



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

**Contra-expertise op bepalingen van
radioactiviteit van afvalwater en
ventilatielucht van COVRA N.V.**

Periode 2010

RIVM rapport 610330110/2012

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 COVRA N.V.**

Periode 2010

RIVM rapport 610330110/2012

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:
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 COVRA N.V. Periode 2010.

Het RIVM controleert achtmaal per jaar de metingen van COVRA . Het gaat hierbij om lozingen van radioactiviteit in water en lucht. De contra-expertise onderbouwt de betrouwbaarheid van de analyses die COVRA uitvoert. Doorgaans komen de afvalwateranalyses overeen, zo ook de gamma-spectrometrieresultaten, de totaal alfa en ^3H resultaten in 2010. Enkele verschillen in 2010 betreffen de totaal bèta meetwaarden van RIVM en de rest-bèta meetwaarden van COVRA. Desondanks is de gehele vergelijking acceptabel, mede gezien het feit dat RIVM en COVRA verschillende meetprincipes toepassen. De overeenstemming in de ^{14}C resultaten in afvalwater is wat minder goed dan voorgaande jaren.

De totaal alfa en totaal bèta meetresultaten in ventilatieluchtmonsters van het afvalverwerkingsgebouw komen doorgaans goed overeen. De gammastraler ^{125}I is door RIVM en COVRA aangetroffen in slechts één ventilatieluchtmonster. De overeenstemming is goed. ^3H en ^{14}C zijn beide aangetroffen met een goede overeenstemming.

Zowel RIVM and COVRA hebben geen gammastralers, geen totaal alfa of totaal bèta activiteit aangetroffen in ventilatielucht van HABOG. Slechts enkele sporen van ^3H en ^{14}C zijn gevonden, met een overwegend goede overeenstemming.

Het RIVM heeft in 2010 acht afvalwatermonsters en acht monsters van ventilatielucht van zowel het afvalverwerkingsgebouw als het HABOG geanalyseerd, die verspreid over het jaar door COVRA zijn genomen. Opdrachtgever is de Kernfysische Dienst van het ministerie van VROM.

Trefwoorden:

COVRA, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht

Abstract

Contra-expertise on the determination of radioactivity of waste water and ventilation air of COVRA N.V. Period 2010.

Within the framework of a monitoring programme, the RIVM measures the release of radioactivity into water and ventilation air of COVRA N.V.. 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 COVRA. The two different sets of measurements are generally in agreement, as is also the case in 2010 for gamma-emitters, gross-alpha and tritium. The few discrepancies that were observed in 2010 concern some gross-beta results from RIVM and the rest-beta results from COVRA. Nevertheless, the overall agreement is reasonable. This is regarding the fact that RIVM and COVRA apply different measuring principles. The agreement in the ^{14}C results in waste water is acceptable, but not as good as in former years.

The results for gross-alpha and gross-beta obtained by RIVM and COVRA in ventilation air samples of the waste treatment building are generally in good agreement. The gamma emitter ^{125}I was found in only one ventilation air sample with good agreement. Both ^3H and ^{14}C were found with good agreement.

No gamma emitters, or gross-alpha or gross-beta activity were found by RIVM and COVRA in ventilation air from the high activity waste storage building. Traces of ^3H and ^{14}C were found in good agreement.

RIVM analyzed eight waste water samples and eight samples of ventilation air from both the waste treatment building and the high activity waste storage building. These samples were taken by COVRA at various time points dispersed throughout 2010. 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).

Key words:

COVRA, radioactivity, discharges, waste water, ventilation air

Inhoud

Samenvatting—6

1 Inleiding—7

2 Monsters en analyse—8

3 Analysemethoden—10

3.1 Tweevoudbepaling—10

3.2 Bepaling van de totaal alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater—10

3.3 Bepaling van de totaal bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater—10

3.4 Bepaling van de activiteitsconcentratie aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater—11

3.5 Bepaling van de ³H-activiteitsconcentratie in afvalwater—11

3.6 Bepaling van de ¹⁴C-activiteitsconcentratie in afvalwater—11

3.7 Bepaling van de totaal alfa- en totaal bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht—12

3.8 Bepaling van de activiteitsconcentratie gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht—12

3.9 Bepaling van de ³H-activiteitsconcentratie in ventilatielucht—13

3.10 Bepaling van de ¹⁴C-activiteitsconcentratie in ventilatielucht—13

3.11 Foutberekeningen—13

3.12 Kwaliteitswaarborging—14

3.13 Presentatie van resultaten en vergelijking—14

4 Resultaten en discussie—16

4.1 Meetresultaten—16

4.2 Vergelijking van de resultaten—16

4.2.1 Afvalwater—16

4.2.2 Ventilatielucht AVG—17

4.2.3 Ventilatielucht HABOG—18

4.3 Discussie—18

4.3.1 Afvalwater—18

4.3.2 Ventilatielucht AVG—19

4.4 Algemeen oordeel over de contra-expertise resultaten—20

5 Referenties—21

Bijlage A Vergelijking meetresultaten—22

Bijlage B Monsternamen en analyse van afvalwater en ventilatielucht door COVRA—26

Samenvatting

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek van het RIVM voert in opdracht van de VROM-Inspectie (VI) radioactiviteitsmeting 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 2010.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval N.V. (COVRA) te Nieuwdorp. Het betreft zowel afvalwatermonsters van het afvalverwerkingsgebouw (AVG), als filters waarmee de uitgaande ventilatielucht van AVG en het Hoogradioactief Afvalbehandeling en Opslag Gebouw (HABOG) is bemonsterd.

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. RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal alfa, totaal-beta, tritium en koolstof-14 in afvalwater en tevens in ventilatielucht.

Bij de vergelijking van de gemeten concentraties aan gammastralers in het afvalwatermonster bleek een goede overeenstemming, net als in voorgaande jaren. Voor ^3H en totaal alfa is de overeenstemming goed, voor ^{14}C wat minder goed dan voorgaande jaren. De vergelijking in de totaal bèta activiteit in afvalwater is redelijk, ondanks het feit dat RIVM en COVRA verschillende meetprincipes toepassen.

In de acht filterpakketten van ventilatielucht van het afval verwerkinggebouw hebben COVRA en RIVM slechts een zeer geringe totaal alfa en totaal bèta activiteit aangetroffen. Jodium-125 is de enige gammastraler die zowel door RIVM als COVRA is aangetroffen in ventilatielucht, en wel met een goede overeenstemming. De overeenstemming in de ^3H en ^{14}C resultaten in vier maandmonsters ventilatielucht van het afvalverwerking gebouw was eveneens goed.

In de acht filterpakketten van ventilatielucht van het HABOG heeft RIVM geen kunstmatige gamma-activiteit en geen totaal alfa of totaal bèta activiteit aangetroffen. De overeenstemming in de ^3H en ^{14}C resultaten in vier maandmonster ventilatielucht van HABOG was overwegend goed.

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 2010.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval N.V. (COVRA) te Nieuwdorp. Het betreft zowel afvalwatermonsters van het afvalverwerkingsgebouw (AVG), als filters waarmee de uitgaande ventilatielucht van het AVG en het Hoogradioactief Afvalbehandeling en Opslag Gebouw (HABOG) is bemonsterd.

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 afvalwater- en ventilatieluchtmonsters op bij COVRA. Van elk batchmonster afvalwater bewaart COVRA een fles met circa 500 ml basisch ongegeleerd water voor de ^{14}C -bepaling en een fles met circa 2 l aangezuurd ongegeleerd water voor de overige bepalingen ten behoeve van contra-expertise door RIVM. Voor het bepalen van de radioactiviteit in uitgaande ventilatielucht krijgt RIVM een filterpakket afkomstig uit een apart, 'redundant' bemonsteringssysteem, identiek aan het systeem dat COVRA gebruikt voor haar eigen analyses. Daarnaast krijgt RIVM een condensaat voor de bepaling van ^3H en een BaCO_3 -neerslag voor de bepaling van ^{14}C in ventilatielucht (Zie Bijlage B, laatste pagina). Tabel 1 bevat een overzicht van het, vooraf met de VROM inspectie afgesproken, aantal monsters en de te verrichten analyses [RI10]. In Tabel 2 staan gegevens van de opgehaalde afvalwatermonsters en in Tabel 3 van de monsters ventilatielucht van AVG.

