



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

Stralingsniveaumetingen aan de terreingrens van de EPZ kerncentrale Borssele in 2018

RIVM Briefrapport 2019-0108
C.P. Tanzi



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

Stralingsniveaumetingen aan de terreingrens van de EPZ kerncentrale Borssele in 2018

RIVM Briefrapport 2019-0108
C.P. Tanzi

Colofon

© RIVM 2019

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-2019-0108

C.P. Tanzi (auteur), RIVM

Contact:

Cristina.tanzi@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ANVS, in het kader van M/390020/19/SM

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Stralingsniveaumetingen aan het terrein van de EPZ kerncentrale Borssele in 2018

Het gammastralingsniveau aan de terreingrens van kerncentrale Borssele lag in 2018 onder het toegestane maximum van 10 microsievert per jaar. De hoogste vastgestelde dosis is 0,8 microsievert. Dit blijkt uit controlemetingen van het RIVM. Het RIVM rapporteert jaarlijks in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) of de kerncentrale aan de vergunningseis voldoet.

De kerncentrale moet ervoor zorgen dat de blootstelling van personen buiten de terreingrens maximaal 10 microsievert per jaar is. Dat is in de revisie van de kernenergievergunning van 2016 vastgelegd. Om de maximale effectieve dosis te berekenen wordt op de terreingrens het gammastralingsniveau gemeten. Dit gebeurt met het door het RIVM beheerde MONET-meetnet. Van de meting wordt vervolgens de natuurlijke achtergrondwaarde afgetrokken.

De resulterende meetwaarde wordt gecorrigeerd met de zogeheten Actuele Blootstelling Correctiefactor (ABC-factor). Een ABC-factor hangt samen met de bestemming van het gebied waar de effectieve stralingsdosis kan worden opgelopen. Rond het terrein van kerncentrale Borssele is de bestemming uitsluitend industriële doeleinden en daarvoor geldt een ABC-factor van 0,2. Na de toepassing van deze ABC-factor is de berekende maximale effectieve dosis 0,8 microsievert per jaar.

In 2018 is met acht monitoren op de terreingrens het gammastralingsniveau continu gemeten. In dit rapport zijn de daggemiddelden van de metingen van de MONET-monitoren rond de kerncentrale in 2018 weergegeven. Ook wordt uitgelegd hoe voor elk meetpunt de natuurlijke achtergrondwaarde is bepaald.

Kernwoorden: gammastraling, omgevingsdosisequivalent, EPZ, kerncentrale

Synopsis

Radiation level measurements around the site of Borssele nuclear power plant in 2018

In 2018, the radiation level caused by gamma radiation at the site boundary of the Borssele nuclear power plant was below the maximum permitted level of 10 microsievert per year. The maximum effective dose was 0.8 microsievert. This is the result of measurements carried out by the RIVM on location. RIVM is tasked by the Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection (ANVS) to report annually on whether the Borssele nuclear power plant meets the criterion stipulated in the license.

The nuclear power plant must ensure that the maximum effective dose received by persons outside the site boundary of Borssele NPP does not exceed 10 microsievert annually. This is stipulated in the operating license, which was granted in 2016 in accordance with Dutch legislation on the use of nuclear energy. In order to determine the maximum effective dose, gamma radiation is measured at the site boundary. The measurements are carried out within the framework of the MONET monitoring network, which falls under the administrative management of RIVM. The measurements are analyzed by subtracting the natural background value.

The resulting measurement data are then corrected with the so-called "Actuele Blootstelling Correctiefactor" (or ABC-factor, meaning actual exposure correction factor). An ABC-factor takes into account the specific use of the area where the gamma dose may occur. Around the boundary of the Borssele nuclear power plant the ABC-factor is 0.2. This translates into a maximum effective dose of 0.8 microsievert per year, which is below the maximum permitted yearly gamma dose.

In 2018 measurements of the radiation level were carried out continuously at eight locations at the site boundary. This report provides the daily averages of the radiation dose recorded by the MONET monitors around the Borssele nuclear power plant and explains how the background level at each measuring location was determined.

Keywords: external radiation, ambient dose equivalent, EPZ, NPP

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

- 1.1 Leeswijzer — 11
- 1.2 Vergunningsvoorschriften — 11
- 1.3 Uitvoering — 12
- 1.4 Overzicht terreinopstelling Borssele — 12

2 De gemeten grootte — 15

3 Metingen van het MONET-meetnet aan het terrein van EPZ/KCB in 2018 — 17

- 3.1 Operationaliteit van het MONET meetnet in 2018 — 17
- 3.2 Het gemeten daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo en de gemeten jaardosis — 18
- 3.3 Bepaling van de door de nucleaire installatie toegevoegde jaardosis in 2018 — 19
- 3.4 Jaardosis berekend volgens de EPZ/KCB-mediaan-methode — 23
- 3.5 Vergelijking tussen MONET-methode en EPZ/KCB-mediaan-methode — 24

4 Waarschuwingsbericht aan de ANVS — 25

5 Conclusies — 27

6 Bijlage 1 - verloop van de metingen van 2017 tot en met 2018 — 29

Referenties — 31

Samenvatting

In opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) verricht het centrum Veiligheid van het RIVM metingen van het externe gammastralingsniveau rond de EPZ-kerncentrale te Borssele. De metingen worden uitgevoerd ter controle van stralingsniveaus zoals vastgelegd in de vergunning van de kerncentrale ingevolge de Kernenergiewet. Dit rapport beschrijft de resultaten van het MONET-meetnet in 2018.

In het rapport wordt een methode toegepast om, op basis van het gemeten gammastralingsniveau aan de terreingrens van de kerncentrale, het achtergrondstralingsniveau te bepalen. Dit maakt het mogelijk om een schatting te maken van het gammastralingsniveau dat door de kerncentrale toegevoegd wordt. Deze benadering wordt ook vergeleken met de uitkomsten van de methode die wordt toegepast door EPZ/KCB.

De resultaten van de MONET-monitoren laten een geringe verhoging van het omgevingsdosisequivalent, $H^*(10)$, zien ten opzichte van het achtergrondstralingsniveau. Het maximale omgevingsdosisequivalent toegevoegd aan het achtergrondstralingsniveau in 2018 is $4,1 \mu\text{Sv}$ voor monitor 24. Na toepassing van de Actuele Blootstellingen Correctiefactor (ABC-factor) is de maximale effectieve dosis $0,8 \mu\text{Sv}$. De vergunde verhoging van de effectieve dosis voor EPZ/KCB van $10 \mu\text{Sv}$ per jaar wordt, ook zonder toepassing van de ABC-factor, op geen van de meetpunten overschreden.

