



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

Evaluatie van ringonderzoek **waakvlaminstituten** in 2024

Evaluatie van ringonderzoek waakvlaminstituten in 2024

RIVM-briefrapport 2025-0041

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-2025-0041

T. Fleur (auteur), RIVM
P.P. Bosch (auteur), RIVM

Contact:

T. Fleur

Centrum Veiligheid - Stralingsincidenten, Monitoring & Analyse
tom.fleur@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de afdeling Stralingsincidenten, Monitoring & Analyse in het kader van Ongevalsorganisatie Straling.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Evaluatie van ringonderzoek waakvlaminstituten in 2024

Voor het uitvoeren van metingen tijdens een radiologisch incident kan het RIVM een beroep doen op de zogenoemde waakvlaminstituten (WVI's). Dit zijn onafhankelijke instituten in Nederland die allen gespecialiseerd zijn in radiologische metingen. In het voorjaar van 2024 heeft het RIVM een ringonderzoek georganiseerd ter onderbouwing van de kwaliteit van de metingen. Drie verschillende monsters zijn aangemaakt met een bekende hoeveelheid radioactiviteit: een aerosolfilter, een koolpatroon en een watermonster.

De gammaspectrometrische resultaten voor het aerosolfilter zijn wisselend. Van vier WVI's zijn de resultaten matig en van vijf WVI's zijn de resultaten goed. Het RIVM adviseert aan vier WVI's het gammaspectrum opnieuw te analyseren.

De resultaten voor ^{131}I in het koolpatroon zijn op basis van een statistische evaluatie voor vier WVI's matig, één WVI redelijk en vier WVI's goed. De WVI's hebben het gemiddelde gerapporteerd van de metingen van het koolpatroon met de aanzuigzijde naar de detector en andersom. Dit blijkt uit berekeningen een acceptabele en praktische werkwijze te zijn. Alleen WVI (3) heeft een kalibratie voor een koolpatroon met een aangezogen ^{131}I activiteit; de gerapporteerde ^{131}I activiteit is goed.

De resultaten in het watermonster als afgeleide voor de monsternamen van een depositiebak zijn over het algemeen redelijk tot goed.

Kernwoorden: waakvlaminstituut, ringonderzoek, radiologische analyses, aerosolfilter, koolpatroon, watermonster

Synopsis

Evaluation of the proficiency test “Pilot Light Institutes” in 2024

During a nuclear incident RIVM may ask for laboratory assistance of so called “Pilot Light Institutes” (Dutch: WVI’s). These are independent Dutch institutes specialized in radiological measurements. RIVM organized a proficiency test in 2024 in order to substantiate the quality of the measurements. Three samples were spiked with a known amount of radioactivity: an aerosol filter, a carbon cartridge and a water sample.

The gamma spectrometry results on the aerosol filter vary. The results of four WVI’s are moderate and the results of five WVI’s are good. RIVM recommends four WVI’s reanalyze their gamma spectrum.

The results for ^{131}I in the carbon cartridge were moderate for four WVI’s, reasonable for one WVI and good for four WVI’s. The WVI’s reported the average of 2 carbon cartridge measurements: one with the in-flow side to the detector and one upside down. This appears a very acceptable and practical procedure, as is demonstrated by model calculations. WVI (3) has an adequate calibration for ^{131}I drawn into a carbon cartridge; the reported activity for ^{131}I is good.

The results for the water sample as a proxy for wet deposition, are mostly good.

Keywords: pilot light institutes, proficiency test, radiological analyses, aerosol filter, carbon cartridge, water sample

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

- 1.1 De waakvlaminstituten — 11
- 1.2 Bemonstering van lucht en depositie — 11
- 1.3 Referentiemonsters in dit ringonderzoek — 12
- 1.4 Deelnemers — 12
- 1.5 Doel van het ringonderzoek in 2024 — 12

2 De monsters — 13

- 2.1 Algemeen — 13
- 2.2 Het aerosolfilter — 13
- 2.3 Het koolpatroon — 13
- 2.4 Watermonster als afgeleide voor depositie — 14
- 2.4.1 Werkwijze — 14
- 2.5 Referentiewaarden voor de 3 monsters — 14
- 2.6 Oorsprong van en onzekerheden in de referentiewaarden — 14
- 2.6.1 Aerosolfilter — 14
- 2.6.2 Koolpatroon — 15
- 2.6.3 Watermonster — 15
- 2.6.4 Onzekerheidsbudget bij gammaspectrometrische bepalingen — 15
- 2.7 Homogeniteits- en stabiliteitsmetingen — 16

3 Organisatie en logistiek van het ringonderzoek — 17

- 3.1 Bezoekschema — 17
- 3.2 Uitvoering van metingen — 17
- 3.3 Monsternamen apparatuur — 17
- 3.4 Rapportage van de data — 18

4 Statistische evaluatie van de resultaten — 21

- 4.1 Grubbs' test voor uitbijters — 21
- 4.2 Beoordeling van de resultaten met z' - en ζ -score — 21
- 4.3 Bepaling afwijking ten opzichte van referentiewaarde — 22

5 Resultaten en discussie — 23

- 5.1 Het aerosolfilter — 23
- 5.1.1 Cesium-134 (^{134}Cs) — 23
- 5.1.2 Cesium-137 (^{137}Cs) — 24
- 5.1.3 Discussie aerosolfilter — 24
- 5.2 Het koolpatroon — 25
- 5.2.1 Jodium-131 (^{131}I) — 25
- 5.2.2 Discussie koolpatroon — 25
- 5.3 De watermonsters (natte depositie) — 26
- 5.3.1 Cesium-134 (^{134}Cs) — 26
- 5.3.2 Cesium-137 (^{137}Cs) — 27
- 5.3.3 Discussie watermonster — 27
- 5.4 Tijdigheid van de rapportage — 28

6 Conclusies en aanbevelingen — 31

6.1 Conclusies — 31

6.2 Aanbevelingen — 31

7 Bijlage A Gerapporteerde resultaten — 33

7.1 Aerosolfilter — 33

7.1.1 Cesium-134 (^{134}Cs) — 33

7.1.2 Cesium-137 (^{137}Cs) — 33

7.2 Het koolpatroon — 34

7.2.1 Jodium-131 (^{131}I) — 34

7.3 De watermonsters (natte depositie) — 34

7.3.1 Cesium-134 (^{134}Cs) — 34

7.3.2 Cesium-137 (^{137}Cs) — 35

Samenvatting

Voor het uitvoeren van metingen tijdens een radiologisch incident kan het RIVM een beroep doen op de zogenoemde waakvlaminstituten (WVI's). Dit zijn onafhankelijke instituten in Nederland die gespecialiseerd zijn in radiologische metingen. Als een onderbouwing van de kwaliteit van de metingen heeft het RIVM in het voorjaar van 2024 een ringonderzoek georganiseerd. Hiervoor zijn drie verschillende monsters aangemaakt die met een bekende hoeveelheid radioactiviteit zijn gespiked: een aerosolfilter, een koolpatroon en een watermonster.

De gammaspectrometrische resultaten voor ^{134}Cs en ^{137}Cs op het aerosolfilter variëren. De resultaten van WVI's (1), (3), (5) en (7) zijn voor één of beide nucliden matig op basis van een statistische evaluatie. Het RIVM adviseert aan vier WVI's het gammaspectrum opnieuw te analyseren.

De resultaten voor ^{131}I in het koolpatroon zijn voor vier WVI's matig, één redelijk en vier WVI's goed. De WVI's hebben het gemiddelde gerapporteerd van de metingen van het koolpatroon met de aanzuigzijde naar de detector en andersom. Dit blijkt uit berekeningen een zeer acceptabele en praktische werkwijze te zijn. Alleen WVI (3) heeft een kalibratie voor een koolpatroon met een aangezogen ^{131}I activiteit; de gerapporteerde ^{131}I activiteit is goed.

De resultaten in het watermonster als afgeleide voor de monsternamen van een depositiebak zijn over het algemeen redelijk tot goed.

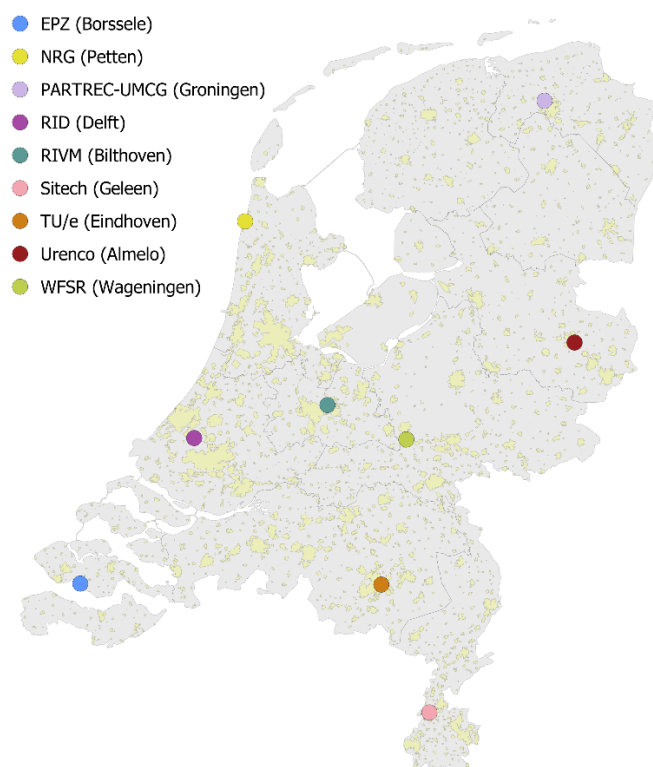
Het rapporteren van de resultaten moest voldoen aan een tijdsrestrictie. De resultaten zijn door bijna alle WVI's binnen de tijdsrestrictie gerapporteerd.

1 Inleiding

1.1 De waakvlaminstituten

Het Landelijk Crisisplan Straling¹ beschrijft de radiologische ongevalsorganisatie in Nederland. De zogenaamde waakvlaminstituten (WVI's) vormen een onderdeel daarvan. Ten tijde van een grootschalig radiologisch of nucleair incident kan het RIVM de WVI's vragen om nuclide specifieke metingen in lucht en depositie, zoals regen, uit te voeren. De negen WVI's zijn opgenomen in figuur 1. Alle instituten zijn geselecteerd op grond van hun kennis op het gebied van metingen van radioactiviteit en hun geografische spreiding over Nederland.

Figuur 1 Locaties van de WVI's verspreid over Nederland.



Na het activeren van het Radiologisch Expertiseteam Modelleren en Meten (REMM), starten de WVI's, op verzoek van het REMM, de monsternamen van luchtstof en (natte en droge) depositie. De WVI's analyseren de monsters volgens eigen procedures en rapporteren de resultaten aan het REMM.

1.2 Bemonstering van lucht en depositie

Volgens het standaard meetprotocol uit het handboek voor Waakvlaminstituten (versie 1.1, 16 februari 2024), moeten de WVI's tijdens een inzet gedurende twee uur lucht door een filterpakket

¹ Zie <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/04/30/landelijk-crisisplan-straling>.

aanzuigen. Dit filterpakket kan onder andere de drie meest voorkomende jodiumverbindingen adsorberen, en bestaat uit een aerosolfilter (KI), een koolfilter (I₂) en twee koolpatronen (CH₃I). Het aerosolfilter adsorbeert tevens andere aerosol-gebonden radionucliden. De WVI's hebben de monsters gammaspectrometrisch gemeten volgens hun eigen procedures.

Om een continue toelevering van de nieuwste metingen te garanderen, moeten de WVI's, in ongevalsomstandigheden, de resultaten van de metingen aan het filterpakket binnen twee uur na het beëindigen van de monstername via de Calamiteiten website (CalWeb) van het RIVM opsturen.

1.3 Referentiemonsters in dit ringonderzoek

Het RIVM heeft als monstermateriaal een aerosolfilter en water gespiked met nucliden van Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) uit Duitsland en een op aanvraag door NRG gespiked koolpatroon gebruikt. Zie voor meer details paragraaf 2.1.

1.4 Deelnemers

Alle WVI's hebben aan het ringonderzoek meegedaan.

1.5 Doel van het ringonderzoek in 2024

Dit ringonderzoek heeft verschillende doelen:

1. Het vergelijken van meetresultaten van het ringonderzoek gericht op de monstergeometrieën filter, koolpatroon en water.
2. Het meten en rapporteren onder tijdsdruk. De deelnemers moeten binnen twee uur de resultaten van het aerosolfilter en koolpatroon rapporteren en binnen 24 uur de resultaten van het watermonster.
3. Het uitwisselen van kennis en ervaring op het gebied van metingen, kalibraties en verbeterpunten.

2 De monsters

2.1 Algemeen

Het bestellen van geschikte monsters voor het ringonderzoek bleek niet voor ieder monster binnen de gewenste periode mogelijk. Daarom heeft het RIVM ervoor gekozen om het aerosolfilter en het watermonster in het eigen radionuclidenlaboratorium te maken. Er is een scheiding gemaakt tussen RIVM medewerkers die betrokken zijn bij de organisatie en voorbereiding van het ringonderzoek en RIVM medewerkers die als WVI RIVM hebben deelgenomen aan het ringonderzoek.

- Het aerosolfilter is door het RIVM gespiked met nucliden geleverd door PTB (D).
- Het watermonster is ook door het RIVM gespiked met nucliden geleverd door PTB (D).
- Een blanco koolpatroon is door NRG gebruikt om een damp van CH_3I met ^{131}I aan te zuigen.

2.2 Het aerosolfilter

Het aerosolfilter met een diameter van 50 mm is op het radionuclidenlaboratorium van het RIVM gespiked. De referentiedatum is 1 januari 2024 12:00 uur.

Het RIVM heeft het aerosolfilter gespiked met ^{134}Cs en ^{137}Cs en hiervoor gekozen omdat:

- De te rapporteren nucliden in de lijst in CalWeb voor moeten komen. De enige op korte termijn leverbare nucliden uit de lijst in CalWeb, met een halveringstijd zodanig lang dat er nagenoeg gelijke activiteit op het filter blijft tijdens het gehele ringonderzoek, waren ^{134}Cs en ^{137}Cs .
- Het aerosolfilter bevat twee nucliden met een activiteit die hoger is dan de minimaal detecteerbare activiteit bij een meettijd passend in de planning van het ringonderzoek.

Het uitgangspunt voor de meting van de WVI's is dat de activiteit afkomstig is van het aanzuigen van 1 m³ lucht.

2.3 Het koolpatroon

NRG heeft op 26 februari 2024 een koolpatroon door middel van aanzuiging gespiked met een organische verbinding die ^{131}I bevat. Het koolpatroon is geseald door NRG om het ontsnappen van de organische verbinding te voorkomen. Dit probleem heeft zich namelijk voorgedaan in een eerder ringonderzoek.

De referentiedatum voor het koolpatroon is 1 maart 2024 12:00 uur. Ook voor het koolpatroon is het uitgangspunt voor de meting van de WVI's is dat de activiteit afkomstig is van het aanzuigen van 1 m³ lucht.

2.4 Watermonster als afgeleide voor depositie

Het RIVM heeft water gespiked met ^{134}Cs en ^{137}Cs en hiervoor gekozen omdat:

- De te rapporteren nucliden voorkomen in de lijst in CalWeb. De enige op korte termijn leverbare nucliden uit de lijst in CalWeb, met een niet te korte halveringstijd tijdens dit ringonderzoek, waren ^{134}Cs en ^{137}Cs .
- De betreffende watermonsters bevatten twee nucliden met een goed meetbare activiteitsconcentratie.

Het uitgangspunt voor de meting van de WVI's is dat de activiteit afkomstig is van één liter opgevangen water in de depositiebak.

2.4.1 Werkwijze

Uit een ampul met ^{134}Cs en een ampul met ^{137}Cs is er respectievelijk 0,9 en 0,8 ml in een fles gepipetteerd en tot 10 liter aangevuld met demiwater, gehomogeniseerd en gewogen. Deze 10,0 liter is verdeeld over 10 flessen.

De referentiedatum voor de watermonsters is 1 januari 2024, 12:00 uur. De WVI's moeten de oppervlaktebesmetting door depositie rapporteren alsof de watermonsters zijn opgevangen in de depositiebak. Het oppervlak van de depositiebak bedraagt $0,36 \text{ m}^2$.

2.5 Referentiewaarden voor de 3 monsters

De referentiewaarden met de daar bijbehorende standaarddeviatie voor de monsters zijn weergegeven in Tabel 1. Voor alle monsters zijn de referentiewaarden vastgesteld door het RIVM.

Tabel 1 Referentiewaarden $\pm$ onzekerheid (1σ) in het WVI ringonderzoek 2024.

Nuclide	Aerosolfilter ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)	Koolpatroon ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)	Water ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$)
^{131}I		7600 ± 800	
^{134}Cs	201 ± 6		505 ± 16
^{137}Cs	363 ± 12		810 ± 27

2.6 Oorsprong van en onzekerheden in de referentiewaarden

2.6.1 Aerosolfilter

De referentiewaarde in het aerosolfilter is berekend aan de hand van de activiteitsconcentratie van het cesium in de ampullen. Deze activiteitsconcentratie is vermenigvuldigd met de hoeveelheid van de bron die op het filter is aangebracht.

De onzekerheid van de referentiewaarde is tweeledig:

1. de onzekerheid in de activiteitsconcentratie van het cesium in de ampullen en
2. een experimentele onzekerheid geïntroduceerd met het spiken van het filter.

De onzekerheid in de activiteitsconcentratie is overgenomen van het broncertificaat en voor de experimentele onzekerheid is aangenomen

dat deze 5 % is. Deze twee onzekerheden zijn kwadratisch opgeteld tot een totale onzekerheid in de referentiewaarde.

2.6.2 *Koolpatroon*

Voor het koolpatroon is de referentiewaarde bepaald aan de hand van 11 metingen uitgevoerd door het organiserende team van het RIVM voor, tijdens en na het ringonderzoek. Van deze 11 metingen is het gemiddelde genomen als referentiewaarde.

De onzekerheid in de referentiewaarde is opgebouwd uit twee onzekerheden: het (kwadratisch) gemiddelde onzekerheid van de 11 metingen en een experimentele onzekerheid. Deze experimentele onzekerheid is geschat op 10 %. Beide factoren zijn kwadratisch opgeteld tot de totale onzekerheid in de referentiewaarde.

De grootste onzekerheid betreft de verdeling over het koolpatroon van de aangezogen damp met het organische CH_3I (^{131}I). Aan de aanzuigzijde zal de activiteit het hoogst zijn en aan de uitstroomzijde vrijwel nul. In Bijlage B uit het rapport van het WVI ringonderzoek uit 2021² is een schatting gemaakt van de diverse doordringdieptes en de berekende verdeling over het koolpatroon. Hiermee is met het programma ISOCS de efficiëntie berekend voor de gammalijnen 364 keV en 637 keV van ^{131}I , zowel voor het koolpatroon met de aanzuigzijde naar de detector als andersom. In theorie moeten de berekende activiteiten voor beide geometrieën gelijk aan elkaar zijn bij een juiste schatting van de doordringdiepte. Dit is nog niet helemaal het geval, maar de beide berekende activiteiten naderen elkaar bij een doordringdiepte van ca. 1 mm.

2.6.3 *Watermonster*

Net zoals bij het aerosolfilter is de referentiewaarde in de watermonsters berekend aan de hand van de activiteitsconcentratie van het cesium in de ampullen. Deze activiteitsconcentratie is vermenigvuldigd met de hoeveelheid die is gebruikt voor de watermonsters. Vervolgens is berekend hoeveel activiteit er per liter in de watermonsters aanwezig is.

Ook de berekening van de onzekerheid is op dezelfde manier berekend als bij het aerosolfilter. Het enige verschil is de grootte van de experimentele onzekerheid: voor het aerosolfilter is dit 5% en bij de watermonsters is dit 3%. Dit verschil komt door een verschil in de preparatiemethode van de monsters.

2.6.4 *Onzekerheidsbudget bij gammaspectrometrische bepalingen*

Een vergelijking van meetresultaten van een gammaspectrometrische bepaling uitgevoerd door verschillende laboratoria kan alleen uitgevoerd worden als alle meetresultaten een realistisch opgebouwde totale onzekerheid rapporteren.

In het algemeen is de totale onzekerheid opgebouwd uit een kwadratische som van relatieve fouten, afkomstig van onzekerheden in de meting, kalibratie, experimentele handelingen, en bij gamma-spectrometrie, de gamma-yield, en eventueel coïncidentie.

² Zie <https://www.rivm.nl/publicaties/evaluatie-van-ringonderzoek-waakvlam-instituten-in-2021>

2.7 Homogeniteits- en stabiliteitsmetingen

Het aerosolfilter en het koolpatroon rouleerden tussen de WVI's. Vanwege de kwetsbaarheid van de verpakkingen zijn er vooraf, tussendoor en achteraf stabiliteitsmetingen uitgevoerd ter controle. Hierbij is gecontroleerd of de standaarddeviatie kleiner is dan de gemiddelde telfout. Daarmee is aangetoond dat beide monsters stabiel gebleven zijn en alle WVI's dus dezelfde activiteit hebben kunnen meten.

Het aerosolfilter is voor het eerste bezoek gemeten, na het vierde, zesde en negende bezoek aan een WVI en een aantal dagen na het laatste bezoek. Het koolpatroon is driemaal voor het eerste bezoek gemeten en na elk van de bezoeken.

Ieder WVI ontving een eigen watermonster. Ter controle van de homogeniteit is elke fles 2 uur gammaspectrometrisch gemeten. Uit de spreiding in de resultaten voor elk van de nucliden ^{134}Cs en ^{137}Cs in de 10 monsters bleek dat de activiteit homogeen verdeeld is. Om de stabiliteit van het watermonster te controleren zijn er twee flessen tweemaal gemeten gedurende de looptijd van het ringonderzoek.

3 Organisatie en logistiek van het ringonderzoek

3.1 Bezoekschema

Over een periode van (ruim) twee weken zijn alle WVI's bezocht, zie Tabel 2. Zoals eerder beschreven hebben alle WVI's drie monsters gemeten: een aerosolfilter, een koolpatroon en een watermonster. Het aerosolfilter en het koolpatroon zijn na afloop van de metingen weer ingenomen en rouleerden zo langs de WVI's. De WVI's mochten het watermonster houden en hoefde dus niet weer teruggenomen te worden.

Tabel 2 Datum van bezoek aan WVI's.

Datum	WVI
7 mrt. 2024	PARTREC-UMCG
11 mrt. 2024	Sitech
12 mrt. 2024	TU/e
14 mrt. 2024	RID
15 mrt. 2024	Urenco
18 mrt. 2024	EPZ
19 mrt. 2024	WFSR
22 mrt. 2024	NRG

3.2 Uitvoering van metingen

De WVI's hebben het aerosolfilter 10 minuten gemeten. Het koolpatroon is 5 minuten aan de bovenzijde en 5 minuten aan de onderzijde gemeten. Zowel het koolpatroon als het aerosolfilter werd door het RIVM weer ingenomen en gebruikt bij de overige WVI's. Aangezien de watermonsters langer gemeten werden (minimaal 4 uur) en de WVI's deze monsters mochten houden, zijn de watermonsters door de WVI's als laatst gemeten.

3.3 Monstername apparatuur

Tijdens het uitvoeren de metingen zijn de monsternamepompen gecontroleerd op de werking. Er zijn geen bijzonderheden geconstateerd. De pompen zijn van het model F&J Specialty Products DF-34BMHTE, zie Figuur 2. De besturing van deze pomp is gelijk aan de besturing van de luchtpompen in de stralingsmeetwagens van het RIVM. In de kop van het monstername apparaat zit een Hi-Q RVH-30 filterhouder waar een aerosol- en koelfilter en twee koolpatronen in kunnen, zie Figuur 3.

Figuur 2 De monsternamepomp voor de WVI's.



Figuur 3 Filterhouder Hi-Q RVH-30 met ruimte voor beide filters en twee koolpatronen.



Alle pompen hebben een identificatienummer gekregen. Deze is op diverse plekken op de monstername apparatuur terug te vinden.

3.4 Rapportage van de data

Een aantal WVI's heeft de data via de gebruikelijke route (CalWeb) gerapporteerd. De onderzoeksorganisatie van het RIVM heeft hierbij toegezien op de tijdsrestricties van twee uur (aerosolfilter en

koolpatroon) en 24 uur (watermonster). Vanwege een storing van CalWeb heeft een aantal WVI's via het back-upadres van CalWeb gerapporteerd en een aantal WVI's per e-mail. Dit heeft geen invloed gehad op het behalen van het doel om binnen de aangegeven tijdsrestrictie resultaten toe te sturen.

4 Statistische evaluatie van de resultaten

Bij de evaluatie van de resultaten is de ISO 13528 norm³ gevolgd. Er is eerst gekeken of er uitbijters in de data zit met behulp van Grubbs' test. Hierbij is gebruikt gemaakt van de ISO 5725-2 norm⁴. Vervolgens zijn alle waarden beoordeeld aan de hand van de z'- en ζ-test, zie paragraaf 4.2.

4.1 Grubbs' test voor uitbijters

Als één instituut een hele sterke afwijking heeft ten opzichte van de overige instituten, kan dit de verdere statistische analyse beïnvloeden. Om deze extremen (uitbijters) te bepalen is de Grubbs' test⁴ gebruikt.

4.2 Beoordeling van de resultaten met z'- en ζ-score

Het beoordelen van de WVI-resultaten is met twee testen gedaan: de z'-test en de ζ-test³. Beide testen geven inzicht in hoe goed het gerapporteerde resultaat overeenkomt met de werkelijke waarde. De score uit de z'-test van WVI i voor een bepaald nuclide wordt berekend via

$$z' = \frac{x_i - x_{ref}}{\sqrt{\sigma^2 + \delta x_{ref}^2}}$$

waarbij

x_i = de gerapporteerde waarde van WVI i voor een bepaald nuclide,

x_{ref} = de referentiewaarde voor een bepaald nuclide,

δx_{ref} = de onzekerheid van de referentiewaarde en

σ = de standaarddeviatie over alle gerapporteerde waarden van een bepaald nuclide, oftewel

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

De score uit de ζ-test voor WVI i voor een bepaald nuclide wordt berekend via

$$\zeta = \frac{x_i - x_{ref}}{\sqrt{\delta x_i^2 + \delta x_{ref}^2}}$$

waarbij

δx_i = de onzekerheid van WVI i voor een bepaald nuclide.

Aan de hand van de scores uit de z'- en ζ-test wordt bepaald hoe goed het meetresultaat is. Voor beide testen geldt 'goed' als de score lager is

³ Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison (ISO 13528:2022(E)).

⁴ Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method (ISO 5725-2:1994).

dan 2,0. Als de score tussen 2,0 en 3,0 zit, is het resultaat 'redelijk'. Boven of gelijk aan 3,0 is 'matig'⁵.

4.3 **Bepaling afwijking ten opzichte van referentiewaarde**

Van alle WVI-resultaten is bepaald hoeveel deze afwijkt van de referentiewaarde. Dit is berekend met

$$Afwk_i = \frac{x_i - x_{ref}}{x_{ref}}$$

waarbij

$Afwk_i$ = de afwijking van de gerapporteerde waarde van WVI i ten opzichte van de referentiewaarde voor een bepaald nuclide,
 x_i = de gerapporteerde waarde van WVI i voor een bepaald nuclide en
 x_{ref} = de referentiewaarde voor een bepaald nuclide.

⁵ Voor resultaten onder de referentiewaarde gelden -2,0 en -3,0 als grens voor de beoordeling.