Tabel 1 : Overzicht van vooraf afgesproken aantal monsters en analyses

Monsters	Aantal	Soort monster	Analyses
Afvalwater	8	Batchmonster	Totaal alfa**, totaal-bèta**, gammastralers**, $^3\text{H}^*$ en $^{14}\text{C}^{**}$
Ventilatielucht	8	Weekmonsters AVG (filterpakket: aërosol 2 × zeoliet 2 × kool)	Totaal alfa*, totaal-bèta* in aërosolfilter; gamma-emitters pakket*; bij aantonen van mogelijk vluchtige gamma-emitters, tevens meting van de zeoliet- en kool-absorbers apart*
		14-daagse monsters HABOG (filterpakket: aërosol 2 × kool)	Totaal alfa*, totaal-bèta* in aërosolfilter; gamma-emitters pakket* ; bij aantonen van mogelijk vluchtige gamma-emitters, tevens meting van de filters waaruit het pakket is samengesteld apart*
	4	Maandmonster AVG (H_2O , BaCO_3)	$^3\text{H}^*$ en $^{14}\text{C}^*$ (m.b.v. LSC)
	4	Maandmonster HABOG (H_2O)	$^3\text{H}^*$ en $^{14}\text{C}^*$ (m.b.v. LSC)

* Analyse in enkelvoud

** Analyse in tweevoud

Tabel 2 : Monstergegevens afvalwater

Nr.	Lozingsdatum	Ophaaldatum	Data gammaspectrometrie
1	15 januari 2010	10 februari 2010	11 maart 2010
2	26 februari 2010	14 april 2010	15, 22 april 2010
3	13 april 2010	27 april 2010	28 april, 7 mei 2010
4	22 juni 2010	24 augustus 2010	30 augustus, 2 september 2010
5	9 juli 2010	24 augustus 2010	31 augustus, 2 september 2010
6	4 augustus 2010	24 augustus 2010	31 augustus, 3 september 2010
7	23 september 2010	12 oktober 2010	14, 19 oktober 2010
8	21 december 2010	17 januari 2011	18, 19 januari 2011

Tabel 3 bevat de gegevens van de door het RIVM geanalyseerde ventilatieluchtmonsters. De ventilatieluchtmonsters worden doorgaans op dezelfde dag opgehaald als de afvalwatermonsters.

Tabel 3 : Monstergegevens ventilatielucht AVG

Nr.	Monsterperiode	Ophaaldatum	Datum gammaspectrometrie
1	26 jan - 02 feb	10 februari 2010	15 - 18 februari 2010
2	23 mrt - 30 mrt	14 april 2010	19 - 26 april 2010
3	30 mrt - 06 apr	14 april 2010	20 - 27 april 2010
4	13 apr - 20 apr	27 april 2010	29 april - 13 mei 2010
5	10 aug - 17 aug	24 augustus 2010	30 augustus - 5 september 2010
6	21 sep - 28 sep	12 oktober 2010	14 oktober 2010
7	28 sep - 05 okt	12 oktober 2010	14 oktober 2010
8	23 nov - 30 nov	7 december 2010	9 december 2010

De ophaaldata voor HABOG luchtmonsters komen overeen met de ophaaldata voor AVG monsters (zie Bijlage A, tabel A8). Daar in het HABOG geen kortlevende nucliden worden opgeslagen heeft de tabel met ophaaldata en data van analyse geen toegevoegde waarde en wordt hier niet meer toegevoegd. De monsterperiode voor HABOG ventilatielucht beslaat 2 weken. Doorgaans valt de laatste week van deze 2-wekelijkse periode samen met de monsterperiode van de AVG ventilatieluchtmonsters.

Lozingsgegevens

De herkomst van de lozingsgegevens is voor alle data in afvalwater het kwartaalrapport [CO10]. De ventilatieluchtdata vanuit AVG en HABOG komen voor totaal alfa, totaal bèta en gamma eveneens uit het kwartaalrapport. De bemonstering van deze parameters gebeurt met twee parallelle filterpakketten: één voor COVRA en één voor RIVM; zie Tabel 1 en bijlage B, par. 4.2.

Voor de bepaling van de ^3H en ^{14}C -activiteitsconcentratie in ventilatielucht gebruikt RIVM het deelvolume dat per maand door de absorbers is gegaan. Dit gegeven staat niet in de kwartaalrapportages, maar wordt door Covra apart bijgeleverd op Formulier FC109 (rev 0; d.d. 7-11-2001). Voor de ^{14}C bepaling wordt het totaalgewicht gegeven aan BaCO_3 en het deel dat RIVM ter beschikking heeft gekregen; dit ten behoeve van precipitatie van de uitgestookte CO_2 als carbonaat. Voor de ^3H bepaling in ventilatielucht wordt het deelvolume (in ml) van de totale hoeveelheid uitgestookt H_2O eveneens apart bijgeleverd.

3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door COVRA in 2010, zijn gereproduceerd in Bijlage B. De beschrijving van deze methoden is gelijk aan de methoden toegepast in voorgaande jaren, zie Bijlage B. De RIVM bepalingen aan het maandmonster ventilatielucht van HABOG zijn gelijk aan de bepalingen aan het AVG ventilatieluchtmonster.

In opdracht van VROM-Inspectie KFD worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA, [KT02] en [KT06]) voor de uitvoering van de analyses aangehouden. Dit betreft bijvoorbeeld de samenstelling van de nuclidenbibliotheek en de detectiegrenzen die gehaald moeten kunnen worden.

3.1 Tweevoudbepaling

LSO 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 ^{60}Co of ^{137}Cs . Bij andere gammastralers dan ^{60}Co en ^{137}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 ^{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 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}Sr is ingedampt. Hier is afgeweken van de Nederlandse Norm die ^{40}K als referentienuclide voorschrijft [NE06]. 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 ^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 aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater**

Van het ongegeleerde afvalwatermonster worden twee monsters van 250 ml afgemeten. Elk van deze monsters wordt, ter voorkoming van het uitzakken van de radioactieve componenten bij gammaspectrometrische analyses met lange telltijden [LS90], in een teldoos gemengd met behangplaksel en geschud tot een homogene stijve massa is verkregen. De monsters worden gemeten op een N-type halfgeleiderdetector gekoppeld aan een pulssorteerder met 8192 kanalen over een energiebereik van 30 keV 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. Tabel A2 in Bijlage A toont de nucliden die hier in zitten.

Daarnaast wordt door het analyseprogramma melding gemaakt van pieken die wel gedetecteerd zijn in het spectrum maar die niet aan een van de nucliden in de bibliotheek zijn toe te wijzen. Is dit het geval dan vindt een nadere analyse van het spectrum plaats. RIVM corrigeert net als de COVRA voor radioactief verval, door de activiteitsconcentratie van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar 12.00 uur van de lozingsdatum.

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 LSO-0238 (Genie2000 onder APEX); 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 dit monster is gedestilleerd, wordt door middel van LSC de activiteitsconcentratie van ^3H bepaald. Per monsterflesje wordt één telling van maximaal 200 min uitgevoerd. Het telpreparaat bestaat uit 10,0 ml destillaat en 10,0 ml scintillatievloeistof (Ultima Gold LLT).

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0133: Handboek vloeistofscintillatietelling.

3.6 **Bepaling van de ^{14}C -activiteitsconcentratie in afvalwater**

De toegepaste ^{14}C -borrelmethode is geschikt voor het bepalen van het anorganisch en organisch ^{14}C in afvalwater [Hi98]. Eerst wordt anorganisch $^{14}\text{CO}_2$ uitgedreven door toevoegen van zuur, koken en doorborrelen met N_2 . Vervolgens wordt organisch ^{14}C geoxideerd met kaliumpermanganaat tot CO_2 en op soortgelijke wijze gedurende 5 uur uitgedreven. Het uitgedreven $^{14}\text{CO}_2$ wordt

vervolgens geabsorbeerd door Carbo-Sorb E. Dit organische amine (3-methoxy-1-aminopropaan) is in staat om per ml Carbo-Sorb E circa 4 mmol CO₂ te absorberen door vorming van een niet vluchtig carbamaat. Door het ¹⁴C, dat in het laatste uur geoxideerd en uitgeborreld wordt, in een apart telflesje op te vangen, kan vastgesteld worden of de oxidatie beëindigd is. Indien dit niet het geval is wordt de oxidatie de volgende dag voortgezet.

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0133: Handboek vloeistofscintillatietelling.

3.7 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 mg·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 ⁹⁰Sr en voor de bepaling van de totaal alfa-activiteitsconcentratie ²⁴¹Am 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.

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0121: Handboek gasdoorstroomtelling.

3.8 Bepaling van de activiteitsconcentratie gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht

Per analyse wordt van het filterpakket een te analyseren preparaat samengesteld bestaande uit het geponste (46 mm) aërosolfilter, het eerste laag DSM11-absorber en het eerste laag actieve kool. Van dit preparaat wordt een gamma-spectrum opgenomen en geanalyseerd op dezelfde wijze als dit bij afvalwater gebeurt. Indien blijkt dat zich vluchtige nucliden in het preparaat bevinden dan worden alle vijf delen van het filterpakket afzonderlijk gemeten en geanalyseerd, dus ook de tweede laag DSM11-absorber en de tweede laag actieve kool. Er wordt gecorrigeerd voor radioactief verval door de activiteit van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar het midden van de monsterperiode¹.

Voor de meetnauwkeurigheid wordt gerefereerd aan KTA 1503.1 [KT02]. Deze eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor ⁶⁰Co en ¹³¹I minder dan 20 mBq·m⁻³ bedraagt.

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0238 (Genie2000 onder APEX); Handboek Gammaspectrometrie.

¹ De methode verschilt van die van COVRA (zie Bijlage B, figuur B1). Voor het kortst levende nuclide dat wordt aangetroffen (¹³¹I), geeft de RIVM-methode een 2% hogere waarde. Voor de overige nucliden is het verschil kleiner.

3.9 Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in ventilatielucht

Na destillatie van het condensaat vanuit alkalisch milieu, wordt de ^3H -concentratie bepaald met LSC als beschreven in paragraaf 3.5.

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0133: Handboek vloeistofscintillatietelling.

3.10 Bepaling van de ^{14}C -activiteitsconcentratie in ventilatielucht

COVRA vermeldt bij levering van de $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ -neerslag het volume van de hiermee geassocieerde hoeveelheid ventilatielucht, zodat RIVM de volumieke activiteit kan berekenen. De BaCO_3 -monsters worden ingewogen in een scintillatieflesje (maximaal 1,0 g monster) en eventueel aangevuld met blanco BaCO_3 -poeder tot een eindmassa van 1,0 g. Hieraan wordt 7 ml H_2O toegevoegd en, na goed mengen van het onoplosbare BaCO_3 met water, 13 ml Instagel Plus scintillatiecocktail. Na een uur wordt een LSC-telling uitgevoerd.

Met de vangst van ^{14}C in het patroon met zeolietkorrels kan ook ^{35}S worden ingevangen dat de analyse van de ^{14}C -activiteit kan verstoren. Door na een wachttijd van circa 3 maanden de monsters nogmaals te meten wordt de bijdrage van ^{35}S aan de telling bepaald, waarna de ^{14}C -activiteit in de geloosde ventilatielucht van de COVRA wordt berekend.

Deze methode is vastgelegd in procedure LSO-0133: Handboek vloeistofscintillatietelling.

3.11 Foutberekeningen

De door RIVM opgegeven fout is het 1σ -schattinginterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047 (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en NEN 3114 (Nauwkeurigheid 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 wegen 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 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 ^{14}C -activiteitsconcentratie in afvalwater*
De totale fout is samengesteld uit de telfout, de fout in de opbrengst, een experimentele fout en de kalibratiefout
- *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 %.
- *Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in afvalwater en ventilatielucht*
De totale fout is samengesteld uit de telfout, een kalibratiefout en een experimentele fout.
- *Bepaling van de ^{14}C -activiteitsconcentratie in ventilatielucht*
De totale fout is samengesteld uit de telfout, een experimentele fout en een kalibratiefout.

3.12 Kwaliteitswaarborging

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) [Bf09]. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

3.13 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door COVRA bepaalde activiteitsconcentraties worden overgenomen uit de kwartaalrapportages van COVRA [CO09] en zijn in deze rapportageperiode afgerond met de afrondingsregels zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047 [NE91]).

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.

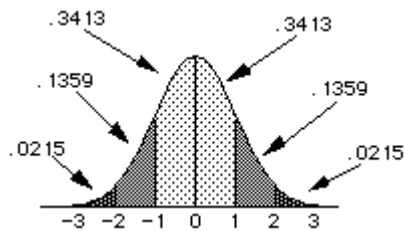
Het vergelijken van de gemeten waarden x_{NI} en x_{RIVM} is ook te verwoorden als het bepalen van het verschil $\Delta = x_{\text{NI}} - x_{\text{RIVM}}$. Het verschil tussen de meetwaarden wordt berekend uit de getallen zoals deze worden weergegeven, dus na afronding van de meetwaarde van RIVM (volgens NEN 1047 [NE91]). De fout² in dit verschil is: $s_{\Delta} = \sqrt{(s_{\text{NI}})^2 + (s_{\text{RIVM}})^2}$. Indien de NI geen opgave doet van de

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

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 geval³, 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.

³ 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 COVRA 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 COVRA 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 3.11).

4.2 Vergelijking van de resultaten

Het resultaat van de vergelijking zoals beschreven in paragraaf 3.13 is in de tabellen van Bijlage A vermeld onder de kop 'V'. De vergelijking van de resultaten van COVRA met die van het RIVM is samengevat in Tabel 4 en Tabel 5. In deze tabellen 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.

4.2.1 Afvalwater

In 2010 zijn er door COVRA acht afvalwaterbatches geloosd. Van alle lozingen zijn door RIVM deelmonsters opgehaald en geanalyseerd.

gammaspectrometrie

Uit Tabel 4 blijkt dat de vergelijkingsresultaten van de metingen door RIVM en COVRA goed is. De A1 + A2 meetresultaten voldoen samen ruim aan de statistische verwachting, net als de B en C meetresultaten. In enkele gevallen, voor ^{129}I in monster 4, 5, 6 en 7 rapporteert RIVM een detectiegrens die (ruim) onder de waarde van Covra ligt.

totaal alfa

De vergelijkingsresultaten voor totaal alfa in afvalwater is met éénmaal A1, driemaal A2, en tweemaal B en C minder goed dan vorig jaar.

totaal bèta (RIVM) en rest-bèta (COVRA)

De overeenstemming in de totaal/rest-bèta resultaten is met éénmaal A1, en viermaal A2, een B, en tweemaal C vergelijkbaar met de afgelopen jaren.

tritium

De tritium resultaten van COVRA en RIVM geven dit jaar met zesmaal een A1 en tweemaal A2 een (zeer) goede overeenkomst te zien.

^{14}C

De vergelijkingsresultaten, driemaal A1, éénmaal A2 en viermaal C, geven aan dat de som van de RIVM meetwaarden redelijk overeenkomt met de totaal- ^{14}C meting van COVRA.

Tabel 4 : Vergelijkingsresultaten voor de afvalwatermonsters

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma A1$ *	$\Sigma A2$ *	ΣB *	ΣC *
Co-60	A2	B	B	A1	B	A1	A2	A2	<u>2</u> (3-7)	3 (0-4)	<u>3</u> (0-1)	0 (0-0)
Cs-134	A1	A1	A1						3 (1-3)	0 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
Cs-137	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	<u>8</u> (3-7)	0 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Na-22	A1	A1	A2	A1			A2		3 (2-5)	2 (0-3)	0 (0-1)	0 (0-0)
Ru-106	A1	A1	A2	A1	A2	A1	A1	A1	6 (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
Sb-125	A1	B	A2	A2	A1	A1	A1		4 (3-7)	2 (0-4)	1 (0-1)	0 (0-0)
W-181		A1							1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Totaal									27 (22-32)	9 (6-16)	4 (0-4)	0 (0-1)
Totaal-a	B	C	A1	A2	A2	C	B	A2	<u>1</u> (3-7)	3 (0-4)	<u>2</u> (0-1)	<u>2</u> (0-0)
Tot./rest- ³ H	C	C	B	A2	A2	A2	A2	A1	<u>1</u> (3-7)	4 (0-4)	1 (0-1)	<u>2</u> (0-0)
³ H	A1	A1	A2	A1	A2	A1	A1	A1	6 (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
¹⁴ C	A1	A2	C	C	C	C	A1	A1	3 (3-7)	1 (0-4)	0 (0-1)	<u>4</u> (0-0)

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

4.2.2 Ventilatielucht AVG

In dit rapportagejaar zijn door RIVM en COVRA acht ventilatieluchtmonsters geanalyseerd van AVG (zie tabellen A3 – A6). Tabel 5 geeft een samenvatting van de vergelijkingsresultaten van de bepaalde grootheden. Uit deze tabel is tevens af te lezen of er meer of minder resultaten in een categorie vallen dan verwacht.

In Tabel A7 zijn als indicatie van de bereikte meetnauwkeurigheid, gelet op de eisen die daaraan gesteld worden in KTA 1503.1 [KT02], de gerealiseerde detectielimieten voor ¹²⁵I, ⁶⁰Co, ¹³¹I en voor de totaal alfa- en totaal bèta activiteitsconcentratie weergegeven.

gammaspectrometrie

COVRA en RIVM hebben beide in de DSM11 zeoliet van het vierde filterpakket ¹²⁵I aangetoond. De overeenstemming is goed : een A1. COVRA heeft in het 1^e en 2^e DSM-1 zeoliet ook nog ¹²⁵I aangetroffen. De detectiegrens van RIVM ligt echter boven de meetwaarden van COVRA.

totaal alfa en totaal-bèta

RIVM toonde alleen in het 1^e, 5^e, 6^e en 8^e AVG ventilatieluchtmonster alfa-activiteit aan, COVRA ook het 1^e, 5^e en 6^e monster met tweemaal een A1 en één A2 als vergelijkingsresultaat. De door RIVM gevonden totaal-bèta-concentraties in monsters 1, 2, 3 – 5, 6 en 7 komen met éénmaal A1, viermaal A2, en één B redelijk overeen.

Tritium en ¹⁴C

In het maandmonsters van januari, april, augustus en september toonden zowel RIVM als COVRA ³H aan, met een overeenkomst van tweemaal A1, éénmaal A2 en B. RIVM en COVRA vonden beide een geringe hoeveelheid ¹⁴C in AVG ventilatielucht. De vergelijking met COVRA was met viermaal A1 goed.

Tabel 5 : Samenvatting van de vergelijkingsresultaten voor ¹²⁵I (monster 4), totaal alfa en totaal bèta in ventilatielucht AVG

Filtrenr.	1	2	3	4	5	6	7	8	SA1 *	SA2 *	SB *	SC *
Aerosolfilter									(0-0)	(0-0)	(0-0)	(0-0)
DSM11-1				A1					1 (0-1)	(0-1)	(0-0)	(0-0)
DSM11-2									(0-0)	(0-0)	(0-0)	(0-0)
Kool-1									(0-0)	(0-0)	(0-0)	(0-0)
Kool-2									(0-0)	(0-0)	(0-0)	(0-0)
Totaal-α	A1				A1	A2			2 (1-3)	1 (0-2)	(0-1)	(0-0)
Totaal-β	A2	A2	A1		A2	A2	B		1 (2-6)	4 (0-4)	1 (0-1)	(0-0)
Totaal									4 (4-9)	5 (1-5)	1 (0-2)	(0-0)

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

4.2.3 Ventilatielucht HABOG

In dit rapportagejaar zijn door RIVM en COVRA acht ventilatieluchtmonsters geanalyseerd van HABOG (zie tabellen A8 – A11). Zowel RIVM als COVRA hebben beide geen totaal alfa en totaal bèta activiteit in de HABOG ventilatieluchtmonsters aangetroffen.

COVRA en RIVM vonden beide geen ¹²⁵I of andere kunstmatige gammastralers in HABOG ventilatielucht. RIVM en COVRA vonden beide een geringe ³H activiteit in de vier HABOG ventilatieluchtmonsters. De activiteitsconcentratie van ¹⁴C in de monsters is gering met driemaal A1 en een C als vergelijking.

4.3 Discussie

4.3.1 Afvalwater

gammaspectrometrie

De overeenkomsten in de RIVM en COVRA gammaspectrometriresultaten zijn goed. In enkele gevallen, ¹²⁹I in monster 4-5-6-7, rapporteert RIVM een detectiegrens die (ruim) onder de waarde van Covra ligt. RIVM heeft, na het bestuderen van de betreffende spectra, in deze monsters ¹²⁹I niet gerapporteerd door het ontbreken van de 39,0 keV gammalijn. De software (Genie2000) geeft hier abusievelijk een activiteit voor ¹²⁹I.

RIVM heeft de 35,5 keV gammalijn gebruikt om de activiteit van ¹²⁵I in monster 4-5-6-7 handmatig te berekenen. De automatische procedure van het software pakket Genie2000 geeft dan niet een juiste piekfit door de bijdrage van röntgens van ¹²⁵Sb en/of ¹³⁷Cs.

totaal alfa

De totaal alfa activiteitsconcentratie in alle acht monsters is gering : lager dan 2 kBq.m⁻³. De overeenkomst is redelijk. De gevonden verschillen zijn vermoedelijk te wijten aan een niet geheel homogene verdeling van de alfastralers in de monsters.

Rest-bèta (COVRA) en totaal bèta (RIVM)

De overeenstemming in de rest-bèta metingen van COVRA en de totaal bèta metingen van RIVM is redelijk tot goed, vooral gezien het feit dat hier verschillende meetmethodes toegepast worden.

In het algemeen bepalen de veelvoorkomende bèta/gammastralers ⁶⁰Co, ¹⁰⁶Ru, ¹²⁵Sb en vooral ¹³⁷Cs de totaal bèta activiteit in afvalwater. Deze nucliden zijn niet vluchtig en zijn in alle monsters aanwezig. Bovendien is het gehalte aan

organisch ^{14}C laag ten opzichte van ^{137}Cs en telt daardoor slechts weinig mee in de gasdoorstroomtelling van het RIVM. Hierdoor verbetert de overeenkomst: in de LSC-bèta meting van COVRA wordt ^{14}C namelijk niet meegeteld, terwijl in de meting van RIVM met gasdoorstroomtelling het organisch ^{14}C voor een klein percentage wel bijdraagt aan de totaal bèta telling.

^3H

De overeenkomst in de bepaling van ^3H in afvalwater is zeer goed.

^{14}C

De vergelijkingsresultaten voor ^{14}C zijn redelijk. Opvallend zijn de enigszins afwijkende resultaten in de monsters 3, 4, 5 en 6 waarin relatief grote verschillen van 20-50 % worden gevonden. Gezien de goede resultaten in de afgelopen jaren en de resultaten in de overige vier monsters lijkt hier sprake te zijn van een toevallige mindere periode. In het volgende rapportagejaar over 2011 wordt door RIVM niet meer separaat de organische en anorganische ^{14}C -fractie bepaald. COVRA en RIVM bepalen dan beide de totale ^{14}C activiteitsconcentratie.

Over de bepaling van ^{35}S in afvalwater is in het voorgaande rapport [Kw09] al beargumenteerd dat deze bepaling grote onzekerheden heeft indien er gebruik gemaakt wordt van een verschilmeting van het ^{14}C -Carbosorb telflesje direct en na drie maanden. Vandaar dat de bepaling van ^{35}S volgens deze methode in 2010 niet meer is uitgevoerd.

4.3.2 *Ventilatielucht AVG*

De gammaspectrometrische meetresultaten behaald door RIVM in het ventilatieluchtfilterpakket van AVG zijn 7 van de 8 keer onder de detectiegrens. Alleen in het DSM-11 filter van het vierde filterpakket heeft RIVM een geringe ^{125}I -activiteit waargenomen met een uitstekende overeenkomst.

De totaal alfa meetresultaten bevinden zich doorgaans op of vlak boven de detectiegrens: uitzondering is het 1^e monster waarin de totaal alfa activiteitsconcentratie ongeveer een factor 7 hoger is dan de detectiegrens. De vergelijking met de meetwaarde van COVRA is A1.

De vergelijking van de totaal-bèta-waarden in AVG ventilatielucht is vergeleken met eerdere rapportages sterk verbeterd. COVRA en RIVM hebben in 2010 regelmatig contact gehad over de filters die gebruikt worden voor de totaal alfa en totaal bèta bepaling. De verschillende filtertypes bepalen in hoge mate de achtergrond en daarmee het netto telresultaat. Het gebruiken van blanco filters die uit dezelfde batch afkomstig zijn heeft de achtergrondcorrectie en daarmee de vergelijking van de meetwaarden voor totaal alfa en totaal bèta sterk verbeterd.

Ventilatielucht HABOG

Omdat in het HABOG alleen kunstmatige (en lang levende) nucliden zijn opgeslagen, worden de gemeten waarden door COVRA gecorrigeerd voor natuurlijke nucliden afkomstig uit de buitenlucht. De alfa- en bèta emissie is gecorrigeerd door de waarde te verminderen met de waarde gemeten in de

luchtinlaat van het AVG. De gammameting is nuclidespecifiek, de natuurlijke nucliden zijn niet in de emissieberekening meegenomen.

Zowel COVRA als RIVM hebben geen kunstmatige alfa- en bèta-activiteit in ventilatielucht van het HABOG aangetroffen. De ^3H en ^{14}C activiteitsconcentraties in HABOG-ventilatielucht bevinden zich vlak boven de detectiegrens.

4.4 Algemeen oordeel over de contra-expertise resultaten

Het totaal van alle vergelijkingsresultaten heeft zich in iets mindere mate dan in 2009 volgens de statistische verwachting verdeeld over de vergelijkingscriteria A1-A2-B-C. Dit geeft aan dat de onderzoeksresultaten in 2010 zich, net als de voorgaande jaren, redelijk tot goed laten vergelijken.

De overeenstemming in de gammaspectrometrische resultaten en de ^3H -resultaten in afvalwater was goed. De overeenstemming in resultaten voor de bepaling van totaal alfa en ^{14}C in afvalwater was iets minder goed dan voorgaande jaren.

De ^{14}C bepaling in afvalwater zal in 2011 door RIVM net als door COVRA in één fractie uitgevoerd worden, in tegenstelling tot de afzonderlijke anorganische en organische ^{14}C -fracties in de afgelopen periodes. Hierdoor worden de door COVRA en RIVM toegepaste laboratoriummethodes (nog) beter op elkaar afgestemd.

5 Referenties

- Bf10 I. Krol, Ch. Hohmann, A. Labahn. Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2010", August 2010, SW 1 – 03/2010, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlin/München, Duitsland.
- CO10 COVRA NV, Kwartaalrapport nr. 90, week 1-13, 2010. COVRA-rapport nr. 10.105, 25 juni 2010.
COVRA NV, Kwartaalrapport nr. 91, week 14 – 26, 2010. COVRA-rapport nr. 10.148, 29 september 2010.
COVRA NV, Kwartaalrapport nr. 92, week 27 – 39, 2010, COVRA rapport nr. 10.199, 21 december 2010.
COVRA NV, Kwartaalrapport nr. 93, week 40 – 52, 2010, COVRA-rapport nr. 11.051, 30 maart 2011.
- Hi98 Hiemstra YS, Kwakman PJM, Nissan LA, Aldenkamp FJ. Bepaling van ¹⁴C in afvalwater. RIVM rapportnr. 610330004. Bilthoven, 1998.
- 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.
- KW09 Kwakman PJM, Overwater RMW. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van COVRA. Periode 2009. RIVM Rapport 610330127/2012.
- LS90 Voorschrift monstervoorbereiding en monsterbehandeling van vloeibare afvalstoffen. Bij brief 1364/90 LSO Sm/eh d.d. 18 september 1990.
- NE06 NEN 6421: 2007. Water. Bepaling van de totale bèta-activiteitsconcentratie en rest- bèta-activiteitsconcentratie van niet-vluchtige bestanddelen. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 2007.
- NE07 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, Delft, 2007.
- NE90 NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 2e druk, augustus 1990.
- NE91 NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 1991.
- RI10 Jaarplan project 610330 - 2010. Brief H.A.J.M. Reinen van RIVM/LSO aan P.J.W.M Müskens van VROM-Inspectie KFD, briefnr. LSO 007/10 REI/Kwa/ak d.d. 11 januari 2010
- VI07 Brief van R.D. Woittiez, directeur sector RIVM-MEV, aan P.J.W.M. Müskens, directeur VROM-KFD, kenmerk VI/KFD/2007069434_526, datum 30 juli 2007.

Bijlage A Vergelijking meetresultaten

COVRA afvalwater 2010

Tabel A1a : Vergelijking activiteitsconcentraties gammastralers, totaal alfa, totaal-bèta, 'rest-bèta', ³H en ¹⁴C in afvalwater (kBq.m⁻³), monster 1-4 in 2010. RIVM berekent C-14 als de som van C-14anorg + C-14org.

	periode 1			periode 2			periode 3			periode 4		
	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
Co-57				< 0,6		0,56 ± 0,07						
Co-60	46 ± 3	A2	52,0 ± 1,0	23,5 ± 1,4	B	28,0 ± 1,0	9,8 ± 0,6	B	11,1 ± 0,2	7,8 ± 0,5	A1	8,1 ± 0,2
Cs-134	13 ± 2	A1	14,2 ± 0,3	3,0 ± 0,5	A1	3,20 ± 0,10	0,85 ± 0,14	A1	0,70 ± 0,06			
Cs-137	700 ± 40	A1	710 ± 20	320 ± 20	A1	340 ± 10	460 ± 30	A1	450 ± 10	2520 ± 150	A1	2620 ± 60
K-40										< 14		8,7 ± 1,1
Na-22	3,6 ± 0,4	A1	3,2 ± 0,2	1,00 ± 0,14	A1	1,10 ± 0,10	0,52 ± 0,11	A2	0,31 ± 0,06	0,48 ± 0,09	A1	0,39 ± 0,07
Ru-103				< 3		2,5 ± 0,2						
Ru-106	870 ± 110	A1	810 ± 20	400 ± 50	A1	440 ± 10	95 ± 13	A2	110 ± 5	70 ± 10	A1	75 ± 3
Sb-125	21,3 ± 1,7	A1	22,0 ± 0,5	18,5 ± 1,3	B	22,0 ± 0,4	15,2 ± 1,1	A2	13,2 ± 0,3	6,4 ± 1,2	A2	4,6 ± 0,5
I-125										< 70		21,0 ± 1,0
W-181				0,9 ± 0,5	A1	1,3 ± 0,2						
I-129										< 17		36,0 ± 1,0
Totaal-α	1,73 ± 0,18	B	3,2 ± 0,5	0,41 ± 0,06	C	0,88 ± 0,13	0,37 ± 0,06	A1	0,42 ± 0,06	0,33 ± 0,07	A2	0,43 ± 0,07
Tot./rest-β	1950 ± 90	C	2610 ± 90	850 ± 40	C	1120 ± 40	650 ± 30	B	780 ± 30	2530 ± 120	A2	2750 ± 100
H-3	345 ± 9	A1	354 ± 11	95 ± 2	A1	94 ± 3	1670 ± 40	A2	1590 ± 50	428 ± 11	A1	440 ± 130
C-14 anorg	7,8 ± 0,3	A1	416 ± 13	1,63 ± 0,11	A2	90 ± 3	1,02 ± 0,10	C	20,9 ± 0,6	2,30 ± 0,13	C	14,4 ± 0,5
C-14 org	424 ± 16			96 ± 4			15,1 ± 0,6			20,6 ± 0,8		

Tabel A1b : Vergelijking activiteitsconcentraties gammastralers, totaal alfa, totaal-bèta, 'rest-bèta', ³H en ¹⁴C in afvalwater (kBq.m⁻³), monster 5-8 in 2010. RIVM berekent C-14 als de som van C-14anorg + C-14org.

	periode 5			periode 6			periode 7			periode 8		
	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
Co-57												
Co-60	2,7 ± 0,2	B	3,30 ± 0,10	2,12 ± 0,16	A1	2,20 ± 0,10	2,3 ± 0,2	A2	2,60 ± 0,10	1,71 ± 0,14	A2	1,90 ± 0,10
Cs-134	1,0 ± 0,6		< 0,4									
Cs-137	3800 ± 200	A1	3940 ± 90	2480 ± 150	A1	2600 ± 60	1170 ± 70	A1	1220 ± 30	360 ± 20	A1	360 ± 10
K-40	< 11		4,9 ± 1,0				< 11		7,1 ± 0,8			
Na-22				< 0,7		0,22 ± 0,05	1,0 ± 0,3	A2	0,57 ± 0,07			
Ru-103												
Ru-106	94 ± 15	A2	76 ± 4	46 ± 7	A1	43 ± 2	13 ± 4	A1	14,3 ± 1,3	6,5 ± 1,7	A1	6,6 ± 0,8
Sb-125	14 ± 2	A1	14,9 ± 0,7	7,4 ± 1,2	A1	7,9 ± 0,5	7,0 ± 1,1	A1	7,7 ± 0,4	2,9 ± 1,3		< 1,0
I-125	< 102		19,7 ± 0,9	< 40		7,1 ± 0,5	< 30		2,6 ± 0,4			
W-181												
I-129	< 20		58,0 ± 1,0	< 16		38,0 ± 1,0	< 12		16,8 ± 0,5			
Totaal-α	1,20 ± 0,13	A2	1,8 ± 0,3	0,67 ± 0,08	C	1,5 ± 0,2	0,47 ± 0,07	B	0,90 ± 0,14	1,66 ± 0,16	A2	1,4 ± 0,2
Tot./rest-β	3860 ± 180	A2	3580 ± 130	2640 ± 130	A2	2350 ± 80	1630 ± 80	A2	1510 ± 50	660 ± 30	A1	630 ± 30
H-3	722 ± 18	A2	750 ± 20	490 ± 12	A1	489 ± 15	418 ± 11	A1	418 ± 13	363 ± 9	A1	369 ± 11
C-14 anorg	64 ± 2	C	70 ± 2	0,87 ± 0,10	C	15,1 ± 0,5	0,77 ± 0,10	A1	29,1 ± 0,9	2,76 ± 0,14	A1	9,3 ± 0,3
C-14 org	18,9 ± 0,7			17,2 ± 0,6			29,1 ± 1,1		6,8 ± 0,3			

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

⁷ Be	⁶⁵ Zn*	¹¹⁵ Cd	¹³⁴ Cs*
²² Na	⁷⁵ Se	^{115m} Cd	¹³⁶ Cs
²⁴ Na	⁹⁵ Nb*	^{123m} Te [†]	¹³⁷ Cs*
⁴⁰ K	⁹⁵ Zr*	¹²⁴ Sb*	¹⁴⁰ Ba*
⁵¹ Cr*	⁹⁹ Mo	¹²⁵ I	¹⁴⁰ La*
⁵⁴ Mn*	¹⁰³ Ru*	¹²⁵ Sb [†]	¹⁴¹ Ce*
⁵⁷ Co*	¹⁰⁶ Ru*	^{129m} Te	¹⁴⁴ Ce*
⁵⁸ Co*	¹⁰⁹ Cd	¹²⁹ I	¹⁸¹ W
⁵⁹ Fe*	^{110m} Ag*	¹³¹ I*	²⁰² Tl
⁶⁰ Co*	¹¹³ Sn	¹³² Te	

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

† Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden [KT06]

COVRA ventilatielucht AVG

Tabel A3 : Meetresultaten gammaspectrometrie in ventilatielucht AVG in 2010 (mBq.m⁻³)

Monsternummer Periode	Pakket	Nuclide	Aërosolfilter			DSM11-1			Kool-1		
			RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
26 jan - 02 feb	<	¹²⁵ I				< 5		0,8 ± 0,1			
23 mrt - 30 mrt	<	¹²⁵ I				< 12		0,9 ± 0,3			
30 mrt - 06 apr	<	¹²⁵ I									
13 apr - 20 apr	>	¹²⁵ I	< 5			19 ± 3	A1	18 ± 0,7			< 3
10 aug - 17 aug	<	¹²⁵ I									
21 sep - 28 sep	<	¹²⁵ I									
28 sep - 05 okt	<	¹²⁵ I									
23 nov - 30 nov	<	¹²⁵ I									

* In de onderdelen DSM11-2 (< 4 mBq.m⁻³) en kool-2 (< 1,9 mBq.m⁻³) heeft RIVM geen ¹²⁵I aangetroffen.

Tabel A4 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie meetresultaten totaal alfa en totaal bèta in ventilatielucht AVG in 2010 (mBq.m⁻³)

Nr.	Monsterperiode	Totaal-alfa			Totaal-beta		
		RIVM	COVRA		RIVM	V	COVRA
1	26 jan - 02 feb	0,11 ± 0,04	A1	0,110 ± 0,011	0,39 ± 0,05	A2	0,32 ± 0,03
2	23 mrt - 30 mrt	< 0,015		< 0,02	0,19 ± 0,03	A2	0,25 ± 0,03
3	30 mrt - 06 apr	< 0,015		< 0,02	0,052 ± 0,017	A1	0,070 ± 0,007
4	13 apr - 20 apr	< 0,015		< 0,02	< 0,05		0,130 ± 0,013
5	10 aug - 17 aug	0,028 ± 0,011	A1	0,037 ± 0,004	0,21 ± 0,03	A2	0,180 ± 0,018
6	21 sep - 28 sep	0,019 ± 0,008	A2	0,033 ± 0,003	0,13 ± 0,02	A2	0,180 ± 0,018
7	28 sep - 05 okt	< 0,015		< 0,02	0,12 ± 0,02	B	0,180 ± 0,018
8	23 nov - 30 nov	0,016 ± 0,007		< 0,02	< 0,05		0,110 ± 0,011

Tabel A5 : Meetresultaten ^3H in ventilatielucht AVG in 2010 ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)

Periode	^3H		
	RIVM	V	COVRA
januari	29,2 ± 0,8	A1	30,3 ± 1,0
april	810 ± 20	A1	830 ± 30
augustus	57,2 ± 1,5	A2	54 ± 2
september	6,3 ± 0,3	B	5,6 ± 0,2

Tabel A6 : Meetresultaten ^{14}C in ventilatielucht AVG in 2010 ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)

Periode	^{14}C		
	RIVM	V	COVRA
januari	1,32 ± 0,08	A1	1,4 ± 0,9
april	325 ± 19	A1	323 ± 19
augustus	15,6 ± 0,9	A1	14,9 ± 0,9
september	0,36 ± 0,03	A1	0,33 ± 0,03

Tabel A7 : Detectielimieten, bereikt bij de monsters ventilatielucht ($\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$)

	Detectiegrens RIVM	Detectiegrens COVRA
^{125}I (pakket)	2,0–5,6	
^{60}Co (pakket)	a) 0,7	0,5
^{60}Co (aërosol)	a) 0,3	0,5
^{131}I (DSM-11)	b) 1,3–8,4	1,0 c)
^{131}I (act.kool.)	b) 1,5–3,8	1,1 c)
Totaal alfa	0,014–0,017	0,02
Totaal-bèta	0,06	0,05

a) KTA 1503.1 eist dat de detectielimiet voor aërosolgebonden ^{60}Co in ventilatielucht maximaal $20 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ is

b) KTA 1503.1 eist dat de detectielimiet voor ^{131}I in ventilatielucht maximaal $20 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ is

c) COVRA bepaalt de detectielimiet voor ^{131}I in DSM-11 en actieve kool aan de hand van ^{60}Co

COVRA ventilatielucht HABOG

Tabel A8 : Meetresultaten in 2010 voor totaal alfa en totaal bèta in ventilatielucht HABOG (mBq.m⁻³)

Nr.	Monsterperiode	Totaal-alfa			Totaal-beta		
		RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
1	12 jan - 26 jan	< 0,005		< 0,008	< 0,019		< 0,02
2	09 mrt - 23 mrt	< 0,007		< 0,008	< 0,02		< 0,02
3	23 mrt - 06 apr	< 0,007		< 0,008	< 0,02		< 0,02
4	06 apr - 20 apr	< 0,006		< 0,008	< 0,02		< 0,02
5	27 jul - 10 aug	< 0,005		< 0,008	< 0,018		< 0,02
6	07 sep - 21 sep	< 0,010		< 0,008	< 0,03		< 0,02
7	21 sep - 06 okt	< 0,008		< 0,008	< 0,02		< 0,02
8	16 nov - 30 nov	< 0,006		< 0,008	< 0,019		< 0,02

Tabel A9 : Meetresultaten in 2010 voor gammaspectrometrie in ventilatielucht HABOG (mBq.m⁻³)

Monsternummer Periode	Pakket	Nuclide	Aërosolfilter			Kool-1		
			RIVM	V	COVRA	RIVM	V	COVRA
12 jan - 26 jan	<	¹²⁵ I						
09 mrt - 23 mrt	<	¹²⁵ I						
23 mrt - 06 apr	<	¹²⁵ I						
06 apr - 20 apr	<	¹²⁵ I						
27 jul - 10 aug	<	¹²⁵ I						
07 sep - 21 sep	<	¹²⁵ I						
21 sep - 06 okt	<	¹²⁵ I						
16 nov - 30 nov	<	¹²⁵ I						

MDA van RIVM voor ¹²⁵I in aerosolfilter : 1-3 mBq.m⁻³MDA van RIVM voor ¹²⁵I in koolfilter : 1-2 mBq.m⁻³**Tabel A10 : Meetresultaten in 2010 voor ³H in ventilatielucht HABOG (Bq.m⁻³)**

Periode	³ H		
	RIVM	V	COVRA
januari	2,82 ± 0,19	B	2,0 ± 0,2
mei	2,84 ± 0,15	A1	2,7 ± 0,2
augustus	3,99 ± 0,17	A1	3,7 ± 0,3
september	3,73 ± 0,19	A2	3,2 ± 0,3

Tabel A11 : Meetresultaten in 2010 voor ¹⁴C in ventilatielucht HABOG (Bq.m⁻³)

Periode	¹⁴ C		
	RIVM	V	COVRA
januari	0,27 ± 0,02	C	0,54±0,04
mei	0,154 ± 0,019	A1	0,14±0,02
augustus	0,227 ± 0,019	A1	0,22±0,02
september	0,24 ± 0,02	A1	0,24±0,03

Bijlage B Monstername en analyse van afvalwater en ventilatielucht door COVRA

Procedures geldig ten tijde van rapportageperiode 2010.
Alex de Best, Covra. (e-mail d.d. 29-3-2012)

1. Monstername AVG

1.1 Afvalwater

Het afvalwater wordt verzameld in opslagtanks. Na reiniging van het afvalwater komt dit water in een lozingstank. Hierna vindt lozing plaats op de Westerschelde. Tijdens de lozing neemt COVRA 2 monsters van elk 2 l dmv een proportioneel bemonsteringssysteem dat geïntegreerd is in de lozingsleiding. In de fles zit een zuur ter voorkoming van inhomogeniteiten en een drageroplossing om adsorptie aan de fleswand te voorkomen. Eén fles is voor RIVM en de ander voor COVRA.

1.2 Ventilatielucht

De geloosde ventilatielucht wordt via een isokinetisch bemonsteringssysteem continu naar twee parallel opgestelde filterpakketten geleid. Eén pakket is bedoeld voor analyse door RIVM en de andere is voor COVRA. Sinds mei 1999 zijn de filterpakketten identiek dwz een glasvezelfilter, twee DSM 11 lagen en twee actieve kool lagen. Eenmaal per week worden de patronen vernieuwd. Ook wordt de geloosde ventilatielucht bemonsterd voor de bepaling op H-3 en C-14. Dit gebeurt door de ventilatielucht gedurende één maand door een patroon te leiden die gevuld is met adsorptiemiddel (zeolietkorrels). Doordat gebruik wordt gemaakt van katalytische oxidatie wordt alle H-3 en C-14 (dus niet alleen de H₂O en CO₂ gebonden) bemonsterd. Hierna wordt het adsorptiemiddel vervangen door 'schone' nieuwe.

2. Monstername HABOG

Ventilatielucht

De geloosde ventilatielucht wordt via een isokinetisch bemonsteringssysteem continu naar twee parallel opgestelde filterpakketten geleid. Eén pakket is bedoeld voor analyse door RIVM en de andere is voor COVRA. Deze filterpakketten zijn identiek dwz een glasvezelfilter en twee actieve kool lagen. Eenmaal per 2 weken worden de patronen vernieuwd. Ook wordt de geloosde ventilatielucht bemonsterd voor de bepaling op H-3 en C-14. Dit gebeurt door de ventilatielucht gedurende één maand door een patroon te leiden die gevuld is met adsorptiemiddel (zeolietkorrels). Doordat gebruik wordt gemaakt van katalytische oxidatie wordt alle H-3 en C-14 (dus niet alleen de H₂O en CO₂ gebonden) bemonsterd. Hierna wordt het adsorptiemiddel vervangen door 'schone' nieuwe.

3. Analyses AVG

3.1 Afvalwater AVG

Gamma: mbv een high purity Ge detector. Ter voorkoming van het uitzakken v/d radioactieve componenten wordt 500 ml afvalwater gegeleerd met 15 g behangplaksel in een marinelli-beker. De marinellibeker regelmatig schudden. Na 24 uur kan de marinellibeker met het monster gemeten worden. De meettijd bedraagt 240 min. Voor de kalibratie wordt gebruikt gemaakt van een bekende hoeveelheid activiteit in 500 ml demiwater en 15 g behangplaksel. Genie2K berekent ook de fout in de meting. Tevens kunnen alle andere fouten, zoals kalibratiefout en experimentelefout, als randomfout worden ingegeven zodat er op de print een totaal 1σ -fout ontstaat.

Totaal alfa: 20 ml afvalwater wordt drooggedampt in een roestvrij stalen schaalpje met een diameter van 50 mm. Dit gebeurt door porties van 4 ml bij een temperatuur van ± 70 °C te drogen. Nieuw afvalwater wordt pas toegevoegd nadat het schaalpje helemaal droog is. De bepaling wordt in duplo uitgevoerd. Om de telopbrengst te bepalen wordt 50 μ l Am-241 standaard aan 100 ml afvalwater toegevoegd. 20 ml van deze oplossing wordt op dezelfde manier drooggedampt.

De monsters en standaarden worden hierna 4 x 720 min. gemeten mbv een proportionele gasdoorstroomteller (Berthold LB770)

De telopbrengst wordt berekend uit het verschil in de resultaten van de beide telpreparaten en de toegevoegde activiteit aan Am-241.

De fout in de bepaling is groot omdat we bij alfa te maken hebben met zelfabsorptie. Ook de hele monstervoorbereiding is redelijk foutgevoelig.

Afhankelijk van de concentratie komt hier nog de telfout bij. De totale 1σ -fout zal minimaal rond de 15% liggen en kan, monster afhankelijk, nog hoger zijn.

Tritium: breng in een bekersglas van 100 ml, ± 30 ml afvalwater en voeg 0,5 g Na_2CO_3 toe om het alkalisch te maken. Hierna wordt het monster verwarmd tot koken. Nadat er ± 10 ml is verdampt wordt er een opvangvatje in het bekersglas gezet en wordt de verwarming lager gezet zodat het monster langzaam verdampt. Boven op het bekersglas wordt een rondbodemkolf, gevuld met water, geplaatst. De damp zal nu condenseren en in het vatje vallen. We koken totdat er minimaal 10 ml in het opvangvatje zit. De bepaling wordt in duplo uitgevoerd. Af laten koelen tot kamertemperatuur. Hierna 10 ml pipetteren in een telflesje en 10 ml Ultima Gold XR toevoegen. De monsters en een blanco (= 10 ml demiwater + 10 ml UG-XR) 120 min. meten op de LSC. De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratiefout en een experimentelefout. De totale 1σ -fout bedraagt minimaal 2%.

Koolstof-14: Bepaling dmv de C-14 borrelmethode. Breng in een driehalsrondbodemkolf 100 ml afvalwater. Vul aan met demiwater tot 200 ml. Opstelling maken volgens voorschrift: Bep. C-14 in afvalwater. In het telflesje zit 7 ml Carbosorb-E. Hierna 3 ml H_2SO_4 (geconc.) toevoegen en 90 min. koken. In dit telflesje zit het anorganisch gebonden C-14. Hierna het telflesje vervangen door een nieuwe (ook met 7 ml Carbosorb-E), 30 ml KMnO_4 (75 g/l) toevoegen en 5 uur koken. We bepalen nu het organisch gebonden C-14. Hierna het telflesje opnieuw vervangen (weer met 7 ml Carbosorb-E) en nog een uur

koken. Dit flesje is om er zeker van te zijn dat alle C-14 is geoxideerd. Voeg aan alle drie de flesjes 10 ml Instagel-plus toe. De monsters 3 x 120 min. meten op de LSC. Als er in het laatste flesje meer dan 3 % zit van flesje 2, moet er de andere dag nog 2 uur extra gekookt worden.

De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratiefout en een experimentelefout. De totale 1σ -fout bedraagt minimaal 3%.

Rest- β : breng in een telflesje 10 ml afvalwater en voeg 10 ml Ultima-Gold XR toe. Meet 120 min. op de LSC. De telopbrengst voor deze bepaling is 53 %, waarbij we gebruik maken van referentienuclide ^{136}Cl . Dit geldt bij een kanaalinstelling van 50 tot 2000 keV.

We kijken hierbij af van de NEN norm: NEN 6421. Hier is de rest- β activiteit omschreven als: de totale β activiteit min de K-40 activiteit.

De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratiefout en een pipetteerfout. De totale 1σ -fout bedraagt minimaal 3%.

3.2 Ventilatielucht AVG

Gamma: mbv een high purity Ge detector. Het filter, de eerste DSM 11 laag en de eerste kool laag worden apart gemeten. Indien er in de eerste laag DSM 11 of kool activiteit gemeten wordt, dan wordt ook de tweede laag gemeten. De meettijd bedraagt 100 min. per laag. Voor alle drie verschillende lagen is een kalibratie gemaakt mbv een bekende hoeveelheid activiteit. De activiteitconcentraties worden berekend met Genie2K van de firma Canberra. De instelling voor de meetperiode gebeurt door desorption te kiezen waardoor de begin- en einddatum ingevuld kan worden. Bij desorption wordt er gecorrigeerd voor verval tijdens de meetperiode.

Genie2K berekent ook de fout in de meting. Tevens kunnen alle andere fouten, zoals kalibratiefout en experimentelefout, als random fout worden ingegeven zodat er op de print een totaal 1σ -fout ontstaat.

Totaal alfa en totaal bèta: uit het glasvezelfilter wordt een schijf geponst met een diameter van 58 mm. De monsters worden hierna 4 x 720 min. gemeten mbv een proportionele gasdoorstroomteller (Berthold LB770)

Voor de bepaling van de telopbrengst is op een schoon filter een bekende hoeveelheid activiteit gebracht. Voor alfa mbv ^{241}Am en bèta mbv ^{136}Cl . We krijgen dan voor alfa een telopbrengst van 22% en voor bèta een telopbrengst van 48%. De fouten bij deze bepaling wordt bijna geheel bepaald door de telfout omdat de gemeten waarden heel laag zijn. Experimenteel is deze fout voor alfa vastgesteld op 10% en voor bèta op 3%.

Tritium: het adsorptiemiddel wordt bij 350 °C uitgestookt. Dit gebeurt onder doorleiding van stikstof. Hierbij ontstaat waterdamp waarin zich het tritium bevindt. Door condensatie, dmv een 'koude val', wordt dit water afgevangen. Dit water wordt aangevuld tot 50 ml en hiervan gaat 10 ml naar het RIVM. Hierna 10 ml pipetteren in een telflesje en 10 ml Ultima Gold XR toevoegen. De monsters en een blanco (= 10 ml demiwater + 10 ml UG-XR) 120 min. meten dmv LSC.

De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratiefout en een experimentelefout. De totale 1σ -fout bedraagt minimaal 4%.

Koolstof-14: bij het uitstoken van tritium wordt het stikstof, na de koude val, door een verzadigde $\text{Ba}(\text{OH})_2$ - opl. geleid. Hierbij ontstaat BaCO_3 neerslag. Dit

neerslag wordt 2 uur gedroogd bij 300 °C en na afkoelen tot poeder vermalen. Hierna wordt het totaal gewicht bepaald en weegt COVRA 1,000 g af. De rest gaat naar RIVM. Aan het neerslag wordt 7 ml water toegevoegd en goed gemengd. Hierna wordt 13 ml Instagel-Plus toegevoegd. Na 2 uur de monsters en een blanco (= 1 g zuiver BaCO₃ + 7 ml water + 13 ml Instagel Plus) 120 min. meten dmv LSC.

De mogelijk bestaat dat er tijdens de monsternamen ook S-35 wordt neergeslagen. Daarom wordt na 3 maanden het monster nogmaals geteld. Het verschil in telling is bijdrage van S-35. Vervolgens wordt de werkelijk geloosde C-14 activiteit berekend.

De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratie fout en een experimentele fout. De totale 1 σ -fout bedraagt minimaal 6%. De experimentele fout is bij deze bepaling het grootst. Er moeten veel handelingen verricht worden voordat het monster gereed is.

4. Analyses HABOG

Ventilatielucht

Gamma: mbv een high purity Ge detector. Het filter en de eerste kool laag worden apart gemeten. Indien er in de eerste laag kool activiteit gemeten wordt, dan wordt ook de tweede laag gemeten. De meettijd bedraagt 100 min. per laag. Voor beide verschillende lagen is een kalibratie gemaakt mbv een bekende hoeveelheid activiteit. De activiteitconcentraties worden berekend met Genie2K van de firma Canberra. De instelling voor de meetperiode gebeurt door desorption te kiezen waardoor de begin- en einddatum ingevuld kan worden. Bij desorption wordt er gecorrigeerd voor verval tijdens de meetperiode. Genie2K berekent ook de fout in de meting. Tevens kunnen alle andere fouten, zoals kalibratiefout en experimentele fout, als random fout worden ingegeven zodat er op de print een totaal 1 σ -fout ontstaat.

Totaal alfa en totaal bèta: uit het glasvezelfilter wordt een schijf gepolst met een diameter van 58 mm. De monsters worden hierna 4 x 720 min. gemeten mbv een proportionele gasdoorstroomteller (Berthold LB770)

Voor de bepaling van de telopbrengst is op een schoon filter een bekende hoeveelheid activiteit gebracht. Voor alfa mbv Am-241 en bèta mbv CI-36. We krijgen dan voor alfa een telopbrengst van 22% en voor bèta een telopbrengst van 48%.

De fouten bij deze bepaling wordt bijna geheel bepaald door de telfout omdat de gemeten waarden heel laag zijn. Experimenteel is deze fout voor alfa vastgesteld op 10% en voor bèta op 3%.

Tritium: het adsorptiemiddel wordt bij 350 °C uitgestookt. Dit gebeurt onder doorleiding van stikstof. Hierbij ontstaat waterdamp waarin zich het tritium bevindt. Door condensatie, mbv een 'koude val', wordt dit water afgevangen. Dit water wordt aangevuld tot 50 ml en hiervan gaat 10 ml naar het RIVM. Hierna 10 ml pipetteren in een telflesje en 10 ml Ultima Gold XR toevoegen. De monsters en een blanco (= 10 ml demiwater + 10 ml UG-XR) 120 min. meten dmv LSC.

De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratiefout en een experimentele fout. De totale 1 σ -fout bedraagt minimaal 4%.

Koolstof-14: bij het uitstoken van tritium wordt het stikstof, na de koude val, door een verzadigde $\text{Ba}(\text{OH})_2$ – opl. geleid. Hierbij ontstaat BaCO_3 neerslag. Dit neerslag wordt 2 uur gedroogd bij 300 °C en na afkoelen tot poeder vermalen. Hierna wordt het totaal gewicht bepaald en weegt COVRA 1,000 g af. De rest gaat naar RIVM. Aan het neerslag wordt 7 ml water toegevoegd en goed gemengd. Hierna wordt 13 ml Instagel-Plus toegevoegd. Na 2 uur de monsters en een blanco (= 1 g zuiver BaCO_3 + 7 ml water + 13 ml Instagel Plus) 120 min. meten dmv LSC.

De mogelijk bestaat dat er tijdens de monsternamen ook S-35 wordt neergeslagen. Daarom wordt na 3 maanden het monster nogmaals geteld. Het verschil in telling is bijdrage van S-35. Vervolgens wordt de werkelijk geloosde C-14 activiteit berekend.

De totale fout is samengesteld uit de telfout, de kalibratie fout en een experimentele fout. De totale 1σ -fout bedraagt minimaal 6%. De experimentele fout is bij deze bepaling het grootst. Er moeten veel handelingen verricht worden voordat het monster gereed is.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl