



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 2022



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

Periode 2022

RIVM-briefrapport 2023-0385

## Colofon

© RIVM 2023

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.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van zijn producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook [www.rivm.nl/toegankelijkheid](http://www.rivm.nl/toegankelijkheid).

DOI 10.21945/RIVM-2023-0385

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

Contact:

P.J.M. Kwakman

Centrum Veiligheid, Stralingsincidenten, Monitoring en Analyses

Pieter.kwakman@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) in het kader van project 390220/22/CE, Contra Expertise

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 2022

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. RIVM concludeert dat dit inderdaad het geval is.

De KCB neemt de te analyseren monsters verspreid over het jaar. De gamma-analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2022 kwamen op hoofdlijnen overeen met de resultaten van de kerncentrale.

De overeenkomst in de  $^3\text{H}$ -data in afvalwater was voor 7 van de 8 monsters goed, en voor 1 monster matig. De KCB en het RIVM hebben geen strontium-isotopen en alfa-activiteit in het afvalwater gevonden.

In zeven ventilatieluchtmonsters vonden het RIVM en KCB geen activiteit. In het tweede monster vonden ze een zeer geringe activiteit van I-131. Dit betekent voor een denkbeeldig persoon die een week lang 8 uur per dag aan het hek van het terrein staat een verwaarloosbare dosisbijdrage van 0,0004 microsievert (in Nederland is de gemiddelde jaardosis door achtergrondstraling voor één persoon ongeveer 1700 microsievert). De hoeveelheden  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  in ventilatielucht, bemonsterd met een zeolietpatroon, kwamen redelijk 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 2022

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. RIVM concludes that this is indeed the case.

KCB takes the samples to be analyzed at intervals throughout the year. The gamma analyses of waste water from the counterchecks in 2022 generally agree with the results of the nuclear power station.

The agreement with regard to the  $^3\text{H}$  data in waste water was good for 7 out of 8 samples, but questionable for one sample. 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 seven of the weekly ventilation air samples RIVM and KCB found no activity. In the second sample both RIVM and KCB found a minor quantity of  $^{131}\text{I}$ . For a hypothetical person remaining for one week 8 hours per day at the fence of the plant this would result in a negligible contribution of 0.0004 microsievert (for a member of the dutch population the average yearly dose due to background radiation) is about 1700 microsievert.

The results of the measurements of  $^3\text{H}$  and  $^{14}\text{C}$  in ventilation air, sampled with a zeolite cartridge, agree reasonably.

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**

- 1.1 Rapportindeling — 11
- 1.2 Herkomst data van KCB en autorisatie van deze rapportage — 11
- 1.3 Opdrachtgever ANVS en opdrachtnemer RIVM — 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 — 16
- 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 Onzekerheidsberekening — 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 (2022) en discussie — 23
  - 4.2.1 Afvalwater - RIVM-gel, 2022 — 23
  - 4.2.2 Afvalwater- KCB-gel, 2022 — 24
  - 4.2.3 Ventilatielucht 2022 — 25
- 4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise 2022 — 26

#### **5 Bijlage A Vergelijking meetresultaten, periode 2022 — 27**

#### **6 Bijlage B Analyseprocedures van KCB in 2022 — 32**

#### **7 Bijlage C Stabilisering van watermonsters – zuur en dragerionen — 41**

#### **8 Referenties — 42**



## Samenvatting

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM heeft in 2022 in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uitgevoerd van lozingsmonsters afkomstig van een zestal nucleaire installaties in Nederland. Het doel is het leveren van contra-expertise op de metingen die door de installaties zelf zijn uitgevoerd. Met deze 'contra-expertise' controleert het RIVM of de analyses die de kerncentrale zelf uitvoert, betrouwbaar zijn. RIVM concludeert dat dit inderdaad het geval is. Dit rapport gaat over de kernenergiecentrale te Borssele (KCB) uit de periode 2022.

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.

De gamma-analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2022 kwamen op hoofdlijnen overeen met de resultaten van de kerncentrale.

De overeenkomst in de  $^3\text{H}$ -data in afvalwater was voor 7 van de 8 monsters goed, en voor 1 monster matig. De KCB en het RIVM hebben geen strontium-isotopen en alfa-activiteit in het afvalwater aangetroffen.

In zeven ventilatieluchtmonsters vonden het RIVM en KCB geen activiteit. In het tweede monster vonden ze een zeer geringe activiteit van I-131. Dit betekent voor een denkbeeldig persoon die een week lang 8 uur per dag aan het hek van het terrein staat een verwaarloosbare dosisbijdrage van 0,0004 microsievert (in Nederland is de gemiddelde jaardosis door achtergrondstraling voor één persoon ongeveer 1700 microsievert).

De hoeveelheden  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  in ventilatielucht, bemonsterd met een zeolietpatroon, kwamen redelijk overeen.

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



## 1 Inleiding

### 1.1 Rapportindeling

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM voert in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uit van lozingsmonsters afkomstig van een zestal 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 contra-expertisemonsters afkomstig van de kerncentrale Borssele (KCB) uit de periode 2022. Het betreft monsters van zowel afvalwater als ventilatielucht.

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 (data 2022). De bemonstering wordt door de onderzochte bedrijven uitgevoerd. Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door het onderzochte bedrijf, zijn gereproduceerd in Bijlage B.

### 1.2 Herkomst data van KCB en autorisatie van deze rapportage

De meetgegevens van KCB die in deze rapportage zijn opgenomen zijn afkomstig uit de lozingsrapportages en kwartaalrapportages [12] die KCB opstelt. Aanvullende gegevens die niet in de kwartaalrapportages staan worden per e-mail verstuurd naar RIVM of bij het ophalen van de lozingsmonsters meegegeven.

De data van KCB staan in alle betreffende tabellen met een vet en cursieve header weergegeven.

Autorisatie van dit rapport wordt in het RIVM publicatieproces afgehandeld. In het geval van rapporten die stralingsmetingen betreffen is het afdelingshoofd van de betreffende afdeling VLH/SMA degene die het rapport autoriseert en daarmee vrijgeeft.

### 1.3 Opdrachtgever ANVS en opdrachtnemer RIVM

De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS, Koningskade 4, Den Haag; [www.anvs.nl](http://www.anvs.nl)) heeft RIVM, centrum Veiligheid, afdeling Stralingsincidenten, Monitoring en Analyses (adres RIVM, Antonie van Leeuwenhoeklaan 9, 3721 MA Bilthoven) opdracht gegeven voor het uitvoeren van een contra expertise op de bepalingen van radioactiviteit in afvalwater en ventilatielucht door de nucleaire installaties KCB, COVRA, NRG, GKN, RID en Urenco.

De ANVS projectnaam is 'Contra Expertise Metingen Nucleaire Installaties'.

Met contra expertise wordt bedoeld een vergelijking tussen de RIVM meetwaarden en de meetwaarden van de betreffende nucleaire

installatie, zoals beschreven in hoofdstuk 3. Deze vergelijking valt niet onder de accreditatie L153 van RIVM, centrum veiligheid, afdeling SMA.

Het radiologisch laboratorium van het RIVM, centrum veiligheid/SMA bevindt zich op hetzelfde adres in Bilthoven als boven vermeld.

## 2 Monsters en analyses

RIVM voert zelf geen bemonstering uit van afvalwater en ventilatielucht, maar haalt periodiek afvalwater- en ventilatieluchtmonsters op bij KCB. De bemonstering wordt dus uitgevoerd door KCB zelf. 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 bemonsteringsinstallatie die gelijk is aan de installatie die KCB gebruikt voor haar eigen analyses. 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 × aerosolfilter, 2 × DSM11-absorber en 2 × kool-absorber)	Q: gammastralers* in filterpakket als geheel; bij aanwezigheid van gammastralers tevens onderdelen apart
	2	Kwartaalmonster (zeolietmateriaal)	Q: $^3\text{H}^{**}$ en $^{14}\text{C}^{**}$

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

\* Analyse in enkelvoud

\*\* Analyse in tweevoud

De splijtstofwisselperiode vond in 2022 plaats van 1 – 22 april. Tabel 2 bevat de gegevens van de door RIVM geanalyseerde afvalwatermonsters. Monster 2 bevat afvalwater uit de splijtstofwisselperiode. Het kwartaalmengmonster komt uit het tweede kwartaal van 2022.

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

*Tabel 2 Monstergegevens afvalwater in 2022*

<b>Nr.</b>	<b>Lozingsdatum*</b>	<b>Ophaaldatum</b>	<b>Analysedatum RIVM**</b>
1	08 feb	11 feb	14 feb
2	25 apr	29 apr	02 mei
3	24 mrt	20 mei	23 mei
4	01 jul	07 jul	08 jul
5	29 aug	05 sep	07 sep
6	22 sep	06 okt	06 okt
7	28 sep	06 okt	06 okt
8	10 nov	02 dec	07 dec

\* Monstergegevens (lozingsdatum) zijn aangeleverd door KCB

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

Tabel 3 bevat de gegevens van de door RIVM geanalyseerde ventilatieluchtmonsters uit 2022. De ventilatieluchtmonsters worden doorgaans op dezelfde dag opgehaald als de afvalwatermonsters.

*Tabel 3 Monstergegevens ventilatielucht in 2022*

<b>Nr</b>	<b>Monsterperiode*</b>	<b>Ophaaldatum</b>	<b>Analysedatum RIVM**</b>
1	28 jan – 4 feb	11 feb	14 feb
2	15 – 22 apr	29 apr	29 apr
3	18 – 25 maart	20 mei	20 mei
4	24 jun – 1 jul	07 jul	07 jul
5	19 - 26 aug	05 sep	06 sep
6	23 – 30 sep	06 okt	12 okt
7	28 okt – 4 nov	06 okt	7 dec
8	4 – 11 nov	02 dec	7 dec

\* Monstergegevens (monsterperiode) zijn aangeleverd door KCB

\*\* 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 apart gemeten.



### 3 Analysemethoden

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door KCB in 2022, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Deze methoden zijn geactualiseerde versies van de methoden toegepast in de voorgaande rapportages [2]. In opdracht van de ANVS worden de randvoorwaarden gevolgd uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503.1 [3], en KTA-1504 [4]). Dit betreft bijvoorbeeld de samenstelling van de nuclidenbibliotheek en de detectiegrenzen die gehaald moeten worden.

Voor gamma-spectrometrie werkt RIVM conform NEN 5623 [5]; voor gasdoorstroomtelling van filters conform NEN 5636 [6]. Waar er geen Nederlandse norm voorhanden is, werkt RIVM 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  $4s$  (waarbij  $s$  de totale onzekerheid 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 °C. De metingen aan beide telschaaltjes worden uitgevoerd met proportionele gasdoorstroomtellers die zijn voorzien van een dun venster ( $< 0,5 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ). De tellers hebben een lage achtergrond. De telopbrengst wordt berekend uit het verschil in de resultaten van de beide telpreparaten en de toegevoegde activiteit aan  $^{241}\text{Am}$ .

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 monsternamen (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; 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 $^{89}\text{Sr}$ - en $^{90}\text{Sr}$ -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  $\text{Sr}^{2+}$ -ionen selectief te

complexeren in aanwezigheid van een overmaat aan  $\text{Ca}^{2+}$ - en  $\text{Ba}^{2+}$ -ionen.

Aan een deelmonster van, bijvoorbeeld, 250 ml wordt  $^{85}\text{Sr}$ -merker en Sr-drager toegevoegd. Met ammonia wordt de oplossing op pH 10 gebracht. Vervolgens wordt een  $\text{CaCl}_2$  en een  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -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  $\text{K}^+$  en  $\text{NH}_4^+$ , 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  $^{90}\text{Y}$  te bepalen. Voor de opbrengstbepaling van strontium wordt  $^{85}\text{Sr}$  gebruikt. Het LSC-spectrum wordt in drie 'windows' onderscheiden. Uit het spectrum met bijdragen van  $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  en  $^{90}\text{Y}$  wordt de activiteitsconcentratie van  $^{89}\text{Sr}$ - en  $^{90}\text{Sr}$  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 A. Indien uit de analyse blijkt dat er 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 efficiëntie van de gammaspectrometrie-opstelling wordt gebruik gemaakt van het softwarepakket LabSOCS van Mirion, waarin de meetgeometrie wordt gemodelleerd met parameters zoals vorm, afmeting en dichtheid van de gemeten filters.

Voor de meetgevoeligheid wordt gerefereerd aan de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$  en  $^{131}\text{I}$ . De KTA 1503.1 [3] eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{131}\text{I}$  en  $^{137}\text{Cs}$  minder dan, respectievelijk  $10 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $20 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$  en  $30 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$  bedraagt.

Deze methode is vastgelegd in VLH-H-004; 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 bemonsteringssystemen. KCB stuurt de zeolietmonsters van TL080R019 op voor analyse door Framatome (Erlangen, Duitsland). 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.  $380\text{ }^\circ\text{C}$ . 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 **Onzekerheidsberekening**

De door RIVM opgegeven onzekerheid 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 onzekerheid daarin gerapporteerd. Bij het schatten van de totale onzekerheid worden telfouten, kalibratiefouten en experimentele fouten meegenomen. Onder experimentele fouten vallen bijvoorbeeld fouten bij wegingen en volumebepalingen.

Waar van toepassing, is voor de volumebepaling in de hoeveelheid bemonsterde lucht een onzekerheid van 1% opgenomen in de experimentele onzekerheid. 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 onzekerheid in de totaal alfa-activiteitsconcentratie is samengesteld uit een telfout van het preparaat zonder standaard, een telfout van het preparaat met standaard, een kalibratieonzekerheid en een experimentele onzekerheid.

*Gammaspectrometrie*

Voor de gammastraling uitzendende nucliden vindt rapportage plaats met een aangegeven onzekerheid 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 onzekerheid voortkomend uit de monstervoorbehandeling toegekend. Indien er sprake is van cascadeverval dan wordt een correctiefactor berekend met LabSOCS; hiervoor wordt een extra onzekerheid toegevoegd aan de gerapporteerde activiteitsconcentraties.

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

De totale onzekerheid is samengesteld uit de telfout, een kalibratieonzekerheid en een experimentele onzekerheid.

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

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

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

De totale onzekerheid is samengesteld uit de telfout, een onzekerheid die samenhangt met de  $^3\text{H}$  en de  $^{14}\text{C}$  quenchcurve en een experimentele onzekerheid. 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

De afdeling SMA van 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] (RvA: L153 testen). 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 de ringonderzoeken 'Abwasser' en 'Fortluft', georganiseerd door het Duitse Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [10, 11]. KCB neemt eveneens deel aan het 'Abwasser' ringonderzoek.

### 3.10 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door KCB bepaalde activiteitsconcentraties worden afgerond overgenomen uit de opgaven van KCB [12]. KCB geeft 2s op als onzekerheid, RIVM 1s. De door KCB opgegeven fouten in Bijlage A worden voor de vergelijking door 2 gedeeld.

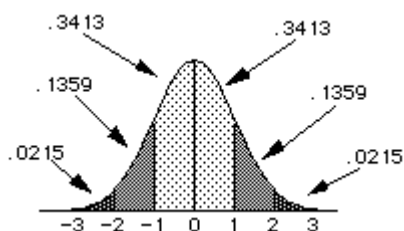
De overeenkomst tussen de meetresultaten van RIVM en die van de onderzochte nucleaire installatie (NI) wordt ingedeeld in één van de categorieën A1, A2, B, of C, die gekoppeld zijn aan een waarschijnlijkheid. Vergelijking vindt alleen plaats als zowel RIVM als het onderzochte bedrijf een activiteit hebben 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 [13]). De onzekerheid in dit verschil is:  $s\Delta = \sqrt{(s_{NI}^2 + s_{RIVM}^2)}$ .

Deze manier van vergelijken komt overeen met een z-test die gebruikelijk is in het beoordelen van resultaten in ringonderzoeken. De vergelijking, zoals in dit rapport wordt uitgevoerd, valt niet onder het accreditaat van de afdeling VLH/SMA.

Indien de NI geen opgave doet van de onzekerheid in het analyseresultaat, wordt verondersteld dat de onzekerheid in de meetwaarde van de NI,  $s_{NI}$ , gelijk is aan de onzekerheid 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



Figuur 1 Schematische weergave van een Gauss verdeling

In de praktijk wijkt door inhomogeniteit 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 onzekerheid inclusief en exclusief inhomogeniteitsonzekerheid. Bij de vergelijking van de RIVM meetwaarden in KCB-gel met KCB meetwaarden wordt voor  $s_{NI}$  de onzekerheid exclusief inhomogeniteitsonzekerheid gehanteerd. Bij het beoordelen van de resultaten behaald bij de RIVM-gel wordt de totale onzekerheid echter inclusief inhomogeniteitsonzekerheid toegepast. Er wordt immers een (mogelijk inhomogeen) watermonster na schudden gegeleerd.





## 4 Resultaten en discussie

*Disclaimer - herkomst data en uitvoering van bemonstering.*  
RIVM heeft de meetdata van KCB overgenomen uit de lozingsrapportages en de kwartaal-rapportages [12]. De kwaliteit van deze data valt onder de verantwoordelijkheid van KCB. In de tabellen in de Bijlage zijn alle data die aangeleverd zijn door KCB gemarkeerd met "**KCB**". De bemonstering van afvalwater en ventilatielucht is uitgevoerd door KCB. Monstergegevens, lozingsdatum en monsterperiode, zijn aangeleverd door KCB. De resultaten van de bepalingen van RIVM zijn alleen van toepassing op de ontvangen monsters.

### 4.1 Meetresultaten

De resultaten van de metingen door RIVM en KCB [12] en de daarbij behorende onzekerheden ('s', zie hoofdstuk 3) zijn te vinden in Bijlage A (2022). In Tabellen A1 en A2 van deze bijlage zijn alleen die gammastralers opgenomen die in de afvalwatermonsters zijn aangetoond. Indien een gammastraler niet door beide laboratoria is aangetoond dan wordt de detectielimiet voor het betreffende nuclide in deze Tabellen opgenomen.

De activiteitsconcentratie van gammastralers in ventilatielucht zoals bepaald door RIVM en KCB en de vergelijking daarvan staan in Tabel A5 (2022). In deze Tabellen 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. Vanwege de gecompliceerde geometrie kan er door RIVM geen MDA waarde berekend worden in het pakket.

### 4.2 Vergelijking van de resultaten (2022) 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, 2022

In het afvalwatermonster (door RIVM gegeleerd) werden vier verschillende gammastralers en tritium zowel door RIVM als door KCB aangetoond (zie Tabel 4 en Tabel A1). Daarnaast heeft KCB nog 5 gammastralers aangetoond en RIVM niet.

Tabel 4 RIVM-gel: vergelijking van RIVM-meetresultaten aan een door RIVM gegeleerd monster met KCB-meetresultaten aan het KCB-gelmonster, in 2022.

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma A1$ *	$\Sigma A2$ *	$\Sigma B$ *	$\Sigma C$ *
Co-60	A1	A2	A2	A1	B	A2	A2	A2	<u>2</u> (3-7)	<u>5</u> (0-4)	1 (0-1)	0 (0-0)
Ag-110m				A1					1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Sb-124		A1		A2					1 (0-2)	1 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
Cs-137				A1	B				1 (0-2)	0 (0-2)	1 (0-1)	0 (0-0)
H-3	A1	A1	A2	A2	A1	C	A1	A2	4 (3-7)	3 (0-4)	0 (0-1)	<u>1</u> (0-0)
Totaal									<u>9</u> (11-18)	9 (3-9)	2 (0-3)	1 (0-1)

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

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

De door beide instituten aangetoonde gammastralers waren  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{124}\text{Sb}$  en  $^{137}\text{Cs}$ . De activiteitsconcentratie van  $^{60}\text{Co}$  is wat hoger dan de andere drie gammastralers; in monster 4 wordt voor  $^{60}\text{Co}$  80-90  $\text{kBq.m}^{-3}$  aangetroffen en in monster 5 28-43  $\text{kBq.m}^{-3}$ . Voor de overige drie gammastralers zijn de activiteitsconcentraties gevonden door zowel RIVM en KCB erg laag en liggen tussen 0,2 en 6  $\text{kBq.m}^{-3}$ .

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

In elk van de acht batchmonsters is door zowel KCB als RIVM het nuclide  $^3\text{H}$  aangetoond: met viermaal A1, driemaal A2 en een C zijn de overeenkomsten redelijk/goed. Het resultaat van monster 6 (RIVM  $228 \pm 8$  en KCB  $196 \pm 11$   $\text{MBq.m}^{-3}$ ) is het enige matige resultaat.

### Vergelijking $^3\text{H}$ resultaten behaald in BfS Abwasser 2022

In het BfS-ringonderzoek<sup>10</sup> in 2022 hebben KCB en RIVM in 2022 in Modellwasser  $^3\text{H}$  bepaald met een afwijking van de doelwaarde van 0 - 2 % (RIVM), en -5 / -7% (KCB). Dit verklaart enigszins het aangetroffen verschil in de  $^3\text{H}$  meetwaarden van RIVM en KCB in monster 6.

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

In het kwartaalmengmonster van het tweede kwartaal is door RIVM en KCB geen totaal-alfa activiteit en geen  $^{90}\text{Sr}$  en  $^{89}\text{Sr}$  gevonden (Tabel A4). De detectiegrens van RIVM voor  $^{89}\text{Sr}$  is ruim hoger dan de door de KTA vereiste 0,5  $\text{kBq.m}^{-3}$ . Dit is te wijten aan het tijdsverloop tussen het ophalen van het monster en de bepaling eind 2022.

De resultaten van RIVM voor  $^{89}\text{Sr}$  in het Abwasser 2022 ringonderzoek zijn goed en onderbouwen dat de kwaliteit van de bepaling van  $^{89}\text{Sr}$  in afvalwater niet ter discussie staat. KCB heeft de  $^{89}\text{Sr}$  en  $^{90}\text{Sr}$  bepaling uitbesteed aan NRG; de resultaten in het Abwasser ringonderzoek van NRG zijn goed.

#### 4.2.2 Afvalwater- KCB-gel, 2022

In de KCB-gel werden vier verschillende gammastralers zowel door RIVM als door KCB aangetoond (zie Tabel 5 en A2). KCB vond daarnaast nog 5 andere gammastralers.

De activiteitsconcentraties in de monsters 1-3 en 6-8 zijn betrekkelijk laag (< 6  $\text{kBq.m}^{-3}$ ; zie Tabel A2). In monster 4 vinden RIVM en KCB beide voor Co-60 78-89  $\text{kBq.m}^{-3}$ ; de overeenstemming is redelijk. In monster 5 vinden RIVM en KCB beide voor Co-60 27,5  $\text{kBq.m}^{-3}$ ; de

overeenstemming is uitstekend. Bij de vergelijking van de gemeten concentraties van de gammastralers in de KCB-gel komt de categorie A1 volgens de statistische verwachting voor. Er zijn enkele categorieën B en C meer dan verwacht. Hoogstwaarschijnlijk komt dit omdat de activiteit niet homogeen verdeeld is in de lozingstank, en ook niet in het genomen watermonster.

Tabel 5 KCB-gel: vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers in afvalwatermonsters, gegeleerd door KCB ( $\text{kBq.m}^{-3}$ ), in 2022.

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma\text{A1}^*$	$\Sigma\text{A2}^*$	$\Sigma\text{B}^*$	$\Sigma\text{C}^*$
Co-60	A1	B	C	B	A1	A1	A1	A1	5 (3-7)	0 (0-4)	<u>2</u> (0-1)	<u>1</u> (0-0)
Ag-110m				A1					1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Sb-124		A1		A1					2 (0-2)	0 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
Cs-137				A1	B				1 (0-2)	0 (0-2)	1 (0-1)	0 (0-0)
Totaal									9 (5-11)	<u>0</u> (1-6)	<u>3</u> (0-2)	<u>1</u> (0-0)

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

#### 4.2.3

##### Ventilatielucht 2022

KCB en RIVM vonden in het tweede van de 8 filterpakketten een geringe  $^{131}\text{I}$  activiteit, lager dan  $1 \text{ mBq/m}^3$ .

In de overige filterpakketten hebben RIVM en KCB geen activiteit aangetroffen. In het eerste filterpakket vond RIVM wel een lichte verhoging van  $^{131}\text{I}$ , maar in de afzonderlijke onderdelen van het pakket werd niets gevonden.

##### $^3\text{H}$ en $^{14}\text{C}$

KCB heeft de gehele zeoliethouders van het bemonsteringssysteem TL080R019 laten analyseren op het  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  gehalte door het radiochemisch laboratorium van Framatome te Erlangen (Duitsland). De data in de kwartaalrapportages zijn aangeleverd door Framatome (in  $\text{Bq/zeolietpatroon}$ ). De omrekening naar  $\text{Bq.m}^{-3}$  vindt plaats door KCB; de data van Framatome 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 ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ). 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 tweede kwartaal van 2022 zijn in dit rapport opgenomen. Voor elk kwartaal is er een anorganische en een organische fractie waarin de activiteitsconcentratie van  $^3\text{H}_2\text{O}$  en  $^{14}\text{CO}_2$  wordt bepaald. Zie tabel 6.

Tabel 6 vergelijking van RIVM- en KCB-meetresultaten voor  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  in kwartaalmonsters van ventilatielucht ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ) in 2022

Periode in 2022		$^3\text{H}$	$^{14}\text{C}$
Kwartaal 1	org	A2	C
	anorg	A2	A1
Kwartaal 2	org	C	C
	anorg	A1	B

De anorganische  $^3\text{H}$ -fracties vertonen een goede overeenkomst en de anorganische  $^{14}\text{C}$ -fracties een redelijk/matige overeenkomst. In de organische fracties is de vergelijking minder. Dit suggereert dat de katalytische omzetting van organisch naar anorganisch  $\text{H}_2\text{O}$  en  $\text{CO}_2$  bij beide bemonsteringsopstellingen niet identiek gebeurt. Het is echter erg lastig vast te stellen waar de oorzaak zit.

### 4.3 Algemeen oordeel over de contra-expertise 2022

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

In Tabel 7 wordt een samenvatting gegeven van de uitgevoerde contra-expertise in 2022.

Tabel 7 Overzicht van overeenstemming tussen KCB en RIVM meetresultaten in 2022

Parameter	Afvalwater 2022	Ventilatielucht 2022
Totaal-alfa	< MDA	-
Gamma-spectrometrie:		Goed
- KCB-gel	goed	
- RIVM-gel	goed	
Strontium-89	< MDA	
Strontium-90	< MDA	
Koolstof-14	--	Matig/Redelijk
Tritium	goed	Redelijk

MDA = minimaal detecteerbare activiteit

#### Afvalwater 2022

De overeenstemming voor de gammastralers in afvalwater is goed.

$^3\text{H}$  wordt aangetroffen in activiteitsconcentraties in de orde van  $57 - 13600 \text{ MBq}\cdot\text{m}^{-3}$ . De overeenkomst in de  $^3\text{H}$  resultaten in afvalwater is doorgaans goed, met een enkele C vergelijking als uitzondering.

#### Ventilatielucht 2022

In de ventilatieluchtmonsters uit 2022 wordt doorgaans geen activiteit aangetroffen. In het weekmonster 2 uit 2022 treffen KCB en RIVM een hoeveelheid van  $0,6 \text{ mBq}/\text{m}^3$   $^{131}\text{I}$  aan met een goede overeenstemming.

Zou een hypothetisch persoon een week lang 8 uur per dag deze activiteitsconcentratie van  $^{131}\text{I}$  in lucht inademen dan zou dat leiden tot een zeer geringe inhalatiedosis van  $0,0004 \mu\text{Sv}$ ; [ $1,1 \times 10^{-8} \text{ Sv}/\text{Bq} * 0,6 \text{ mBq}/\text{m}^3 * 1,2 \text{ m}^3/\text{h} * 8 \text{ h}/\text{dag} * 7 \text{ dagen} \approx 0,0004 \mu\text{Sv}$ ]. Deze inhalatiedosis is totaal verwaarloosbaar ten opzichte van de gemiddelde jaarlijkse dosis als gevolg van achtergrondstraling van ongeveer  $1700 \mu\text{Sv}$  die elke Nederlander ontvangt [14].

De vergelijking van de ventilatieluchtdata voor  $^3\text{H}$  en  $^{14}\text{C}$  in zeolietpatronen is in het eerste en tweede kwartaal van 2022 redelijk.

## 5 Bijlage A Vergelijking meetresultaten, periode 2022

**Afvalwater – 2022**

Alle meetdata afkomstig van de lozingsrapportages en de kwartaalrapportages van KCB [12] zijn aangegeven in de kolom met erboven in vette en cursieve letters "**KCB**". Zie de disclaimer in Hoofdstuk 4.

Tabel A1 Vergelijking van de activiteitsconcentratie van  $^3\text{H}$  en gammastralers in afvalwatermonsters, gegeleerd door RIVM ( $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ );  $^3\text{H}$  in  $\text{MBq}\cdot\text{m}^{-3}$ .

WATER 2022	periode 1			periode 2		
	RIVM	V	<b>KCB</b>	RIVM	V	<b>KCB</b>
Mn-54	< 0,4		0,21 ± 0,14			
Co-60	1,28 ± 0,10	A1	1,7 ± 0,8	1,90 ± 0,13	A2	2,8 ± 1,3
Te-123m	< 0,3		0,14 ± 0,06			
Sb-124				0,53 ± 0,10	A1	1,3 ± 1,8
Xe-133	< 1,8		0,9 ± 0,2			
H-3	6800 ± 200	A1	6700 ± 400	59 ± 2	A1	57 ± 3

WATER 2022	periode 3			periode 4		
	RIVM	V	<b>KCB</b>	RIVM	V	<b>KCB</b>
Mn-54				< 1,1		0,7 ± 0,4
Co-58				< 0,9		0,31 ± 0,15
Co-60	2,66 ± 0,15	A2	3,8 ± 1,7	80 ± 3	A1	90 ± 40
Nb-95				< 0,9		0,9 ± 0,4
Ag-110m				3,20 ± 0,19	A1	3,5 ± 0,6
Te-123m				< 0,4		0,29 ± 0,09
Sb-124				4,5 ± 0,3	A2	5,8 ± 1,4
Cs-137				1,84 ± 0,17	A1	2,0 ± 0,4
H-3	139 ± 5	A2	131 ± 7	61 ± 2	A2	57 ± 3

WATER 2022	periode 5			periode 6		
	RIVM	V	<b>KCB</b>	RIVM	V	<b>KCB</b>
Co-60	42,8 ± 1,7	B	28 ± 12	2,70 ± 0,16	A2	4 ± 2
Ag-110m	0,62 ± 0,11		< 0,3			
Sb-124	0,45 ± 0,09		< 0,29			
Cs-137	0,60 ± 0,10	B	0,3 ± 0,12			
H-3	62 ± 2	A1	62 ± 3	228 ± 8	C	196 ± 11

WATER 2022	periode 7			periode 8		
	RIVM	V	<b>KCB</b>	RIVM	V	<b>KCB</b>
Co-60	0,68 ± 0,09	A2	1,0 ± 0,5	1,97 ± 0,13	A2	3,0 ± 1,3
Te-123m				< 0,2		0,19 ± 0,07
Cs-137	< 0,5		0,4 ± 0,11			
H-3	13600 ± 500	A1	13500 ± 700	350 ± 12	A2	333 ± 18

KCB rapporteert onzekerheden in 2s; deze zijn ongewijzigd overgenomen in de tabel. RIVM rapporteert onzekerheden in 1s. Voor de vergelijking in A1-A2-B-C wordt de onzekerheid van KCB door 2 gedeeld.

Tabel A2 Vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers in afvalwatermonsters uit 2022, gegeleerd door KCB (kBq.m-3).

KCB-GEL 2022	periode 1			periode 2		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Mn-54	< 0,6		0,21 ± 0,10			
Co-60	1,58 ± 0,12	A1	1,67 ± 0,19	2,35 ± 0,14	B	2,8 ± 0,2
Te-123m	< 0,6		0,14 ± 0,05			
Sb-124				0,38 ± 0,10	A1	1,3 ± 1,8
Xe-133	< 1,8		0,9 ± 0,2			

KCB-GEL 2022	periode 3			periode 4		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Mn-54				< 1,1		0,7 ± 0,2
Co-58				< 1,8		0,31 ± 0,14
Co-60	5,2 ± 0,3	C	3,8 ± 0,3	78 ± 3	B	89 ± 5
Nb-95				< 3		0,9 ± 0,2
Ag-110m				3,3 ± 0,2	A1	3,5 ± 0,4
Te-123m				< 0,5		0,29 ± 0,08
Sb-124	0,57 ± 0,16			5,8 ± 0,4	A1	5,8 ± 1,1
Cs-137				2,1 ± 0,2	A1	2,0 ± 0,3

KCB-GEL 2022	periode 5			periode 6		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	27,6 ± 1,1	A1	27,5 ± 1,6	4,4 ± 0,2	A1	4,3 ± 0,3
Ag-110m	0,52 ± 0,08		< 0,3			
Sb-124	0,52 ± 0,13		< 0,29			
Cs-137	0,47 ± 0,07	B	0,3 ± 0,12			

KCB-GEL 2022	periode 7			periode 8		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	0,93 ± 0,09	A1	0,99 ± 0,13	2,90 ± 0,16	A1	2,95 ± 0,19
Te-123m				< 0,2		0,19 ± 0,07
Cs-137	< 0,6		0,40 ± 0,11			

KCB rapporteert onzekerheden in 2s; deze zijn ongewijzigd overgenomen in de tabel. RIVM rapporteert onzekerheden in 1s. Voor de vergelijking in A1-A2-B-C wordt de onzekerheid van KCB door 2 gedeeld.

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, 2022 van KCB (kBq m<sup>-3</sup>)

2022 kwartaal-2			
nuclide	RIVM	V	KCB
totaal-alfa	< 0,1		< 0,2
<sup>89</sup> Sr	< 2		< 0,5
<sup>90</sup> Sr	< 0,4		< 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 – 2022

Alle meetdata afkomstig van de lozingsrapportages en kwartaalrapportages van KCB [12] zijn aangegeven in de kolom met erboven in vette en cursieve letters "**KCB**". Zie de disclaimer in Hoofdstuk 4.

In geen van de gehele filterpakketten uit de periodes 3-8 (zie tabel A5) is een gamma activiteit aan getroffen. De onderdelen van het pakket zijn dan ook niet afzonderlijk geanalyseerd.

Tabel A5 weekperiodes in 2022 waarvan de ventilatielucht filterpakketten gammaspectrometrisch zijn onderzocht ( $\text{mBq.m}^{-3}$ )

Monsternr. Periode 2022	Pakket	Nuclide	Aërosolfilter*			DSM11-1		
			RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
1. 28 jan – 4 feb	>	$^{131}\text{I}$	< 0,6	< 0,2		< 0,3	<	0,5
2. 15 – 22 apr	>	$^{131}\text{I}$	< 0,3	< 0,3		$0,76 \pm 0,13$	A1	$0,6 \pm 0,4$
3. 18 – 25 maa	<	$^{131}\text{I}$		< 0,2				
4. 24 jun – 1 jul	<	$^{131}\text{I}$		< 0,2				
5. 19 - 26 aug	<	$^{131}\text{I}$		< 0,2				
6. 23 – 30 sep	<	$^{131}\text{I}$		< 0,2				
7. 28 okt– 4 nov	<	$^{131}\text{I}$		< 0,2				
8. 4 – 11 nov	<	$^{131}\text{I}$		< 0,2				

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

Monsternr. Periode 2022	Nuclide	DSM11-2**			Kool-1**		
		RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
1. 28 jan – 4 feb	$^{131}\text{I}$				< 0,6		< 0,6
2. 15 – 22 apr	$^{131}\text{I}$	< 0,5			$0,66 \pm 0,17$	A1	$0,5 \pm 0,2$
3. 18 – 25 maa	$^{131}\text{I}$						
4. 24 jun – 1 jul	$^{131}\text{I}$						
5. 19 - 26 aug	$^{131}\text{I}$						
6. 23 – 30 sep	$^{131}\text{I}$						
7. 28 okt– 4 nov	$^{131}\text{I}$						
8. 4 – 11 nov	$^{131}\text{I}$						

\* 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 in 2022 met de opstelling TL080R020 (RIVM) en TL080R019 (KCB)

Periode 2022	Aard v.d. fractie	$^3\text{H}$		
		RIVM	V	<b>KCB</b>
1 <sup>e</sup> kwart	organisch	1,03 ± 0,06	A2	1,7 ± 0,3
	anorganisch	181 ± 8	A2	221 ± 19
2 <sup>e</sup> kwart	organisch	3,51 ± 0,16	C	2,4 ± 0,3
	anorganisch	331 ± 14	A1	330 ± 30

Tabel A7 Vergelijking van  $^{14}\text{C}$ -activiteitsconcentraties ( $\text{Bq.m}^{-3}$ ) in de zeolietkwartaalmonsters van ventilatielucht genomen in 2022 met de opstelling TL080R020 (RIVM) en TL080R019 (KCB)

Periode 2022	Aard v.d. fractie	$^{14}\text{C}$		
		RIVM	V	<b>KCB</b>
1 <sup>e</sup> kwart	organisch	81 ± 4	C	114 ± 8
	anorganisch	12,4 ± 0,6	A1	13,0 ± 1,1
2 <sup>e</sup> kwart	organisch	168 ± 8	C	118 ± 11
	anorganisch	25,8 ± 1,3	B	20 ± 2

## 6 Bijlage B Analyseprocedures van KCB in 2022

### 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: 10  
 Opsteldatum: 10-02-2020  
 Documentsoort: Analysevoorschrift KMC  
 Opstelprocedure: PO-N04-26  
 Reviewfrequentie: 48 maanden  
 Volgende review: 10-02-2024

#### WERKWIJZE

##### WISSELEN VAN DE CILINDERS MET MOLECULAIRZEEF

- Vul lege cilinders van TL080R020 met uitgestookte molecuulairzeef (Framatome) en schroef de cilinder dicht;
- Voor verwijderen van de cilinders de wacht inlichten;
- Zet de schakelaar in de monsternamekast op 0 en noteer de datum/tijd;
- Verwijder de geplaatste cilinders met molecuulairzeef uit de automatische monstername-apparatuur en noteer datum/tijd en de tellerstand van het aantal pompslagen;
- Plaats de cilinders met nieuwe molecuulairzeef in het monsternameapparaat en reset de teller;
- Wissel het papierfilter in de inlaat van het monsternameapparaat in TL080R020;
- Wissel in de maanden januari en juli ook de katalysatormassa in de oven van het monstername-apparaat (pas op HEET, 450oC);
- Zet de schakelaar in de monsternamekast op stand 1 en controleer de werking van het apparaat (dit is de herkwalificatie van het instrument)

ZET DE SCHAKELAAR IN DE MONSTERNAMEKAST OP STAND 4 EN NOTEER DE DATUM/TIJD. 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 externe sommerende debietmeter. De beginstand van de teller en het volume van de debietmeter worden genoteerd. Na een week wordt de debietmeter verwijderd en worden de tellerstand en het volume weer genoteerd.

Het slagvolume wordt nu berekend met de volgende formule:

$$\text{Slagvolume in ml/slag} = \frac{(\text{Volume}_{\text{eind}} - \text{Volume}_{\text{begin}})}{(\text{Slagen}_{\text{eind}} - \text{Slagen}_{\text{begin}})}$$

Tijdens de bepaling van het slagvolume is sprake van een wijziging in het systeem, namelijk de afvoer ventilatielucht wordt nu niet retour gevoerd naar de ventilatieschacht (TL076), maar over de debietmeter geleid en in de ruimte geloosd. Daarom moet in soms in de module "Tracking and Control" een tijdelijke modificatie aangemaakt worden. Na aanmaken en bevestiging wordt een blauw label (TMB-P-label) aan het betreffende monsternamesysteem gehangen.

## BEREKENING

Op basis van de start en eindtijd van het kwartaal, het aantal pompslagen van de interne gaspomp en de rapportage van Framatome kan de effectieve lozing berekend worden.

### *Bemonsterd volume lucht:*

Uit de tellerstand van het aantal pompslagen volgt het bemonsterde volume volgens :

$$V_{\text{lucht}} = (T * V_{\text{pomp}}) / 1.000.000 \text{ (m}^3\text{)}$$

Waarin:

$V_{\text{lucht}}$  = hoeveelheid bemonsterde lucht;

$V_{\text{pomp}}$  = volume per pompslag (ml);

T = aantal pompslagen tijdens bemonsteringstijd.

### *Rapportage Framatome*

Framatome rapporteert de resultaten in Bq.patroom<sup>-1</sup>. De aanduidingen van de verschillende fracties van tritium en koolstof-14 zijn :

H-3 (HTO) = anorganische fractie tritium

H-3 (HT, org.) = organische fractie tritium

C-14 (CO<sub>2</sub>) = anorganische fractie koolstof-14

C-14 (CO<sub>2</sub>, org.) = organische fractie koolstof-14

Deze meetwaarden worden omgerekend in Bq.m<sup>-3</sup> door de meetwaarde per fractie te delen door de hoeveelheid bemonsterde lucht (de in een patroon verzamelde activiteit komt uit het doorgeleide volume lucht):

$$A_{\text{fractie}} = A_{\text{patroon}} / V_{\text{lucht}} \text{ (Bq.m}^{-3}\text{)}$$

$A_{\text{fractie}}$  = lozing per fractie (Bq.patroom<sup>-1</sup>)

$A_{\text{patroon}}$  = activiteit op de patroon (Bq)

### *Lozing per fractie per kwartaal*

De lozing per kwartaal wordt berekend uit activiteit per fractie in Bq.m<sup>-3</sup>, de tijdsduur van het kwartaal en het ventilatiedebiet.

$$A_{\text{lozing}} = A_{\text{fractie}} * t * 120.000 \text{ (Bq)}$$

$A_{\text{lozing}}$  = lozing van de betreffende fractie in het kwartaal

t = duur van het kwartaal in uren

De totale lozing per nuclide is de som van de organische en anorganische fractie.

## BEPALING VAN DE LOZING VAN AEROSOLEN EN JODIUM VIA DE VENTILATIESCHACHT.

### Documentgegevens

Titel: Bepaling van de lozing van aërosolen 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

### UITVOERING

#### 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 aërosolfilters, 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 aërosolfilter mee naar TL080R015 (03415) dan wel 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 volume en de standtijd zoals die zijn geregistreerd door de Microquant. Normaal gesproken staat het apparaat in de bedrijfsstand. In het display staat dan:
 

$Q_t = X.XX \text{ [m}^3/\text{h]}$   $Q_t$  is de actuele doorstroming  
 Met behulp van de toetsen D en E kunnen de volgende bedrijfsparameters worden uitgelezen:

$Q_t =$	X.XX [m <sup>3</sup> /h]	actuele doorstroming
$\Sigma =$	X.XX [m <sup>3</sup> ]	actuele doorstroomde volume
T =	X.X [h]	actuele standtijd
$\Delta =$	X.XX [mbar]	actuele drukval over het filter
Max	200,0 [mbar]	drukval over filter waarboven alarm wordt gegenereerd
Min	40,0 [mbar]	drukval over filter waaronder alarm wordt gegenereerd
Q0	X.XX [m <sup>3</sup> /h]	totale doorstroming tijdens vorige cyclus; de eenheid staat niet correct in het display, moet zijn [m <sup>3</sup> ].
:		
T0	X.X [h]	totale standtijd van vorige cyclus
:		

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  $Q_0 = X.XX [m^3]$ . Met behulp van toetsen D en E kunnen de laatste 10 doorgestroomde volumina en standtijden worden teruggelezen,  $Q_0$  heeft betrekking op de meest recente,  $Q_9$  op de oudste.

- Verwissel het filter.
- Plaats het nieuwe filter recht in het apparaat en vergrendel het filter met behulp van de hefboom Vergrendel ook de hefboom. Zorg ervoor dat het filter recht zit: na vergrendeling moet de teflon huls rond kunnen draaien.
- Druk op de knop Neustart nach Filterwechsel, 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 echter ongeveer een half uur voordat de juiste waarde wordt bereikt.
- Zolang TL080R015 of TL080R018 uit bedrijf is ook de edelgasmeting TL080R011 dan wel TL080R012 uit bedrijf!
- De instellingen dienen als volgt te zijn:
  - \* TL080R015Qt ongeveer 4,2 [ $m^3/h$ ].
  - \* TL080R018Qt ongeveer 4,2 [ $m^3/h$ ].
- 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  $Q_t = \dots [m^3/h]$ .
- Naast witte Ein/on knop brandt groen lampje: continuous light power on.

## 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.
- $\alpha$  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 NRG en de resultaten worden verwerkt in de rapportage aan de overheid. Indien de  $\alpha$  activiteit  $> 5\text{E-}3 \text{ Bq/m}^3$ , dan moet ook een  $\alpha$  nucliden specifieke bepaling worden uitgevoerd.

#### JODIUMLOZING

De jodiumlozing wordt wekelijks bepaald met behulp van het filterpatroon uit de TL080R018 en wordt opgesplitst in de lozing van organisch gebonden jodium ( $\text{CH}_3\text{I}$ ) en anorganisch gebonden jodium ( $\text{I}_2$ ). Het filterpatroon is daarom gevuld met twee materialen. Eerst het zeoliet 'A41 absorber materiaal DSM11' voor het absorberen van  $\text{I}_2$ , en vervolgens de met TEDA geïmpregneerde actieve kool voor het absorberen van  $\text{CH}_3\text{I}$ . 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  $\text{I}_2$  en  $\text{CH}_3\text{I}$  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.

#### DETECTIEGRENZEN

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

#### 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 decay time.

De decay 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).

## METINGEN EN BEREKENINGEN AAN MONSTERS VAN RADIOACTIEF AFVALWATER

Documentgegevens

Titel: Metingen en berekeningen aan monsters van radioactief afvalwater

Identificatie: N04-28-012

Versie: 11

Opsteldatum: 7-2-2022

Documentsoort: Chemie instructie

Opstelprocedure: PO-N04-28

Reviewfrequentie: 48 maanden

Volgende review: 24-12-2023

## WERKWIJZE

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:\KCB\NO\KMC\Database\Afvalwater\afvalwaterlozingen 20xx.xls.

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".

## 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 meetonzekerheid in de tritiumactiviteit wordt eveneens vermeld. De aantoonbaarheidsgrens voor tritium moet, conform KTA 1504, 40 kBq.m<sup>-3</sup> 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 (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 <sup>60</sup>Co in gedemineraliseerd water moet, conform KTA 1504, < 1 kBq.m<sup>-3</sup> zijn.

### Archivering

In het excelbestand K:\KCB\NO\KMC\Database\Afvalwater\afvalwaterlozingen 20xx.xls worden de analyseresultaten vastgelegd. Per nuclide wordt de gemeten activiteit, de onzekerheid (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:

$$\text{volume (m}^3\text{)} = (\text{niveau voor lozing (m)} - \text{niveau na lozing (m)}) \times 7,5 \text{ (m}^2\text{)}.$$

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

### 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  $> 200 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  is. Ook als de activiteit  $< 200 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  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.

### 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 ( $m^3$ )  
 -----x 5000 ml  
 totaal geloosde volume afvalwater in het betreffende kwartaal ( $m^3$ )

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

NRG bepaalt de totaal alfa-,  $^{89}\text{Sr}$ -, en  $^{90}\text{Sr}$ -activiteit in het kwartaal mengmonster. Als de totaal alfa-activiteit  $> 1 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  is dient alfa-nuclide specifiek te worden gemeten.

*Strontiumactiviteit:*

De aantoonbaarheidsgrens is voor beide strontiumisotopen  $0,5 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  (KTA 1504).

*Alfa-activiteit:*

De aantoonbaarheidsgrens voor totaal alfa-activiteit is  $0,2 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  (KTA 1504). Als de totaal alfa-activiteit  $> 1 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  is, dient alfa-nuclidespecifiek te worden gemeten. Bij een alfa-nuclidespecifieke 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 =  $0,2 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ ,

$^{241}\text{Am} = 0,05 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ ,

$^{89}\text{Sr} = 0,5 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  en

$^{90}\text{Sr} = 0,5 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Het kwartaal mengmonster wordt minimaal één jaar bewaard.

**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:

geloosde volume afvalwater in dat kwartaal ( $m^3$ )  
 -----x 3000 ml  
 totaal geloosde volume afvalwater in het betreffende jaar ( $m^3$ )

Het mengmonster wordt verdeeld over nieuwe 1 l monsterflessen (ZPE, wijdmonds). Framatome 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  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ru}^{3+}$ ,  $\text{Ce}^{4+}$ , hechten 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 (onzekerheid van 5%, 2s), als redelijk homogeniseerbaar (onzekerheid 15 %, 2s) en als matig/slecht homogeniseerbaar (onzekerheid 45%, 2s) waren in te delen.

*Tabel C1 Kwantificering van inhomogeniteitsonzekerheid voor diverse nucliden*

Nuclide	Inhomogeniteits onzekerheid (%)	Nuclide	Inhomogeniteits onzekerheid (%)	Nuclide	Inhomogeniteits onzekerheid (%)
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), *FoutenanalyseSb-124 gammaspecifieke afvalwateranalyse*, ref. Lous/Haaij/R015045, KCB-KE Borssele.

## 8 Referenties

- 1 A3.1 Ondersteuning Inspectie en Monitoring, Contra expertise metingen nucleaire installaties. M/390220/21/SM – Jaarplan 2022; aangepaste versie op 2-2-2022 akkoord bevonden.
- 2 P.J.M. Kwakman. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van de kernenergiecentrale Borssele. Periode 2020 en 2021, RIVM rapport 2021-0156.
- 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, 2018.
- 10 Abwasser aus kerntechnischen Anlagen, Ringversuch 2022, UR – 04/2022, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Duitsland. [www.bfs.de](http://www.bfs.de).
- 11 Ringversuch Fortluft 2021, Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Fortluft). BfS-UR-93/2022.
- 12 Kwartaalrapportages betreffende lozingen van gasvormige en vloeibare radioactieve stoffen in 2022:  
 2022 kwartaal 1 – ref KM/RvW/RvW\_R220304 dd 30-06-2022  
 2022 kwartaal 2 – ref R220313 dd. 16-08-2022.  
 2022 kwartaal 3 – ref KM/RvW/RvW/R230289,  
 2022 kwartaal 4 – ref KM/JMr/RvW\_R230293 dd. 20-04-2023.

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

- 1 datum lozing TR41 8 feb 2022, volgnummer 22-08
- 2 datum lozing TR42 25 april 2022, volgnummer 22-37
- 3 datum lozing TR42 24 maart 2022, volgnummer 22-24
- 4 datum lozing TR42 1 juli 2022, volgnummer 22-48
- 5 datum lozing TR42 29 aug 2022, volgnummer 22-56
- 6 datum lozing TR42 22 sep 2022, volgnummer 22-60
- 7 datum lozing TR41 28 sep 2022, volgnummer 22-61

8 datum lozing TR42 10 nov 2022, volgnummer 22-68.

Meetgegevens ventilatieschacht Kernenergiecentrale Borssele, opgesteld door afd. KMS;

monsteromschrijving in periode 2022

1 TL080 R018 periode 28 jan -4 februari 2022;

2 TL080 R018 periode 15 - 22 april 2022;

3 TL080 R018 periode 18 - 25 maart 2022;

4 TL080 R018 periode 24 juni - 1 juli 2022;

5 TL080 R018 periode 19 - 26 augustus 2022.

6 TL080 R018 periode 23 - 30 september 2022;

7 TL080 R018 periode 28 okt - 4 nov 2022;

8 TL080 R018 periode 4 - 11 november 2022.

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

14 Blootstelling aan natuurlijke bronnen van ioniserende straling in Nederland. R. Smetsers en P. Bekhuis, RIVM-rapport 2021-0032.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

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

december 2023

De zorg voor morgen  
begint vandaag