | 07-mei-02 | 42,9 | 274 | 2,5 | 5,5 | 18,0 | 32,3 | 41,7 | 60,45 | 4,46 | 54,28 | 5,29 | 57,37 | 4,32 |
| 020256 | 3e Petroleumhaven | 64 | 27-mit-02 | 42,0 | 255 | 10,1 | 15,0 | 23,0 | 33,6 | 18,3 | 40,07 | 9,82 | 38,72 | 5,63 | 39,40 | 3,47 |
| 020257 | 3e Petroleumhaven | 66 | 28-mit-02 | 35,2 | 265 | 6,5 | 14,0 | 28,0 | 31,1 | 20,4 | 61,67 | 4,65 | 57,22 | 4,80 | 59,45 | 4,45 |
| 020258 | 3e Petroleumhaven | 68 | 27-mit-02 | 34,1 | 264 | 13,2 | 14,0 | 30,0 | 35,6 | 7,2 | 47,16 | 5,75 | 43,04 | 5,65 | 45,10 | 3,53 |
| 020259 | Calandkanaal | 86 | 25-mit-02 | 31,1 | 253 | 5,0 | 13,0 | 24,0 | 41,3 | 16,7 | 23,88 | 9,85 | 28,33 | 9,37 | 26,11 | 2,49 |
| 020260 | Centrale Geul | 72 | 28-mit-02 | 32,2 | 249 | 7,0 | 12,0 | 29,0 | 40,3 | 11,7 | 52,89 | 5,81 | 50,41 | 5,04 | 51,65 | 4,00 |
| 020261 | Maasmond | 509 | 26-mit-02 | 30,2 | 258 | 10,0 | 17,0 | 21,0 | 34,3 | 17,7 | 24,82 | 5,52 | 23,24 | 8,61 | 24,03 | 2,02 |
| 020262 | Maasmond | 513 | 25-mit-02 | 21,7 | 307* | 5,8 | 15,0 | 23,0 | 37,8 | 18,4 | 26,47 | 4,07 | 25,34 | 8,96 | 25,91 | 2,14 |
| 020263 | Merwehaven | 21A | 04-apr-02 | 39,4 | 282 | 9,0 | 7,7 | 27,0 | 40,8 | 15,5 | 69,84 | 5,15 | 70,41 | 3,10 | 70,13 | 5,15 |
| 020264 | Monding Botlek | 71 | 27-mit-02 | 49,8 | 295 | 4,9 | 12,0 | 25,0 | 30,6 | 27,5 | 38,00 | 5,78 | 33,84 | 7,94 | 35,92 | 2,97 |
| 020265 | Nieuwe Maas | NM7 | 06-mei-02 | 59,5 | 394 | 2,5 | 7,2 | 8,2 | 19,1 | 63,0 | 49,70 | 4,25 | 51,31 | 4,46 | 50,51 | 3,73 |
| 020266 | Nieuwe Maas | NM4 | 08-mei-02 | 51,2 | 351 | 6,2 | 13,0 | 17,0 | 33,8 | 30,0 | 44,33 | 4,51 | 47,01 | 5,04 | 45,67 | 3,43 |
| 020267 | Nieuwe Maas | NM3 | 07-mei-02 | 43,7 | 291 | 4,9 | 14,0 | 17,0 | 33,8 | 30,3 | 58,12 | 7,03 | 51,47 | 5,70 | 54,80 | 4,45 |
| 020268 | Nieuwe Maas | NM2 | 07-mei-02 | 54,1 | 341 | 3,8 | 14,0 | 14,0 | 35,1 | 33,1 | 208,02 | 1,43 | 210,43 | 1,88 | 209,23 | 14,25 |
| 020269 | Nieuwe Maas | NM1 | 08-mei-02 | 49,3 | 318 | 3,8 | 11,0 | 14,0 | 30,0 | 41,2 | 101,03 | 2,10 | 105,09 | 2,69 | 103,06 | 7,14 |
| 020270 | 2e Petroleumhaven | 47 | 07-mei-02 | 37,4 | 267 | 10,0 | 10,0 | 18,0 | 33,3 | 28,7 | 52,88 | 4,85 | 51,70 | 6,29 | 52,29 | 4,07 |

* te weinig monstermateriaal: 160 gram slib aangevuld met 147 gram kwartszandmeel. Resultaten op basis van oorspronkelijke hoeveelheid van 160 gram slib.