5 Resultaten en discussie

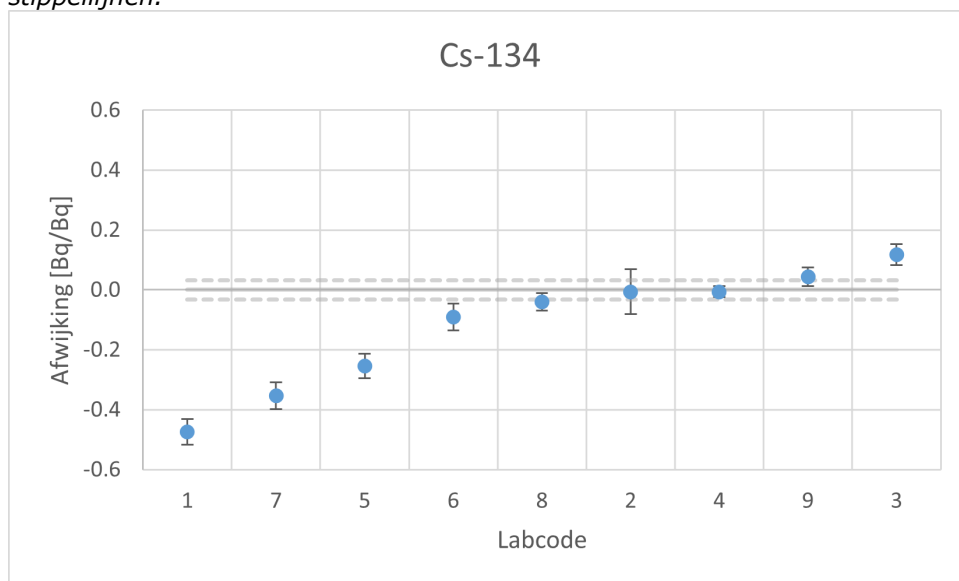
Alle gerapporteerde data zijn te vinden in de tabellen in Bijlage A. In dit hoofdstuk wordt een grafische weergave van de resultaten gegeven. In de figuren is de afwijking van de resultaten weergegeven in Bq/Bq. Hierbij geeft 0 de referentiewaarde weer, -0,5 de helft van de referentiewaarde en 0,5 geeft anderhalf keer de referentiewaarde. In dit ringonderzoek worden slechts de resultaten beoordeeld. Er wordt geen verklaring gegeven van een mogelijke afwijking.

5.1 Het aerosolfilter

5.1.1 Cesium-134 (^{134}Cs)

Alle WVI's hebben ^{134}Cs gerapporteerd.

Figuur 4 Gerapporteerde activiteitsconcentraties voor ^{134}Cs in het aerosolfilter. De grijze lijn geeft de referentiewaarde aan met de standaarddeviatie (σ , grijze stippellijnen).

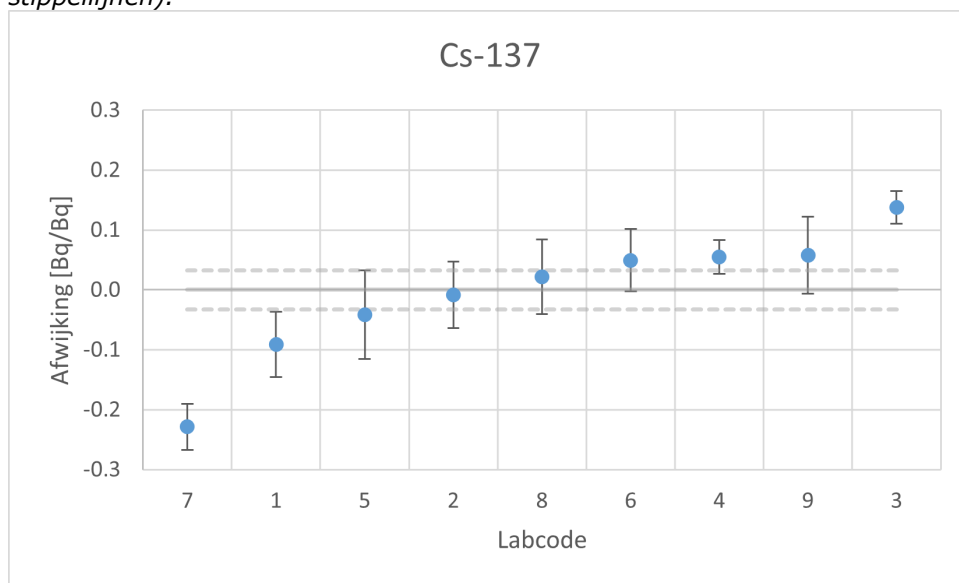


5.1.2

Cesium-137 (^{137}Cs)

Alle WVI's hebben ^{137}Cs gerapporteerd.

Figuur 5 Gerapporteerde activiteitsconcentraties voor ^{137}Cs in het aerosolfilter. De grijze lijn geeft de referentiewaarde aan met de standaarddeviatie (σ , grijze stippellijnen).



5.1.3

Discussie aerosolfilter

Tabel 3 Beoordeling van de resultaten behaald in het aerosolfilter.

Labcode	^{134}Cs	^{137}Cs
1	Matig	Goed
2	Goed	Goed
3	Redelijk	Matig
4	Goed	Goed
5	Matig	Goed
6	Goed	Goed
7	Matig	Matig
8	Goed	Goed
9	Goed	Goed

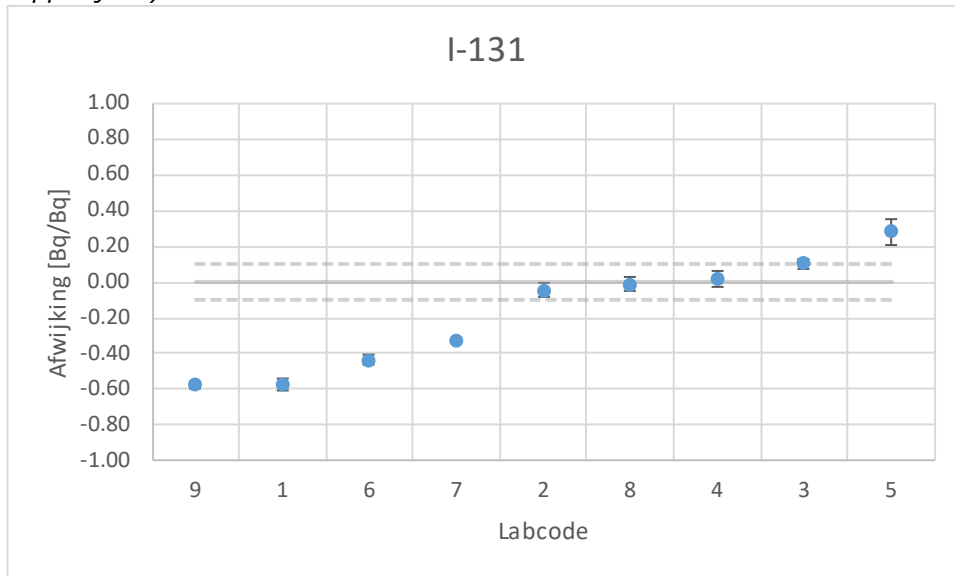
De meetresultaten van WVI (1), (3), (5) en (7) zijn matig. Het RIVM adviseert om de gammaspectra te heranalyseren en indien nodig de kalibratie aan te passen en andere oorzaken uit te sluiten.

5.2 Het koolpatroon

5.2.1 Jodium-131 (^{131}I)

Alle WVI's hebben ^{131}I gerapporteerd.

Figuur 6 Gerapporteerde activiteitsconcentraties voor ^{131}I in het koolpatroon. De grijze lijn geeft de referentiewaarde aan met de standaarddeviatie (σ , grijze stippellijnen).



5.2.2 Discussie koolpatroon

De resultaten van vier WVI's zijn matig, één WVI redelijk en vier WVI's goed.

Tabel 4 Beoordeling van de resultaten behaald in het koolpatroon.

Labcode	^{131}I
1	Matig
2	Goed
3	Goed
4	Goed
5	Redelijk
6	Matig
7	Matig
8	Goed
9	Matig

Het bepalen van de activiteit is voor een gammaspectrometrische bepaling complex omdat de verdeling van de activiteit in het koolpatroon niet bekend is. Dat is in praktijk bij het aanzuigen van besmette lucht ook het geval: aan de aanzuigzijde is de activiteit altijd veel hoger dan bij de uitstroomzijde. Bij een vers koolpatroon is de activiteit aan de uitstroomzijde zeer gering of nul. Om dit probleem te minimaliseren is aan alle WVI's verzocht om het koolpatroon tweemaal

vijf minuten te meten: eenmaal met de aanzuigzijde naar de detector, en eenmaal met de uitstroomzijde naar de detector. De (onjuiste) aanname van een homogene verdeling over het koolfilter wordt gecorrigeerd door het gemiddelde van beide metingen te berekenen; dit is namelijk een acceptabele benadering van de ware waarde.

WVI (3) heeft een adequate kalibratie voor een ^{131}I activiteit, aangezogen op een koolpatroon. De activiteit van WVI (3) is niet het gemiddelde van twee metingen, maar de activiteit bepaald met de 'koolpatroon-kalibratie'.

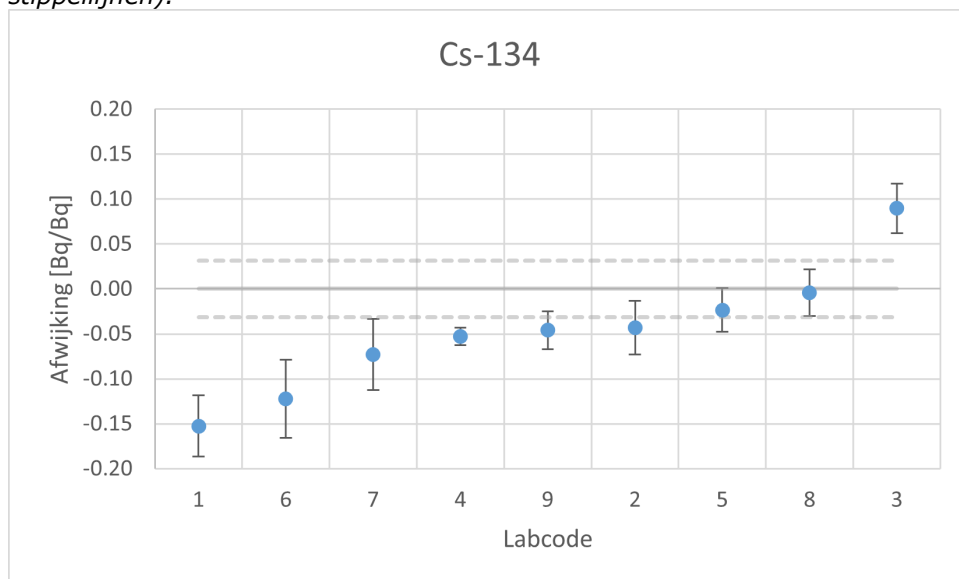
5.3 De watermonsters (natte depositie)

Onderstaand een samenvatting van de resultaten voor het watermonster. Dit betreft een fictieve bemonstering van de depositiebak met een oppervlak van $0,36 \text{ m}^2$.

5.3.1 Cesium-134 (^{134}Cs)

^{134}Cs is ook in het watermonster door alle WVI's gerapporteerd.

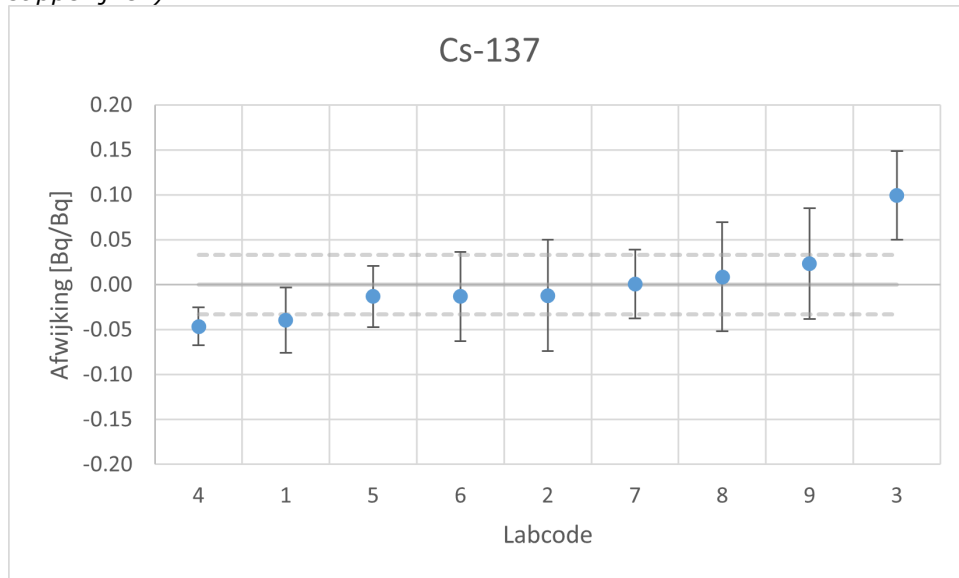
Figuur 7 Gerapporteerde oppervlaktebesmetting voor ^{134}Cs in het watermonster. De grijze lijn geeft de referentiewaarde aan met de standaarddeviatie (σ , grijze stippellijnen).



5.3.2 Cesium-137 (^{137}Cs)

Ook ^{137}Cs is door alle WVI's gerapporteerd.

Figuur 8 Gerapporteerde oppervlaktebesmetting voor ^{137}Cs in het watermonster. De grijze lijn geeft de referentiewaarde aan met de standaarddeviatie (σ , grijze stippellijnen).



5.3.3 Discussie watermonster

De gammaspectrometrie resultaten zijn over het algemeen redelijk tot goed, zie Tabel 5.

Tabel 5 Beoordeling van de resultaten in het watermonster (depositie).

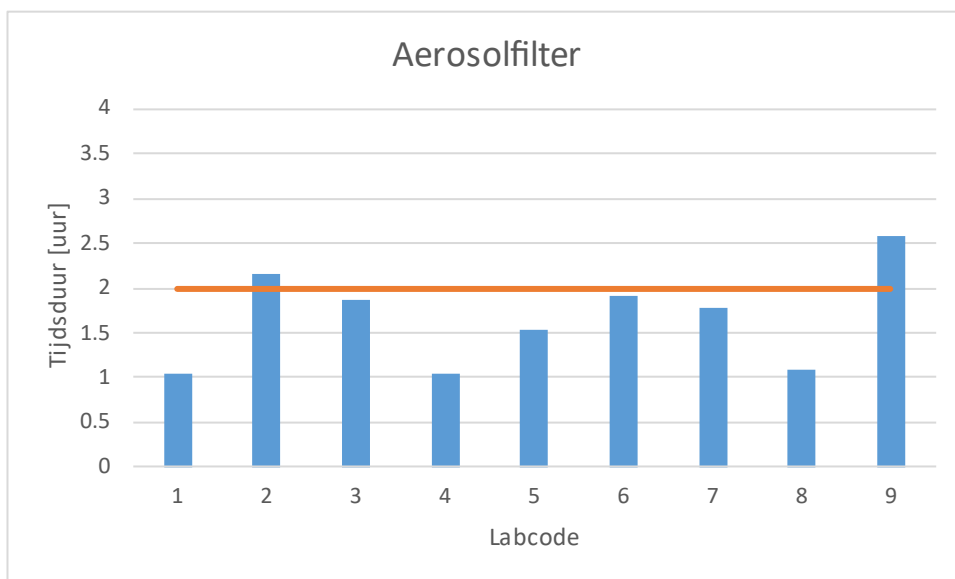
Lab-code	^{134}Cs	^{137}Cs
1	Redelijk	Goed
2	Goed	Goed
3	Goed	Redelijk
4	Goed	Goed
5	Goed	Goed
6	Redelijk	Goed
7	Goed	Goed
8	Goed	Goed
9	Goed	Goed

WVI (1), (2) en (4) hebben in eerste instantie niet volledig omgerekende waarden gerapporteerd. WVI (8) heeft in eerste instantie de standaard deviatie in procenten gerapporteerd. WVI (6) heeft aangegeven geen coïncidentiecorrectie toe te passen op het watermonster.

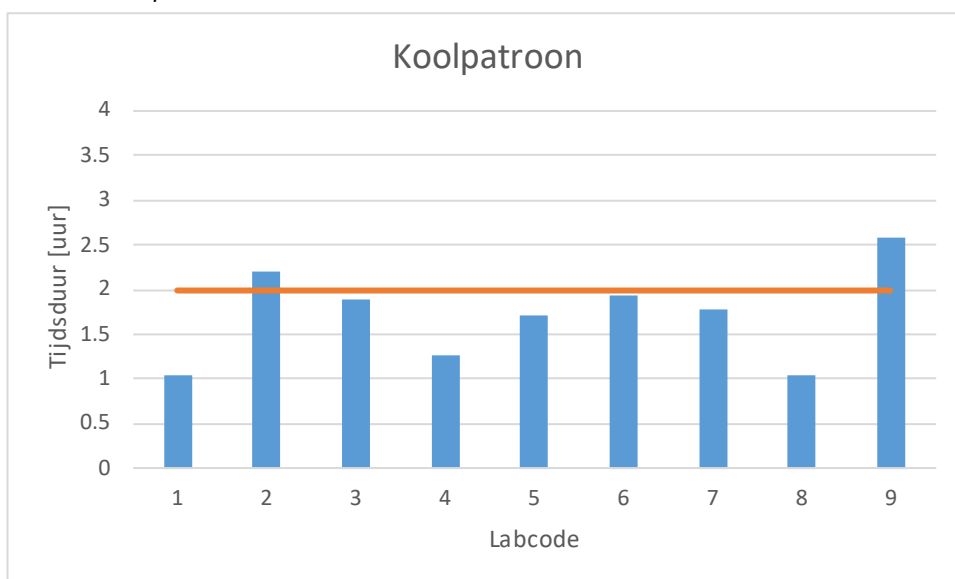
5.4 Tijdigheid van de rapportage

In de meeste gevallen ontving het RIVM binnen twee uur het rapport van de WVI's met de resultaten van het aerosolfilter en koolpatroon. Hetzelfde geldt voor de rapportage van het watermonster binnen 24 uur. Eén WVI heeft er opmerkelijk langer over gedaan. Het WVI heeft gemeld dat het te maken had met de prioritering van werkzaamheden, anders dan de deelname aan het ringonderzoek.

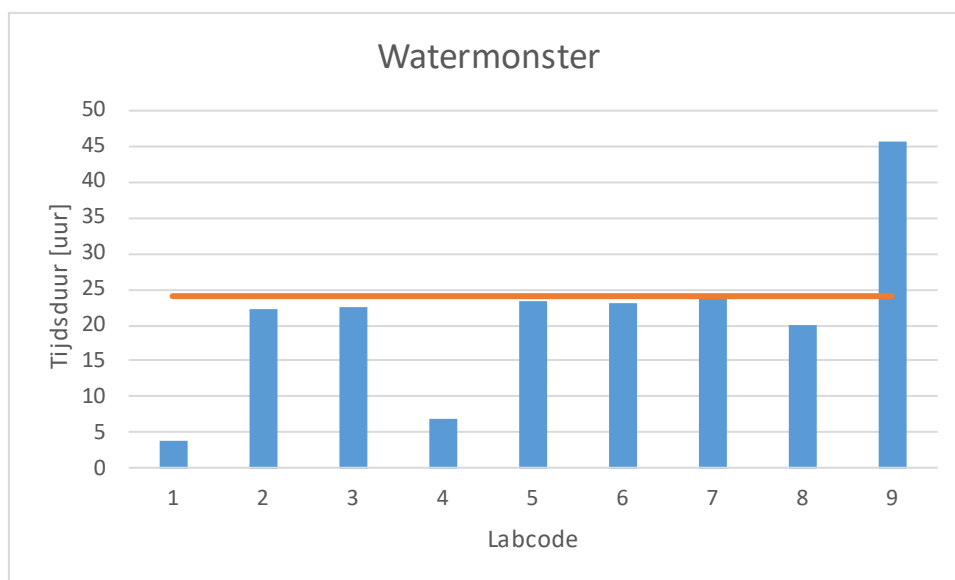
Figuur 9 Tijdsduur tussen monsterafgifte en rapportage van de meetresultaten van het aerosolfilter.



Figuur 10 Tijdsduur tussen monsterafgifte en rapportage van de meetresultaten van het koolpatroon.



Figuur 11 Tijdsduur tussen monsterafgifte en rapportage van de meetresultaten van het watermonster.



6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Alle WVI's hebben deelgenomen aan een ringonderzoek gericht op de monstergeometrieën filter, koolpatroon en water. Daarbij heeft het RIVM gevraagd om te meten en te rapporteren onder tijdsdruk. De deelnemers moesten binnen 2 uur en 24 uur rapporteren. Dat is op een enkele WVI na gelukt.

De resultaten voor het *aerosolfilter* voor de nucliden ^{134}Cs en ^{137}Cs zijn wisselend. De resultaten van vier WVI's zijn matig en moeten opnieuw worden geanalyseerd.

De resultaten voor ^{131}I in het *koolpatroon* zijn voor vier WVI's matig, één WVI redelijk en vier WVI's goed. De vier WVI's met een onvoldoende resultaat moet opnieuw worden geanalyseerd. De bepaling van ^{131}I in het koolpatroon is gemakshalve versimpeld door het koolpatroon 2-maal te meten: eenmaal met de aanzuigzijde naar de detector en eenmaal andersom. Het gemiddelde resultaat blijkt uit berekening een goede benadering van de praktijk.

De resultaten in het *watermonster* als afgeleide voor de monsternamen van een depositiebak zijn over het algemeen redelijk tot goed.

In de meeste gevallen, op een enkeling na, waren de WVI's in staat om binnen 2 uur en 24 uur te rapporteren.

De monsternam pompen voor de aanzuiging van luchtstof zijn gecontroleerd en er zijn geen bijzonderheden geconstateerd.

6.2 Aanbevelingen

Dit WVI-ringonderzoek wordt eens per drie jaar herhaald, waarbij aanvullend een rapport wordt opgesteld en de resultaten samen met alle WVI's worden geëvalueerd. In 2024 heeft het ringonderzoek wisselende resultaten opgeleverd. Daarom heeft het RIVM de WVI's gevraagd om verbeteringen door te voeren, zodat zij tijdens een radiologisch incident betrouwbare meetresultaten kunnen delen.

Het RIVM heeft de WVI's aanbevolen om in het gamma-analyseprotocol voor water van de depositiebak standaard het oppervlak van 0,36 m² op te nemen.

Het RIVM had na het ringonderzoek van 2021 als doel om de nucliden in CalWeb editeerbaar maken, zodat er ook onbekende nucliden toegevoegd kunnen worden. Dit is nog niet gerealiseerd, vanwege een vertraagd traject om CalWeb te vernieuwen.

7 Bijlage A Gerapporteerde resultaten

In deze bijlage zijn de resultaten per nuclide weergegeven. Voor ieder WVI is het volgende weergegeven: de labcode; de gerapporteerde activiteit met 1σ -meetonzekerheid; of het resultaat een uitbijter is; de resultaten van de z' - en ζ -test en de totaalbeoordeling in kleur.

7.1 Aerosolfilter

7.1.1 Cesium-134 (^{134}Cs)

Tabel 6 Activiteitsconcentraties voor ^{134}Cs in het aerosolfilter.

Labcode	Activiteit [Bq·m ⁻³]	Fout [Bq·m ⁻³]	Uitbijter	z' -test	ζ -test	Totaal
1	106	9	Nee	-2,46	-8,86	Matig
7	130	9	Nee	-1,84	-6,45	Matig
5	150	8	Nee	-1,32	-4,89	Matig
6	183	9	Nee	-0,47	-1,65	Goed
8	193	6	Nee	-0,21	-0,95	Goed
2	200	15	Nee	-0,03	-0,07	Goed
4	200	4	Nee	-0,03	-0,16	Goed
9	210	6	Nee	0,23	0,99	Goed
3	225	7	Nee	0,62	2,51	Redelijk

7.1.2 Cesium-137 (^{137}Cs)

Tabel 7 Activiteitsconcentraties voor ^{137}Cs in het aerosolfilter.

Labcode	Activiteit [Bq·m ⁻³]	Fout [Bq·m ⁻³]	Uitbijter	z' -test	ζ -test	Totaal
7	280	14	Nee	-2,05	-4,50	Matig
1	330	20	Nee	-0,82	-1,42	Goed
5	348	27	Nee	-0,37	-0,51	Goed
2	360	20	Nee	-0,07	-0,13	Goed
8	371	23	Nee	0,20	0,31	Goed
6	381	19	Nee	0,45	0,80	Goed
4	383	10	Nee	0,49	1,26	Goed
9	384	23	Nee	0,52	0,80	Goed
3	413	10	Nee	1,24	3,20	Matig

7.2 Het koolpatroon

7.2.1 Jodium-131 (^{131}I)

Tabel 8 Activiteit voor ^{131}I in het koolpatroon.

Labcode	Activiteit [kBq·m ⁻³]	Fout [kBq·m ⁻³]	Uitbijter	z'-test	ζ-test	Totaal
9	3.22	0.13	Nee	-1,87	-5,65	Matig
1	3.26	0.25	Nee	-1,86	-5,41	Matig
6	4.30	0.22	Nee	-1,41	-4,17	Matig
7	5.17	0.07	Nee	-1,04	-3,18	Matig
2	7.30	0.33	Nee	-0,14	-0,39	Goed
8	7.53	0.30	Nee	-0,04	-0,12	Goed
4	7.76	0.35	Nee	0,06	0,15	Goed
3	8.42	0.20	Nee	0,34	0,99	Goed
5	9.80	0.54	Nee	0,92	2,30	Redelijk

7.3 De watermonsters (natte depositie)

7.3.1 Cesium-134 (^{134}Cs)

Tabel 9 Depositie voor ^{134}Cs in het watermonster (Bq/m²).

Labcode	Activiteit [Bq·m ⁻²]	Fout [Bq·m ⁻²]	Uitbijter	z'-test	ζ-test	Totaal
1	428	17	Nee	-2,21	-3,28	Redelijk
6	443	22	Nee	-1,78	-2,27	Redelijk
7	468	20	Nee	-1,06	-1,44	Goed
4	478	5	Nee	-0,77	-1,60	Goed
9	482	11	Nee	-0,67	-1,21	Goed
2	483	15	Nee	-0,63	-0,99	Goed
5	493	12	Nee	-0,34	-0,59	Goed
8	503	13	Nee	-0,06	-0,10	Goed
3	550	14	Nee	1,30	2,13	Goed

7.3.2

*Cesium-137 (^{137}Cs)**Tabel 10 Depositie voor ^{137}Cs in het watermonster (Bq/m^2).*

Labcode	Activiteit [$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$]	Fout [$\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$]	Uitbijter	z'-test	ζ-test	Totaal
4	772	17	Nee	-0,87	-1,19	Goed
1	778	29	Nee	-0,74	-0,80	Goed
5	799	28	Nee	-0,25	-0,28	Goed
6	799	40	Nee	-0,25	-0,22	Goed
2	800	50	Nee	-0,22	-0,17	Goed
7	810	31	Nee	0,01	0,01	Goed
8	817	49	Nee	0,17	0,13	Goed
9	828	50	Nee	0,44	0,33	Goed
3	890	40	Nee	1,87	1,67	Goed

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

oktober 2025

De zorg voor morgen
begint vandaag