

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU  
BILTHOVEN

Rapport nr. 610050 004

**De dosis ten gevolge van eenheidslozingen  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$   
en  $^{210}\text{Po}$  in de Nieuwe Waterweg – Een herberekening  
op basis van nieuwe inzichten**

J. Lembrechts

februari 1998

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Stoffen, Veiligheid en Straling van het Ministerie van VROM (brief met kenmerk DGM/SVS/97124725, dd. 9 september 1997) onder projectnummer 610050, Algemene Ondersteuning Beleid Straling.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,  
tel. 030-2749111, fax 030-2742971

**VERZENDLIJST**

- 1 - 10 Directoraat-Generaal Milieubeheer, directie Stoffen, Veiligheid en Straling
- 11 plv. Directeur-Generaal Milieubeheer
- 12 Hoofdinspecteur voor de Milieuhygiëne
- 13 ir. J. van Dienst, Kemira Agro BV, Rozenburg
- 14 ing. R.M. Vermeul, Hydro Agri Rotterdam BV, Vlaardingen
- 15 dr. JRW Woittiez, ECN, Petten
- 16 ir. D. Ludikhuizen, RIZA, Dordrecht
- 17 ir. C.J. Otten, RWS dir. Noordzee, Rijswijk
- 18 ing. J.H.M. van der Meulen, RWS dir. Zuid-Holland, Rotterdam
- 19 Depot van Nederlandse publicaties en Nederlandse bibliografie
- 20 Directie RIVM
- 21 Hoofd afdeling Voorlichting & Public Relations
- 22 Directeur Sector Stoffen en Risico's (IV)
- 23 Hoofd van het Laboratorium voor Stralingsonderzoek
- 24 Hoofd van het Laboratorium voor Water- en Drinkwateronderzoek
- 25 Hoofd van het Laboratorium voor Bodem- en Grondwateronderzoek
- 26 Hoofd van de afdeling KWT van het Laboratorium voor Stralingsonderzoek
- 27 Hoofd van de afdeling MoP van het Laboratorium voor Stralingsonderzoek
- 28 Bibliotheek van het Laboratorium voor Stralingsonderzoek
- 29 Auteur
- 30 Bureau Rapportenregistratie
- 31 Bibliotheek RIVM
- 32 - 36 Reserve-exemplaren LSO
- 37 - 56 Bureau Rapportenbeheer

**INHOUDSOPGAVE**

SUMMARY	4
SAMENVATTING	5
1. DOELSTELLING	6
2. DOSISSCHATTINGEN TEN TIJDE VAN DE VERGUNNINGAANVRAAG	8
2.1 Dosis via baggerspecie	8
2.1.1 Van emissie naar gehalte in opgebaggerd slib	8
2.1.2 Van gehalte in de specie naar dosis	8
2.2 Dosis via visserijproducten	8
2.3 Totale dosis volgens de oude berekening	9
3. UITGANGSPUNTEN VOOR DE NIEUWE BEREKENING	10
3.1 Dosis via baggerspecie	10
3.2 Dosis via visserijproducten	10
4. BASISGEGEVENS VOOR DE NIEUWE BEREKENING	11
4.1 Dosis via baggerspecie	11
4.2 Dosis via visserijproducten	12
5. SCHATTING VAN DE DOSIS	13
5.1 Dosis via baggerspecie	13
5.2 Dosis door consumptie van visserijproducten	13
5.3 Totale dosis volgens de nieuwe berekening	13
6. CONCLUSIES	14
BIJLAGE 1	15
REFERENTIES	16

## SUMMARY

Emissions of 1 TBq/a of the radionuclides  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{210}\text{Po}$  into the Nieuwe Waterweg from the phosphate-processing industries result in a potential maximum individual dose of 0.53 mSv/a. About 96% of this dose comes from exposure to  $^{222}\text{Rn}$  in dwellings and 4% from consumption of fishery products. The dose estimate is lower by a factor of 5 than the estimate made when the industries applied for their permit in 1992–1993.

A better understanding of the dispersion and effects of the three nuclides and the amended government policy on the protection of the public against ionising radiation have formed the basis of the new calculations. Especially the changes in views on the transport of  $^{222}\text{Rn}$  in dwellings have led to a considerable change of the dose estimate.

## SAMENVATTING

Lozingen door de fosfaatertsverwerkende industrieën van 1 TBq/a van de radionucliden  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  en  $^{210}\text{Po}$  in de Nieuwe Waterweg veroorzaken een potentiële individuele dosis van ten hoogste 0,53 mSv/a. Circa 96% van deze dosis wordt veroorzaakt door blootstelling aan  $^{222}\text{Rn}$  in woningen en 4% door consumptie van visserijproducten. De berekende dosis is een factor 5 lager dan de dosis becijferd in 1992–1993, toen KeW-vergunningen werden aangevraagd.

De nieuwe berekeningen zijn gebaseerd op de nieuwste inzichten in de verspreiding en de effecten van de betrokken nucliden en op de meest recente beleidsstandpunten over de bescherming van de algemene bevolking tegen ioniserende straling. Vooral wijzigingen in het beeld over de verspreiding van  $^{222}\text{Rn}$  in woningen hebben geleid tot een forse bijstelling van de dosisschatting.

## 1. DOELSTELLING

In dit rapport is een nieuwe schatting gemaakt van de potentiële stralingsbelasting voor leden van de bevolking als gevolg van een theoretische lozing van 1 TBq/a van de natuurlijke radionucliden  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$  en  $^{210}\text{Pb}$ , door de fosfaatertsverwerkende industrie in Vlaardingen en Pernis. De meeste recente discussies over de radiologische risico's van de fosfaatindustrie hebben betrekking op de stralingsbelasting via het zogenaamde 'baggerspecie-pad'. Daarom ligt in dit rapport het accent op het bespreken van de gevolgen van nieuwe inzichten in de blootstelling via dit 'baggerspecie-pad' voor de dosisschatting, en minder op de blootstelling via andere paden. Het 'baggerspeciepad' beschrijft de blootstelling die het gevolg is van gebruik van verontreinigde baggerspecie als ophoogmateriaal voor bouwlocaties. Het gaat hierbij bijna uitsluitend om blootstelling in gebouwen aan  $^{222}\text{Rn}$ .

De hier gemaakte schatting is gebaseerd op de nieuwste inzichten met betrekking tot:

- de natuurlijke achtergrond van  $^{226}\text{Ra}$  in de Nederlandse bodem,
- het transport van  $^{222}\text{Rn}$  uit de bodem via de kruipruimte naar de woning,
- de conversie van blootstelling naar dosis voor  $^{222}\text{Rn}$  in woningen, en voor  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$  en  $^{210}\text{Pb}$  in voedsel.

De mogelijke dosis door de lozingen van de fosfaatindustrie via alle of een deel van de blootstellingspaden is bij herhaling (her-)berekend. Het is evenwel niet de bedoeling de verschilpunten tussen de hier gemaakte en alle voorgaande schattingen te analyseren. In eerdere rapportages is hiertoe reeds een poging gedaan [1, 2]. De nieuwe resultaten worden uitsluitend vergeleken met de resultaten van berekeningen die zijn overlegd bij de vergunningaanvragen van Hydro Agri Rotterdam B.V. [3] en Kemira Pernis B.V. [4]. In de drie berekeningen is gebruik gemaakt van andere emissiegegevens en milieumetingen. Om vergelijking mogelijk te maken, zijn alle resultaten dan ook omgerekend naar gevolgen van lozingen van 1 TBq per nuclide en per jaar.

In de eerste plaats wordt kort samengevat hoe de dosis bij het aanvragen van de vergunningen is geschat (Hoofdstuk 2). Vervolgens worden de uitgangspunten voor de nieuwe dosisschatting en de basisgegevens en resultaten van deze nieuwe schatting behandeld (Hoofdstukken 3, 4 en 5). Tot slot worden de belangrijkste verschilpunten in tabelvorm weergegeven (Hoofdstuk 6).

## 2. DOSISSCHATTINGEN TEN TIJDE VAN DE VERGUNNINGAANVRAAG

Voor de originele referenties bij alle getallen, die ongewijzigd uit [3] en [4] zijn overgenomen, wordt hier gemakshalve naar deze beide rapporten verwezen.

### 2.1 Dosis via baggerspecie

Omdat alleen het nuclide  $^{226}\text{Ra}$  van belang is voor het berekenen van de dosis via het 'baggerspecie-pad' [5], zijn geen andere nucliden dan  $^{226}\text{Ra}$  beschouwd.

#### 2.1.1 Van emissie naar gehalte in opgebaggerd slib

In de risico-evaluatie voor Hydro Agri [3] is uit metingen van  $^{226}\text{Ra}$  in havenslib, uit de slibbalans voor de Nieuwe Waterweg en uit een geschatte lozing, een schatting gemaakt van de totale afzetting van het geloosde nuclide in het sediment van het gehele gebied tussen Maasmond en Waalhaven (zie Tabel 1). De milieumetingen en emissieschattingen hebben betrekking op (een deel van) de periode 1988–1991. Omdat de concentratie dicht bij de bron hoger is dan verder weg, is als eerste benadering aangenomen dat de aldus becijferde, sedimenterende fractie volledig in de Botlekhavens terecht komt. Deze havens liggen nagenoeg tegenover het lozingspunt van Hydro Agri.

*Tabel 1: Schatting van de fractie van het geloosde  $^{226}\text{Ra}$  afgezet in het gebied tussen Waalhaven en Maasmond bij een geschatte emissie door beide bedrijven samen van 1,6 TBq/a [Hydro Agri, 3].*

	Maas- mond	Caland- kanaal	Botlek- haven	Waal- haven	Totaal
Slibaangroei (Tg/a)	2,90	0,31	0,72	0,30	
[ $^{226}\text{Ra}$ ] (Bq/g)	0,025	0,075	0,150	0,050	
Aangroei $\times$ conc. =					
Afzetting (TBq/a)	0,073	0,023	0,108	0,015	0,219
% Afzetting					13,7

Combineren van de maximaal toegestane lozing  $^{226}\text{Ra}$  voor Hydro Agri (0,723 TBq/a), de slibaangroei in de Botlekhavens (0,72 Tg/a) en de in [3] becijferde fractie (0,137) resulteerde in het  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte in slib uit de Botlekhavens, toegeschreven aan deze lozing: 0,138 Bq/g. Een lozing van 1 TBq/a zou volgens deze berekening leiden tot een  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte in het slib van 0,191 Bq/g.

In de risico-evaluatie voor Kemira [4] is in afwijking op de evaluatie voor Hydro Agri gebruik gemaakt van metingen aan fosfogips en een representatieve totale belasting voor de periode 1988–1991 om de afzetting in de Botlekhavens te becijferen (zie Tabel 2). In dit geval is dus NIET verondersteld dat al het  $^{226}\text{Ra}$  dat tussen Maasmond en Waalhaven sedimenteert, in het Botlekgebied terecht komt.

Tabel 2: Schatting van de fractie van het geloosde  $^{226}\text{Ra}$  afgezet in de Botlekhavens bij een representatieve emissie door beide bedrijven samen van 1,498 TBq/a [Kemira, 4].

	Maas- mond	Caland- kanaal	Botlek- haven	Waal- haven	Totaal
Slibaangroei (Tg/a)	2,90	0,31	0,72	0,30	
[ $^{226}\text{Ra}$ ] (Bq/g)	0,025	0,075	0,150	0,050	
Aangroei $\times$ conc. =					
Afzetting (TBq/a)	0,073	0,023	0,108	0,015	0,219
% Afzetting			7,2		

Combineren van de maximaal toegestane lozing  $^{226}\text{Ra}$  voor Kemira (1,19 TBq/a), de slibaangroei in de Botlekhavens (0,72 Tg/a) en de in [4] becijferde fractie (0,072) resulteerde in het  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte in het slib uit de Botlekhavens, toegeschreven aan deze lozing: 0,120 Bq/g. Een lozing van 1 TBq/a zou volgens deze berekening leiden tot een  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte in het slib van 0,101 Bq/g.

### 2.1.2 Van gehalte in de specie naar dosis

In beide risico-evaluaties is dezelfde redenering gevolgd, te weten:

In Nederland wordt gemiddeld 50% van de dosis door  $^{222}\text{Rn}$ , of 0,6 mSv/a, veroorzaakt door  $^{222}\text{Rn}$  afkomstig van het in de bodem aanwezige  $^{226}\text{Ra}$ . Het gemiddelde  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte in de Nederlandse bodem bedraagt 0,025 Bq/g. Combineren van deze gegevens met het  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte in het slib zoals becijferd voor de vergunde gipslozingen, resulteerde in de maximale dosis: 3,3 mSv/a voor Hydro Agri en 2,9 mSv/a voor Kemira. Een lozing van 1 TBq/a zou in het geval van Hydro Agri dus resulteren in een extra dosis door  $^{222}\text{Rn}$  van 4,6 mSv/a en voor Kemira in een dosis van 2,4 mSv/a.