** op basis van lognormaal interpolatie zoals beschreven in hoofdstuk 2.2.

BIJLAGE 5: TOTAAL ²²⁶RA-GEHALTE PER VAK IN DE PERIODE 1994–2002

| vak # | 1994 Ra (Bq/kg) | 1995 Ra (Bq/kg) | 1997 Ra (Bq/kg) | 1998 Ra (Bq/kg) | 1999 Ra (Bq/kg) | 2000 Ra (Bq/kg) | 2001 Ra (Bq/kg) | 2002 Ra (Bq/kg) |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 11B | | 62 ± 3 | | | | | | |
| 16 | | 44,9 ± 1,9 | | | | | | |
| 17 | | 59 ± 2 | | | | | | |
| 21A | | 85 ± 3 | | | 82 ± 6 | 74 ± 6 | 75 ± 5 | 70 ± 5 |
| 22 | | 62 ± 3 | | | | | | |
| 23 | | 66 ± 3 | | | | | | |
| 25 | | 86 ± 3 | | | 61 ± 5 | 63 ± 5 | 59 ± 4 | 51 ± 4 |
| 25A | | 61 ± 3 | | | | | | |
| 34 | 47 ± 2 | | | | | | | |
| 37 | 34 ± 5 | | | | | | | |
| 41 | 109 ± 4 | | 101 ± 7 | 90 ± 6 | 83 ± 6 | 63 ± 5 | 51 ± 4 | 52 ± 4 |
| 42 | | 104 ± 4 | 118 ± 8 | 85 ± 6 | 82 ± 6 | 52 ± 4 | 52 ± 4 | 46 ± 4 |
| 45 | | 130 ± 5 | 152 ± 11 | 105 ± 7 | 96 ± 7 | 105 ± 7 | 95 ± 7 | 68 ± 5 |
| 47 | | 72 ± 3 | | | 79 ± 6 | 77 ± 5 | 68 ± 5 | 57 ± 4 |
| 50 | | 130 ± 5 | | | 91 ± 6 | 96 ± 7 | 77 ± 5 | 57 ± 4 |
| 51 | 194 ± 8 | 261 ± 10 | 155 ± 11 | 111 ± 8 | 110 ± 8 | 87 ± 6 | 79 ± 6 | 50 ± 4 |
| 57 | | 158 ± 6 | 207 ± 14 | 155 ± 11 | 164 ± 11 | 73 ± 5 | 94 ± 7 | 69 ± 5 |
| 64 | 49 ± 3 | 58 ± 2 | 65 ± 5 | 50 ± 4 | 55 ± 4 | 46 ± 3 | 45 ± 4 | 39 ± 3 |
| 66 | | 64 ± 3 | 77 ± 6 | 60 ± 5 | 52 ± 4 | 45 ± 3 | 44 ± 4 | 59 ± 4 |
| 67 | 39,2 ± 1,8 | | | | | | | |
| 68 | | 65 ± 3 | 60 ± 4 | 53 ± 4 | 53 ± 4 | 40 ± 3 | 50 ± 4 | 45 ± 4 |
| 71 | 42,6 ± 1,9 | 47 ± 2 | 38 ± 3 | 51 ± 4 | 44 ± 3 | 40 ± 3 | 36 ± 3 | 36 ± 3 |
| 72 | 56 ± 2 | 72 ± 3 | 55 ± 4 | 38 ± 3 | 54 ± 4 | 41 ± 3 | 39 ± 3 | 52 ± 4 |
| 73 | | 57 ± 2 | | | | | | |
| 75 | 52 ± 2 | | | | | | | |
| 75A | | 66 ± 3 | | | | | | |
| 81 | 23,2 ± 1,2 | | | | | | | |
| 84 | 22,3 ± 1,2 | | | | | | | |
| 85 | 22,1 ± 1,4 | | | | | | | |
| 86 | 22,9 ± 1,5 | 25,6 ± 1,3 | 26 ± 2 | 53 ± 4 | 28 ± 3 | 21,3 ± 1,7 | 23 ± 2 | 26 ± 2 |
| 89 | 28,7 ± 1,5 | | | | | | | |
| 90 | 33,6 ± 1,6 | | | | | | | |
| 91 | 25,2 ± 1,4 | | | | | | | |
| 92 | 21,6 ± 1,1 | | | | | | | |
| 93 | 22,7 ± 1,2 | | | | | | | |
| 94 | 23,7 ± 1,2 | | | | | | | |
| 96 | 17,6 ± 0,9 | | | | | | | |
| 109 | 25,6 ± 1,4 | | | | | | | |
| 114 | 22,5 ± 1,3 | | | | | | | |
| 115 | 19,4 ± 0,9 | | | | | | | |
| 116 | 20,8 ± 1,0 | | | | | | | |
| 122 | 18,5 ± 0,8 | | | | | | | |
| 123 | 35,4 ± 1,4 | | | | | | | |
| 124 | 20,7 ± 1,0 | | | | | | | |
| 125 | | 62 ± 3 | | | | | | |
| 126 | | 51 ± 2 | | | | | | |
| 508 | 27,3 ± 1,4 | | | | | | | |
| 509 | 22,7 ± 1,1 | 25,2 ± 1,2 | 25 ± 2 | 22,4 ± 1,9 | 23 ± 2 | 25 ± 2 | 24 ± 2 | 24 ± 2 |
| 511 | 19,1 ± 1,5 | | | | | | | |
| 513 | 22,4 ± 1,0 | 25,8 ± 1,3 | 25 ± 2 | 21,7 ± 1,8 | 23 ± 2 | 23 ± 2 | 24 ± 2 | 26 ± 2 |
| 515 | 22,4 ± 1,4 | | | | | | | |
| 517 | 23,3 ± 1,2 | | | | | | | |
| 519A | 24,2 ± 1,1 | 23,5 ± 1,2 | 26 ± 2 | 22,6 ± 1,9 | 23 ± 2 | 23 ± 2 | 22 ± 2 | 19,6 ± 1,7 |
| 519B | 19,6 ± 0,8 | 20,9 ± 1,1 | 22 ± 2 | 20,8 ± 1,9 | 21,6 ± 1,9 | 19,3 ± 1,5 | 19,8 ± 1,7 | 15,8 ± 1,6 |
| 521A | 16,6 ± 0,8 | | | | | | | |
| 521B | 20,8 ± 1,2 | 23,9 ± 1,2 | 21,7 ± 1,9 | 16,6 ± 1,3 | 18,6 ± 1,7 | | 18,0 ± 1,8 | 24 ± 2 |
| 598 | 17,3 ± 0,8 | | | | | | | |
| 599 | 22,6 ± 1,1 | | | | | | | |