De correctie voor het achtergrondstralingsniveau is tevens uitgevoerd met de methode die door EPZ/KCB wordt toegepast. Dit leidt tot het hoogste toegevoegde gammastralingsniveau voor monitor 24. De overeenstemming van deze berekeningen met de MONET-resultaten is goed.

1 Inleiding

Het centrum Veiligheid van RIVM voert continu metingen uit van het gammastralingsniveau aan de terreingrens van kernenergiecentrale Borssele van de N.V. ElektriciteitsProductie-maatschappij Zuid Nederland (EPZ/KCB) met behulp van het meetnet MONITORING NETwerk Terreinen (MONET-meetnet).

1.1 Leeswijzer

In dit rapport worden de metingen van het gammastralingsniveau en de analyse voor het jaar 2018 beschreven. Het rapport is als volgt opgebouwd. In Hoofdstuk 2 wordt in het kort de meetgrootte beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de toegepaste berekeningswijze en geeft de analyse van de metingen van het MONET-meetnet rond de EPZ/KCB:

- het verloop van het daggemiddelde dosisequivalenttempo,
- de schatting voor iedere monitor van natuurlijke achtergrond
- de jaardosis per monitor.

Deze jaardosis is ook berekend volgens de EPZ/KCB-mediaan-methode [13]. In 2018 is geen aanleiding geweest voor het opsturen van waarschuwingsberichten (zie Hoofdstuk 4). In Hoofdstuk 5 worden de conclusies gegeven.

In Bijlage 1 wordt het verloop gegeven van de metingen van dit reguliere netwerk van acht monitoren vanaf de herplaatsing in de loop van 2017¹.

1.2 Vergunningsvoorschriften

De metingen worden uitgevoerd in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS), ter controle van stralingsniveaus zoals vastgelegd in de vergunning van de kerncentrale ingevolge de kernenergiewet (KEW). Volgens deze vergunning [1], geldt sinds 9-9-2016 (de inwerkingtreding van de revisievergunning dd 12 juni 2016), in 1.5 (voorschrift F.1, "Milieubelasting voortvloeiend uit het nucleaire karakter van de inrichting") het volgende:

- "De door de vergunde handelingen veroorzaakte bijdrage aan de effectieve dosis buiten de terreingrenzen van de KCB dient zo laag te zijn als redelijkerwijs mogelijk is. De AID mag in geen geval de waarde van 10 μ Sv per jaar overschrijden."

en in 5.2.4 ("Straling aan de terreingrens"):

- "Voor de externe straling is de Actuele Individuele Dosis (AID), berekend volgens de rekenregels in bijlage 1.5 van de Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ [2], beschouwd. Voor de keuze van de relevante Actuele Blootstelling Correctie factor (ABC factor) uit tabel 6.2 van deze bijlage is daarbij

¹ In oktober 2016 is een tijdelijk netwerk van vier draagbare monitoren geplaatst, die tot 12 januari 2018 operationeel is geweest

uitgegaan van de bestemming industrie met een waarde van 0,2."

- "In deze revisievergunning wordt de vergunningslimiet met betrekking tot de AID gesteld op 10 μSv ".
- "In eerdere vergunning [3] werd een effectieve dosis van 40 μSv vergund, echter hier werd niet expliciet beschreven of het hier ging om een ID, MID (multifunctionele individuele dosis, op basis van mogelijkheid van bewoning aangrenzend aan de terreingrens) of AID."

Dat betekent dat de geschatte toegevoegde dosis, bepaald in dit rapport door de analyse van de MONET metingen, met de ABC-factor van 0,2 vermenigvuldigd wordt. Deze wordt vervolgens getoetst aan de AID limiet van 10 μSv die in de vergunning is vastgesteld².

De vergunningsgrenswaarde betreft een AID bestaande uit de som van externe straling, van lozingen in de lucht en van lozingen in het water. De bijdrage aan de AID via deze drie blootstellingspaden zal hoogstwaarschijnlijk op één bepaalde locatie buiten de inrichting nooit voor alle drie tegelijk maximaal zijn.

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

1.3 Uitvoering

De metingen zijn continu over het hele jaar 2018 uitgevoerd met een netwerk van acht meetposten, uitgerust met proportionele telbuis monitoren. Dit netwerk wordt uitvoerig in RIVM-rapport 610330011 [4] beschreven.

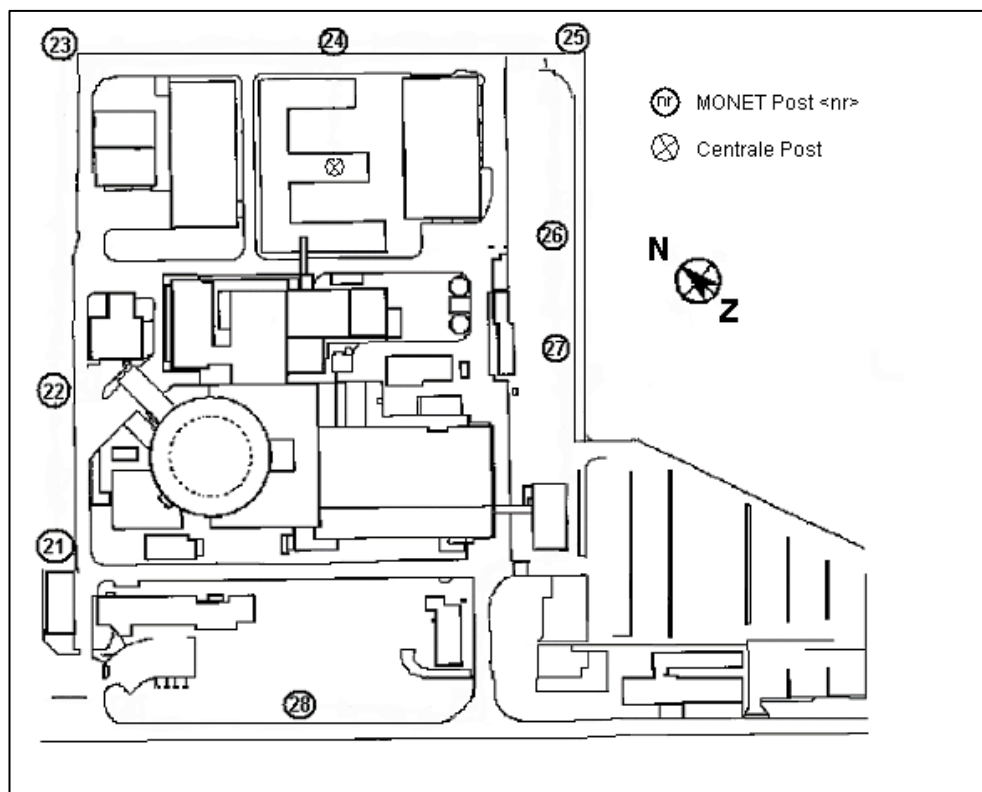
Voor de bepaling van de toegevoegde dosis in het jaar 2018 wordt dezelfde methode toegepast als in RIVM-rapport 2018-0116 [5]. Deze methode wordt in RIVM-rapport 2017-0053 [6] uitvoerig beschreven, en wijkt van de methode die tot 2014 is toegepast [7] af, en is ontwikkeld als gevolg van de voortschrijdende ontwikkelingen in de meetnetten.

Bij het overschrijden van een afgesproken grens door een MONET-monitor (bijvoorbeeld een gemeten dosistempo van 5 μSv door een monitor gedurende een dag) geldt de afspraak dat RIVM een waarschuwingsbericht aan de ANVS stuurt. In 2018 is er geen aanleiding geweest voor het opsturen van waarschuwingsberichten.

1.4 Overzicht terreinopstelling Borssele

Aan de terreingrens van de kerncentrale te Borssele is een regulier netwerk van acht gammastralingsmonitoren geplaatst, zie Figuur 1. De monitoren 21 t/m 24 zijn ondergebracht in de eerste tak van het netwerk, de monitoren 25 t/m 28 in de tweede tak.

² In de door RIVM uitgebrachte rapporten die betrekking hebben tot eerdere jaren (tot en met 2015, zoals bijvoorbeeld ref. [6]) is de dosis aan de toen geldende AID limiet van 40 μSv getoetst.



Figuur 1 Overzicht van de terreinopstelling van de kerncentrale te Borssele. De doorsnede van het reactorgebouw is 40 m.

De monitoren zijn van het type Bitt RS03/485 en 485-L (proportionele telbuis), zie Tabel 1. Het verschil tussen het type 485 en 485L is het bereik van de metingen (tot 15 mSv/h voor 485-L en tot 10 Sv/h voor het type 485).

Tabel 1 Overzicht van het specifieke type monitoren in het jaar 2018 (Bitt, proportionele telbuis)

MONET-monitor	Type Bitt
21	RS-03-485L
22	RS-03-485L
23	RS-03-485L
24	RS-03-485L
25	RS-03-485L
26	RS-03-485
27	RS-03-485
28	RS-03-485L

2 De gemeten grootheid

De grootheid $\dot{H}^*(10)$ die door de MONET-monitoren wordt gemeten is de tijdsafgeleide van het omgevingsdosisequivalent, $H^*(10)$, zoals gedefinieerd in [8]. 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 hier voor 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 [9], 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} [9]. 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 [2].

De metingen van $\dot{H}^*(10)$ worden uitgevoerd met een regulier netwerk van acht meetposten voorzien van Bitt (RS03/485 of 485L) proportionele telbuis. De energierespons van de monitor is zodanig dat de uitlezing overeenkomt met het omgevingsdosisequivalenttempo. De monitor heeft een hoekafhankelijkheid en is gevoelig voor kosmische straling.

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 [10]. Met kennis van de natuurlijke achtergrond (nucliden en verdeling) kan hier voor worden gecorrigeerd. Na correctie resteert een absolute onzekerheid (2σ) in metingen van de natuurlijke achtergrond van minder dan $5 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ [10]. Een dergelijke studie is niet uitgevoerd voor de Bitt RS03/485 of Bitt RS03/485L monitor. Aangenomen wordt 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 [11]. 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 Bitt-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 [10, 12]. Voor de Bitt RS02 bedraagt de onzekerheid, op basis van deze gegevens, volgens de norm circa 15%, met name door de energieafhankelijkheid van de monitor.

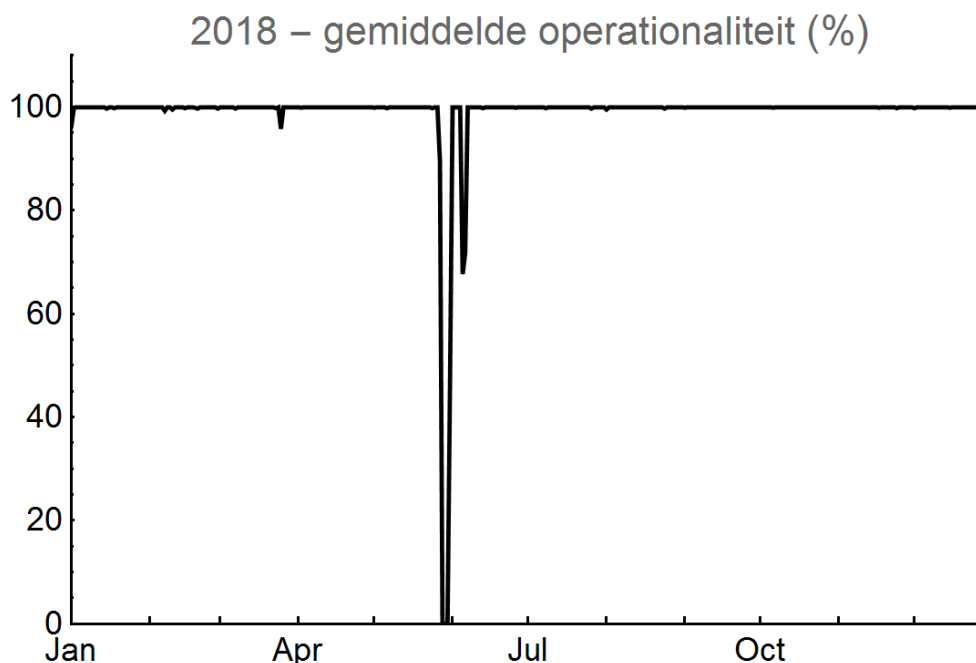
3 Metingen van het MONET-meetnet aan het terrein van EPZ/KCB in 2018

In dit hoofdstuk wordt een analyse van de metingen over 2018 gepresenteerd. Het verloop gedurende het jaar van het gemeten daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo 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 berekend op basis van het gemiddelde van de daggemiddelden over de periode waarin metingen beschikbaar zijn.

De berekende jaardosis, die mede door menselijk handelingen veroorzaakt wordt, wordt per monitor gegeven. Tenslotte worden de resultaten gegeven van de berekening van de netto jaardosis volgens de EPZ/KCB-methode op basis van de MONET-meetdata.

3.1 Operationaliteit van het MONET meetnet in 2018

Er zijn in totaal 362 dagen in het jaar 2018 waarvoor metingen van het MONET-meetnet rondom KCB beschikbaar zijn: op 27 mei is er als gevolg van een blikseminslag de datatransmissie naar het RIVM verstoord geraakt, en is op 31 mei volledig hersteld. In Figuur 2 is de operationaliteit per dag van MONET rond EPZ/KCB in 2018 weergegeven. Het is de verhouding (in %) tussen het werkelijk aantal geregistreerde en bruikbare 10-minuut-waarden en het op een dag maximale aantal van 144 10-minuut-waarden, gemiddeld over acht monitoren.



Figuur 2 Operationaliteit per dag van MONET rond EPZ/KCB in 2018, gemiddeld over de acht monitoren.

3.2 Het gemeten daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo en de gemeten jaardosis

De gemeten daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempi $\dot{H}^*(10)$, dat wil zeggen niet gecorrigeerd voor achtergrondstraling, voor de MONET-monitoren bij de EPZ/KCB in 2018 worden weergegeven in Figuur 3.

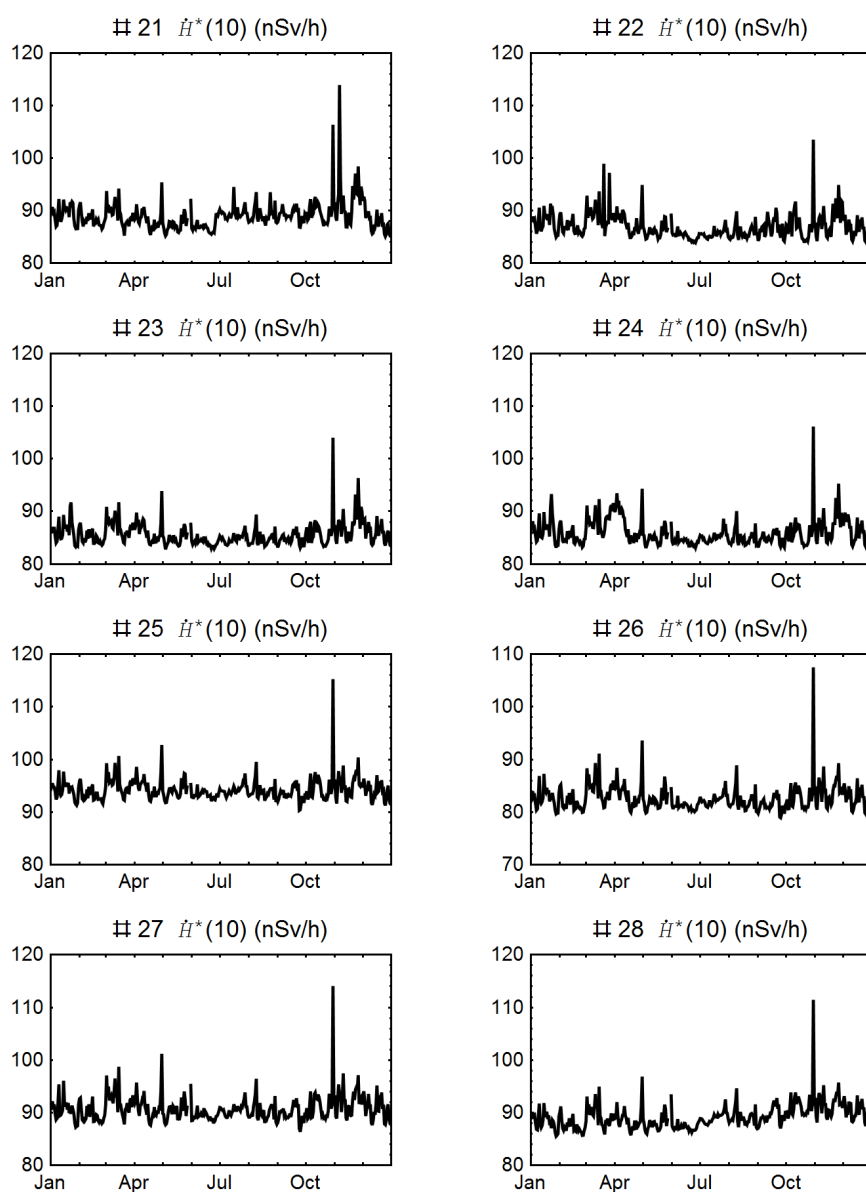
De hoogste waarde van het gemeten daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo is $115 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$, door monitor 25 op 30 oktober 2018 gemeten. Op die dag is er de hoogste hoeveelheid neerslag in 2018 in Vlissingen gemeten, namelijk 33 mm (zie Figuur 6). Alle monitoren, met uitzondering van monitor 21, hebben op die dag met maximale neerslag de hoogste waarde van het gemeten daggemiddelde gemeten. Monitor 21 heeft de hoogste waarde van $114 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ op 7 november 2018 gemeten. De oorzaak van deze verhoging is het uitvoeren van NDO werkzaamheden op een naastliggend terrein (G. Goulooze, priv, comm. aan P. Kwakman, 9 november 2018).

In Tabel 2 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.

In Bijlage 1 wordt het totale verloop van het gemeten daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo getoond voor het netwerk vanaf de terugplaatsing in de loop van 2017 (tussen 12 april en 12 juni 2017) tot eind 2018.

Tabel 2 De gemeten jaardosis (μSv) door de MONET-monitoren bij EPZ/KCB in 2018; niet gecorrigeerd voor achtergrondstraling.

MONET-monitor	Aantal dagen	Gemeten jaardosis (μSv) incl. achtergrondstraling
21	362	773
22	362	756
23	362	744
24	362	747
25	362	819
26	362	718
27	362	788
28	362	775



Figuur 3 Het gemeten daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo voor de MONET-monitoren rond EPZ/KCB in 2018. De figuur voor monitor 26 heeft een andere schaalverdeling voor de y-as. Op 30 oktober 2018, de dag met maximum neerslag in 2018, registreren alle monitoren een verhoogde $\dot{H}^*(10)$.

3.3 Bepaling van de door de nucleaire installatie toegevoegde jaardosis in 2018

De hier toegepaste methode is hetzelfde als in RIVM-rapport 2018-0116 [5] en is uitvoerig beschreven in het RIVM-rapport 2017-0053 [6]. Deze methode wijkt af van de in eerdere rapporten (tot en met het jaar 2014) gebruikte methode [7]. Alleen metingen van het MONET-netwerk zelf worden voor de analyse gebruikt, in tegenstelling tot [7], waar het landelijk NMR-meetnet voor de bepaling van de natuurlijke achtergrond gebruikt wordt.

Om een onderscheid te kunnen maken tussen de dosis die door de nucleaire installatie 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 σ_i' van het daggemiddelde omgevingsdosisequivalent $\dot{H}^*(10)$ 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 σ_i worden 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 op alle dagen met $(\dot{H}^*(10) - A_i) > 2\sigma_i$ op te tellen

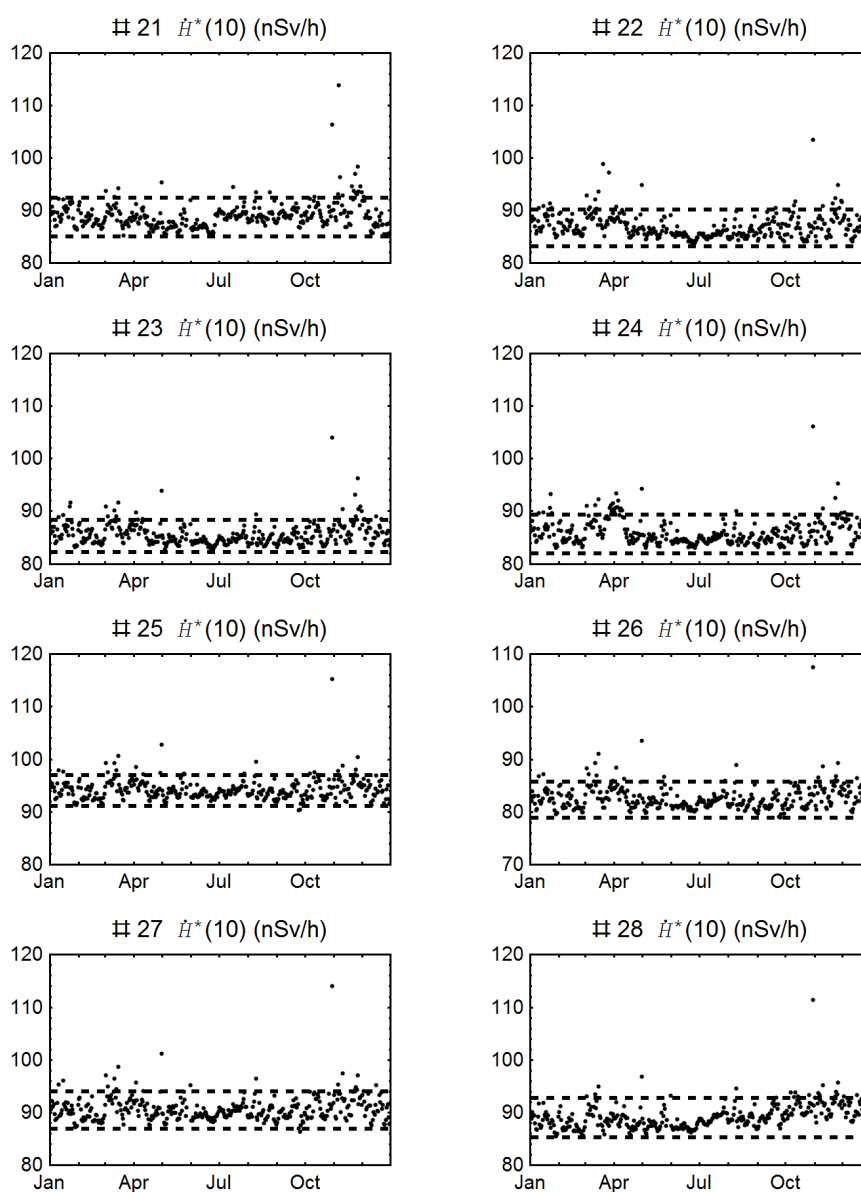
Met deze methode, de '>2 σ -methode', kunnen kunstmatige verhogingen, de pieken, worden bepaald, en dus de toegevoegde jaardosis, ten opzichte van de natuurlijke achtergrond. Het gemeten niveau van de achtergrond heeft geen invloed op de toegevoegde jaardosis.

Deze methode kan de dosis ten gevolge van natuurlijke verhogingen niet onderscheiden van kunstmatige verhogingen. Een voorbeeld van een natuurlijke verhoging is hevige regenval, die doorgaans wordt gevolgd door een verhoogde depositie van vervalproducten van radon. Dit kan bijdragen aan het omgevingsdosisequivalenttempo $\dot{H}^*(10)$, en dus leiden tot een, vaak zeer geringe, overschatting van de jaardosis. Tabel 3 toont voor iedere monitor de achtergrondwaarde en het aantoonbaarheidsniveau, bepaald volgens deze methode voor het jaar 2018.

Tabel 3 Het aantal dagen dat is gebruikt bij de bepaling van het achtergrondniveau, het aantal dagen met vastgestelde verhogingen, het berekende achtergrondniveau, en de aantoonbaarheidsniveaus voor de MONET-monitoren bij EPZ/KCB in 2018.

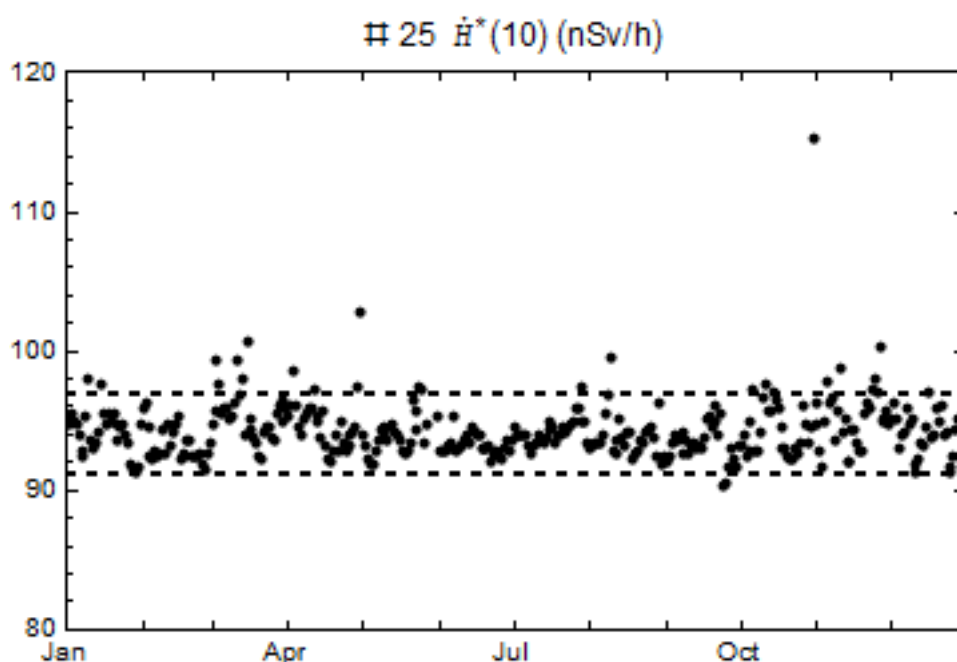
MONET-monitor	aantal dagen berekening achtergrond	aantal dagen met verhogingen	achtergrond (nSv·h⁻¹)	aantoonbaarheidsniveau (nSv·h⁻¹)
21	339	23	88,0	3,7
22	336	26	86,7	3,5
23	336	26	85,4	3,0
24	333	29	85,7	3,7
25	338	24	94,1	3,0
26	340	22	82,4	3,4
27	339	23	90,5	3,5
28	339	23	89,1	3,7

De waarden uit Tabel 3 worden ook grafisch weergegeven in Figuur 4, samen met het gemeten $\dot{H}^*(10)$ uit Figuur 3.

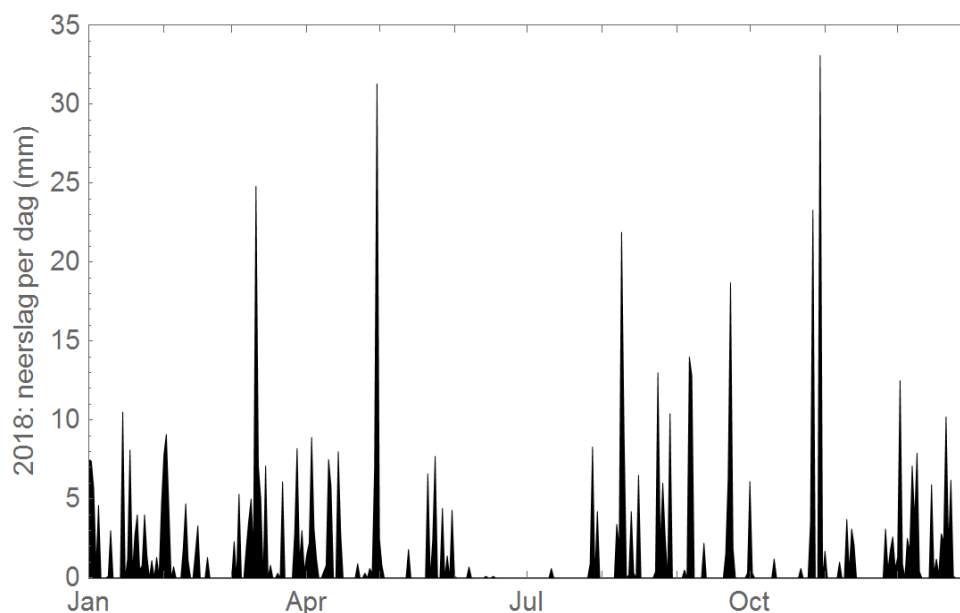


Figuur 4 Het daggemiddelde omgevingsdosis-equivalenttempo $\dot{H}^(10)$ voor de MONET-monitoren rond EPZ/KCB in 2018 uit Figuur 3 samen met, als gestippelde lijnen, de variatie van de natuurlijke achtergrond, bepaald met de methode beschreven in paragraaf 3.3. De figuur voor monitor 26 heeft een andere schaalverdeling voor de y-as.*

Hevige regenval heeft als gevolg verhoogde depositie van vervalproducten van radon, en kan dus een verhoging van het omgevingsdosis-equivalenttempo veroorzaken. Drie pieken, aanwezig op alle MONET-monitoren rond de EPZ/KCB, zie bijvoorbeeld Figuur 5, vallen samen met dagen wanneer de dagelijkse neerslag 25 mm of hoger was, gemeten op het KNMI station Vlissingen (Figuur 6): 33 mm op 30 oktober, 31 mm op 30 april en 25 mm op 11 maart.



Figuur 5 Het gemeten omgevingsdosisequivalenttempo voor monitor 25 bij EPZ/KCB in 2018 (uit Figuur 4), samen met, als gestippelde lijnen, de natuurlijke achtergrond en de spreiding ervan over het jaar.



Figuur 6 Neerslag per dag, in mm, gemeten door het KNMI weerstation van Vlissingen (bron: KNMI). Hevige neerslag op 11 maart, 30 april en 30 oktober valt samen met een verhoging van $\dot{H}^*(10)$ van alle monitoren van het EPZ/KCB MONET-meetnet.

De hier toegepaste methode kan geen onderscheid maken tussen een ongewoon grote variatie van de natuurlijke achtergrondstraling ($> 2\sigma$, zie paragraaf 3.3), en verhogingen die door menselijk handelen veroorzaakt zijn: de gemeten $\dot{H}^*(10)$ van dagen met hevige regenval kan dus een (geringe) bijdrage aan de berekende jaardosis leveren. Figuur 5 toont het omgevingsdosisequivalenttempo $\dot{H}^*(10)$ van monitor 25 en

Figuur 6 toont de neerslag gemeten door het KNMI weerstation van Vlissingen (bron: KNMI). Figuur 6 samen met Figuur 5 laat zien dat enkele verhogingen hoogstwaarschijnlijk aan weeromstandigheden zijn toe te schrijven, omdat een verhoging van het omgevingsdosisequivalenttempo samen valt met hevige neerslag.

In Tabel 4 is de door menselijk handelen toegevoegde jaardosis, per monitor, voor 2018 weergegeven: de hoogste jaardosis is 4,1 μSv voor monitor 24.

De hoogste dosis van 4,1 μSv voor monitor 24 wordt aan de dosislimiet in de vergunning getoetst. Bij het toetsen aan de vergunningslimiet per jaar (10 μSv) wordt deze dosis vermenigvuldigd met een ABC-factor van 0,2 (Hoofdstuk 1). Dit betekent een jaardosis van 0,82 μSv . Zou deze dosis, gebaseerd op 362 dagen, het gehele jaar duren dan resulteert dat in een jaardosis van $0,82 * (365/362) = 0,83 \mu\text{Sv}$.

Tabel 4 De berekende jaardosis (μSv) voor de MONET-monitoren bij EPZ/KCB in 2018.

MONET-monitor	aantal dagen	jaardosis (μSv)
21	362	3,8
22	362	3,6
23	362	3,4
24	362	4,1
25	362	2,9
26	362	3,3
27	362	3,4
28	362	3,1

3.4 Jaardosis berekend volgens de EPZ/KCB-mediaan-methode

De methode van EPZ/KCB [13], de EPZ/KCB-mediaan-methode, is toegepast op de daggemiddelde dosisequivalenttempi van de acht MONET-monitoren. Dit houdt in:

1. Voor iedere monitor wordt het gemiddelde van de gemeten dosisequivalenttempi (daggemiddelden) berekend.
2. De achtergrondwaarde wordt bepaald uit de mediane waarde van alle daggemiddelden. Door toepassing van de mediaan worden uitschieters uitgefilterd.
3. De door menselijk handelen toegevoegde dosis is het verschil tussen het gemiddelde en de achtergrondwaarde.

Een vergelijking van de toepassing van deze methode op de 10-minuut gemiddelden en de daggemiddelden is in Bijlage 2 van rapport [6] te lezen.

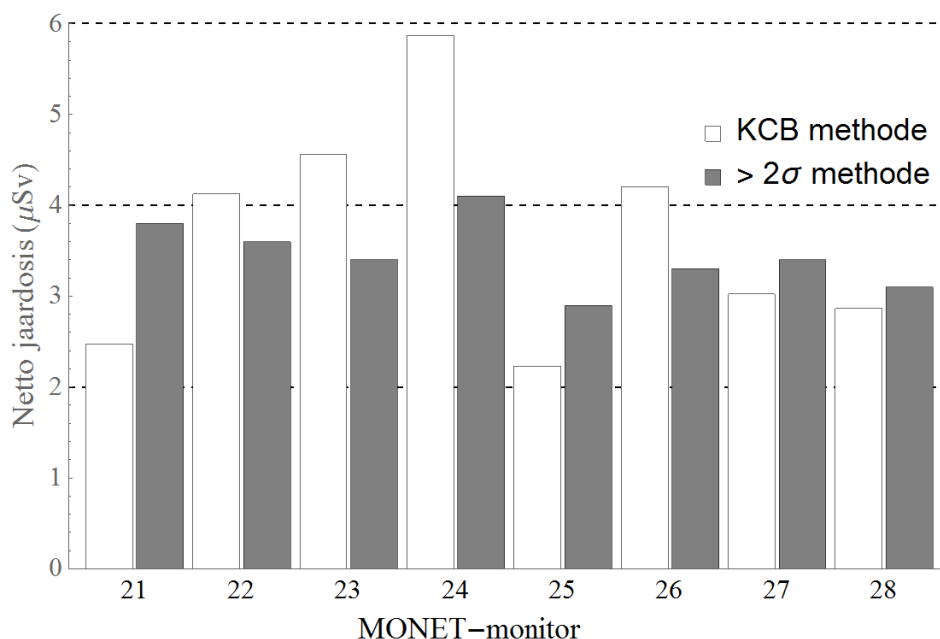
In Tabel 5 is de netto jaardosis weergegeven volgens de $>2\sigma$ -methode uit par. 3.3 (uit Tabel 4), en vergeleken met waarden berekend volgens de EPZ/KCB-mediaan-methode.

Tabel 5 De jaardosis (μSv) voor de MONET-monitoren rond EPZ/KCB (netwerk van 8 monitoren) in 2018, berekend volgens de " $>2\sigma$ -methode" en de EPZ/KCB-mediaan-methode, beide toegepast op daggemiddelden.

MONET-monitor	aantal dagen	jaardosis $>2\sigma$ -methode (μSv)	jaardosis EPZ/KCB (μSv)
21	362	3,8	2,5
22	362	3,6	4,2
23	362	3,4	4,6
24	362	4,1	5,8
25	362	2,9	2,2
26	362	3,3	4,2
27	362	3,4	3,0
28	362	3,1	2,9

3.5 Vergelijking tussen MONET-methode en EPZ/KCB-mediaan-methode

De beide methoden hanteren andere principes voor de bepaling van de door menselijk handelen toegevoegde jaardosis. De toepassing van beide methodes op daggemiddelden van de dosis-equivalenttempi leidt tot een vergelijkbare jaardosis tussen 2,2 en 5,8 μSv (zie Figuur 7).



Figuur 7 Vergelijking tussen de jaardosis voor het jaar 2018 bepaald volgens de EPZ/KCB-mediaan- en de MONET ' $>2\sigma$ '-methode toegepast op daggemiddelden.

4 Waarschuwingsbericht aan de ANVS

RIVM heeft met de ANVS afspraken gemaakt ten aanzien van het sturen van waarschuwingsberichten bij overschrijden van bepaalde gemeten stralingsniveaus, of verminderde operationaliteit van de terreinopstelling.

Het meetnet meet de bruto dosis, dat wil zeggen, de dosis als gevolg van menselijk handelingen samen met de dosis ten gevolge van natuurlijke radionucliden en kosmische straling: het is dus de bruto dosis die aanleiding tot de waarschuwingen kan geven. Een vastgestelde overschrijding is echter niet altijd reden voor een waarschuwing aan de opdrachtgever, bijvoorbeeld als bekend is dat vooraf gemelde handelingen van derden plaatsvinden, die het omgevingsdosisequivalent naar verwachting zullen verhogen (bijvoorbeeld, Niet Destructief Onderzoek bij een naastgelegen bedrijf).

Waarschuwingen

Aanleidingen voor het sturen van een waarschuwing naar de ANVS zijn:

- Bruto dagdosis
Wanneer een bruto dosis ter plaatse van enige meetpost over één etmaal meer dan 5 microsievert blijkt te bedragen, volgt een waarschuwing. RIVM zal het automatisch alarm van het computersysteem hiervoor gebruiken en deze controle zal in principe iedere werkdag uitgevoerd worden.
- Verminderde functionaliteit
Indien een deel van de apparatuur niet blijkt te werken en de functionaliteit van een terreinopstelling hierdoor minder dan 75% is, zulks ter beoordeling van RIVM, zal een waarschuwing worden gestuurd. Zodra de functionaliteit hersteld is, volgt hiervan ook bericht.

In 2018 is er geen aanleiding geweest voor het opsturen van waarschuwingsberichten.

5 Conclusies

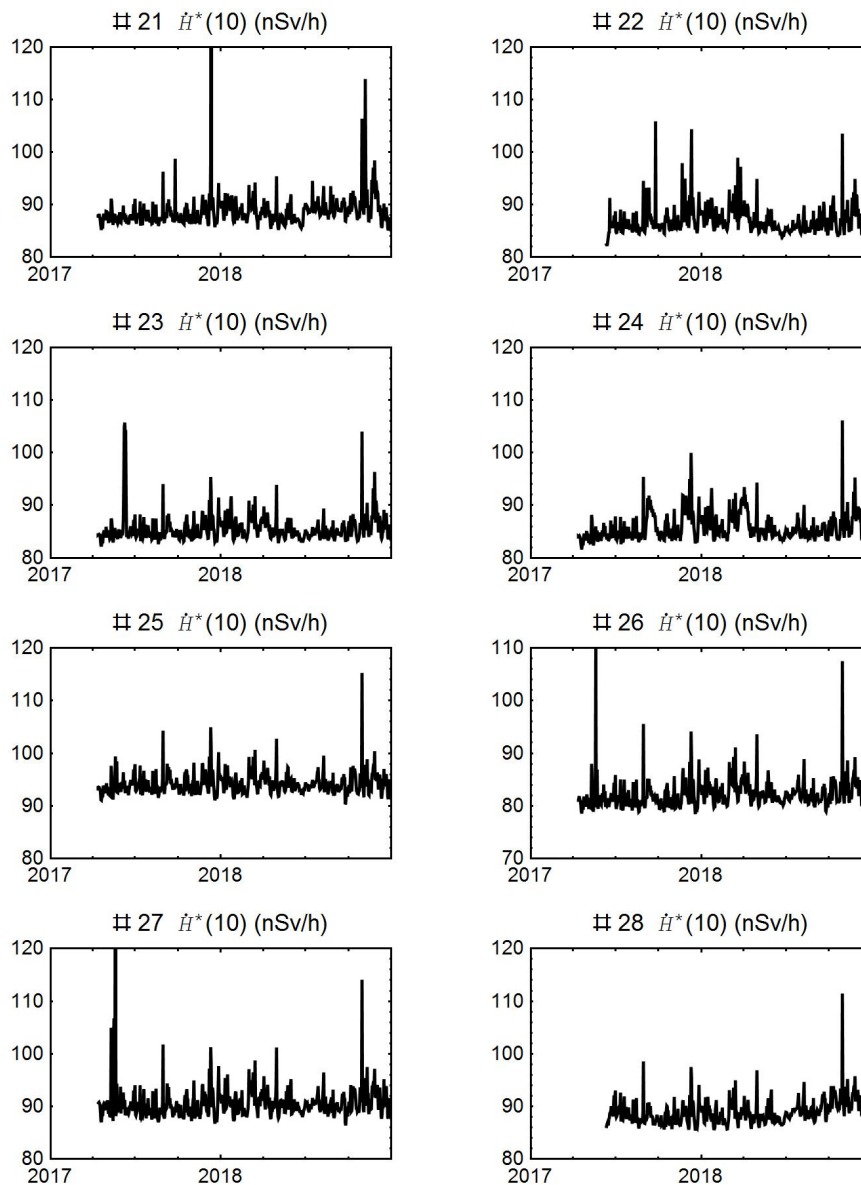
In 2018 zijn metingen uitgevoerd van het externe gammastralingsniveau aan de terreingrens van de kerncentrale te Borssele (EPZ/KCB) met het MONET-meetnet. Het maximale omgevingsdosisequivalent, $H^*(10)$, toegevoegd aan het achtergrondstralingsniveau in 2018 is 4,1 μSv voor monitor 24. Na toepassing van de Actuele Blootstellingen Correctiefactor (ABC-factor) van 0,2 geeft dit een maximale effectieve dosis van 0,8 μSv . De vergunde verhoging van de effectieve dosis voor EPZ/KCB van 10 μSv per jaar wordt, ook zonder toepassing van de ABC-factor, op geen van de meetlocaties overschreden.

De berekening van de jaardosis wordt uitgevoerd volgens de volgende methode: op basis van de spreiding in het stralingsniveau aan de terreingrens wordt het achtergrondstralingsniveau bepaald. Uitschieters boven dit achtergrondstralingsniveau worden toegeschreven aan de jaardosis. Dit maakt het mogelijk om een schatting te maken van het stralingsniveau dat door de bedrijfsvoering van EPZ/KCB toegevoegd wordt.

De berekening van de netto jaardosis is ook uitgevoerd met de methode die door EPZ/KCB wordt toegepast. Dit leidt tot het hoogste toegevoegde stralingsniveau voor monitor 24. De overeenstemming van deze berekeningen met de MONET-resultaten is goed.

6 Bijlage 1 - verloop van de metingen van 2017 tot en met 2018

In Figuur B1.1 worden de daggemiddelden van het omgevingsdosis-equivalenttempo in 2017 (tussen 12 april en 12 juni 2017 is het reguliere netwerk van acht monitoren hersteld) en 2018 vertoond. Er is geringe variatie over deze periode.



Figuur B1.1 Verloop van het omgevingsdosis-equivalenttempo (daggemiddelden) in 2017 en 2018. De figuur voor monitor 26 heeft een andere schaalverdeling voor de y-as.

Verschillen van de gemeten achtergrond tussen monitoren worden veroorzaakt bijvoorbeeld door omgevingsfactoren zoals de ondergrond

en bebouwing: zo heeft monitor 25 een hogere gemiddeld niveau, 94 nSv/h, mede veroorzaakt door bouwmaterialen die gebruikt zijn op het nabijgelegen parkeerterrein.

Referenties

- [1] Revisievergunning o.g.v. de Kernenergiewet verleend aan N.V. Elektriciteits-Produktiemaatschappij Zuid-Nederland t.b.v. de Kernenergiecentrale Borssele tevens inhoudende wijzigingen i.v.m. 10 EVA en stresstestmaatregelen, 12 juli 2016, ANVS. De ambtshalve wijzigingsvergunning, die op 25 januari 2019 in werking is getreden, bevat geen wijzigingen die betrekking hebben op dit rapport: (Ambtshalve wijzigingsvergunning o.g.v. de Kernenergiewet verleend aan N.V. Elektriciteits-Produktiemaatschappij Zuid-Nederland t.b.v. de Kernenergiecentrale Borssele i.v.m. WENRA Reference Levels, 4 december 2018, Kenmerk ANVS-2018/20254).
- [2] 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)
- [3] Beschikking inzake Modificaties kernenergiecentrale Borssele (EPZ), Ministerie van VROM, Kenmerk E/EE/KK/99004681, 26 mei 1999.
- [4] Romijn J, Lunenburg van APPA, Meyer ES, Aldenkamp FJ, Smetsers RCGM (ed.), MONET - Netwerk voor monitoring van externe straling rond bedrijfsterreinen, RIVM rapport nr. 610330011, Bilthoven, maart 2000 (vertrouwelijk).
- [5] Tanzi, C.P., Stralingsniveaumetingen aan de terreingrens van de EPZ kerncentrale Borssele in 2017, RIVM-rapport 2018-0116, 2018.
- [6] Tanzi, C.P., Stralingsniveaumetingen rond het terrein van de EPZ kerncentrale te Borssele in 2015, RIVM-rapport 2017-0053, 2017.
- [7] 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).
- [8] International Commission on Radiation Units and Measurements. Quantities and units in radiation protection dosimetry, ICRU Report 51. Bethesda MD (1993).

[9] ICRP publication 116, Conversion Coefficients for Radiological Protection for External Radiation Exposures, ISSN 0146-6453, Ann. ICRP 40(2-5), 2010..

[10] Smetsers RCGM, Blaauboer RO, Variations in outdoor radiation levels in the Netherlands, proefschrift, Universiteit Groningen, april 1996, ISBN 90-367-0621-1.

[11] Nederlands Normalisatie-instituut, NEN 5648:2007 nl, Radioactiviteitsmetingen - Bepaling van het over de tijd gemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo met momentaan aanwijzende apparatuur, 2007.

[12] Dijk van E, Aalbers AHL, De calibratie en de energieresponsie van de Bitt RM10/RS02 gammastralingsdetectoren, RIVM rapport nr. 243504003, Bilthoven, maart 1990.

[13] Lous C, Bespreking van de resultaten van de radioactiviteitsmetingen in de omgeving van de Kernenergiecentrale Borssele over 1998, referentie R0118, EPZ, 1999 en Het uitvoeren van omgevingsmetingen, EPZ document N17-22-220, 25-8-2015.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag