



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Contra-expertise op bepalingen van
radio-activiteit van afvalwater en
ventilatielucht van NRG**

Periode 2008

RIVM rapport 610330121/2012

P.J.M. Kwakman | R.M.W. Overwater



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van NRG

Periode 2008

RIVM Rapport 610330121/2012

Colofon

© RIVM 2012

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

De heer dr. P.J.M. Kwakman (Senior Wet. medew. Chemie), RIVM
De heer dr. R.M.W. Overwater (Senior Wet. medew. Fysica), RIVM

Contact:

De heer dr. P.J.M. Kwakman
Laboratorium voor Stralingsonderzoek
pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM Inspectie Kernfysische
Dienst, in het kader van project 610330, Site Monitoring Straling

Rapport in het kort

Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van NRG. Periode 2008

Het RIVM controleert achtmaal per jaar de metingen van NRG. Het gaat hierbij om lozingen van radioactiviteit in water en lucht. De contra-expertise onderbouwt de betrouwbaarheid van de analyses die NRG uitvoert. Doorgaans komen de analyses overeen, zo ook in 2008. Enkele structurele verschillen in dat jaar betreffen de totaal-beta metingen in afvalwater; RIVM meet altijd veel lager dan NRG. Dit wordt deels verklaard door het feit dat er veel kortlevende beta-stralers in het afvalwater aanwezig zijn, en deels door verschillen in de meetmethoden die NRG en RIVM toepassen.

NRG meet de filterpakketten voor de bemonstering van ventilatielucht voor snelle screeningsdoeleinden en past daarom een veel kortere meettijd toe dan RIVM. Dit verklaart waarom RIVM een aantal maal een activiteitsconcentratie aantoot onder de detectiegrens van NRG.

Het RIVM heeft in 2008 acht afvalwatermonsters en acht monsters van ventilatielucht geanalyseerd, die verspreid over het jaar gedurende een week door NRG zijn genomen. Opdrachtgever is de Kernfysische Dienst van het ministerie van VROM.

Trefwoorden:

NRG, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht

Abstract

Contra-expertise on the determination of radioactivity of waste water and ventilation air of NRG. Period 2008.

Within the framework of a monitoring programme, the RIVM measures the release of radioactivity into the waste water and atmosphere of NRG . Measurements are carried out eight times per year. This form of counter-expertise is aimed at verifying and supporting the reliability of the analyses carried out by the Borssele plant. The two different sets of measurements are generally in agreement, as was also the case in 2008.

The few discrepancies that were observed in 2008 concern the gross-beta data in waste water; RIVM reports considerably lower gross-beta data than NRG does. This is partly explained by the presence of short-lived beta-emitters in waste water of NRG, and partly because of differences in the analytical methods applied by NRG and RIVM.

In samples taken from ventilation air, RIVM determined in some cases an activity concentration below the detection limit of NRG. NRG measures the filters mainly for screening purposes and, therefore, applies a much shorter measuring time than RIVM.

The RIVM analyzed eight waste water samples and eight samples of ventilation air taken by NRG at various time points dispersed throughout 2008. The analyses were carried out on behalf of the Department of Nuclear Safety, Security and Safeguards of the Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM).

Keywords:

NRG Petten, radioactivity, discharges, waste water, ventilation air

Inhoud

Samenvatting—6

1 Inleiding—7

2 Monsters en analyse—8

3 Analysemethoden—9

3.1 Tweevoudbepalingen—9

3.2 Bepalingen van de totaal alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater—9

3.3 Bepaling van de totaal béta-activiteitsconcentratie in afvalwater—9

3.4 Bepaling van de activiteitsconcentratie van gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater—10

3.5 Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in afvalwater—10

3.6 Bepaling van de totaal alfa- en totaal béta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht—11

3.7 Bepalingen van de activiteitsconcentratie gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht—11

3.8 Foutberekeningen—11

3.9 Kwaliteitsborging—12

3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking—12

4 Resultaten en discussie—14

4.1 Meetresultaten—14

4.2 Vergelijking van de resultaten—14

4.2.1 Afvalwater—14

4.2.2 Ventilatielucht—15

4.3 Discussie—16

5 Referenties—18

Bijlage A Vergelijking Meetresultaten—19

Bijlage B Bemonstering en meting door NRG in 2008—22

Samenvatting

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) van RIVM voert in opdracht van de VROM Inspectie (VI) radioactiviteitsmetingen uit van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Dit rapport gaat over de periode januari – december 2008.

De overeenstemming van de resultaten van RIVM met die van de nucleaire installaties wordt ingedeeld in vier categorieën, in afnemende volgorde A1, A2, B en C.

De contra-expertisemonsters waarvoor het rapport over gaat, zijn afvalwatermonsters en ventilatieluchtmonsters afkomstig van de Nuclear Research and Consultancy Group (NRG) te Petten. Het RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal-alfa, totaal-beta, tritium en in afvalwater en gammastralers, totaal-alfa en totaal-beta tevens in ventilatielucht.

Bij de vergelijking van de gemeten concentraties aan gammastralers in de afvalwatermonsters bleek een uitstekende overeenstemming. Voor ^3H en totaal-alfa is de overeenstemming goed. De vergelijking in de totaal-bèta activiteit in afvalwater is matig. Dit is echter begrijpelijk omdat de totaal-bèta activiteit voor een groot deel uit kortlevende radionucliden bestaat. Deze radionucliden zijn ten tijde van de meting door RIVM al voor een groot deel vervallen. Tevens zijn er verschillen in de meetmethoden die NRG en RIVM toepassen.

In zeven van de acht filterpakketten van HFR ventilatielucht heeft RIVM geen kunstmatige gamma-activiteit en slechts een zeer geringe totaal-alfa en totaal-bèta activiteit aangetroffen. In het koolfilter van het zesde monster vond RIVM een geringe activiteit van de nucliden ^{191}Os en ^{203}Hg .

Door de wijze waarop de activiteitsconcentratie door NRG is gerapporteerd (in counts per minuut), kon een vergelijking met RIVM meetdata in de gewenste eenheid [$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$] niet worden uitgevoerd.

1 Inleiding

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) van RIVM voert in opdracht van de VROM Inspectie (VI) radioactiviteitsmetingen uit van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Dit rapport gaat over de periode januari – december 2008.

De indeling van dit rapport is als volgt. Na deze inleiding volgt hoofdstuk 2 met een beschrijving van de door de contra-expertise gebruikte monsters en de hiervan bepaalde radioactieve eigenschappen. In hoofdstuk 3 staat een beschrijving van de door RIVM toegepaste analysemethode en de wijze waarop de resultaten van RIVM met die van het onderzochte bedrijf zijn vergeleken.

Hoofdstuk 4 bevat een korte bespreking van de resultaten van het contra-expertiseonderzoek. De meetresultaten zelf zijn – naast de resultaten van het onderzochte bedrijf – opgenomen in Bijlage A. De bemonstering wordt door de onderzochte bedrijven uitgevoerd. Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door het onderzochte bedrijf, zijn gereproduceerd in Bijlage B.

De contra-expertisemonsters waar voorliggende rapport over gaat, zijn afvalwatermonsters en ventilatieluchtmonsters afkomstig van de Nuclear Research and Consultancy Group (NRG) te Petten.

2 Monsters en analyse

RIVM haalt periodiek ongegeleerde afvalwatermonsters en ventilatieluchtfilters van HFR op bij NRG. Tabel 1 bevat een overzicht van het vooraf overeengekomen aantal monsters en de te verrichten analyses [RI08].

Tabel 1 : Overzicht van het vooraf overeengekomen aantal monsters en analyses

Monsters	Aantal	Analyses
Afvalwater	8	Totaal-alfa**, totaal-bèta**, gammastralers** en $^3\text{H}^*$
Ventilatielucht HFR	8	gamma-emitters*, totaal-alfa*, totaal-bèta*

* Analyse in enkelvoud

** Analyse in tweevoud

In 2008 zijn acht water- en ventilatiemonsters opgehaald; NRG is daarvoor zevenmaal bezocht. Gegevens van de monsters staat in Tabel 2 en Tabel 3.

Tabel 2 : Monstergegevens afvalwater

Nr.	Monsterperiode	Ophaaldatum	Datum gammaspectrometrie
1	07 - 14 januari	18 januari 2008	21 januari 2008
2	18 - 25 februari	5 maart 2008	6 maart 2008
3	19 - 26 mei	28 mei 2008	4 juni 2008
4	14 - 21 juli	7 augustus 2008	13 augustus 2008
5	21 - 28 juli	7 augustus 2008	14 augustus 2008
6	11 - 18 augustus	27 augustus 2008	1 september 2008
7	08 - 15 september	24 september 2008	25 september 2008
8	03 - 10 november	12 november 2008	17 november 2008

* Twee data wegens bepaling in tweevoud; vermelding wegens streven meting te verrichten binnen 2 weken na ontvangst monsters (analyse gereed binnen 3 weken).

Tabel 3 : Monstergegevens HFR ventilatielucht

Nr.	Monsterperiode	Ophaaldatum	Datum gammaspectrometrie
1	30 - 06 januari	18 januari 2008	21 januari 2008
2	10 - 17 februari	5 maart 2008	6 maart 2008
3	11 - 18 mei	28 mei 2008	4 juni 2008
4	06 - 13 juli	7 augustus 2008	13 augustus 2008
5	13 - 20 juli	7 augustus 2008	14 augustus 2008
6	11 - 18 augustus	27 augustus 2008	1 september 2008
7	07 - 14 september	24 september 2008	25 september 2008
8	26 okt - 02 november	12 november 2008	17 november 2008

3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door NRG in 2008, zijn gereproduceerd in Bijlage B.

3.1 Tweevoudbepalingen

LSO voert sommige analyses in tweevoud uit. Wanneer het verschil tussen de twee meetwaarden van een tweevoudsbepaling groter is dan 4σ (waarbij σ de totale fout van de grootste van de twee meetwaarden is) wordt een tweevoudsbepaling afgekeurd. In zo'n geval volgt een aanvullende controle, bijvoorbeeld een controle van de berekeningen, een herhaling van een meting of een nieuwe analyse met achtergehouden monstermateriaal. Het laatste gebeurt indien mogelijk bij afkeuring van een analyse op ^{60}Co of ^{137}Cs . Bij andere γ -stralers dan ^{60}Co en ^{137}Cs worden in geval van een afgekeurde tweevoudsbepaling de twee meetresultaten afzonderlijk gerapporteerd. Wordt het resultaat van een tweevoudsbepaling niet afgekeurd, dan wordt het gemiddelde van de twee meetwaarden gerapporteerd. De analyses waarvan gedurende en langer periode gebleken is dat er weinig of geen afkeuringen plaatsvinden, worden uit oogpunt van efficiency in enkelvoud uitgevoerd. Welke analyses in enkelvoud en welke in tweevoud worden uitgevoerd, staat in hoofdstuk 2.

3.2 Bepalingen van de totaal alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater

Van het monster wordt, na homogenisatie, in twee verschillende flesjes elk 10,0 mL gepipetteerd. Aan één van de flesjes wordt 0,100 mL van een ^{241}Am -oplossing met bekende activiteit toegevoegd. Het geheel wordt vervolgens gemengd. De twee oplossingen worden in gedeelten op twee roestvast stalen telschaaltjes (geschuurd en ontvet) met een diameter van 50 mm overgebracht en drooggedampt in een stoof bij 60-80°C. De metingen aan beide telschaaltjes worden uitgevoerd met proportionele gasdoorstroomtellers die zijn voorzien van een dun venster. ($<0,5 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$). De tellers hebben een lage achtergrond. De telopbrengst wordt berekend uit het verschil in de resultaten van de beide telpreparaten en de toegevoegde activiteit aan ^{241}Am . Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0121: Handboek gasdoorstroomtelling.

3.3 Bepaling van de totaal béta-activiteitsconcentratie in afvalwater

Van het homogeniseerde monster wordt 10,0 mL drooggedampt op een roestvast stalen telschaaltje met een diameter van 50 mm. Het preparaat heeft een geringe laagdikte. De telefficiëntie wordt bepaald met behulp van een standaard, een teleschaaltje waarop een bekende hoeveelheid ^{90}Sr in ingedampt. Hier is afgeweken van de Nederlandse norm die ^{40}K als referentienuclide voorschrijft [NE87]. De metingen worden uitgevoerd met proportionele gasdoorstroomtellers die zijn voorzien van een dun venster ($<0,5 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$). De tellers hebben een lage achtergrond. Bij het droogdampen verdwijnen vluchtige béta-stralers zoals ^3H en anorganisch ^{14}C ($^{14}\text{CO}_2$). Minder vluchtige ^{14}C -verbindingen dragen waarschijnlijk wel voor een deel bij aan de telling. Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0121: Handboek gasdoorstroomtelling.

3.4 **Bepaling van de activiteitsconcentratie van gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater**

Van het ongegeleerde monster worden twee monsters van 250 ml afgemeten. Elk van deze monsters wordt volgens voorschrift in een teldoos gemengd met behangplaksel en geschud tot een homogene stijve massa verkregen is. Dit 'geleren' dient ter voorkoming van het uitzakken van de radioactieve componenten bij gammaspectrometrische analyses met lange telltijden [LS90]. Van de ontstane gegeleerde telpreparaten wordt over het energiebereik van 30 keV tot 2 MeV een gamma-spectrum opgenomen met behulp van een N-type halfgeleiderdetector met hoge energieresolutie in combinatie met een pulssorteerder met 8000 kanalen. De meettijd is 1000 min. Het spectrum wordt geanalyseerd met behulp van het analyseprogramma GammaVision. Hierbij wordt een nuclidenbibliotheek gebruikt met de nucliden als vermeld in Tabel A2.

De door KTA 1504 voorgeschreven radionucliden zijn in Tabel A2 aangegeven met een '*' [KT06]. Het analyseresultaat is de activiteit van de in de nuclidenbibliotheek opgenomen nucliden of de detectielimieten voor alle nucliden uit de nuclidenbibliotheek waarvan de signalen niet boven een bepaalde signaal/ruis-verhouding uitkomen en de som van de activiteiten van alle gedetecteerde nucliden. Daarnaast wordt door het analyseprogramma melding gemaakt van pieken die wel gedetecteerd zijn in het spectrum maar die niet aan één van de nucliden in de bibliotheek zijn toe te wijzen. Is dit het geval dan vindt een nadere analyse van het spectrum plaats. In dit kader heeft RIVM een nuclidespecifieke kalibratie uitgevoerd voor een aantal gammastralers die niet in de nuclidenbibliotheek staan maar regelmatig in afvalwater van NRG voorkomen. Het gaat om ^{67}Ga , ^{111}In , ^{181}W , ^{186}Re , ^{188}W en ^{203}Pb . RIVM corrigeert net als NRG voor radioactief verval door de activiteitsconcentratie van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar het midden van de monsterperiode [NR04].

Indien door RIVM geen enkele gammastraler wordt aangetoond, wordt tenminste de detectielimiet voor ^{60}Co gegeven. De detectielimiet voor ^{60}Co geeft een indicatie van de bereikte meetgevoeligheid volgens KTA 1504 [KT06]. KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor ^{60}Co kleiner is dan 1 kBq m^{-3} . Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0169; Handboek Gammaspectrometrie.

3.5 **Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in afvalwater**

Aan 25 ml van het monster wordt 0,2 g Na_2CO_3 toegevoegd om het alkalisch te maken. Nadat een deel van het monster is gedestilleerd, wordt door middel van LSC-telling de activiteitsconcentratie van ^3H bepaald. Per monsterflesje wordt één telling van maximaal 200 minuten uitgevoerd. Het telpreparaat bestaat uit 10,0 ml destillaat en 10,0 ml scintillatievloeistof (Ultima Gold LLT).

3.6 **Bepaling van de totaal alfa- en totaal bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht**

Uit het aërosolfilter wordt een schijf met een diameter van 46 mm geponst. Met behulp van een proportionele gasdoorstroomteller met een lage achtergrond, die van een dun venster ($< 0,5 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$) is voorzien, wordt hiervan de alfa- en bèta-telsnelheid gemeten. In overeenstemming met NVN 5636 inzake de analyse van luchtstoffilters wordt voor de bepaling van de totaal bèta-activiteitsconcentratie ^{90}Sr en voor de bepaling van de totaal-alfa-activiteitsconcentratie ^{241}Am als referentienuclide toegepast [NV06]. Aangezien de invloed van de stofbelading op de totaal-alfa efficiëntie aanzienlijk kan zijn en per monster onbekend, is in deze rapportage een onzekerheid van 30 % in de waarde voor de totaal-alfa activiteitsconcentratie opgenomen.

3.7 **Bepalingen van de activiteitsconcentratie gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht**

Per analyse wordt van het geponste (46 mm) aërosolfilter, een koolfilter en korrels met actieve kool een gamma-spectrum opgenomen en geanalyseerd op dezelfde wijze als dit bij afvalwater gebeurt. Er wordt gecorrigeerd voor radioactief verval door de activiteit van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar het midden van de monsterperiode.

Voor de meetnauwkeurigheid wordt gerefereerd aan KTA 1503.1 [KT93]. Deze eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor ^{60}Co en ^{131}I minder dan $20 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ bedraagt.

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0169; Handboek Gammaspectrometrie.

3.8 **Foutberekeningen**

De door RIVM opgegeven fout (na teken \pm) is het 1σ -schattinginterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047 (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en NEN 3114 (Nauwkeuringheid van metingen, termen en definities) [NE90, NE91]. Indien de analyse in tweevoud is uitgevoerd wordt het gemiddelde en de fout daarin gerapporteerd. Bij het schatten van de totale fout worden telfouten, kalibratiefouten en experimentele fouten meegenomen. Onder experimentele fouten vallen bijvoorbeeld fouten in wegingen en volumebepaling.

Waar van toepassing, is voor de volumebepaling in de hoeveelheid bemonsterde lucht een fout van 1% opgenomen in de experimentele fout.

- *Bepaling van de totaal-alfa- en totaal-bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater*
Voor de totaal α -bepaling wordt per analyse gebruik gemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een ^{241}Am -standaard. De totale fout in de totaal α -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat zonder standaard, een telfout van het preparaat met standaard, een kalibratiefout en een experimentele fout.
De totale fout in de totaal β -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat, een kalibratiefout en een experimentele fout.
- *Gammaspectrometrie*

Voor de γ -stralers vindt rapportage plaats met een fout voortkomend uit telstatistiek, kalibratie, achtergrond, onzekerheid in de yield en monstervoorbehandeling. Indien cascadeverval optreedt, leidt dit tot een extra bijdrage aan de fout.

- *Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in afvalwater*
De totale fout is samengesteld uit de telfout, een kalibratiefout en een experimentele fout.
- *Bepaling van de totaal-alfa- en totaal-bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht*
Omdat bij de totaal-alfa-bepaling de invloed van de stoflaag op de telefficiëntie groot kan zijn en per monster verschillend wordt een onzekerheid van 30 % in de berekening van de totale fout verwerkt. De totale fout in de totaal-alfa en totaal-bèta-activiteitsconcentratie in luchtstof is samengesteld uit een telfout van beide deelpreparaten, een kalibratiefout, een experimentele fout (inclusief de 1% onzekerheid als gevolg van het ponsen van een deel uit het gehele filter), en alleen voor totaal-alfa de stoflaagonzekerheid van 30 %.

3.9 Kwaliteitsborging

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek van het RIVM is voor een aantal verrichtingen geaccrediteerd volgens NEN-ISO-17025. Deze verrichtingen hebben betrekking op monsternamen en metingen die worden uitgevoerd in het kader van het toezicht op nucleaire installaties, het Nationaal Meetnet Radioactiviteit, en milieumonitoring in het kader van het Euratom verdrag, artikel 35 en 36.

In het kader van de bewaking van de kwaliteit van de gebruikte analyse- en meetmethoden neemt RIVM jaarlijks deel aan het ringonderzoek 'Abwasser', georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [Bf08]. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door NRG bepaalde activiteitsconcentraties worden met de afronding zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047 [NE91]) overgenomen uit de opgave van NRG [NR08].

De overeenkomst tussen de meetresultaten van RIVM en die van de onderzochte nucleaire installatie (NI) wordt ingedeeld in één van de categorieën A1, A2, B, of C, die gekoppeld zijn aan een waarschijnlijkheid. Vergelijking vindt alleen plaats als zowel RIVM als het onderzochte bedrijf een activiteit hebben aangetoond en opgegeven.

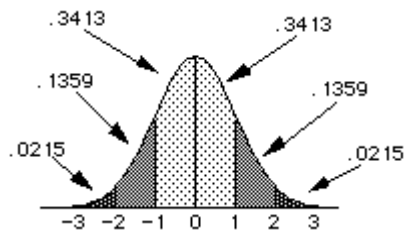
Het vergelijken van de gemeten waarden x_{NI} en x_{RIVM} is ook te verwoorden als het bepalen van het verschil $\Delta = x_{\text{NI}} - x_{\text{RIVM}}$. Het verschil tussen de meetwaarden wordt berekend uit de getallen zoals deze worden weergegeven, dus na afronding van de meetwaarde van RIVM (volgens NEN 1047 [NE91]). De fout¹ in dit verschil is: $s_{\Delta} = \sqrt{(s_{\text{NI}}^2 + s_{\text{RIVM}}^2)}$. Indien de NI geen opgave doet van de onzekerheid in het analyseresultaat, wordt verondersteld dat de fout in de

¹ (als $s_{\text{NI}} = s_{\text{RIVM}}$ dan $s_{\Delta} = s_{\text{RIVM}} \times \sqrt{2}$)

meetwaarde van de NI, σ_{NI} , gelijk is aan de fout in de meetwaarde van RIVM, σ_{RIVM} .

Het is hierbij in het bijzonder van belang, dat alle partijen (RIVM en NI's) een gedegen foutenberekening uitvoeren. In het ideale geval², bij een voldoende groot aantal metingen van hetzelfde monster, ligt het gemiddelde ten opzichte van de toevallige variaties zeer dicht bij de 'ware waarde' en komt de standaarddeviatie van de meetwaarden overeen met de opgegeven fouten. Als de spreiding benaderd kan worden met de normale verdeling (zie figuur), dan kunnen de volgende frequenties of waarschijnlijkheden van voorkomen van de categorieën verwacht worden:

A1:	$ \Delta \leq s_{\Delta}$	$\sim 68\%$, ofwel circa 2 uit 3
A2:	$s_{\Delta} < \Delta \leq 2 s_{\Delta}$	$\sim 27\%$, ofwel circa 1 uit 4
B:	$2 s_{\Delta} < \Delta \leq 3 s_{\Delta}$	$\sim 4,3\%$, ofwel circa 1 uit 20
C:	$3 s_{\Delta} < \Delta $	$\sim 0,26\%$, ofwel circa 1 uit 400



In de praktijk wijkt de verdeling vaak af van de normale verdeling waardoor rekening gehouden moet worden met iets meer voorkomen van de categorie C dan hierboven wordt gesuggereerd. Veel vaker dan verwacht voorkomen van B's en C's is echter een aanwijzing voor niet onderkende, mogelijk systematische, fouten.

² Waarbij de systematische fouten klein zijn t.o.v. de toevallige fouten

4 Resultaten en discussie

4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door RIVM en NRG zijn te vinden in Bijlage A. In Tabel A1 van deze bijlage zijn alleen die gammastralers opgenomen die zijn aangetoond. Als een gammastraler wel door NRG maar niet door RIVM wordt aangetoond dan wordt de detectielimiet van RIVM voor het betreffende nuclide in deze tabel opgenomen. In de tabellen staan tevens de onzekerheden (fouten) in de meetwaarden (zie paragraaf 3.8).

4.2 Vergelijking van de resultaten

Het resultaat van de vergelijking zoals beschreven in paragraaf 3.10 is in Tabel A1 van Bijlage A vermeld onder de kop 'V'. De vergelijking van de gammaspectrometrie resultaten in afvalwater is gegeven in Tabel 4. In Tabel 4 is tevens tussen haakjes het volgens een normale verdeling verwachte voorkomen aan categorieën A1-A2-B-C te zien. Zo is af te lezen of er significant meer of minder resultaten in een categorie vallen dan verwacht. Doordat NRG de ventilatieluchtgegevens van de HFR niet rapporteert in Bq.m^{-3} maar in counts per filter kan er geen vergelijking uitgevoerd worden. Zie paragraaf 4.2.2.

4.2.1 Afvalwater

Gammaspectrometrie

De gammaspectrometrie vergelijkingsresultaten in de categorieën A1, A2, B en C komen allen volgens de statistische verwachting voor. Het kwam 14-maal voor dat RIVM een gammastraler aantoonde die niet door NRG werd opgegeven, namelijk ^{109}Cd in monster 7; ^{144}Ce in monster 1, 2, 3 en 6; ^{58}Co in monster 3, 5 en 6; ^{54}Mn in monster 5; ^{103}Ru in monster 2, 3, 4, 5, en 7. Daarnaast kwam het vijfmaal voor dat NRG een nuclide vond waar RIVM dat niet heeft gedaan: ^{99}Mo in monster 3, 4, 5 en 6, en ^{131}I in monster 4.

Totaal-alfa en totaal-bèta

RIVM en NRG toonden in zeven van de acht monsters totaal alfa-activiteit aan. In vijf van de zeven gevallen werd als vergelijkingsresultaat een A1 verkregen, naast tweemaal een A2. Evenals in de vorige rapportageperiodes valt de vergelijking van totaal-bèta het vaakst in de categorie C (alle acht). De waarden van NRG zijn steeds drie- tot zevenmaal hoger dan die van RIVM.

Tritium

Het vergelijken van ^3H -activiteitsconcentraties leverde achtereenvolgens driemaal een A1, gevolgd door viermaal A2 en een B.

Tabel 4 : Vergelijkingsresultaten in NRG afvalwater samengevat

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma A1$ *	$\Sigma A2$ *	ΣB *	ΣC *
Cd-109	A1	A2	A2	A2	A1	A2		A1	3 (3-7)	4 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Cd-115m	A1								1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Ce-144									0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)
Co-57	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A1	A2	6 (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Co-58	A1	A2		A1			A1	A1	4 (2-5)	1 (0-3)	0 (0-1)	0 (0-0)
Co-60	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A1	A1	7 (3-7)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Cs-134	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	<u>8</u> (3-7)	0 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Cs-137	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A2	7 (3-7)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
I-131	A1	A2	A1		A2	A2	A2	B	<u>2</u> (3-7)	4 (0-4)	1 (0-1)	0 (0-0)
Mn-54	A2	A2	A2	B		A2			<u>0</u> (2-5)	<u>4</u> (0-3)	1 (0-1)	0 (0-0)
Mo-99	A2	A2					A1	A2	1 (1-4)	3 (0-3)	0 (0-1)	0 (0-0)
Na-22	A1	A1	C	A1	A2	A1	A1	A1	6 (3-7)	1 (0-4)	0 (0-1)	<u>1</u> (0-0)
Ru-103	B								0 (0-1)	0 (0-1)	<u>1</u> (0-0)	0 (0-0)
Sb-124	A1	A2	A1	A1	A1	A1	A1	A2	6 (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Sb-125	A1	A1	A2	A2	A2	B	A2	A1	3 (3-7)	4 (0-4)	1 (0-1)	0 (0-0)
Zn-65	A2	A1	A2	A1	A1	A2	A1	A1	5 (3-7)	3 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
W-181	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	<u>8</u> (3-7)	0 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
W-188	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A1	A1	7 (3-7)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Totaal									74 (67-83)	31 (22-38)	4 (2-8)	1 (0-1)
Totaal- α	A2	A1	A1	A1	A1	A2	A1		5 (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Tot./rest- β	C	C	C	C	C	C	C	C	<u>0</u> (3-7)	0 (0-4)	0 (0-1)	<u>8</u> (0-0)
^3H	A1	A1	A2	A1	A2	A2	B	A2	3 (3-7)	4 (0-4)	1 (0-1)	0 (0-0)

* Aantallen beneden of boven de range tussen haakjes zijn onderstreept (beide situaties hebben kans < 2,5%).

4.2.2 Ventilatielucht

De vergelijking van de RIVM meetresultaten met de HFR data van NRG is gecompliceerd omdat NRG de filters kort meet en een alarmniveau heeft ingesteld op counts per minuut. Aangezien RIVM de filters veel langer meet en tevens het volume in de meetresultaten verwerkt komt RIVM op een veel lagere activiteitsconcentratie uit (eenheid $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$).

De meetresultaten waren in de huidige rapportageperiode over 2008 alleen in counts per minuut beschikbaar en zijn de data door NRG niet in de gewenste eenheid ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) verstrekt aan RIVM. Het resultaat is dat er geen vergelijking gemaakt kan worden tussen NRG en RIVM data.

Gammaspectrometrie

RIVM heeft in het koolpatroon van het zesde monster een zeer lage activiteitsconcentratie van ^{203}Hg en ^{191}Os aangetroffen.

Totaal-alfa en totaal-bèta

RIVM heeft zesmaal een (zeer) lage activiteitsconcentratie aan totaal-alfa en totaal-bèta aangetroffen. Aangezien er geen vergelijkingsparen zijn is de tabel met A1-A2-B-C resultaten niet gegeven.

4.3 Discussie

Afvalwater

Gammaspectrometrie

Bij de gammastralers is het voorkomen van A1, A2 en B volgens de statistische verwachting. Dit is in grote lijnen conform de bevindingen van de voorgaande jaren.

De reden waarom RIVM 15-maal een gammastraler vindt terwijl NRG niets aantreft is niet duidelijk. Uit de resultaten en de gerapporteerde onzekerheid voor ^{60}Co blijkt dat de teltijd van NRG (16 uur = 57600 seconden) iets korter is dan de teltijd van RIVM (60000 seconden), maar dit kan niet de verklaring zijn. De gammastralers die NRG rapporteert terwijl RIVM niets vindt, hebben een korte halfwaardetijd en zijn al grotendeels vervallen op het tijdstip van meten door RIVM.

Totaal-alfa en totaal-bèta

De activiteitsconcentraties voor totaal-alfa in monster 1 en 2 zijn met 8,4 en 4,5 $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ hoger dan de overige zes monsters met een activiteitsconcentratie lager dan 1 $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$. Alle totaal-alfa resultaten vertonen een goede overeenkomst.

Het structurele verschil tussen de totaal-bèta-resultaten van RIVM en NRG is in voorgaande jaren ook al geconstateerd [KW08] : NRG rapporteert totaal-bèta activiteitsconcentraties die doorgaans een factor 3-5 hoger zijn dan de waarden van RIVM. De verklaring lijkt enerzijds te liggen in het voorkomen van kortlevende pure bèta-stralers in het afvalwater. Deze bèta-stralers zijn hoogstwaarschijnlijk afkomstig van de Molybdeen-99 productiefabriek op het terrein van NRG. Anderzijds zijn er principiële verschillen in de meetmethoden voor totaal-beta die NRG en RIVM hanteren. NRG past vloeistofscintillatietelling toe en rapporteert alle beta-stralers boven de energie van ^3H (18,6 keV) als totaal-beta (zie Bijlage B). RIVM dampst een bekend volume droog op een telschaaltje en stelt de totaal-beta activiteit vast met gasdoorstroomtelling (zie par. 3.3). Deze meettechniek heeft een inherente energiedrempel waardoor alleen de beta-stralers met een energie groter dan (ongeveer) die van ^{14}C (156 keV) mee worden geteld. RIVM mist dus het energiegebied tussen ^3H en ^{14}C , en mist tevens de vluchtige nucliden. In hoeverre dit het verschil van een factor 3-5 kan verklaren is echter niet helder.

Verder is uit het oogpunt van rapportage van lozingen van belang dat enkele veel voorkomende gamma-stralers, zoals ^{60}Co , ^{124}Sb en ^{137}Cs , feitelijk beta+gamma-stralers zijn. De activiteit van deze nucliden wordt dus dubbel gerapporteerd: als gamma-straler en als belangrijk onderdeel van totaal-beta. Dit betekent dat NRG een conservatieve schatting rapporteert van de totale lozing. In praktijk is dit geen punt van discussie omdat de totale afvalwaterlozingen van NRG in de orde van 10% van de totale vergunde limiet van 2000 Re_{ing} /jaar bedragen [NRG08b]. De lozing in zee is normaal rond de 200 Re_{ing} /jaar. Omdat de HFR in 2008 slechts beperkt operationeel is geweest is de zeelozing in 2008 met 74 Re_{ing} ruim onder het gemiddelde gebleven.

Tritium

Over het geheel genomen is de overeenstemming in de ^3H data redelijk: in zeven van de acht monsters een A1 of A2. Het verschil tussen het NRG en RIVM

meetresultaat in het zevende monster (een B, het verschil is net te groot voor een A2) is echter niet goed verklaarbaar.

De ^3H -waarden van NRG in de monsters 5-8 zijn 4-8 % lager dan de waarden van RIVM. De resultaten van RIVM en NRG in het jaarlijkse Abwasser ringonderzoek, georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz, geven aan dat er waarschijnlijk een geringe (negatieve) systematische fout in de NRG ^3H -data zit. Dit is geen knelpunt, maar kan zeker nog verbeterd worden.

Ventilatielucht HFR

Door de wijze waarop de activiteitsconcentratie door NRG is gerapporteerd (in counts per minuut), kon een vergelijking met RIVM meetdata in de gewenste eenheid [$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$] niet worden uitgevoerd.

5 Referenties

- [Bf08] I. Krol, Ch. Hohmann. Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2008", August 2008, SW 1 – 03/2008, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlin/München, Duitsland.
- [Ho99] Weers AW van, Maurik CJH van, Groot TJH de. Vergelijking Gamma-metingen van zeelozingsmonsters COBRA versus Hobre. NRG-rapport 25115.20.30/99.22940. Petten, NRG, 16 juni 1999.
- [KT02] KTA 1503.1. Überwachung der Ableitung gasförmiger und an Schwebstoffen gebundener radioaktiver Stoffe. Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb, KTA, 2002.
- [KT06] KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2006.
- [Kw08] Kwakman PJM, Overwater RMW. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van NRG. Periode 2007. RIVM Rapport 610330120/2012.
- [LS90] Voorschrift monstervoorbereiding en monsterbehandeling van vloeibare afvalstoffen. Brief van LSO aan de nucleaire installaties d.d. 18 september 1990, kenmerk 1364/90 LSO Sm/eh.
- [NE06] NEN 6421: 2006. Water. Bepaling van de totale bèta-activiteitsconcentratie en rest- bèta-activiteitsconcentratie van niet vluchtige bestanddelen. Delft, Nederlands Normalisatie Instituut. 2006.
- [NE90] NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Delft, Nederlands Normalisatie Instituut. 2e druk, Augustus 1990.
- [NE91] NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Delft, Nederlands Normalisatie Instituut. 1991.
- [NR08] Nuclear Research and Consultancy Group. E-mail van J. Kok (NRG) aan P. kwakman (RIVM) met een Excel sheet met
 Radioactieve componenten zeelozing NRG kwartaal 1 (8 mei 08)
 Radioactieve componenten zeelozing NRG kwartaal 2 (24 juli 08)
 Radioactieve componenten zeelozing NRG kwartaal 3 (18 no 08)
 Radioactieve componenten zeelozing NRG kwartaal 4 (6 feb 09)
 Radioactieve componenten zeelozing NRG kwartaal 4-rectificatie (d.d. 25 feb 09). In deze rectificatie zijn enkele ¹⁰⁹Cd meetwaarden gecorrigeerd.
- [NR08b] Jaarverslag Veiligheid en Milieu 2008 NRG. NRG-K5004/09.94989/I, Petten, 17 april 2009.
- [RI08] Jaarplan project 610330 - 2008. Notitie van RIVM/LSO aan VROM-Inspectie KFD, 30 januari 2008.

Bijlage A Vergelijking Meetresultaten

NGR afvalwater

Tabel A 1 : Vergelijking activiteitsconcentraties gammastralers, totaal-alfa, totaal-béta en ³H in afvalwater (kBq m⁻³) – Deel 1 van 2

	periode 1			periode 2			periode 3			periode 4		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Cd-109	9300 ± 700	A1	9150 ± 110	500 ± 40	A2	416 ± 16	240 ± 20	A2	218 ± 6	56 ± 6	A2	43 ± 10
Cd-115m	910 ± 140	A1	800 ± 300									
Ce-144	10 ± 3			7,7 ± 1,6			3,9 ± 1,3					
Co-57	13,2 ± 0,8	A1	12,8 ± 0,7	9,2 ± 0,6	A1	9,0 ± 0,4	6,6 ± 0,5	A1	6,3 ± 0,2	16,2 ± 0,9	A1	15,8 ± 0,7
Co-58	11,0 ± 0,8	A1	11,0 ± 1,5	2,9 ± 0,3	A2	2,2 ± 0,6	1,2 ± 0,3			3,2 ± 0,4	A1	2,5 ± 0,8
Co-60	580 ± 30	A1	571 ± 7	160 ± 9	A1	156 ± 2	45 ± 3	A1	44,2 ± 1,2	172 ± 9	A1	171 ± 3
Cs-134	77 ± 11	A1	82 ± 2	61 ± 9	A1	65,9 ± 1,5	24 ± 4	A1	25,4 ± 0,9	39 ± 6	A1	39,3 ± 1,4
Cs-137	320 ± 18	A1	314 ± 4	259 ± 15	A1	251 ± 3	177 ± 10	A1	167 ± 2	186 ± 11	A1	185 ± 3
I-131	44 ± 3	A1	42 ± 2	13,3 ± 1,8	A2	10,5 ± 1,2	9,6 ± 1,3	A1	7,9 ± 1,2	< 9		7,7 ± 1,0
Mn-54	29 ± 2	A2	24,6 ± 1,4	10,3 ± 0,9	A2	8,2 ± 0,8	2,5 ± 0,4	A2	1,8 ± 0,4	5,4 ± 0,9	B	2,1 ± 0,7
Mo-99	99 ± 18	A2	67 ± 4	160 ± 20	A2	109 ± 3	< 140		7 ± 3	< 3000		257 ± 6
Na-22	55 ± 4	A1	53,7 ± 1,4	14,8 ± 1,3	A1	13,9 ± 0,6	7,6 ± 0,7	C	4,8 ± 0,6	30 ± 2	A1	29,2 ± 0,9
Ru-103	7,6 ± 1,2	B	4,0 ± 1,3	2,3 ± 0,5			2,4 ± 0,6			2,1 ± 0,6		
Sb-124	410 ± 50	A1	388 ± 6	39 ± 5	A2	33,1 ± 1,4	250 ± 30	A1	239 ± 4	83 ± 11	A1	76 ± 2
Sb-125	259 ± 16	A1	246 ± 9	37 ± 3	A1	35 ± 2	89 ± 6	A2	82 ± 4	54 ± 4	A2	48 ± 3
Zn-65	243 ± 18	A2	220 ± 5	27 ± 2	A1	26,5 ± 1,9	13,6 ± 1,3	A2	11,5 ± 1,5	310 ± 20	A1	290 ± 5
W-181	166 ± 19	A1	170 ± 60	55 ± 6	A1	53 ± 19	84 ± 11	A1	100 ± 40	98 ± 11	A1	100 ± 30
W-188	39 ± 4	A1	41 ± 5	16 ± 2	A1	13 ± 3	21 ± 3	A1	22 ± 3	21 ± 3	A1	18 ± 3
Totaal-a	8,4 ± 0,7	A2	6,9 ± 0,4	4,5 ± 0,4	A1	4,4 ± 0,2	0,83 ± 0,10	A1	0,74 ± 0,12	0,44 ± 0,07	A1	0,32 ± 0,13
Tot./rest-b	21000 ± 1000	C	67000 ± 7000	2460 ± 120	C	16300 ± 1900	2480 ± 120	C	19000 ± 2000	3530 ± 170	C	17000 ± 2000
H-3	154000 ± 4000	A1	153000 ± 2000	49000 ± 1300	A1	49400 ± 900	74900 ± 1900	A2	70700 ± 1300	55000 ± 1400	A1	53900 ± 1000

Tabel A 1 : Vergelijking activiteitsconcentraties gammastralers, totaal-alfa,totaal-béta en ^3H in afvalwater (kBq m^{-3}) – Deel 2 van 2

	periode 5			periode 6			periode 7			periode 8		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Cd-109	86 ± 9	A1	86 ± 11	217 ± 18	A2	181 ± 7	34 ± 7		< 20	43 ± 5	A1	43 ± 8
Cd-115m												
Ce-144				4,0 ± 1,3								
Co-57	5,4 ± 0,5	A1	5,0 ± 0,6	7,3 ± 0,5	A2	6,3 ± 0,4	11,0 ± 0,7	A1	10,7 ± 0,3	9,0 ± 0,6	A2	7,5 ± 0,5
Co-58	2,2 ± 0,6			1,5 ± 0,2			1,5 ± 0,2	A1	1,7 ± 0,5	1,4 ± 0,2	A1	1,1 ± 0,4
Co-60	114 ± 6	A1	109 ± 2	90 ± 5	A2	84,3 ± 1,5	88 ± 5	A1	83,7 ± 1,6	58 ± 3	A1	56,4 ± 1,2
Cs-134	34 ± 5	A1	35,6 ± 1,1	26 ± 4	A1	24,3 ± 0,9	31 ± 4	A1	31,4 ± 1,0	24 ± 3	A1	24,1 ± 0,9
Cs-137	166 ± 9	A1	164 ± 2	138 ± 8	A1	130 ± 2	670 ± 40	A1	653 ± 7	219 ± 12	A2	205 ± 3
I-131	21 ± 5	A2	14,7 ± 1,0	18,9 ± 1,6	A2	15,4 ± 1,2	193 ± 11	A2	174 ± 3	30 ± 2	B	22,8 ± 1,4
Mn-54	3,0 ± 0,7			2,6 ± 0,4	A2	1,4 ± 0,4						
Mo-99	< 2000		183 ± 5	< 500		106 ± 3	90 ± 20	A1	85 ± 4	240 ± 30	A2	198 ± 6
Na-22	11,5 ± 1,4	A2	9,3 ± 0,7	15,3 ± 1,2	A1	14,3 ± 0,6	6,4 ± 0,6	A1	6,2 ± 0,5	2,0 ± 0,4	A1	1,7 ± 0,3
Ru-103	2,5 ± 0,7						2,9 ± 0,7					
Sb-124	126 ± 16	A1	121 ± 3	54 ± 7	A1	48,3 ± 1,7	116 ± 14	A1	108 ± 3	92 ± 12	A2	79 ± 2
Sb-125	90 ± 6	A2	82 ± 4	47 ± 3	B	37 ± 2	74 ± 5	A2	66 ± 4	112 ± 7	A1	106 ± 4
Zn-65	14,0 ± 1,7	A1	14,9 ± 1,4	14,6 ± 1,7	A2	11,8 ± 1,4	7,0 ± 0,9	A1	5,6 ± 1,3	15,9 ± 1,7	A1	15,5 ± 1,2
W-181	128 ± 15	A1	120 ± 50	71 ± 9	A1	80 ± 30	104 ± 12	A1	130 ± 50	102 ± 12	A1	90 ± 30
W-188	34 ± 4	A1	30 ± 3	21 ± 3	A2	16 ± 2	29 ± 4	A1	31 ± 4	18 ± 3	A1	18 ± 3
Totaal-a	0,32 ± 0,06	A1	0,31 ± 0,09	0,49 ± 0,08	A2	0,36 ± 0,08	0,35 ± 0,06	A1	0,26 ± 0,08	< 0,2		0,30 ± 0,08
Tot./rest-b	4900 ± 200	C	18000 ± 2000	3420 ± 160	C	15500 ± 1800	3590 ± 170	C	17000 ± 2000	3290 ± 160	C	13500 ± 1700
H-3	65300 ± 1700	A2	62900 ± 1200	45100 ± 1100	A2	42800 ± 800	77000 ± 2000	B	71300 ± 1300	84000 ± 2000	A2	78900 ± 1400

Tabel A 2 : Nucliden in de bibliotheek voor analyse van gammaspectra van monsters afvalwater en ventilatielucht

⁷ Be	⁶⁰ Co*	^{110m} Ag*	¹³² Te
²² Na	⁶⁵ Zn*	¹¹³ Sn	¹³⁴ Cs*
²⁴ Na	⁷⁵ Se	¹¹⁵ Cd	¹³⁶ Cs
⁴⁰ K	⁹⁵ Nb*	^{115m} Cd	¹³⁷ Cs*
⁵¹ Cr*	⁹⁵ Zr*	^{123m} Te [†]	¹⁴⁰ Ba*
⁵⁴ Mn*	⁹⁹ Mo	¹²⁴ Sb*	¹⁴⁰ La*
⁵⁷ Co*	¹⁰³ Ru*	¹²⁵ Sb [†]	¹⁴¹ Ce*
⁵⁸ Co*	¹⁰⁶ Ru*	^{129m} Te	¹⁴⁴ Ce*
⁵⁹ Fe*	¹⁰⁹ Cd	¹³¹ I*	²⁰² Tl

* Volgens KTA 1503.1 en KTA 1504 te onderzoeken nucliden [KT02, KT06]

† Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden [KT06]

NGR ventilatielucht

Tabel A 3 : Meetresultaten gammaspectrometrie (¹²⁵I) in ventilatielucht HFR in 2008 (mBq m⁻³)

Monsternummer Periode	Nuclide	Aërosolfilter			Kool-1			Kool-2		
		RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
1	¹⁹¹ Os	< 1,2			< 1,2			< 7,0		
30 dec - 06 jan	²⁰³ Hg	< 0,2			< 0,2			< 0,6		
2	¹⁹¹ Os	< 0,7			< 1,1			< 5,0		
10 feb - 17 feb	²⁰³ Hg	< 0,1			< 0,2			< 0,3		
3	¹⁹¹ Os	< 0,6			< 0,5			< 6,0		
11 mei - 18 mei	²⁰³ Hg	< 0,2			< 0,1			< 0,3		
4	¹⁹¹ Os	< 1,1			< 0,7			< 3,0		
06 jul - 13 jul	²⁰³ Hg	< 0,2			< 0,1			< 2		
5	¹⁹¹ Os	< 0,9			< 0,4			< 3,0		
13 jul - 20 jul	²⁰³ Hg	< 0,1			< 0,1			< 0,5		
6	¹⁹¹ Os	< 0,9			4,1 ± 0,8			< 2,0		
11 aug - 18 aug	²⁰³ Hg	< 0,1			0,8 ± 0,2			< 1,3		
7	¹⁹¹ Os	< 0,5			< 1,2			< 3,0		
07 sep - 14 sep	²⁰³ Hg	< 0,2			< 0,3			< 0,7		
8	¹⁹¹ Os	< 0,8			< 1,2			< 3,0		
26 okt - 02 nov	²⁰³ Hg	< 0,2			< 0,3			< 1,2		

Tabel A 4 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie meetresultaten totaal-alfa en totaal-bêta in ventilatielucht HFR in 2008 (mBq m⁻³)

Nr.	Monsterperiode	Totaal-alfa			Totaal-beta		
		RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
1	30 dec - 06 jan	0,044 ± 0,015	<		0,34 ± 0,04	<	
2a	10 feb - 17 feb	0,019 ± 0,007	<		0,16 ± 0,02	<	
2b	10 feb - 17 feb	0,013 ± 0,006	<		< 0,04	<	
3	11 mei - 18 mei	< 0,011	<		0,071 ± 0,014	<	
4	06 jul - 13 jul	0,019 ± 0,007	<		0,055 ± 0,013	<	
5	13 jul - 20 jul	< 0,012	<		0,077 ± 0,014	<	
6	11 aug - 18 aug	0,031 ± 0,012	<		< 0,05	<	
7	07 sep - 14 sep	0,027 ± 0,011	<		< 0,05	<	
8	26 okt - 02 nov	0,030 ± 0,011	<		0,078 ± 0,019	<	

2a bovenste filter van een dubbel filter

2b onderste filter van een dubbel filter

Bijlage B Bemonstering en meting door NRG in 2008

Procedures geldig ten tijde van rapportageperiode 2008

NRG Bemonsterings- en meetplan voor radioactieve stoffen in het afvalwater uit de zeeleiding: 2002

Monsterneming door NRG

Per week kunnen bij NRG, in "batches" van 75 m³ een of meer lozings van afvalwater op de Noordzee plaatsvinden. Bij de lozing voert NRG een automatische debiet proportionele bemonstering uit met het Hobre-systeem (omvat tevens de koeling en conservering), waarbij per batch van 75 m³ een monster van ca. 4 liter wordt genomen. Het weekmonster wordt opgevangen in een polytheen verzamelvat van 25 liter waarin ter conservering van het monster reeds 400 ml verdund salpeterzuur (1:1) is afgewogen. Gedurende de gehele lozingsweek bevindt het verzamelvat zich in een koelkast. Na verwisseling van het vat aan het begin van een nieuwe lozingsweek wordt uit het verzamelvat onder roeren een deelmonster van 1 liter genomen voor RIVM en een deelmonster van 1 liter voor NRG. Aan beide deelmonsters wordt een evenredige hoeveelheid drageroplossing toegevoegd om het optreden van inhomogeniteiten en adsorptie aan de fleswand tegen te gaan [2].

De deelmonsters worden vervolgens tot moment van verwerking opgeslagen in een koelkast.

Analyseprocedure NRG

Van elk weekmonster worden de volgende concentraties bepaald:

Gammastralers

Voor de bepaling van activiteitconcentratie van de gamma-emitterende radionucliden wordt onder roeren 250 ml van het deelmonster afgewogen in een 500 ml polytheenfles.

Om uitzakken van het monster tijdens de meting te voorkomen wordt 10 gram geleermiddel, behangplaksel merk Perfax blauw, aan het monster toegevoegd en goed gemengd. Het aldus gegeleerde monster wordt gedurende 16 uur gemeten op een N-type high-purity germanium detector in lage-achtergrond meetopstelling. De methode is conform NVN 5623. Daarnaast voldoet de meetmethode aan de door de Duitse overheid gehanteerde normen zoals weergegeven in het voorschrift KTA-1504.

Totaal alfa-bepaling.

De bepaling van de totaal alfa wordt uitgevoerd met behulp van ZnS-scintillatiemetingen.

Van het gehomogeniseerde monster wordt in twee monstervaatjes elk 5 ml gepipetteerd.. Aan een van de monstervaatjes wordt een bekende hoeveelheid ²⁴¹Am-oplossing toegevoegd. Vervolgens worden beide monsters ingedampt tot droog op vooraf geprepareerde rvs-plaatjes met een diameter van 35 mm en

gedurende 16 uur geteld onder een scintillatieteller met een lage achtergrond. Uit de additie van de ^{241}Am -oplossing wordt de correctiefactor bepaald voor de zelfabsorptie in het ingedamppte preparaat ten gevolge van de aanwezige zoutrest. Deze wijze van totaal-alfabepaling is (destijds) goedgekeurd door de VROM inspectie, regio Zuid-West.

Tritium en totaal bèta-bepaling

Tritium en totaal bèta's worden bepaald met behulp van vloeistofscintillatiespectrometrie volgens een methode waarbij gecorrigeerd wordt voor quenching.

Na homogeniseren van het monster wordt 50 ml overgebracht in een bekersglas met daarin een driepoot met een opvangbakje. Vervolgens wordt 250 mg Na_2CO_3 toegevoegd en verwarmd tot kookpunt. Na enige minuten koken wordt het bekersglas afgedekt met een rondbodemkolf gevuld met ijswater en wordt het tritium na condenseren opgevangen in het opvangbakje. Het opvangbakje bevat uiteindelijk 15-20 ml destillaat. Vervolgens wordt 10 ml destillaat gemengd met 10 ml Ultima Gold LLT en m.b.v. de LSC wordt gedurende 2 maal 10 minuten de activiteit in de energieband 0-19 keV bepaald. De methode is conform NEN 6420, echter er wordt geen natriumthiosulfaat toegevoegd.

Voor het bepalen van de totaal bèta activiteit wordt naast de meting van het gedestilleerde monster tevens een direct meting van het watermonster uitgevoerd. Vanuit deze direct meting wordt, rekeninghoudend met de correctie voor quenching, na aftrek van de tritiumactiviteit de totaal bèta-activiteit berekend.

Referenties

- [1] ECN-CX--96-059, C.J.H. van Maurik, A.W. van Weers. *Bemonsterings- en meetplan voor radioactieve stoffen in het afvalwater uit de zeeleiding*. maart 1998.
- [2] ECN-R--97-003, N.D. Engeltjes, C.J.H. van Maurik, T.J.H. de Groot, J. Zwaard, A.W. van Weers. *Testresultaten van het Hobre-systeem voor bemonstering van radioactief afvalwater uit de zeeleiding*. Oktober 1997.



Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl