



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

**Gammastralingsniveaumetingen aan  
de terreingrens van COVRA N.V. te  
Borsele in 2021 met het MONET-meetnet**

RIVM-briefrapport 2022-0131  
C.P. Tanzi





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

**Gammastralingsniveaumetingen aan  
de terreingrens van COVRA N.V. te  
Borsele in 2021 met het MONET-meetnet**

RIVM-briefrapport 2022-0131  
C.P. Tanzi

## Colofon

© RIVM 2022

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

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

DOI 10.21945/RIVM 2022-0131

C.P. Tanzi (auteur), RIVM

Contact:

Cristina P. Tanzi

Milieu en Veiligheid/centrum Veiligheid/Stralingsincidenten, Monitoring & Analyse

[cristina.tanzi@rivm.nl](mailto:cristina.tanzi@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ANVS, in het kader van M/390220/21

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

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

## Publiekssamenvatting

### **Gammastralingsniveaumetingen aan de terreingrens van COVRA N.V. te Borsele in 2021 met het MONET-meetnet**

Het gammastralingsniveau aan de terreingrens van de Centrale Organisatie voor Radioactief Afval (COVRA N.V.) in Borsele was in 2021 lager dan het maximum van 40 microsievert per jaar dat is toegestaan. De hoogste dosis is 3,0 microsievert. Dit blijkt uit controlemetingen van het RIVM. Het RIVM rapporteert elk jaar in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) en toetst of COVRA N.V. aan de vergunningseis voldoet.

COVRA N.V. moet ervoor zorgen dat mensen buiten de terreingrens aan een zo laag mogelijke dosis, en niet hoger dan 40 microsievert per jaar worden blootgesteld. Dat is in de kernenergievergunning bepaald. Om de maximale effectieve dosis te berekenen wordt het gammastralingsniveau op twaalf locaties langs de terreingrens gemeten. Dit gebeurt met het MONET-meetnet, dat het RIVM beheert. Daarna wordt van de metingen de hoeveelheid die van nature voorkomt afgetrokken (natuurlijke achtergrondwaarde).

De meetwaarde wordt gecorrigeerd met de zogeheten Actuele Blootstellings Correctiefactor (ABC-factor). Een ABC-factor hangt samen met de bestemming van het gebied waar de effectieve gammastralingsdosis kan worden opgelopen. Na het gebruik van de ABC-factor is de berekende maximale effectieve gammadosis 3,0 microsievert per jaar. Dit is minder dan de maximale hoeveelheid die elk jaar wordt toegestaan.

In dit rapport zijn de daggemiddelden van de metingen van de twaalf MONET-monitoren aan de terreingrens van COVRA N.V. in 2021 weergegeven. Ook wordt uitgelegd hoe voor elk meetpunt de natuurlijke achtergrondwaarde is bepaald.

**Kernwoorden:** gammastraling, omgevingsdosisequivalent, COVRA, radioactief afval, opslag



## Synopsis

### **Gamma radiation level measurements around the site of COVRA N.V. at Borsele with the MONET network in 2021**

In 2021, the radiation level caused by gamma radiation at the site boundary of COVRA N.V., the Central Organisation for Radioactive Waste, was below the maximum permitted level of 40 microsievert per year. The maximum annual gamma dose is 3.0 microsievert. This is the level found by the analysis of measurements carried out by RIVM. RIVM is tasked by the Authority of Nuclear Safety and Radiation Protection (ANVS) to report annually on whether COVRA N.V. meets the criterion specified in its operating license.

COVRA N.V. is required to ensure that the maximum effective dose received by persons outside the site boundary of COVRA N.V. is as low as possible and does not exceed 40 microsievert annually, as specified in its operating license. In order to determine the maximum effective dose, gamma radiation is measured at twelve locations along the site boundary. The measurements are carried out within the framework of the MONET monitoring network, which falls under the administrative management of the RIVM. The measurements are analysed by subtracting the natural background value. The resulting measurement data are corrected using the Actuele Blootstelling Correctiefactor (or ABC factor, meaning actual exposure correction factor). An ABC factor takes into account the specific use of the area where exposure to the gamma dose may occur. This translates into a maximum effective dose of 3.0 microsievert per year, which is below the maximum permitted annual gamma dose.

This report provides the daily averages of the radiation dose recorded by the MONET monitors at the boundary of the COVRA N.V. site in 2021, and explains how the background level at each measuring location was determined.

Keywords: external radiation, ambient dose equivalent, COVRA, radioactive waste, storage





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **1 Inleiding — 11**

1.1 De opdracht — 11

1.2 Uitvoering — 11

1.3 Leeswijzer — 12

#### **2 De gemeten grootte en de locaties van de meetposten — 13**

2.1 Omgevingsdosistempo — 13

2.2 Overzicht terreinopstelling COVRA — 14

#### **3 Metingen met het MONET-meetnet aan het terrein van COVRA in 2021 — 17**

3.1 Operationaliteit van het MONET meetnet — 17

3.2 Het daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo en de gemeten jaardosis in 2021 — 18

#### **4 Bepaling van de door COVRA toegevoegde jaardosis in 2021 — 19**

4.1 Bepaling van toegevoegde jaardosis — 19

4.2 Bepaling van het referentieniveau per monitor — 22

#### **5 Verloop van de MONET metingen vanaf 2004 — 27**

#### **6 Conclusie — 31**

#### **Referenties — 33**



## Samenvatting

In opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) verricht het centrum Veiligheid van het RIVM metingen van het externe gammastralingsniveau aan de terreingrens van de Centrale Organisatie voor Radioactief Afval (COVRA) te Borsele. Deze metingen worden uitgevoerd ter controle van de maximale stralingsniveaus zoals vastgelegd in de Kernenergiewet vergunning van de COVRA. Dit rapport beschrijft de resultaten van het MONET-meetnet in 2021.

In het rapport zijn de resultaten beschreven van gammastralingsniveaumetingen (zonder en met correctie voor het natuurlijke achtergrondstralingsniveau) aan de terreingrens van de COVRA. Ook radioactieve bronnen van buiten de COVRA kunnen verhogingen van het gammastralingsniveau op de terreingrens veroorzaken. In dit rapport wordt geen onderscheid gemaakt tussen deze twee bijdragen aan de gammastralingsdosis. Ook wordt het verloop in de tijd van het gammastralingsniveau van de meetposten getoond. In 2021 waren twaalf gamma meetposten in bedrijf: zeven van deze meetposten zijn vanaf het jaar 2004 in bedrijf, en de overige vijf meetposten vanaf het jaar 2015.

De maximale vastgestelde bijdrage van gammastraling van COVRA aan de effectieve jaardosis bedraagt 3,0  $\mu\text{Sv}$  in 2021. De bijdrage van gammastraling aan de effectieve dosis overschrijdt op geen van de meetpunten de vergunde verhoging van de effectieve dosis voor COVRA N.V. van 40  $\mu\text{Sv}$  per jaar.



## 1 Inleiding

Het centrum Veiligheid van RIVM voert continu metingen uit van het gammastralingsniveau aan de terreingrens van de Centrale Organisatie voor Radioactief Afval N.V. (COVRA) aan de Spanjeweg 1, 4455 TW Nieuwdorp, met behulp van het MONET-meetnet<sup>1</sup>.

### 1.1 De opdracht

De metingen zijn in 2021 uitgevoerd in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS, Koningskade 4, Den Haag; [www.anvs.nl](http://www.anvs.nl)) door RIVM, centrum Veiligheid, afdeling Stralingsincidenten, Monitoring en Analyses (adres: RIVM, Antonie van Leeuwenhoeklaan 9, 3721 MA, Bilthoven).

Deze metingen dienen ter controle van de door COVRA N.V. aan de achtergrond toegevoegde stralingsniveaus, die zijn gelimiteerd in de Kernenergiewet vergunning van COVRA.

Volgens voorschrift F.1 van de op 7 januari 2015 met kenmerk DGETM-PDNIV/14210039 verleende revisievergunning, later gewijzigd op 23 september 2016 met kenmerk ANVS-2016/9507 [1]:

*"Met inachtneming van artikel 48 van het Besluit stralingsbescherming<sup>2</sup>, juncto artikel 19 van het Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen, dient COVRA ervoor te zorgen dat door alle aanwending en opslag van splijtstoffen, ertsen en radioactieve stoffen, met inbegrip van het zich daarvan ontdoen en het opslaan daarvan in verband met vervoer, tezamen met al het gebruik van ioniserende stralen uitzendende toestellen in de inrichting, voor personen buiten de inrichting de ontvangen effectieve dosis zo laag als redelijkerwijs mogelijk is, maar in ieder geval lager dan 40 microsievert per jaar. Als effectieve dosis geldt in het kader van dit voorschrift de Actuele Individuele Dosis (AID). Voor de bepaling van de AID gelden de regels als gegeven in de bijlage 1.5 (Rekenregels Analyse Gevolgen Ioniserende Straling) van de Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ (Stcrt. 2013, 32478)<sup>3</sup>. De van toepassing zijnde ABC-factor volgt steeds uit tabel 6.2 van genoemde bijlage."*

### 1.2 Uitvoering

In dit rapport wordt gebruik gemaakt van de metingen van het MONET-meetnet om een schatting te maken van de toegevoegde gammadosis: het omgevingsdosisequivalent  $H^*(10)$ , toegevoegd aan (de dosis ten gevolge van) de natuurlijke achtergrondstraling. De stralingsdosis als gevolg van neutronen is in dit rapport buiten beschouwing gelaten.

Om de toegevoegde dosis te bepalen wordt dezelfde methode toegepast als in RIVM-rapport 2021-0155 [2]. Deze wijkt af van de methode die

<sup>1</sup> MOnitoring NEtwerk Terreinen

<sup>2</sup> vanaf 6 februari 2018 is het Besluit stralingsbescherming vervangen door het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming

<sup>3</sup> vanaf 6 februari 2018 zijn deze regels opgenomen in bijlage 10 van de ANVS-verordening.

tot 2014 is toegepast [3], als gevolg van de voortschrijdende ontwikkelingen in de meetnetten.

### **1.3 Leeswijzer**

In dit rapport worden de metingen van de gamma stralingsdosis en de analyse voor het jaar 2021 beschreven. Het rapport is als volgt opgebouwd. In Hoofdstuk 2 wordt in het kort de meetgrootte beschreven. Hoofdstuk 3 toont de metingen van het MONET-meetnet aan de terreingrens van COVRA. In Hoofdstuk 4 wordt de schatting van natuurlijke achtergrond berekend en de door menselijk handelen toegevoegde jaardosis voor iedere monitor bepaald. Hoofdstuk 5 toont het verloop van het daggemiddelde dosisequivalenttempo over de hele periode dat de meetposten in bedrijf zijn. In Hoofdstuk 6 worden de conclusies gegeven.

## 2 De gemeten grootheid en de locaties van de meetposten

### 2.1 Omgevingsdosistempo

De grootheid  $\dot{H}^*(10)$  die door de MONET-monitoren wordt gemeten is de tijdsafgeleide van het omgevingsdosisequivalent  $H^*(10)$ , zoals gedefinieerd in [4]. In de vergunning [1] zijn de vergunningslimieten opgesteld in een limiterende grootheid, de effectieve dosis  $E$ . De bijdrage van de externe straling aan de effectieve dosis wordt  $E_{ext}$  genoemd. Ondanks het gebruik van de limiterende grootheid effectieve dosis  $E$  in de vergunning, wordt hier toch de grootheid  $H^*(10)$  gebruikt. De reden hiervoor is dat de grootheid  $E_{ext}$  niet zonder uitgebreide aanvullende metingen van de energieverdeling van het gamma-stralingsveld is te bepalen. Vandaar dat, conform de aanbevelingen van de ICRP [5] de operationele grootheid  $H^*(10)$  wordt gebruikt als schatting van  $E_{ext}$ . Van belang hierbij is om op te merken dat  $H^*(10)$  een overschatting geeft van  $E_{ext}$  [5]. In het kader van de vergunningshandhaving wordt het verschil tussen de gemeten grootheid  $H^*(10)$  en de limiterende grootheid  $E_{ext}$  vooral van belang op het moment dat  $H^*(10)$  groter is dan de vergunningslimiet. Hier wordt nogmaals opgemerkt dat bij toetsen aan de vergunningslimiet de gebruiksoptie van de omgeving mag worden beschouwd [6].

De metingen van  $\dot{H}^*(10)$  worden uitgevoerd met twee type monitoren: Bitt RS03/X proportionele telbuis en autonome GammaTRACER XL2 (Geiger-Müller telbuis [13]). De energierespons van beide type monitoren is zodanig dat de uitlezing overeenkomt met het omgevingsdosisequivalenttempo. De monitoren hebben elk een verschillende hoekafhankelijkheid en een verschillende gevoeligheid voor kosmische straling.

In het algemeen geven de Saphymo/Bertin Gamma-TRACER XL2 een wat hogere (enkele  $\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ) waarde van het achtergrondniveau ten opzichte van de Bitt monitoren. Voor het hele NMR netwerk van 150 monitoren in Nederland geldt dat het verschil gemiddeld  $8 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$  bedraagt, zie Figuur 4.4 van [7]).

In een studie van de Bitt RS02 wordt de systematische onderschatting van de activiteit in de lucht geraamd op 3-7%, afhankelijk van de verdeling van de radionucliden in de lucht [8]. Met kennis van de natuurlijke achtergrond (nucliden en verdeling) kan hier voor worden gecorrigeerd. Na correctie resteert een absolute onzekerheid ( $2\sigma$ ) in metingen van de natuurlijke achtergrond van minder dan  $5 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$  [8].

Een dergelijke studie is niet uitgevoerd voor de Saphymo /Bertin Gamma-TRACER XL2 of voor de Bitt RS03/485 of Bitt RS03/485L monitor. Voor de Bitt RS03/485(L)-monitor kan worden aangenomen dat systematische fouten en de absolute onzekerheid hetzelfde zijn van de Bitt RS02, gezien dezelfde opbouw van de proportionele telbuis.

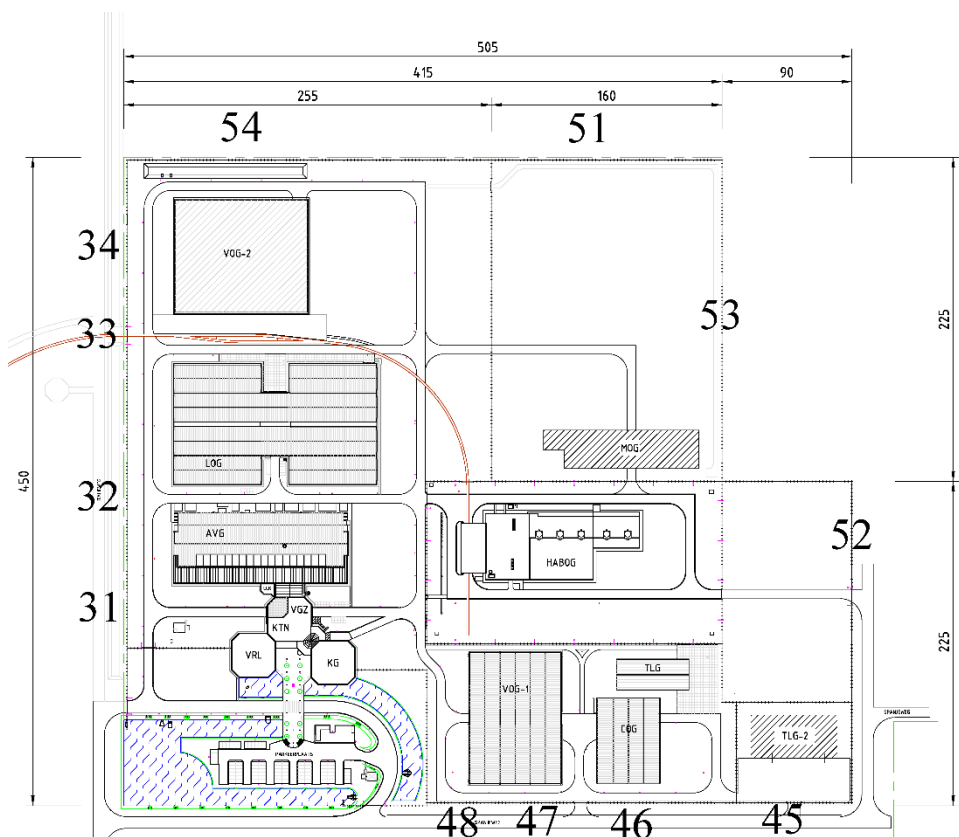
Voor het uitvoeren van metingen van het omgevingsdosisequivalent met dosistempo-monitoren bestaat de norm NEN 5648 [9]. In deze norm

wordt aangegeven hoe metingen moeten worden uitgevoerd en hoe onzekerheden in rekening kunnen worden gebracht. Deze norm is bij de MONET-metingen deels toegepast, dat wil zeggen dat de kalibratie van de monitoren afwijkt van de norm. In de norm wordt aangegeven hoe de hoek- en energieafhankelijkheid in rekening gebracht kan worden als onderdeel van de totale onzekerheid in de meetresultaten. Gegevens over de hoek- en energieafhankelijkheid van de Bitt RS02 zijn te vinden in referenties [8, 10] en voor de Saphymo/Bertin Gamma-TRACER XL2 in [11]. Voor de Bitt RS02 bedraagt de onzekerheid, op basis van deze gegevens, volgens de norm circa 15%, en voor de Saphymo/Bertin Gamma-TRACER XL2 circa 19%, met name door de energieafhankelijkheid van de monitor.

In 2021 zijn door RIVM tijdens enkele dagen aanvullende terreingrensmetingen bij de COVRA uitgevoerd in opdracht van de ANVS [12]. Daarin is er specifiek ingegaan op het monitoren van de terreingrensdosis op 2 locaties aan het hek nabij VOG-1, met het doel om het door COVRA toegevoegde gamma- en neutronendosis tempo te meten.

## 2.2 Overzicht terreinopstelling COVRA

Op de terreingrens van COVRA beheert het RIVM een netwerk van twaalf gammastralingsmeetposten langs een omheining van het COVRA terrein. Figuur 1 geeft de locaties en het type van de monitoren weer.



Figuur 1 Overzicht terreinopstelling COVRA met de locaties van de MONET meetposten vanaf 10 april 2015.



Vier van deze meetposten zijn mobiele monitoren van het type Gamma TRACER-XL2 [13] (Geiger-Müller telbuis), en zijn op de huidige locatie in 2015 geplaatst vanwege de uitbreiding van het aantal gebouwen op het terrein. Deze monitoren hebben een zonnecel die een 12V accu bijlaadt en kunnen daarom zonder energievoorziening overal in Nederland autonoom functioneren. De overige acht meetposten zijn voorzien van monitoren van het type Bitt (proportionele telbuis). Deze zijn vanaf het jaar 2004 in gebruik, met uitzondering van meetpost 45 die in 2015 naar de huidige locatie is verplaatst.

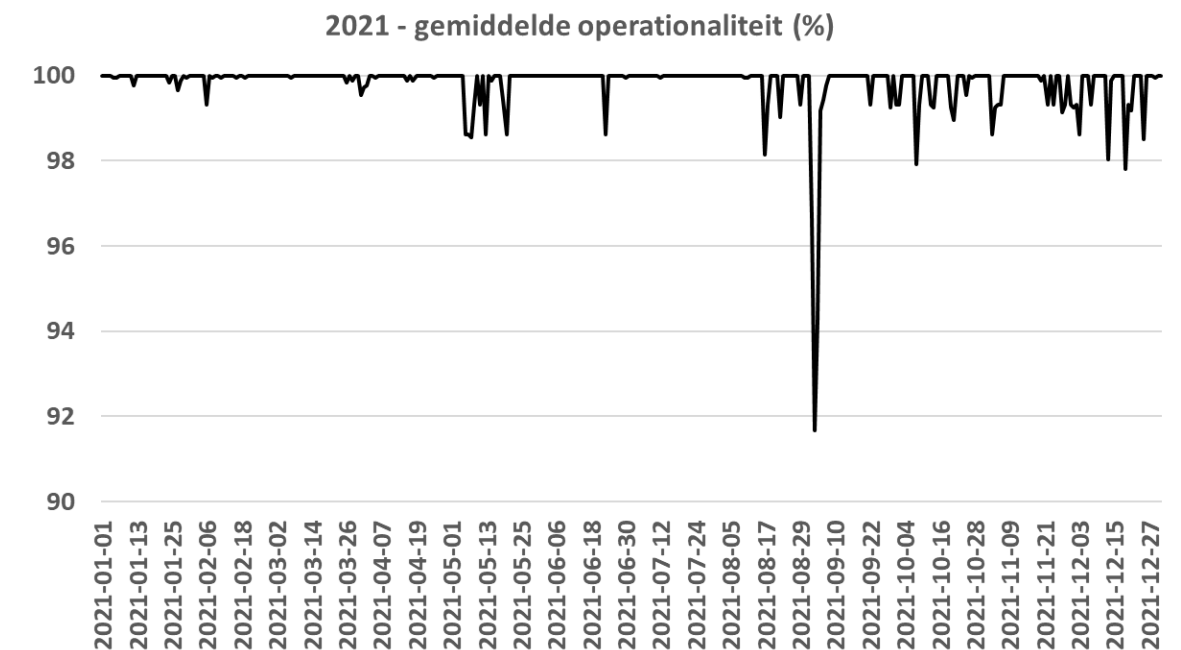


### 3 Metingen met het MONET-meetnet aan het terrein van COVRA in 2021

In dit hoofdstuk wordt een analyse van de metingen over 2021 gepresenteerd. Het verloop gedurende het jaar van het gemeten daggemiddelde omgevingsdosis-equivalenttempo en de gemeten jaardosis worden getoond voor iedere monitor. Het verloop van de MONET-metingen gedurende het jaar wordt gegeven samen met de voor iedere monitor berekende achtergrondwaarde. De achtergrondwaarde wordt hier berekend op basis van het gemiddelde van de daggemiddelden over de periode waarin metingen beschikbaar zijn. De berekende jaardosis, die mede door menselijke handelingen veroorzaakt wordt, wordt vervolgens per monitor bepaald.

#### 3.1 Operationaliteit van het MONET meetnet

Er zijn in totaal 365 dagen in het jaar 1 waarvoor metingen van het MONET-meetnet aan de terreingrens van COVRA beschikbaar zijn: in Figuur 2 is de gemiddelde operationaliteit per dag weergegeven. Het is de verhouding (in %) tussen het werkelijk aantal geregistreerde en bruikbare 10 minuutwaarden en het op een dag maximale aantal van 144 10 minuutwaarden. Voor monitor 51 ontbreken de metingen voor de dag van 3 september 2021. De laagste operationaliteit was 91,7% op 3 september. De gemiddelde operationaliteit van het netwerk gemiddeld over het hele jaar is groter dan 99,8%.



Figuur 2 Gemiddelde operationaliteit per dag van MONET aan de terreingrens van COVRA in 2021.

### 3.2 Het daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo en de gemeten jaardosis in 2021

De daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempi  $\dot{H}^*(10)$ , niet gecorrigeerd voor achtergrondstraling, voor de MONET-monitoren in 2021 worden weergegeven in Figuur 3 en Figuur 4 van Hoofdstuk 4.

De hoogste waarde van het daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo is  $122 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$  voor monitor 47 op 10 december. Op die dag registreren alle monitoren een piek, dat waarschijnlijk veroorzaakt wordt door de neerslag van 22 mm op die dag.

In Tabel 1 wordt de gemeten jaardosis gegeven, berekend als de som van de daggemiddelden, samen met het aantal dagen waarover metingen beschikbaar zijn voor de bepaling van de jaardosis.

*Tabel 1 De jaardosis ( $\mu\text{Sv}$ ) door de MONET-monitoren bij COVRA in 2021, niet gecorrigeerd voor de achtergrond.*

<b>MONET-monitor</b>	<b>Aantal dagen</b>	<b>Gemeten jaardosis (<math>\mu\text{Sv}</math>)</b>
31	365	635
32	365	641
33	365	649
34	365	642
45	365	628
46	365	785
47	365	962
48	365	768
51	364	677
52	365	673
53	365	703
54	365	704

## 4 Bepaling van de door COVRA toegevoegde jaardosis in 2021

### 4.1 Bepaling van toegevoegde jaardosis

De hier toegepaste methode is dezelfde als de methode die gebruikt is in RIVM-rapport 2021-0155 [2] en is uitvoerig beschreven in het RIVM-rapport 2017-0053 [14]. Alleen metingen van het MONET-netwerk zelf worden voor de analyse gebruikt, in tegenstelling tot de methode die tot en met 2014 gebruikt is [15], waarbij het landelijk NMR-meetnet voor de bepaling van de natuurlijke achtergrond gebruikt wordt. De reden hiervoor is onder anderen het gebruik van twee verschillende type stralingsmonitoren voor het COVRA MONET netwerk: proportionele telbuizen voor monitoren 31 t/m 45, en Geiger-Müller telbuizen [13] voor monitoren 51 t/m 54.

Om een onderscheid te kunnen maken tussen de dosis die door menselijk handelen wordt veroorzaakt en de variatie in de natuurlijke achtergrond, wordt voor iedere monitor de natuurlijke achtergrond bepaald. In het kort gaat de methode als volgt:

1. Voor elke monitor  $i$  wordt het jaargemiddelde  $A_i'$  en de standaarddeviatie  $\sigma_i'$  van het daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo  $\dot{H}^*(10)$  bepaald.
2. Dagen met verhogingen ( $\dot{H}^*(10) > A_i' + 2\sigma_i'$ ) worden geïdentificeerd en buiten beschouwing gelaten. Het jaargemiddelde  $A_i$  en de standaarddeviatie  $\sigma_i$  wordt herberekend: dit is een schatting voor de variatie van de natuurlijke achtergrond, die varieert tussen  $A_i - 2\sigma_i$  en  $A_i + 2\sigma_i$ .
3. De waarde van  $2\sigma_i$  kan worden beschouwd als het aantoonbaarheidsniveau van de betreffende monitor  $i$ .
4. De door menselijk handelen toegevoegde jaardosis wordt bepaald door het stralingsniveau ( $\dot{H}^*(10) - A_i$ ) op alle dagen met ( $\dot{H}^*(10) > A_i + 2\sigma_i$ ) op te tellen.

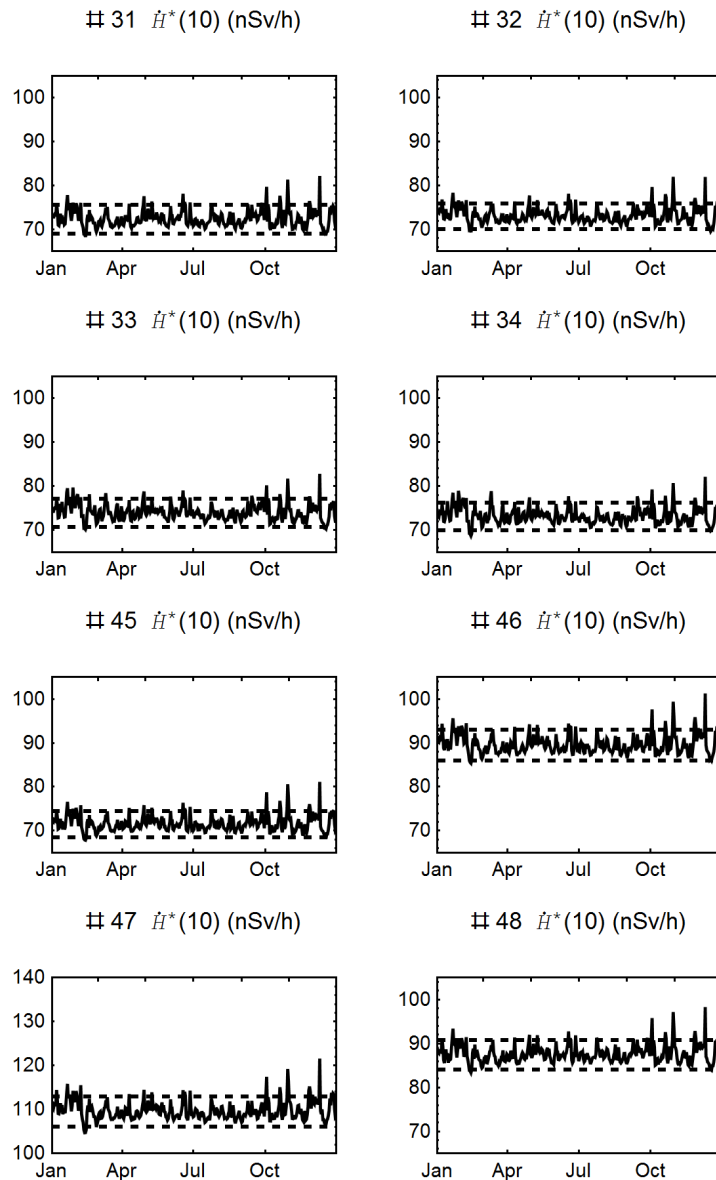
Met deze methode, de '>2 $\sigma$ -methode', kan een groot deel van de kunstmatige verhogingen worden bepaald, en dus de toegevoegde jaardosis ten opzichte van de natuurlijke achtergrond. Het gemeten niveau van de achtergrond heeft geen invloed op de toegevoegde jaardosis; per type monitor kan het achtergrondniveau gemiddeld 8 nSv·h<sup>-1</sup> verschillen.

Aan de met deze methode toegevoegde jaardosis kunnen ook verhoogde stralingsniveaus bijdragen die gegeven zijn door niet-destructief onderzoek dat plaatsvindt bij een bedrijf in de omgeving van de COVRA, en verhogingen door transport van radioactief materiaal naar de COVRA.

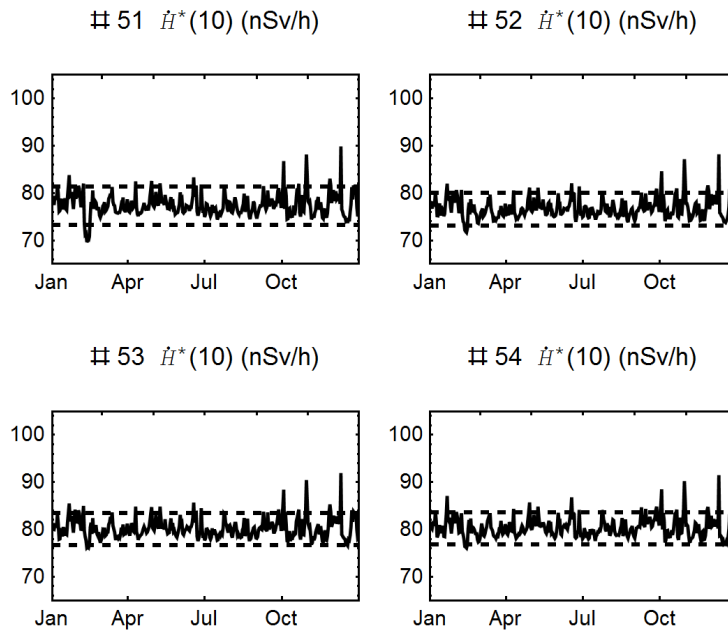
Deze methode kan echter niet alle natuurlijke verhogingen bepalen, zoals hevige regenval die doorgaans wordt gevolgd door een verhoogde depositie van vervalproducten van radon. Dit kan een verhoging van het omgevingsdosisequivalenttempo  $\dot{H}^*(10)$  veroorzaken, en dus een mogelijke overschatting van de jaardosis.

Volgens deze methode wordt in de volgende paragrafen voor iedere monitor de achtergrondwaarde en het aantoonbaarheidsniveau bepaald

voor het jaar 2021. Indien de toegevoegde dosis niet alleen door piekbijdragen bepaald wordt, maar ook door continue bijdragen, wordt er gebruik gemaakt van de referentiewaarde die voor eerdere jaren bepaald is. Dit is bijvoorbeeld het geval voor monitor M47, door het vullen van het VOG gebouw (te zien in Figuur 7).



Figuur 3 Het daggemiddelde omgevingsdosis-equivalenttempo  $\dot{H}^*(10)$  voor de MONET-monitoren M31-M34 en M45-M48 aan de terreingrens van COVRA in 2021 samen met, als gestippelde lijnen, de variatie van de natuurlijke achtergrond. De figuur voor monitor 47 heeft een andere schaalverdeling voor de y as.



Figuur 4 Het daggemiddelde omgevingsdosis-equivalenttempo  $\dot{H}^*(10)$  voor de MONET-monitoren M51-M54 aan de terreingrens van COVRA in 2021 samen met, als gestippelde lijnen, de variatie van de natuurlijke achtergrond.

In Figuur 3 en Figuur 4 worden de daggemiddelden van  $\dot{H}^*(10)$  getoond, samen met het bepaalde achtergrondniveau en het aantoonbaarheidsniveau (zie Tabel 2). Deze informatie wordt gebruikt om de dagen waarin verhogingen hebben plaatsgevonden te bepalen. De door menselijk handelen in 2021 toegevoegde jaardosis wordt berekend voor de dagen waarop  $\dot{H}^*(10)$  het achtergrondniveau overstijgt.

Tabel 2 Het aantal dagen dat is gebruikt bij de bepaling van het achtergrondniveau in 2021, het aantal dagen met vastgestelde verhogingen, het berekende achtergrondniveau, de aantoonbaarheidsniveaus en de toegevoegde jaardosis in 2021 voor de MONET-monitoren bij COVRA in 2021.

MONET-monitor 2021	aantal dagen berekening achtergrond	achtergrond (nSv·h <sup>-1</sup> )	aantoonbaarheidsniveau (nSv·h <sup>-1</sup> )	aantal dagen met verhogingen in 2021	jaardosis door verhogingen in 2021 (μSv/j)
31	338	72,3	3,2	27	2,9
32	337	73,0	2,9	28	2,8
33	341	73,9	3,2	24	2,6
34	337	73,1	3,1	28	3,0
45	337	71,5	3,0	28	2,9
46	334	89,4	3,5	31	3,8
47	335	109,5	3,4	30	3,7
48	333	87,5	3,4	32	3,5
51	342	77,3	4,0	22	3,0
52	336	76,6	3,4	29	3,4
53	332	80,0	3,4	33	3,7
54	339	80,2	3,4	26	3,1

## 4.2 Bepaling van het referentieniveau per monitor

Voor de monitoren M34, M46, M47 en M48 is het omgevingsdosisequivalenttempo dat als "referentieniveau" aangeduid wordt sinds het begin van de metingen met het MONET-meetnet toegenomen (zie Hoofdstuk 5). Voor deze monitoren wordt deze toename ook verdisconteerd in de bepaling van de door COVRA toegevoegde dosis. Een overzicht van het bepaalde referentieniveau wordt in Hoofdstuk 5 weergegeven.

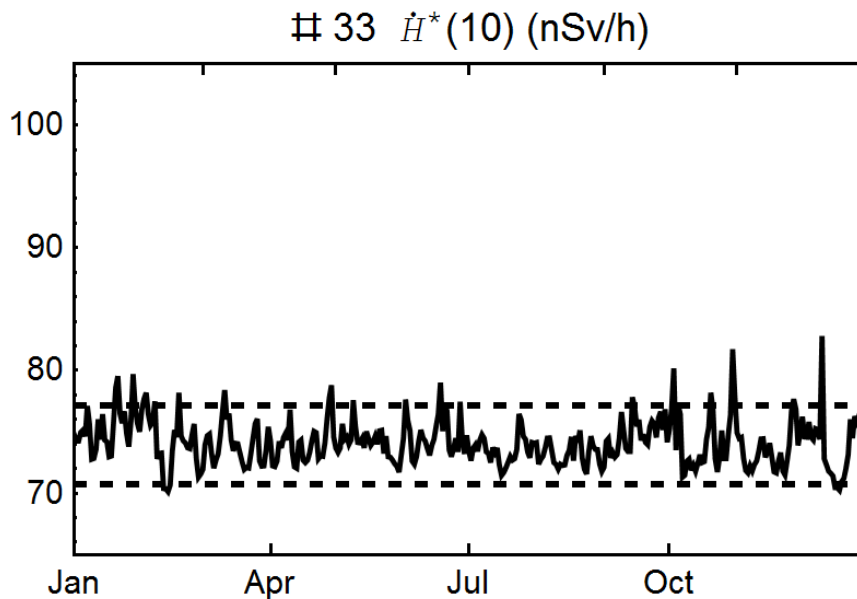
Voor de monitoren M51 en M54 is in eerdere jaren een tijdelijke toename van het omgevingsdosisequivalenttempo zichtbaar. Dat is niet langer het geval voor het huidige verslagjaar 2021: daarom wordt er geen referentieniveau voor bepaald. Het is mogelijk dat grondwerkzaamheden bij een naburige terrein de oorzaak zijn geweest van de waargenomen toename van het omgevingsdosisequivalenttempo in het verleden.

Hevige regenval heeft als gevolg verhoogde depositie van vervalproducten van radon, en dus een kortdurende verhoging van het omgevingsdosis-equivalenttempo. Enkele pieken, aanwezig op alle MONET-monitoren rond het terrein van COVRA, zie bijvoorbeeld Figuur 5, vallen samen met dagen waarop de dagelijkse neerslag hoog was, gemeten op het KNMI station Vlissingen (Figuur 6). Op 10 december 2021 vertonen alle monitoren een verhoging; op die dag wordt een neerslag van 22 mm gemeten. Dat is ook het geval op bijvoorbeeld 3 oktober, met 15 mm neerslag, en op 30 en 31 oktober, wanneer op beide dagen 9 mm neerslag is gevallen (zie Figuur 6).

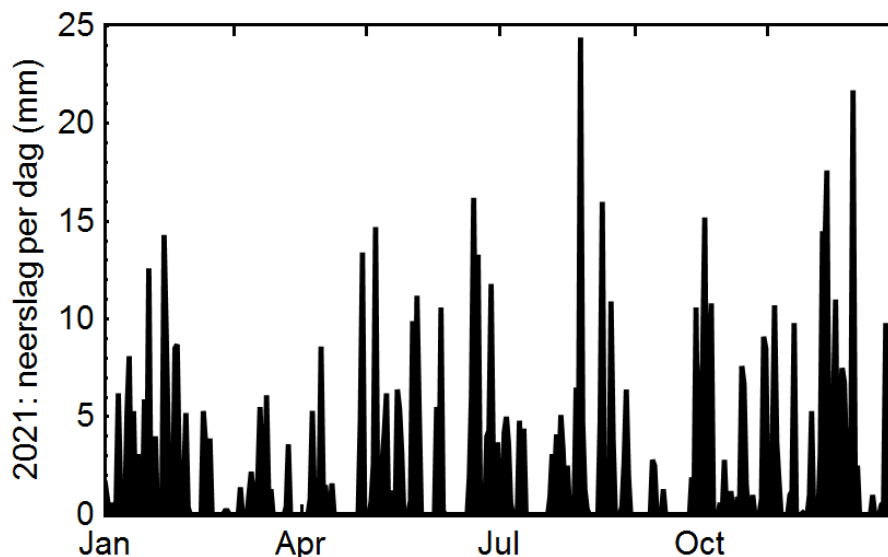
De hier toegepaste methode kan geen onderscheid maken tussen een ongewoon grote variatie van de natuurlijke achtergrondstraling ( $>2\sigma$ , zie Hoofdstuk 3 hierboven) en een verhoging dat door menselijk handelen veroorzaakt wordt. Bij COVRA kan de gemeten  $\dot{H}^*(10)$  van dagen met hevige regenval een bijdrage aan de berekende jaardosis leveren.

Figuur 5 samen met Figuur 6 laat zien dat verhogingen waarschijnlijk aan weeromstandigheden zijn toe te schrijven, omdat een verhoging van het omgevingsdosisequivalenttempo samenvalt met hevige neerslag.





Figuur 5 Het gemeten omgevingsdosis-equivalenttempo voor monitor 33 in 2021 (uit Figuur 3) samen met de natuurlijke achtergrond en de spreiding als gestippelde lijnen over het jaar. De pieken op 10 december en op 3, 30 en 31 oktober 2021 vallen samen met hevige neerslag.



Figuur 6 Neerslag per dag, in mm, gemeten door het KNMI weerstation van Vlissingen (bron: KNMI). Hevige neerslag op 10 december en op 3, 30 en 31 oktober 2021 valt samen met een verhoging van het omgevingsdosis-equivalenttempo van alle monitoren van het MONET-meetnet.

Voor enkele monitoren is  $\dot{H}^*(10)$  in 2021, of in voorgaande jaren, blijvend toegenomen, zoals beschreven in Hoofdstuk 5. Deze toename is niet altijd zichtbaar in Figuur 3 en Figuur 4, die alleen betrekking hebben op het jaar 2021. Voor de bepaling van de toename van  $\dot{H}^*(10)$  ten opzichte van het begin van de beschikbare metingen, wordt er een referentiewaarde bepaald, in Hoofdstuk 5. Zodoende kan er, voor het bepalen van de jaardosis van deze monitoren (M34, M46, M47 en M48),

rekening worden gehouden met de toegenomen *referentiewaarde* van voorgaande jaren voor het bepalen van de jaardosis. Het betreft het jaar 2005 voor monitor M46, het jaar 2006 voor monitoren M47 en M48, en het jaar 2016 voor monitor M34: dit wordt in Tabel 3 samengevat. De toegenomen jaardosis ten opzichte van het referentiejaar is het verschil tussen de dosis per monitor in 2021 en het referentiejaar: dit wordt bijvoorbeeld gegeven door het langzaam vullen van een gebouw met radioactief afval. Daarom wordt er, voor monitor M47 bijvoorbeeld, in 2021 een toename van  $34,3 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$  ten opzichte van het referentiejaar 2006 geregistreerd, en dat komt overeen met een toename van de jaardosis van  $300,5 \text{ }\mu\text{Sv}/\text{j}$  over het verstrijken van vijftien jaar (zie Tabel 3). Aan deze waarde wordt nog een verhoging toegevoegd van  $3,7 \text{ }\mu\text{Sv}$  t.o.v. de achtergrond die voor 2021 is vastgesteld (zie Tabel 4).

*Tabel 3 De jaardosis zoals is bepaald door verhogingen ten opzichte van de achtergrondniveau (uit Tabel 2), het referentieniveau uit eerdere periodes voor de monitors M34, M46, M47 en M48, de jaardosis als gevolg van de toename ten opzichte van de referentie periodes, en de totale toegevoegde dosis (de som van deze twee onderdelen) zoals voor het jaar 2021 berekend is.*

<b>MONET-monitor 2021</b>	<b>jaardosis door verhoging in 2021 (<math>\mu\text{Sv}/\text{j}</math>) [uit Tabel 2]</b>	<b>referentieniveau (<math>\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}</math>) uit een eerdere periode [uit Tabel 5]</b>	<b>jaardosis door referentieniveau uit eerdere periodes (<math>\mu\text{Sv}/\text{j}</math>)</b>	<b>totale toegevoegde dosis in 2021 (<math>\mu\text{Sv}/\text{j}</math>)</b>
31	2,9	-	-	2,9
32	2,8	-	-	2,8
33	2,6	-	-	2,6
34	3,0	69,5	31,5	34,5
45	2,9	-	-	2,9
46	3,8	73,2	141,9	145,7
47	3,7	75,2	300,5	304,2
48	3,5	72,3	133,2	136,7
51	3,0	-	-	3,0
52	3,4	-	-	3,4
53	3,7	-	-	3,7
54	3,1	-	-	3,1

De door COVRA toegevoegde jaardosis in 2021 is per monitor weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Berekende jaardosis ( $\mu\text{Sv}$ ) voor de COVRA-MONET monitoren in 2021 (uit Tabel 3) na toepassing van ABC-factoren.

<b>Monitor</b>	<b>jaardosis (<math>\mu\text{Sv}</math>) in 2021 [uit Tabel 3]</b>	<b>ABC- factor</b>	<b>jaardosis na toepassing ABC-factor (<math>\mu\text{Sv}</math>) in 2021</b>
31	2,9	0,01	0,03
32	2,8	0,01	0,03
33	2,6	0,01	0,03
34	34,5	0,01	0,3
45	2,9	0,01	0,03
46	145,7	0,01	1,5
47	304,2	0,01	3,0
48	136,7	0,01	1,4
51	3,0	0,01	0,03
52	3,4	0,2	0,7
53	3,7	0,2	0,7
54	3,1	0,01	0,03

De hoogste jaardosis is 304,2  $\mu\text{Sv}$  voor monitor M47: er is namelijk een toename van 300,5  $\mu\text{Sv}$  ten opzichte van het referentiejaar 2006, zoals weergegeven in Tabel 3 (zie ook Tabel 5 in Hoofdstuk 5), en een toename van 3,7  $\mu\text{Sv}$  die wordt veroorzaakt door pieken in 2021 (zie Tabel 2). Bij het toetsen aan de vergunningslimiet per jaar (40  $\mu\text{Sv}$ ) wordt de dosis vermenigvuldigd met de ABC-factor. Na toepassing van de ABC-factor is de hoogste bepaalde jaardosis 3,0  $\mu\text{Sv}$  door monitor M47.



## 5 Verloop van de MONET metingen vanaf 2004

Het is mogelijk dat bij een monitor het stralingsniveau gedurende een (deel) van het jaar structureel is verhoogd, bijvoorbeeld door een continue aanwezigheid van een hoeveelheid radioactief materiaal in de buurt van die monitor. In dat geval is het gemiddelde van het omgevingsdosisequivalenttempo  $\dot{H}^*(10)$  over het hele jaar geen bruikbaar uitgangspunt voor de berekening van de door menselijk handelen toegevoegde dosis. Zou dat het geval zijn, dan kan het gemiddelde berekend worden voor dat deel van het jaar dat het stralingsniveau nog niet verhoogd was. Als een dergelijke verhoging in voorgaande jaren heeft plaatsgevonden, dan wordt de gemiddelde waarde van één van de voorgaande jaren gebruikt als uitgangspunt voor de dosisberekening. Dat is het geval voor monitoren 46, 47 en 48 langs de Spanjeweg, en voor monitor 34 bij het VOG-2 gebouw. Dagen waarop piekverhogingen zijn vastgesteld worden in de berekening van het achtergrondniveau niet meegenomen.

In Figuur 7 wordt het verloop van het daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo vanaf het jaar 2004 getoond, en in Figuur 8 vanaf het jaar 2015. Het hoog radioactief afval behandeling en opslaggebouw (HABOG) is sinds 2003 in bedrijf. Bij meetpost M32 is er zowel in mei 2012 als op 18 maart 2016 een nieuwe monitor geplaatst; vanwege de intrinsieke verschillen tussen de geplaatste monitoren is er een afname van het gemeten omgevingsdosisequivalenttempo tussen 2012 en 2016 geregistreerd. Deze afname is alleen maar gegeven door het verwisselen van de monitoren en is dus niet aan een daadwerkelijke afname van het omgevingsdosisequivalenttempo toe te schrijven. De stijging in 2006 en 2007 wordt mogelijk veroorzaakt door de toenemende calcinaatopslag in het COG.

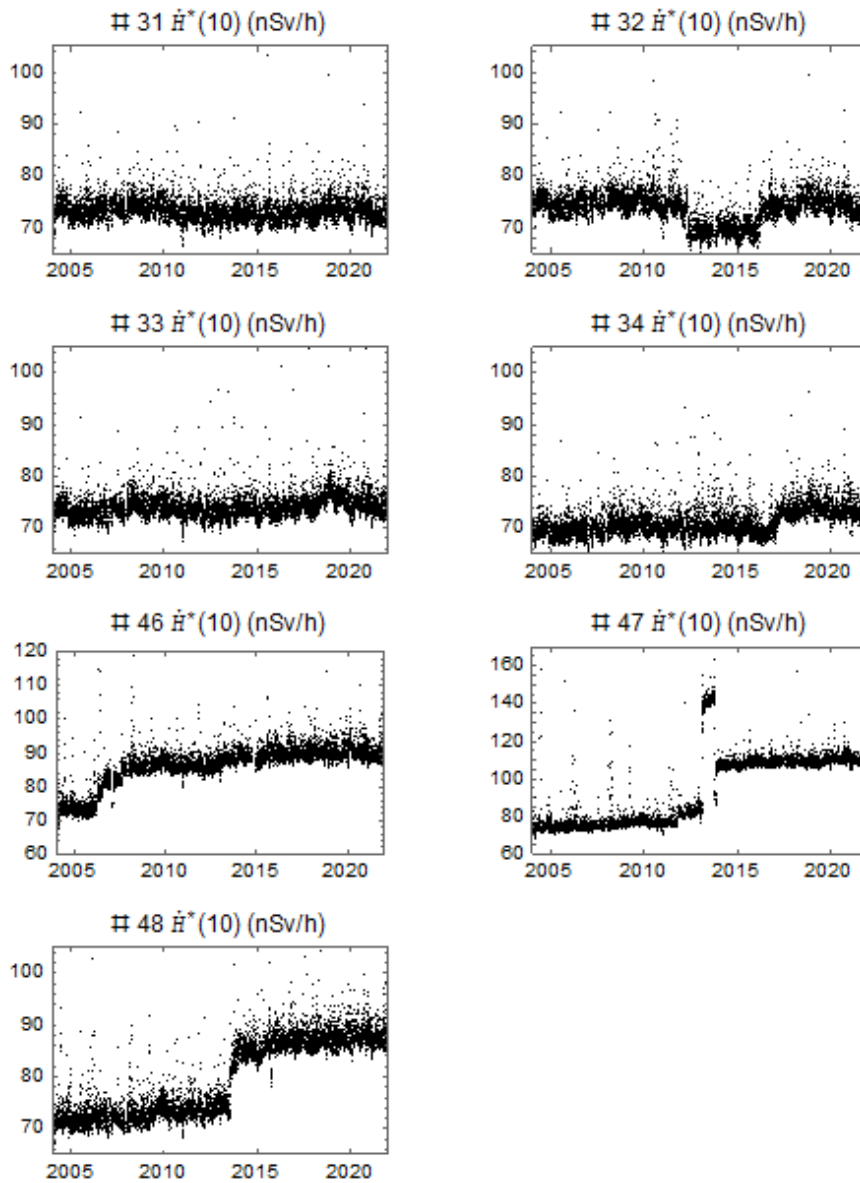
Andere redenen voor de toename van de stralingsdosistempo voor andere monitoren zoals bijvoorbeeld M51 en M54 kunnen bouwwerkzaamheden zijn, bijvoorbeeld een gewijzigde ondergrond door graafwerkzaamheden of de aanleg van een sloot met naburige bestrating.

De toename van M47 en M48 vanaf 2013 is veroorzaakt door het vullen van het VOG: bij M47 is er in de loop van het jaar 2013 een afscherming geplaatst die tot een afname leidt [15]. In juni 2017 zorgt de ingebruikname van het VOG-2 voor een toename bij M34. Voor de toename van de stralingsdosistempo van M34, M46, M47 en M48 wordt voor de bepaling van het door COVRA toegevoegde dosistempo vanaf een gekozen beginperiode rekening gehouden. Voor meetpost 46 wordt het jaar 2005 als referentie gebruikt, en voor meetposten M47 en M48 het jaar 2006, en voor meetpost M34 het jaar 2016, zoals in Tabel 5 is weergegeven.

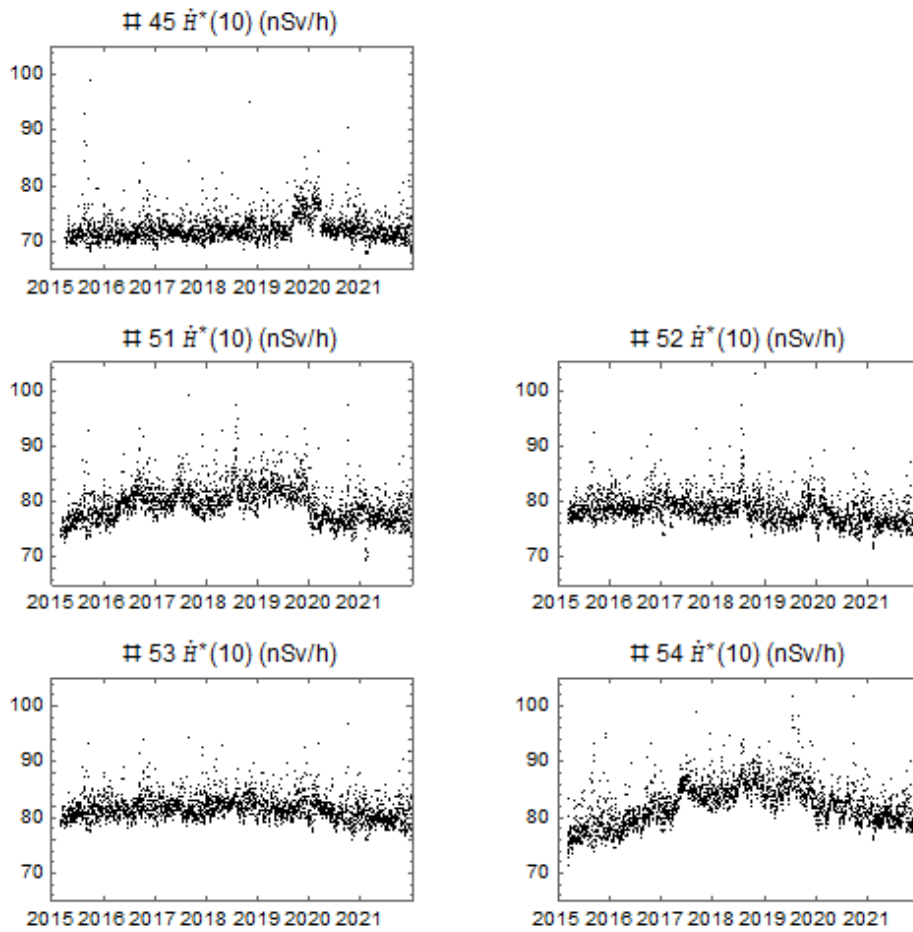
*Tabel 5 Het achtergrondniveau van het jaar 2005 wordt gebruikt voor meetpost M46, van het jaar 2006 voor de monitoren M47 en M48 en van het schrikkeljaar 2016 voor monitor M34 om de door menselijk handelen toegevoegde jaardosis te bepalen.*

<b>MONET-monitor</b>	<b>jaar</b>	<b>aantal dagen berekening achtergrond</b>	<b>aantal dagen met verhogingen</b>	<b>Achtergrond (nSv·h<sup>-1</sup>)</b>	<b>aantoonbaarheidsniveau (nSv·h<sup>-1</sup>)</b>
34	2016	331	35	69,5	2,7
46	2005	361	4	73,2	3,0
47	2006	355	10	75,2	4,5
48	2006	355	10	72,3	3,6

In juni 2017 is het gebouw VOG-2 in bedrijf genomen: de daarbij gelijktijdig optredende verhoging van  $\dot{H}^*(10)$  die door monitor M34 wordt gemeten is in Figuur 7 zichtbaar.



Figuur 7 Verloop van het daggemiddelde omgevingsdosistempo vanaf het jaar 2004 voor zeven van de huidige twaalf COVRA meetposten. De figuren voor de monitoren 46 en 47 hebben een andere schaalverdeling voor de y as. Voor de bepaling van het door menselijk handelen toegevoegde dosistempo voor meetpost 46 wordt het jaar 2005 als referentie gebruikt, voor meetposten 47 en 48 het jaar 2006 en voor meetpost 34 het jaar 2016.



Figuur 8 Verloop van het daggemiddelde omgevingsdosistempo vanaf het jaar 2015 voor de nieuw geplaatste meetposten 51 t/m 54, en van meetpost 45, die in 2015 verplaatst is.



## 6 Conclusie

In 2021 zijn metingen uitgevoerd van het gammastralingsniveau aan de terreingrenzen van COVRA N.V. te Borsele met het MONET-meetnet. Om de door COVRA toegevoegde jaardosis ten gevolge van gammastraling te kunnen bepalen is het niveau van de natuurlijke achtergrond berekend.

Aan de met deze methode toegevoegde jaardosis kunnen ook verhoogde stralingsniveaus bijdragen die gegeven zijn door niet-destructief onderzoek dat plaatsvindt bij een bedrijf in de omgeving van de COVRA, en verhogingen door transport van radioactief materiaal naar de COVRA.

In 2021 is M47 de monitor met de hoogste jaardosis, 304,2  $\mu\text{Sv}$ . Dit is een netto dosisequivalent, dus met aftrek van de achtergrond. Na correctie met de ABC-factor om de gebruiksoptie van de omgeving in rekening te brengen is de effectieve jaardosis 3,0  $\mu\text{Sv}$ . De bijdrage van gammastraling aan de effectieve dosis heeft in 2021 op geen van de meetpunten de vergunde verhoging van de effectieve dosis voor de COVRA N.V. van 40  $\mu\text{Sv}$  per jaar overschreden.



## Referenties

- [1] KEW vergunning verleend op 7 januari 2015 met kenmerk DGETM-PDNIV/14210039, later gewijzigd op 23 september 2016 met kenmerk ANVS-2016/9507.
- [2] Tanzi, C.P., Gammastralingsniveaumetingen aan de terreingrens van COVRA N.V. te Borsele in 2020 met het MONET- meetnet, RIVM Briefrapport nr. 2021-0155, Bilthoven, 2021
- [3] Reinen HAJM, Stoop P, Slaper H, Methode voor de bepaling van het aan de achtergrond toegevoegde stralingsniveau voor het MONET meetnet, RIVM rapport nr. 610330021, Bilthoven, juni 2000 (Beperkte verspreiding).
- [4] International Commission on Radiation Units and Measurements. Quantities and units in radiation protection dosimetry, ICRU Report 51, Bethesda MD (1993).
- [5] ICRP publication 116, Conversion Coefficients for Radiological Protection for External Radiation Exposures, ISSN 0146-6453, Ann. ICRP 40(2-5), 2010.
- [6] Verordening van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming van 9 januari 2018, nr. ANVS-2018/137, houdende nadere regels ter bescherming van personen tegen de gevaren van blootstelling aan ioniserende straling (ANVS-verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming)  
(Tot de inwerkingtreding van deze regeling op 6 februari 2018: Regeling van de Minister van Economische Zaken, de Minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid en de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport van 18 oktober 2013, nr. WJZ/12066857, tot vaststelling van de uitvoeringsregeling voor stralingsbescherming van de Minister van Economische Zaken, Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ, BWBR0034213)
- [7] Tanzi CP (ed.), Environmental radioactivity in the Netherlands, Results in 2018, RIVM Report 2019-0216 (2020).
- [8] Smetsers RCGM, Blaauboer RO, Variations in outdoor radiation levels in the Netherlands, proefschrift, Universiteit Groningen, april 1996, ISBN 90-367-0621-1.
- [9] Nederlands Normalisatie-instituut, NEN 5648:2007 nl, Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van het over de tijd gemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo met momentaan aanwijzende apparatuur, 2007.
- [10] Dijk van E, Aalbers AHL, De calibratie en de energieresponsie van de Bitt RM10/RS02 gammastralingsdetectoren, RIVM rapport nr. 243504003, Bilthoven, maart 1990.
- [11] R. Tax, P. den Outer, Meetonzekerheid Saphymo Gammatracers, RIVM interne RIVM document (ref. itask 05146), 10 september 2018.
- [12] Kwakman, P.J.M., Bosch, P.P., Gammastralingsniveaumetingen en neutronendosistemetingen bij de terreingrens van COVRA-VOG in 2021, RIVM-rapport 2022-0044, 2021.
- [13] Manual GammaTRACER XL2, Saphymo, version 08/2012

- [14] Tanzi, C.P., Stralingsniveaumetingen rond het terrein van de EPZ kerncentrale te Borssele in 2015, RIVM-rapport 2017-0053, 2017.
- [15] Tanzi, C.P., Stralingsniveaumetingen rond het terrein van COVRA N.V. te Borsele in de periode 2011-2014 met het MONET-meetnet, RIVM Rapport nr. 2016-0105, Bilthoven, september 2016.



**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*