



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

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

Periode 2024

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

Periode 2024

RIVM-briefrapport 2025-0113

Colofon

© RIVM 2025

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-2025-0113

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

Contact:

P.J.M. Kwakman

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 M/390220/24/CE, Contra-expertise

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

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

Periode 2024

De kerncentrale Borssele (KCB) meet hoeveel radioactiviteit de centrale loost via het nucleair afvalwatersysteem en het nucleair ventilatiesysteem. Het RIVM ontvangt acht keer per jaar van de KCB monsters van afvalwater en ventilatielucht en meet daarin de radioactiviteit. Het RIVM vergelijkt deze metingen met de resultaten van de KCB. De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) gebruikt deze 'contra-expertise' om in te schatten hoe betrouwbaar de metingen van de KCB zijn.

De KCB neemt de te analyseren monsters verspreid over het jaar. De gamma-analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2024 kwamen redelijk tot goed overeen met de resultaten van de kerncentrale. Alleen in monster 2 en 7 was de overeenkomst matig, waarschijnlijk door een inhomogene verdeling van activiteit in het monster. Het kan zijn dat de activiteit in het hele monster niet hetzelfde is. Omdat in delen van het monster wordt gemeten, kunnen de uitkomsten daarvan verschillen.

De overeenkomst in de ^3H -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 aangetoond.

In vier van de acht ventilatieluchtmonsters vonden het RIVM en de KCB allebei een gamma-activiteit van minder dan 0,01 Becquerel per kubieke meter ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) voor het nuclide ^{131}I . De resultaten van de metingen kwamen goed overeen.

De KCB bemonstert elk kwartaal anorganisch en organisch ^3H en ^{14}C in een deelstroom van de geloosde ventilatielucht. Twee systemen nemen daarvoor tegelijk de monsters. In opdracht van KCB analyseert het Duitse bedrijf Framatome alle zeolietmonsters uit systeem-1. Het RIVM doet dat in twee van de vier kwartalen van systeem-2.

De activiteitsconcentraties van ^3H en ^{14}C in ventilatielucht, bemonsterd met zeolietpatronen uit systeem-1 en systeem-2, kwamen in het eerste kwartaal redelijk overeen. De overeenstemming in het derde kwartaal voor de ^3H en ^{14}C resultaten was matig. Dat heeft waarschijnlijk te maken met een technische storing in de ventilatieluchtbemonstering van systeem-2.

Het RIVM voert de contra-expertises uit in opdracht van de 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 plant in Borssele

Period 2024

The nuclear power plant in Borssele (KCB) measures how much radioactivity the plant discharges via the nuclear waste water system and the nuclear ventilation system. Eight times per year the RIVM receives samples of waste water and ventilation air and determines the radioactivity contents. The RIVM compares these measurements with data from KCB.

The Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection (ANVS) uses these counterchecks to determine whether the analyses carried out by the nuclear power station itself are reliable.

KCB takes the samples to be analyzed at intervals throughout the year. The gamma analyses of waste water from the counterchecks in 2024 agree reasonably well with the results of the nuclear power station. Exception was the agreement in sample 2 and 7, probably due to an inhomogeneous distribution in the sample. Sometimes the activity is not the same throughout the sample. As only parts of the sample are analyzed the measurement results may be different.

The agreement with regard to the ^3H data in waste water was good for 7 out of 8 samples, and poor for one sample. Neither the nuclear power station nor RIVM found any strontium isotopes or alpha activity exceeding the detection limit in waste water.

In four out of eight weekly ventilation air samples RIVM and KCB both found less than 0,01 Becquerel per cubic metre (Bq.m^{-3}) or less for ^{131}I . The results were in good agreement.

Each quarter KCB samples inorganic and organic ^3H and ^{14}C in a subsample of discharged ventilation air. Two sampling systems take the air samples at the same time. Commissioned by KCB the German laboratory of Framatome analyzes all samples from system-1. The RIVM does the same for two out of four quarters of system-2.

The results of the measurements of ^3H and ^{14}C in ventilation air, sampled with zeolite cartridges from system-1 and system-2, agreed reasonably in the first quarter of 2024. In the third quarter however, the agreement was poor. This is probably caused by a technical failure in ventilation air sampling system-2.

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 Opdracht en rapportindeling — 11
- 1.2 Herkomst data van KCB en autorisatie van deze rapportage — 11
- 1.3 Opdrachtgever ANVS en opdrachtnemer RIVM — 11
- 1.4 Kwaliteitsborging — 12
- 1.5 Disclaimer met betrekking tot de scope van accreditatie — 12

2 Monsters en analyses — 13

3 Analysemethoden — 15

- 3.1 Tweevoudebepalingen — 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 ^3H -activiteitsconcentratie in afvalwater — 16
- 3.5 Bepaling van de ^{89}Sr - en ^{90}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 ^3H en ^{14}C in ventilatielucht — 18
- 3.8 Onzekerheidsberekening — 18
- 3.9 Presentatie van resultaten en vergelijking — 19

4 Resultaten en discussie — 23

- 4.1 Meetresultaten — 23
- 4.2 Vergelijking van de resultaten en discussie — 23
 - 4.2.1 Afvalwater - RIVM-gel, 2024 — 23
 - 4.2.2 Afvalwater- KCB-gel, 2024 — 24
 - 4.2.3 Ventilatielucht 2024 — 25

5 Conclusie algemeen oordeel over de contra-expertise 2024 — 27

Bijlage A Vergelijking meetresultaten, periode 2024 — 29

Bijlage B Analyseprocedures van KCB in 2024 — 33

Bijlage C Stabilisering van watermonsters – zuur en dragerionen — 45

Referenties — 47

Samenvatting

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM heeft in 2024 in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uitgevoerd van lozingsmonsters afkomstig van zes nucleaire installaties in Nederland. Het RIVM vergelijkt deze metingen acht keer per jaar met de resultaten van de betreffende nucleaire installatie. De ANVS gebruikt deze 'contra-expertise' om in te schatten hoe betrouwbaar de metingen van de nucleaire installatie zijn. Dit rapport gaat over lozingsmonsters van kernenergiecentrale Borssele (KCB) in de periode 2024.

De gamma-analyses van afvalwater uit de contra-expertise in 2024 kwamen redelijk tot goed overeen met de resultaten van de kerncentrale. Er zijn zes radionucliden aangetoond, ^{60}Co , $^{123\text{m}}\text{Te}$, ^{131}I , ^{133}Xe , ^{137}Cs en ^{144}Ce , in activiteitsconcentraties lager dan 6 kBq.m^{-3} . Alleen in monster 2 en 7 was de overeenkomst matig, waarschijnlijk door een inhomogene verdeling van activiteit in het monster.

De overeenkomst in de ^3H -data in afvalwater was voor 7 van de 8 monsters goed (zeven maal A1), en voor 1 monster matig. Het is niet duidelijk waar deze matige overeenstemming door veroorzaakt wordt. Mogelijk is een ^3H -kruisbesmetting met een eerder monster de oorzaak.

De KCB en het RIVM hebben geen strontium-isotopen en alfa-activiteit in het afvalwater aangetoond.

In vier van de acht ventilatieluchtmonsters vonden het RIVM en de KCB beiden een gamma-activiteit voor het nuclide ^{131}I . De gevonden activiteitsconcentraties varieerde van 1 tot 10 mBq.m^{-3} . De overeenstemming in de meetresultaten voor ^{131}I was goed.

De KCB bemonstert anorganisch en organisch ^3H en ^{14}C in een deelstroom van de geloosde ventilatielucht door middel van zeolietpatronen in twee parallel functionerende bemonsteringssystemen. De KCB stuurt hun zeolietmonsters uit systeem-1 op voor analyse door Framatome (Erlangen, Duitsland). Het RIVM haalt de korrels uit een zeolietpatroon van systeem-2 op bij de KCB voor analyse. De activiteitsconcentraties van ^3H en ^{14}C in ventilatielucht, bemonsterd met zeolietpatronen uit systeem-1 en systeem-2, kwamen in het eerste kwartaal redelijk overeen. De overeenstemming in het derde kwartaal voor de ^3H en ^{14}C resultaten was echter matig. Mogelijk was er in het derde kwartaal een technische storing in de ventilatieluchtbemonstering van systeem-2.

Het RIVM voert de contra-expertises uit in opdracht van de ANVS.

1 Inleiding

1.1 Opdracht en rapportindeling

Het Centrum Veiligheid (VLH) van RIVM voert in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) radioactiviteitsmetingen uit van lozingsmonsters afkomstig van zes 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 2024. 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. De bemonstering wordt door de onderzochte bedrijven uitgevoerd. Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door KCB 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 [14] 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 "**KCB**" weergegeven.

Autorisatie van dit rapport wordt in het RIVM publicatieproces afgehandeld. Vrijgave van het rapport gebeurt door het domeinhoofd M&V of diens aangewezen vervanger, via de aanbiedingsbrief aan de opdrachtgever.

1.3 Opdrachtgever ANVS en opdrachtnemer RIVM

De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS, Koningskade 4, Den Haag; 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.

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

1.4 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 [1] (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) [2, 3]. KCB neemt eveneens deel aan het 'Abwasser' en 'Fortluft' ringonderzoek.

1.5 Disclaimer met betrekking tot de scope van accreditatie

De accreditatie betreft specifiek de analyseresultaten van de verrichtingen. De opinies/interpretaties vermeld in dit rapport vallen buiten de scope van de accreditatie.

Uitvoering van bemonstering door de klant of andere partij:

De resultaten van de bepalingen van RIVM zijn alleen van toepassing op de ontvangen monsters. Gegevens met betrekking tot de monstername, zoals de lozingsdatum en monsterperiode zijn aangeleverd door KCB middels kwartaalrapportages en bij het monster aangeleverde informatie. De kwaliteit van deze data valt onder de verantwoordelijkheid van KCB.

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; zie Bijlage B voor een beschrijving van de monsternamen en de monsterbehandeling door KCB. Van het afvalwater (batchmonsters) stelt KCB een 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 [4].

Tabel 1 Overzicht van vooraf afgesproken aantal monsters en analyses

Monsters	Aantal	Soort monster	Analyses (Q)
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- α^{**} , ^{89}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 2024 plaats van 1 – 30 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 2024.

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 2024

Nr.	Lozingsdatum*	Ophaaldatum	Analysedatum RIVM**
1	5-feb-24	12-feb-24	19-feb-24
2#	22-apr-24	29-april-24	1-mei-24
3	23-mei-24	30-mei-24	7-juni-24
4	25-mei-24	30-mei-24	5-jun-24
5	1-jul-24	8-jul-24	8-jul-24
6	23-aug-24	5-sept-24	11-sept-24
7	30-aug-24	5-sept-24	12-sept-24
8	4-nov-24	8-nov-24	8-nov-24

* 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)

Monster 2 is uit de splijtstofwisselperiode

Tabel 3 bevat de gegevens van de door RIVM geanalyseerde ventilatieluchtmonsters uit 2024. De ventilatieluchtmonsters worden op dezelfde dag opgehaald als de afvalwatermonsters.

Tabel 3 Monstergegevens ventilatielucht in 2024

Nr	Monsterperiode*	Ophaaldatum	Analysedatum RIVM**
1	16 jan - 2 feb	12-feb-24	12-feb-24
2#	12 – 19 apr	29-april-24	29-april-24
3	10 – 17 mei	30-mei-24	30-mei-24
4	17 - 24 mei	30-mei-24	31-mei-24
5	21 - 28 juni	8-jul-24	8-jul-24
6	23 – 30 aug	5-sept-24	10-sept-24
7	18 - 25 okt	7-nov-24	7-nov-24
8	25 okt – 1 nov	7-nov-24	7-nov-24

* 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.

Monster 2 is uit de splijtstofwisselperiode

3 Analysemethoden

Het Centrum Veiligheid van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM/VLH) is voor een aantal verrichtingen geaccrediteerd door de RvA volgens NEN-EN-ISO-17025 (registratienummer L153). Deze verrichtingen hebben betrekking op metingen die worden uitgevoerd in het kader van het toezicht op nucleaire installaties. Indien mogelijk hanteert RIVM/VLH NEN-normen of ISO-normen. Voor gamma-spectrometrie werkt RIVM conform NEN-EN-ISO 20042 [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 ^3H in afvalwater, en de bepaling van ^3H en ^{14}C in ventilatielucht.

Beschrijvingen van de bemonsterings- en analysemethoden toegepast door KCB in 2024, zijn gereproduceerd in Bijlage B. Deze methoden zijn geactualiseerde versies van de methoden toegepast in de voorgaande rapportages [7].

In opdracht van de ANVS worden de randvoorwaarden gevolgd uit de Kerntechnische Ausschuss (KTA-1503.1 [8], en KTA-1504 [9]). Dit betreft bijvoorbeeld de samenstelling van de nuclidenbibliotheek en de detectiegrenzen die gehaald moeten worden.

3.1 Tweevoudbepalingen

RIVM 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 efficiëntie in enkelvoud uitgevoerd. Welke analyses in enkelvoud en welke in tweevoud worden uitgevoerd, staat in hoofdstuk 2 (zie Tabel 1).

In dit rapport zijn de gammaspectrometrische metingen door RIVM aan het door KCB gegeleerde preparaat en het door RIVM gegeleerde preparaat behandeld als twee afzonderlijke enkelvoudige metingen. 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}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 ($< 0,5 \text{ mg.cm}^{-2}$). De tellers hebben een lage achtergrond. De telopbrengst wordt berekend uit het verschil in de resultaten van de beide telpreparaten en de toegevoegde activiteit aan ^{241}Am . Deze methode is vastgelegd in procedure 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 [10]. De monsters worden gemeten, conform NEN-EN-ISO 20042, op een N-type halfgeleiderdetector gekoppeld aan een pulssorteerder met 16384 kanalen over een energiebereik van 30 keV tot 3 MeV in een meettijd van 1000 minuten. Het spectrum wordt geanalyseerd met behulp van het analyseprogramma Genie2000 (onder APEX-gamma van Mirion) aan de hand van een nuclidenbibliotheek.

Tabel A3 in Bijlage A toont de nucliden in de RIVM nuclidenbibliotheek. 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 lozing. KCB corrigeert voor verval naar het tijdstip van de monsternamen (zie ook Bijlage B, Analyseprocedures van KCB).

Indien door RIVM geen enkele gammastraler wordt aangetroffen, wordt de detectielimiet voor ^{60}Co gegeven. De waarde van de detectielimiet voor ^{60}Co geeft een indicatie van de bereikte gevoeligheid volgens KTA 1504 [9]. KTA 1504 eist dat bij het meten van gammastraling uitzendende radionucliden in gedestilleerd water de detectielimiet voor ^{60}Co lager is dan 1 kBq.m^{-3} .

Deze methode is vastgelegd in procedure VLH-H-004; Handboek Gammaspectrometrie.

3.4 **Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in afvalwater**

Aan 25 ml van het monster wordt 0,2 g Na_2CO_3 toegevoegd om het alkalisch te maken. Nadat 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}Sr - en ^{90}Sr -activiteitsconcentratie in afvalwater**

De bepaling van strontium in afvalwater berust op selectieve complexatie van strontiumionen door een kroonether op een Sr-specifieke kolom en wordt uitgevoerd volgens NEN 5619 [11]. De kroonether is in staat Sr^{2+} -ionen selectief te complexeren in aanwezigheid van een overmaat aan Ca^{2+} - en Ba^{2+} -ionen.

Aan een deelmonster van, bijvoorbeeld, 250 ml wordt ^{85}Sr -merker en Sr-drager toegevoegd. Met ammonia wordt de oplossing op pH 10 gebracht. Vervolgens wordt een CaCl_2 en een Na_2CO_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 K^+ en 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}Y te bepalen. Voor de opbrengstbepaling van strontium wordt ^{85}Sr gebruikt. Het LSC-spectrum wordt in drie 'windows' onderscheiden. Uit het spectrum met bijdragen van ^{85}Sr , ^{89}Sr , ^{90}Sr en ^{90}Y wordt de activiteitsconcentratie van ^{89}Sr - en ^{90}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 conform NEN-EN-ISO 20042 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 corrigeert RIVM naar het midden van de monsterperiode, waar KCB corrigeert voor verval vanaf het moment van monsternamen. Voor de kalibratie van de tefficiëntie van de gammaspectrometrie-opstelling wordt gebruik gemaakt van het softwarepakket ISOCS (TMMirion), 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}Co en ^{131}I . De KTA 1503.1 [8] eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor ^{60}Co , ^{131}I en ^{137}Cs

minder dan, respectievelijk 10 mBq.m^{-3} , 20 mBq.m^{-3} en 30 mBq.m^{-3} bedraagt.

Deze methode is vastgelegd in VLH-H-004; Handboek Gammaspectrometrie.

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

KCB bemonstert anorganisch en organisch ^3H en ^{14}C in een deelstroom van de geloosde ventilatielucht door middel van moleculair zeven (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 op bij KCB uit de zeolietpatroon TL080R020 voor analyse in Bilthoven.

Elk monsternamesysteem (TL080R019 en -R020) bestaat uit twee zeolietpatronen in serie met ertussen een katalytische oxidator. Het zeolietmateriaal absorbeert alleen de chemische vormen H_2O en CO_2 . De eerste zeoliet absorbeert $^3\text{H}_2\text{O}$ en $^{14}\text{CO}_2$, maar laat de organische fracties met ^3H en ^{14}C passeren. De organische fracties ^3H en ^{14}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 N_2 -stroom uitgestookt bij ca. 380°C . Het vrijkomende H_2O wordt in een koude val gecondenseerd; het telpreparaat bestaat uit 10 ml water en 10 ml Ultima Gold LLT vloeistofscintillatiecocktail. Het vrijkomende CO_2 wordt geadsorbeerd in een organische base (Carbosorb-E); het telpreparaat bestaat uit ca. 8 ml Carbosorb E plus 12 ml Instagel-plus.

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

3.8 **Onzekerheidsberekening**

De door RIVM opgegeven onzekerheid is het 1s-schattingsinterval. Voor het bepalen hiervan is gebruik gemaakt van NEN 1047 (Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen, [12]) en ISO-IEC 98-1: 2024 (The Guide to the expression of uncertainty in measurement) [13]. 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, zoals beschreven in de bijbehorende handboeken. 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}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.

Gammastrahlung

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 APEX-Gamma ; hiervoor wordt een extra onzekerheid toegevoegd aan de gerapporteerde activiteitsconcentraties.

Bepaling van de ^3H -activiteitsconcentratie in afvalwater

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

Bepaling van de ^{89}Sr -en ^{90}Sr -activiteitsconcentratie in afvalwater

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

Bepaling van de ^3H en ^{14}C -activiteitsconcentratie in ventilatielucht

De totale onzekerheid is samengesteld uit de telfout, een onzekerheid die samenhangt met de ^3H en de ^{14}C quenchcurve en een experimentele onzekerheid. RIVM ontvangt en analyseert het ^{14}C - en ^3H 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 Presentatie van resultaten en vergelijking

De door KCB bepaalde activiteitsconcentraties worden afgerond overgenomen uit de opgaven van KCB [14].

In het kort : afronding vindt plaats met de grootste decimale eenheid (..10; 1; 0,1 ; 0,01) onder 1/2 s. Voorbeeld : $48,42 \pm 0,58$. $\frac{1}{2} s = 0,29$; dus grootste decimale eenheid is 0,1. Afronding leidt tot $48,4 \pm 0,6$.

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 de onderzochte NI 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 [15]).

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.

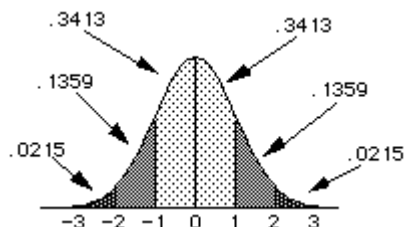
Indien de NI geen opgave doet van de onzekerheid in het analyseresultaat, wordt verondersteld dat de onzekerheid in de meetwaarde van de NI, s_{NI} , gelijk is aan de onzekerheid in de meetwaarde van RIVM, s_{RIVM} .

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 ("Goed")
A2:	$s\Delta < \Delta \leq 2 s\Delta$	~27%, ofwel circa 1 uit 4 ("Goed")
B:	$2 s\Delta < \Delta \leq 3 s\Delta$	~4,3%, ofwel circa 1 uit 20 ("Redelijk")
C:	$3 s\Delta < \Delta $	~0,26%, ofwel circa 1 uit 400 ("Matig")

$$s\Delta = \sqrt{(s_{NI}^2 + s_{RIVM}^2)}$$

Figuur 1 Schematische weergave van een Gauss verdeling



In de praktijk wijkt door inhomogeniteiten in de monsters 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, onzekerheden.

Ten behoeve van de contra-expertise geeft KCB bij de resultaten van de afvalwatermonsters twee onzekerheden 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 kwartaalrapportages [14]. 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 [14] en de daarbij behorende onzekerheden ('s', zie hoofdstuk 3) zijn te vinden in Bijlage A (2024). In tabellen A1 en A2 van deze bijlage zijn alleen die gammastralers opgenomen die in de afvalwatermonsters zijn aangetoond. Indien een gammastraler slechts door één laboratorium is aangetoond dan wordt de detectielimiet van het andere laboratorium 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. 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 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, 2024

In de afvalwatermonsters (door RIVM gegeleerd) werden ^{60}Co , ^{137}Cs en ^{144}Ce en tritium door RIVM en door KCB beide aangetoond (zie Tabel 4 en Tabel A1). Daarnaast heeft KCB $^{123\text{m}}\text{Te}$, ^{131}I en ^{133}Xe aangetoond en RIVM niet. Dit betreft bij ^{131}I en ^{133}Xe betrekkelijk kortlevende nucliden waardoor de detectiegrens van RIVM hoger ligt dan de meetwaarde van KCB. Het nuclide $^{123\text{m}}\text{Te}$ is door KCB op zeer laag niveau aangetoond ($0,1 - 0,6 \text{ kBq.m}^{-3}$), onder de detectiegrens van RIVM.

Tabel 4 RIVM-gel: vergelijking van RIVM-meetresultaten aan een door RIVM gegeleerd monster met KCB-meetresultaten aan het KCB-gelmonster, in 2024

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	$\Sigma A1$ *	$\Sigma A2$ *	ΣB *	ΣC *
^{60}Co		C	A2	A2	A1	A1	C	A1	3 (3-7)	2 (0-4)	0 (0-1)	<u>2</u> (0-0)
^{137}Cs							C		0 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	<u>1</u> (0-0)
^{144}Ce			A1						1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
^3H	A1	A1	A1	A1	A1	A1	C	A1	7 (3-7)	0 (0-4)	0 (0-1)	<u>1</u> (0-0)
Totaal									11 (8-15)	2 (2-8)	0 (0-2)	<u>4</u> (0-0)

* 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}Co , ^{137}Cs en ^{144}Ce . Voor de gammastralers $^{123\text{m}}\text{Te}$, ^{131}I en ^{133}Xe , die alleen zijn aangetoond door KCB zijn de activiteitsconcentraties net boven de detectiegrens en liggen tussen 0,1 en 0,2 kBq.m⁻³.

In monster 2 en 7 was er hoogstwaarschijnlijk sprake van een inhomogene verdeling, gezien de matige overeenstemming in de vergelijking voor ^{60}Co en ^{137}Cs . De vergelijking van de resultaten in de KCB-gel (Tabel 5) is immers goed.

^3H

In elk van de acht batchmonsters is door zowel KCB als RIVM het nuclide ^3H aangetoond: met zevenmaal A1, en één C zijn de overeenkomsten goed. Het is opvallend dat de C overeenkomst is behaald in monster 7 met de laagste ^3H activiteitsconcentratie. De overige ^3H watermonsters hebben regelmatig een activiteitsconcentratie van een factor 100 hoger. Het is daarom niet uit te sluiten dat er bij monster 7 een ^3H -kruisbesmetting heeft opgetreden.

Vergelijking ^3H , ^{60}Co en ^{137}Cs resultaten behaald in BfS Abwasser 2024
In het BfS-ringonderzoek [2] in 2024 hebben KCB en RIVM in 2024 in Modellwasser ^3H bepaald met voor beiden slechts een geringe afwijking van de doelwaarde van -5 %. De bepaling van ^{60}Co en ^{137}Cs in Modellwasser hebben KCB en RIVM beide binnen 2 % van de doelwaarde bepaald. De kwaliteit van resultaten behaald met deze bepalingen is goed.

^{90}Sr en ^{89}Sr , totaal-alfa

In het kwartaalmengmonster van het tweede kwartaal is door RIVM en KCB geen totaal-alfa activiteit en geen ^{90}Sr en ^{89}Sr gevonden (Tabel A4). De detectiegrens van RIVM voor ^{89}Sr is iets hoger dan de door de KTA vereiste 0,5 kBq.m⁻³. Dit is te wijten aan het tijdsverloop tussen het ophalen van het monster en de bepaling eind 2024.

De resultaten van RIVM voor ^{89}Sr en ^{90}Sr in het Abwasser 2024 ringonderzoek zijn goed. KCB heeft de bepaling van ^{89}Sr en ^{90}Sr uitbesteed aan NRG met eveneens een goed resultaat.

4.2.2

Afvalwater- KCB-gel, 2024

In de KCB-gel werden de gammastralers ^{60}Co , ^{131}I , ^{133}Xe , ^{137}Cs en ^{144}Ce door RIVM en door KCB beide aangetoond (zie Tabel 5 en A2). De activiteitsconcentraties in de monsters zijn betrekkelijk laag (< 6,4

kBq.m⁻³; zie Tabel A2). De overeenstemming in de gemeten concentraties van de gammastralers in de KCB-gel is goed; negenmaal A1 en driemaal A2.

Voor de gammastralers, alleen aangetoond door KCB (^{123m}Te, ¹³¹I en ¹³³Xe), zijn de activiteitsconcentraties gevonden door KCB laag en liggen tussen 0,1 en 0,3 kBq.m⁻³, onder de detectiegrens van RIVM.

Tabel 5 KCB-gel: vergelijking van de activiteitsconcentratie van gammastralers in afvalwatermonsters, gegeleerd door KCB (kBq.m⁻³), in 2024

Nuclide	1	2	3	4	5	6	7	8	ΣA1 *	ΣA2 *	ΣB *	ΣC *
⁶⁰ Co	A2	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	6 (3-7)	1 (0-4)	0 (0-1)	0 (0-0)
¹³¹ I	A2							A1	1 (0-2)	1 (0-2)	0 (0-1)	0 (0-0)
¹³³ Xe	A1								1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
¹³⁷ Cs							A1		1 (0-1)	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
¹⁴⁴ Ce			A2						0 (0-1)	1 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-0)
Totaal									9 (4-8)	3 (0-5)	0 (0-2)	0 (0-0)

* De range tussen haakjes geeft het 95% interval aan. Aantallen beneden of boven de range tussen haakjes (kans < 2,5%) zijn onderstreept.

4.2.3

Ventilatielucht 2024

KCB en RIVM vonden tijdens de revisieperiode in april 2024 in het 2^e en 3^e filterpakket een geringe ¹³¹I activiteit van 1-2 mBq.m⁻³. De overeenstemming was goed; tweemaal A1 en een A2.

Als gevolg van filtertesten heeft in het vierde kwartaal een (kleine) lozing plaatsgevonden van 0,3 MBq ¹³¹I [14]. De activiteitsconcentraties van ¹³¹I in het 7^e en 8^e filterpakket waren lager dan 10 mBq.m⁻³ met een goede overeenstemming; tweemaal A1.

³H en ¹⁴C

Er zijn twee, parallel uitgevoerde, bemonsteringssystemen, TL080R019 en TL080R020.

KCB laat de gehele zeoliethouders van het bemonsteringssysteem TL080R019 analyseren op het ³H en ¹⁴C gehalte door het radiochemisch laboratorium van Framatome te Erlangen (Duitsland). De data in de kwartaalrapportages zijn aangeleverd door Framatome (in Bq/zeolietpatroon). De omrekening naar Bq.m⁻³ vindt plaats door KCB; de data van Framatome worden gedeeld door het deelvolumen dat door het patroon van TL080R019 is gegaan. In 2024 bedroeg dat deelvolumen in zowel het 1^e als het 3^e kwartaal 1,42 m³.

De data van RIVM zijn gedeeld door het deelvolumen dat is gegaan door de tweede bemonsteringsopstelling, TL080R020 (Bq.m⁻³); in kwartaal 1 bedroeg het deelvolumen 1,60 m³ en in kwartaal 3 1,11 m³. Zie de tabellen A6 en A7. Voor elk kwartaal is er een anorganische en een organische fractie waarin de activiteitsconcentratie van ³H₂O en ¹⁴CO₂ wordt bepaald. Zie Tabel 6.

Tabel 6 vergelijking van RIVM- en KCB-metresultaten voor ^3H en ^{14}C in kwartaalmonsters van ventilatielucht (Bq.m^{-3}) in 2024

Periode in 2024		^3H	^{14}C
Kwartaal 1	org	C	A1
	anorg	A2	B
Kwartaal 3	org	C	A2
	anorg	C	C

De overeenstemming in de ^3H en ^{14}C resultaten van het 1^e kwartaal is redelijk, en voor het 3^e kwartaal matig; C en A2 voor de organische fracties en tweemaal C voor de anorganische fracties. Bij een jaarlijkse controle bleek het pompslagvolume van TL080R020 lager dan normaal [16]. Dit is hersteld in het 4^e kwartaal.

5 Conclusie algemeen oordeel over de contra-expertise 2024

In Tabel 7 wordt een samenvatting gegeven van de uitgevoerde contra-expertise in 2024. De overeenstemming van de analytische resultaten die behaald zijn door KCB en RIVM tijdens de contra-expertise van afvalwater zijn grotendeels goed met een overeenstemming [A1+A2]. Dit geldt ook voor de gammaspectrometrische resultaten behaald in ventilatieluchtfilters.

Minder goed is de overeenstemming in de resultaten voor ^3H en ^{14}C in ventilatielucht. Het lijkt erop dat een technisch probleem in de ventilatieluchtbemonstering van kwartaal 3 heeft geleid tot een matige overeenstemming.

Tabel 7 Overzicht van overeenstemming tussen KCB en RIVM meetresultaten in 2024

Parameter	Afvalwater 2024	Ventilatielucht 2024
Totaal-alfa	< MDA	goed
Gammaspectrometrie:		
- KCB-gel	goed	
- RIVM-gel	redelijk	
Strontium-89	< MDA	Kw1 goed; Kw3 redelijk Kw1 redelijk; Kw3 matig
Strontium-90	< MDA	
Koolstof-14	-	
Tritium	goed	

MDA = minimaal detecteerbare activiteit

Bijlage A Vergelijking meetresultaten, periode 2024

Disclaimer - herkomst data en uitvoering van bemonstering.
 RIVM heeft de meetdata van KCB overgenomen uit de kwartaal-rapportages [14]. 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.

Afvalwater – 2024

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

WATER 2024	periode 1			periode 2		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60				0,30 ± 0,07	C	2,0 ± 0,9
Te-123m				< 0,3		0,070 ± 0,010
I-131	< 1,4		1,61 ± 0,07	< 1,1		0,85 ± 0,18
Xe-133	< 4		6,0 ± 1,3			
H-3	8100 ± 300	A1	8200 ± 200	137 ± 5	A1	140 ± 4

Tabel A1 (Vervolg)

WATER 2024	periode 3			periode 4		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	2,84 ± 0,16	A2	3,7 ± 1,7	0,82 ± 0,08	A2	1,4 ± 0,7
Te-123m				< 0,3		0,14 ± 0,06
Cs-137				< 0,4		0,32 ± 0,12
Ce-144	2,5 ± 0,6	A1	2,8 ± 0,8			
H-3	33,5 ± 1,1	A1	33,9 ± 0,9	97 ± 3	A1	97 ± 3

Tabel A1 (Vervolg)

WATER 2024	periode 5			periode 6		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	0,73 ± 0,07	A1	0,8 ± 0,4	2,41 ± 0,14	A1	2,2 ± 1,0
Te-123m	< 0,3		0,11 ± 0,04			
H-3	60 ± 2	A1	59,0 ± 1,6	65 ± 2	A1	65,6 ± 1,8

Tabel A1 (Vervolg)

WATER 2024	periode 7			periode 8		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	5,5 ± 0,3	C	0,7 ± 0,3	1,45 ± 0,10	A1	1,3 ± 0,6
I-131				< 0,7		0,63 ± 0,14
Cs-137	0,97 ± 0,13	C	0,46 ± 0,12			
H-3	1,99 ± 0,07	C	2,93 ± 0,09	11700 ± 400	A1	12000 ± 300

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 2024, gegeleerd door KCB (kBq.m⁻³)

KCB-GEL 2024	periode 1			periode 2		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60				2,24 ± 0,14	A2	2,02 ± 0,19
Te-123m				< 0,3		0,070 ± 0,010
I-131	< 1,1		0,16 ± 0,07	0,53 ± 0,17	A2	0,85 ± 0,17
Xe-133	6,4 ± 1,0	A1	6,0 ± 1,2			

Tabel A2 (Vervolg)

KCB-GEL 2024	periode 3			periode 4		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	3,6 ± 0,2	A1	3,7 ± 0,3	1,25 ± 0,10	A1	1,4 ± 0,3
Te-123m				< 0,3		0,14 ± 0,06
Cs-137				< 0,4		0,32 ± 0,12
Ce-144	1,7 ± 0,5	A2	2,8 ± 0,8			

Tabel A2 (Vervolg)

KCB-GEL 2024	periode 5			periode 6		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	0,86 ± 0,08	A1	0,78 ± 0,12	2,27 ± 0,14	A1	2,2 ± 0,2
Te-123m	< 0,3		0,11 ± 0,04			

Tabel A2 (Vervolg)

KCB-GEL 2024	periode 7			periode 8		
	RIVM	V	KCB	RIVM	V	KCB
Co-60	0,64 ± 0,09	A1	0,66 ± 0,11	1,29 ± 0,10	A1	1,30 ± 0,15
I-131				0,71 ± 0,15	A1	0,63 ± 0,14
Cs-137	0,37 ± 0,09	A1	0,46 ± 0,12			

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

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

* Volgens KTA 1504 en KTA 1503.1⁸ te onderzoeken nucliden

[†] Volgens KTA 1504 te onderzoeken nucliden⁹

Deze nucliden in Tabel A3 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, ⁸⁹Sr en ⁹⁰Sr in het afvalwater mengmonster van kwartaal 2, 2024 van KCB (kBq m⁻³)

2024 kwartaal-2			
nuclide	RIVM	V	KCB
totaal-alfa	< 0,1		< 0,4
⁸⁹ Sr	< 2,5		< 0,5
⁹⁰ Sr	< 0,2		< 0,5

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

Ventilatielucht – 2024

Alle meetdata afkomstig van de lozingsrapportages en kwartaalrapportages van KCB [14] zijn aangegeven in de kolom met erboven in vette en cursieve letters "**KCB**". Zie de disclaimer boven Tabel A1.

Tabel A5 weekperiodes in 2024 waarvan de ventilatielucht filterpakketten gammaspectrometrisch zijn onderzocht (mBq.m⁻³)

Monsternr. Periode 2024	Pakket	Nuclide	Aërosolfilter*			DSM11-1**	
			RIVM	V	KCB	RIVM	V KCB
1. 26 jan - 2 feb	<	¹³¹ I					
2. 12 - 19 apr	>	¹³¹ I	< 0,8		< 0,3	1,26 ± 0,15	A2 2,2 ± 0,6
3. 10 - 17 mei	>	¹³¹ I	< 1,4		< 0,3	<0,9	< 0,4
4. 17 - 24 mei	<	¹³¹ I					
5. 21 - 28 jun	<	¹³¹ I					
6. 23 - 30 aug	<	¹³¹ I					
7. 18 - 25 okt	>	¹³¹ I	< 0,7		< 0,2	<0,6	< 0,4
8. 25 okt - 1 nov	>	¹³¹ I	< 0,6		< 0,18	0,34 ± 0,09	< 0,5

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

Monsternr. Periode 2024	Nuclide	Kool-1**		
		RIVM	V	KCB
1. 26 jan - 2 feb	^{131}I			
2. 12 - 19 apr	^{131}I	1,29 $\pm$ 0,18	A1	1,7 $\pm$ 0,4
3. 10 - 17 mei	^{131}I	1,24 $\pm$ 0,17	A1	1,5 $\pm$ 0,4
4. 17 - 24 mei	^{131}I			
5. 21 - 28 jun	^{131}I			
6. 23 - 30 aug	^{131}I			
7. 18 - 25 okt	^{131}I	1,6 $\pm$ 0,2	A1	1,3 $\pm$ 0,4
8. 25 okt - 1 nov	^{131}I	8,8 $\pm$ 0,8	A1	10,0 $\pm$ 1,5

* KTA 1503.1⁸ eist dat bij het meten van gammastralers in ventilatielucht de detectielimiet voor ^{60}Co en ^{131}I minder dan 10, respectievelijk, 20 mBq m^{-3} bedraagt. Voor ^{137}Cs is een detectiegrens van 30 mBq.m^{-3} vereist.

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

Tabel A6 Vergelijking van ^3H -activiteitsconcentraties (Bq.m^{-3}) in de zeolietkwartaalmonsters van ventilatielucht genomen in 2024 met de opstelling TL080R020 (RIVM) en TL080R019 (KCB)

Periode 2024	Aard v.d. fractie	^3H		
		RIVM	V	KCB
1 ^e kwart	organisch	4,10 $\pm$ 0,18	C	1,3 $\pm$ 0,5
	anorganisch	219 $\pm$ 9	A2	190 $\pm$ 18
3 ^e kwart*	organisch	5,7 $\pm$ 0,3	C	2,5 $\pm$ 0,5
	anorganisch	357 $\pm$ 15	C	240 $\pm$ 20

* In het derde kwartaal is door KCB een onregelmatig pompslagvolume vastgesteld; 27 ml in plaats van 40 ml per pompslag. Dit is hersteld in het vierde kwartaal.

Tabel A7 Vergelijking van ^{14}C -activiteitsconcentraties (Bq.m^{-3}) in de zeolietkwartaalmonsters van ventilatielucht genomen in 2024 met de opstelling TL080R020 (RIVM) en TL080R019 (KCB)

Periode 2024	Aard v.d. fractie	^{14}C		
		RIVM	V	KCB
1 ^e kwart	organisch	124 $\pm$ 6	A1	126 $\pm$ 11
	anorganisch	15,3 $\pm$ 0,8	B	12,6 $\pm$ 1,1
3 ^e kwart*	organisch	69 $\pm$ 3	A2	62 $\pm$ 5
	anorganisch	19,4 $\pm$ 1,0	C	11,2 $\pm$ 1,1

* In het derde kwartaal is door KCB een onregelmatig pompslagvolume vastgesteld; 27 ml in plaats van 40 ml per pompslag. Dit is hersteld in het vierde kwartaal.

Bijlage B Analyseprocedures van KCB in 2024

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: 12
Opsteldatum: 22-05-2025
Documentsoort: Analysevoorschrift KMC
Opstelprocedure: PO-N04-26
Reviewfrequentie: 48 maanden
Volgende review: 22-01-2028

Werkwijze

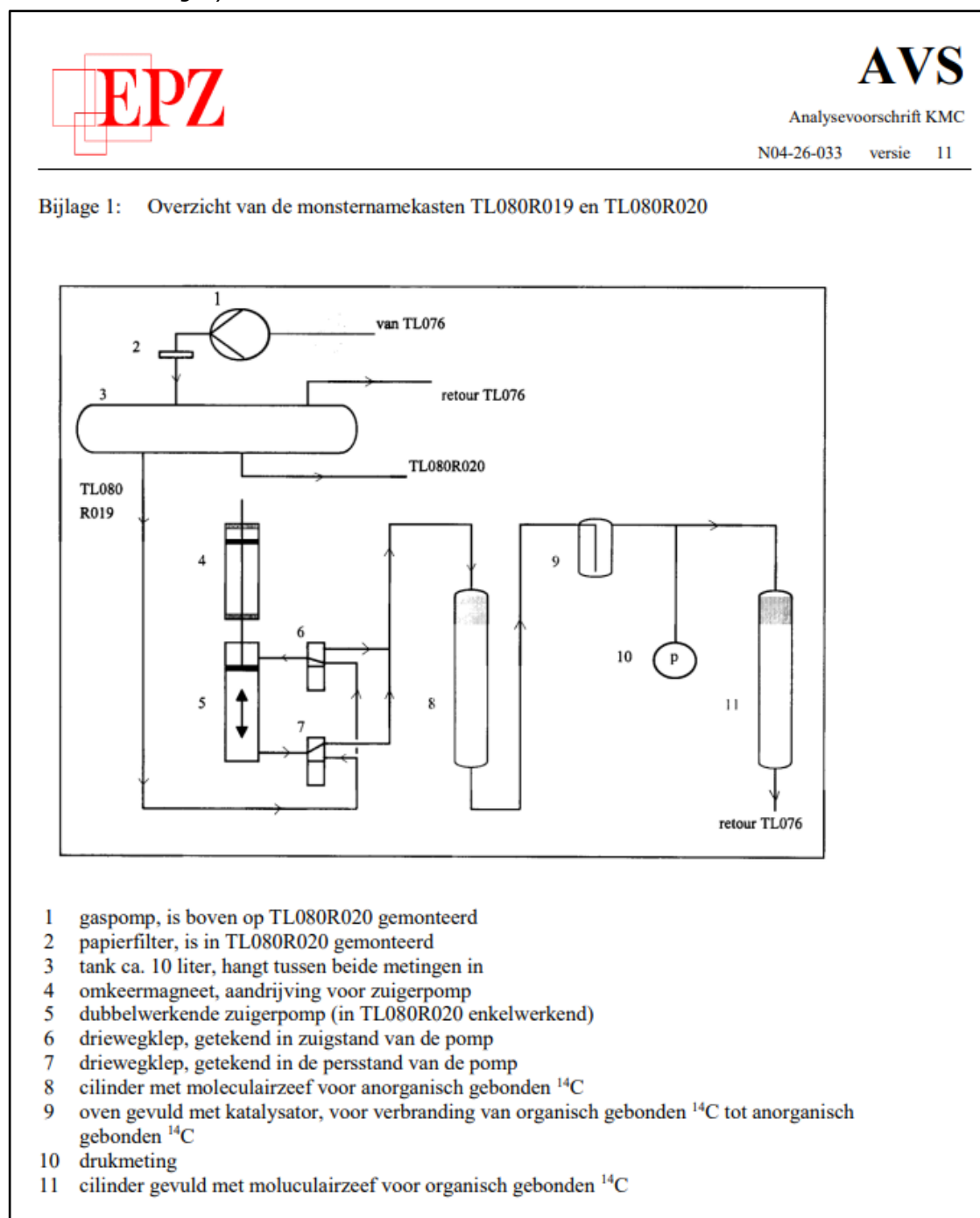
Wisselen van de cilinders met molecuulairzeef

- 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 monsternameapparatuur 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 wordt de tellerstand en het volume weer genoteerd. Zie Figuur B1.

Figuur B1 Schematisch overzicht van de bemonstering van ventilatielucht met het bemonsteringssysteem TL080R019 en TL080R020



Het slagvolume wordt nu berekend met de volgende formule:

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

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_{lucht} = hoeveelheid bemonsterde lucht;

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

T = aantal pompslagen tijdens bemonsteringstijd.

Rapportage Framatome

Framatome rapporteert de resultaten in onderstaand format. De opgegeven meetwaarden zijn in Bq.patroom⁻¹

Tabel B1 Meetresultaten van de bepaling van H-3 en C-14 in een zeolietpatroon (Bq)

Parameter	Activiteit (Bq)	MDA	Ondergrens	Bovengrens
H-3 (HTO)	2,7E+02 ± 5E+01	2,3E±00	2,2E+02	3,1E+02
H-3 (HT, organisch)	1,9E±00 ± 1,3E±00	2,1E±00	6,2E-01	3,2E±00
C-14 (CO2)	1,8E+01 ± 3E±00	3,3E-01	1,5E+01	2,2E+01
C-14 (CO, organisch)	1,8E+02 ± 3E+01	5,2E-01	1,5E+02	2,2E+02

* MDA : Minimum Detecteerbare Activiteit.

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 (CO2) = anorganische fractie koolstof-14

C-14 (CO2, org.) = organische fractie koolstof-14

Deze meetwaarden worden omgerekend in Bq.m⁻³ 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 ($\text{Bq} \cdot \text{patroon}^{-1}$)
 $A_{\text{patroon}} =$ activiteit op de patroon (Bq)

Lozing per fractie per kwartaal

De lozing per kwartaal wordt berekend uit activiteit per fractie in $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, de tijdsduur van het kwartaal en het ventilatiedebiet.

$A_{\text{lozing}} = A_{\text{fractie}} * t * \text{TL027F001}$ (Bq)

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

$t =$ duur van het kwartaal in uren

TL027F001 = gemiddelde kwartaallozing in m^3/h (Active Factory $\diamond$ datum selecteren $\diamond$ rechtermuisknop statistics $\diamond$ average $\diamond$ m^3/s omrekenen naar m^3/h)

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: 6
 Opsteldatum: 10-9-2024
 Documentsoort: Meet- bedieningsinstructie
 Opstelprocedure: PO-N17-25
 Reviewfrequentie: 48 maanden
 Volgende review: 10-9-2028

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 cm³ DSM11;
 - 2 bedden van 200 cm³ 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:

$Q_t =$	$X.XX \text{ [m}^3/\text{h]}$	actuele doorstroming
$\Sigma Q =$	$X.XX \text{ [m}^3]$	actuele doorstroomde volume
$T =$	$X.X \text{ [h]}$	actuele standtijd
$\Delta p =$	$X.XX \text{ [mbar]}$	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
$Q_0 =$	$X.XX \text{ [m}^3/\text{h]}$	totale doorstroming tijdens vorige cyclus; de eenheid staat niet correct in het display, moet zijn [m ³].
$T_0 =$	$X.X \text{ [h]}$	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 $Q0 = X.XX [m^3]$. 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 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 edelgasmetering TL080R011 dan wel TL080R012 uit bedrijf!
- De instellingen dienen als volgt te zijn:
 - TL080R015Qt ongeveer 4,2 [m³/h].
 - TL080R018Qt ongeveer 4,2 [m³/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= ...[m³/h].
- Naast witte Ein/on knop brandt groen lampje: continuous light power on.

Aërosollozing

De aërosollozing 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.

 α 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 α 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 α activiteit $> 5\text{E-}3 \text{ Bq/m}^3$, dan moet ook een α 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 (CH_3I) en anorganisch gebonden jodium (I_2). Het filterpatroon is daarom gevuld met twee materialen. Eerst het zeoliet 'A41 absorber materiaal DSM11' voor het absorberen van I_2 , en vervolgens de met TEDA geïmpregneerde actieve kool voor het absorberen van CH_3I . 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_2 en CH_3I 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:

$$\text{Lozing [Bq]} = \text{Activiteit [Bq/m}^3\text{]} \times \text{flow TL027F001 [m}^3\text{/h]} \times \text{zuigtijd [h]}$$

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: 7-2-2020
Documentsoort: Chemie instructie
Opstelprocedure: PO-N04-28
Reviewfrequentie: 48 maanden
Volgende review: 24-12-2024

Werkwijze

Bemonstering en analyse opvang- en lozingtanks TR010-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 analyseresultaten 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 lozingtanks 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^{-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 (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}Co in gedemineraliseerd water moet, conform KTA 1504, $< 1 \text{ kBq.m}^{-3}$ 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:

volume (m³) = (niveau voor lozing (m) – niveau na lozing (m)) × 7,5 (m²).

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 kBq.m⁻³ is. Ook als de activiteit < 200 kBq.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 (m³)
 ----- × 5000 ml
 totaal geloosde volume afvalwater in het betreffende kwartaal (m³)

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

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

Strontiumactiviteit:

De aantoonbaarheidsgrens is voor ^{89}Sr -, en ^{90}Sr 0,5 kBq.m⁻³ (KTA 1504).

Alfa-activiteit:

De aantoonbaarheidsgrens voor totaal alfa-activiteit is 0,2 kBq.m⁻³ (KTA 1504). Als de totaal alfa-activiteit > 1 kBq.m⁻³ is, dient alfa-nuclidespecifiek te worden gemeten. Bij een alfa-nuclidespecifieke meting mag de aantoonbaarheidsgrens voor ^{241}Am de waarde van 0,2 kBq.m⁻³ niet overschrijden (KTA 1504)

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

Aantoonbaarheidsgrens:

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

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 (m³)
 -----x 3000 ml
 totaal geloosde volume afvalwater in het betreffende jaar (m³)

Het mengmonster wordt verdeeld over nieuwe 1 l monsterflessen (ZPE, wijdmonds). Framatome in Erlangen bepaalt de ^{55}Fe en ^{63}Ni activiteit in het jaar mengmonster. De aantoonbaarheidsgrens moet voor elk van de nucliden 2 kBq/m³ zijn.

Het jaar-mengmonster wordt minimaal één jaar bewaard.

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 Co^{2+} , Ru^{3+} , 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 (H_2O) 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 [9]. 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 onderzoek¹ 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

¹ Haaij G.L.J. (2001), FoutenanalyseSb-124 gammaspecifieke afvalwateranalyse, ref. Lous/Haaij/R015045, KCB-KE Borssele.

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

Referenties

- 1 NEN-EN-ISO 17025. Algemene eisen voor de bekwaamheid van beproevings- en kalibratielaboratoria. NEN, Delft, 2018.
- 2 S. Hofmann. K. Schmidt, C. Wittwer. *Abwasser aus kerntechnischen Anlagen, Ringversuch 2024, UR-02/2025, December 2024*, Bundesamt für Strahlenschutz, Duitsland, www.bfs.de.
- 3 BfS, 45. Ringversuch "Fortluft 2024x"; BfS report BfS-UR 3-71/2024, augustus 2024
- 4 Ondersteuning ANVS Inspectie en Monitoring, Contra-expertise lozingen nucleaire installaties. M/390220/24/CE – Jaarplan 2024; op 9-1-2024 akkoord bevonden.
- 5 NEN-EN-ISO 20042. Measurement of radioactivity - Gamma-ray emitting radionuclides - Generic test method using gamma-ray spectrometry.
- 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 P.J.M. Kwakman. Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit van afvalwater en ventilatielucht van de kernenergiecentrale Borssele. Periode 2023, RIVM rapport 2024-0213.
- 8 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, 2022-11.
- 9 KTA 1504. Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser. KTA, 2022-11.
- 10 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.
- 11 NEN 5619. Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van strontium-89 en strontium-90 met vloeistofscintillatietelling.
NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1991.
- 13 ISO/IEC Guide 98-1:2024 Guide to the expression of uncertainty in measurement.
- 14 Kwartaalrapportages betreffende lozingen van gasvormige en vloeibare radioactieve stoffen in 2024:
2024 kwartaal 1 – ref KM/JMr/DAdS R240296, dd 01-07-2024.
2024 kwartaal 2 – ref KM/JMr/DAdS B240314, dd. 1-10-2024.
2024 kwartaal 3 – ref KM/JMr/DAdS B240314, dd. 5-2-2025.
2024 kwartaal 4 – ref KM/JMr/DAdS B250268, dd. 28-04-2025.
Lozingsrapportages afvalwater t.b.v. contra-expertise RIVM:
1 datum lozing TR41 5 feb 2024, volgnummer 24-09
2 datum lozing TR42 22 april 2024, volgnummer 24-41
3 datum lozing TR42 23 mei 2024, volgnummer 24-60
4 datum lozing TR42 25 mei 2024, volgnummer 24-61
5 datum lozing TR42 1 jul 2024, volgnummer 24-69

- 6 datum lozing TR42 23 aug 2024, volgnummer 24-77
- 7 datum lozing TR41 30 aug 2024, volgnummer 24-78
- 8 datum lozing TR42 4 nov 2024, volgnummer 24-88.
- Meetgegevens ventilatieschacht Kernenergiecentrale Borssele, opgesteld door afd. KMS; monsteromschrijving in periode 2024*
- 1 TL080 R018 periode 1 26 januari - 2 februari 2024;
- 2 TL080 R015 periode 2 12 – 19 april 2024;
- 3 TL080 R015 periode 3 10 – 17 mei 2024;
- 4 TL080 R015 periode 4 17 - 24 mei 2024;
- 5 TL080 R018 periode 5 21 - 28 juni 2024.
- 6 TL080 R015 periode 6 23 – 30 augustus 2024;
- 7 TL080 R015 periode 7 18 - 25 oktober 2024;
- 8 TL080 R015 periode 8 25 oktober – 1 november 2024.
- 15 NEN 1047. Receptbladen voor de statistische verwerking van waarnemingen. Nederlands Normalisatie Instituut. NEN, Delft, 1991.
- 16 Persoonlijke e-mail communicatie met D. Bolier van KCB d.d. 20-5-2025.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

oktober 2025

De zorg voor morgen
begint vandaag