Omdat in de berekening voor Hydro Agri is aangenomen dat al het geloosde  $^{226}\text{Ra}$  deponert in de Botlekhavens, waardoor de 'conversiefactor' met ongeveer een factor twee wordt overschat, zal de 'conversiefactor' voor Kemira, namelijk 2,4 mSv/TBq, gebruikt worden voor de vergelijking met de nieuwe berekening.

### 2.2 Dosis via visserijproducten

In [3] en [4] is de inname aan  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$  en  $^{210}\text{Pb}$  via visserijproducten geschat aan de hand van berekende concentraties in water, overdrachtsfactoren naar biota en consumptiegegevens van visserijproducten voor 'normale' en 'extreme' viseters. Hierbij is uitgegaan van de cijfers voor normale viseters die worden aanbevolen in [6], en van ook nu nog standaard gehanteerde overdrachtsfactoren [7]. De dosis is met een conversiecoëfficiënt (DCC) rechtlijnig uit de inname afgeleid.



Er zijn schattingen gemaakt voor visserijproducten afkomstig van verschillende locaties. In dit rapport wordt uitsluitend de berekening samengevat die ten tijde van de vergunningaanvraag van Kemira is gemaakt, voor de locatie waar de hoogste concentraties in visserijproducten gevonden zijn, i.c. de Nieuwe Waterweg (Tabel 3). Overigens is het de vraag of de Nieuwe Waterweg te beschouwen is als een 'relevant visbekken', waarvoor volgens [6] berekeningen horen te worden uitgevoerd. Is de Nieuwe Waterweg niet als dusdanig te beschouwen, dan volgt uit vergelijking met de resultaten voor de overige locaties (e.g. Waddenzee) dat de dosis via visserijproducten naar verwachting een factor 10 lager zal zijn dan de waarde vermeld in Tabel 3.

De 'conversiefactoren' afgeleid uit Tabel 3 zijn  $5,7 \times 10^{-3}$  mSv/TBq voor  $^{210}\text{Po}$ ,  $2,6 \times 10^{-3}$  mSv/TBq voor  $^{210}\text{Pb}$  en  $6,0 \times 10^{-3}$  mSv/TBq voor  $^{226}\text{Ra}$ . Eenheidslozingen van de drie nucliden samen veroorzaken dus een dosis van 0,014 mSv/a.

Tabel 3: Schatting van de dosis door  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$  en  $^{210}\text{Pb}$  bij consumptie van vis uit de Nieuwe Waterweg uitgaande van de vermelde jaarlozingen [4].

	$^{210}\text{Po}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{226}\text{Ra}$
Lozing (TBq/a)	0,99	1,34	1,19
Activ. conc. in water (Bq/m <sup>3</sup> )	1,6	3,2	11,8
Overdrachtsfactor (Bq/kg / Bq/m <sup>3</sup> )	2	0,2	0,5
Concentratie in vis (Bq/kg)	3,2	0,64	5,9
Consumptie (kg/a)	4	4	4
Inname (Bq/a)	12,8	2,56	23,6
DCC (mSv/Bq)	$4,4 \times 10^{-4}$	$1,36 \times 10^{-3}$	$3,05 \times 10^{-4}$
Eff. dosis (mSv/a)	$5,6 \times 10^{-3}$	$3,5 \times 10^{-3}$	$7,2 \times 10^{-3}$
Totale eff. dosis (mSv/a)		<b>0,016</b>	
Relatieve bijdrage per nuclide (%)	34	22	44
'Conversiefactor' (mSv/TBq)	$5,7 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-3}$	$6,0 \times 10^{-3}$

### 2.3 Totale dosis volgens de oude berekening

Uitgaande van de vooronderstellingen en berekeningswijzen gehanteerd bij het aanvragen van een KeW-vergunning door Kemira veroorzaakt een jaarlijkse lozing van 1 TBq/a  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  en  $^{210}\text{Po}$  een effectieve stralingsdosis van 2,4 mSv/a, waarvan 99% door blootstelling aan  $^{222}\text{Rn}$  en slechts 1% door consumptie van visserijproducten.

### 3. UITGANGSPUNTEN VOOR DE NIEUWE BEREKENING

#### 3.1 Dosis via baggerspecie

Alle uitgangspunten die bij de nieuwe berekening worden gehanteerd, met uitzondering van het laatste, zijn onderbouwd in [1]. De uitgangspunten zijn de volgende:

- De te maken schatting wordt zo veel als mogelijk gebaseerd op een combinatie van milieumetingen en lozingsgegevens.
- Gemeten concentraties in slib worden gecorrigeerd voor de natuurlijke achtergrond.
- Bij de berekening van de radonexhalatie uit de bodem worden geen andere bodemeigenschappen dan het  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte betrokken.
- De beoordeling van baggerspecie die met andere dan radioactieve stoffen is verontreinigd, gebeurt per in het havengebied onderscheiden ruimtelijke eenheid. Het gemiddelde  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte zoals gemeten voor ieder van deze eenheden, dient te worden getoetst. Dit betekent dat wordt uitgegaan van de indeling van de havens in vakken zoals gehanteerd door RWS en door de Gemeente Rotterdam. Het hoogste gemiddelde  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte is limiterend.
- De dosisberekening is gebaseerd op gebruik van de baggerspecie voor de meest kritische toepassing, dus als bouwgrond zonder afdeklaag.
- Voor stoffen die zowel door Hydro Agri als door Kemira in enigszins vergelijkbare hoeveelheden geloosd worden, zoals  $^{226}\text{Ra}$ , is het onmogelijk om per locatie aan te geven welke fractie afkomstig is van welk bedrijf. Consequenties van lozingen specifiek per bedrijf en voor een bepaalde locatie worden dan ook niet berekend.
- De nieuwe basisnormen van de Europese Unie [8] dienen gebruikt te worden bij een beoordeling en dus ook de daarin vermelde dosisconversiecoëfficiënten. Voor het afleiden van de dosis door  $^{222}\text{Rn}$  uit de blootstelling is gebruik gemaakt van de meer volledige gegevens uit [9].

#### 3.2 Dosis via visserijproducten

- Omdat er sinds het indienen van de vergunningaanvraag geen nieuw systematisch onderzoek naar  $^{210}\text{Po}$  en  $^{210}\text{Pb}$  in de Nieuwe Waterweg is uitgevoerd, wordt uitgegaan van eenzelfde verdunning na lozing als in [3] en [4].
- De dosisconversiecoëfficiënten uit de nieuwe basisnormen van de Europese Unie [8] worden gebruikt bij de beoordeling.

#### 4. BASISGEGEVENS VOOR DE NIEUWE BEREKENING

##### 4.1 Dosis via baggerspecie

- De nieuwe berekening van de dosis via baggerspecie is gebaseerd op de emissiegegevens voor beide bedrijven over 1993, 1994 en 1996 (Tabel 4) [10]. De gegevens voor 1995 zijn niet gebruikt omdat voor dat jaar geen representatieve slibmetingen beschikbaar zijn.
- De resultaten van metingen aan slib verzameld in het voorjaar van 1994, 1995 en 1997 voor het havenvak met het hoogste  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte zijn gebruikt [1, 11] (Tabel 4). Er is verondersteld dat deze monsters vooral de lozingen van het voorgaande jaar weerspiegelen. Omdat nog niet genoeg gegevens beschikbaar zijn om dit voldoende te kwantificeren [11], zijn de emissie- en slibgegevens over de onderzochte periode gemiddeld.

Tabel 4: Lozingen van  $^{226}\text{Ra}$  [10] in de jaren 1993, 1994 en 1996 en gemiddelde concentraties in het meest verontreinigde havenvak [1, 11], in het eropvolgende voorjaar.

	Hydro Agri	TBq Kemira	Totaal	$^{226}\text{Ra}$ -overschot in Bq/g in vak 51 1e Petroleumhaven
1993	0,257	0,403	0,660	0,196
1994	0,377	0,432	0,809	0,275
1996	0,315	0,283	0,598	0,142
Gemiddelde	0,316	0,373	0,689	0,204

- Aan de hand van de korrelgrootteverdeling van een slibmonster wordt bepaald hoeveel  $^{226}\text{Ra}$  er van nature in verwacht wordt. Deze relatie tussen korrelgrootteverdeling en natuurlijk  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte is opgesteld voor de Nederlandse bodems door Köster *et al.* [12]. Aan de hand van metingen aan bijna 100 grondmonsters, verzameld in het kader van het landelijke onderzoek naar radon in woningen, is de door Köster *et al.* opgestelde formule bijgesteld [13] (zie Bijlage 1). Met de formule en de analyse-resultaten van de slibmonsters uit Bijlage 1 zijn de verwachte natuurlijke gehalten en de  $^{226}\text{Ra}$ -overschotten<sup>1</sup> zoals gegeven in Tabel 4 berekend.
- Het gemiddelde  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte in de grondmonsters verzameld in het landelijk radon-onderzoek van RIVM is 0,025 Bq/g.
- De gemiddelde  $^{222}\text{Rn}$ -concentratie in de woonkamer van nieuwe woningen is 28 Bq/m<sup>3</sup> bij een buitenluchtconcentratie van 3 Bq/m<sup>3</sup> [14].

<sup>1</sup> het overschot is het verschil tussen het van nature verwachte en het gemeten  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte, en wordt aan industriële lozingen toegeschreven.

- De gemeten gemiddelde bijdrage van  $^{222}\text{Rn}$  afkomstig uit de kruipruimte aan het  $^{222}\text{Rn}$  in de woonkamer bedraagt 15% [14].
- Van het  $^{222}\text{Rn}$  dat vanuit de kruipruimte de woonkamer bereikt, is gemiddeld 60% ook effectief uit de bodem afkomstig [13]. Uit dit gegeven en de drie voorgaande is de  $^{222}\text{Rn}$ -concentratie te berekenen die in de gemiddelde woning afkomstig is van een  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte in de bodem van 0,001 Bq/g.
- Bij een evenwichtsfactor van 0,4 en 80% van de tijd binnenshuis verblijven komt blootstelling gedurende één jaar aan 1 Bq/m<sup>3</sup> radon en zijn dochters overeen met  $1,56 \times 10^{-2}$  mJ.h/m<sup>3</sup> [9].
- De DCC voor de blootstelling aan  $^{222}\text{Rn}$  binnenshuis bedraagt 1,1 mSv per mJ.h/m<sup>3</sup> [9].

#### 4.2 Dosis via visserijproducten

- De dosisconversiecoëfficiënten voor ingestie van respectievelijk  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$  en  $^{210}\text{Pb}$  zijn  $2,8 \times 10^{-4}$  mSv/Bq,  $1,2 \times 10^{-3}$  mSv/Bq en  $6,9 \times 10^{-4}$  mSv/Bq.
- De in [7] voorgescreven overdrachtsfactoren voor vis zijn gelijk aan die gehanteerd in [3] en [4].

## 5. SCHATTING VAN DE DOSIS

### 5.1 Dosis via baggerspecie

Op basis van de gegevens uit Tabel 4 leidt een theoretische emissie van 1 TBq/a tot een  $^{226}\text{Ra}$ -overschotgehalte in het vak waar het hoogste  $^{226}\text{Ra}$ -overschot geconstateerd is (vak 51 in de 1e Petroleumhaven) van  $0,204/0,689 = 0,296 \text{ Bq/g}$ .

Dit  $^{226}\text{Ra}$ -overschotgehalte in de bodem leidt tot een gemiddelde verhoging van de  $^{222}\text{Rn}$ -concentratie in de woonkamer met  $28 \times 0,15 \times 0,60 \times 0,296 / 0,025 = 29,8 \text{ Bq/m}^3$ .

Deze verhoging in radonconcentratie komt overeen met een extra blootstelling van  $1,56 \times 10^{-2} \times 29,8 = 0,465 \text{ mJ.h/m}^3$  en met een effectieve dosis van  $1,1 \times 0,465 = 0,51 \text{ mSv/a}$ .

### 5.2 Dosis door consumptie van visserijproducten

Vervanging in Tabel 3 van de oude dosisconversiecoëfficiënten door de nieuwe leidt bij de gegeven emissies tot een totale dosis van 0,024 mSv/a indien vis uit de Nieuwe Waterweg wordt geconsumeerd (Tabel 5). Eenheidslozingen van de drie nucliden leiden tot een totale dosis door consumptie van vis van 0,023 mSv/a.

Tabel 5: Schatting van de dosis door  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$  en  $^{210}\text{Pb}$  bij consumptie van vis uit de Nieuwe Waterweg uitgaande van de vermelde jaarlozingen [4].

