



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

**Contra-expertise op bepalingen van  
radioactiviteit in afvalwater en  
ventilatielucht van de kernenergie-  
centrale Borssele**

Periode 2019

RIVM-briefrapport 2021-0021  
P.J.M. Kwakman





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

**Contra-expertise op bepalingen van  
radioactiviteit in afvalwater en  
ventilatielucht van de kernenergie-  
centrale Borssele**

Periode 2019

RIVM-briefrapport 2021-0021  
P.J.M. Kwakman

## Colofon

© RIVM 2021

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.

DOI 10.21945/RIVM-2021-0021

P.J.M. Kwakman (auteur), RIVM

Contact:

Milieu en Veiligheid\Centrum Veiligheid  
Pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) in het kader van project 390120/19/SM, Site Monitoring Straling

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit in afvalwater en ventilatielucht van de kernenergiecentrale Borssele.**

Periode 2019

De kerncentrale Borssele (KCB) meet hoeveel radioactiviteit de centrale loost via het nucleair afvalwatersysteem en het nucleair ventilatiesysteem. Het RIVM controleert deze metingen acht keer per jaar. Met deze 'contra-expertise' controleert het RIVM of de analyses die de kerncentrale zelf uitvoert, betrouwbaar zijn. De KCB neemt de te analyseren monsters verspreid over het jaar.

Net als in voorgaande jaren kwamen de gamma-analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2019 op hoofdlijnen overeen met de resultaten van de kerncentrale. Enkele uitzonderingen betreffen het nuclide  $^{60}\text{Co}$ . Hoogstwaarschijnlijk is  $^{60}\text{Co}$  niet homogeen verdeeld in de verschillende monsters.

De overeenkomst in de  $^3\text{H}$ -data in afvalwater was voor 4 monsters goed, en voor 4 monsters matig. De overeenstemming kan duidelijk nog worden verbeterd. De KCB en het RIVM hebben geen strontium-isotopen en alfa-activiteit in het afvalwater aangetroffen.

In ventilatielucht hebben het RIVM en de KCB in het monster van periode 5 een zeer geringe hoeveelheid  $^{131}\text{I}$  aangetroffen. Dit levert voor een denkbeeldig persoon die een week aan het hek van het terrein staat een verwaarloosbare bijdrage aan de totale jaardosis. De resultaten van de bepaling van  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  in ventilatielucht, bemonsterd met een zeolietpatroon, kwamen voor  $^3\text{H}$  goed en voor  $^{14}\text{C}$  redelijk tot goed overeen.

Het RIVM voert de contra-expertises jaarlijks uit in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS).

Kernwoorden: kerncentrale Borssele, radioactiviteit, lozingen, afvalwater, ventilatie lucht



## Synopsis

### **Counterchecks on measurements of radioactivity in waste water and ventilation air at the nuclear power station in Borssele**

Period 2019

The nuclear power station in Borssele (KCB) measures how much radioactivity the station discharges via the nuclear waste water system and the nuclear ventilation system. RIVM checks these measurements eight times a year. Via these counterchecks, RIVM determines whether the analyses carried out by the nuclear power station itself are reliable. KCB takes the samples to be analysed at intervals throughout the year.

As was the case in previous years, the gamma analyses of waste water from the counterchecks in 2019 generally agree with the results of the nuclear power station. A few exceptions were observed for the nuclide  $^{60}\text{Co}$ . Most likely  $^{60}\text{Co}$  was inhomogeneously distributed.

The agreement with regard to the  $^3\text{H}$  data in waste water was good for four samples, but questionable for the other four samples. There is still room for improvement in the agreement of the  $^3\text{H}$  data. Neither the nuclear power station nor RIVM found any strontium isotopes or alpha activity in the waste water.

In the ventilation air sample from period 5 both RIVM and KCB found a minor quantity of  $^{131}\text{I}$ . For a hypothetical person remaining for a week at the fence of the plant this would result in a negligible contribution to the yearly dose. The results of the measurements of  $^3\text{H}$  and  $^{14}\text{C}$  in ventilation air, sampled with a zeolite cartridge, agree well for  $^3\text{H}$  and reasonably well for  $^{14}\text{C}$ .

The Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection (ANVS) commissions RIVM to carry out these counterchecks every year.

Keywords: Borssele nuclear power station, radioactivity, discharges, waste water, ventilation air





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **1 Inleiding — 11**

#### **2 Monsters en analyses — 13**

#### **3 Analysemethoden — 15**

3.1 Tweevoudbepalingen — 15

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

3.3 Bepaling van de activiteitsconcentratie van gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater — 16

3.4 Bepaling van de <sup>3</sup>H-activiteitsconcentratie in afvalwater — 16

3.5 Bepaling van de <sup>89</sup>Sr- en <sup>90</sup>Sr-activiteitsconcentratie in afvalwater — 17

3.6 Bepaling van de activiteitsconcentratie van gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht — 17

3.7 Bepaling van de activiteitsconcentratie van <sup>3</sup>H en <sup>14</sup>C in ventilatielucht — 18

3.8 Foutenberekening — 18

3.9 Kwaliteitsborging — 19

3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking — 20

#### **4 Resultaten en discussie — 23**

4.1 Meetresultaten — 23

4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie — 23

4.2.1 Afvalwater - RIVM-gel — 23

4.2.2 Afvalwater- KCB-gel — 24

4.2.3 Ventilatielucht — 25

4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise — 26

#### **5 Bijlage A Vergelijking meetresultaten — 27**

#### **6 Bijlage B Analyseprocedures van KCB in 2019 — 31**

#### **7 Bijlage C Stabilisering van watermonsters – zuur en dragerionen — 44**

#### **8 Referenties — 45**



## Samenvatting

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM heeft in 2019 in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uitgevoerd van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties in Nederland. 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 2019.

De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van de kernenergiecentrale te Borssele (KCB). 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. Het betreft zowel afvalwatermonsters als filters waarmee de uitgaande ventilatielucht van de nucleaire installatie is bemonsterd. RIVM bepaalde de activiteitsconcentratie van gammastralers, totaal-alfa, tritium en  $^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$  in afvalwater, en van  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  en gammastralers in ventilatielucht.

Net als in voorgaande jaren komen de gamma-analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2019 op hoofdlijnen overeen met de resultaten van de kerncentrale. Enkele uitzonderingen betreffen het nuclide  $^{60}\text{Co}$ , dat hoogstwaarschijnlijk niet homogeen verdeeld is in de verschillende monsters.

De overeenkomst in de  $^3\text{H}$ -data in afvalwater was voor 4 monsters goed, en voor 4 monsters matig. De overeenstemming kan duidelijk nog worden verbeterd. De KCB en het RIVM hebben geen strontium-isotopen en alfa-activiteit in het afvalwater aangetroffen.

In ventilatielucht hebben het RIVM en KCB in het monster van periode 5 een zeer geringe hoeveelheid  $^{131}\text{I}$  aangetroffen. Dit levert voor een denkbeeldig persoon die een week aan het hek van het terrein staat een verwaarloosbare bijdrage aan de totale jaardosis. De resultaten van de bepaling van  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  in ventilatielucht, bemonsterd met een zeolietpatroon, kwamen voor  $^3\text{H}$  goed en voor  $^{14}\text{C}$  redelijk tot goed overeen.



## 1 Inleiding

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM voert in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uit van lozingsmonsters afkomstig van een vijftal nucleaire installaties in Nederland. 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 2019. De contra-expertisemonsters waar het voorliggende rapport over gaat, zijn afkomstig van de kerncentrale Borssele. Het betreft zowel afvalwatermonsters als filters waarmee de uitgaande ventilatielucht 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 analyses

RIVM haalt periodiek afvalwater- en ventilatieluchtmonsters op bij KCB. Van het afvalwater (batchmonsters) stelt KCB het eigen gelpreparaat en circa 1 liter ongegeleerd, geconditioneerd water (aangezuurd tot pH 2) beschikbaar voor contra-expertise door RIVM.

Voor het bepalen van de radioactiviteit in uitgaande ventilatielucht gebruikt KCB aerosolfilters en DSM11- en kool-absorbers. De ventilatieluchtmonsters voor RIVM komen uit een aparte, 'redundante' bemonsteringsinstallatie. Tabel 1 bevat een overzicht van het, vooraf met de ANVS afgesproken, aantal monsters en de analyses [1].

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

<b>Monsters</b>	<b>Aantal</b>	<b>Soort monster</b>	<b>Analyses (Q)</b>
Afvalwater	8	Batchmonster. Water en gel. Zo mogelijk vier uit de splijtstofwisselperiode.	Q: Gelmonster gammastralers*, Watermonster: gammastralers* en $^3\text{H}^*$
	1	Kwartaalmengmonster; om het jaar afkomstig uit de splijtstofwisselperiode	Q: Totaal- $\alpha^{**}$ $^{89}\text{Sr}$ , $^{90}\text{Sr}^{**}$
Ventilatielucht	8	Weekmonsters (filterpakketten bestaande uit 1 x aerosolfilter, 2 x DSM11-absorber en 2 x kool-absorber)	Q: gammastralers* in filterpakket als geheel; bij indicatie van aanwezigheid van halogenen tevens onderdelen apart
	2	Kwartaalmonster (zeolietmateriaal)	$^3\text{H}^{**}$ en $^{14}\text{C}^{**}$

Q De aanduiding Q betekent dat de betreffende verrichting valt onder de lijst van geaccrediteerde verrichtingen (RvA : L 153).

\* Analyse in enkelvoud

\*\* Analyse in tweevoud

De splijtstofwisselperiode vond in 2019 van 29 mei tot 27 juni plaats. Tabel 2 bevat de gegevens van de door RIVM geanalyseerde afvalwatermonsters. De monsters 2, 3 en 4 bevatten afvalwater uit de splijtstofwisselperiode. Het kwartaalmengmonster komt uit het tweede kwartaal van 2019.

Om uitzakken van radioactieve componenten ondanks het geleermiddel te voorkomen wordt er naar gestreefd de gammaspectrometrische analyse binnen twee weken na ontvangst van het monster uit te voeren. Ter illustratie hiervan is ook de datum van de analyses in Tabel 2 vermeld.

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

*Tabel 2: Monstergegevens afvalwater in 2019*

<b>Nr.</b>	<b>Lozingsdatum</b>	<b>Ophaaldatum</b>	<b>Datum gammaspectrometrie *</b>
1	11 feb	20 feb	25 feb
2	02 jun	05 jun	14 jun
3	02 jun	05 jun	12 jun
4	21 jun	26 jun	03 jul
5	21 aug	28 aug	02 sep
6	01 nov	13 nov	15 nov
7	08 nov	13 nov	20 nov
8	06 dec	18 dec	20 dec

\* Gestreefd wordt naar het uitvoeren van de meting binnen 2 weken na ontvangst monsters (analyse gereed binnen 3 weken)

Het kwartaalmengmonster komt uit het tweede kwartaal van 2019 en is opgehaald op 28 augustus 2019.

*Tabel 3: Monstergegevens ventilatielucht in 2019*

<b>Nr</b>	<b>Monsterperiode</b>	<b>Ophaaldatum</b>	<b>Datum* gammaspectrometrie</b>
1	8-15 feb	20 feb	27 feb
2	17-24 mei	05 jun	8 jun
3	24-31 mei	05 jun	13 juni
4	14-21 juni	26 jun	28 juni
5	9-16 aug	28 aug	4 sept
6	1-8- nov	13 nov	18 nov
7	29 nov – 6 dec	18 dec	20 dec
8	6-13 dec	18 dec	21 dec

\* De datum is de meetdatum van het filterpakket als geheel. Indien er een aantoonbare activiteit in het filterpakket wordt aangetroffen worden de onderdelen van het pakket gemeten.



### 3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door KCB in 2019, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Deze methoden zijn aangepaste versies van de methoden toegepast in de voorgaande rapportages (Bijlage B en [2]). In opdracht van de ANVS worden de randvoorwaarden uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503.1 [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 hanteren RIVM en KCB dezelfde NEN-normen. Voor gamma-spectrometrie wordt gewerkt conform NEN 5623 [5]; voor gasdoorstroomtelling van filters wordt gewerkt conform NEN 5636 [6]. Waar er geen Nederlandse norm voorhanden is, wordt gewerkt volgens eigen methoden met een onderliggend validatierapport. Dit geldt voor totaal alfa en totaal bèta in afvalwater en voor de bepaling van  $^3\text{H}$  in afvalwater.

#### 3.1 Tweevoudbepalingen

VLH 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. 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.

In dit rapport zijn de gammaspectrometrische metingen door RIVM van het door KCB gegeleerde preparaat en van het door RIVM gegeleerde preparaat als twee afzonderlijke metingen behandeld. De reden hiervoor is, dat het door KCB gegeleerde preparaat en het (op een later tijdstip) door RIVM gegeleerde preparaat, vaak in samenstelling bleken te verschillen.

#### 3.2 Bepaling van de totaal alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater

Van het monster wordt, na homogenisering, in twee verschillende flesjes elk 10,0 mL gepipetteerd. Aan één van de flesjes wordt 0,100 mL van een  $^{241}\text{Am}$ -oplossing met bekende activiteit toegevoegd en vervolgens gemengd. De twee oplossingen worden in gedeelten op twee roestvast stalen telschaaltjes (geschuurd en ontvet) met een diameter van 50 mm overgebracht en drooggedampt in een stoof bij 60-80 oC. De metingen aan beide telschaaltjes worden uitgevoerd met proportionele gasdoorstroomtellers die zijn voorzien van een dun venster ( $< 0,5 \text{ mg.cm}^{-2}$ ). De tellers hebben een lage achtergrond. De

telopbrengst wordt berekend uit het verschil in de resultaten van de beide telpreparaten en de toegevoegde activiteit aan  $^{241}\text{Am}$ .

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

### **3.3 Bepaling van de activiteitsconcentratie van gammastraling uitzendende nucliden in afvalwater**

Van het ongegeleerde afvalwatermonster wordt een monster van 250 ml afgemeten. Het 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 teltijden [7]. De monsters worden gemeten op een N-type halfgeleiderdetector gekoppeld aan een pulssorteerder met 8192 kanalen over een energiebereik van 30 keV tot 2 MeV in een meettijd van 1000 minuten. Het spectrum wordt geanalyseerd met behulp van het analyseprogramma Genie2000 (onder APEX) aan de hand van een nuclidenbibliotheek.

Tabel A3 in Bijlage A toont de nucliden die in de nuclidenbibliotheek zitten. Daarnaast wordt door het analyseprogramma melding gemaakt van pieken die wel gedetecteerd zijn in het spectrum maar die niet aan één van de nucliden in de bibliotheek zijn toe te wijzen. Is dit het geval dan vindt een nadere analyse van het spectrum plaats. RIVM corrigeert voor radioactief verval, door de activiteitsconcentratie van de gedetecteerde nucliden terug te rekenen naar 12.00 uur op de dag van de lozingsdatum. KCB corrigeert voor verval naar het tijdstip van de monstername (zie ook H6, Analyseprocedures van KCB).

Indien door RIVM geen enkele gammastraler wordt aangetroffen, wordt de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  gegeven. De waarde van de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  geeft een indicatie van de bereikte gevoeligheid volgens KTA 1504 [4]. KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  lager is dan  $1 \text{ kBq m}^{-3}$ .

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

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

Aan 25 ml van het monster wordt 0,2 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  toegevoegd om het alkalisch te maken. Nadat dit monster is gedestilleerd, wordt door middel van LSC-meting de activiteitsconcentratie van tritium bepaald. Per monsterflesje wordt één telling tot een telfout van 1% of tot maximaal 200 minuten uitgevoerd. Het telpreparaat bestaat uit 10,0 ml destillaat en 10,0 ml scintillatievloeistof (Ultima Gold LLT).

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-006: Handboek Vloeistofscintillatietelling.

### 3.5 **Bepaling van de <sup>89</sup>Sr- en <sup>90</sup>Sr-activiteitsconcentratie in afvalwater**

De bepaling van strontium in afvalwater berust op selectieve complexatie van strontiumionen door een kroonether op een Sr-specifieke kolom. De kroonether is in staat Sr<sup>2+</sup>-ionen selectief te complexeren in aanwezigheid van een overmaat aan Ca<sup>2+</sup>- en Ba<sup>2+</sup>-ionen.

Aan een deelmonster van, bijvoorbeeld, 250 mL wordt <sup>85</sup>Sr-merker en Sr-drager toegevoegd. Met ammonia wordt de oplossing op pH 10 gebracht. Vervolgens wordt een CaCl<sub>2</sub> en een Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-oplossing toegevoegd en dit wordt onder verwarmen geroerd. Eénwaardige en tweewaardige ionen worden door middel van een carbonaatprecipitatie van elkaar gescheiden. Het supernatant, met daarin de éénwaardige ionen K<sup>+</sup> en NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, wordt gedecanteerd. Het precipitaat (zonder éénwaardige ionen) wordt opgelost in een salpeterzuur/aluminiumnitraat-oplossing en daarna op een voorgespoelde Sr-specifieke kolom gebracht waarop de Sr-ionen achterblijven. Met water worden de Sr-ionen gedesorbeerd en opgevangen in een telflesje. Na toevoeging van scintillatiecocktail wordt het preparaat direct gemeten op de vloeistofscintillatieteller. Na twee weken volgend op de eerste meting wordt het preparaat wederom gemeten om de ingroei van <sup>90</sup>Y te bepalen. Voor de opbrengstbepaling van strontium wordt <sup>85</sup>Sr gebruikt. Het LSC-spectrum wordt in drie 'windows' onderscheiden. Uit het spectrum met bijdragen van <sup>85</sup>Sr, <sup>89</sup>Sr, <sup>90</sup>Sr en <sup>90</sup>Y wordt de activiteitsconcentratie van <sup>89</sup>Sr- en <sup>90</sup>Sr in het afvalwatermonster berekend.

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-006: Handboek Vloeistofscintillatietelling.

### 3.6 **Bepaling van de activiteitsconcentratie van gammastraling uitzendende nucliden in ventilatielucht**

Per analyse wordt van het filterpakket een te analyseren preparaat samengesteld bestaande uit, in volgorde, het geponste aerosolfilter, de DSM11-absorber 1 en de kool-absorber 1. Van dit preparaat wordt een gammaspectrum opgenomen en geanalyseerd op dezelfde wijze als dit bij afvalwater gebeurt.

De nucliden in de nuclidenbibliotheek zijn weergegeven in Tabel A3 in Bijlage B. Indien uit de analyse blijkt dat er vluchtige nucliden in het pakket aanwezig zijn, worden de vijf afzonderlijke delen (dus ook het tweede monster DSM11 en het tweede monster kool) van het totale pakket gemeten en geanalyseerd. Voor radioactief verval van de gedetecteerde nucliden wordt gecorrigeerd naar het midden van de monsterperiode. Voor de kalibratie van de gammaspectrometrie-opstelling wordt gebruik gemaakt van een bekende hoeveelheid activiteit overgebracht in preparaatvormen van eenzelfde vorm, afmeting, mate van homogeniteit en dichtheid als de te meten filters.

Voor de meetgevoeligheid wordt gerefereerd aan de detectielimiet voor <sup>60</sup>Co en <sup>131</sup>I. De KTA 1503.1<sup>3</sup> eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor <sup>60</sup>Co, <sup>131</sup>I en <sup>137</sup>Cs minder dan 10, respectievelijk, 20 mBq.m<sup>-3</sup> en 30 mBq.m<sup>-3</sup> bedraagt.

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

### 3.7 **Bepaling van de activiteitsconcentratie van $^3\text{H}$ en $^{14}\text{C}$ in ventilatielucht**

KCB bemonstert anorganisch en organisch  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  in een deelstroom van de geloosde ventilatielucht door middel van molecuulzeven (zie Bijlage B) in twee parallel functionerende (redundante) bemonsteringssystemen. EPZ stuurt de zeolietmonsters van TL080R019 op voor analyse door Framatom (Erlangen, D). RIVM haalt de korrels uit de zeolietpatroon TL080R020 op bij KCB voor analyse.

Elk monsternamesysteem (TL080R019 en -R020) bestaat uit twee zeolietpatronen in serie met ertussen een katalytische oxidator. Het zeolietmateriaal absorbeert alleen de chemische vormen  $\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{CO}_2$ . De eerste zeoliet absorbeert  $^3\text{H}_2\text{O}$  en  $^{14}\text{CO}_2$ , maar laat de organische fracties met  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  passeren. De organische fracties  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  worden katalytisch geoxideerd tot  $^3\text{H}_2\text{O}$  en  $^{14}\text{CO}_2$ . Deze oxidatieproducten  $^3\text{H}_2\text{O}_{\text{org}}$  en  $^{14}\text{CO}_{2,\text{org}}$  worden op de tweede zeoliet geabsorbeerd.

De zeolietmonsters van TL080R020 worden door RIVM opgehaald. Het zeolietmateriaal wordt onder het doorleiden van een  $\text{N}_2$ -stroom uitgestookt bij ca. 380 oC. Het vrijkomende  $\text{H}_2\text{O}$  wordt in een koude val gecondenseerd; het telpreparaat bestaat uit 10 ml water en 10 ml Ultima Gold LLT vloeistofscintillatiecocktail. Het vrijkomende  $\text{CO}_2$  wordt geabsorbeerd in een organische base (Carbosorb-E); het telpreparaat bestaat uit ca. 8 ml Carbosorb E plus 12 ml Instagel-plus, analoog aan de methode voor het bepalen van  $^{14}\text{C}$  in COVRA afvalwater.

Deze methode is vastgelegd in VLH-H-006: Handboek Vloeistofscintillatietelling.

### 3.8 **Foutenberekening**

De door RIVM opgegeven fout is het  $1\sigma$ -schattinginterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047 (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen) en NEN 3114 (Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities) [8]. 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 bij wegen en volumebepalingen.

Waar van toepassing, is voor de volumebepaling in de hoeveelheid bemonsterde lucht een fout van 1% opgenomen in de experimentele fout. Een correctie voor de achtergrond is in alle gevallen meegenomen in de activiteitsberekening en in de foutenberekening.

#### *Bepaling van de totaal alfa-activiteitsconcentratie in afvalwater*

Hier wordt per analyse gebruik gemaakt van een preparaat zonder en een preparaat met een  $^{241}\text{Am}$ -standaard. De totale fout in de totaal alfa-activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat

zonder standaard, een telfout van het preparaat met standaard, een kalibratiefout en een experimentele fout.

#### *Gammaspectrometrie*

Voor de gammastraling uitzendende nucliden vindt rapportage plaats met een aangegeven fout voortkomend uit telstatistiek, kalibratie, achtergrond, onzekerheid in de yield, monstervoorbehandeling en –in het geval van luchtmonsters– het bemonsterde volume. Aan het door KCB aangemaakte gelpreparaat dat door RIVM wordt gemeten, wordt geen fout voortkomend uit de monstervoorbehandeling toegekend. Indien er sprake is van cascadeverval dan is een extra fout toegevoegd aan de gerapporteerde activiteitsconcentraties.

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

De totale fout is samengesteld uit de telfout, een kalibratiefout en een experimentele fout.

#### *Bepaling van de $^{89}\text{Sr}$ -en $^{90}\text{Sr}$ -activiteitsconcentratie in afvalwater*

Voor  $^{89}\text{Sr}$  wordt de totale fout samengesteld uit de telfout, de fout in de  $^{89}\text{Sr}$ - quenchcurve, de fout in de  $^{85}\text{Sr}$ -opbrengstbepaling en een experimentele fout. Voor  $^{90}\text{Sr}$  wordt de totale fout gelijk gesteld aan de fout in de  $^{90}\text{Y}$ -bepaling. Deze is samengesteld uit de telfout na minimaal 2 weken ingroei van  $^{90}\text{Y}$ , de fout in de  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ -quenchcurve, de fout in de  $^{85}\text{Sr}$ -opbrengstbepaling en een experimentele fout. Indien er  $^{89}\text{Sr}$  in het monster aanwezig is dan wordt de fout in de  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ -bepaling groter door de onzekerheid in de verschilbepaling van ( $^{89}\text{Sr}$  plus  $^{90}\text{Y}$  na ingroei) - $^{89}\text{Sr}$ .

#### *Bepaling van de $^3\text{H}$ en $^{14}\text{C}$ -activiteitsconcentratie in ventilatielucht*

De totale fout is samengesteld uit de telfout, een onzekerheid die samenhangt met de  $^3\text{H}$  en de  $^{14}\text{C}$  quenchcurve en een experimentele fout. RIVM ontvangt en analyseert het  $^{14}\text{C}$ - en  $^3\text{H}$  monster dat door KCB genomen is en kan geen uitspraak doen over de onzekerheid in de monsternamen door KCB en de onzekerheid in de bepaling van het debiet in de hoofdstroom en de deelstroom.

### **3.9 Kwaliteitsborging**

Het Centrum Veiligheid van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM/VLH) is voor een aantal verrichtingen geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie volgens NEN-EN-ISO 17025 [9] (registratienummer L153). Deze verrichtingen hebben betrekking op metingen die worden uitgevoerd in het kader van het toezicht op nucleaire installaties (ANVS) en zijn gemarkeerd met een 'Q'. Zie Tabel 1 in hoofdstuk 2.

In het kader van de bewaking van de kwaliteit van de gebruikte analyse- en meetmethoden neemt RIVM jaarlijks deel aan het ringonderzoek 'Abwasser', georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [10].

### 3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door KCB bepaalde activiteitsconcentraties worden afgerond overgenomen uit de opgaven van KCB [11]. KCB geeft 2s op als de fout, RIVM 1s. De door KCB opgegeven fouten worden door 2 gedeeld, zodat in dit rapport overal 1s als fout wordt toegepast.

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 [12]). 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 analysesresultaat, wordt verondersteld dat de fout in de meetwaarde van de NI,  $s_{NI}$ , gelijk is aan de fout in de meetwaarde van RIVM,  $s_{RIVM}$ .

In het ideale geval, bij een voldoende groot aantal metingen van hetzelfde monster, ligt het gemiddelde ten opzichte van de toevallige variaties zeer dicht bij de 'ware waarde' en komt de standaarddeviatie van de meetwaarden overeen met de opgegeven fouten. Als de spreiding benaderd kan worden met de normale verdeling (zie figuur), dan kunnen de volgende frequenties of waarschijnlijkheden van voorkomen van de categorieën verwacht worden:

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

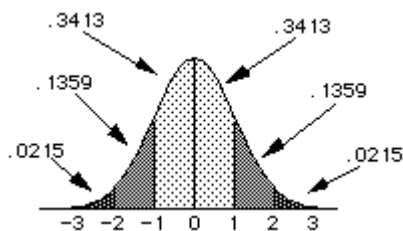


Fig 1 Schematische weergave van een Gausse verdeling

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.

Ten behoeve van de contra-expertise geeft KCB bij de resultaten van de afvalwatermonsters twee fouten op, namelijk de totale fout inclusief en exclusief inhomogeniteitsfout. Bij de vergelijking van de RIVM meetwaarden in KCB-gel met KCB meetwaarden wordt voor  $s_{NI}$  de fout

exclusief inhomogeniteitsfout gehanteerd. Bij het beoordelen van de resultaten behaald bij de RIVM-gel wordt de totale fout echter inclusief inhomogeniteitsfout toegepast. Er wordt immers een (mogelijk inhomogeen) watermonster na schudden gegeleerd.





## 4 Resultaten en discussie

### 4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door RIVM en KCB [11] en de daarbij behorende fouten ('s', zie hoofdstuk 3) zijn te vinden in Bijlage A. In Tabel A1 van deze bijlage zijn alleen die gammastralers opgenomen die in de afvalwatermonsters zijn aangetoond. Indien een gammastraler wel door KCB maar niet door RIVM is aangetoond dan wordt de detectielimiet van RIVM voor het betreffende nuclide in deze Tabel opgenomen.

De activiteitsconcentratie van gammastralers in ventilatielucht zoals bepaald door RIVM en KCB en de vergelijking daarvan staan in Tabel A4. In deze Tabel staat onder de kop 'Pakket' '>' als RIVM in het pakket als geheel activiteit heeft aangetoond en anders '<'. RIVM meet de onderdelen van het pakket alleen in het eerste geval. Toont RIVM geen activiteit aan in een gemeten onderdeel van het pakket, dan wordt de MDA (minimaal detecteerbare activiteit) opgegeven.

### 4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie

Het resultaat van de vergelijking zoals beschreven in paragraaf 3.10 is in de tabellen van Bijlage A vermeld onder de kop 'V'. De vergelijking van de resultaten van KCB met die van RIVM voor de RIVM-gel en KCB-gel zijn samengevat in Tabel 4 en Tabel 5. In deze Tabellen is tevens tussen haakjes het volgens een normale verdeling verwachte voorkomen aan categorieën A1-A2-B-C te zien. Zo is af te lezen of er significant meer of minder resultaten in een categorie vallen dan verwacht.

#### 4.2.1 Afvalwater - RIVM-gel

In het afvalwatermonster (door RIVM gegeleerd) werden acht verschillende gammastralers en tritium zowel door RIVM als door KCB aangetoond (zie Tabel 4 en A1).

Tabel 4 RIVM-gel: vergelijking van RIVM-meetresultaten aan een door RIVM gegeleerd monster met KCB-meetresultaten aan het KCB gelmonster

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma A1$ *	$\Sigma A2$ *	$\Sigma B$ *	$\Sigma C$ *
Co-60	A1	A2	A2	C	A2	A2	C		<u>1</u> (3-7)	4 (0-4)	0 (0-1)	<u>2</u> (0-0)
Nb-95			A1				C		1 (0-2)	0 (0-2)	0 (0-1)	<u>1</u> (0-0)
Zr-95							A2		0 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Ag-110m							A1		1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Te-123m				A2					0 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Sb-124							A1	A1	2 (0-2)	0 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
I-131		A2							0 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Cs-137	A1		A1	A1			A1	A1	5 (2-5)	0 (0-3)	0 (0-1)	0 (0-0)
H-3	A2	A2	C	A2	C	A1	C	C	<u>1</u> (3-7)	3 (0-4)	0 (0-1)	<u>4</u> (0-0)
Totaal									<u>11</u> (15-23)	10 (4-12)	0 (0-3)	<u>7</u> (0-1)

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

\*\* H-3 wordt bepaald aan een ongegeleerd watermonster.

De aangetoonde gammastralers waren  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{123\text{m}}\text{Te}$ ,  $^{124}\text{Sb}$ ,  $^{131}\text{I}$  en  $^{137}\text{Cs}$ .

Opvallend is dat RIVM in monster 5  $^{60}\text{Co}$  aantoonde waar de activiteitsconcentratie gevonden door KCB veel lager is. In monster 8 is het precies andersom, KCB rapporteert  $^{60}\text{Co}$  met een veel hogere activiteitsconcentratie dan RIVM. Het is duidelijk dat de  $^{60}\text{Co}$  activiteit niet homogeen verdeeld is in beide afvalwatermonsters.

Voor de overige gammastralers zijn de activiteitsconcentraties gevonden door RIVM erg laag en liggen tussen 0,3 en 10  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ .

### $^3\text{H}$

In elk van de acht batchmonsters is door zowel KCB als RIVM het nuclide  $^3\text{H}$  aangetoond: met een A1, driemaal A2 en viermaal C zijn de overeenkomsten deels redelijk deels matig. Met name de sterk afwijkende resultaten van monster 5 (RIVM 84 en KCB 38,4  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en monster 8 (RIVM 84 en KCB 117  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) zijn opvallend. Het is niet duidelijk wat hier de oorzaak is.

### *Vergelijking $^3\text{H}$ resultaten behaald in BfS Abwasser 2019*

In het BfS-ringonderzoek in 2019 heeft RIVM in 2019 in Modellwasser  $^3\text{H}$  bepaald met een afwijking van de doelwaarde van  $< 2\%$ . Dit was echter wel een heranalyse, omdat door een monsterverwisseling per ongeluk het Abwasser monster van 2018 was geanalyseerd.

Het  $^3\text{H}$  resultaat van KCB lag 6 % onder de doelwaarde. Dit verklaart dus niet de aangetroffen verschillen in monster 5 en 8.

### *$^{90}\text{Sr}$ en $^{89}\text{Sr}$ , totaal-alfa*

In het kwartaalmengmonster van het tweede kwartaal is door RIVM en KCB geen  $^{90}\text{Sr}$  en  $^{89}\text{Sr}$  gevonden (Tabel A4). De resultaten voor  $^{90}\text{Sr}$  en totaal-alfa in het mengmonster van het tweede kwartaal zijn onder de detectiegrens. De detectiegrens van RIVM voor  $^{89}\text{Sr}$  is ruim hoger dan de door de KTA vereiste 0,5  $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Dit is te wijten aan het tijdsverloop tussen het ophalen van het monster en de bepaling begin 2020.

De resultaten van RIVM voor  $^{89}\text{Sr}$  in het Abwasser 2019 ringonderzoek zijn goed en onderbouwen dat de kwaliteit van de bepaling van  $^{89}\text{Sr}$  in afvalwater niet ter discussie staat.

## 4.2.2

### *Afvalwater- KCB-gel*

In de KCB-gel werden zeven verschillende gammastralers zowel door RIVM als door KCB aangetoond (zie Tabel 5 en A2).

De activiteitsconcentraties in de monsters 1-7 is betrekkelijk laag ( $< 16 \text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ ; zie Tabel A1). In monster 8 vinden RIVM en KCB beide voor Co-60  $\sim 35 \text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ . De overeenstemming is goed.

Bij de vergelijking van de gemeten concentraties van de gammastralers in de KCB-gel komt de categorie A1 en A2, en B volgens de statistische verwachting voor.

Tabel 5 KCB-gel: vergelijking van RIVM-metresultaten met KCB-metresultaten aan het KCB gelmonster

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma A1$ *	$\Sigma A2$ *	$\Sigma B$ *	$\Sigma C$ *	
Co-60	A1		A1	A1	A1	A1	A1	A2	6 (3-7)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)	
Nb-95				A1				C	1 (0-2)	0 (0-2)	0 (0-1)	<u>1</u> (0-0)	
Zr-95								A2	0 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)	
Ag110m								A1	1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)	
Te-123m				A2					0 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)	
Sb-124							A1	A1	2 (0-2)	0 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)	
I-131		A2	C						0 (0-2)	1 (0-2)	0 (0-1)	<u>1</u> (0-0)	
Cs-137	A1		A1	A1				A2	A1	4 (2-5)	1 (0-3)	0 (0-1)	0 (0-0)
Totaal									14 (11-18)	5 (3-9)	0 (0-3)	<u>2</u> (0-1)	

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

#### 4.2.3

##### Ventilatielucht

RIVM en KCB vonden in het 5<sup>e</sup> filterpakket een geringe <sup>131</sup>I activiteit. De vergelijking van dit meetresultaat was met een A1 prima.

##### <sup>3</sup>H en <sup>14</sup>C

KCB heeft de gehele zeoliethouders van het bemonsteringssysteem TL080R019 laten analyseren op het <sup>3</sup>H en <sup>14</sup>C gehalte door het radiochemisch laboratorium van Framatom te Erlangen (D). De data in de kwartaalrapportages zijn aangeleverd door Framatom (in Bq/zeolietpatroon). De omrekening naar Bq.m<sup>-3</sup> vindt plaats door KCB; de data van Framatom worden gedeeld door het volume dat door het patroon van TL080R019 is gegaan.

De data van RIVM zijn gedeeld door het volume dat is gegaan door het andere patroon, TL080R020 (Bq.m<sup>-3</sup>). De vergelijking is dus uitgevoerd met de verkregen activiteitsconcentratie in het bemonsterde deelvolumen van het kwartaal. Zie de tabellen A6 en A7.

De data van de zeolietmonsters van het eerste en derde kwartaal van 2019 zijn in dit rapport opgenomen. Voor elk kwartaal is er een anorganische en een organische fractie waarin de activiteitsconcentratie van <sup>3</sup>H<sub>2</sub>O en <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> wordt bepaald. Zie tabel 6.

Tabel 6 vergelijking van RIVM- en KCB-metresultaten voor <sup>3</sup>H en <sup>14</sup>C in kwartaalmonsters van ventilatielucht (Bq.m<sup>-3</sup>) in 2019

Parameter		<sup>3</sup> H	<sup>14</sup> C
Kwartaal 1	anorg	A1	A1
	org	A2	B
Kwartaal 3	anorg	A1	A1
	org	A1	A2

De (an)organische <sup>3</sup>H-fracties vertonen een betere overeenkomst vergeleken met vorig jaar (4 x A2).

RIVM rapporteert een hogere activiteit dan KCB voor de organische <sup>14</sup>C fracties in het 1<sup>e</sup> kwartaalmonster (voor RIVM en KCB: 155 en 110 Bq.m<sup>-3</sup>); KCB rapporteert juist een hogere <sup>14</sup>C activiteitsconcentratie dan RIVM in het 3<sup>e</sup> kwartaalmonster (58 en 43 Bq.m<sup>-3</sup>). De <sup>14</sup>C gehalten in de anorganische fracties komen goed met elkaar overeen.

Waarschijnlijk zijn er kleine verschillen tussen de beide bemonsterings-systemen.

### 4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise

Er komen net als vorig jaar weinig structurele problemen voor bij de vergelijking van de analytische resultaten die behaald zijn tijdens de contra-expertise van afvalwater en ventilatieluchtmonsters.

Bekijken we de de A1-A2-B-C vergelijkingen voor de gammaspectrometrie resultaten in afvalwater, dan is dat dicht bij optimaal. Voor zowel de RIVM-gel als de KCB-gel zijn er nauwelijks uitschieters en de statistische verwachting wordt grotendeels gevolgd.

$^3\text{H}$  wordt aangetroffen in activiteitsconcentraties in de orde van 1,3 – 4180 MBq.m<sup>-3</sup>. De overeenkomst in de  $^3\text{H}$  resultaten in afvalwater kan zeker nog verbeterd worden.

De vergelijking van de ventilatieluchtdata voor  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  is in het twee eerste en derde kwartaal redelijk tot goed. Mogelijk spelen onbekende verschillen tussen de twee monstersystemen een rol.

Ter wille van de overzichtelijkheid is in tabel 7 een samenvatting gegeven van de uitgevoerde contra-expertise in 2019.

*Tabel 7 Overzicht van overeenstemming tussen KCB en RIVM meetresultaten in 2019*

<b>Parameter</b>	<b>Afvalwater</b>	<b>Ventilatielucht</b>
Totaal-alfa	< MDA	
Gammaspectrometrie:		Goed (veel < MDA)
- KCB-gel	goed	
- RIVM-gel	goed	
Strontium-89	< MDA	
Strontium-90	< MDA	
Koolstof-14	-	Anorg goed; org redelijk
Tritium	Goed / matig	Goed

MDA = minimaal detecteerbare activiteit

## 5 Bijlage A Vergelijking meetresultaten

**Afvalwater - 2019**

Tabel A1: Vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers in afvalwatermonsters, gegeleid door RIVM ( $\text{kBq.m}^{-3}$ );  $^3\text{H}$  in  $\text{MBq m}^{-3}$ . KCB rapporteert onzekerheden in 2s; RIVM in 1s.

WATER	periode 1			periode 2		
	RIVM	V	KCB*	RIVM	V	KCB
Co-60	13,6 ± 0,5	A1	15 ± 7	0,58 ± 0,05		< 0,4
Ag-110m	1,35 ± 0,09		< 0,4			
I-131				0,9 ± 0,3	A2	0,42 ± 0,13
Xe-133				< 3		0,7 ± 0,2
Cs-137	1,47 ± 0,13	A1	1,6 ± 0,3			
H-3	117 ± 4	A2	127 ± 6	4110 ± 140	A2	3800 ± 100

\* Meetresultaat voor Co-60 later gecorrigeerd door een fout in de meetapparatuur.

WATER	periode 3			periode 4		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	7,3 ± 0,3	A2	10 ± 5	1,20 ± 0,10	A2	2,2 ± 1,0
Nb-95				0,67 ± 0,13	A1	0,7 ± 0,3
Ag-110m				0,47 ± 0,06		< 0,3
Te-123m				0,38 ± 0,07	A2	0,54 ± 0,14
I-131	< 4		0,9 ± 0,2			
Cs-137	0,32 ± 0,07	A1	0,38 ± 0,14	0,26 ± 0,07	A1	0,23 ± 0,11
H-3	4180 ± 140	C	3520 ± 100	110 ± 4	A2	105 ± 3

WATER	periode 5			periode 6		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	17,8 ± 0,7	C	0,9 ± 0,4	1,72 ± 0,12	A2	1,4 ± 0,6
Ag-108m	2,88 ± 0,17					
Ag-110m	10,7 ± 0,4		< 0,3			
Te-123m				< 0,2		0,50 ± 0,13
Cs-137	0,37 ± 0,09					
H-3	84 ± 3	C	38 ± 1,3	96 ± 3	A1	93 ± 3

WATER	periode 7			periode 8		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	11,2 ± 0,5	A2	9 ± 4	7,5 ± 0,3	C	34 ± 15
Nb-95				7,6 ± 0,5	C	3,6 ± 1,7
Zr-95				2,9 ± 0,3	A2	1,9 ± 0,9
Ag-110m	0,94 ± 0,10		< 0,4	6,4 ± 0,3	A1	6,5 ± 1,1
Sb-124	0,90 ± 0,12	A1	0,9 ± 0,2	1,29 ± 0,18	A1	1,3 ± 0,3
Cs-137	0,90 ± 0,11	A1	1,0 ± 0,2	0,73 ± 0,10	A1	0,9 ± 0,2
H-3	1,37 ± 0,05	C	2,15 ± 0,13	84 ± 3	C	117 ± 3

Tabel A2 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers in afvalwatermonsters uit 2019, gegeleerd door KCB (kBq.m-3). KCB rapporteert onzekerheden in 2s; RIVM in 1s.

GEL	periode 1			periode 2		
	RIVM	V	KCB*	RIVM	V	KCB
Co-60	15,9 ± 0,6	A1	15,4 ± 1,0	0,53 ± 0,03		< 0,4
Ag-110m	1,30 ± 0,10		< 0,4			
I-131				0,7 ± 0,2	A2	0,42 ± 0,13
Xe-133				< 2		0,7 ± 0,2
Cs-137	1,58 ± 0,13	A1	1,6 ± 0,3			

\* Meetresultaat voor Co-60 later gecorrigeerd door een fout in de meetapparatuur.

GEL	periode 3			periode 4		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	10,1 ± 0,4	A1	10,0 ± 0,7	2,35 ± 0,14	A1	2,2 ± 0,2
Nb-95				0,81 ± 0,12	A1	0,67 ± 0,17
Zr-95						
Ag-110m	0,30 ± 0,06		< 0,3	0,60 ± 0,06		< 0,3
Te-123m				0,46 ± 0,04	A2	0,54 ± 0,12
I-131	1,8 ± 0,2	C	0,86 ± 0,19			
Cs-137	0,43 ± 0,08	A1	0,38 ± 0,14	0,27 ± 0,05	A1	0,23 ± 0,11

GEL	periode 5			periode 6		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	0,90 ± 0,09	A1	0,87 ± 0,15	1,26 ± 0,10	A1	1,36 ± 0,18
Te-123m				< 0,2		0,50 ± 0,11
Cs-137				0,19 ± 0,10		< 0,3

GEL	periode 7			periode 8		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	9,0 ± 0,4	A1	8,7 ± 0,6	35,6 ± 1,4	A2	34 ± 2
Nb-94				0,68 ± 0,08		
Nb-95				5,9 ± 0,4	C	3,6 ± 0,5
Zr-95				2,3 ± 0,3	A2	1,9 ± 0,3
Ag-110m	1,04 ± 0,10		< 0,4	6,3 ± 0,3	A1	6,5 ± 0,4
Sb-124	0,99 ± 0,13	A1	0,89 ± 0,19	1,17 ± 0,16	A1	1,3 ± 0,2
Cs-137	0,83 ± 0,10	A2	1,0 ± 0,2	0,72 ± 0,10	A1	0,9 ± 0,2

**Tabel A3 : De nucliden in de bibliotheek van RIVM voor analyse van gammaspectra van monsters afvalwater en ventilatielucht**

<sup>7</sup> Be	<sup>65</sup> Zn*	<sup>103</sup> Ru*	<sup>125</sup> I	<sup>136</sup> Cs	<sup>188</sup> W	<sup>219</sup> Rn
<sup>22</sup> Na	<sup>67</sup> Ga	<sup>106</sup> Ru*	<sup>125</sup> Sb <sup>†</sup>	<sup>137</sup> Cs*	<sup>191</sup> Os	<sup>223</sup> Ra
<sup>24</sup> Na	<sup>75</sup> Se	<sup>109</sup> Cd	<sup>129</sup> I	<sup>139</sup> Ce	<sup>202</sup> Tl	<sup>226</sup> Ra
<sup>40</sup> K	<sup>82</sup> Br	<sup>110m</sup> Ag*	<sup>129</sup> Te	<sup>140</sup> Ba*	<sup>203</sup> Hg	<sup>227</sup> Th
<sup>51</sup> Cr*	<sup>83</sup> Rb	<sup>111</sup> In	<sup>129m</sup> Te	<sup>140</sup> La*	<sup>203</sup> Pb	<sup>228</sup> Ac
<sup>54</sup> Mn*	<sup>85</sup> Sr	<sup>113</sup> Sn	<sup>131</sup> I*	<sup>141</sup> Ce*	<sup>208</sup> Tl	<sup>230</sup> Th
<sup>56</sup> Co	<sup>88</sup> Y	<sup>115</sup> Cd	<sup>132</sup> I	<sup>144</sup> Ce*	<sup>210</sup> Pb	<sup>231</sup> Pa
<sup>57</sup> Co*	<sup>95</sup> Nb*	<sup>115m</sup> Cd	<sup>132</sup> Te	<sup>152</sup> Eu	<sup>212</sup> Bi	<sup>234m</sup> Pa
<sup>58</sup> Co*	<sup>95m</sup> Tc	<sup>121</sup> Te	<sup>133</sup> I	<sup>181</sup> W	<sup>212</sup> Pb	<sup>234</sup> Th
<sup>59</sup> Fe <sup>†</sup>	<sup>95</sup> Zr*	<sup>123m</sup> Te <sup>†</sup>	<sup>133</sup> Xe	<sup>185</sup> W	<sup>214</sup> Bi	<sup>235</sup> U
<sup>60</sup> Co*	<sup>99</sup> Mo	<sup>124</sup> Sb*	<sup>134</sup> Cs*	<sup>186</sup> Re	<sup>214</sup> Pb	<sup>241</sup> Am

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

† Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden<sup>4</sup>

Overige nucliden zijn opgenomen in de generieke gammabibliotheek die ook voor afvalwater van COVRA, NRG, Urenco en RID wordt toegepast.

**Tabel A4 : Vergelijking van de activiteitsconcentratie van totaal-alfa, <sup>89</sup>Sr en <sup>90</sup>Sr in het afvalwater mengmonster van kwartaal 2, 2019 van KCB (kBq m<sup>-3</sup>)**

2019 kwartaal-2			
nuclide	RIVM	V	KCB
totaal-alfa	< 0,1		< MDA
<sup>89</sup> Sr	< 5		< 0,5
<sup>90</sup> Sr	< 0,2		< 0,5

N.d. Niet detecteerbaar. De detectielimiet van RIVM voor <sup>89</sup>Sr voldoet niet aan KTA1504 (< 0,5 kBq.m<sup>-3</sup>); dit heeft te maken met de tijd tussen monsternamen en uitvoering van de <sup>89</sup>Sr bepaling.

### Ventilatielucht - 2019

In de filterpakketten uit de periodes (zie tabel A5) is in het filterpakket van periode 5 een geringe gamma activiteit aan getroffen.

**Tabel A5 : weekperiodes in 2019 waarvan de ventilatielucht filterpakketten gammaspectrometrisch zijn onderzocht (mBq.m<sup>-3</sup>)**

Monsternr. Periode	Pakket	Nuclide	Aërosolfilter			DSM11-1		
			RIVM	V	EPZ	RIVM	V	EPZ
1. 8-15 februari	>	<sup>131</sup> I	< 0,7			< 0,6		
2. 17-24 mei	<	<sup>131</sup> I						
3. 24-31 mei	<	<sup>131</sup> I						
4. 14-21 juni	<	<sup>131</sup> I						
5. 9-16 aug	>	<sup>131</sup> I	< 0,6			0,36 ± 0,11		< 0,42
6. 1-8 nov	<	<sup>131</sup> I						
7. 29 nov-6 dec	<	<sup>131</sup> I						
8. 6-13 dec	<	<sup>131</sup> I						

Tabel A5 (vervolg;  $\text{mBq.m}^{-3}$ )

Monsternr. Periode	Nuclide	DSM11-2			Kool-1**		
		RIVM	V	EPZ	RIVM	V	EPZ
1. 8-15 februari	$^{131}\text{I}$				< 0,3		
2. 17-24 mei	$^{131}\text{I}$						
3. 24-31 mei	$^{131}\text{I}$						
4. 14-21 juni	$^{131}\text{I}$						
5. 9-16 aug	$^{131}\text{I}$				$2,2 \pm 0,2$	A1	$2,4 \pm 0,3$
6. 1-8 nov	$^{131}\text{I}$						
7. 29 nov-6 dec	$^{131}\text{I}$						
8. 6-13 dec	$^{131}\text{I}$						

\* KTA 1503.1<sup>3</sup> eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  en  $^{131}\text{I}$  minder dan 10, respectievelijk, 20  $\text{mBq m}^{-3}$  bedraagt. Voor  $^{137}\text{Cs}$  is een detectiegrens van 30  $\text{mBq.m}^{-3}$  vereist.

\*\* In DSM11-2 en kool-2 is geen activiteit aangetroffen.

Tabel A6 : Vergelijking van  $^3\text{H}$ -activiteitsconcentraties ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ) in de zeolietkwartaalmonsters van ventilatielucht genomen met de opstelling TL080R020 (RIVM) en TL080R019 (EPZ)

Periode 2019	Aard v.d. fractie	H-3		
		RIVM	V	EPZ
1 <sup>e</sup> kwart	anorganisch	$120 \pm 5$	A1	$120 \pm 20$
	organisch	$2,05 \pm 0,10$	A2	$1,4 \pm 0,6$
3 <sup>e</sup> kwart	anorganisch	$320 \pm 13$	A1	$280 \pm 50$
	organisch	$2,13 \pm 0,10$	A1	$2,2 \pm 0,8$

\* EPZ rapporteert geen onzekerheden bij de  $^3\text{H}$  activiteitsconcentraties.

Vergelijking is uitgevoerd met de (relatieve) meetonzekerheid van RIVM.

Tabel A7 : Vergelijking van  $^{14}\text{C}$ -activiteitsconcentraties ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ) in de zeolietkwartaalmonsters van ventilatielucht genomen met de opstelling TL080R020 (RIVM) en TL080R019 (EPZ)

Periode 2019	Aard v.d. fractie	14C		
		RIVM	V	EPZ
1 <sup>e</sup> kwart	anorganisch	$11,8 \pm 0,6$	A1	$13,0 \pm 2,4$
	organisch	$155 \pm 8$	B	$110 \pm 18$
3 <sup>e</sup> kwart	anorganisch	$14,6 \pm 0,7$	A1	$14,0 \pm 2,7$
	organisch	$43 \pm 2$	A2	$58 \pm 9,6$

\* EPZ rapporteert geen onzekerheden bij de  $^{14}\text{C}$  activiteitsconcentraties.

Vergelijking is uitgevoerd met de (relatieve) meetonzekerheid van RIVM.



## 6 Bijlage B Analyseprocedures van KCB in 2019

### **B1 Bepaling van C-14 en H-3 lozing door de ventilatieschacht** **Documentgegevens**

Titel: Bepaling van de koolstof-14 en tritium lozing door de ventilatieschacht

Identificatie: N04-26-033

Versie: 9

Opsteldatum: 11-12-2015

Documentsoort: Analysevoorschrift KMC

Opstelprocedure: PO-N04-26

Reviewfrequentie: 48 maanden

Volgende review: 11-12-2019

## 7. WERKWIJZE

### 7.1 WISSELEN VAN DE CILINDERS MET MOLECULAIRZEEF

- Enkele dagen voor plaatsing in het monsternameapparaat nieuwe molecuulairzeef gedurende 8 uur uitstoken op 350 oC onder doorleiden van stikstof (5 NI/h). De molecuulairzeef af laten koelen onder doorleiden van stikstof.
- Vul een lege cilinder met uitgestookte molecuulairzeef, schroef de cilinder dicht en bepaal de massa van de cilinders plus molecuulairzeef. Noteer de massa op de betreffende cilinder. Bovenstaande wordt voor iedere cilinder apart uitgevoerd
- Voor verwijderen van de cilinders de wacht inlichten.
- Zet de schakelaar in de monsternamekast op 0 en noteer de datum/tijd op de cilinder.
- Verwijder de geplaatste cilinders met molecuulairzeef uit de automatische monstername- apparatuur.
- Noteer de tellerstand van het aantal pompslagen op de meetstaat.
- Plaats de cilinders met nieuwe molecuulairzeef in het monsternameapparaat en reset de teller.
- Wissel het papierfilter in de inlaat van het monsternameapparaat (alleen in TL080R020).
- In de maanden januari en juli ook de katalysatormassa in de oven van het monstername- apparaat wisselen (pas op HEET).
- Zet de schakelaar in de monsternamekast op stand 4 en noteer de datum/tijd op de cilinders.
- Bepaal de massa's van de gewisselde cilinders plus molecuulairzeef en noteer deze massa's ook op de cilinder.

### 7.2 UITSTOKEN VAN DE MOLECULAIRZEEF

De werkwijze is voor beide cilinders, organisch en anorganisch gelijk

- Schakel de koeler in de dag voor uitstoken en stel de koelertemperatuur in op 10 OC.
- Op de dag van uitstoken de koelertemperatuur instellen op 1 OC.
- Controleer de uitstookopstelling (zie bijlage 2) op compleetheid, de aanwezigheid van stikstof en de elektrische aansluitingen. Controleer ook de aanwezige o-ringen op beschadigingen.

- Breng m.b.v. een maatcilinder 70 ml carbosorb in gaswasflesje 1 en 60 ml carbosorb in gaswasflesje 2. Eventueel eerst voorspoelen met carbosorb.
- Stel de stikstofdruk op de reduceer in op ca. 0,25 bar, open de toevoer en stel het debiet in op ca. 3,0 NI/h. Wacht op een regelmatige bellenstroom in de gaswasflesjes.
- Sluit de beide afvoeren van het tweede gaswasflesje en wacht tot de bellenstroom stopt. Het stikstofdebiet moet < 0,3 NI/h worden, bij een druk van 0,25 bar. Na de lekttest de stikstoftoevoer sluiten en de druk voorzichtig aflaten door de afvoer van het tweede gaswasflesje te openen.
- Breng de uit te stoken molecuulairzeef over in de glazen ovenbuis en sluit deze goed.
- Stel het stikstofdebiet in op 0,3 NI/h en voeg via het septum langzaam water toe totdat het watergehalte van de molecuulairzeef 12,5-15,0 g per 100 g molecuulairzeef bedraagt. Het patroon bevat 320 g zeoliet, dit komt neer op een toevoeging van 48 gram water. Het patroon heeft al water opgenomen, dus toegevoegd moet worden: 48 gram min massa water geadsorbeerd.  
Let op dat het bellenpatroon in de gaswasflesjes niet te heftig wordt, anders kan de vrijkomende CO<sub>2</sub> niet voldoende reageren met de Carbosorb.
- Schakel na 10 minuten wachten de buisoven in op 50 oC. Het gasdebiet door de gaswasflesjes zal tijdens opwarmen stijgen t.g.v. desorptie van CO<sub>2</sub>
- Als het gasdebiet door de gaswasflesjes weer afgenomen is tot ca. 0,3 NI/h (na ca. 15 minuten) de oven-temperatuur verhogen tot 80 oC. Ook nu zal het gasdebiet door de gaswasflesjes weer stijgen.
- Als het gasdebiet door de gaswasflesjes weer afgenomen is tot ca. 0,3 NI/h (na ca. 15 minuten) de oven-temperatuur verhogen tot 100 oC. Ook nu zal het gasdebiet door de gaswasflesjes weer stijgen.
- Als het gasdebiet door de gaswasflesjes weer afgenomen is tot ca. 0,3 NI/h (na ca. 15 minuten) de oven-temperatuur verhogen tot 150 oC.
- 10 minuten na het bereiken van een temperatuur van 150 oC deze verhogen tot 200 oC en 10 minuten wachten.
- Temperatuur in stappen van 10 oC verhogen tot 240 oC steeds het bellenpatroon in de gaswasflesjes beoordelen (bij ca. 220 oC komt het water vrij).
- Na 20 minuten de oventemperatuur verhogen tot 350 oC en het stikstofdebiet tot 1,0 NI/h.
- Na 5 uur op 350 oC de stikstoftoevoer sluiten en de koeler uitschakelen.
- Voor de koolstof-14 bepaling.  
De inhoud van gaswasflesje 1 of 2 overbrengen in een droge maatcilinder van 100 ml. Het gaswasflesje spoelen met carbosorb via de gastoevoer met 3 maal 5 ml carbosorb en dit ook in de maatcilinder brengen. Na spoelen het volume van de carbosorb bepalen en deze vanuit de maatcilinder overbrengen in een, vooraf gemerkt, glazen monsterflesje van 100 ml.

- Voor de tritiumbepaling.  
Spoel met ca. 15 ml met een injeCtiespuit met naald de laatste resten condensaat uit de gasafvoer van de ovenbuis via de koeler in de rondbodemkolf. Spoel daarna de koeler met ca. 15 ml water en vang dit ook op in de rondbodemkolf. Breng de inhoud van de rondbodemkolf over in een droge maatcilinder van 100 ml. Spoel de kolf enkele malen met weinig deminwater en breng dit ook over in de maatcilinder. Lees het volume water af en breng dit over in een, vooraf gemerkt, plastic monsterflesje van 100 ml.

### 7.3 METEN VAN DE MONSTERS

#### 7.3.1 Aanmaken van de monsters voor de meting

- Koolstof-14

De werkwijze is voor alle monsters carbosorb gelijk.

Omdat de efficiëntie van de monsters afhankelijk is van eventuele verontreiniging wordt deze per monster bepaald.

De monsters voor de scintillatiemeting worden aangemaakt in telflesjes van 20 ml

Tabel 2: Aanmaken monsters voor scintillatiemeting koolstof-14, hoeveelheden zijn in ml

	<b>achtergrond</b>	<b>standaard 3,11 E+3 Bq</b>	<b>(AN)ORG fles 1 + BL</b>	<b>(AN)ORG fles 1 + ST</b>	<b>(AN)ORG fles 2 + BL</b>	<b>(AN)ORG fles 2 + ST</b>
carbosorb	11	10	1	0	1	0
standaard	0	1	0	1	0	1
monster	0	0	10	10	10	10
permafluor	9	9	9	9	9	9

Hierna de telflesjes goed schudden en in het rekje met protocolvlag 19 plaatsen.

- Tritium

De werkwijze is voor beide monsters (organische en anorganische fase) gelijk.

Filtreer het monster af via een 0,2 micrometerfilter af en breng 10 ml in een telflesje en 10 ml ultima gold LLT scintillatievloeistof toevoegen. Telflesje goed schudden en in het rekje met protocolvlag 18 plaatsen.

Opmerking: destilleren levert een te grote kans op besmetting en is om deze reden afgeschaft.

Tabel 3: Aanmaken monsters voor scintillatiemeting Tritium (ml)

	<b>blanco</b>	<b>Standaard E3</b>	<b>Org</b>	<b>Anorg</b>
Demi	10	0	0	0
Standaard	0	10	0	0
Monster	0	0	10	10
Scintillatievloeistof	10	10	10	10

### 7.3.2 Meten van de monsters

- Koolstof-14
  - \* Het telrekje met IPA-standaarden in het instrument plaatsen en de vlag uitschuiven
  - \* Het telrekje met de monsterflesjes in het instrument plaatsen en de volgende gegevens invullen:
    - naam uitvoerende
    - de naam en de directory van te creëren bestand (C:\C14\YY\KW\anorg of org)
    - kies voor opslaan van de spoCtra en geef de directory waar de spoCtra opgeslagen moeten worden (C:\C14\YY\KW\anorg of org)
    - alle verdere gegevens liggen vast in het protocol
    - start de meting door de toets F11 in te drukken
- Tritium
  - \* Het telrekje met IPA-standaarden in het instrument plaatsen en de vlag uitschuiven
  - \* Het telrekje met de monsterflesjes in het instrument plaatsen en de volgende gegevens invullen:
    - naam uitvoerende
    - de naam en de directory van te creëren bestand (C:\C14\YY\KW\3H)
    - kies voor opslaan van de spoCtra en geef de directory waar de spoCtra opgeslagen moeten worden (C:\C14\YY\KW\3H)
    - alle verdere gegevens liggen vast in het protocol
    - start de meting door de toets F11 in te drukken

### 7.4 VERWERKEN VAN DE MEETRESULTATEN

Alle berekeningen worden uitgevoerd in het excel-werkblad TL080R019\_blanco.xls. Om deze berekeningen uit te kunnen voeren moeten de meetwaarden in het werkblad ingevoerd worden.

- Voer de meetwaarden in Excel. Voer ook de waarden in voor de SIS (SpoCtral Index of the Sample) en de IPA (Instrument Performance Assessment)-standaarden
- Rapportage geschiedt via een uitdraai van het tabblad rapportage.

## 7.5 BEPALING SLAGVOLUME ZUIGERPOMP

Jaarlijks wordt van beide systemen TL080R019 en TL080R020 het slagvolume van de zuigerpomp bepaald. De afvoer van TL080R019, respectievelijk TL080R020 wordt tijdelijk aangesloten op een natte gas (debiet) meter. De beginstand van de teller en het volume van de debietmeter worden genoteerd. Na een week wordt de debietmeter verwijderd en de tellerstand en volume weer genoteerd. Het slagvolume wordt nu berekend met de volgende formule:

$$\text{Slagvolume in ml/slag} = \frac{(Volume_{eind} - Volume_{begin})}{(Slagen_{eind} - Slagen_{begin})}$$

Er is sprake van een wijziging in de systemen, namelijk de afvoer ventilatielucht wordt nu niet retour gevoerd naar de ventilatieschacht (TL076), maar over een debietmeter geleid. Daarom moet er een tijdelijk modificatieblad ingevuld worden die door de plaatsvervangend wachtingenieur ingeschreven en getekend wordt. Dit formulier is te vinden onder formulieren, bedrijfsvoering, tijdelijk modificatieblad (TMB). De plaatsvervangend wachtingenieur geeft een blauw label (TMB-W) mee dat bevestigd moet worden aan het monsternamesysteem.

Het bepaalde slagvolume wordt aangepast in het excelblad TL080R019\_blanco.

## 8 BEREKENING

### **Berekening C-14 en Tritium**

Hierna volgt de berekening van de geloosde activiteit aan C-14/tritium over een bepaalde periode. Uitgangspunt is de gemeten impulsnelheid van het monster (cpm)

Het totaal bruto impulsen van het monster en de achtergrond wordt berekend door de impulsen per minuut (cpm) te vermenigvuldigen met de teltijd (20 minuten).

## B2 Bepaling van de lozing van aerosolen en jodium via de ventilatieschacht

### Documentgegevens

Titel: Bepaling van de lozing van aerosolen en jodium via de ventilatieschacht  
 Identificatie: N17-25-220  
 Versie: 5  
 Opsteldatum: 5-2-2020  
 Documentsoort: Meet- bedieningsinstructie  
 Opstelprocedure: PO-N17-25  
 Reviewfrequentie: 48 maanden  
 Volgende review: 5-2-2024

## 3 UITVOERING

### 3.1 FILTERWISSEL

- Neem uit de kast een nieuw RVS filterpatroon en vul dit als volgt met verse zeoliet DSM11 en actieve kool, TEDA geïmpregneerd. Van boven naar beneden:
  - \* 2 aerosolfilters, S-klasse, glasfaser, 90 mm (ligt los op filterpatroon);
  - \* 2 bedden van 100 cm<sup>3</sup> DSM11;
  - \* 2 bedden van 200 cm<sup>3</sup> actieve kool, TEDA geïmpregneerd. De zeoliet/koolbedden worden door gridjes gescheiden.
- Neem het gevulde patroon en het aerosolfilter mee naar TL080R015 (03415) danwel naar TL080R018 (03416).
- Open vervolgens de kast (tweede paneel van onder).
- Maak de vergrendeling van de hefboom links naast het filter los (palletje) en trek de hefboom naar voren. Hierdoor zakken het filter en de teflonbus die daaromheen zitten omlaag. Het filter komt daardoor vrij en de pomp slaat automatisch af.
- Noteer het doorstroomde volume en de standtijd zoals die zijn geregistreerd door de Microquant. Normaal gesproken staat het apparaat in de bedrijfsstand. In het display staat dan:

Qt= X.XX [m<sup>3</sup>/h] Qt is de actuele doorstroming

Met behulp van de toetsen D en E kunnen de volgende bedrijfsparameters worden uitgelezen:

Q	X.XX	actuele doorstroming
t	[m <sup>3</sup> /h]	
=		
Σ	X.XX [m <sup>3</sup> ]	actuele doorstroomde volume
Q		
=		
T	X.X [h]	actuele standtijd
=		
Δ	X.XX	actuele drukval over het filter
p	[mbar]	
=		
M	200,0	drukval over filter waarboven alarm wordt
a	[mbar]	gegenereerd
x		

M	40,0	drukval over filter waaronder alarm wordt
in	[mbar]	gegenereerd
Q	X.XX	totale doorstroming tijdens vorige cyclus; de
0	[m <sup>3</sup> /h]	eenheid staat niet corroCt in het display, moet
=		zijn [m <sup>3</sup> ].
T	X.X [h]	totale standtijd van vorige cyclus
0		
=		

Als het apparaat na filterwissel wordt herstart worden SQ en ST opgeslagen. Deze gegevens zijn van de laatste tien periodes terug te halen. Daartoe moet vanuit de bedrijfstoestand op toets F worden gedrukt. In het display verschijnt dan <1> Betrieb. Door een druk op toets D verschijnt in het display <2> Speicher. Druk nu op toets C (Enter). In het display verschijnt dan Q0= X.XX [m<sup>3</sup>]. Met behulp van toetsen D en E kunnen de laatste 10 doorgestroomde volumina en standtijden worden teruggelezen, Q0 heeft betrekking op de meest recente, Q9 op de oudste.

- Wissel het filter.
- Plaats het nieuwe filter roCht in het apparaat en vergrendel het filter met behulp van de hefboom. Vergrendel ook de hefboom. Zorg ervoor dat het filter roCht zit: na vergrendeling moet de teflon huls rond kunnen draaien.
- Druk op de knop Neustart nach FilterwoChsel, op het bovenste paneel naast het Microquant paneel.
- Druk daarna op de witte vierkante knop (Ein/on) midden op het apparaat.
- De temperatuur aflezing dient ongeveer 13 K aan te geven, het duurt oChter ongeveer een half uur voordat de juiste waarde wordt bereikt.
- Zolang TL080R015 of TL080R018 uit bedrijf is ook de edelgasmetering TL080R011 dan wel TL080R012 uit bedrijf!
- De instellingen dienen als volgt te zijn:
  - \* TL080R015Qt ongeveer 4,2 [m<sup>3</sup>/h].
  - \* TL080R018Qt ongeveer 4,2 [m<sup>3</sup>/h].
- De sleutelschakelaar: intern/internal.
- Blauwe keuzeschakelaar: temperatuurgradiënt, K/temperatuurgradiënt.
- Zwarte hoofdschakelaar ingedrukt.
- Op paneel microquant dienen links 2 groene lampjes te branden.
- In display microquant brandt groene lampje OK en Qt= ...[m<sup>3</sup>/h].
- Naast witte Ein/on knop brandt groen lampje: continuous light power on.

### 3.2 AËROSOLLOZING

De aërosolozing wordt bepaald op basis van het glasfaserfilter in de TL080R018. In de opstelling zit een glasvezel filter op het jodiumpatroon. Voor de bepaling dient als volgt te worden gehandeld:

- Bepaal met behulp van de HpGe (instructie N17-26-042) de

activiteit op het filter door dit filter als geheel plat op de HpGe te leggen. Gebruik daarvoor geometrie 15, filter 90 mm. Noteer het resultaat van de meting.

- De uiteindelijk te rapporteren hoeveelheid aërosolen is 2x de gevonden hoeveelheid als bepaald met behulp van de HpGe en de monitorgegevens. Dit geldt ook voor de MCA waarde. Dit i.v.m. de buisfactor van het monsternamesysteem, die bepaald is op 2.

### 3.3 $\alpha$ EN $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ LOZING

Na de meting dient het bovengenoemde filter te worden bewaard. Eens per kwartaal dient de bepaling van de  $\alpha$  en  $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$  activiteit op de filters plaats te vinden.

Deze bepaling wordt uitgevoerd door de KEMA en de resultaten worden verwerkt in de rapportage aan de overheid. Indien de  $\alpha$  activiteit  $> 5\text{E}-3$  Bq/m<sup>3</sup>, dan moet ook een  $\alpha$  nucliden specifieke bepaling worden uitgevoerd.

### 3.4 JODIUMLOZING

De jodiumlozing wordt wekelijks bepaald met behulp van het filterpatroon uit de TL080R018 en wordt opgesplitst in de lozing van organisch gebonden jodium (CH<sub>3</sub>I) en anorganisch gebonden jodium (I<sub>2</sub>). Het filterpatroon is daarom gevuld met twee materialen. Eerst het zeoliet 'A41 absorber materiaal DSM11' voor het absorberen van I<sub>2</sub>, en vervolgens de met TEDA geïmpregneerde actieve kool voor het absorberen van CH<sub>3</sub>I. Beide absorber bedden zijn dubbel uitgevoerd.

- In eerste instantie dient slechts het eerste bed te worden gemeten (op de HpGe volgens instructie N17-26-042). Het volume van de DSM11 is 100 ml, geometrie 3, 100 ml op 0 cm.
- De actieve kool heeft een volume van 200 ml per bed, hiervoor gebruikt men geometrie 8, 200 ml op 0 cm.
- ALS in het eerste DSM11 bed jodium wordt gemeten dan dient ook het tweede DSM11 bed te worden gemeten.
- De totale halogenen lozing wordt bepaald aan de hand van de bij elkaar opgetelde activiteiten van zowel de zeoliet als de actieve koolbedden.
- ALS in het eerste met TEDA geïmpregneerde actieve kool bed jodium wordt gemeten dan dient ook het tweede bed te worden gemeten.
- Wanneer jodium gevonden wordt in het tweede bed, dan dient bij de berekening van de lozing rekening gehouden te worden met het vangst percentage van de bedden.

De I<sub>2</sub> en CH<sub>3</sub>I lozingen dienen afzonderlijk te worden genoteerd en gerapporteerd.

Van de TWEEDE opstelling, TL080R015, dienen het filter en de inhoud van de filterelementen te worden bewaard. Deze filters dienen t.z.t. naar het RIVM te worden gestuurd om daar te worden onderzocht.



### 3.5 DETOCTIEGRENZEN

In de rapportage naar de overheid moeten de minimale en maximale detoCtiegrenzen, die in de 13 weken van het betreffende kwartaal zijn voorgekomen, worden vermeld. Hiertoe moeten de detoCtiegrenzen van aërosol en jodium bepaling van het betreffende kwartaal worden verzameld. Deze detoCtiegrenzen worden door het meetprogramma gegenereerd.

### 3.6 BEREKENING

De berekening van de geloosde hoeveelheid radioactieve stoffen vindt plaats met de volgende formule:

Lozing [Bq] = Activiteit [Bq/m<sup>3</sup>] x flow TL027F001 [m<sup>3</sup>/h] x aanzuigtijd [h]

Waarbij opgemerkt moet worden dat door APEX automatisch wordt gecorrigeerd voor de doCay time.

De doCay time is de tijd voor de bemonstering (wordt gekenmerkt door de start datum/tijd en eind datum/tijd) + de tijd na het einde van de bemonstering voordat wordt begonnen met de meting + een correctie voor verval tijdens de meting (telling).

### **B3 Metingen en berekeningen aan monsters van radioactief afvalwater**

Documentgegevens

Titel: Metingen en berekeningen aan monsters van radioactief afvalwater

Identificatie: N04-28-012

Versie: 1

Opsteldatum: 7-2-2020

Documentsoort: Chemie instructie

Opstelprocedure: PO-N04-28

Reviewfrequentie: 48 maanden

Volgende review: 24-12-2023

## **4 WERKWIJZE**

### **4.1 BEMONSTERING EN ANALYSE OPVANG- EN LOZINGTANKS TR-SYSTEEM**

#### **Bemonstering opvangtanks**

Van de opvangtanks TR011B001, TR012B001, TR013B001 en TR014B001 wordt een 1 liter puntmonster genomen in een ZPE-monsterfles. Er worden geen drageroplossingen toegevoegd.

#### **Analyses TR011B001 en TR012B001**

pH, boriumgehalte, chloridegehalte en de totaal gamma activiteit (NaI, geometrie 1 liter). De inhoud van TR011B001 en TR012B001 kan over het algemeen zonder verdere behandeling overgepompt worden in de lozingstank.

#### **Analyses TR013B001 en TR014B001 (lek- en schrobwater)**

pH, boriumgehalte, chloridegehalte, bepaling van de hoeveelheid loog en antischuim, vaste stof gehalte en totaal gamma activiteit.

De inhoud van TR013B001 en TR014B001 wordt verwerkt via de afvalwaterverdamer TR034N001, het condensaat wordt opgevangen in de lozingstank.

#### **Archivering**

De analysesresultaten en de uit te voeren afvalwaterbehandeling worden vastgelegd in het excelbestand K:\EPZ\NO\KMC\Database\Afvalwater\afvalwaterlozingen 20xx.xcls.

De uit te voeren afvalwaterbehandeling, verpompen, doseren van chemicaliën en verdampen, wordt door KMC middels het door een medewerker van KMC geparafeerde afvalwaterformulier aan de afdeling KPB gemeld. Dit formulier wordt na invullen van het volgnummer automatisch gegenereerd in de afvalwaterdatabase op het tabblad "formulier".

### **4.2 BEMONSTERING EN ANALYSE LOZINGTANKS TR040-SYSTEEM**

#### **Bemonstering en analyses lozingtanks**

Van de lozingstanks TR041B001 of TR042B001 worden monsters genomen volgens onderstaand schema:

- 1 × 500 ml puntmonster zonder toevoeging van drageroplossingen in een schone monsterfles (ZPE, wijdmonds).

Van dit monster wordt de pH, het boorgehalte en de tritiumactiviteit bepaald. De meetfout in de tritiumactiviteit wordt

eveneens vermeld. De aantoonbaarheidsgrens voor tritium moet, conform KTA 1504,  $40 \text{ kBq.m}^{-3}$  zijn.

- 1 × 2 liter puntmonster met drageroplossingen in een schone monsterfles (ZPE, wijdmonds). Voorzie de monsterfles van een unieke code: XX-YYY (XX = jaartal en YYY = volgnummer (het eerste monster in een betreffend jaar krijgt het volgnummer 001)). Noteer op de fles ook het bemonsteringstijdstip en de betreffende lozingstank. Van dit monster worden de totaal gamma-activiteit en de nuclidensamenstelling bepaald. Aan het monster worden drageroplossingen toegevoegd:
- Drageroplossing 1 wordt vooraf in de monsterfles gebracht. Na het vullen van de fles (niet spoelen en niet overvullen!) wordt drageroplossing 2 toegevoegd. De toe te voegen hoeveelheid drageroplossingen bedraagt 1 ml per liter monster. Na het toevoegen van de drageroplossingen wordt het monster aangezuurd met geconcentreerd (65%) salpeterzuur in een hoeveelheid van circa 10 ml per liter monster. Meet na aanzuren de pH (1 – 2) en noteer de waarde op de monsterfles en in het afvalwaterschrift. Van dit monster wordt de totaal gamma-activiteit en de nuclidensamenstelling bepaald.
- De puntmonsters worden minimaal één jaar bewaard voor het RIVM dat steekproefsgewijs een contra-expertise uitvoert. De aantoonbaarheidsgrens voor  $^{60}\text{Co}$  in gedemineraliseerd water moet, conform KTA 1504,  $< 1 \text{ kBq.m}^{-3}$  zijn.

### Archivering

In het excelbestand K:\EPZ\NO\KMC\Database\Afvalwater\afvalwaterlozingen 20xx.xls worden de analyseresultaten vastgelegd. Per nuclide wordt de gemeten activiteit, de fout (2s) en de MDA-waarde, op het tabblad invoerblad lozingen vermeld. Indien de opgegeven activiteit kleiner is dan de MDA dan wordt de MDA gerapporteerd. De gelpreparaten worden minimaal één jaar bewaard voor het RIVM dat steekproefsgewijs een contra expertise uitvoert.

Voor de lozing van het afvalwater moet het door de medewerker van KMC geparafeerde afvalwaterformulier in de regelzaal worden afgegeven. Dit formulier wordt na invullen van het volgnummer automatisch gegenereerd in de afvalwaterdatabase op het tabblad "formulier".

### Analysevoorschriften

De bepaling van de chemische parameters, de uit te voeren afvalwaterbehandeling en de bepaling van de totaal gamma- en tritiumactiviteit is beschreven in de betreffende analysevoorschriften.

De te hanteren werkdocumenten zijn:

- N04-26-175 Titratie:
  - Titrimetrische bepaling van chloride met zilvernitraat;
  - Titrimetrische bepaling van boor in watermonsters;
- N04-26-126 Bepaling gehalte totaal vaste stoffen, onopgeloste vaste stoffen en opgeloste vaste stoffen in vloeibare monsters door indampen en drogen;
- N04-26-002 Bepaling van de tritiumactiviteit in waterige oplossingen met behulp van vloeistofscintillatie;
- N04-26-176 Radiochemie :
  - Bepaling van de totaal gamma-activiteit;

- Bepaling van de nuclidensamenstelling;
- N04-26-049 Bepaling van de hoeveelheid antischuim in afvalwatermonsters;
- N04-26-109 Bepaling te doseren hoeveelheid NaOH in een afvalwatertank;
- N04-27-006 pH-meter.

Voor het vaststellen van het volume afvalwater in de opvang- en lozingtanks wordt het PPS. Het geloosde volume volgt uit het niveau voor en na de lozing. Het geloosde volume is dan:  
 volume (m<sup>3</sup>) = (niveau voor lozing (m) – niveau na lozing (m)) × 7,5 (m<sup>2</sup>).

Na lozing van het afvalwater wordt het geloosde volume in de afvalwaterdatabase goCorrigeerd voor de achterblijvende hoeveelheid water in de lozingtank. De opvangtanks worden hiervoor niet goCorrigeerd.

### Opmerking

Incidenteel kan het gebeuren dat de inhoud van de lozingtank teruggepompt moet worden naar de TR013B001 of TR014B001 tank om opnieuw te verdampen. Dit is het geval indien de activiteit in de lozingtank > 200 kBq.m<sup>-3</sup> is. Ook als de activiteit < 200 kBq.m<sup>-3</sup> is maar nog relatief hoog door een niet optimaal werkende verdamper of een andere oorzaak kan, in overleg met de chef KMC, besloten worden de inhoud van de lozingtank terug te pompen.

Indien reeds een volgnummer onder het tabblad herkomst is toegewezen met de corresponderende analyseresultaten van de TR013B001 of TR014B001 tank blijven het volgnummer en de analyseresultaten ongewijzigd.

## 5 HET KWARTAAL MENGMONSTER

Het kwartaal mengmonster dient te worden samengesteld uit de puntmonsters van de lozingtanks in een verhouding van de geloosde hoeveelheid in dat kwartaal. Het mengmonster, in totaal 5 liter, wordt samengesteld in een schone 5 l jerrycan. De berekeningswijze voor de juiste hoeveelheid puntmonster in ml is als volgt:

geloosde volume afvalwater per tank (m<sup>3</sup>)  
 ----- × 5000 ml  
 totaal geloosde volume afvalwater in het betreffende kwartaal (m<sup>3</sup>)

Het mengmonster wordt verdeeld over nieuwe 1 l monsterflessen (ZPE, wijdmonds).

Het NRG bepaalt de totaal alfa-, <sup>89</sup>Sr-, en <sup>90</sup>Sr-activiteit in het kwartaal mengmonster. Als de totaal alfa-activiteit > 1 kBq/m<sup>3</sup> is dient alfa-nuclide spoCifiek te worden gemeten.

Strontiumactiviteit:

De aantoonbaarheidsgrens is voor beide strontiumisotopen 0,5 kBq.m<sup>-3</sup> (KTA 1504).

Alfa-activiteit:

De aantoonbaarheidsgrens voor totaal alfa-activiteit is 0,2 kBq.m<sup>-3</sup> (KTA

1504). Als de totaal alfa-activiteit  $> 1 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  is, dient alfa-nuclidespoCiefiek te worden gemeten. Bij een alfa-nuclidespoCiefieke meting mag de aantoonbaarheidsgrens voor  $^{241}\text{Am}$  de waarde van  $0,2 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  niet overschrijden (KTA 1504)

Het RIVM bepaalt tevens de totaal alfa-,  $^{89}\text{Sr}$ -, en  $^{90}\text{Sr}$ -activiteit in het kwartaal mengmonster waarin de splijtstofwisselperiode valt.

Aantoonbaarheidsgrenzen: totaal alfa =  $0,2 \text{ kBq}/\text{m}^3$ ,  $^{241}\text{Am} = 0,05 \text{ kBq}/\text{m}^3$ ,  $^{89}\text{Sr} = 0,5 \text{ kBq}/\text{m}^3$  en  $^{90}\text{Sr} = 0,5 \text{ kBq}/\text{m}^3$ .

Het kwartaal mengmonster wordt minimaal één jaar bewaard.

## 6 HET JAAR MENGMONSTER

Het jaar mengmonster dient te worden samengesteld uit de kwartaalmonsters in een verhouding van de geloosde hoeveelheid in dat jaar. Het mengmonster, in totaal 3 liter, wordt samengesteld in een schone 5 l jerrycan. De berekeningswijze voor de juiste hoeveelheid kwartaalmonster in ml is als volgt:

$$\frac{\text{geloosde volume afvalwater in dat kwartaal (m}^3\text{)}}{\text{totaal geloosde volume afvalwater in het betreffende jaar (m}^3\text{)}} \times 3000 \text{ ml}$$

Het mengmonster wordt verdeeld over nieuwe 1 l monsterflessen (ZPE, wijdmonds). Framatom in Erlangen bepaalt de  $^{55}\text{Fe}$  en  $^{63}\text{Ni}$  activiteit in het jaar mengmonster. De aantoonbaarheidsgrens moet voor elk van de nucliden  $2 \text{ kBq}/\text{m}^3$  zijn.

Het jaar mengmonster wordt minimaal één jaar bewaard.

## 7 Bijlage C Stabilisering van watermonsters – zuur en dragerionen

Door de aard van de werkzaamheden bij KCB is was- en spoelwater een belangrijk deel van het te lozen afvalwater. Hierdoor bevat het afvalwater vaak vlokkige en uitzakkende delen. Een aantal radionucliden, zoals bijvoorbeeld  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ru}^{3+}$ ,  $\text{Ce}^{4+}$ , hoChten zich relatief makkelijk aan zwevende deeltjes en zal daardoor na verloop van tijd uitzakken en op de bodem van de monsterfles liggen. De verdeling van dergelijke metaalionen over het watermonster is dan zeker niet homogeen. Nucliden zoals het alkalimetaal  $^{134/137}\text{Cs}^+$  vertonen een veel minder sterke neiging tot adsorptie aan zwevende deeltjes en zijn doorgaans wel homogeen verdeeld. Tritium is als  $^3\text{H}_2\text{O}$  in water ( $\text{H}_2\text{O}$ ) per definitie homogeen verdeeld.

Naast een homogene verdeling over het monster speelt mogelijke adsorptie aan de fleswand een rol. Dit is van groot belang bij glazen monsterflessen: de meeste radionucliden hebben een sterke affiniteit voor glasoppervlakken en zullen na verloop van tijd adsorberen aan de glaswand. Ongewenste wandadsorptie kan geminimaliseerd worden door het gebruik van kunststof monsterflessen, het aanzuren van het monster tot circa pH 1, en het toevoegen van stabiele metaalionen (dragerionen). Dit staat omschreven in KTA 1504 [4]. Een nadeel van het toevoegen van stabiele metaalionen kan het induceren van uitvlokking zijn. Het is daarom van belang in ieder geval de pH op circa 1 te handhaven en een zodanige hoeveelheid stabiele metaalionen toe te voegen dat er geen extra uitvlokking optreedt.

In een intern KCB onderzoek<sup>1</sup> uit 2001 is onderzoek gedaan naar het gedrag van radionucliden in aangezuurd en van dragers voorzien afvalwater. Het bleek dat er drie groepen van nucliden waren te definiëren die zich als goed homogeniseerbaar (fout van 5%, 2s), als redelijk homogeniseerbaar (fout 15 %, 2s) en als matig/sloCht homogeniseerbaar (fout 45%, 2s) waren in te delen.

Tabel C1 Kwantificering van inhomogeniteitsfout voor diverse nucliden

Nuclide	Inhomogeniteitsfout (%)	Nuclide	Inhomogeniteitsfout (%)	Nuclide	Inhomogeniteitsfout (%)
H-3	5	Nb-95	45	Sb-124	15
Cr-51	45	Zr-95	45	I-131	5
Mn-54	45	Ag-110m	15	Xe-133	5
Co-58	15	Te-123m	15	Cs-134	5
Co-60	45	I-124	5	Cs-137	5
				I-133	5

Bij de beoordeling van de vergelijkingsresultaten moet met de bovenstaande schatting van de inhomogeniteit rekening gehouden worden.

<sup>1</sup> Haaij G.L.J. (2001), *FoutanalyseSb-124 gammaspecifieke afvalwateranalyse*, ref. Lous/Haaij/R015045, EPZ-KE Borssele.

## 8 Referenties

- 1 Jaarplan project M/390020/19/SM – Jaarplan 2019; besproken op 12-12-2018 met P. Arends (ANVS); aangepaste versie op 9-1-2019 akkoord bevonden.
- 2 P.J.M. Kwakman. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van de kernenergiecentrale Borssele. Periode 2018, RIVM rapport 2019-0161.
- 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, 2016-11.
- 4 KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2017-11.
- 5 NEN 5623. Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van de activiteit van gammastraling uitzendende nucliden in een telmonster met halfgeleider-gammaspectrometrie
- 6 NEN 5636. Radioactiviteitsmetingen. Bepaling van de kunstmatige totale alfa-, kunstmatige totale bèta-activiteit en gammaspectrometrie van luchtfilters en berekening van de volumieke activiteit van de bemonsterde lucht. NEN, Delft.
- 7 Voorschrift monstervoorbereiding en monsterbehandeling van vloeibare afvalstoffen. Brief van RIVM/LSO aan de nucleaire installaties d.d. 18 september 1990, kenmerk 1364/90 VLH Sm/eh.
- 8 NEN 3114. Nauwkeurigheid van metingen, termen en definities. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, augustus 1990.
- 9 NEN-EN-ISO 17025. Algemene eisen voor de bekwaamheid van beproevings- en kalibratielaboratoria. NEN, Delft, 2017.
- 10 I. Krol, Ch. Lucks, Kontrolle der Eigenüberwachung Radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser), Ringversuch "Abwasser 2019", August 2019, UR – 01/2019, Bundesamt für Strahlenschutz, Abteilung Umweltradioaktivität, Berlin/München, Duitsland.
- 11 Kwartaalrapportages betreffende lozingen van gasvormige en vloeibare radioactieve stoffen in:
  - 2019 kwartaal 1 – ref R190287 dd. 25-april-2019.
  - 2019 kwartaal 2 – ref R190306 dd. 27-september-2019.
  - 2019 kwartaal 3 – ref R190337 dd. 13-december-2019.
  - 2019 kwartaal 4 – ref R200266 dd. 30-april-2020.

Lozingsrapportages afvalwater t.b.v. contra-expertise RIVM:

- 1 datum lozing TR41 11 feb 19, volgnummer 19-06
- 2 datum lozing TR41 2 juni 19, volgnummer 19-41
- 3 datum lozing TR42 2 juni 19, volgnummer 19-42
- 4 datum lozing TR41 21 juni 19, volgnummer 19-52
- 5 datum lozing TR42 21 aug 19, volgnummer 19-62
- 6 datum lozing TR42 1 nov 19, volgnummer 19-72
- 7 datum lozing TR41 8 nov 19, volgnummer 19-71
- 8 datum lozing TR4 6 dec 19, volgnummer 19-76.

Meetgegevens ventilatieschacht Kernenergiecentrale Borssele,

opgesteld door afd. KMS;

monsteromschrijving en periode

1 TL080 R018 periode 8-15 februari 2019;

2 TL080 R018 periode 17-24 mei 2019;

3 TL080 R018 periode 24-31 mei 2019;

4 TL080 R018 periode 14-21 juni 2019;

5 TL080 R018 periode 9-16 augustus 2019.

6 TL080 R018 periode 1-8 november 2019;

7 TL080 R018 periode 29 nov - 6 dec 2019;

8 TL080 R018 periode 6-13 december 2019.

12 NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1991.





**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*