



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

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

Periode 2013

RIVM Briefrapport 2015-0013  
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 2013

RIVM Briefrapport 2015-0013  
P.J.M. Kwakman | R.M.W. Overwater

## Colofon

© RIVM 2015

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.

P.J.M. Kwakman (auteur), RIVM  
R.M.W. Overwater (auteur), RIVM

Contact:  
Pieter Kwakman  
VLH / Monitoring en Meetmethoden  
pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Inspectie Leefomgeving en transport, in het kader van project 300002/01/SM, Site Monitoring Straling

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
www.rivm.nl

## Publiekssamenvatting

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

Periode 2013

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. Ook in 2013 komen de analyses in afvalwater goed overeen, met name voor de gammaspectrometrie en totaal-alfa resultaten. 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. De overeenstemming in de tritium resultaten in afvalwater is goed.

De resultaten behaald door NRG en RIVM in ventilatieluchtmonsters zijn in goede overeenstemming. De totaal-alfa en totaal-bèta resultaten zijn alle op of dicht bij de detectiegrens en verschillen niet significant van de waarden die in buitenlucht in Bilthoven worden aangetroffen.

Het RIVM heeft in 2013 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 de Inspectie Leefomgeving en Transport van het ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Kernwoorden: NRG, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht



## Synopsis

### **Counter-expertise on the determination of radioactivity of waste water and ventilation air of NRG** 2013

RIVM measures eight times per year the release of radioactivity into the waste water and atmosphere of the NRG at Petten. This form of counter-expertise is aimed at verifying and supporting the reliability of the analyses carried out by NRG. The waste water samples and samples of ventilation air are taken by NRG at various time points dispersed throughout 2013. RIVM carries out this counter-expertise on behalf of the Department of Nuclear Safety, Security and Safeguards of the Dutch Ministry of Infrastructure and Environment.

The two different sets of measurements are generally in agreement, as is also the case in 2013.

A few discrepancies that were observed concern the presence of gross beta emitters in waste water. 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. The agreement in the  $^3\text{H}$  results in waste water is good.

In ventilation air samples the results obtained by RIVM and NRG are in good agreement. Gross alpha and gross beta results are all close to the detection limit. There is no significant difference between these results and the results obtained in outside air in Bilthoven.

Keywords: NRG, radioactivity, discharges, waste water, ventilation air





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting – 9**

#### **1 Inleiding – 11**

#### **2 Monsters en analyse – 13**

#### **3 Analysemethoden – 15**

3.1 Tweevoudbepalingen – 15

3.2 Bepaling van de totaal-alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater – 15

3.3 Bepaling van de totaal bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater – 16

3.4 Bepaling van de activiteitsconcentratie aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater – 16

3.5 Bepaling van de <sup>3</sup>H-activiteitsconcentratie in afvalwater – 17

3.6 Bepaling van de totaal-alfa- en totaal bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht – 17

3.7 Bepaling van de activiteitsconcentratie gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht – 17

3.8 Foutenberekeningen – 17

3.9 Kwaliteitsborging – 18

3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking – 19

#### **4 Resultaten en discussie – 21**

4.1 Meetresultaten – 21

4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie – 21

4.2.1 Afvalwater – 22

4.2.2 Ventilatielucht HFR – 23

4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise resultaten – 24

#### **5 Bijlage A meetresultaten NRG afvalwater – 25**

#### **6 Bijlage B Bemonstering en meting door NRG in 2013 – 29**

#### **7 Bijlage C Referenties – 31**



## Samenvatting

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (VLH) van RIVM heeft in 2013 in opdracht van de Kernfysische Dienst van de Inspectie Leefomgeving en Transport radioactiviteitsmetingen uitgevoerd 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 2013.

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

De mate van 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.

RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal-alfa, totaal-beta, tritium in afvalwater, en gammastralers, totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht.

Bij de vergelijking van de gemeten concentraties aan totaal-alfa en gammastralers in de afvalwatermonsters bleek een uitstekende overeenstemming. 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 en omdat NRG en RIVM verschillende meetmethoden hanteren. Voor  $^3\text{H}$  is de overeenstemming goed.

RIVM heeft in de ventilatieluchtmonsters een aantal malen een zeer geringe totaal-alfa en totaal-bèta activiteit aangetroffen die waarschijnlijk van natuurlijke oorsprong is.



## 1 Inleiding

Met ingang van 1-1-2013 is het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) onderdeel geworden van het centrum Veiligheid van het RIVM. Voor de betreffende rapportageperiode 2013 wordt daarom gebruik gemaakt van de naam 'VLH' voor centrum Veiligheid.

Het centrum Veiligheid (VLH) van RIVM voert in opdracht van Kernfysische Dienst van de Inspectie Leefomgeving en Transport radioactiviteitsmetingen (KFD-ILT) 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 2013.

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

De indeling van dit rapport is als volgt. Na deze inleiding volgt hoofdstuk 2 met een beschrijving van de voor de contra-expertise gebruikte monsters en de hiervan bepaalde radioactieve eigenschappen. In hoofdstuk 3 staat een beschrijving van de door RIVM toegepaste analysemethoden 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.



## 2 Monsters en analyse

RIVM haalt periodiek ongegeleerde afvalwatermonsters en ventilatieluchtfilters van HFR op bij NRG. Tabel 1 bevat een overzicht van het, vooraf met de KFD overeengekomen, aantal monsters en de te verrichten analyses<sup>1</sup>.

*Tabel 1 Overzicht van vooraf afgesproken aantal monsters en analyses*

Monsters	Aantal	Analyses (Q*)
Afvalwater	8	Q: Totaal-alfa**, totaal-bèta**, gammastralers** en <sup>3</sup> H*
Ventilatielucht HFR (pakket : aerosolfilter, koolfilter, koolkorrels)	8	Q: gamma-emitters*; alleen aerosolfilter: totaal-alfa*, totaal-bèta*

Q De aanduiding Q betekent dat de betreffende verrichting valt onder de lijst van geaccrediteerde verrichtingen volgens NEN-EN-ISO-17025 (registratienummer L153).

\* Analyse in enkelvoud

\*\* Analyse in tweevoud

In 2013 zijn acht water- en ventilatieluchtmonsters opgehaald; NRG is daarvoor zevenmaal bezocht. Gegevens van de monsters staan in Tabel 2 en Tabel 3.

*Tabel 2 Monstergegevens afvalwater*

Nr.	Monsterperiode	Ophaaldatum	Data gammaspectrometrie
1	11 - 18 februari 13	27 februari	28, 28 februari 13
2	1 - 8 april 13	17 april	23, 25 april 13
3	3 - 10 juni 13	12 juni	17, 18 juni 13
4	1 - 08 juli 13	10 juli	15, 17 juli 13
5	16 - 23 september 13	2 oktober	7, 8 oktober 13
6	23 - 30 september 13	2 oktober	7, 8 oktober 13
7	14 - 21 oktober 13	30 oktober	4, 5 november 13
8	25 nov - 2 dec 13	4 december	5, 9 december 13

\* Bepaling met gammaspectrometrie is uitgevoerd in tweevoud; vermelding wegens afspraak om de meting te verrichten binnen 2 weken na ontvangst monsters (analyse gereed binnen 3 weken).

*Tabel 3 Monstergegevens HFR ventilatielucht*

Nr.	Monsterperiode	Ophaaldatum	Data gammaspectrometrie
1	13 - 20 februari	27 februari 2013	27 februari 2013
2	03 - 10 april	17 april 2013	19 april 2013
3	22 - 29 mei	12 juni 2013	12 juni 2013
4	26 - 03 juli	10 juli 2013	11 juli 2013
5	11 - 18 september	2 oktober 2013	4 oktober 2013
6	18 - 25 september	2 oktober 2013	4 oktober 2013
7	16 - 23 oktober	30 oktober 2013	31 oktober 2013
8	20 - 27 november	4 december 2013	4 december 2013



### 3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast op afvalwater door NRG in 2013, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Voor de bemonstering en analyse van ventilatielucht van HFR (gedurende 2013) zijn de beschrijvingen (nog) niet door RIVM ontvangen.

In opdracht van VROM-Inspectie KFD worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503<sup>2</sup> en KTA-1504<sup>3</sup>) voor de uitvoering van de analyses aangehouden. Dit betreft bijvoorbeeld de samenstelling van de nuclidenbibliotheek en de detectiegrenzen die behaald moeten kunnen worden.

Indien mogelijk hanteert RIVM/VLH de Nederlandse NEN-normen. Voor gamma-spectrometrie wordt gewerkt conform NEN 5623<sup>4</sup>; voor gasdoorstroomtelling van filters wordt gewerkt conform NEN 5636<sup>9</sup>. Waar er geen Nederlandse norm voorhanden is heeft RIVM/VLH een methode als een eigen methode gevalideerd. Hierbij wordt zoveel mogelijk volgens internationaal aanvaarde standaarden gewerkt. Dit geldt voor totaal alfa en totaal bèta in afvalwater (ISO 10704<sup>5</sup>), en voor de bepaling van <sup>3</sup>H in afvalwater (ISO 9698<sup>6</sup>).

#### 3.1 Tweevoudbepalingen

VLH voert sommige analyses in tweevoud uit. Wanneer het verschil tussen de twee meetwaarden van een tweevoudbepaling groter is dan 4s (waarbij s de totale fout van de grootste van de twee meetwaarden is) wordt een tweevoudbepaling 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 <sup>60</sup>Co of <sup>137</sup>Cs. Bij andere gammastralers dan <sup>60</sup>Co en <sup>137</sup>Cs worden in geval van een afgekeurde tweevoudbepaling de twee meetresultaten afzonderlijk gerapporteerd. Wordt het resultaat van een tweevoudbepaling niet afgekeurd, dan wordt het gemiddelde van de twee meetwaarden gerapporteerd. De analyses waarvan gedurende een langere 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 Bepaling 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 <sup>241</sup>Am- oplossing met bekende activiteit toegevoegd en 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 mg.cm<sup>-2</sup>). 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  $^{241}\text{Am}$ . Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-005: Handboek gasdoorstroomtelling.

### 3.3 Bepaling van de totaal bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater

Van het gehomogeniseerde 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 telschaaltje waarop een bekende hoeveelheid  $^{90}\text{Sr}$  is ingedampt. Hier is afgeweken van de Nederlandse Norm die  $^{40}\text{K}$  als referentienuclide voorschrijft<sup>7</sup>. De metingen worden uitgevoerd met proportionele gasdoorstroomtellers die zijn voorzien van een dun venster ( $< 0,5 \text{ mg. cm}^{-2}$ ). De tellers hebben een lage achtergrond. Bij het droogdampen verdwijnen vluchtige bèta-stralers zoals  $^3\text{H}$  en anorganisch  $^{14}\text{C}$  ( $^{14}\text{CO}_2$ ). Minder vluchtige  $^{14}\text{C}$ -verbindingen dragen waarschijnlijk wel voor een deel bij aan de detectie met gasdoorstroomtellingtelling.

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-005: Handboek gasdoorstroomtelling.

### 3.4 Bepaling van de activiteitsconcentratie aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater

Van het ongegeleerde monster worden twee monsters van 250 ml afgemeten. Elk van deze monsters wordt 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 teltijden<sup>8</sup>. De monsters worden gemeten op een N-type halfgeleiderdetector gekoppeld aan een pulssorteerder met 8192 kanalen over een energiebereik van 30 keV (of 80 keV: P-type) tot 2 MeV in een meettijd van 1000 minuten. Het spectrum wordt geanalyseerd met behulp van het analyseprogramma Genie2000 aan de hand van een nuclidenbibliotheek. De door KTA 1504<sup>3</sup> voorgeschreven radionucliden zijn in Tabel A2 aangegeven met een '\*'. 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 door KTA voorgeschreven nuclidenbibliotheek<sup>3</sup> staan, maar regelmatig in afvalwater van NRG voorkomen. Het gaat om  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{181}\text{W}$ ,  $^{186}\text{Re}$ ,  $^{188}\text{W}$  en  $^{203}\text{Pb}$ . RIVM corrigeert net als NRG voor radioactief verval door de activiteitsconcentratie van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar het midden van de monsterperiode.

Indien door RIVM geen enkele gammastraler wordt aangetoond, wordt tenminste de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  gegeven. De detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  geeft een indicatie van de bereikte meetgevoeligheid volgens KTA 1504<sup>3</sup>. KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende

radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  kleiner is dan  $1 \text{ kBq m}^{-3}$ .

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-004 (Genie2000 onder APEX); Handboek Gammaspectrometrie.

### 3.5 Bepaling van de $^3\text{H}$ -activiteitsconcentratie in afvalwater

Aan 25 ml van het monster wordt 0,2 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  toegevoegd om het alkalisch te maken. Nadat een deel van dit monster is gedestilleerd, wordt door middel van LSC de activiteitsconcentratie van  $^3\text{H}$  bepaald. Per monsterflesje wordt één telling tot een telfout van 1% of tot maximaal 200 min uitgevoerd. Het telpreparaat bestaat uit 10,0 ml destillaat en 10,0 ml scintillatie-vloeistof (Ultima Gold LLT). Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-006: Handboek vloeistofscintillatietelling.

### 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  $^{90}\text{Sr}$  en voor de bepaling van de totaal-alfa-activiteitsconcentratie  $^{241}\text{Am}$  als referentienuclide toegepast<sup>9</sup>. 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. Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-005: Handboek gasdoorstroomtelling.

### 3.7 Bepaling 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. De gevonden activiteiten in de afzonderlijke onderdelen worden gesommeerd tot een waarde voor het gehele pakket. 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<sup>2</sup>. Deze eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  en  $^{131}\text{I}$  minder dan  $20 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$  bedraagt. Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-004 (Genie2000 onder APEX); Handboek Gammaspectrometrie.

### 3.8 Foutenberekeningen

De door RIVM opgegeven fout is het 1s-schattingsinterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047<sup>10</sup> (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en NEN 3114<sup>11</sup> (Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities). 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 volumebepalingen. Waar van toepassing, is voor de volumebepaling in de hoeveelheid bemonsterde lucht een fout van 1% opgenomen in de experimentele fout. Een correctie voor de achtergrond is in alle gevallen meegenomen in de activiteitsberekening en in de foutenberekening.

- *Bepaling van de totaal-alfa- en totaal-bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater*  
Voor de totaal  $\alpha$ -bepaling wordt per analyse gebruik gemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een  $^{241}\text{Am}$ -standaard. De totale fout in de totaal  $\alpha$ -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  $\beta$ -activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat, een kalibratiefout en een experimentele fout.
- *Gammaspectrometrie*  
Voor de  $\gamma$ -stralers vindt rapportage plaats met een fout voortkomend uit telstatistiek, kalibratie, achtergrond, onzekerheid in de yield en monster-voorbehandeling. Indien cascadeverval optreedt, leidt dit tot een extra bijdrage aan de fout.
- *Bepaling van de  $^3\text{H}$ -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 Centrum Veiligheid van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM/VLH) is voor een aantal verrichtingen geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie volgens NEN-EN-ISO-17025 (registratienummer L153). Deze verrichtingen hebben betrekking op metingen die worden uitgevoerd in het kader van het toezicht op nucleaire installaties (ILT-KFD) en zijn gemarkeerd met een 'Q'. Zie tabel 1 in Hoofdstuk 2.

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)<sup>12</sup>. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

### 3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking

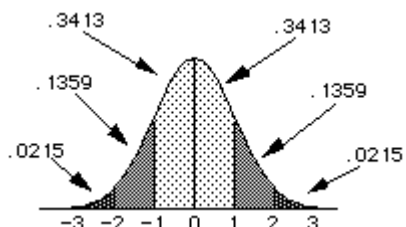
De door NRG bepaalde activiteitsconcentraties worden met de afronding zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047<sup>10</sup>) overgenomen uit de opgave van NRG<sup>13</sup>.

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  $\Delta = x_{NI} - x_{RIVM}$ . 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<sup>10</sup>). De fout in dit verschil is:  $s\Delta = \sqrt{(s_{NI}^2 + s_{RIVM}^2)}$ . Indien de NI geen opgave doet van de onzekerheid in het analyseresultaat, wordt verondersteld dat de fout in de meetwaarde van de NI,  $s_{NI}$ , gelijk is aan de fout in de meetwaarde van RIVM,  $s_{RIVM}$ .

Het is hierbij in het bijzonder van belang, dat alle partijen (RIVM en NI's) een gedegen foutenberekening uitvoeren. In het ideale geval, 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$	~68%, ofwel circa 2 uit 3
A2:	$s\Delta <  \Delta  \leq 2 s\Delta$	~27%, ofwel circa 1 uit 4
B:	$2 s\Delta <  \Delta  \leq 3 s\Delta$	~4,3%, ofwel circa 1 uit 20
C:	$3 s\Delta <  \Delta $	~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.

De door NRG bepaalde activiteitsconcentraties worden overgenomen uit de lozingsrapportages van NRG<sup>13</sup> en zijn in deze rapportageperiode afgerond met de afrondingsregels zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047<sup>10</sup>).

## 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 en discussie

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 resultaten van NRG met die van het RIVM is samengevat in Tabel 4. In deze tabel 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.

Tabel 4 Vergelijkingsresultaten in NRG afvalwater samengevat

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma A1$ *	$\Sigma A2$ *	$\Sigma B$ *	$\Sigma C$ *
Co-56			A1	A1	A2	B		A1	3 (2-5)	1 (0-3)	1 (0-1)	0 (0-0)
Co-57	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A2	A2	6 (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Co-58	A1	A1		A1	A1	A2	A1		5 (2-6)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Co-60	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	8 (3-7)	0 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Cs-134	A2	A1	A2	A1				A2	2 (2-5)	3 (0-3)	0 (0-1)	0 (0-0)
Cs-137	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	8 (3-7)	0 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Ga-67								A1	1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
I-131	A1	A2	A2	A1	A1	A1	A2	A1	5 (3-7)	3 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
In-111				A1				A2	1 (0-2)	1 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
Mn-54	A1	A2	A1	A1	A2	A2	A1	A1	5 (3-7)	3 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Mo-99				A2				A2	0 (0-2)	2 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
Na-22	A1	A2	B	B	A2	A2	A2	A2	1 (3-7)	5 (0-4)	2 (0-1)	0 (0-0)
Ru-103	A1								1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Sb-124								A1	1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Sb-125	A1	A1	B	A1	A1	B	A2	A1	5 (3-7)	1 (0-4)	2 (0-1)	0 (0-0)
Te-121				A1	A2	A1	A2	A2	2 (2-5)	3 (0-3)	0 (0-1)	0 (0-0)
Tl-202					A1				1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Zn-65	A1	A1	A1	A1	A2	A1	A2	A2	5 (3-7)	3 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
W-181	A2	A2	A1		A1	A2	A1		3 (2-6)	3 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Totaal									63 (60-75)	31 (20-34)	5 (1-8)	0 (0-1)
Totaal-a	A2	A1		A1	A1	A1	A2		4 (2-6)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Tot./rest-b	C	A1	A2	A2	C	C	B	C	1 (3-7)	2 (0-4)	1 (0-1)	4 (0-0)
H-3	A1	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	5 (3-7)	3 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)

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

## 4.2.1

*Afvalwater  
gammaspectrometrie*

De gammaspectrometrie vergelijkingsresultaten zijn in deze rapportageperiode goed; de categorieën A1+A2, B en C komen allen volgens de statistische verwachting voor. De vergelijking tussen de meetwaarden van RIVM en NRG is uitstekend : van de 99 vergelijkingsparen vallen er 94 in de categorie A1+A2, en 5 in de categorie B. Dit is in grote lijnen conform de bevindingen van de voorgaande jaren<sup>14</sup>. Dit bevestigt dat door beide instituten de berekening van de totale fout goed is opgebouwd en dat foutbijdragen, zoals de inhomogeniteit van het monster, geen rol spelen.

In een aantal gevallen zijn nucliden aangetoond alleen door RIVM of alleen door NRG; zie Tabel 5. Het betreft voor de genoemde gevallen activiteitsconcentraties die vlak boven de detectiegrens liggen of nucliden die betrekkelijk kortlevend zijn.

*Tabel 5 Gammastralers aangetoond in afvalwater of door NRG of door RIVM*

Monsternr	Alleen door RIVM	Alleen door NRG
1	<sup>186</sup> Re, <sup>124</sup> Sb,	<sup>99</sup> Mo
2	<sup>186</sup> Re	<sup>99</sup> Mo, <sup>121</sup> Te
3	<sup>58</sup> Co, <sup>186</sup> Re	
4		
5	<sup>109</sup> Cd, <sup>134</sup> Cs, <sup>186</sup> Re	<sup>99</sup> Mo
6	<sup>186</sup> Re	<sup>99</sup> Mo
7		<sup>99</sup> Mo
8	<sup>58</sup> Co, <sup>134</sup> Cs, <sup>103</sup> Ru, <sup>95m</sup> Tc	

*totaal-alfa*

In zes monsters toonden RIVM en NRG beiden een totaal alfa-activiteit aan; in monster 3 en 8 rapporteerde RIVM een detectiegrens. De activiteitsconcentraties voor totaal-alfa zijn in vijf van de zes gevallen lager dan 0,7 kBq.m<sup>-3</sup> en éénmaal 3,9 Bq/l. De overeenkomst was goed met viermaal A1 en tweemaal A2.

*totaal-bèta*

Evenals in de vorige rapportageperiodes valt de vergelijking van totaal-bèta het meest in de categorie C, dit jaar viermaal een C naast één A1, twee A2 en een B. Opvallend is dat de A1 en de twee A2 overeenkomsten zijn verkregen bij de monsters 2, 3 en 4 waar NRG een veel grotere onzekerheid (50-70 %) heeft gerapporteerd dan in de overige monsters (15-27 %). De waarden van NRG zijn net als in voorgaande jaren een factor 2 tot 10 hoger dan die van RIVM. Dit is mogelijk te wijten aan het voorkomen van kortlevende pure bèta-stralers in het afvalwater. Waarschijnlijk spelen andere zaken, zoals de verschillende meetmethodes, een belangrijke rol. NRG meet met LSC alle bèta stralers met een energie boven die van <sup>3</sup>H, waar RIVM met gasdoorstroomtelling hoofdzakelijk de bèta stralers met een energie boven 0,15 MeV bepaalt.



*tritium*

Het vergelijken van  $^3\text{H}$ -activiteitsconcentraties resulteerde achtereenvolgens in vijfmaal A1 en driemaal A2; de overeenstemming in de  $^3\text{H}$  data is daarmee goed.

4.2.2 *Ventilatielucht HFR**Werkwijze*

Eerst wordt het gehele filterpakket (aerosolfilter + koolfilter + koolpatroon) gammaspectrometrisch onderzocht. Indien er geen activiteit wordt aangetroffen wordt het pakket niet verder onderzocht. Indien er wel activiteit wordt aangetroffen, worden, zoals beschreven in par. 3.7, de onderdelen van het pakket gemeten. De gesommeerde activiteiten van de drie onderdelen worden vergeleken met de waarden die NRG rapporteert voor het pakket.

*gammaspectrometrie*

RIVM trof in het koolfilter van het vierde monster een zeer geringe hoeveelheid  $^{131}\text{I}$  aan; hier vond NRG niets. De activiteitsconcentratie was erg laag en hoogstwaarschijnlijk onder de detectiegrens van NRG.

RIVM heeft in alle overige pakketten geen activiteit aangetroffen, evenals NRG.

Feitelijk worden hier twee verschillende manieren van meten vergeleken. RIVM gebruikt de pakketmeting als signalering en voert vervolgens een gekalibreerde meting uit voor de drie onderdelen van het pakket. Om daarna tot de waarde voor een heel pakket te komen sommeert RIVM de onderdelen. NRG voert alleen de pakketmeting uit en rapporteert die pakketwaarden.

In tabel 6 staat een overzicht van de nucliden die of door NRG of door RIVM zijn aangetoond.

*Tabel 6 Gammastralers aangetoond of door NRG of door RIVM in ventilatielucht*

Monsternr*	Alleen door RIVM	Alleen door NRG
4	$^{131}\text{I}$	-

*totaal-alfa en totaal-bèta*

RIVM heeft in zeven van de acht monsters een zeer geringe alfa-activiteit aangetroffen en ook in zeven van de acht monsters een zeer geringe bèta activiteit. NRG heeft in alle monster een detectiegrens gerapporteerd: < (0,11 – 0,15) mBq.m<sup>-3</sup> voor totaal-alfa en < (0,4 – 0,5) mBq.m<sup>-3</sup> voor totaal-bèta.

De RIVM-metwaarden voor totaal-alfa in ventilatielucht verschillen niet significant van de waarden in buitenlucht die door RIVM met een high volume sampler wekelijks wordt aangetoond: het weekgemiddelde voor 2012 voor totaal-alfa bedraagt  $0,029 \pm 0,014$  mBq.m<sup>-3</sup> en voor totaal-bèta  $0,384 \pm 0,007$  mBq.m<sup>-3</sup> ( $\pm 1s$ )<sup>15</sup>. Dit houdt in dat de totaal-alfa en totaal-bèta activiteit in ventilatielucht van de HFR waarschijnlijk een natuurlijke oorsprong heeft.

### **4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise resultaten**

Op basis van de contra-expertise gegevens in deze rapportage worden de gammaspectrometriresultaten en de totaal-alfa resultaten in afvalwater beoordeeld als goed. De overeenstemming in de totaal-beta resultaten kan aanzienlijk verbeterd worden. De monsternamen, de monsterbehandeling en de verschillen in de meetmethode zullen nader bekeken moeten worden.

De vergelijking in de  $^3\text{H}$  resultaten is goed en zet daarmee de goede lijn van vorig jaar voort.

De ventilatieluchresultaten geven geen reden voor discussie. Er is slechts in een enkel monster door RIVM een zeer lage activiteitsconcentratie aan  $^{131}\text{I}$  aangetroffen. Deze waarde valt ruim onder de detectiegrens van NRG.

## 5 Bijlage A Meetresultaten NRG afvalwater

Tabel A1 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal-alfa, totaal-bèta (kBq·m<sup>-3</sup>) en <sup>3</sup>H in afvalwater (MBq·m<sup>-3</sup>)

Nuclide	periode 1			periode 2			periode 3			periode 4		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Cd-109							1,0 ± 0,4	A1	1,0 ± 0,4	1,6 ± 0,2	A1	1,6 ± 0,5
Co-56				17,8 ± 1,1	A1	17,6 ± 0,6	32 ± 2	A1	31,2 ± 0,6	55 ± 3	A1	52,5 ± 0,8
Co-57	20,6 ± 1,3	A1	19,8 ± 0,6	1,9 ± 0,3	A1	1,5 ± 0,6	1,2 ± 0,5			1,7 ± 0,3	A1	1,2 ± 0,5
Co-58	8,1 ± 0,7	A1	7,8 ± 0,9	153 ± 9	A1	157 ± 2	115 ± 7	A1	117,3 ± 1,9	104 ± 6	A1	108,9 ± 1,7
Co-60	309 ± 17	A1	311 ± 4	4,5 ± 0,7	A1	4,4 ± 1,0	1,8 ± 0,3	A2	2,9 ± 0,7	2,4 ± 0,4	A1	3,0 ± 0,6
Cs-134	1,2 ± 0,4	A2	3,3 ± 1,1	250 ± 15	A1	245 ± 3	120 ± 7	A1	114,5 ± 1,7	139 ± 9	A1	138,1 ± 1,9
Cs-137	117 ± 7	A1	115,9 ± 1,9									
Ga-67												
I-131	276 ± 18	A1	259 ± 4	236 ± 16	A2	220 ± 4	62 ± 4	A2	55,9 ± 1,4	132 ± 9	A1	126 ± 3
In-111				7,9 ± 0,6	A2	6,7 ± 0,8	2,4 ± 0,3	A1	1,9 ± 0,5	16 ± 3	A1	17,8 ± 1,9
Mn-54	52 ± 3	A1	51,2 ± 1,4	< 1000		5,9 ± 1,2				2,1 ± 0,3	A1	2,5 ± 0,5
Mo-99	< 400		78,7 ± 1,9	48 ± 4	A2	55,9 ± 1,2	4,4 ± 0,4	B	5,8 ± 0,5	170 ± 50	A2	212 ± 3
Na-22	13,6 ± 1,1	A1	14,7 ± 0,7	800 ± 200			180 ± 140			65 ± 5	B	77,3 ± 1,5
Re-186	310 ± 60											
Ru-103	1,0 ± 0,3	A1	1,3 ± 0,6									
Sb-124	1,2 ± 0,3			48 ± 3	A1	49 ± 3	34 ± 2	B	40 ± 2	22,0 ± 1,5	A1	20,8 ± 1,6
Sb-125	12,1 ± 0,9	A1	10,9 ± 1,6									
Tc-95m												
Te-121				< 3		2,0 ± 0,7				2,7 ± 0,4	A1	2,7 ± 0,7
Zn-65	123 ± 10	A1	116 ± 3	229 ± 18	A1	216 ± 4	9,9 ± 1,1	A1	8,5 ± 1,3	10,5 ± 1,0	A1	10,4 ± 1,5
W-181	9,2 ± 1,2	A2	13 ± 2	5,1 ± 0,6	A2	7,0 ± 1,4	4,2 ± 0,5	A1	3,6 ± 0,5			
Totaal-a	0,37 ± 0,07	A2	0,13 ± 0,11	0,39 ± 0,07	A1	0,41 ± 0,09	< 0,18		0,10 ± 0,08	0,21 ± 0,04	A1	0,15 ± 0,08
Tot./rest-b	520 ± 20	C	2800 ± 400	570 ± 20	A1	1000 ± 700	300 ± 12	A2	2000 ± 1100	363 ± 15	A2	1900 ± 1200
H-3	20,7 ± 0,7	A1	21,1 ± 0,4	67 ± 2	A1	70,0 ± 1,3	98 ± 3	A2	102,0 ± 1,9	81 ± 3	A1	84,1 ± 1,9

Tabel A1 : vervolg

Nuclide	periode 5			periode 6			periode 7			periode 8		
	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
Cd-109	16 ± 5											
Co-56	2,2 ± 0,3	A2	3,8 ± 1,0	2,7 ± 0,3	B	4,6 ± 0,8				2,7 ± 0,3	A1	3,0 ± 0,9
Co-57	88 ± 5	A1	84,4 ± 1,1	89 ± 6	A1	88,5 ± 1,2	52 ± 3	A2	46,1 ± 1,0	102 ± 6	A2	94,8 ± 1,5
Co-58	3,4 ± 0,5	A1	4,0 ± 0,8	3,0 ± 0,5	A2	1,6 ± 0,7	2,9 ± 0,5	A1	3,2 ± 0,8	1,7 ± 0,6		
Co-60	276 ± 16	A1	276 ± 4	207 ± 12	A1	211 ± 3	390 ± 20	A1	401 ± 5	74 ± 4	A1	73,7 ± 1,5
Cs-134	1,3 ± 0,3						6,0 ± 0,9	A2	7,5 ± 0,6	0,9 ± 0,4		
Cs-137	81 ± 5	A1	79,7 ± 1,5	61 ± 4	A1	58,0 ± 1,2	370 ± 20	A1	366 ± 4	65 ± 4	A1	62,0 ± 1,2
Ga-67										760 ± 70	A1	750 ± 30
I-131	99 ± 7	A1	102 ± 2	145 ± 10	A1	147 ± 3	650 ± 40	A2	571 ± 7	286 ± 18	A1	273 ± 4
In-111										45 ± 6	A2	64 ± 8
Mn-54	6,0 ± 0,5	A2	7,1 ± 0,9	2,7 ± 0,4	A2	4,0 ± 0,7	14,4 ± 1,0	A1	13,0 ± 1,0	4,9 ± 0,5	A1	5,1 ± 0,9
Mo-99	< 600		21,0 ± 1,2	< 130		11,8 ± 1,1	< 1000		17 ± 2	1500 ± 200	A2	1811 ± 18
Na-22	5,8 ± 0,5	A2	6,6 ± 0,6	5,2 ± 0,5	A2	6,4 ± 0,5	2,2 ± 0,3	A2	1,5 ± 0,4	17,0 ± 1,4	A2	19,1 ± 0,7
Re-186	1500 ± 1300			400 ± 300								
Ru-103										1,0 ± 0,2		
Sb-124							2,4 ± 0,4	A1	2,7 ± 0,6			
Sb-125	6,8 ± 0,7	A1	6,7 ± 1,9	8,5 ± 0,9	B	13,9 ± 1,8	35 ± 2	A2	40 ± 3	3,5 ± 0,6	A1	2,3 ± 1,1
Tc-95m										1,8 ± 0,4		
Te-121	12,3 ± 1,1	A2	10,0 ± 0,8	9 ± 9	A1	17,7 ± 1,1	7,7 ± 0,7	A2	5,7 ± 1,5	13,7 ± 1,0	A2	12,0 ± 1,0
Zn-65	63 ± 5	A2	54 ± 2	6,6 ± 1,1	A1	7,6 ± 1,9	8,2 ± 1,3	A2	3,9 ± 1,8	580 ± 50	A2	528 ± 7
W-181	8,8 ± 1,1	A1	8,5 ± 1,1	6,9 ± 1,2	A2	5,4 ± 0,8	5,3 ± 0,7	A1	5,7 ± 0,9			
Totaal-a	0,55 ± 0,08	A1	0,46 ± 0,10	3,9 ± 0,4	A1	3,48 ± 0,19	0,69 ± 0,09	A2	0,52 ± 0,09	< 0,11		0,30 ± 0,10
Tot./rest-b	456 ± 19	C	1500 ± 300	339 ± 14	C	1400 ± 300	1120 ± 50	B	4400 ± 1200	22,3 ± 0,9	C	2100 ± 300
H-3	13,4 ± 0,5	A2	14,2 ± 0,4	11,8 ± 0,4	A1	11,9 ± 0,3	73 ± 2	A2	76,7 ± 1,7	8,3 ± 0,3	A1	8,1 ± 0,2

Tabel A2 : De nucliden in de bibliotheek voor analyse van gammaspectra van monsters afvalwater en ventilatielucht

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

\* Volgens KTA 1503.1 en KTA 1504 te onderzoeken nucliden<sup>2,3</sup>

† Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden<sup>3</sup>

Naast de bovengenoemde nucliden wordt ook gekeken naar afwijkende nucliden die incidenteel bij NRG in het afvalwater aangetroffen worden. Voorbeelden daarvan zijn <sup>67</sup>Ga, <sup>111</sup>In, <sup>181</sup>W, <sup>191</sup>Os, <sup>203</sup>Pb, <sup>95m</sup>Tc, <sup>121</sup>Te, <sup>185</sup>W, <sup>83</sup>Rb...

## NRG ventilatielucht

Tabel A3 : Meetresultaten gammaspectrometrie in ventilatielucht HFR in 2013 (mBq m<sup>-3</sup>)

Monsternummer Periode	Nuclide	Aërosolfilter RIVM	Koolfilter RIVM	Koolkorrels RIVM	Pakket	
					RIVM	V NRG
1 13 feb - 20 feb	<sup>191</sup> Os <sup>203</sup> Hg				< 0,7 < 0,3	
2 03 apr - 10 apr	<sup>191</sup> Os <sup>203</sup> Hg				< 0,8 < 0,2	
3 22 mei - 29 mei	<sup>191</sup> Os <sup>203</sup> Hg				< 1,3 < 0,3	
4 26 jun - 03 jul	<sup>191</sup> Os <sup>203</sup> Hg <sup>131</sup> I	< 0,6 < 0,2 < 0,6	< 0,7 < 0,2 0,6 ± 0,2	< 1,9 < 0,5 < 1,8	< 0,8 < 0,3 0,6 ± 0,2	
5 11 sep - 18 sep	<sup>191</sup> Os <sup>203</sup> Hg	< 0,4 < 0,2	< 0,5 < 0,2	< 1,4 < 0,5	< 0,6 < 0,2	
6 18 sep - 25 sep	<sup>191</sup> Os <sup>203</sup> Hg				< 1,0 < 0,3	
7 16 okt - 23 okt	<sup>191</sup> Os <sup>203</sup> Hg				< 0,7 < 0,2	
8 20 nov - 27 nov	<sup>191</sup> Os <sup>203</sup> Hg				< 0,6 < 0,2	

### Opmerkingen:

NRG rapporteert de waarden van een geheel pakket. De gemeten waarden staan in principe weergegeven bij het meest logische onderdeel (bijv. aerosolfilter voor Cs-137; koolfilter voor I-131. Indien RIVM iets aantreft in een ander onderdeel van het pakket wordt dezelfde NRG waarde ook daar gebruikt voor de vergelijking.

*Tabel A4 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie meetresultaten totaal-alfa en totaal-bèta in ventilatielucht HFR in 2013 (mBq m<sup>-3</sup>)*

Nr.	Monsterperiode	Totaal-alfa			Totaal-beta		
		RIVM	V	NRG	RIVM	V	NRG
1	13 feb - 20 feb	0,027 ± 0,006		< 0,13	0,040 ± 0,012		< 0,5
2	03 apr - 10 apr	< 0,013		< 0,13	0,161 ± 0,016		< 0,5
3	22 mei - 29 mei	0,017 ± 0,005		< 0,15	0,062 ± 0,015		< 0,5
4	26 jun - 03 jul	0,017 ± 0,005		< 0,14	0,111 ± 0,016		< 0,5
5	11 sep - 18 sep	0,020 ± 0,006		< 0,15	0,067 ± 0,015		< 0,5
6	18 sep - 25 sep	0,019 ± 0,006		< 0,15	0,069 ± 0,015		< 0,5
7	16 okt - 23 okt	0,017 ± 0,004		< 0,11	< 0,03		< 0,4
8	20 nov - 27 nov	0,020 ± 0,005		< 0,11	0,043 ± 0,011		< 0,4



## Bijlage B Bemonstering en meting door NRG in 2013

Procedures geldig ten tijde van rapportageperiode 2013.

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

#### **Monsterneming NRG**

Per week kunnen bij NRG, in "batches" van 75 m<sup>3</sup> een of meer lozingen 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 m<sup>3</sup> 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 in homogeniteiten en adsorptie aan de fleswand tegen te gaan<sup>8</sup>. 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 NEN 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 <sup>241</sup>Am-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  $^{241}\text{Am}$ -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 vloeistofscintillatie-spectrometrie volgens een methode waarbij gecorrigeerd wordt voor quenching.

Na homogeniseren van het monster wordt 50 ml overgebracht in een bekglas met daarin een driepoot met een opvangbakje. Vervolgens wordt 250 mg  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  toegevoegd en verwarmd tot kookpunt. Na enige minuten koken wordt het bekglas 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 van NRG

- 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.
- 3 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.



## 6 Referenties

- <sup>1</sup> Jaarplan project M/300002/01/SM - 2013. Brief J.J.G.Kliest van RIVM/VLH aan R.D. Nieuweboer van Inspectie Leefomgeving en Transport/KFD; briefnr. 20130119 VLH JK/PK/rb d.d. 11 april 2013.
- <sup>2</sup> 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.
- <sup>3</sup> KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2006.
- <sup>4</sup> NEN 5623: 2002. Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van de activiteit van gammastraling uitzendende nucliden in een telmonster met halfgeleider-gammaspectrometrie. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 2002.
- <sup>5</sup> ISO 10704:2010. Water quality – Measurement of gross alpha and gross beta activity in non-saline water – Thin source deposit method
- <sup>6</sup> ISO 9698: 2009. Water quality – Determination of tritium activity concentration – Liquid scintillation counting method. ISO, Geneva.
- <sup>7</sup> NEN 6421: 2006. Water. Bepaling van de totale bèta-activiteitsconcentratie en rest- bèta-activiteitsconcentratie van niet vluchtige bestanddelen. Delft, Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 2006.
- <sup>8</sup> Voorschrift monstervoorbereiding en monsterbehandeling van vloeibare afvalstoffen. Brief van VLH aan de nucleaire installaties d.d. 18 september 1990, kenmerk 1364/90 VLH Sm/eh.
- <sup>9</sup> NEN 5636:2007. Radioactiviteitsmetingen. Bepaling van de kunstmatige totale alfa-, kunstmatige totale bèta-activiteit en gammaspectrometrie van luchtfilters en berekening van de volumieke activiteit van de bemonsterde lucht. Nederlands Normalisatie Instituut, NEN Delft, 2007.
- <sup>10</sup> NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1991.
- <sup>11</sup> NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Delft, Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1990.
- <sup>12</sup> I. Krol, Ch. Hohmann. Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2013", Juli 2013, SW 1 – 04/2013, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlin/München, Duitsland.
- <sup>13</sup> Nuclear Research and Consultancy Group. E-mail van J. Kok (NRG) aan P. Kwakman (RIVM) met een bijgevoegde Excel sheet met lozingsdata :  
Radioactieve componenten zeelozing NRG 1<sup>e</sup> kwartaal 2013 d.d. 19 april 2013.  
Radioactieve componenten zeelozing NRG 2<sup>e</sup> kwartaal 2013 d.d. 30 juli 2013.

Radioactieve componenten zeelozing NRG 3<sup>e</sup> kwartaal 2013  
d.d. 5 november 2013.

Radioactieve componenten zeelozing NRG 4<sup>e</sup> kwartaal 2013  
d.d. 24 januari 2013.

<sup>14</sup> PJM Kwakman en RMW Overwater, Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van NRG, periode 2012. RIVM rapport 300002004/2013.

<sup>15</sup> GJ. Knetsch, editor. Environmental Radioactivity in the Netherlands. Results in 2012. RIVM report 610891005/2014 (in English).



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*