



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

**Contra-expertise op bepalingen  
van radio-activiteit van afvalwater  
en ventilatielucht van Urenco  
Nederland BV.**

*Periode 2007*

RIVM rapport 610330128/2012

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 Urenco  
Nederland B.V.**

periode 2007

RIVM Rapport 610330128/2012

## Colofon

© RIVM 2012

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

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

Contact:

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

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

## Rapport in het kort

### **Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van Urenco Nederland B.V. Periode 2007.**

Het RIVM controleert achtmaal per jaar de metingen van de verrijkingsfabriek Urenco te Almelo. Het gaat hierbij om lozingen van radioactiviteit in water en lucht. De contra-expertise onderbouwt de betrouwbaarheid van de analyses die Urenco uitvoert. Uit de metingen blijkt dat er in het afvalwater doorgaans een (zeer) lage totaal alfa en totaal bèta activiteit aanwezig is. De totaal alfa analyses in afvalwater komen goed overeen, zo ook in 2007. Indien de totaal bèta resultaten gecorrigeerd worden voor verval van  $^{234}\text{Th}$  dan verbetert de overeenkomst van matig naar redelijk.

De radioactiviteit in ventilatielucht ligt zeer dicht bij het niveau van de hoeveelheid radon die van nature in buitenlucht aanwezig is.

Het RIVM heeft in acht afvalwatermonsters en 32 monsters van ventilatielucht, die verspreid over het jaar 2007 door Urenco zijn afgenomen, de totaal alfa en totaal-beta activiteit bepaald. Deze bepaling is een snelle manier om een eventuele lozing van uraan naar het milieu aan te tonen. Opdrachtgever is de Kernfysische Dienst van het ministerie van VROM.

#### Trefwoorden:

Urenco, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht

## Abstract

### **Contra-expertise on determination of radioactivity of waste water and ventilation air of Urenco Nederland B.V. Period 2007.**

Within the framework of a monitoring programme, the RIVM measures the release of radioactivity into the waste water and atmosphere of the Urenco uranium enrichment plant in Almelo. Measurements are carried out eight times per year. This form of counter-expertise is aimed at verifying and supporting the reliability of the analyses carried out by the Urenco plant. As a rule, the waste water contains very low levels of gross alpha and gross beta activity. The two different sets of measurements of gross alpha in waste water are generally in agreement, as was also the case in 2007. After correction of the gross beta results for the decay of <sup>234</sup>Th the agreement improves to reasonable.

Radioactivity levels in the ventilation air are very close to those levels expected due to the natural presence of radon in the outside atmosphere.

The RIVM determined the gross alpha and gross beta activity in eight waste water samples and 32 samples of ventilation air. The samples were taken by Urenco at time points dispersed throughout 2007. This procedure provides the RIVM with a rapid method for the determination of possible uranium releases into the environment.

The analyses were carried out on behalf of the Department of Nuclear Safety, Security and Safeguards of the Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM).

**Keywords:**

Urenco, radioactivity, lozingen, waste water, ventilation air

## Inhoud

Samenvatting—6

**1 Inleiding—7**

**2 Monsters en analyse—8**

**3 Analysemethoden—9**

3.1 Tweevoudbepalingen—9

3.2 Bepaling van de totaal alfa- en bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater—9

3.3 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater—9

3.4 Bepaling van de totaal alfa- en bèta-activiteitsconcentratie in ventilatielucht—10

3.5 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht—10

3.6 Foutenberekening—10

3.7 Kwaliteitsborging—11

3.8 Presentatie van resultaten en vergelijking—11

**4 Resultaten en discussie—13**

4.1 Meetresultaten—13

4.2 Vergelijking van de resultaten—13

4.2.1 Afvalwater—13

4.2.2 Ventilatielucht—13

4.3 Discussie—15

**5 Referenties—19**

**Bijlage A Vergelijking meetresultaten—20**

**Bijlage B Gegevens van Urenco : Analyse van afvalwatermonsters voor lozing op het riool—22**

**Bijlage C Gegevens van Urenco - Het off-line analyseren van bestofte glasfaserfilters op alfa en beta totaalactiviteit met behulp van een "groot oppervlak" ArCH<sub>4</sub> Proportionele telkamer meetopstelling—25**

**Bijlage D Schatting van radon exhalatie van Urenco fabriekshallen; situatie in 2007—26**

## Samenvatting

Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) van RIVM voert in opdracht van de VROM-Inspectie (VI) radioactiviteitsmetingen uit van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Dit rapport gaat over de periode januari – december 2007.

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

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van Urenco Nederland B.V. te Almelo (Urenco). Het betreft zowel afvalwatermonsters als filters waarmee de uitgaande ventilatielucht van verschillende gebouwen is bemonsterd. RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van totaal alfa, totaal bèta en gammastralers in afvalwater-monsters en ventilatielucht.

Voor de afvalwatermonsters is de overeenkomst van de totaal alfa en totaal bèta data in de bemonsteringsperiode redelijk tot goed. Voor totaal alfa is alleen A1 en A2 aangetroffen. De totaal bèta data geven na correctie voor verval tussen monsternamen en meting een overeenkomst van vijfmaal A1 of A2, en B en een C.

De resultaten voor de totaal alfa-bepalingen op luchtstoffilters zijn in deze rapportage vergeleken met de meetresultaten van Urenco met een redelijk resultaat.

De vergelijkingsresultaten van de totaal bèta-bepalingen op luchtstoffilters waren driemaal A1, driemaal A2, en 12-maal C. Door een ruwe schatting te maken van de radonexhalatie van de fabriekshallen van Urenco is het mogelijk om een ondergrens te berekenen voor de totaal bèta waarde die het gevolg is van de radon-dochter  $^{210}\text{Pb}$ , een bèta/gamma-straler. Worden de totaal bèta waarden onder die ondergrens weggelaten dan verbetert het vergelijkingsresultaat zich naar driemaal A1, driemaal A2, en driemaal C.

## 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 2007.

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.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van Urenco Nederland B.V. te Almelo (Urenco). Het betreft zowel afvalwatermonsters als filters waarmee de uitgaande ventilatielucht van verschillende gebouwen is bemonsterd.



## 2 Monsters en analyse

RIVM haalt periodiek afvalwater- en ventilatieluchtmonsters op bij Urenco Nederland B.V. Van het afvalwater bewaart Urenco circa 1 liter ongegeleerd water voor contra-expertise door RIVM. Voor het bepalen van de radioactiviteit in uitgaande ventilatielucht gebruikt Urenco aërosolfilters. Deze zijn beschikbaar voor RIVM nadat de metingen door Urenco verricht zijn. Tabel 1 bevat een overzicht van het vooraf afgesproken aantal monsters en de te verrichten analyses [RI07].

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

Monsters	Aantal	Soort monster	Analyses
Afvalwater	8	Batchmonster	Totaal alfa**, totaal bèta**, gammastralers*
Ventilatie-lucht	32	Aërosolfilters acht maal van vier lozingspunten	Totaal alfa**, totaal bèta**, indien totaal bèta op filter > 0,5 Bq ook gamma-emitters**

\* Analyse in enkelvoud

\*\* Analyse in tweevoud

RIVM heeft Urenco zeven maal bezocht voor het ophalen voor de monsters uit 2007. Met ingang van 2004 is het analyseren van ventilatieluchtmonsters van het monsternamepunt 'Buiten' gestopt. Met ingang van najaar 2005 is de verrijkingfabriek SP3 gesloten. De vier monsternamepunten in 2007 zijn dus SP2, SP4, SP5 en CSB.

*Tabel 2 : Monstergegevens afvalwater; de ophaaldata voor de ventilatieluchtfilters zijn gelijk aan de ophaaldata van afvalwater*

Ophaaldatum	Datum afvalwater*	Datum alfa/beta	Datum gammaspectrometrie	Fabriek
07 februari 07	25 januari 07	09 februari 07	08 februari 07	SP2
29 maart 07	14 maart 07	19 juni 07	03 april 07	CSB
02 mei 07	17 april 07	19 juni 07	07 mei 07	SP2
11 juli 07	25 juni 07	28 juli 07	16 juli 07	CSB
11 juli 07	04 juli 07	28 juli 07	19 juli 07	SP4
29 augustus 07	21 augustus 07	24 november 07	30 augustus 07	CSB
27 september 07	11 september 07	24 november 07	28 september 07	CSB
21 november 07	13 november 07	14 februari 08	22 november 07	SP2

\* Dit is de datum op de monsterfles. De datum die URENCO rapporteert is de lozingsdatum en is meestal een paar dagen later. RIVM gebruikt altijd de datum op de fles als referentiedatum.

## 3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door Urenco in 2007, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Deze methodes zijn gelijk aan de door Urenco toegepaste methodes in voorafgaande jaren [Kw06].

### 3.1 Tweevoudbepalingen

LSO voert sommige analyses in tweevoud uit. Wanneer het verschil tussen de twee meetwaarden van een tweevoudbepaling groter is dan  $4\sigma$  (waarbij  $\sigma$  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  $^{60}\text{Co}$  of  $^{137}\text{Cs}$ . Bij andere  $\gamma$ -stralers dan  $^{60}\text{Co}$  en  $^{137}\text{Cs}$  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- en bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater

Na krachtig schudden wordt van het gehomogeniseerde monster in twee verschillende flesjes elk 10,0 mL gepipetteerd. Aan één van de flesjes wordt 0,100 mL van een natuurlijk uraniumoplossing met bekende sterkte toegevoegd en goed gemengd. De twee oplossingen worden in gedeelten op roestvast stalen, geschuurde en ontvette telplaatjes met een diameter van 50 mm overgebracht en drooggedampt in een stoof bij 60-80 oC. 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 natuurlijk uraan.

### 3.3 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater

Per analyse wordt van het afvalwater één monster van 250 mL afgemeten. Dit monster wordt volgens voorschrift in een teldoos gemengd met behangplaksel en geschud tot een homogene stijve massa verkregen is. Dit 'geleren' dient ter voorkoming van het uitzakken van de radioactieve componenten bij gammaspectrometrische analyses met lange teltijden. Van het ontstane gegeleerde telpreparaat wordt over het energiebereik van 80 keV tot 2 MeV een gammaspectrum opgenomen met behulp van een P-type halfgeleiderdetector met hoge energieresolutie in combinatie met een pulssorteerder met 8000 kanalen. De meettijd is 1000 minuten. Het spectrum wordt geanalyseerd met behulp van het analyseprogramma GammaVision aan de hand van een nuclidenbibliotheek. In Tabel A2 in Bijlage A zijn de in de nuclidenbibliotheek opgenomen nucliden gegeven. In de gammabibliotheek zijn nucliden uit de uranium- en thoriumreeksen opgenomen, met daaraan toegevoegd de nucliden  $^7\text{Be}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{60}\text{Co}$  en  $^{137}\text{Cs}$ . Daarnaast wordt door het analyseprogramma melding gemaakt van pieken die wel gedetecteerd zijn in het spectrum maar die niet aan één van de in de bibliotheek opgenomen nucliden toe te

wijzen zijn. Is dit het geval dan vindt een nadere analyse van het spectrum plaats. RIVM corrigeert voor radioactief verval door de activiteitsconcentratie van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar de dag van bemonstering. Urenco vermeldt de meetdatum niet bij de resultaten en corrigeert het <sup>137</sup>Cs-equivalent niet voor verval.

Indien door RIVM geen enkele gammastraler wordt aangetoond, wordt slechts de detectielimiet voor <sup>60</sup>Co gegeven. De waarde van de detectielimiet voor <sup>60</sup>Co geeft een indicatie van de bereikte meetgevoeligheid volgens KTA 1504 [KT94]. De KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor <sup>60</sup>Co kleiner is dan 1 kBq m<sup>-3</sup>.

Voor kalibratie van de gammaspectrometrieopstelling wordt gebruik gemaakt van een bekende hoeveelheid activiteit overgebracht in preparaatvormen van eenzelfde vorm, afmeting, mate van homogeniteit en dichtheid als de te meten monsters.

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

Per analyse wordt uit een luchtstoffilter 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<sup>-2</sup>) is voorzien, wordt hiervan de alfa- en bèta-telsnelheid gemeten. In afwijking van de Nederlandse voornorm inzake de analyse van luchtstoffilters wordt voor de bepaling van de totaal alfa- en de totaal bèta-activiteitsconcentratie natuurlijk uraan als referentienuclide toegepast [NE06]. 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 in ventilatielucht opgenomen.

### 3.5 **Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht**

Bij (eventueel) gammaspectrometrisch onderzoek van luchtstoffilters wordt gebruik gemaakt van de filterschijfjes die voor de totaal alfa- en totaal bèta-activiteitsconcentratie zijn gebruikt. Het telpreparaat wordt gemeten zoals beschreven in paragraaf 3.3. Voor radioactief verval van de gedetecteerde nucliden wordt gecorrigeerd naar het midden van de monsterperiode.

Met betrekking tot de meetgevoeligheid voldoet RIVM aan de KTA 1503.1 [KT93], die eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor <sup>60</sup>Co minder dan 20 mBq m<sup>-3</sup> bedraagt.

### 3.6 **Foutenberekening**

- *Bepaling van de totaal alfa en bèta-activiteitsconcentratie in afvalwater* Hier wordt per analyse gebruik gemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een standaard, ieder met de eigen tel- en experimentele fouten. De totale fout in de totaal  $\alpha$ -activiteitsconcentratie, respectievelijk totaal bèta-activiteitsconcentratie, is dan samengesteld uit een telfout van het preparaat bestaande uit het monster, een telfout van het preparaat bestaande uit het monster inclusief de standaard, een kalibratiefout en een experimentele fout.
- *Bepaling van de totaal alfa- en 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 %.

- *Gamma spectrometrie*  
Voor de gammastraling uitzendende nucliden vindt rapportage plaats met een aangegeven fout voortkomend uit telstatistiek, kalibratie, achtergrond, onzekerheid in de yield en monstervoorbehandeling. Indien er sprake is van cascadeverval dan is een extra fout toegevoegd aan de gerapporteerde activiteitsconcentraties.

### 3.7 Kwaliteitsborging

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

In het kader van de bewaking van de kwaliteit van de gebruikte analyse- en meetmethoden neemt RIVM jaarlijks deel aan het ringonderzoek 'Abwasser', georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [Ob07]. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

### 3.8 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door Urenco bepaalde activiteitsconcentraties worden overgenomen uit de opgaven van Urenco [UR07] 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.

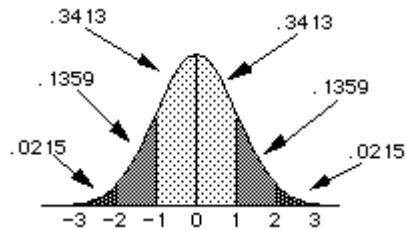
Het vergelijken van de gemeten waarden  $x_{NI}$  en  $x_{RIVM}$  is ook te verwoorden als het bepalen van het verschil  $\Delta = x_{NI} - x_{RIVM}$ . Het verschil tussen de meetwaarden wordt berekend uit de getallen zoals deze worden weergegeven, dus na afronding van de meetwaarde van RIVM (volgens NEN 1047 [NE91]). De fout<sup>1</sup> 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,  $\sigma_{NI}$ , gelijk is aan de fout in de meetwaarde van RIVM,  $\sigma_{RIVM}$ .

Het is hierbij in het bijzonder van belang, dat alle partijen (RIVM en NI's) een gedegen foutenberekening uitvoeren. In het ideale geval<sup>2</sup>, 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:

<sup>1</sup> (als  $s_{NI} = s_{RIVM}$  dan  $s_{\Delta} = s_{RIVM} \times \sqrt{2}$ )

<sup>2</sup> Waarbij de systematische fouten klein zijn t.o.v. de toevallige fouten

- 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.

## 4 Resultaten en discussie

### 4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door RIVM en Urenco zijn te vinden in Bijlage A. In de tabellen staan tevens de meetonzekerheden (fouten) in de meetwaarden van RIVM (zie paragraaf 3.6). Urenco gaf fouten op in de totaal alfa- en totaal bèta-activiteitsconcentraties in afvalwater, maar niet in ventilatielucht.

### 4.2 Vergelijking van de resultaten

Het resultaat van de vergelijking (indien van toepassing) zoals beschreven in paragraaf 3.8 is in de tabellen van Bijlage A vermeld onder de kop 'V'. In Tabel 3 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

Tabel 3 bevat een samenvatting van de vergelijkingsresultaten van de afvalwatermonsters. In de totaal alfa resultaten is zesmaal A1 en een A2 behaald. De totaal bèta resultaten gaven tweemaal A1, driemaal A2, en tweemaal een C te zien.

De gamma-activiteit wordt door Urenco bepaald als  $^{137}\text{Cs}$ -equivalent (zie Bijlage B). Urenco rapporteert gamma-activiteit in monster 1, 2, 4, 6 en 7. RIVM toont geen gamma-activiteit aan.

*Tabel 3 : Overeenkomst van meetresultaten totaal alfa, totaal bèta en gammastralers in afvalwater*

Groetheid	1 SP2	2 CSB	3 SP2	4 CSB	5 SP4	6 CSB	7 CSB	8 SP2
Totaal- $\alpha$	A1	A1	A1	A1		A2	A1	A1
Totaal- $\beta$	A1	A2	A2	A1		C	C	A2
$\gamma$ -stralers								

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

#### 4.2.2 Ventilatielucht

In de luchtstoffilters van week 10 en 23 was er sprake van een gebroken bemonsteringsweek bij CSB, in week 24 bij SP4 en in week 35 bij SP5. RIVM heeft alle deelfilters gemeten en de meetwaarden vergeleken met die van Urenco.

Tabel 4 bevat een samenvatting van de vergelijkingsresultaten van de totaal alfa bepalingen in ventilatieluchtmonsters. Er konden 26 vergelijkingen worden gemaakt: 22-maal A1, driemaal A2, éénmaal C.

Tabel 4 : Overeenkomst van meetresultaten activiteitenconcentraties totaal-  
alfa in ventilatielucht (een hokje is een gebroken week)

Nr.	SP2	SP4	SP5	CSB	$\Sigma A1$	$\Sigma A2$	$\Sigma B$	$\Sigma C$	Totaal	Opmerking
3		A1		A1	2	0	0	0	2	
10	A1	A1		A1	3	0	0	0	3	gebroken week
				A1	1	0	0	0	1	
15		A1		A1	2	0	0	0	2	
23	A1	A2		A1	2	1	0	0	3	gebroken week
				A1	1	0	0	0	1	
				A1	1	0	0	0	1	
24	A1	A2		A1	2	1	0	0	3	gebroken week
		A1			1	0	0	0	1	
32	A1	A1		C	2	0	0	1	3	
35	A1	A1		A1	3	0	0	0	3	gebroken week
					0	0	0	0	0	
43	A1	A2		A1	2	1	0	0	3	
$\Sigma A1$	6	6	0	10	22					
$\Sigma A2$	0	3	0	0		3				
$\Sigma B$	0	0	0	0			0			
$\Sigma C$	0	0	0	1				1		
Totaal	6	9	0	11					26	

De nummers in de eerste kolom corresponderen met weeknummers

Tabel 5 bevat een samenvatting van de vergelijkingsresultaten van de totaal bèta bepalingen in ventilatieluchtmonsters. Er konden 18 vergelijkingen worden gemaakt: driemaal A1, driemaal A2, 12-maal C.

Tabel 5 : Overeenkomst van meetresultaten activiteitenconcentraties totaal-  
bèta in ventilatielucht (een hokje is een gebroken week)

Nr.	SP2	SP4	SP5	CSB	$\Sigma A1$	$\Sigma A2$	$\Sigma B$	$\Sigma C$	Totaal	Opmerking
3		C			0	0	0	1	1	
10		C			0	0	0	1	1	gebroken week
					0	0	0	0	0	
15		A2		C	0	1	0	1	2	
23	C	A1		C	1	0	0	2	3	gebroken week
				A1	1	0	0	0	1	
				C	0	0	0	1	1	
24		A2		C	0	1	0	1	2	gebroken week
					0	0	0	0	0	
32	C	C		C	0	0	0	3	3	
35		C			0	0	0	1	1	gebroken week
					0	0	0	0	0	
43	C	A1		A2	1	1	0	1	3	
$\Sigma A1$	0	2	0	1	3					
$\Sigma A2$	0	2	0	1		3				
$\Sigma B$	0	0	0	0			0			
$\Sigma C$	3	4	0	5				12		
Totaal	3	8	0	7					18	

### 4.3 Discussie

#### Afvalwater

De goede overeenkomst in de totaal alfa data is in lijn met de bevindingen in de voorgaande perioden. De vergelijkingsresultaten in de totaal bèta data worden enigszins beïnvloed door het bèta overschot in alle monsters behalve het vijfde. Dit bèta overschot vervalft in de tijd tussen monstername en meting naar de totaal alfa waarde. Corrigeren voor verval doet de overeenkomst tussen de waarde van Urenco en RIVM verbeteren van A2 naar A1 in monster 3 en 8, en van C naar B in monster 7.

Bij het uitvoeren van deze correcties is van de veronderstelling uitgegaan dat bij radiologisch evenwicht de totaal alfa en totaal bèta activiteit gelijk aan elkaar zijn. Dit is bij afwijkingen van de natuurlijke verhouding van  $^{235}\text{U} / ^{238}\text{U}$  niet het geval. Aangezien het onduidelijk is in welke mate de daadwerkelijke  $^{235}\text{U} / ^{238}\text{U}$  verhouding in het monster afwijkt van de natuurlijke verhouding is het onredelijk om een 'perfecte' overeenkomst, een A1, te verwachten.

In Tabel 6 zijn de totaal bèta meetwaarden van Urenco gecorrigeerd voor verval naar de meetdatum van RIVM. Hierbij is uitgegaan van de veronderstelling dat Urenco de meting uit heeft gevoerd op de dag van monstername. De vervalcorrecties zijn berekend uitgaande van :

- het aantal dagen verschil tussen de monsterdatum van Urenco en de meetdatum van RIVM
- de halfwaardetijd van  $^{234}\text{Th}$  (24,1 dagen).
- het verschil in totaal alfa en totaal bèta activiteit in de Urenco data: is er sprake van een bèta overschot of juist een alfa overschot ?

Tabel 6 : Overeenkomst van meetresultaten ( $\text{kBq.m}^{-3}$ )  
activiteitsconcentraties totaal bèta in afvalwater na correctie voor  
ingroei of verval van  $^{234}\text{Th}$

Nr.	RIVM	V	Urenco	Urenco waarde	
				V	met vervalcorrectie
1	$1,38 \pm 0,13$	A1	$2,0 \pm 0,9$	A1	$1,4 \pm 0,6$
2	$1,24 \pm 0,11$	A2	$3,0 \pm 1,2$	A2	$2,2 \pm 0,9$
3	$1,15 \pm 0,12$	A2	$2,6 \pm 1,1$	A1	$0,9 \pm 0,4$
4	$3,3 \pm 0,2$	A1	$3,7 \pm 0,9$	A1	$3,0 \pm 0,7$
5	$0,44 \pm 0,04$		< 1,2		
6	$9,9 \pm 0,6$	C	$27 \pm 3$	C	$4,7 \pm 0,5$
7	$5,4 \pm 0,4$	C	$15 \pm 2$	B	$3,9 \pm 0,5$
8	$0,90 \pm 0,10$	A2	$2,1 \pm 0,8$	A1	$0,9 \pm 0,3$

\* de fout van Urenco is ingeschat op basis van de relatieve fout in de eerste meting.

Tabel 6 laat zien dat de vervalcorrectie voor het bèta overschot leidt tot een betere vergelijking van de Urenco en RIVM meetwaarden. Bij monster 6 en 7 leidt de vervalcorrectie echter tot een berekende waarde die lager is dan de waarde die RIVM heeft gemeten. Dit kan te maken hebben met meetonzekerheden en het feit dat bij afwijkingen van de natuurlijke  $^{235}\text{U} / ^{238}\text{U}$  verhouding totaal alfa en totaal bèta niet in evenwicht zijn.

#### Ventilatielucht

Volgens afspraak met VI-KFD onderwerpt RIVM de luchtfilters aan een nader onderzoek indien de totaal alfa activiteit > 0,1 Bq/filter of de totaal bèta activiteit > 0,5 Bq/filter. In 2007 is in één enkel geval de grens van 0,1 Bq voor totaal alfa overschreden: 0,12 Bq in een monster van CSB, week 23. Op basis van het alfa



spectrum verkregen met de rooster ionisatiekamer was echter geen nuclide identificatie mogelijk. Bij de bepaling van de totaal bèta activiteit is de grens van 0,5 Bq/filter geen enkele maal overschreden. Er is in 2007 geen nader gammaspectrometrisch onderzoek uitgevoerd aan de ventilatieluchtfilters.

Opvallend is dat bij SP4 een verhoogde activiteitsconcentratie van totaal bèta in week 15, 23, 24 en 43 niet gepaard gaat met een verhoging in de totaal alfa waarden bij SP4 in dezelfde weken, terwijl bij CSB in week 23 een verhoging in totaal bèta juist wel gepaard gaat met een verhoging in totaal alfa. Overigens komt het omgekeerde ook eenmaal voor bij CSB: een verhoogde waarde in totaal bèta in week 43 komt niet tegelijk voor in dezelfde periode bij totaal alfa. Dit laatste zou ook een aanwijzing kunnen zijn dat de radondochter  $^{210}\text{Pb}$  wordt gemeten bij totaal bèta en dat  $^{210}\text{Po}$  nog niet is ingegroeid.

#### *Radon-exhalatie uit het beton in de fabriekshallen*

In een eerder briefrapport [Kw04] heeft RIVM al eens aannemelijk gemaakt dat de totaal alfa en totaal bèta activiteit op de ventilatieluchtfilters van CSB hoogstwaarschijnlijk te wijten is aan radon-dochters afkomstig van radon in de buitenlucht. Radon emaneert echter ook uit de betonnen oppervlakken van de verrijkingshallen. Het is mogelijk om een schatting te maken van de som van radon uit de buitenlucht + uit beton geëmaneerd radon. Dit radon-niveau, en niet de detectiegrens van de apparatuur, beïnvloedt in grote mate de bepaalbaarheidsgrens voor totaal alfa en totaal bèta afkomstig van uraan. Deze zogenaamde 'radon-ruis' kan omgerekend worden naar een realistische ondergrens voor de bepaling van totaal alfa en totaal bèta op de ventilatieluchtfilters.

*Toelichting* : radon vervalt via een aantal kortlevende dochternucliden naar  $^{210}\text{Pb}$ . Dit nuclide is een bèta/gamma-straler en vervalt naar de (relatief langzaam) ingroeïende alfa-straler  $^{210}\text{Po}$ . Dit heeft als logisch gevolg dat de aanwezigheid van het edelgas radon in ventilatielucht uiteindelijk leidt op het filter tot een lage totaal alfa en totaal bèta activiteit die niet het gevolg is van een uraanlozing.

#### *Schatting van totaal bèta als gevolg van radon in ventilatielucht*

Met de aannames die gemaakt zijn in het bovengenoemde briefrapport [Kw04] is voor SP2, SP4, SP5 en CSB een schatting gemaakt van de radonexhalatie uit betonnen oppervlakken; zie Bijlage C. Het totaal aan radon leidt na het verval van de kortlevende dochters tot de productie van de bèta/gamma-straler  $^{210}\text{Pb}/^{210}\text{Bi}$ . De daaruitvolgende  $^{210}\text{Po}$ -alfa dochter is na 30 dagen voor slechts 14 % ingegroeïd ; dit houdt in dat de tijd tussen meting door Urenco en RIVM van groot belang is voor de vergelijking van totaal alfa. Deze tijd kan in praktijk variëren tussen 10 en meer dan 80 dagen waardoor het vergelijken van totaal alfa data weinig zin heeft. In de onderstaande tabel worden de geschatte totaal bèta waarden vergeleken met daadwerkelijk aangetroffen totaal bèta waarden; de totaal alfa data als resultaat van ingegroeïd  $^{210}\text{Po}$  zijn door de sterk variabele ingroeiïd buiten de tabel gehouden.

Tabel 7 : Totaal bèta als gevolg van radon en reëel gemeten waarden ( $\text{mBq.m}^{-3}$  )

Plant	Totaal bèta (berekend uit radon)	Totaal bèta gemeten (RIVM)	Totaal bèta gemeten (Urenco)
SP2	0,04	< 0,02	< 0,02 – 0,08
SP4	0,09	0,08 – 0,38	0,02 – 0,5
SP5	0,001	< 0,03	< 0,03
CSB	0,01	0,03 – 0,09	< 0,02 – 0,1
Buitenlucht – Bilthoven*		0,2 – 1,0	

\* De waarde voor totaal bèta in luchtstof bemonsterd te Bilthoven is bepaald met de High Volume Sampler. Per week wordt ca. 50.000  $\text{m}^3$  aangezogen en geanalyseerd.

De onzekerheden in de berekende totaal bèta waarden zijn groot. Dit komt door o.a. door onzekerheden in de schattingen van het beton-oppervlak, in de radon exhalatie uit beton en schattingen van de flow door het betreffende gebouw [Ur11]. Ook de natuurlijke variatie van radon in de buitenlucht speelt een rol. Een overall onzekerheid laat zich lastig kwantificeren, maar het is aannemelijk dat een bandbreedte van een factor 2 ongeveer het minimum is. Dit is namelijk de spreiding in de radonexhalatie in betonnen oppervlakken die volgens het Basisdocument Radon kan variëren tussen 0,5 en 1  $\text{mBq.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  [Ba91].

#### Vaststelling van ondergrens voor totaal bèta

Met de data uit tabel 7 vermenigvuldigd met een factor 2 is een ondergrens voor totaal bèta eenvoudig berekend; zie tabel 8. Onder deze grens heeft het uitvoeren van contra expertise geen nut omdat er feitelijk radondochters met elkaar worden vergeleken. Voor CSB valt de berekende ondergrens van 20  $\mu\text{Bq.m}^{-3}$  precies op de detectiegrens. Het lijkt realistisch om de totaal bèta ondergrens voor CSB minimaal een factor 3 daarboven te kiezen : 60  $\mu\text{Bq.m}^{-3}$ .

Tabel 8 : Ondergrens voor totaal bèta als gevolg van radon

Plant	Totaal bèta ( $\text{mBq.m}^{-3}$ )
SP2	0,08
SP4	0,18
SP5	0,002
CSB	0,02 (0,06)

#### Toepassing op ventilatieluchtdata 2007

Indien we de in tabel 8 genoemde ondergrens voor totaal bèta toepassen op de data van 2007 dan houden we alleen de waarden boven die ondergrens over. Er blijft dan voor SP2 de waarde van week 43 over, voor SP4 de waarde van week 15, 23, 24 (één deelmonster), en 43, voor SP5 geen waarde, en voor CSB de waarde van week 23 (drie deelmonsters), en 43. Bij SP5 is de naar binnen gezogen buitenlucht zo goed gefilterd dat de ventilatieluchtfilters vrijwel schoon zijn. Voor totaal-beta is dan ook niet de radon-dochter  $^{210}\text{Pb}/^{210}\text{Bi}$  de bepalende factor voor de totaal-beta achtergrond, maar simpelweg de detectiegrens van het meetapparaat. Het vergelijkingsresultaat verbetert zich dan tot dan driemaal A1, driemaal A2 en

driemaal een C. Deze correctie blijft echter gecompliceerd omdat de concentratie aan radon in buitenlucht wel degelijk een rol speelt, en dat die concentratie sterk kan variëren. Het is in praktijk echter ondoenlijk om continu de buitenluchtconcentratie aan radon te monitoren alleen maar om de totaal bèta ondergrens nauwkeuriger vast te stellen.

## 5 Referenties

- [Ba91] Basisdocument Radon, LH Vaas, et al., RIVM rapport 710401014, Bilthoven.
- [KT93] KTA 1503.1 Überwachung der Ableitung gasförmiger und aerosolgebundener radioaktiver Stoffe. Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb. KTA, Köln, 1993 ([www.kta.de](http://www.kta.de)).
- [KT94] KTA 1504 Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, Köln, 1994 ([www.kta.de](http://www.kta.de)).
- [Kw04] Kwakman PJM en P. Stoop. Evaluatie van controlemetingen door RIVM van luchtzijdige emissies van Urenco Nederland B.V. RIVM/LSO briefrapport 231/04.
- [Kw06] Kwakman PJM, Overwater RMW. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van Urenco Nederland B.V. Periode 2005. RIVM/LSO briefrapport 472/06.
- [NE90] NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, augustus 1990.
- [NE91] NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut, 1991.
- [NV06] NVN 5636: 2006. Radioactiviteitsmetingen. Bepaling van de kunstmatige totaal alfa-, kunstmatige totaal bèta-activiteit en gammaspectrometrie van luchtfilters en berekening van de volumieke activiteit van de bemonsterde lucht. NEN, Delft, 2006.
- [Ob07] D. Obrikat, Ch. Hohmann, I. Krol. "Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch Abwasser 2007", August 2007 SW 2 – 12/2007 Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlijn/München, Duitsland.
- [UR07] Urenco Nederland B.V. Rapportage Lucht- en waterlozingen (brieven): 2007 kwartaal 1, REA/07/1698, 12 juni 2007.  
2007 kwartaal 2, COM/07/2642, 20 september 2007.  
2007 kwartaal 3, COM/07/33616, 20 november 2007.  
2007 kwartaal 4, COM/08/0525, 20 februari 2008.
- [Ur11] Urenco notitie d.d. 27 juli 2011 met kenmerk COM/11/1377 van F. Tuenter aan KFD (Breas, Rozema) en RIVM (Kwakman): "Reactie op RIVM rapportages nav overleg KFD / RIVM / Urenco".
- [RI07] Jaarplan project 610330 - 2007. Notitie van RIVM/LSO aan P.J.W.M. Müskens, directeur VROM-KFD, kenmerk 063/07 LSO/Kwa/lvi, datum 1 februari 2007.

## Bijlage A      Vergelijking meetresultaten

Tabel A1 : Vergelijking activiteitsconcentraties totaal alfa, totaal bèta en gammastralers in afvalwater

Activiteitsconcentratie (kBq m <sup>-3</sup> )			Totaal-α			Totaal-β			γ-stralers		
Nr.	Datum	Plant	RIVM	V	Urenco	RIVM	V	Urenco	RIVM	V	Urenco
1	25 januari	SP2	0,64 ± 0,08	A1	0,4 ± 0,3	1,38 ± 0,13	A1	2,0 ± 0,9	< 1,2		1,3 ± 0,7
2	14 maart	CSB	1,75 ± 0,19	A1	2,1 ± 0,5	1,24 ± 0,11	A2	3,0 ± 1,2	< 0,4		1,2 ± 0,7
3	17 april	SP2	0,67 ± 0,09	A1	0,6 ± 0,3	1,15 ± 0,12	A2	2,6 ± 1,1	< 0,4		< 1,2
4	25 juni	CSB	2,0 ± 0,2	A1	2,5 ± 0,5	3,3 ± 0,2	A1	3,7 ± 0,9	< 0,6		3,6 ± 1,6
5	04 juli	SP4	< 0,13		< 0,3	0,44 ± 0,04		< 1,2	< 0,5		< 0,5
6	21 augustus	CSB	2,0 ± 0,2	A2	3,2 ± 0,7	9,9 ± 0,6	C	27 ± 3	< 1,3		1,8 ± 0,9
7	11 september	CSB	2,4 ± 0,3	A1	2,4 ± 0,5	5,4 ± 0,4	C	15 ± 2	< 0,5		9 ± 4
8	13 november	SP2	0,69 ± 0,09	A1	0,8 ± 0,4	0,90 ± 0,10	A2	2,1 ± 0,8	< 0,4		< 0,5

De RIVM-detectiegrens voor de volgende gammastralers is : 0,7 kBq.m<sup>-3</sup> voor <sup>60</sup>Co en <sup>137</sup>Cs , en 3 kBq.m<sup>-3</sup> voor <sup>235</sup>U.

Tabel A2 : Nuclidenbibliotheek gebruikt voor bepaling van gammastralers

<sup>238</sup> U reeks	<sup>232</sup> Th reeks	<sup>235</sup> U reeks	Overige nucliden
<sup>234</sup> Th	<sup>228</sup> Ac	<sup>235</sup> U	<sup>7</sup> Be
<sup>234m</sup> Pa	<sup>212</sup> Pb	<sup>231</sup> Pa	<sup>40</sup> K
<sup>226</sup> Ra	<sup>212</sup> Bi	<sup>227</sup> Th	<sup>60</sup> Co
<sup>214</sup> Pb	<sup>208</sup> Tl	<sup>219</sup> Rn	<sup>137</sup> Cs
<sup>214</sup> Bi			

Tabel A3 : Activiteitsconcentraties totaal alfa in ventilatielucht ( $\mu\text{Bq m}^{-3}$ )\*

Nr.	Periode	SP2			SP4			SP5			CSB			Opmerking
		RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	
3	14 - 21 januari	6 ± 2		< 4	15 ± 5	A1	9		< 8	< 6	9 ± 3	A1	8	
10	4 - 11 maart	9 ± 3	A1	5	11 ± 4	A1	16		< 6	< 4	20 ± 7	A1	30	gebroken week
15	8 - 15 april	7 ± 3		< 4	22 ± 7	A1	20		< 9	< 6	24 ± 8	A1	30	
23	3 - 10 juni	16 ± 5	A1	16	58 ± 18	A2	30		< 7	< 5	10 ± 3	A1	12	gebroken week
24	10 - 17 juni	15 ± 5	A1	14	50 ± 16	A2	20		< 7	< 5	140 ± 40	A1	140	gebroken week
32	5 - 12 augustus	14 ± 5	A1	16	41 ± 14	A1	30		< 8	< 5	900 ± 300	A1	900	
35	26 augustus - 2 september	10 ± 4	A1	14	16 ± 5	A1	10		< 14	< 9	60 ± 20	A1	50	gebroken week
43	21 - 28 oktober	22 ± 7	A1	14	47 ± 15	A2	20		< 19	< 13	25 ± 8	A1	17	

\* Let op: eenheid microbecquerel per kubieke meterToelichting bij tabel A3 en A4 over de gebroken weken [Ur11].

- In week 10 (4-11 maart) is het filter gewisseld nav functietesten van de kleppenschakeling
- In week 23 (3-10 juni) zijn de filters gewisseld voor en na modificatie van het luchtstofbemonsteringsysteem (iso-kinetische bemonstering)
- In week 35 (26 aug – 2 sept) is het filter gewisseld nav onderhoudswerkzaamheden.

Tabel A4 : activiteitsconcentraties totaal bèta in ventilatielucht ( $\mu\text{Bq m}^{-3}$ )\*

Nr.	Periode	SP2			SP4			SP5			CSB			Opmerking
		RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	
3	14 - 21 januari	< 18		50	55 ± 7	C	140	< 30	< 30	< 17		70		
10	4 - 11 maart	< 17		30	35 ± 6	C	90	< 20	< 20	< 30		80	gebroken week	
15	8 - 15 april	< 18		40	330 ± 30	A2	400	< 30	< 30	< 40		100		
23	3 - 10 juni	39 ± 6	C	70	320 ± 30	A1	300	< 20	< 30	37 ± 6	C	110	gebroken week	
24	10 - 17 juni	< 20		60	260 ± 30	A2	300	< 20	< 20	700 ± 70	A1	700	gebroken week	
32	5 - 12 augustus	24 ± 4	C	150	131 ± 14	C	200	< 20	< 30	115 ± 15	C	300		
35	26 augustus - 2 september	< 20		80	47 ± 6	C	100	< 40	< 50	60 ± 7	C	120	gebroken week	
43	21 - 28 oktober	88 ± 10	C	170	310 ± 30	A1	300	< 60	< 70	< 20	< 30	137 ± 14	A2	170

\* Let op: eenheid microbecquerel per kubieke meter

## **Bijlage B Gegevens van Urenco : Analyse van afvalwatermonsters voor lozing op het riool**

Uitgave 08, indiener B. Kamp (Urenco). Ontvangen oktober 2010. Ook geldig ten tijde van de rapportageperiode 2007.

### 2 ALGEMEEN

Van de verschillende afvalwatertanks worden monsters aangeboden aan het chemisch laboratorium. Afvalwater bestemd voor het riool wordt, na controle en vrijgave op activiteit en door Compliance, geloosd op het riool.

### 3 TAKEN, BEVOEGDHEDEN EN VERANTWOORDELIJKHEDEN

Het is de taak en de verantwoordelijkheid van REC en SO zorg te dragen voor een correcte monsternamen.

Het is de taak van de Technician Chemistry de aangegeven werkzaamheden te volgen.

Het is de taak en de verantwoordelijkheid van Compliance om analyses van afvalwater bestemd voor het riool te controleren en binnen de limieten vrij te geven voor lozing op het riool.

### 4 BESCHRIJVING VAN DE WERKWIJZE

#### 4.1 Apparatuur

- pH-meter.
- Droogstoof.
- Gammadetector.
- ICP-AES
- Alpha / beta detector
- Afvalwaterplaten Ø 22 cm

#### 4.2 Werkwijze

##### 4.2.1 pH

De pH van het monster wordt gemeten met behulp van een pH-meter. Vervolgens wordt bepaald hoeveel NaOH respectievelijk HNO<sub>3</sub> moet worden toegevoegd om de pH van de oplossing tussen 6.5 en 9 te brengen (HNO<sub>3</sub> 65% en NaOH 33%).

##### 4.2.2 Vaste stofgehalte

Het vaste stofgehalte wordt bepaald volgens voorschrift NEN 3235. In plaats van een indampschal mag ook een bekerglas worden gebruikt of de plaat die wordt gebruikt voor alfa en beta analyse.

##### 4.2.3 Bepaling van $\alpha$ en $\beta$

Aan een 2 liter monster wordt 30 ml HNO<sub>3</sub> (65%) toegevoegd (NVN 5625) waarna de monsterpot minimaal 16 uur in een stoof wordt verwarmd bij 60°C.

Vervolgens wordt het monster warm opgesplitst en 900 ml ter beschikking gesteld aan het RIVM. De resterende 1100 ml wordt gebruikt voor de analyse van alfa, beta en gamma.

Per monster worden vervolgens 6 afvalwaterplaten gemaakt;

A) 3 platen met 100 ml monster en

B) 3 platen met 100 ml monster + 100 µl gecertificeerde standaard (efficiency bepaling).

Tevens worden 2 blanco platen gemeten. De afvalwaterplaten worden minimaal 16 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. De activiteit wordt bepaald, gebruik makend van de FHT-8000 en de gemiddelde waarden van zowel A als B.

Er dient een "Quality Control meting" uitgevoerd te worden met een "alfa wide area reference source UAR 17021 Uranium 238" bij iedere serie metingen.

#### 4.2.4 Bepaling van gamma-activiteit

De gamma-activiteit wordt nuclide-specifiek bepaald op de germaniumdetector.

De totale activiteit wordt berekend door de activiteit in Bq/l van alle afzonderlijke aangetoonde nucliden te sommeren.

De totale fout in de activiteit wordt berekend met de volgende formule:

$$fout\ in\ \gamma\text{-}activiteit = \sqrt{\sum fout^2}$$

Indien geen nucliden zijn aangetoond wordt voor de totale gamma-activiteit de minimale detectie van  $^{60}\text{Co}$  opgegeven.

#### 4.2.5 Berekening en foutenberekening

##### 4.2.5.1 $\alpha$ en $\beta$ berekeningen

De resultaten worden volgens onderstaande formules uitgerekend.

$$efficiency\ monster\% = \left( \frac{(countsS - countsM)}{(Astd \times VolumeS) \times 60} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Met deze formule wordt de efficiency bepaald die nodig is om de activiteit te berekenen.

CountsS is het aantal counts  $\alpha$  en  $\beta$  per minuut voor de plaat met monster + ijkoplossing

CountsM is het aantal counts  $\alpha$  en  $\beta$  per minuut voor de monsterplaat

Astd is de activiteit van de standaardoplossing in Bq/ml

VolumeS is het opgebrachte volume in ml

$$fout\ in\ efficiency\% = \sqrt{\left( \frac{countsM}{Mtijd} + \frac{countsS}{Stijd} \right) * \frac{\sigma}{(countsS - countsM)}} * 100 \quad (2)$$

De fout in efficiency wordt bepaald bij  $\sigma = 1$

Mtijd is de teltijd van het monster in minuten

Stijd is de teltijd van het monster + ijkoplossing in minuten

$$totale\ fout\ efficiency\% = \sqrt{(fout\ in\ efficiency)^2\ (zie\ 2) + Expfout^2 + bronfout^2} \quad (3)$$

Bij de totale fout in efficiency wordt een experimentele fout van 3% meegenomen

Expfout is de experimentele fout, is 3%

Bronfout is fout in activiteit van de standaard, is 2.5% bij 1 sigma



$$activiteit \text{ kBq/m}^3 = \frac{\frac{countsM - countsNul}{efficiency \text{ monster(zie 1)}}}{\frac{volumeM}{0.6}} \quad (4)$$

Met deze formule wordt de activiteit berekend

CountsNul is het aantal counts  $\alpha$  en  $\beta$  per minuut voor de nulmeting

VolumeM is het volume van ingedampte hoeveelheid afvalwater in liter

$$fout \text{ in activiteit\%} = \sqrt{\left(\frac{countsM}{Mtijd} + \frac{countsNul}{Ntijd}\right) * \frac{\sigma}{(countsM - countsNul)}} * 100 \quad (5)$$

De fout in activiteit wordt bepaald bij  $\sigma = 1$

Ntijd is de teltijd van de nulmeting in minuten

Bij de totale fout moet tevens rekening gehouden worden met de spreiding die aanwezig is tussen de afvalwaterplaten. Deze fout is o.a. afhankelijk van de verdeling van de vaste stof over de plaat. Deze fout wordt ook wel de verdelingsfout genoemd.

$$totale \text{ fout activiteit\%} = \sqrt{\left(fout \text{ activiteit}^2 \text{ (zie 5)} + fout \text{ efficiency}^2 \text{ (zie 1)} + Expfout^2 + verdelingsfout^2\right)} \quad (6)$$

Bij de totale fout in activiteit wordt een experimentele fout van 3% meegenomen

#### 4.2.5.2 Kwartaaloverzichten

Ieder kwartaal wordt een overzicht gemaakt van alle lozingen in de desbetreffende periode. Bij het sommeren van data tot kwartaaltotalen worden de fouten met behulp van onderstaande formule gesommeerd. (zie LSO/KD/0259, versie 3/2/98, hoofdstuk 8 aggregatie van data)

$$Kwartaalfout = \sqrt{\sum fout^2}$$

## 7 DOCUMENTATIE en ARCHIVERING

De resultaten van de uitgevoerde analyse worden gerapporteerd middels een analyseformulier aan de teamleader CS-PA en opgeslagen in een database bestand op het chemical laboratory. De monsters worden minimaal 1 jaar door CS-EA bewaard

## **Bijlage C Gegevens van Urenco - Het off-line analyseren van bestofte glasfaserfilters op alfa en beta totaalactiviteit met behulp van een "groot oppervlak" ArCH<sub>4</sub> Proportionele telkamer meetopstelling**

### 2 WERKWIJZE

#### **Analyse-voorbereiding:**

De te analyseren filters dienen voor analyse tenminste 1 week opgeslagen te worden.

Op de analyse-envelop dienen de volgende gegevens aanwezig te zijn:

- plant en monitornummer
- beginstand flowmeter
- eindstand flowmeter
- data filterwisseling (ook aangegeven op het filter zelf)
- reden filterwisseling

Indien één of meer van deze voorwaarden niet aanwezig of onduidelijk is moet contact worden opgenomen met de operationeel beheerder.

Controleer of het filter onbeschadigd is en of het filter bestoft is aan één zijde.

Controleer of het filter regelmatig over het oppervlak bestoft is.

Indien er een afwijking is, dient de operationeel beheerder gewaarschuwd te worden voor een correctieve actie.

Controleer of de beschikbare "ArCH<sub>4</sub> Proportionele Telkamer Meetopstelling" juist werkt:

- Er dient vooraf aan de meting een "nulmeting" uitgevoerd te zijn. Deze nulmeting mag niet ouder zijn dan één week. De teltijd voor deze meting is minimaal 200 minuten.
- Er dient een "Quality Control meting" uitgevoerd te worden met een "alfa wide area reference source UAR 17021 Uranium 238" bij iedere serie metingen.

#### **Analyse:**

Plaats de te meten filter(s) in de "ArCH<sub>4</sub> Proportionele Telkamer Meetopstelling".

Teltijd is minimaal 100 minuten. Start de meetsequence. Aan het eind van de analyse(s) dienen tenminste de volgende meetresultaten opgeslagen worden in een database bestand op het chemical laboratory:

- alfa pulsen in cpm (netto)
- beta pulsen in cpm (netto)
- monitor nummer
- datum analyse
- begindatum van filtermonster, einddatum van filtermonster

De analyseresultaten worden tenminste 5 jaar gearhiveerd in LIMS. Stuur de geanalyseerde filters naar CS-EA in de originele analyse-envelop. De geanalyseerde filters worden door CS-EA opgeslagen.

## Bijlage D Schatting van radon exhalatie van Urenco fabriekshallen; situatie in 2007

In de onderstaande tabel zijn de variabelen zoals door RIVM gedefinieerd in [Kw04] toegepast op de genoemde Urenco-fabriekshallen.

Tabel D1 : Schatting van radonexhalatie

variabelen (eenheid):	SP2	SP4	SP5	CSB
Area-beton (m <sup>2</sup> )	17700	6000	5.00E+04	3150
Exhalatie-beton (Bq/s per m <sup>2</sup> )	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04
Productie-radon (Bq/s)	8.85	3	25	1.575
Flow door gebouw (m <sup>3</sup> /s)	8.3	15.3	9.590	24.5
Deelflow door UNL-filter (m <sup>3</sup> /week)	8000	8000	5800	14800
Deelflow door UNL filter (m <sup>3</sup> /s)	0.0132	0.0132	0.0096	0.0245
Deelflow door geponst filter (m <sup>3</sup> /week)	480	480	350	530
Deelflow door geponst filter (m <sup>3</sup> /s)	0.0008	0.0008	0.00058	0.0009
Volume van gebouw (m <sup>3</sup> )	7.73E+04	4.46E+05	5.00E+05	64512
Ventilatievoud (s-1)	1.08E-04	3.43E-05	1.92E-05	3.79E-04
Lambda radon (1/s)	2.10E-06	2.10E-06	2.10E-06	2.10E-06
lambda 210Pb (1/s)	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09	1.00E-09
lambda 210Po (1/s)	5.80E-08	5.80E-08	5.80E-08	5.80E-08
Act Rn (Bq/m <sup>3</sup> )	4.1	3.2	5.6	3.1
Act Rn-buiten (Bq/m <sup>3</sup> )	3.0	3.0	3.0	3.0
C_d Conc radonochters (N/m <sup>3</sup> )	3.77E+04	9.32E+04	2.92E+05	8.08E+03
Act (210Pb) [Bq/UNL-filter,week]	0.30	0.75	1.70	0.12
RIVM-filter (mBq/week)	18.1	44.7	102.3	4.3
RIVM-filter (berekend mBq/m <sup>3</sup> )	0.04	0.09	0.29	0.008
RIVM-filter (gemeten mBq/m <sup>3</sup> )	0,02 - 0,09	0,04 - 0,3	< 0,02	< 0,02 - 0,7

\* Gegevens voor SP5 aangeleverd door F. Tuenter [Ur11]

- Flow door gebouw = 54000 m<sup>3</sup>/h per hal
- SP5 filter 1 betreft 4 hallen
- Betonoppervlak SP5 is ~2000 m<sup>2</sup> / hal
- Deelflow door UNL-filter van SP5: volgens opgave Urenco bij de filters die RIVM analyseert varieert het weekvolume van 5700 tot 7200 m<sup>3</sup>. Een weekvolume van 5800 m<sup>3</sup> is in de schatting opgenomen.



Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)