| vak # | 1994 Ra (Bq/kg) | 1995 Ra (Bq/kg) | 1997 Ra (Bq/kg) | 1998 Ra (Bq/kg) | 1999 Ra (Bq/kg) | 2000 Ra (Bq/kg) | 2001 Ra (Bq/kg) | 2002 Ra (Bq/kg) |
|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| NM-1 | | 94 ± 4 | | | 108 ± 8 | 100 ± 7 | 88 ± 6 | 103 ± 7 |
| NM-2 | | 165 ± 6 | 111 ± 8 | 208 ± 14 | 89 ± 6 | 70 ± 5 | 132 ± 9 | 209 ± 14 |
| NM-3 | | | | | 94 ± 7 | 80 ± 6 | 50 ± 4 | 55 ± 4 |
| NM-4 | | 124 ± 5 | 130 ± 9 | 77 ± 6 | 82 ± 6 | 96 ± 7 | 87 ± 6 | 46 ± 3 |
| NM-7 | | 72 ± 3 | | | 67 ± 5 | 45 ± 3 | 58 ± 4 | 51 ± 4 |
| NM-8 | | 26,4 ± 1,2 | | | | | | |
| NM-9 | | 37,4 ± 1,6 | | | | | | |
| OMA | 35,7 ± 1,7 | | | | | | | |
| OMB | 12,8 ± 0,6 | | | | | | | |
| W1 | 24,9 ± 1,2 | | | | | | | |
| W2 | 13,0 ± 0,6 | | | | | | | |
| W3A | 12,1 ± 0,7 | | | | | | | |
| W3B | 11,5 ± 0,5 | | | | | | | |
| W4 | 23,9 ± 1,2 | | | | | | | |
| W6 | 29,5 ± 1,4 | | | | | | | |
| W7 | 21,6 ± 1,3 | | | | | | | |
| W8 | 29,1 ± 1,6 | | | | | | | |
| W9 | 27,1 ± 1,3 | | | | | | | |
| W10 | 42,0 ± 1,8 | | | | | | | |
| W11 | 35,4 ± 1,5 | | | | | | | |
| W12 | 26,2 ± 1,2 | | | | | | | |

BIJLAGE 6: TOTALE ²²⁶RA-VRACHT PER VAK IN DE PERIODE 1994–2002

| vak # | 1994 Ra (MBq) | 1995 Ra (MBq) | 1997 Ra (MBq) | 1998 Ra (MBq) | 1999 Ra (MBq) | 2000 Ra (MBq) | 2001 Ra (MBq) | 2002 Ra (MBq) |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 11B | | 984 | | | | | | |
| 16 | | 296 | | | | | | |
| 17 | | 194 | | | | | | |
| 21A | | 984 | | | 950 | 857 | 868 | 811 |
| 22 | | 375 | | | | | | |
| 23 | | 912 | | | | | | |
| 25 | | 915 | | | 649 | 670 | 628 | 543 |
| 25A | | 561 | | | | | | |
| 34 | 187 | | | | | | | |
| 37 | 96 | | | | | | | |
| 41 | 2064 | | 1913 | 1704 | 1572 | 1193 | 966 | 985 |
| 42 | | 3020 | 3427 | 2469 | 2382 | 1510 | 1510 | 1336 |
| 45 | | 2034 | 2379 | 1643 | 1502 | 1643 | 1487 | 1064 |
| 47 | | 38 | | | 42 | 41 | 36 | 30 |
| 50 | | 69 | | | 48 | 51 | 41 | 30 |
| 51 | 5829 | 7842 | 4657 | 3335 | 3305 | 2614 | 2374 | 1502 |
| 57 | | 3227 | 4228 | 3166 | 3350 | 1491 | 1920 | 1409 |
| 64 | 2911 | 3445 | 3861 | 2970 | 3267 | 2732 | 2673 | 2317 |
| 66 | | 3308 | 3979 | 3101 | 2687 | 2326 | 2274 | 3049 |
| 67 | 2973 | | | | | | | |
| 68 | | 3552 | 3279 | 2896 | 2896 | 2186 | 2732 | 2459 |
| 71 | 3709 | 4092 | 3308 | 4440 | 3830 | 3482 | 3134 | 3134 |
| 72 | 17770 | 22847 | 17453 | 12058 | 17135 | 13010 | 12375 | 16501 |
| 73 | | 2641 | | | | | | |
| 75 | 1303 | | | | | | | |
| 75A | | 1084 | | | | | | |
| 81 | 289 | | | | | | | |
| 84 | 177 | | | | | | | |
| 85 | 24 | | | | | | | |
| 86 | 3756 | 4199 | 4265 | 8694 | 4593 | 3494 | 3773 | 4265 |
| 89 | 2225 | | | | | | | |
| 90 | 871 | | | | | | | |
| 91 | 147 | | | | | | | |
| 92 | 32 | | | | | | | |
| 93 | 57 | | | | | | | |
| 94 | 84 | | | | | | | |
| 96 | 165 | | | | | | | |
| 109 | 538 | | | | | | | |
| 114 | 1499 | | | | | | | |
| 115 | 384 | | | | | | | |
| 116 | 0 | | | | | | | |
| 122 | 95 | | | | | | | |
| 123 | 522 | | | | | | | |
| 124 | 16 | | | | | | | |
| 125 | | 781 | | | | | | |
| 126 | | 699 | | | | | | |
| 508 | 845 | | | | | | | |
| 509 | 7572 | 8406 | 8339 | 7472 | 7672 | 8439 | 8006 | 8006 |
| 511 | 6371 | | | | | | | |
| 513 | 7138 | 8222 | 7967 | 6915 | 7330 | 7330 | 7648 | 8286 |
| 515 | 7138 | | | | | | | |
| 517 | 7772 | | | | | | | |
| 519A | 20168 | 19584 | 21668 | 18834 | 19167 | 19167 | 18584 | 16334 |
| 519B | 16334 | 17417 | 18334 | 17334 | 18001 | 16084 | 16501 | 13167 |
| 521A | 13834 | | | | | | | |
| 521B | 17334 | 19918 | 18084 | 13834 | 15501 | | 15001 | 20001 |
| 598 | 562 | | | | | | | |
| 599 | 734 | | | | | | | |

| vak # | 1994 Ra (MBq) | 1995 Ra (MBq) | 1997 Ra (MBq) | 1998 Ra (MBq) | 1999 Ra (MBq) | 2000 Ra (MBq) | 2001 Ra (MBq) | 2002 Ra (MBq) |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| NM-1 | | 3831 | | | 4402 | 4076 | 3587 | 4198 |
| NM-2 | | 6725 | 4524 | 8477 | 3627 | 2853 | 5380 | 8518 |
| NM-3 | | | | | 3831 | 3260 | 2038 | 2242 |
| NM-4 | | 5054 | 5298 | 3138 | 3342 | 3913 | 3546 | 1875 |
| NM-7 | | 415 | | | 386 | 259 | 334 | 294 |
| NM-8 | | 152 | | | | | | |
| NM-9 | | 215 | | | | | | |
| OMA | 343 | | | | | | | |
| OMB | 123 | | | | | | | |
| W1 | 1326 | | | | | | | |
| W2 | 692 | | | | | | | |
| W3A | 262 | | | | | | | |
| W3B | 249 | | | | | | | |
| W4 | 1970 | | | | | | | |
| W6 | 2431 | | | | | | | |
| W7 | 1780 | | | | | | | |
| W8 | 2398 | | | | | | | |
| W9 | 2233 | | | | | | | |
| W10 | 808 | | | | | | | |
| W11 | 681 | | | | | | | |
| W12 | 504 | | | | | | | |

BIJLAGE 7: NATUURLIJK ²²⁶Ra-GEHALTE PER VAK IN DE PERIODE 1994–2002

| vak # | 1994 Ra-nat (Bq/kg) | 1995 Ra-nat (Bq/kg) | 1997 Ra-nat (Bq/kg) | 1998 Ra-nat (Bq/kg) | 1999 Ra-nat (Bq/kg) | 2000 Ra-nat (Bq/kg) | 2001 Ra-nat (Bq/kg) | 2002 Ra-nat (Bq/kg) |
|-------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 11B | | 20 ± 4 | | | | | | |
| 16 | | 17 ± 4 | | | | | | |
| 17 | | 20 ± 4 | | | | | | |
| 21A | | 21 ± 4 | | | 34 ± 4 | 34 ± 4 | 34 ± 4 | 33 ± 4 |
| 22 | | 22 ± 4 | | | | | | |
| 23 | | 22 ± 4 | | | | | | |
| 25 | | 22 ± 4 | | | 26 ± 4 | 26 ± 4 | 26 ± 4 | 26 ± 4 |
| 25A | | 22 ± 4 | | | | | | |
| 34 | 19 ± 4 | | | | | | | |
| 37 | 20 ± 4 | | | | | | | |
| 41 | 22 ± 4 | | 31 ± 4 | 25 ± 4 | 28 ± 4 | 27 ± 4 | 25 ± 4 | 31 ± 4 |
| 42 | | 23 ± 4 | 31 ± 4 | 25 ± 4 | 29 ± 4 | 28 ± 4 | 25 ± 4 | 32 ± 4 |
| 45 | | 23 ± 4 | 23 ± 4 | 29 ± 4 | 32 ± 4 | 32 ± 4 | 28 ± 4 | 33 ± 4 |
| 47 | | 21 ± 4 | | | 27 ± 4 | 27 ± 4 | 27 ± 4 | 25 ± 4 |
| 50 | | 22 ± 4 | | | 25 ± 4 | 23 ± 4 | 21 ± 4 | 31 ± 4 |
| 51 | 23 ± 4 | 21 ± 4 | 30 ± 4 | 22 ± 4 | 32 ± 4 | 29 ± 4 | 24 ± 4 | 31 ± 4 |
| 57 | | 23 ± 4 | 23 ± 4 | 28 ± 4 | 31 ± 4 | 31 ± 4 | 22 ± 4 | 30 ± 4 |
| 64 | 23 ± 4 | 26 ± 4 | 31 ± 4 | 28 ± 4 | 32 ± 4 | 29 ± 4 | 27 ± 4 | 28 ± 4 |
| 66 | | 22 ± 4 | 35 ± 4 | 28 ± 4 | 32 ± 4 | 31 ± 4 | 28 ± 4 | 30 ± 4 |
| 67 | 21 ± 4 | | | | | | | |
| 68 | | 23 ± 4 | 35 ± 4 | 29 ± 4 | 32 ± 4 | 23 ± 4 | 26 ± 4 | 32 ± 4 |
| 71 | 21 ± 4 | 18 ± 4 | 25 ± 4 | 19 ± 4 | 26 ± 4 | 22 ± 4 | 20 ± 4 | 29 ± 4 |
| 72 | 23 ± 4 | 20 ± 4 | 35 ± 4 | 23 ± 4 | 30 ± 4 | 31 ± 4 | 20 ± 4 | 33 ± 4 |
| 73 | | 21 ± 4 | | | | | | |
| 75 | 25 ± 4 | | | | | | | |
| 75A | | 23 ± 4 | | | | | | |
| 81 | 11 ± 4 | | | | | | | |
| 84 | 13 ± 4 | | | | | | | |
| 85 | 16 ± 4 | | | | | | | |
| 86 | 24 ± 4 | 23 ± 4 | 29 ± 4 | 26 ± 4 | 28 ± 4 | 31 ± 4 | 28 ± 4 | 31 ± 4 |
| 89 | 22 ± 4 | | | | | | | |
| 90 | 22 ± 4 | | | | | | | |
| 91 | 24 ± 4 | | | | | | | |
| 92 | 14 ± 4 | | | | | | | |
| 93 | 22 ± 4 | | | | | | | |
| 94 | 21 ± 4 | | | | | | | |
| 96 | 16 ± 4 | | | | | | | |
| 109 | 18 ± 4 | | | | | | | |
| 114 | 23 ± 4 | | | | | | | |
| 115 | 22 ± 4 | | | | | | | |
| 116 | 15 ± 4 | | | | | | | |
| 122 | 18 ± 4 | | | | | | | |
| 123 | 18 ± 4 | | | | | | | |
| 124 | 16 ± 4 | | | | | | | |
| 125 | | 25 ± 4 | | | | | | |
| 126 | | 19 ± 4 | | | | | | |
| 508 | 14 ± 4 | | | | | | | |
| 509 | 22 ± 4 | 16 ± 4 | 29 ± 4 | 24 ± 4 | 28 ± 4 | 26 ± 4 | 18 ± 4 | 27 ± 4 |
| 511 | 22 ± 4 | | | | | | | |
| 513 | 22 ± 4 | 20 ± 4 | 30 ± 4 | 26 ± 4 | 29 ± 4 | 32 ± 4 | 23 ± 4 | 29 ± 4 |
| 515 | 22 ± 4 | | | | | | | |
| 517 | 22 ± 4 | | | | | | | |
| 519A | 15 ± 4 | 17 ± 4 | 22 ± 4 | 17 ± 4 | 23 ± 4 | 16 ± 4 | 16 ± 4 | 16 ± 4 |
| 519B | 15 ± 4 | 16 ± 4 | 20 ± 4 | 16 ± 4 | 20 ± 4 | 14 ± 4 | 15 ± 4 | 15 ± 4 |
| 521A | 15 ± 4 | | | | | | | |
| 521B | 17 ± 4 | 15 ± 4 | 18 ± 4 | 14 ± 4 | 15 ± 4 | | 11 ± 4 | 13 ± 4 |
| 598 | 8 ± 4 | | | | | | | |
| 599 | 9 ± 4 | | | | | | | |

Gekleurd vak is gebaseerd op korrelgrootteverdeling van 2000 voor hetzelfde vak

| vak # | 1994 Ra-nat (Bq/kg) | 1995 Ra-nat (Bq/kg) | 1997 Ra-nat (Bq/kg) | 1998 Ra-nat (Bq/kg) | 1999 Ra-nat (Bq/kg) | 2000 Ra-nat (Bq/kg) | 2001 Ra-nat (Bq/kg) | 2002 Ra-nat (Bq/kg) |
|-------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| NM-1 | | 17 ± 4 | | | 21 ± 4 | 21 ± 4 | 21 ± 4 | 23 ± 4 |
| NM-2 | | 17 ± 4 | 20 ± 4 | 12 ± 4 | 19 ± 4 | 20 ± 4 | 17 ± 4 | 24 ± 4 |
| NM-3 | | | | | 22 ± 4 | 22 ± 4 | 18 ± 4 | 25 ± 4 |
| NM-4 | | 19 ± 4 | 27 ± 4 | 19 ± 4 | 22 ± 4 | 25 ± 4 | 19 ± 4 | 25 ± 4 |
| NM-7 | | 13 ± 4 | | | 18 ± 4 | 18 ± 4 | 19 ± 4 | 17 ± 4 |
| NM-8 | | 13 ± 4 | | | | | | |
| NM-9 | | 11 ± 4 | | | | | | |
| OMA | 16 ± 4 | | | | | | | |
| OMB | 9 ± 4 | | | | | | | |
| W1 | 14 ± 4 | | | | | | | |
| W2 | 8 ± 4 | | | | | | | |
| W3A | 9 ± 4 | | | | | | | |
| W3B | 11 ± 4 | | | | | | | |
| W4 | 10 ± 4 | | | | | | | |
| W6 | 12 ± 4 | | | | | | | |
| W7 | 10 ± 4 | | | | | | | |
| W8 | 13 ± 4 | | | | | | | |
| W9 | 12 ± 4 | | | | | | | |
| W10 | 15 ± 4 | | | | | | | |
| W11 | 10 ± 4 | | | | | | | |
| W12 | 10 ± 4 | | | | | | | |

BIJLAGE 8: NATUURLIJKE ²²⁶RA-VRACHT PER VAK IN DE PERIODE 1994–2002

| vak # | 1994 Ra-nat (MBq) | 1995 Ra-nat (MBq) | 1997 Ra-nat (MBq) | 1998 Ra-nat (MBq) | 1999 Ra-nat (MBq) | 2000 Ra-nat (MBq) | 2001 Ra-nat (MBq) | 2002 Ra-nat (MBq) |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 11B | | 317 | | | | | | |
| 16 | | 112 | | | | | | |
| 17 | | 66 | | | | | | |
| 21A | | 243 | | | 394 | 394 | 394 | 382 |
| 22 | | 133 | | | | | | |
| 23 | | 304 | | | | | | |
| 25 | | 234 | | | 277 | 277 | 277 | 277 |
| 25A | | 202 | | | | | | |
| 34 | 76 | | | | | | | |
| 37 | 57 | | | | | | | |
| 41 | 417 | | 587 | 473 | 530 | 511 | 473 | 587 |
| 42 | | 668 | 900 | 726 | 842 | 813 | 726 | 929 |
| 45 | | 360 | 360 | 454 | 501 | 501 | 438 | 516 |
| 47 | | 11 | | | 14 | 14 | 14 | 13 |
| 50 | | 12 | | | 13 | 12 | 11 | 16 |
| 51 | 691 | 631 | 901 | 661 | 961 | 871 | 721 | 931 |
| 57 | | 470 | 470 | 572 | 633 | 633 | 449 | 613 |
| 64 | 1366 | 1544 | 1841 | 1663 | 1901 | 1723 | 1604 | 1663 |
| 66 | | 1137 | 1809 | 1447 | 1654 | 1602 | 1447 | 1550 |
| 67 | 1593 | | | | | | | |
| 68 | | 1257 | 1913 | 1585 | 1749 | 1257 | 1421 | 1749 |
| 71 | 1828 | 1567 | 2176 | 1654 | 2263 | 1915 | 1741 | 2525 |
| 72 | 7298 | 6346 | 11106 | 7298 | 9520 | 9837 | 6346 | 10472 |
| 73 | | 973 | | | | | | |
| 75 | 627 | | | | | | | |
| 75A | | 378 | | | | | | |
| 81 | 137 | | | | | | | |
| 84 | 103 | | | | | | | |
| 85 | 17 | | | | | | | |
| 86 | 3937 | 3773 | 4757 | 4265 | 4593 | 5085 | 4593 | 5085 |
| 89 | 1706 | | | | | | | |
| 90 | 570 | | | | | | | |
| 91 | 140 | | | | | | | |
| 92 | 21 | | | | | | | |
| 93 | 56 | | | | | | | |
| 94 | 74 | | | | | | | |
| 96 | 150 | | | | | | | |
| 109 | 378 | | | | | | | |
| 114 | 1533 | | | | | | | |
| 115 | 435 | | | | | | | |
| 116 | 0 | | | | | | | |
| 122 | 93 | | | | | | | |
| 123 | 265 | | | | | | | |
| 124 | 12 | | | | | | | |
| 125 | | 315 | | | | | | |
| 126 | | 260 | | | | | | |
| 508 | 433 | | | | | | | |
| 509 | 7339 | 5337 | 9673 | 8006 | 9340 | 8673 | 6004 | 9006 |
| 511 | 7339 | | | | | | | |
| 513 | 7011 | 6374 | 9560 | 8286 | 9242 | 10198 | 7330 | 9242 |
| 515 | 7011 | | | | | | | |
| 517 | 7339 | | | | | | | |
| 519A | 12501 | 14167 | 18334 | 14167 | 19167 | 13334 | 13334 | 13334 |
| 519B | 12501 | 13334 | 16667 | 13334 | 16667 | 11667 | 12501 | 12501 |
| 521A | 12501 | | | | | | | |
| 521B | 14167 | 12501 | 15001 | 11667 | 12501 | | 9167 | 10834 |
| 598 | 260 | | | | | | | |
| 599 | 292 | | | | | | | |

Gekleurd vak is gebaseerd op korrelgrootteverdeling van 2000 voor hetzelfde vak

| vak # | 1994 Ra-nat (MBq) | 1995 Ra-nat (MBq) | 1997 Ra-nat (MBq) | 1998 Ra-nat (MBq) | 1999 Ra-nat (MBq) | 2000 Ra-nat (MBq) | 2001 Ra-nat (MBq) | 2002 Ra-nat (MBq) |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| NM-1 | | 693 | | | 856 | 856 | 856 | 937 |
| NM-2 | | 693 | 815 | 489 | 774 | 815 | 693 | 978 |
| NM-3 | | | | | 897 | 897 | 734 | 1019 |
| NM-4 | | 774 | 1100 | 774 | 897 | 1019 | 774 | 1019 |
| NM-7 | | 75 | | | 104 | 104 | 109 | 98 |
| NM-8 | | 75 | | | | | | |
| NM-9 | | 63 | | | | | | |
| OMA | 154 | | | | | | | |
| OMB | 86 | | | | | | | |
| W1 | 746 | | | | | | | |
| W2 | 426 | | | | | | | |
| W3A | 195 | | | | | | | |
| W3B | 238 | | | | | | | |
| W4 | 824 | | | | | | | |
| W6 | 989 | | | | | | | |
| W7 | 824 | | | | | | | |
| W8 | 1071 | | | | | | | |
| W9 | 989 | | | | | | | |
| W10 | 289 | | | | | | | |
| W11 | 192 | | | | | | | |
| W12 | 192 | | | | | | | |

BIJLAGE 9: TOEGEVOEGD ²²⁶RA-GEHALTE PER VAK IN DE PERIODE 1994–2002

| vak # | 1994 Ra-over (Bq/kg) | 1995 Ra-over (Bq/kg) | 1997 Ra-over (Bq/kg) | 1998 Ra-over (Bq/kg) | 1999 Ra-over (Bq/kg) | 2000 Ra-over (Bq/kg) | 2001 Ra-over (Bq/kg) | 2002 Ra-over (Bq/kg) |
|-------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 11B | | 42 ± 5 | | | | | | |
| 16 | | 28 ± 4 | | | | | | |
| 17 | | 39 ± 5 | | | | | | |
| 21A | | 64 ± 5 | | | 48 ± 7 | 40 ± 7 | 41 ± 7 | 38 ± 7 |
| 22 | | 40 ± 5 | | | | | | |
| 23 | | 44 ± 5 | | | | | | |
| 25 | | 64 ± 5 | | | 36 ± 6 | 38 ± 6 | 33 ± 6 | 24 ± 6 |
| 25A | | 39 ± 5 | | | | | | |
| 34 | 28 ± 4 | | | | | | | |
| 37 | 13 ± 7 | | | | | | | |
| 41 | 87 ± 6 | | 70 ± 8 | 65 ± 8 | 56 ± 7 | 36 ± 6 | 26 ± 6 | 21 ± 6 |
| 42 | | 81 ± 6 | 87 ± 9 | 60 ± 7 | 53 ± 7 | 23 ± 5 | 27 ± 6 | 14 ± 6 |
| 45 | | 108 ± 6 | 130 ± 11 | 77 ± 8 | 65 ± 8 | 74 ± 8 | 67 ± 8 | 35 ± 6 |
| 47 | | 51 ± 5 | | | 52 ± 7 | 50 ± 7 | 41 ± 7 | 32 ± 6 |
| 50 | | 107 ± 6 | | | 65 ± 8 | 73 ± 8 | 56 ± 7 | 27 ± 6 |
| 51 | 171 ± 9 | 239 ± 11 | 125 ± 11 | 89 ± 9 | 78 ± 9 | 58 ± 7 | 54 ± 7 | 19 ± 6 |
| 57 | | 135 ± 7 | 185 ± 15 | 127 ± 11 | 132 ± 12 | 42 ± 7 | 72 ± 8 | 39 ± 6 |
| 64 | 26 ± 5 | 33 ± 5 | 34 ± 6 | 22 ± 5 | 23 ± 6 | 18 ± 5 | 18 ± 6 | 12 ± 5 |
| 66 | | 42 ± 5 | 42 ± 7 | 32 ± 6 | 20 ± 6 | 13 ± 5 | 15 ± 5 | 29 ± 6 |
| 67 | 18 ± 4 | | | | | | | |
| 68 | | 42 ± 5 | 25 ± 6 | 24 ± 6 | 21 ± 6 | 17 ± 5 | 24 ± 6 | 13 ± 5 |
| 71 | 21 ± 4 | 29 ± 4 | 13 ± 5 | 31 ± 6 | 18 ± 5 | 17 ± 5 | 16 ± 5 | 7 ± 5 |
| 72 | 33 ± 5 | 52 ± 5 | 21 ± 6 | 14 ± 5 | 24 ± 6 | 10 ± 5 | 19 ± 5 | 18 ± 6 |
| 73 | | 36 ± 5 | | | | | | |
| 75 | 27 ± 5 | | | | | | | |
| 75A | | 42 ± 5 | | | | | | |
| 81 | 12 ± 4 | | | | | | | |
| 84 | 9 ± 4 | | | | | | | |
| 85 | 6 ± 4 | | | | | | | |
| 86 | -1 ± 4 | 3 ± 4 | -3 ± 5 | 27 ± 6 | 1 ± 5 | -10 ± 4 | -6 ± 5 | -5 ± 5 |
| 89 | 7 ± 4 | | | | | | | |
| 90 | 12 ± 4 | | | | | | | |
| 91 | 2 ± 4 | | | | | | | |
| 92 | 8 ± 4 | | | | | | | |
| 93 | 1 ± 4 | | | | | | | |
| 94 | 3 ± 4 | | | | | | | |
| 96 | 2 ± 4 | | | | | | | |
| 109 | 8 ± 4 | | | | | | | |
| 114 | 0 ± 4 | | | | | | | |
| 115 | -3 ± 4 | | | | | | | |
| 116 | 6 ± 4 | | | | | | | |
| 122 | 1 ± 4 | | | | | | | |
| 123 | 18 ± 4 | | | | | | | |
| 124 | 5 ± 4 | | | | | | | |
| 125 | | 37 ± 5 | | | | | | |
| 126 | | 32 ± 5 | | | | | | |
| 508 | 13 ± 4 | | | | | | | |
| 509 | 1 ± 4 | 9 ± 4 | -4 ± 5 | -2 ± 4 | -5 ± 5 | -1 ± 4 | 6 ± 5 | -3 ± 4 |
| 511 | -3 ± 4 | | | | | | | |
| 513 | 0 ± 4 | 6 ± 4 | -5 ± 5 | -4 ± 4 | -6 ± 5 | -9 ± 5 | 0 ± 5 | -3 ± 5 |
| 515 | 0 ± 4 | | | | | | | |
| 517 | 2 ± 4 | | | | | | | |
| 519A | 9 ± 4 | 7 ± 4 | 4 ± 5 | 6 ± 4 | 0 ± 5 | 8 ± 4 | 6 ± 4 | 3 ± 4 |
| 519B | 4 ± 4 | 5 ± 4 | 2 ± 4 | 4 ± 4 | 2 ± 4 | 6 ± 4 | 5 ± 4 | 1 ± 4 |
| 521A | 2 ± 4 | | | | | | | |
| 521B | 4 ± 4 | 9 ± 4 | 4 ± 4 | 3 ± 4 | 4 ± 4 | | 7 ± 4 | 11 ± 4 |
| 598 | 9 ± 4 | | | | | | | |
| 599 | 14 ± 4 | | | | | | | |

Gekleurd vak is gebaseerd op korrelgrootteverdeling van 2000 voor hetzelfde vak

N.B. De negatieve waarden in deze tabel komen voor bij vakken met radiumgehalten die dichtbij de natuurlijke achtergrondwaarden liggen en ze worden veroorzaakt door de telonzekerheid en de onnauwkeurigheid in de bepaling van het natuurlijke radium (hier opgegeven als één standaarddeviatie).

| vak # | 1994 Ra-over (Bq/kg) | 1995 Ra-over (Bq/kg) | 1997 Ra-over (Bq/kg) | 1998 Ra-over (Bq/kg) | 1999 Ra-over (Bq/kg) | 2000 Ra-over (Bq/kg) | 2001 Ra-over (Bq/kg) | 2002 Ra-over (Bq/kg) |
|-------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| NM-1 | | 77 ± 5 | | | 87 ± 9 | 78 ± 8 | 67 ± 7 | 80 ± 8 |
| NM-2 | | 148 ± 7 | 91 ± 9 | 195 ± 15 | 70 ± 7 | 49 ± 7 | 114 ± 10 | 185 ± 15 |
| NM-3 | | | | | 72 ± 8 | 58 ± 7 | 31 ± 5 | 30 ± 6 |
| NM-4 | | 105 ± 6 | 103 ± 10 | 58 ± 7 | 60 ± 7 | 71 ± 8 | 68 ± 7 | 21 ± 5 |
| NM-7 | | 59 ± 5 | | | 50 ± 6 | 27 ± 5 | 38 ± 6 | 33 ± 5 |
| NM-8 | | 14 ± 4 | | | | | | |
| NM-9 | | 27 ± 4 | | | | | | |
| OMA | 19 ± 4 | | | | | | | |
| OMB | 4 ± 4 | | | | | | | |
| W1 | 11 ± 4 | | | | | | | |
| W2 | 5 ± 4 | | | | | | | |
| W3A | 3 ± 4 | | | | | | | |
| W3B | 1 ± 4 | | | | | | | |
| W4 | 14 ± 4 | | | | | | | |
| W6 | 17 ± 4 | | | | | | | |
| W7 | 11 ± 4 | | | | | | | |
| W8 | 16 ± 4 | | | | | | | |
| W9 | 15 ± 4 | | | | | | | |
| W10 | 27 ± 4 | | | | | | | |
| W11 | 25 ± 4 | | | | | | | |
| W12 | 16 ± 4 | | | | | | | |

BIJLAGE 10: TOEGEVOEGDE ²²⁶RA-VRACHT PER VAK IN DE PERIODE 1994–2002

| vak # | 1994 Ra-over (MBq) | 1995 Ra-over (MBq) | 1997 Ra-over (MBq) | 1998 Ra-over (MBq) | 1999 Ra-over (MBq) | 2000 Ra-over (MBq) | 2001 Ra-over (MBq) | 2002 Ra-over (MBq) |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 11B | | 666 | | | | | | |
| 16 | | 184 | | | | | | |
| 17 | | 128 | | | | | | |
| 21A | | 741 | | | 556 | 463 | 475 | 440 |
| 22 | | 242 | | | | | | |
| 23 | | 608 | | | | | | |
| 25 | | 681 | | | 383 | 404 | 351 | 255 |
| 25A | | 359 | | | | | | |
| 34 | 111 | | | | | | | |
| 37 | 37 | | | | | | | |
| 41 | 1648 | | 1326 | 1231 | 1061 | 682 | 492 | 398 |
| 42 | | 2352 | 2527 | 1743 | 1539 | 668 | 784 | 407 |
| 45 | | 1690 | 2034 | 1205 | 1017 | 1158 | 1048 | 548 |
| 47 | | 27 | | | 28 | 26 | 22 | 17 |
| 50 | | 57 | | | 34 | 39 | 30 | 14 |
| 51 | 5138 | 7181 | 3756 | 2674 | 2344 | 1743 | 1622 | 571 |
| 57 | | 2758 | 3779 | 2594 | 2696 | 858 | 1471 | 797 |
| 64 | 1544 | 1960 | 2020 | 1307 | 1366 | 1069 | 1069 | 713 |
| 66 | | 2171 | 2171 | 1654 | 1034 | 672 | 775 | 1499 |
| 67 | 1365 | | | | | | | |
| 68 | | 2295 | 1366 | 1312 | 1148 | 929 | 1312 | 710 |
| 71 | 1828 | 2525 | 1132 | 2699 | 1567 | 1480 | 1393 | 609 |
| 72 | 10472 | 16501 | 6664 | 4442 | 7616 | 3173 | 6029 | 5712 |
| 73 | | 1668 | | | | | | |
| 75 | 677 | | | | | | | |
| 75A | | 690 | | | | | | |
| 81 | 150 | | | | | | | |
| 84 | 71 | | | | | | | |
| 85 | 7 | | | | | | | |
| 86 | -164 | 492 | -492 | 4429 | 164 | -1640 | -984 | -820 |
| 89 | 543 | | | | | | | |
| 90 | 311 | | | | | | | |
| 91 | 12 | | | | | | | |
| 92 | 12 | | | | | | | |
| 93 | 3 | | | | | | | |
| 94 | 11 | | | | | | | |
| 96 | 19 | | | | | | | |
| 109 | 168 | | | | | | | |
| 114 | 0 | | | | | | | |
| 115 | -59 | | | | | | | |
| 116 | 0 | | | | | | | |
| 122 | 5 | | | | | | | |
| 123 | 265 | | | | | | | |
| 124 | 4 | | | | | | | |
| 125 | | 466 | | | | | | |
| 126 | | 438 | | | | | | |
| 508 | 402 | | | | | | | |
| 509 | 334 | 3002 | -1334 | -667 | -1668 | -334 | 2001 | -1001 |
| 511 | -1001 | | | | | | | |
| 513 | 0 | 1912 | -1593 | -1275 | -1912 | -2868 | 0 | -956 |
| 515 | 0 | | | | | | | |
| 517 | 667 | | | | | | | |
| 519A | 7500 | 5834 | 3333 | 5000 | 0 | 6667 | 5000 | 2500 |
| 519B | 3333 | 4167 | 1667 | 3333 | 1667 | 5000 | 4167 | 833 |
| 521A | 1667 | | | | | | | |
| 521B | 3333 | 7500 | 3333 | 2500 | 3333 | | 5834 | 9167 |
| 598 | 292 | | | | | | | |
| 599 | 455 | | | | | | | |

Gekleurd vak is gebaseerd op korrelgrootteverdeling van 2000 voor hetzelfde vak

N.B. De negatieve waarden in deze tabel komen voor bij vakken met radiumvrachten die dichtbij de natuurlijke achtergrondwaarden liggen en ze worden veroorzaakt door de telonzekerheid en de onnauwkeurigheid in de bepaling van het natuurlijke radium.

| vak # | 1994 Ra-over (MBq) | 1995 Ra-over (MBq) | 1997 Ra-over (MBq) | 1998 Ra-over (MBq) | 1999 Ra-over (MBq) | 2000 Ra-over (MBq) | 2001 Ra-over (MBq) | 2002 Ra-over (MBq) |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| NM-1 | | 3138 | | | 3546 | 3179 | 2731 | 3260 |
| NM-2 | | 6032 | 3709 | 7947 | 2853 | 1997 | 4646 | 7540 |
| NM-3 | | | | | 2934 | 2364 | 1263 | 1223 |
| NM-4 | | 4279 | 4198 | 2364 | 2445 | 2894 | 2771 | 856 |
| NM-7 | | 340 | | | 288 | 155 | 219 | 190 |
| NM-8 | | 81 | | | | | | |
| NM-9 | | 155 | | | | | | |
| OMA | 182 | | | | | | | |
| OMB | 38 | | | | | | | |
| W1 | 586 | | | | | | | |
| W2 | 266 | | | | | | | |
| W3A | 65 | | | | | | | |
| W3B | 22 | | | | | | | |
| W4 | 1154 | | | | | | | |
| W6 | 1401 | | | | | | | |
| W7 | 907 | | | | | | | |
| W8 | 1319 | | | | | | | |
| W9 | 1236 | | | | | | | |
| W10 | 520 | | | | | | | |
| W11 | 481 | | | | | | | |
| W12 | 308 | | | | | | | |