	$^{210}\text{Po}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{226}\text{Ra}$
Lozing (TBq/a)	0,99	1,34	1,19
Inname (Bq/a)	12,8	2,56	23,6
DCC (mSv/Bq)	$1,2 \times 10^{-3}$	$6,9 \times 10^{-4}$	$2,8 \times 10^{-4}$
Eff. dosis (mSv/a)	$1,5 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-3}$	$6,6 \times 10^{-3}$
Totale eff. dosis (mSv/a)		<b>0,023</b>	
Relatieve bijdrage per nuclide (%)	65	7	28
'Conversiefactor' (mSv/TBq)	$1,6 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$5,6 \times 10^{-3}$

### 5.3 Totale dosis volgens de nieuwe berekening

Uitgaande van de vooronderstellingen en berekeningswijzen gehanteerd bij de nieuwe berekening veroorzaakt een jaarlijkse lozing van 1 TBq/a  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  en  $^{210}\text{Po}$  een dosis van 0,53 mSv/a, waarvan 0,51 mSv/a of 96% door blootstelling aan  $^{222}\text{Rn}$  en 0,023 mSv/a of 4% door consumptie van visserijproducten.

## 6. CONCLUSIES

Uitgaande van actuele emissie- en milieumetingen en de nieuwste inzichten met betrekking tot de verspreiding en de risico's van  $^{222}\text{Rn}$ , leidt een eenheidslozing  $^{226}\text{Ra}$  van 1 TBq/a in de Nieuwe Waterweg tot een potentiële individuele dosis van maximaal 0,51 mSv/a.

Uit Tabel 6 blijkt dat de 'conversiefactor' van emissie naar radon-dosis (in mSv/TBq) in de hier gemaakte schatting een factor 5 lager ligt dan de waarde voor de 'conversiefactor' zoals afgeleid uit de vergunningaanvraag van Kemira [4].

Het effect van een theoretische emissie van 1 TBq/a op de concentratie in het milieu ( $[\text{}^{226}\text{Ra}]_{\text{slib}}$ ) is een factor 2,9 hoger ingeschat in dit rapport, omdat wordt uitgegaan van een ander havenvak en omdat gemiddeld wordt over een kleiner oppervlak. De stroom van radon uit de bodem naar de woning ( $[\text{}^{222}\text{Rn}]_{\text{woning}}/[\text{}^{226}\text{Ra}]_{\text{slib}}$ ) wordt een factor 7 lager ingeschat. Voor deze stap is het verschil met de berekening in [4] het grootste. De dosis die het gevolg is van blootstelling aan radon wordt een factor 2 lager ingeschat dan in [4].

*Tabel 6: Overzicht van verschilpunten tussen de berekening gemaakt in het kader van de vergunningaanvraag van Kemira en de nieuwe berekening uit dit rapport, uitgaande van een theoretische lozing van 1 TBq/a. In de laatste kolom staat per stap de verhouding tussen beide berekeningen.*

Stap	Ref. [4]	Nieuw	Nieuw/[4]
$^{226}\text{Ra}$ -emissie (TBq/a)	1	1	1
$[\text{}^{226}\text{Ra}]_{\text{slib}}$ (Bq/g per TBq/a)	0,101	0,296	2,9
$[\text{}^{222}\text{Rn}]_{\text{woning}}/[\text{}^{226}\text{Ra}]_{\text{slib}}$ (Bq/m <sup>3</sup> per Bq/g)	700	101	0,14
Effectieve dosis door Rn (mSv/a.Bq)	0,034	0,017	0,50
'Conversie factor' (mSv/TBq)	2,4	0,51	0,21

De dosis bij consumptie van visserijproducten afkomstig uit de Nieuwe Waterweg na lozing van 1 TBq/a van elk van de nucliden  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$  en  $^{210}\text{Pb}$  wordt geschat op 0,02 mSv/a. De dosis via dit pad is minder dan 5% van de totale dosis. Indien er van uitgegaan wordt dat niet de gegevens voor vis uit de Nieuwe Waterweg gebruikt moeten worden voor de dosisberekening (zie opmerking onder 2.2), maar die van andere locaties, dan is de dosis via visserijproducten een factor 10 lager. In dat geval is de bijdrage van dit pad aan de totale dosis kleiner dan 1%.

**BIJLAGE 1**

Formule voor de bepaling van het natuurlijke  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte zoals gegeven in [12]:

$$\text{Ra}_{\text{nat}} = (0,60 \times F_{-2} + 0,37 \times F_{2-50} + 0,08 \times F_{50-}) \text{Bq/kg}$$

De formule afgeleid aan de hand van bepalingen van de korrelgrootteverdeling en het  $^{226}\text{Ra}$ -gehalte van grondmonsters uit het landelijke radononderzoek [13]:

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

Een bijstelling van de formule voor het schatten van de natuurlijke achtergrond werd noodzakelijk geacht omdat, in tegenstelling tot de verwachting, alle tot op heden verzamelde speciemonsters een  $^{226}\text{Ra}$ -overschot vertoonden [1, 13].

*Tabel 7: Analyse-resultaten van havenspecie verzameld in vak 51 van de eerste Petroleumhaven voor 3 onderzoeksjaren.*

	1994	1995	1997
F <sub>-2</sub>	20,9	17,9	25,0
F <sub>2-50</sub>	20,9	21,5	35,0
F <sub>50-</sub>	34,0	35,0	23,0
$^{226}\text{Ra}_{\text{tot}}$ in Bq/g	0,226	0,303	0,180
$^{226}\text{Ra}_{\text{nat}}$ volgens [12] in Bq/g	0,023	0,021	0,030
$^{226}\text{Ra}_{\text{nat}}$ volgens [13] in Bq/g	0,030	0,028	0,038
$^{226}\text{Ra}_{\text{over}}$ volgens [13] in Bq/g	0,196	0,275	0,142

**REFERENTIES**

- [1] Stoop P, Lembrechts J. 1996. Radium in baggerspecie van 1994 en 1995 uit het Rijnmondgebied - Metingen en dosisberekeningen. RIVM rapport nr. 610058004, Bilthoven, 47p.
- [2] Lembrechts J. 1997. Emissions of radionuclides by the Dutch phosphate industry. A review of the 'fluctuations' in the estimated risks. Proc. Int. Symp. 'Radiological problems with natural radioactivity in the non-nuclear industry', Amsterdam, sept. 1997, 4p.
- [3] Bos AJJ, Ellerbroek G, van Sluis JW, Eijssen PHM. 1992. Risico-evaluatie radionuclidenemissies Hydro Agri Rotterdam BV. DHV-IRI, report F 3079-22-001, 86p.
- [4] Bos AJJ, Ellerbroek G, van Sluis JW, Eijssen PHM. 1993. Risico-evaluatie radionuclidenemissies Kemira Pernis BV. DHV-IRI, report G 1342-22-001, 84p.
- [5] Stoop P, Lembrechts J. 1993. Opties voor het afleiden van streef- en interventiewaarden voor radonmoeders uit de  $^{238}\text{U}$ - en  $^{232}\text{Th}$ -reeks in de bodem. RIVM rapport nr. 749201003, Bilthoven, 54p.
- [6] VROM. 1993. Beleidsstandpunten stralingshygiëne ten behoeve van vergunningverlening. Deel I: reguliere toepassingen. VROM, Den Haag, 89p.
- [7] Laheij GMH, Blaauboer RO, Lembrechts J. 1996. Risicoberekening voor in het milieu geloosde radionucliden - Onderbouwing richtlijn voor vergunningen (RIBRON) - Eerste herziene versie. RIVM rapport nr. 610053005, Bilthoven, 109p.
- [8] Richtlijn 96/29/Euratom van de Raad van 13 mei 1996 tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming van de gezondheid der bevolking en der werkers tegen de aan ioniserende straling verbonden gevaren. Publikatieblad van de EU, L159, 39e jaargang, 114p.
- [9] International Atomic Energy Agency. 1996. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. Safety Series No. 115, IAEA, Wenen, 353p.
- [10] Jaarrapportages van Kemira Agro BV and Hydro Agri Rotterdam BV aan de Regionaal Inspecteur van de Volksgezondheid voor de Milieuhygiëne.
- [11] Lembrechts J, Glastra P, Stoop P. 1997. Radium in baggerspecie afkomstig uit het Rijnmondgebied. Resultaten over 1997. RIVM brieffrapport met nr. 842/97 LSO Sme/Lem/pv, project nr. 610058, 19p. (verschijnt als RIVM rapport nr. 610058007)
- [12] Köster HW, Keen A, Pennders RMJ, Bannink DW, de Winkel JH. 1985. De natuurlijke radioactiviteit in Nederlandse gronden. VROM reeks stralenbescherming nr. 13, Leidschendam, 35p.
- [13] Stoop P, Glastra P, Hiemstra Y, de Vries L, Lembrechts J. 1998. Results of the second Dutch national survey on radon in dwellings. RIVM rapport nr. 610058006, Bilthoven, in voorbereiding.



- [14] Stoop P, Lembrechts J, Hiemstra Y, Blaauboer RO. 1997. Second national <sup>222</sup>Rn survey in the Netherlands. Eur. Conf. 'Protection against radon at home and at work', Praag, 970606, 223-228