



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

**Contra-expertise op bepalingen van
radioactiviteit van afvalwater en
ventilatielucht van Urenco Nederland BV**
Periode 2014

RIVM Briefrapport 2016-0041
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 BV**
Periode 2014

RIVM Briefrapport 2016-0041
P.J.M. Kwakman | R.M.W. Overwater

Colofon

© RIVM 2016

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

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

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

Dit onderzoek werd in 2014 verricht in opdracht van Inspectie Leefomgeving en transport, in het kader van project 300002/01/SM, Site Monitoring Straling

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

Publiekssamenvatting

Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van Urenco Nederland B.V.

Periode 2014.

Het RIVM controleert acht keer per jaar de metingen die de verrijkingfabriek Urenco Nederland BV verricht in lozingen van radioactiviteit in afvalwater en ventilatielucht. Deze 'contra-expertise' dient als controle op de betrouwbaarheid van de analyses die Urenco zelf uitvoert. De te analyseren monsters worden verspreid over het jaar door Urenco genomen. Doorgaans komen de afvalwateranalyses overeen met de resultaten van Urenco.

Uit de metingen blijkt dat er in het afvalwater een lage totaal alfa- en totaal bèta-activiteit aanwezig is. De totaal alfa- en totaal bèta-resultaten in afvalwater komen in 2014 goed overeen.

De radioactiviteit in ventilatielucht ligt zeer dicht bij het niveau van de hoeveelheid radon die van nature in de buitenlucht aanwezig is. Voor totaal alfa is een activiteitsconcentratie van $0,006 - 0,096 \text{ mBq.m}^{-3}$ gevonden en voor totaal bèta $0,02 - 0,51 \text{ mBq.m}^{-3}$. De overeenstemming met de meetwaarden van Urenco in ventilatielucht was matig.

Gelet op de natuurlijke totaal bèta-activiteit die veroorzaakt wordt door radon-dochters en de verhouding tussen de totaal alfa- en totaal bèta-activiteit in buitenlucht, is het aannemelijk dat er in 2014 geen vrijzetting van uraan in ventilatielucht heeft plaatsgevonden.

RIVM heeft de contra-expertises in 2014 uitgevoerd in opdracht van de Kernfysische Dienst van de Inspectie voor de Leefomgeving en Transport (ILT), van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM). De KFD is per 1 januari 2015 overgegaan in de organisatie van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS).

Kernwoorden: Urenco, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatielucht

Synopsis

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

Period 2014

Within the framework of a monitoring programme, 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, Urenco waste water contains low levels of gross alpha and gross beta activity.

RIVM determined the gross alpha and gross beta activity in eight waste water samples and 40 samples of ventilation air. The samples were taken by Urenco at time points dispersed throughout 2014.

The two different sets of measurements of gross alpha and gross beta in waste water are generally in agreement, as is also the case in 2014. Radioactivity levels in the ventilation air are very close to those levels expected due to the natural presence of radon in the outside atmosphere. For gross alpha $0.006 - 0.096 \text{ mBq.m}^{-3}$ was found and for gross beta $0.02 - 0.51 \text{ mBq.m}^{-3}$. The agreement with the measurement results of Urenco was rather poor.

Considering the natural gross-beta activity, and the ratio gross alpha / gross beta due to natural radon daughters in outside air it is unlikely that a release of uranium occurred in 2014. This procedure provides the RIVM with a method for determining the release of artificial alpha emitters into the environment.

RIVM carried out this counter-expertise on behalf of the Department of Nuclear Safety, Security and Safeguards of the Dutch Ministry of Infrastructure and Environment. Starting from the 1st of January 2015, the KFD is reorganized into the Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection (ANVS).

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

Inhoudsopgave

Samenvatting – 9

1 Inleiding – 11

2 Monsters en analyse – 13

3 Analysemethoden – 15

3.1 Tweevoudbepalingen – 15

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

3.3 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater – 16

3.4 Bepaling van de totaal alfa en bèta activiteitsconcentratie in ventilatielucht – 16

3.5 Bepaling van het gehalte aan gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht – 17

3.6 Foutenberekening – 17

3.7 Kwaliteitsborging – 18

3.8 Presentatie van resultaten en vergelijking – 18

4 Resultaten en discussie – 21

4.1 Meetresultaten – 21

4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie – 21

4.3 Afvalwater – 21

4.4 Ventilatielucht – 23

4.5 Radonexhalatie van de betonnen verrijkingshallen – 23

4.5.1 Toelichting – 24

4.5.2 Schatting van totaal bèta als gevolg van radon in ventilatielucht – 24

4.5.3 Vaststelling van ondergrens voor totaal-bèta – 25

4.5.4 Alfa/beta verhouding als criterium voor niet-natuurlijke activiteit – 25

4.6 Algemeen oordeel over de contra expertise resultaten – 26

Bijlage A: Vergelijking meetresultaten in 2014 – 27

Bijlage B: Urenco analyse van afvalwatermonsters voor lozing op het riool – 29

Bijlage C: Analyse gegevens van Urenco – 39

Bijlage D: Schatting van radon exhalatie van Urenco fabriekshallen; situatie in 2014 – 40

Referenties – 41

Samenvatting

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM heeft in 2014 in opdracht van de Kernfysische Dienst van de Inspectie Leefomgeving en Transport radioactiviteits-metingen uitgevoerd van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Dit rapport gaat over de periode januari – december 2014. De KFD is per 1 januari 2015 overgegaan in de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS).

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

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

Uit de metingen blijkt dat er in het afvalwater doorgaans een lage totaal alfa- en totaal bèta-activiteit aanwezig is. De totaal alfa- en totaal bèta-resultaten in afvalwater komen in 2014 goed overeen.

De radioactiviteit in ventilatielucht ligt zeer dicht bij het niveau van de hoeveelheid radon dat van nature in de buitenlucht aanwezig is. Voor totaal alfa is een activiteitsconcentratie van $0,006 - 0,096 \text{ mBq.m}^{-3}$ gevonden en voor totaal bèta $0,02 - 0,51 \text{ mBq.m}^{-3}$. De overeenstemming met de meetwaarden van Urenco in ventilatielucht was matig. In praktijk wordt de vergelijking bemoeilijkt door het feit dat de activiteitsconcentraties in de buurt liggen van de natuurlijke achtergrond.

Gelet op de natuurlijke totaal bèta-activiteit die veroorzaakt wordt door radon-dochters en de verhouding tussen de totaal alfa- en totaal bèta-activiteit, is het aannemelijk dat er in 2014 geen vrijzetting van uraan in ventilatielucht heeft plaatsgevonden.

1 Inleiding

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM voert in opdracht van de Kernfysische Dienst van de Inspectie Leefomgeving en Transport 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 2014.

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

Het 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 aerosolfilters. Deze zijn beschikbaar voor het RIVM nadat de metingen door Urenco verricht zijn. Tabel 1 bevat een overzicht van het, vooraf met de KFD afgesproken, aantal monsters en de te verrichten analyses [1]. In Tabel 2 staan gegevens van de opgehaalde afvalwatermonsters.

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

Monsters	Aantal	Soort monster	Analyses (Q*)
Afvalwater	8	Batchmonster	Q: Totaal alfa**, totaal- bèta**, gammastralers*
Ventilatie- lucht	40	Aerosolfilters acht maal van vijf lozingspunten	Q: Totaal alfa**, totaal- bèta**, indien totaal bèta op filter > 0,5 Bq dan ook bepaling gamma-emitters**

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

* Analyse in enkelvoud

** Analyse in tweevoud

Het RIVM heeft Urenco zesmaal bezocht voor het ophalen voor de monsters uit 2014. Van SP5 wordt zowel een filter beschikbaar gesteld van hal 1-4 (monstername punt 1MA5), als van hal 5-8 (2MA5). In 2011 is RCC (Recycling Centre) in gebruik genomen. In dit gebouw worden uit bedrijf genomen en inwendig gecontamineerde installatiedelen gereinigd.

De vijf monsternamepunten in 2014 zijn SP4, SP5 (1MA5 en 2MA5), CSB (Central Services Building) en RCC.

Tabel 2 : Monstergegevens afvalwater; de ophaaldata in 2014 voor de ventilatieluchtfilters zijn gelijk aan de ophaaldata van afvalwater

Nr	Datum afvalwatermonster*	Ophaaldatum	Datum alfa/beta	Datum γ -spectrometrie	Fabriek
1	22 jan	05 feb	24 mrt	06 feb	CSB
2	31 jan	12 mrt	24 mrt	13 mrt	CSB
3	04 apr	07 mei	30 jul	22 mei	CSB
4	09 apr	07 mei	30 jul	02 jun	SP5
5	07 aug	03 sep	15 dec	08 sep	CSB
6	18 aug	03 sep	15 dec	09 sep	SP5
7	18 sep	22 okt	15 dec	27 okt	CSB
8	31 okt	03 dec	15 dec	09 dec	RCC

* dit is de datum op de monsterfles. De datum die Urenco rapporteert is de lozingsdatum en die 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 2014, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Deze methoden zijn gelijk aan de door Urenco toegepaste methoden in het voorafgaande jaar [2].

In opdracht van Inspectie Leefomgeving en Transport KFD worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503 [3] en KTA-1504 [4]) voor de uitvoering van de analyses aangehouden. Dit betreft bijvoorbeeld de samenstelling van de nuclidenbibliotheek en de detectiegrenzen die gehaald moeten kunnen worden.

Indien mogelijk hanteert RIVM/VLH de Nederlandse NEN-normen. Voor gamma-spectrometrie wordt gewerkt conform NEN 5623 [5]; voor gasdoorstroomtelling van filters wordt gewerkt conform NEN 5636 [7]. Waar er geen Nederlandse norm voorhanden is heeft RIVM/VLH een methode als een eigen methode gevalideerd. Hierbij wordt zoveel mogelijk volgens internationaal aanvaarde standaarden gewerkt. Dit geldt voor totaal alfa en totaal bèta in afvalwater (ISO 10704 [6]).

3.1 Tweevoudbepalingen

VLH voert sommige analyses in tweevoud uit. Wanneer het verschil tussen de twee meetwaarden van een tweevoudbepaling groter is dan $4s$ (waarbij s de totale fout van de grootste van de twee meetwaarden is) wordt een tweevoudbepaling afgekeurd. In zo'n geval volgt een aanvullende controle, bijvoorbeeld een controle van de berekeningen, een herhaling van een meting of een nieuwe analyse met achtergehouden monstermateriaal. Het laatste gebeurt indien mogelijk bij afkeuring van een analyse op ^{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- 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 °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 natuurlijk uraan.

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-005; Handboek Gasdoorstroomtelling.

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 in een teldoos gemengd met behangplaksel en geschud tot een homogene stijve massa verkregen is. Dit 'geleren' dient ter voorkoming van het uitzakken van de radioactieve componenten bij gammaspectrometrische analyses met lange telltijden. 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 8192 kanalen. De meettijd is 1000 minuten. Het spectrum wordt geanalyseerd met behulp van het analyseprogramma Genie2000 aan de hand van een nuclidenbibliotheek. In 0 (Tabel A2) zijn de in de nuclidenbibliotheek opgenomen nucliden gegeven. In de gammabibliotheek zijn nucliden uit de uranium- en thoriumreeksen opgenomen, met daaraan toegevoegd de nucliden ^7Be , ^{40}K , ^{60}Co en ^{137}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. Het RIVM corrigeert voor radioactief verval door de activiteitsconcentratie van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar de dag van bemonstering. Indien door het RIVM geen enkele gammastraler wordt aangetoond, wordt slechts de detectielimiet voor ^{234}Th gegeven.

Formeel vereist KTA 1504⁴ dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor ^{60}Co kleiner is dan 1 kBq m^{-3} . Bij het meten van afvalwater van Urenco is er echter voor gekozen om de detectiegrens te geven van ^{234}Th , de snel ingroeiende dochter van ^{238}U .

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.

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

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 ($< 0,5 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$) is voorzien, wordt hiervan de alfa- en bèta-telsnelheid gemeten. In afwijking van de NEN-norm inzake de analyse van luchtstoffilters wordt voor de bepaling van de totaal alfa en de totaal bèta activiteitsconcentratie natuurlijk uraan als referentienuclide toegepast [7]. 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.

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-005; Handboek Gasdoorstroomtelling.

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

Het 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 aerosolfilters. Deze zijn beschikbaar voor het RIVM nadat de metingen door Urenco verricht zijn. Tabel 1 bevat een overzicht van het vooraf afgesproken aantal monsters en de te verrichten analyses [1]. In Tabel 2 staan gegevens van de opgehaalde afvalwatermonsters.

3.6 **Foutenberekening**

De door RIVM opgegeven fout is het 1σ -schattinginterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047 [8] (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en NEN 3114 [9] (Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities). Indien de analyse in tweevoud is uitgevoerd wordt het gemiddelde en de fout daarin gerapporteerd. Bij het schatten van de totale fout worden telfouten, kalibratiefouten en experimentele fouten meegenomen. Onder experimentele fouten vallen bijvoorbeeld fouten in wegingen en volumebepalingen.

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

Een correctie voor de achtergrond is in alle gevallen meegenomen in de activiteitsberekening en in de foutenberekening.

- *Bepaling van de totaal alfa en bèta activiteitsconcentratie in afvalwater*
Hier wordt per analyse gebruikgemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een standaard, ieder met de eigen tel- en experimentele fouten. De totale fout in de totaal alfa-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%.

- *Gammaspectrometrie*
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 Centrum Veiligheid van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM/VLH) is voor een aantal verrichtingen geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie volgens NEN-EN-ISO-17025 (registratienummer L153). Deze verrichtingen hebben betrekking op metingen die worden uitgevoerd in het kader van het toezicht op nucleaire installaties (ILT-KFD) en zijn gemarkeerd met een 'Q'. Zie tabel 1 in Hoofdstuk 2.

In het kader van de bewaking van de kwaliteit van de gebruikte analyse- en meetmethoden neemt RIVM/VLH jaarlijks deel aan het ringonderzoek 'Abwasser', georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [10]. Voor ventilatieluchtmonsters wordt indien mogelijk deelgenomen aan relevante ringonderzoeken.

3.8 Presentatie van resultaten en vergelijking

Voor de vergelijking worden de door Urenco bepaalde activiteitsconcentraties afgerond overgenomen uit de opgaven van Urenco [11].

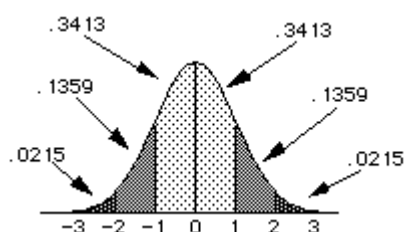
De overeenkomst tussen de meetresultaten van RIVM en die van de onderzochte nucleaire installatie (NI) wordt ingedeeld in één van de categorieën A1, A2, B, of C, die gekoppeld zijn aan een waarschijnlijkheid. Vergelijking vindt alleen plaats als zowel RIVM als het onderzochte bedrijf een activiteit hebben 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 1047⁸). De fout in dit verschil is: $s_{\Delta} = \sqrt{(s_{NI}^2 + s_{RIVM}^2)}$. Indien de NI geen opgave doet van de onzekerheid in het analyseresultaat, wordt verondersteld dat de fout in de meetwaarde van de NI, s_{NI} , gelijk is aan de fout in de meetwaarde van RIVM, s_{RIVM} .

Het is hierbij in het bijzonder van belang, dat alle partijen (RIVM en NI's) een gedegen foutenberekening uitvoeren. In het ideale geval, bij een voldoende groot aantal metingen van hetzelfde monster, ligt het gemiddelde ten opzichte van de toevallige variaties zeer dicht bij de 'ware waarde' en komt de standaarddeviatie van de meetwaarden overeen met de opgegeven fouten.

Als de spreiding benaderd kan worden met de normale verdeling (zie figuur), dan kunnen de volgende frequenties of waarschijnlijkheden van voorkomen van de categorieën verwacht worden:

A1:	$ \Delta \leq s\Delta$	$\sim 68\%$, ofwel circa 2 uit 3
A2:	$s\Delta < \Delta \leq 2 s\Delta$	$\sim 27\%$, ofwel circa 1 uit 4
B:	$2s\Delta < \Delta \leq 3 s\Delta$	$\sim 4,3\%$, ofwel circa 1 uit 20
C:	$3s\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.

De door Urenco bepaalde activiteitsconcentraties worden overgenomen uit de kwartaalrapportages van Urenco [11] en zijn in deze rapportageperiode afgerond met de regels zoals die door RIVM wordt gehanteerd (volgens NEN 1047 [8]).

4 Resultaten en discussie

4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door het RIVM en Urenco zijn te vinden in Hoofdstuk 0. In de tabellen staan tevens de meetonzekerheden (fouten) in de meetwaarden van het 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 en discussie

Het resultaat van de vergelijking (indien van toepassing) zoals beschreven in paragraaf 3.8 is in de tabellen van 0 vermeld onder de kop 'V'. De vergelijking van de resultaten van Urenco met die van het RIVM is samengevat in Tabel 3 en Tabel 4. 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.

4.3 Afvalwater

De vergelijking van de totaal alfa, totaal bèta en gammaspectrometrie resultaten in afvalwater is gegeven in Tabel 3. Op basis van het betrekkelijk gering aantal vergelijkingsparen, namelijk veertien, worden er alleen maar vergelijkingsresultaten van de categorie A1 en A2 verwacht.

In de monsters 4, 6 en 8 zijn de totaal-alfa en bèta activiteitsconcentraties erg laag : 0,15 – 1,9 kBq.m⁻³ voor totaal-alfa en 0,4 – 2,4 kBq.m⁻³ voor totaal-bèta. De gamma-activiteit ligt in deze monsters onder de detectiegrens of er vlak boven (monster 2 en 7 van RIVM).

Opvallend zijn de monsters van periode 1, 2, 3, 5 en 7. In deze monsters is zowel de totaal-alfa en beta activiteit een stuk hoger dan de gebruikelijke 1-2 kBq.m⁻³ in de monsters van het voorgaande jaar².

Daarbij wordt er door RIVM in monster 2 en 7, en door Urenco in 1-3, 5 en 7 een geringe gamma-activiteit aangetroffen. In al deze vergelijkingsparen wordt een A1 of een A2 gerapporteerd, en een C voor totaal-alfa in RCC afvalwater.

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

Nr.	Plant	totaal-α	totaal-β	γ-stralers
1	CSB	A1	A1	
2	CSB	A1	A2	A1
3	CSB	A2	A1	
4	SP5			
5	CSB	A2	A2	
6	SP5			
7	CSB	A2	A1	A2
8	RCC	C	A2	

Correctie voor verval van totaal-beta activiteit tussen monsternamen en detectie

De vergelijkingsresultaten in de totaal bèta data worden in geringe mate beïnvloed door de monsters 5 en 8, waarin van een klein bèta overschot sprake is. Dit bèta overschot wordt veroorzaakt door de kortlevende dochters van ^{238}U : ^{234}Th ($T_{1/2} = 24,1$ d) en $^{234\text{m}}\text{Pa}$ ($T_{1/2} = 1,1$ min). Het overschot verval in de tijd tussen monsternamen en meting bij benadering naar de totaal alfa waarde. Anderzijds kan er bij een alfa-overschot sprake zijn van een ingroei van ^{234}Th naar de alfa-activiteit. Bij het uitvoeren van een ^{234}Th -vervalcorrectie is van de veronderstelling uitgegaan dat bij radiologisch evenwicht de totaal alfa en totaal bèta activiteit (ongeveer) 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 altijd een 'perfecte' overeenkomst, een A1, te verwachten.

In Tabel 4 zijn de ^{234}Th correcties in alle monsters weergegeven. Hierbij is aangenomen dat Urenco de meting uit heeft gevoerd op de dag van monsternamen. De correcties zijn uitgevoerd uitgaande van :

- het aantal dagen verschil tussen de monsterdatum van Urenco en de meetdatum van het RIVM
- het verschil in totaal alfa en totaal bèta activiteit in de Urenco-data
- de halfwaardetijd van ^{234}Th (24,1 dagen).

Tabel 4 : Overeenkomst van meetresultaten (kBq.m^{-3}) activiteitsconcentraties totaal bèta in afvalwater na correctie voor ingroei of verval van ^{234}Th

Nr.	totaal- β ongecorrigeerd			totaal- β met verval Th-234	
	RIVM	V	Urenco	Urenco	V
1	$5,5 \pm 0,3$	A1	$4,9 \pm 1,1$	$5,1 \pm 1,1$	A1
2	$9,3 \pm 0,5$	A2	$7,8 \pm 1,2$	$9,0 \pm 1,4$	A1
3	$4,6 \pm 0,3$	A1	$4,4 \pm 1,0$	$5,0 \pm 1,1$	A1
4	$< 0,4$		$< 1,2$	$<$	
5	$11,8 \pm 0,7$	A2	$14,1 \pm 1,5$	$7,9 \pm 0,8$	C
6	$0,37 \pm 0,06$		$< 1,3$	$<$	
7	$11,5 \pm 0,6$	A1	$11,7 \pm 1,5$	16 ± 2	B
8	$1,00 \pm 0,11$	A2	$2,4 \pm 1,0$	$2,0 \pm 0,8$	A2

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

Net als vorig jaar doet het corrigeren voor verval of ingroei van ^{234}Th de overeenkomst tussen de waarde van Urenco en het RIVM in twee gevallen verslechteren: van A2 naar C in monster 5, en van A1 naar B in monster 7. In monster 2 verbetert een A2 naar A1. De gammaspectrometrische resultaten vertoonden geen beta/-gammastralering in de monsters, zoals bijvoorbeeld ^{40}K of ^{137}Cs . De enige aannemelijk reden zou kunnen zijn dat de afwijkende alfa/beta verhouding veroorzaakt wordt door verarmd of verrijkt uraan; de evenwichtssituatie is dan niet de verwachte gelijke activiteit voor totaal-alfa en totaal-bèta.

De gamma-activiteit wordt door Urenco bepaald met gammaspectrometrie met een Germanium detector; dit is beschreven in de tekst in Bijlage B. Urenco rapporteert in vijf monsters (nr 1-3, 5 en 7) een gamma-activiteit, RIVM in twee (nr 2 en 7). RIVM rapporteert de activiteit van ^{234}Th , de kortlevende dochter van ^{238}U , die redelijkerwijs verondersteld wordt in radiochemisch evenwicht te zijn met ^{238}U .

4.4 Ventilatielucht

Tabel 5 bevat een samenvatting van de vergelijkingsresultaten van de totaal alfa en totaal bèta bepalingen in ventilatieluchtmonsters. Er konden 22 vergelijkingen worden gemaakt: 2-maal A1, 6-maal A2, 6-maal B en 8-maal C.

Tabel 5 : Overeenkomst van meetresultaten activiteitsconcentraties totaal alfa en totaal bèta in ventilatielucht

Periode in 2014	SP4		SP5-1MA5		SP5-2MA5		CSB		RCC		som
	alfa	bèta	alfa	bèta	alfa	bèta	alfa	bèta	alfa	bèta	
05 jan - 12 jan							B				
09 feb - 16 feb		A2									
23 mrt - 30 mrt		C					A2	A1			
30 mrt - 06 apr	B	B					B	B			
27 jul - 03 aug	C	C					A2	A2			
03 aug - 10 aug	C	A2					A1	B			
07 sep - 14 sep	C	C					C	C			
19 okt - 26 okt		A2									
ΣA1							1	1			2
ΣA2		3					2	1			6
ΣB	1	1					2	2			6
ΣC	3	3					1	1			8
Totaal	4	7					6	5			22

De totaal alfa meetresultaten benaderen de meetverwachting matig: drie-maal A1+A2 en zeven-maal B+C. De totaal bèta resultaten laten met vijf-maal A1+A2 en zeven-maal B+C eveneens een matige vergelijking zien. In praktijk wordt de vergelijking bemoeilijkt door het feit dat de activiteitsconcentraties in de buurt liggen van de natuurlijke achtergrond. Zie ook paragraaf 4.5 bij de 'radon-exhalatie van de betonnen verrijkingshallen'.

Volgens afspraak met de KFD onderwerpt het 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 2014 is het geen enkele maal voorgekomen dat deze grenzen zijn overschreden; zie tabel A3.

4.5 Radonexhalatie van de betonnen verrijkingshallen

RIVM heeft aannemelijk gemaakt dat de totaal alfa en totaal bèta activiteit op de ventilatieluchtfilters van CSB hoogstwaarschijnlijk te wijten is aan radondochters afkomstig van radon in de buitenlucht¹². 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 radonniveau, en niet de detectiegrens van de apparatuur, beïnvloedt in grote mate de bepaalbaarheidsgrens voor totaal alfa en totaal bèta afkomstig van uraan. Deze zogenaamde radonruis kan omgerekend

worden naar een realistische ondergrens voor de bepaling van totaal alfa en totaal bèta op de ventilatieluchtfilters.

4.5.1 Toelichting

Radon vervalt via een aantal kortlevende dochternucliden naar ^{210}Pb (+ dochter ^{210}Bi). Dit nuclide is een bèta/gammastraler en vervalt naar de (relatief langzaam) ingroeiende alfastraler ^{210}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. Kenmerk van een $^{210}\text{Pb} / ^{210}\text{Po}$ depositie op een filter is dat de totaal-alfa activiteit altijd een stuk lager is dan de totaal-bèta activiteit.

4.5.2 Schatting van totaal bèta als gevolg van radon in ventilatielucht

Met de aannames die gemaakt zijn in het bovengenoemde rapport [12] is voor SP4, SP5 en CSB een schatting gemaakt van de radonexhalatie uit betonnen oppervlakken. Dit leidt tot de productie van de bètastralers $^{210}\text{Pb} + ^{210}\text{Bi}$. De daaruit volgende ^{210}Po -alfa activiteit is na 30 dagen voor 14% ingegroeid ; dit houdt in dat de tijd tussen meting door Urenco en het RIVM van groot belang is voor de vergelijking van totaal alfa. Deze tijd kan in praktijk variëren tussen 10 en soms meer dan 80 dagen. Hierdoor heeft het vergelijken van totaal alfa data van Urenco en RIVM weinig zin indien de ingroei van ^{210}Po van dezelfde orde van grootte is als de 'normale' totaal alfa activiteit. In de onderstaande tabel worden de geschatte totaal bèta waarden vergeleken met daadwerkelijk aangetroffen totaal bèta waarden in 2014; de totaal alfa data zijn om de bovengenoemde reden buiten de tabel gehouden.

Tabel 6: Totaal bèta als gevolg van radon en reëel gemeten waarden ($\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$)

Data	Totaal bèta gemeten (RIVM)	Totaal bèta gemeten (Urenco)	Totaal bèta (berekend uit radon)	Ondergrens (berekend uit radon)
Plant				
SP4	0,08 – 0,51	0,07 – 0,5	0,09	0,18
SP5	< 0,1	< 0,3	0,016	0,03
CSB	0,04 – 0,15	< 0,03- 0,2	0,01	0,02 (0,06)
RCC	< 0,02 – 0,03	< 0,04		
Buitenlucht – Bilthoven 2013*		0,15 – 0,92 $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$		

* De waarde voor totaal bèta in luchtstof bemonsterd te Bilthoven is bepaald met de High Volume Sampler. Per week wordt circa 125.000 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 betonoppervlak, in de radon exhalatie uit beton en schattingen van de flow door het betreffende gebouw. Ook de natuurlijke variatie van radon in de buitenlucht speelt een rol. Hierbij is van belang dat alle lucht van RCC en SP5 (1 en 2) wordt gefilterd voordat deze wordt geloosd en bemonsterd. Hierdoor is er voor RCC en SP5 geen invloed van radon buitenlucht en bij CSB en SP4 wel. In SP4 en CSB wordt een groot deel ongefilterd geloosd waardoor radondochters niet zijn weg gefilterd.

Een totale onzekerheid in de totaal bèta activiteit 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. Deze spreiding kan volgens het Basisdocument Radon [13] variëren tussen 0,5 en 1 mBq.m⁻².s⁻¹.

4.5.3 *Vaststelling van ondergrens voor totaal-bèta*

Met de data uit Tabel 6 en een ruime marge van een factor 2 is een ondergrens voor totaal bèta eenvoudig berekend. Onder deze grens heeft het uitvoeren van contra expertise geen nut omdat er feitelijk radonochters met elkaar worden vergeleken. Voor CSB valt de berekende ondergrens van 0,02 mBq.m⁻³ vrijwel op de detectiegrens. Het is echter niet doenlijk om elke waarde boven de detectiegrens als een 'echte' waarde voor totaal bèta te beschouwen. Vandaar dat er is gekozen voor een totaal bèta ondergrens voor CSB van minimaal een factor 3 boven de detectiegrens: 0,06 mBq.m⁻³.

4.5.4 *Alfa/beta verhouding als criterium voor niet-natuurlijke activiteit*

Op basis van de hierboven beschreven totaal bèta activiteit kan alleen aannemelijk gemaakt worden dat een deel van de ventilatieluchtlozing afkomstig is van natuurlijke activiteit. Er zijn echter gevallen denkbaar dat er sprake is van een (geringe) uraan vrijzetting. Hieronder wordt dit nader toegelicht.

- Indien radonochters op de schoorsteenfilters terechtkomen dan is radiochemisch evenwicht voor de beta-stralers Pb-210 en Bi-210 snel bereikt, maar voor Po-210 is er pas na 138 dagen een ingroei van 50 % bereikt. De natuurlijke totaal bèta activiteit zal doorgaans factoren (5-10) groter zijn dan de totaal-alfa activiteit.
- Een vrijzetting van uraan zou tot een verhoging van de totaal-alfa en totaal-beta activiteit leiden die direct na de bemonstering ongeveer van vergelijkbare grootte is. De verhouding is afhankelijk van de verrijkingsgraad. Bij verrijkt uranium is de totaal-alfa activiteit groter dan de totaal-bèta activiteit.
- Het is dus niet zozeer de absolute totaal-beta activiteitsconcentratie reden om een Uraan-vrijzetting te vermoeden, maar de verhouding alfa/beta ! Indien totaal alfa én totaal bèta beide dus verhoogd zijn en ongeveer gelijk aan elkaar bestaat er een vermoeden van een U-vrijzetting.

Toepassing op ventilatieluchtdata 2014

Bij CSB zijn er in monster 4 - 7 lichte verhogingen van de totaal-beta activiteit boven de 0,06 mBq.m⁻³ waarneembaar. Hierbij is geen verhoogde totaal alfa activiteit te zien. Het is dan ook niet aannemelijk dat er sprake is van een U-vrijzetting.

Bij SP4 zijn er in monster 4 -7 lichte verhogingen van de totaal-beta activiteit boven de 0,18 mBq.m⁻³ waarneembaar. Hierbij is echter een slechts zeer licht verhoogde totaal alfa activiteit te zien, telkens in de range van 13-18 % van de totaal-beta activiteit. Dit is in overeenstemming met de verhouding in lucht tussen ²¹⁰Pb en ²¹⁰Po. Ook bij SP4 is het niet aannemelijk dat er sprake is van een U-vrijzetting.

Bij SP5 en RCC is er in geen enkel geval sprake van een verhoogde alfa of beta activiteitsconcentratie.

4.6 Algemeen oordeel over de contra expertise resultaten

De trend van deze contra expertise is dat de activiteitsconcentraties in afvalwater in vijf van de acht monsters hoger is dan gebruikelijk; 5 – 14 kBq.m⁻³ voor totaal-alfa en 4,6 – 12 kBq.m⁻³ voor totaal-bèta. In de overige drie monsters was er sprake van een zeer lage totaal-alfa, -bèta activiteit en gamma-activiteit. De overeenstemming in de RIVM en Urenco resultaten was goed.

De vergelijking van de totaal bèta resultaten in afvalwater is na correctie voor ingroei of verval minder verbeterd dan voorgaande jaren. De oorzaak zou kunnen liggen in een ²³⁵U / ²³⁸U verhouding die afwijkt van de natuurlijke verhouding. Dit is gebruikelijk in een uraniumverrijkingsfabriek.

Schattingen tonen aan dat radon exhalatie uit de betonnen oppervlakken van de fabriekshallen een aanzienlijk deel van de totaal bèta-activiteit op ventilatieluchtfilters veroorzaakt. Naast de totaal bèta activiteit wordt ook de verhouding totaal bèta / totaal alfa meegenomen in de beoordeling van de ventilatieluchresultaten. Na toepassing van beide criteria is het niet aannemelijk dat er een U-vrijzetting plaatsgevonden zou kunnen hebben.

Bijlage A: Vergelijking meetresultaten in 2014

Tabel A1 : Vergelijking activiteitsconcentraties totaal alfa, totaal bèta en gammastralers in afvalwater ($\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$)

Activiteitsconcentratie (kBq/m^3)			totaal- α			totaal- β			γ -stralers		
Nr.	Datum	Plant	RIVM	V	Urenco	RIVM	V	Urenco	RIVM	V	Urenco
1	22 jan	CSB	$5,3 \pm 0,4$	A1	$5,1 \pm 0,5$	$5,5 \pm 0,3$	A1	$4,9 \pm 1,1$	< 7		$3,0 \pm 1,3$
2	31 jan	CSB	$10,1 \pm 0,8$	A1	$9,4 \pm 0,8$	$9,3 \pm 0,5$	A2	$7,8 \pm 1,2$	$7,2 \pm 1,8$	A1	9 ± 4
3	04 apr	CSB	$5,8 \pm 0,5$	A2	$5,0 \pm 0,5$	$4,6 \pm 0,3$	A1	$4,4 \pm 1,0$	< 5		$3,8 \pm 1,7$
4	09 apr	SP5	< 0,15		< 0,3	< 0,4		< 1,2	< 3		< 3
5	07 aug	CSB	$9,8 \pm 0,8$	A2	$7,8 \pm 0,7$	$11,8 \pm 0,7$	A2	$14,1 \pm 1,5$	< 11		$2,9 \pm 1,4$
6	18 aug	SP5	$0,21 \pm 0,04$		< 0,3	$0,37 \pm 0,06$		< 1,3	< 5		< 1,8
7	18 sep	CSB	$14,5 \pm 1,2$	A2	$16,5 \pm 1,4$	$11,5 \pm 0,6$	A1	$11,7 \pm 1,5$	$4,0 \pm 1,2$	A2	14 ± 5
8	31 okt	RCC	$0,88 \pm 0,09$	C	$1,9 \pm 0,3$	$1,00 \pm 0,11$	A2	$2,4 \pm 1,0$	< 6		< 1,6

N.b. de detectiegrens gegeven door RIVM betreft ^{234}Th .

De RIVM-detectiegrens voor de volgende gammastralers is : $0,7 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ voor ^{60}Co en ^{137}Cs , en $3 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ voor ^{235}U .

Tabel A2 : Nuclidenbibliotheek gebruikt voor bepaling van gammastralers

^{238}U reeks	^{232}Th reeks	^{235}U reeks	Overige nucliden
^{234}Th	^{228}Ac	^{235}U	^7Be
$^{234\text{m}}\text{Pa}$	^{212}Pb	^{231}Pa	^{40}K
^{226}Ra	^{212}Bi	^{227}Th	^{60}Co
^{214}Pb	^{208}Tl	^{219}Rn	^{137}Cs
^{214}Bi			

Tabel A3 : Meetresultaten activiteitsconcentraties totaal alfa in ventilatielucht
(mBq m⁻³)

Periode in 2014	SP4			SP5-1MA5			SP5-2MA5		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
05 jan - 12 jan	0,015 ± 0,004		< 0,02	< 0,03		< 0,08	< 0,04		< 0,09
09 feb - 16 feb	0,014 ± 0,002		< 0,02	< 0,04		< 0,07	< 0,03		< 0,07
23 mrt - 30 mrt	0,020 ± 0,004		< 0,016	< 0,03		< 0,06	< 0,03		< 0,06
30 mrt - 06 apr	0,075 ± 0,006	B	0,054	< 0,03		< 0,07	0,036 ± 0,006		< 0,07
27 jul - 03 aug	0,044 ± 0,004	C	0,028	< 0,03		< 0,06	< 0,04		< 0,07
03 aug - 10 aug	0,029 ± 0,003	C	0,0168	< 0,03		< 0,06	< 0,04		< 0,08
07 sep - 14 sep	0,096 ± 0,011	C	0,057	< 0,03		< 0,06	< 0,04		< 0,07
19 okt - 26 okt	0,015 ± 0,003		< 0,013	< 0,03		< 0,07	< 0,03		< 0,07

Periode in 2014	CSB			RCC		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
05 jan - 12 jan	0,034 ± 0,003	B	0,047	< 0,006		< 0,011
09 feb - 16 feb	0,0059 ± 0,0008		< 0,007	< 0,006		< 0,010
23 mrt - 30 mrt	0,0133 ± 0,0018	A2	0,0095	0,0061 ± 0,0012		< 0,010
30 mrt - 06 apr	0,028 ± 0,003	B	0,0203	0,0079 ± 0,0018		< 0,010
27 jul - 03 aug	0,0182 ± 0,0019	A2	0,0135	0,0063 ± 0,0012		< 0,009
03 aug - 10 aug	0,0140 ± 0,0017	A1	0,0123	0,0065 ± 0,0012		< 0,010
07 sep - 14 sep	0,018 ± 0,002	C	0,0075	0,0070 ± 0,0012		< 0,009
19 okt - 26 okt	0,0103 ± 0,0015		< 0,007	0,0067 ± 0,0012		< 0,010

Tabel A4 : Vergelijking activiteitsconcentraties totaal bèta in ventilatielucht
(mBq m⁻³)

Periode in 2014	SP4			SP5-1MA5			SP5-2MA5		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
05 jan - 12 jan	0,087 ± 0,012		< 0,08	< 0,11		< 0,3	< 0,12		< 0,3
09 feb - 16 feb	0,075 ± 0,011	A2	0,099	< 0,12		< 0,3	< 0,12		< 0,3
23 mrt - 30 mrt	0,096 ± 0,011	C	0,17	< 0,11		< 0,3	< 0,11		< 0,3
30 mrt - 06 apr	0,40 ± 0,03	B	0,52	< 0,11		< 0,3	< 0,11		< 0,3
27 jul - 03 aug	0,27 ± 0,02	C	0,38	< 0,10		< 0,3	< 0,11		< 0,3
03 aug - 10 aug	0,217 ± 0,017	A2	0,27	< 0,09		< 0,3	< 0,12		< 0,3
07 sep - 14 sep	0,51 ± 0,04	C	0,33	< 0,10		< 0,3	< 0,12		< 0,3
19 okt - 26 okt	0,082 ± 0,009	A2	0,066	< 0,10		< 0,3	< 0,11		< 0,3

Periode in 2014	CSB			RCC		
	RIVM	V	UNL	RIVM	V	UNL
05 jan - 12 jan	0,052 ± 0,005		< 0,03	< 0,02		< 0,04
09 feb - 16 feb	< 0,014		< 0,03	< 0,02		< 0,04
23 mrt - 30 mrt	0,061 ± 0,006	A1	0,066	< 0,02		< 0,04
30 mrt - 06 apr	0,152 ± 0,011	B	0,205	< 0,02		< 0,04
27 jul - 03 aug	0,113 ± 0,009	A2	0,137	0,025 ± 0,003		< 0,04
03 aug - 10 aug	0,087 ± 0,007	B	0,121	0,022 ± 0,004		< 0,04
07 sep - 14 sep	0,095 ± 0,008	C	0,135	0,023 ± 0,003		< 0,04
19 okt - 26 okt	0,037 ± 0,004		< 0,03	< 0,02		< 0,04

Bijlage B: Urenco analyse van afvalwatermonsters voor lozing op het riool

Uitgave 10, indiener B. Kamp. Ontvangen november 2014.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 10
 Datum: 19-02-2013
 Pagina: 1 van 12

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 13 november 2014

ANALYSE VAN AFVALWATER VOOR LOZING OP HET RIOOL

	Indiener:	Check:	Proceseigenaar:
Naam:	B.Kamp	A.P. Wassink	H.G.M. Meijer
Handtekening:			
Datum tekenen:	25-02-2013	05-03-2013	25-02-2013
Reden wijziging:	Punt 4.2.4.13 en 4.2.7.5 gewijzigd. (WV 13-002)		

1 DOEL

Het vastleggen van alle handelingen die nodig zijn om afvalwatermonsters van afvalwatertanks met als doel lozing op het riool te analyseren op de pH en op aanwezigheid van radionucliden.

2 VERWIJZINGEN

- 2.1 Inleiding tot de stralingshygiëne.-Hoofdstuk 10-
 A.J.J. Bos, F.S. Draaisma, W.J.C. Okx en C.E. Rasmussen.

3 ALGEMENE AANWIJZINGEN

- 3.1 Deze instructie geldt voor monsters afkomstig van afvalwatertanks waarvan het water zal worden geloosd op het riool.
- 3.2 Deze instructie geldt niet voor afvalwatertanks van het TSB.
- 3.3 De 1 liter afvalwatergeometrie gebruikt voor de gamma-analyse is tevens het monster dat ter beschikking wordt gesteld aan het RIVM.

Rol:	Functienaam:
Indien nodig overleg met:	CS-EA/COM
Uitvoering door:	CS-PA
Controle door:	CS-EA/COM

Archivering door	Locatie	Duur	Toegang
CS-PA	LIMS	60 maanden	Alle medewerkers

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
Revisie: 10
Datum: 19-02-2013
Pagina: 2 van 12

UNL
Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 13 november 2014

4 BESCHRIJVING WERKWIJZE

4.1 VOORWAARDEN EN UITGANGSSITUATIE

- 4.1.1 Een gecertificeerde uraniumstandaardoplossing is noodzakelijk voor de analyse van de volumieke alfa- en bèta-activiteit.
- 4.1.2 Gecertificeerde pH buffers voor de controle van de pH meter.
- 4.1.3 Behandel de monsters als zijnde radioactief.
- 4.1.4 De germaniumdetectoren dienen te beschikken over een geldige kalibratiecontrole- en achtergrondmeting voordat de analyse wordt uitgevoerd.
- 4.1.5 Een FHT 8000 in combinatie met een platenwisselaar dient te worden gebruikt voor het bepalen van de volumieke alfa- en bèta-activiteit.

4.2 WERKWIJZE

4.2.1 Bepalen pH

- 4.2.1.1 Controleer de werking van de pH-meter op correct functioneren m.b.v. gecertificeerde buffers.
NB: Indien de pH-meter niet correct functioneert voer een kalibratie uit en controleer wederom de werking van de pH-meter.
- 4.2.1.2 Bepaal de pH van het monster.
NB: De pH dient tussen de 6.5 en 10 te liggen. Indien de pH buiten deze grenswaarden valt ga verder met punt 4.2.1.3 anders met punt 4.2.1.5.
- 4.2.1.3 Bepaal bij een te lage pH hoeveel liter 33% NaOH en bij een te hoge pH hoeveel liter 65% HNO₃ aan de inhoud van de afvalwatertank moet worden toegevoegd om de pH tussen de bij punt 4.2.1.2 genoemde grenswaarden te brengen.
- 4.2.1.4 Geef aan de opdrachtgever het resultaat van punt 4.2.1.3 door.
NB: De opdrachtgever zal na toevoeging van de hoeveelheid NaOH/HNO₃ een nieuw afvalwatermonster aanbieden ter controle van de pH.
- 4.2.1.5 Geef in LIMS de pH van het afvalwatermonster in.

4.2.2 Monstervoorbehandeling

- 4.2.2.1 Voeg aan een 2 liter monster 30 ml 65% HNO₃ toe.
- 4.2.2.2 Homogeniseer het afvalwatermonster.
- 4.2.2.3 Plaats het afvalwatermonster minimaal 16 uur in een stoof bij 60°C.
NB: Dit om de eventuele onopgeloste radionucliden die aanwezig zijn in de vloeistof op te lossen.
- 4.2.2.4 Haal het afvalwatermonster uit de stoof, homogeniseer de oplossing door te schudden, en vul een 1 liter afvalwatergeometrie t.b.v de gamma-analyse.
NB: Deze opdeling dient te worden uitgevoerd direct nadat het monster uit de stoof is gehaald.
- 4.2.2.5 Laat de monsteroplossing op kamertemperatuur komen voordat deze verder in bewerking wordt genomen.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
Revisie: 10
Datum: 19-02-2013
Pagina: 3 van 12

UNL
Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 13 november 2014

4.2.3 **Monstervoorbehandeling t.b.v. volumieke bepaling alfa-, bèta-activiteit**

4.2.3.1 Reinig 9 RVS-afvalwaterplaten met Scotch-Brite en een vloeibaar schuurmiddel.

4.2.3.2 Markeer, na drogen, de afvalwaterplaten met:

- Het unieke LIMS volgnummer op alle platen.
- Blanco op 3 afvalwaterplaten.
- Standaard op 3 afvalwaterplaten.
- Monster op 3 afvalwaterplaten.

Plaats vervolgens alle platen, ook de blanco afvalwaterplaten, in de stoof.

4.2.3.3 Voer in triplo uit:

Neem 100 ml afvalwater. Voeg een druppel zeep toe en homogeniseer. Schenk deze oplossing uit op een monster afvalwaterplaat.

4.2.3.4 Voer in triplo uit:

Neem 100 ml afvalwater. Voeg een druppel zeep en 100 µl gecertificeerde uraniumstandaardoplossing toe en homogeniseer. Schenk deze oplossing uit op een standaard afvalwaterplaat.

4.2.3.5 Laat alle vloeistof verdampen.

NB: De afvalwaterplaten dienen volledig droog te zijn wanneer deze uit de stoof worden gehaald voordat tot analyse wordt overgegaan.

4.2.4 **Uitvoering analyse volumieke alfa- en bèta-activiteit**

4.2.4.1 Voer een Quality Control (QC) analyse uit voor de analyse van de monsters.

4.2.4.2 Selecteer het te analyseren monster.

4.2.4.3 Voer een QC-analyse uit na de analyse van de monsters.

4.2.4.4 Plaats de afvalwaterplaatsen op de platenwisselaar in de volgende volgorde:

1. QC-analyse voor
2. Blanco
3. Monster
4. Monster
5. Monster
6. Blanco
7. Standaard
8. Standaard
9. Standaard
10. Blanco
11. QC-analyse na

De te hanteren tijden zijn:

- Blanco, 300 minuten.
- Monster, 200 minuten.
- Standaard, 10 minuten.
- QC-analyse voor/na, 10 minuten.

4.2.4.5 Controleer of de monsters in de autosampler dezelfde volgorde hebben als in de meetsequence.

4.2.4.6 Start de meting.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 10
 Datum: 19-02-2013
 Pagina: 4 van 12

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 13 november 2014

- 4.2.4.7 Print na analyse de meetdata. De meetresultaten worden weergegeven in counts per minuut.
- 4.2.4.8 Geef het aantal cpm van de QC-analyse in LIMS in en controleer of deze binnen de limieten van de controlekaart (Sheward kaart) vallen. Ga verder met punt 4.2.4.9 nadat de QC-analyses zijn goedgekeurd.
- 4.2.4.9 Bereken met behulp van de software van de alfa/bèta-monitor de alfa- en bèta-activiteit van het afvalwater en geef deze resultaten in Bq/l in, in LIMS met de bijbehorende onzekerheid in %.
- 4.2.4 Bepalen van de volumieke gamma-activiteit**
- 4.2.4.1 Pak het bij punt 4.2.2.4 verkregen monster in huishoudfolie in.
- 4.2.4.2 Plaats de monsterfles in het loodkasteel op het midden van de detector bij detector 1. Bij detector 2 plaats de monsterfles voor, tegen de detector aan.
- 4.2.4.3 Maak een nieuw monster aan in de software (Apex) van de meetopstelling door te klikken op de icoon "Sample".
- 4.2.4.4 Geef bij "Sample ID" in het unieke LIMS volgnummer.
- 4.2.4.5 Geef bij "Description" in het tanknummer.
- 4.2.4.6 Onder "Procedure Selection" klik op "afvalwater" selecteer vervolgens "Afvalwater meting" en klik op "Next".
- 4.2.4.7 Geef 1 in bij "Quantity" met als eenheid liters.
- 4.2.4.8 Klik vervolgens op "Save".
- 4.2.4.9 Start de meting op het "Main" scherm.
NB: De teltijd van de analyse bedraagt standaard 100.000 seconden.
- 4.2.4.10 Na het verlopen van de teltijd wordt het resultaat automatisch berekend en uitgeprint.
- 4.2.4.11 Controleer in het rapport onder "Interference corrected report" of radionucliden die gedefinieerd zijn in de nuclidenbibliotheek (zie bijlage 1) zijn aangetoond.
- 4.2.4.12 Controleer in het rapport onder "Unidentified peaks" of andere dan in de nuclidenbibliotheek opgenomen radionucliden zijn aangetroffen.
- 4.2.4.13 Voer de resultaten in LIMS in. Indien geen radionucliden worden aangetroffen wordt de minimale detectie voor ^{234}Th , zoals overeengekomen met het RIVM, ingevoerd. Indien wel een radionuclide wordt aangetroffen geef dan het resultaat in Bq/l in LIMS in met de in het rapport vermelde fout in %. Deze fout wordt met een betrouwbaarheidscoëfficiënt van $k = 2$ vermeld. Indien meer dan 1 radionuclide wordt aangetroffen sommeer de activiteiten in Bq/l en bereken de bijbehorende fout.

Bereken de fout bij sommatie van radionucliden met de vergelijking:

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 10
 Datum: 19-02-2013
 Pagina: 5 van 12

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 13 november 2014

$$c_v = \frac{\sqrt{\sum s_{g,x}^2}}{\sum A_x} \times 100$$

waarin

- c_v = variatiecoëfficiënt behorende bij de sommatie van de aangetroffen radionucliden, in %;
- $s_{g,x}$ = de fout van de afzonderlijke gammastralers, in Bq/l⁻¹, waarbij x staat voor het aantal aangetroffen nucliden;
- A_x = volumieke activiteit van de aangetroffen radionucliden, in Bq/l⁻¹, waarbij x staat voor het aantal aangetroffen nucliden.

Vermeld in LIMS ook de aangetroffen radionucliden met de activiteit in Bq/l en de bijbehorende onzekerheid in Bq/l.

4.2.5 Rapportage

- 4.2.5.1 Print nadat het monster gereed is gemeld het formulier voor vrijgave van afvalwater (zie bijlage 3) uit en overhandig deze aan de teamleader.
- 4.2.5.2 Print de identificatiestickers (zie bijlage 2) uit en plak deze op de bij de gammaspectrometrische analyse gebruikte monsterfles en op de monsterfles met de resterende monsternamevloeistof.

4.2.6 Berekening van de volumieke alfa- en bèta-activiteit

De hieronder beschreven berekening geldt voor zowel het berekenen van de volumieke alfa- als bèta-activiteit.

- 4.2.6.1 Bereken het teltempo van de blanco, monster en standaardafvalwaterplaten met de vergelijking:

$$R = \frac{N}{t}$$

waarin:

- R = het teltempo in s⁻¹;
- N = het totaal aantal counts;
- t = de teltijd in s.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 10
 Datum: 19-02-2013
 Pagina: 6 van 12

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 13 november 2014

4.2.6.2 Bereken het telrendement van de telopstelling met de vergelijking:

$$\epsilon = \frac{R_s - R_m}{A_s}$$

waarin:

ϵ = het telrendement van de telopstelling, in $s^{-1}Bq^{-1}$;
 R_s = het teltempo van de standaard, in s^{-1} ;
 R_m = het teltempo van het monster, in s^{-1} ;
 A_s = de activiteit van de toegevoegde standaard, in Bq.

4.2.6.3 Bereken de volumieke activiteit van het monster met de vergelijking:

$$A_m = \frac{R_m - R_0}{\epsilon \times V}$$

waarin:

A_m = de volumieke activiteit van het monster, in $Bq l^{-1}$;
 R_0 = het teltempo van de blanco, in s^{-1} ;
 R_m = het teltempo van het monster, in s^{-1} ;
 ϵ = het telrendement van de telopstelling, in $s^{-1}Bq^{-1}$;
 V = volume van het ingedampt monster, in l.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 10
 Datum: 19-02-2013
 Pagina: 7 van 12

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 13 november 2014

4.2.7 Foutenberekening alfa- en bèta-analyse

De hieronder beschreven berekening geldt voor zowel het berekenen van de fout in de alfa- als bèta-analyse.

4.2.7.1 Bereken de variatiecoëfficiënt in het telrendement. De basis voor de berekening volgt uit de formule voor het berekenen van het telrendement:

$$\epsilon = \frac{R_s - R_m}{A_s} = \frac{\Delta_1}{A_s} \Rightarrow \frac{s_\epsilon}{\epsilon} = \sqrt{\left(\frac{s_{\Delta_1}}{\Delta_1}\right)^2 + \left(\frac{s_{A_s}}{A_s}\right)^2}$$

waarin:

ϵ	=	het telrendement van de telopstelling, in $s^{-1}Bq^{-1}$;
R_s	=	het teltempo van de standaard, in s^{-1} ;
R_m	=	het teltempo van het monster, in s^{-1} ;
Δ_1	=	het netto teltempo van de standaard afvalwaterplaat ($R_s - R_m$), in s^{-1} ;
A_s	=	de activiteit van de toegevoegde standaard, in Bq;
$\frac{s_\epsilon}{\epsilon}$	=	de variatiecoëfficiënt in het telrendement van de telopstelling;
$\frac{s_{\Delta_1}}{\Delta_1}$	=	de variatiecoëfficiënt van het netto teltempo van de standaard afvalwaterplaat;
$\frac{s_{A_s}}{A_s}$	=	de variatiecoëfficiënt van de toegevoegde standaard, deze is 0.025.

4.2.7.2 Bereken de standaarddeviatie van het netto teltempo van de standaard met de vergelijking:

$$s_{\Delta_1} = \sqrt{(s_{R_s})^2 + (s_{R_m})^2}$$

waarin:

s_{Δ_1}	=	de standaarddeviatie van het netto teltempo van de standaard afvalwaterplaat, in s^{-1} ;
s_{R_s}	=	de standaarddeviatie van de standaard afvalwaterplaat, in s^{-1} ;
s_{R_m}	=	de standaarddeviatie van de monster afvalwaterplaat, in s^{-1} .

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 10
 Datum: 19-02-2013
 Pagina: 8 van 12

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 13 november 2014

4.2.7.3 Bereken de standaarddeviatie van de standaardafvalwaterplaat met de vergelijking:

$$s_{R_s} = \frac{1}{\sqrt{n_s}} \times \sqrt{\frac{R_s}{t_s} + (f_{\text{exp}} \times R_s)^2}$$

waarin:

- s_{R_s} = de standaarddeviatie van de standaardafvalwaterplaat, jns^{-1} ;
- n_s = het aantal resultaten van standaardafvalwaterplaten waarover gemiddelds;
- R_s = het teltempo van de standaardafvalwaterplaten, jns^{-1} ;
- t_s = de teltijd van de standaardafvalwaterplaat, jns ;
- f_{exp} = de experimentele variatiecoëfficiënt, deze is voor $\alpha=0.035$ en voor $\beta=0.02$.

4.2.7.4 Bereken de standaarddeviatie van de monster afvalwaterplaat met de vergelijking:

$$s_{R_m} = \frac{1}{\sqrt{n_m}} \times \sqrt{\frac{R_m}{t_m} + (f_{\text{exp}} \times R_m)^2}$$

waarin:

- s_{R_m} = de standaarddeviatie van de monster afvalwaterplaat, jns^{-1} ;
- n_m = het aantal resultaten van monster afvalwaterplaten waarover gemiddelds;
- R_m = het teltempo van de monster afvalwaterplaten, jns^{-1} ;
- t_m = de teltijd van de monster afvalwaterplaat, jns ;
- f_{exp} = de experimentele variatiecoëfficiënt, deze is voor $\alpha=0.035$ en voor $\beta=0.02$.

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 10
 Datum: 19-02-2013
 Pagina: 9 van 12

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 13 november 2014

- 4.2.7.5 Bereken de variatiecoëfficiënt voor de volumieke activiteit. De basis voor de berekening volgt uit de formule voor het berekenen van de volumieke activiteit inclusief de experimentele fout:

$$A_m = \frac{R_m - R_0}{\varepsilon \times V} = \frac{\Delta_2}{\varepsilon \times V} \Rightarrow \frac{s_{A_m}}{A_m} = k \sqrt{\left(\frac{s_{\Delta_2}}{\Delta_2}\right)^2 + \left(\frac{s_\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{s_V}{V}\right)^2} \times 100$$

waarin:

- A_m = de volumieke activiteit van het monster, in Bq l^{-1} ;
 ε = het telrendement van de telopstelling, in $\text{s}^{-1} \text{Bq}^{-1}$;
 R_m = het teltempo van de monster, in s^{-1} ;
 R_0 = het teltempo van de blanco, in s^{-1} ;
 V = het opgebrachte monstervolume, in l;
 Δ_2 = het netto teltempo van de monster afvalwaterplaat ($R_m - R_0$), in s^{-1} ;
 $\frac{s_{A_m}}{A_m}$ = de variatiecoëfficiënt van de volumieke activiteit in %;
 k = de betrouwbaarheidscoëfficiënt, kies $k = 2$
 $\frac{s_{\Delta_2}}{\Delta_2}$ = de variatiecoëfficiënt van het netto teltempo van de monster afvalwaterplaat;
 $\frac{s_\varepsilon}{\varepsilon}$ = de variatiecoëfficiënt van het telrendement van de telopstelling;
 $\frac{s_V}{V}$ = de variatiecoëfficiënt in het volume, deze is 0.01.

- 4.2.7.6 Bereken de standaarddeviatie van het netto teltempo van het monster met de vergelijking:

$$s_{\Delta_2} = \sqrt{(s_{R_m})^2 + (s_{R_0})^2}$$

waarin:

- s_{Δ_2} = de standaarddeviatie van het netto teltempo van de monster afvalwaterplaat, in s^{-1} ;
 s_{R_m} = de standaarddeviatie van de monster afvalwaterplaat (zie 4.2.7.4), in s^{-1} ;
 s_{R_0} = de standaarddeviatie van de blanco afvalwaterplaat, in s^{-1} .

Nummer: I 1.2.5-871-004-08
 Revisie: 10
 Datum: 19-02-2013
 Pagina: 10 van 12

UNL
 Managementsysteem



Dit document is alleen geldig op de datum van printen: 13 november 2014

4.2.7.7 Bereken de standaarddeviatie van de blancoafvalwaterplaat met de vergelijking:

$$s_{R_0} = \frac{1}{\sqrt{n_0}} \times \sqrt{\frac{R_0}{t_0}}$$

waarin:

s_{R_0} = de standaarddeviatie van de blancoafvalwaterplaat, in s^{-1} ;
 n_0 = het aantal resultaten van monster afvalwaterplaten waarover gemiddelds;
 R_0 = het teltempo van de blancoafvalwaterplaten, in s^{-1} ;
 t_0 = de teltijd van de blancoafvalwaterplaat, in s;

4.2.8 Berekening van de laagste aantoonbare activiteit

De hieronder beschreven berekening geldt voor zowel het berekenen van de laagste aantoonbare alfa- als bèta-activiteit.

4.2.8.1 Bereken de laagste aantoonbare activiteit van de afvalwaterplaten met de vergelijking:

$$A_{\min} = \frac{k}{\epsilon} \sqrt{\frac{R_{0,m}}{t_m} \times \left(1 + \frac{t_m}{t_{0,m}}\right)}$$

waarin:

A_{\min} = de laagste aantoonbare activiteit van de afvalwaterplaten, in Bq;
 $R_{0,m}$ = het teltempo van de blanco, in s^{-1} ;
 t_m = de meettijd van het monster, in s;
 $t_{0,m}$ = de meettijd van de blanco, in s;
 k = de betrouwbaarheidscoëfficiënt, kies $k = 3$;
 ϵ = het telrendement van de opstelling

4.2.8.2 Bereken de laagste aantoonbare volumieke activiteit met de vergelijking:

$$c_{A_{\min}} = \frac{A_{\min}}{V}$$

waarin:

$c_{A_{\min}}$ = de laagste aantoonbare volumieke activiteit van het monster, in $Bq l^{-1}$;
 A_{\min} = de laagste aantoonbare activiteit van de afvalwaterplaten, in Bq;
 V = volume van het ingedampte monster, in l.

Bijlage C: Analyse gegevens van Urenco

Het off-line analyseren van bestofte glasfaserfilters op alfa- en beta-totaal activiteit met behulp van een groot oppervlak Ar-CH₄ 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 "ArCH₄ 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 "ArCH₄ 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 gearchiveerd 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 2014

In de onderstaande tabel zijn de variabelen zoals door RIVM gedefinieerd in¹² toegepast op de genoemde Urenco-fabriekshallen.

Tabel D1 : Schatting van radonexhalatie

variabelen (eenheid):	SP4	SP5 1MA	SP5 2MA	CSB
Area-beton (m ²)	6.00E+03	8.00E+03	4000	3150
Exhalatie-beton (Bq/s per m ²)	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04
Productie-radon (Bq/s)	3.0	4.0	2.0	1.575
Flow door gebouw (m ³ /s)	15	60	30	24.5
Deelflow door UNL-filter (m ³ /week)	8000	1400	1400	14800
Deelflow door UNL filter (m ³ /s)	0.0132	0.0023	0.0023	0.0245
Deelflow door geponst filter (m ³ /week)	480	85	85	530
Deelflow door geponst filter (m ³ /s)	0.00079	0.00014	0.0001	0.0009
Volume van gebouw (m ³)	4.46E+05	3.20E+05	1.60E+05	64512
Ventilatievoud (s-1)	3.43E-05	1.88E-04	1.88E-04	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 ³)	3.2	3.1	3.1	3.1
Act Rn-buiten (Bq/m ³)	3.0	3.0	3.0	3.0
C_d Conc radonochters (N/m ³)	9.32E+04	1.64E+04	1.64E+04	8.08E+03
Act (210Pb) [Bq/UNL-filter,week]	0.746	0.023	0.02	0.12
RIVM-filter (mBq/week)	44.7	1.4	1	4.3
RIVM-filter (berekend mBq/m ³)	0.09	0.016	0.016	0.008
RIVM-filter (gemeten mBq/m ³)	0,03 - 0,5	< 0,11	< 0,12	0,03 - 3,5

* Gegevens voor SP5 aangeleverd door Urenco.

- Flow door gebouw = 54000 m³/h per hal
- SP5 filter 1 betreft 4 hallen
- SP5 filter 2 betreft 2 hallen (situatie 2014).
- Betonoppervlak SP5 is ~2000 m² / hal
- Deelflow door SP5 UNL-filter : 1400 m³/week.

Referenties

- ¹ Jaarplan project M/300002/01/SM - 2014. E-mail correspondentie van P. Kwakman van RIVM/VLH aan G. Breas van Inspectie Leefomgeving en Transport/KFD; d.d. 18 februari 2014.
- ² Kwakman PJM, Overwater RMW. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van Urenco Nederland B.V. Periode 2013. RIVM rapport 2015-0014.
- ³ 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, 2013-11.
- ⁴ KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2007-11.
- ⁵ NEN 5623: 2002. Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van de activiteit van gammastraling uitzendende nucliden in een telmonster met halfgeleider-gammaspectrometrie. NEN, Delft, 2002.
- ⁶ ISO 10704:2010. Water quality – Measurement of gross alpha and gross beta activity in non-saline water – Thin source deposit method
- ⁷ NEN 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.
- ⁸ NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. NEN, Delft 1991.
- ⁹ NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. NEN, Delft, augustus 1990.
- ¹⁰ I. Krol, Ch. Hohmann. Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2014", August 2014, SW 1 – 01/2014, Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich SW, Berlin/München, Duitsland.
- ¹¹ Urenco Nederland B.V. Rapportage Lucht- en waterlozingen (brieven):
2014 kwartaal 1 COM/14/1345, 21 juli 2014.
2014 kwartaal 2 COM/14/1970, 21 oktober 2014.
2014 kwartaal 3 COM/14/2465, 19 december 2014.
2014 kwartaal 4 COM/15/0479, 13 maart 2015.
- ¹² Kwakman PJM en P. Stoop. Evaluatie van controlemetingen door het RIVM van luchtzijdige emissies van Urenco Nederland B.V. RIVM/LSO rapport 231/04.
- ¹³ Basisdocument radon. LH Vaas, et al., RIVM rapport 710401014, Bilthoven

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag