



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

Stralingsniveaumetingen aan de terreingrens van de EPZ kerncentrale Borssele in 2017

RIVM Briefrapport 2018-0116
C.P. Tanzi



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

Stralingsniveaumetingen aan de terreingrens van de EPZ kerncentrale Borssele in 2017

RIVM Briefrapport 2018-0116
C.P. Tanzi

Colofon

© RIVM 2018

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-2018-0116

C.P. Tanzi (auteur), RIVM

Contact:

Cristina.tanzi@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ANVS, in het kader van M/390020/18/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 2017

Het gammastralingsniveau aan de terreingrens van kerncentrale Borssele lag in 2017 onder het toegestane maximum van 10 microsievert per jaar. De hoogste vastgestelde dosis is 1,04 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 kernenergiewetvergunning 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 1,04 microsievert per jaar.

In 2017 is met vier monitoren op de terreingrens het gammastralingsniveau continu gemeten. In juni 2017 is het reguliere netwerk van acht monitoren hersteld, dat in 2016 vanwege werkzaamheden was onderbroken. In dit rapport zijn de daggemiddelden van de metingen van de MONET-monitoren rond de kerncentrale in 2017 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 2017

In 2017, 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 is 1.04 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 annually report on whether the Borssele nuclear power plant meets the criterion stipulated in the license.

The nuclear power plant needs to 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, granted in 2016 following the Dutch legislation on the use of nuclear energy. In order to determine the maximum effective dose, the 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 the RIVM. The measurements are analyzed by subtracting the natural background value.

The resulting measurement data are corrected with the so-called "Actuele Blootstelling Correctiefactor" (ABC-factor). An ABC-factor takes into account the specific use of the area where the gamma dose may be incurred. Around the boundary of the Borssele nuclear power plant the ABC-factor is 0,2. This translates into a maximum effective dose of 1.04 microsievert per year, which is below the maximum permitted yearly gamma dose.

From October 2016, the regular network of eight monitors was inoperative due to work activities on the site. In 2017 control measurements of the radiation level were carried out continuously at four temporary locations at the site boundary. In June 2017 the regular network of eight monitors was restored. In this report the daily averages of the radiation dose recorded by the MONET-monitors around the Borssele nuclear power plant and an explanation of how the background level at each measuring location was determined are shown.

Keywords: external radiation, ambient effective dose, 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 grootheid — 15

3 Metingen van het MONET-meetnet aan het terrein van EPZ/KCB in 2017 — 17

- 3.1 Operationaliteit van het MONET meetnet in 2017 — 17
- 3.2 Het gemeten daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo en de gemeten jaardosis — 18
- 3.3 Bepaling van de door de nucleaire installatie toegevoegde jaardosis in 2017 — 20
- 3.4 Jaardosis berekend volgens de EPZ/KCB-mediaan-methode — 25
- 3.5 Vergelijking tussen MONET-methode en EPZ/KCB-mediaan-methode — 25

4 Waarschuwingsbericht aan de ANVS — 27

5 Conclusies — 29

6 Bijlage 1 - verloop van de metingen van het tijdelijk netwerk van oktober 2016 tot januari 2018 — 31

7 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 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 2017.

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 2017 is $5,2 \mu\text{Sv}$ voor de locatie van monitor 27. Deze monitor is vanaf 14 april 2017 operationeel (in totaal 262 dagen). Na toepassing van de Actuele Blootstellings Correctiefactor (ABC-factor) is de maximale effectieve dosis $1,04 \mu\text{Sv}$. 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 voor de vier monitoren die het hele jaar operationeel zijn geweest. Dit leidt tot het hoogste toegevoegde gammastralingsniveau voor monitor 2009. 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 2017 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 [16]. In Hoofdstuk 4 wordt het waarschuwingsbericht dat naar de ANVS is opgestuurd toegelicht. In Hoofdstuk 5 worden de conclusies gegeven. In Bijlage 1 wordt het verloop gegeven van de metingen van het tijdelijk netwerk van vier draagbare monitoren dat vanaf de plaatsing op 22 oktober 2016 tot 12 januari 2018 operationeel is geweest.

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 μSv 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 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 vastgesteld [4]¹.

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 2017 uitgevoerd met een netwerk van vier meetposten, uitgerust met draagbare Geiger-Müller monitoren. Hierop aanvullend zijn de metingen van het reguliere netwerk van acht meetposten vanaf 12 juni 2017 ook beschikbaar. Deze meetposten zijn vanaf 14 april geleidelijk uitgerust met acht monitoren (proportionele telbuis): dit MONET-meetnet bij EPZ/KCB met acht monitoren op acht locaties is uitvoerig beschreven in RIVM-rapport 610330011 [5].

Voor de bepaling van de toegevoegde dosis in het jaar 2017 wordt dezelfde methode toegepast als in RIVM-rapport 2017-0054 [4]. 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 2017 is er één waarschuwingsbericht opgestuurd (zie Hoofdstuk 4).

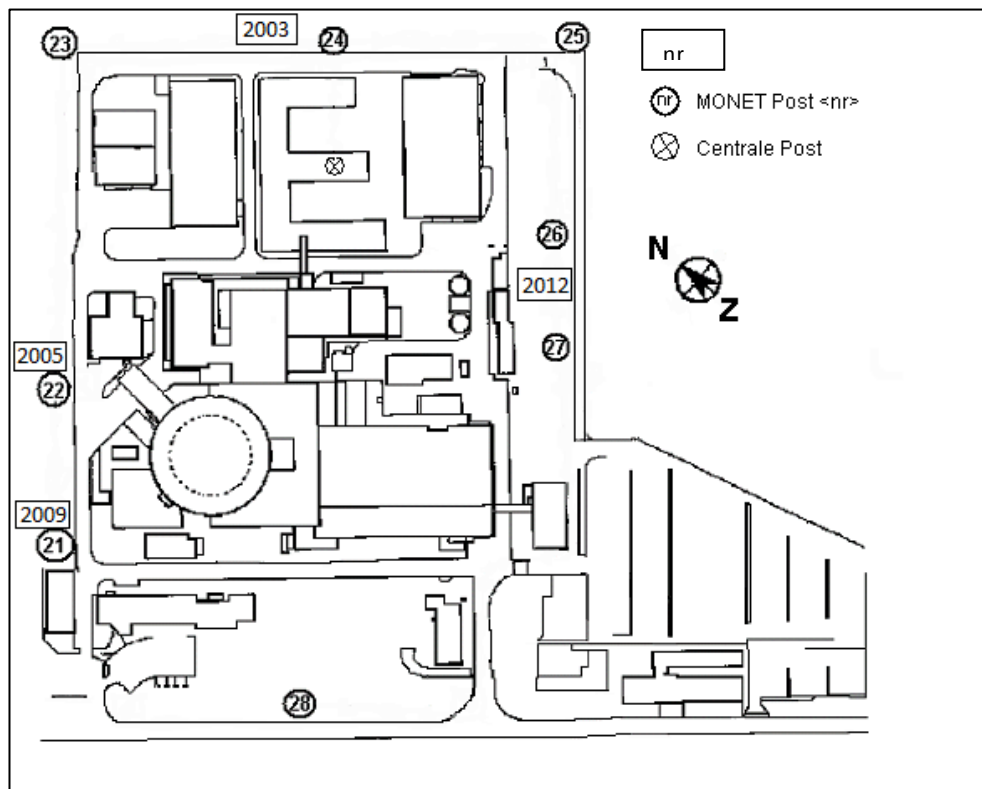
1.4 Overzicht terreinopstelling Borssele

Het reguliere netwerk van acht meetposten was in het begin van 2017 niet beschikbaar, als gevolg van werkzaamheden die op het bedrijfsterrein in 2016 zijn uitgevoerd.

Aan de terreingrens van de kerncentrale Borssele heeft in 2017 een tijdelijk netwerk van vier draagbare monitoren het stralingsdosistempo continu gemeten, zie Figuur 1. Deze draagbare monitoren, die door de

¹ 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.

getallen 2003, 2005, 2009 en 2012 gekenmerkt worden, zijn van het type Saphymo Gamma-TRACER XL2 [8] (Geiger-Müller telbuis) en zijn op 19 oktober 2016 geplaatst.



Figuur 1 Overzicht van de terreinopstelling van de kerncentrale te Borssele met het reguliere netwerk van acht monitoren (21 t/m 28) en het netwerk van vier daagbare monitoren (2003, 2005, 2009 en 2012). De doorsnede van het reactorgebouw is 40 m.

In de loop van het jaar 2017, tussen 12 april en 12 juni, zijn er acht monitoren bij de acht locaties van het reguliere MONET-meetnet netwerk geleidelijk teruggeplaatst (zie Tabel 1). Het reguliere netwerk [9] is vanaf 12 juni 2017 weer volledig operationeel, met acht monitoren van het type Bitt RS03/485 en 485-L (proportionele telbuis). 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.

Tabel 1 Overzicht van het terugplaatsen van de Bitt monitoren in het jaar 2017.

MONET-monitor	Type Bitt	Datum terugplaatsing in 2017	Totaal aantal dagen in 2017
21	RS-03-485L	12 april	264
22	RS-03-485L	12 juni	203
23	RS-03-485L	12 april	264
24	RS-03-485L	12 april	264
25	RS-03-485L	12 april	264
26	RS-03-485	12 april	264
27	RS-03-485	14 april	262
28	RS-03-485L	12 juni	203

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 [10]. 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 [11], 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} [11]. 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. Het netwerk is vanaf 12 juni 2017 weer volledig operationeel, na de onderbreking op 19 oktober 2016, veroorzaakt door werkzaamheden op het terrein. Over het hele jaar 2017 is een netwerk van vier draagbare monitoren Saphymo Gamma-TRACER XL2 [8] (Geiger-Müller telbuis) operationeel geweest.

De twee types monitoren worden gekenmerkt door hun eigen karakteristieke energierespons. Voor de twee types monitoren geldt dat de uitlezing overeenkomt met het omgevingsdosisequivalenttempo. Beide monitoren hebben een hoekafhankelijkheid en zijn gevoelig voor kosmische straling. In het algemeen vertonen de Saphymo Gamma-TRACER XL2 een toename van het achtergrondniveau van enkele nSv/h ten opzichte van de Bitt monitoren (8 nSv/h gemiddeld over het hele NMR netwerk van 150 monitoren in Nederland, zie Figuur 5.4 van [12]).

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 [13]. 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 $5 \text{ nSv} \cdot \text{h}^{-1}$ [13]. Een dergelijke studie is niet uitgevoerd voor de Saphymo Gamma-TRACER XL2 of voor de Bitt RS03/485 of Bitt 485L monitor. Voor de Bitt RS03/485-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 [14]. 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 [13, 15]. 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.

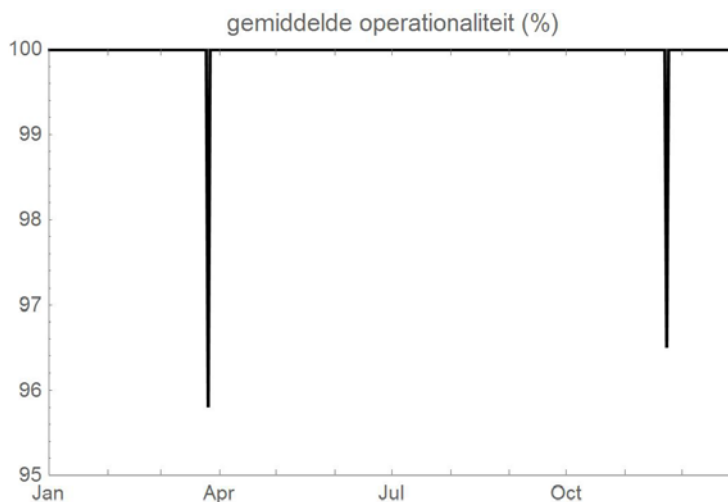
3 Metingen van het MONET-meetnet aan het terrein van EPZ/KCB in 2017

In dit hoofdstuk wordt een analyse van de metingen over 2017 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, en voor de vier locaties langs de terreingrens waar continu metingen verricht zijn, 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 2017

Er zijn in totaal 365 dagen in het jaar 2017 waarvoor metingen van het MONET-meetnet rondom KCB beschikbaar zijn: dat geldt voor vier locaties met het netwerk van vier draagbare monitoren. In Figuur 2 is de operationaliteit per dag van MONET rond EPZ/KCB in 2017 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 vier monitoren. De laagste operationaliteit over het hele jaar is 95.8% op 26 maart 2018. In de loop van 2017 is het reguliere netwerk geleidelijk hersteld, en is vanaf 12 juni 2017 weer volledig operationeel.



Figuur 2 Operationaliteit per dag van MONET rond EPZ/KCB in 2017, gemiddeld over de vier monitoren die het hele jaar operationeel zijn geweest.

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 2017 worden weergegeven in Figuur 3.

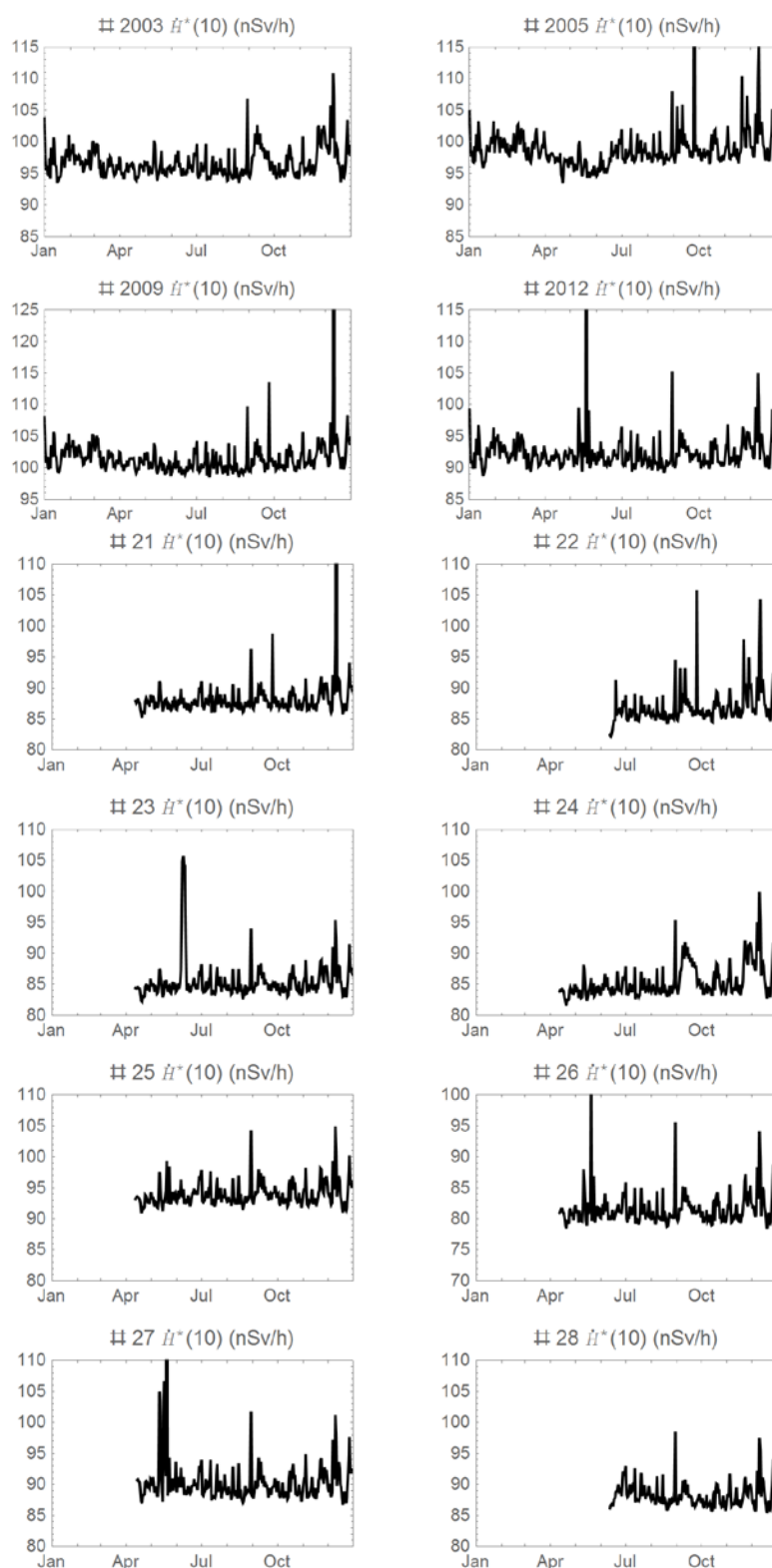
De hoogste waarde van het gemeten daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempo is $216 \text{ nSv}\cdot\text{h}^{-1}$ voor monitor 2009 op 11 december 2017. Het is aannemelijk dat deze verhoging door een nucleair transport veroorzaakt is: dit heeft aanleiding gegeven tot het opsturen van een waarschuwingsbericht aan de ANVS (zie Hoofdstuk 4). De afname van de omgevingsdosisequivalenttempo van monitor 2005 in de maand mei wordt vermoedelijk veroorzaakt door de afschermende werking van een tweetal containers die gedurende werkzaamheden op het terrein aanwezig waren.

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 tijdelijk netwerk van vier draagbare monitoren, vanaf oktober 2016 tot januari 2018.

Tabel 2 De gemeten jaardosis (μSv) door de MONET-monitoren bij EPZ/KCB in 2017; niet gecorrigeerd voor achtergrondstraling. De monitoren 21 t/m 28 zijn tussen 12 april en 12 juni 2017 teruggeplaatst.

MONET-monitor	Aantal dagen	Gemeten jaardosis (μSv) incl. achtergrondstraling
2003	365	847
2005	365	865
2009	365	891
2012	365	809
21	264	560
22	203	423
23	264	541
24	264	542
25	264	595
26	264	517
27	262	569
28	203	430



Figuur 3 Het gemeten daggemiddelde omgevingsdosis-equivalententempo voor de MONET-monitoren rond EPZ/KCB in 2016. De figuur voor monitor 26 en 2009 hebben een andere schaalverdeling voor de y-as.

3.3 Bepaling van de door de nucleaire installatie toegevoegde jaardosis in 2017

De hier toegepaste methode is hetzelfde als in RIVM-rapport 2017-0054 [4] 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. De reden hiervoor zijn onder andere de verandering van het type stralingsmonitoren voor het EPZ/KCB MONET netwerk vanaf oktober 2016. In oktober 2016 is het tijdelijke netwerk van vier Saphymo GammaTRACER XL2 (Geiger-Müller telbuis) [8] geplaatst; dit netwerk is door het hele jaar 2017 operationeel geweest. Het netwerk met acht Bitt monitoren (proportionele telbuis) is vanaf juni 2017 weer volledig operationeel.

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.

Door de tijdelijke wisseling van de monitoren en het variërende achtergrondniveau per monitor is het voor het rapportagejaar 2017 niet mogelijk om eventueel de continue bijdrage van een langzaam toenemende achtergrond te verdisconteren. Uit de rapportage over de periode 2016 blijkt echter (in Bijlage 1) dat het achtergrondniveau van de monitoren tussen 2004 en 2016 nauwelijks is toegenomen [4].

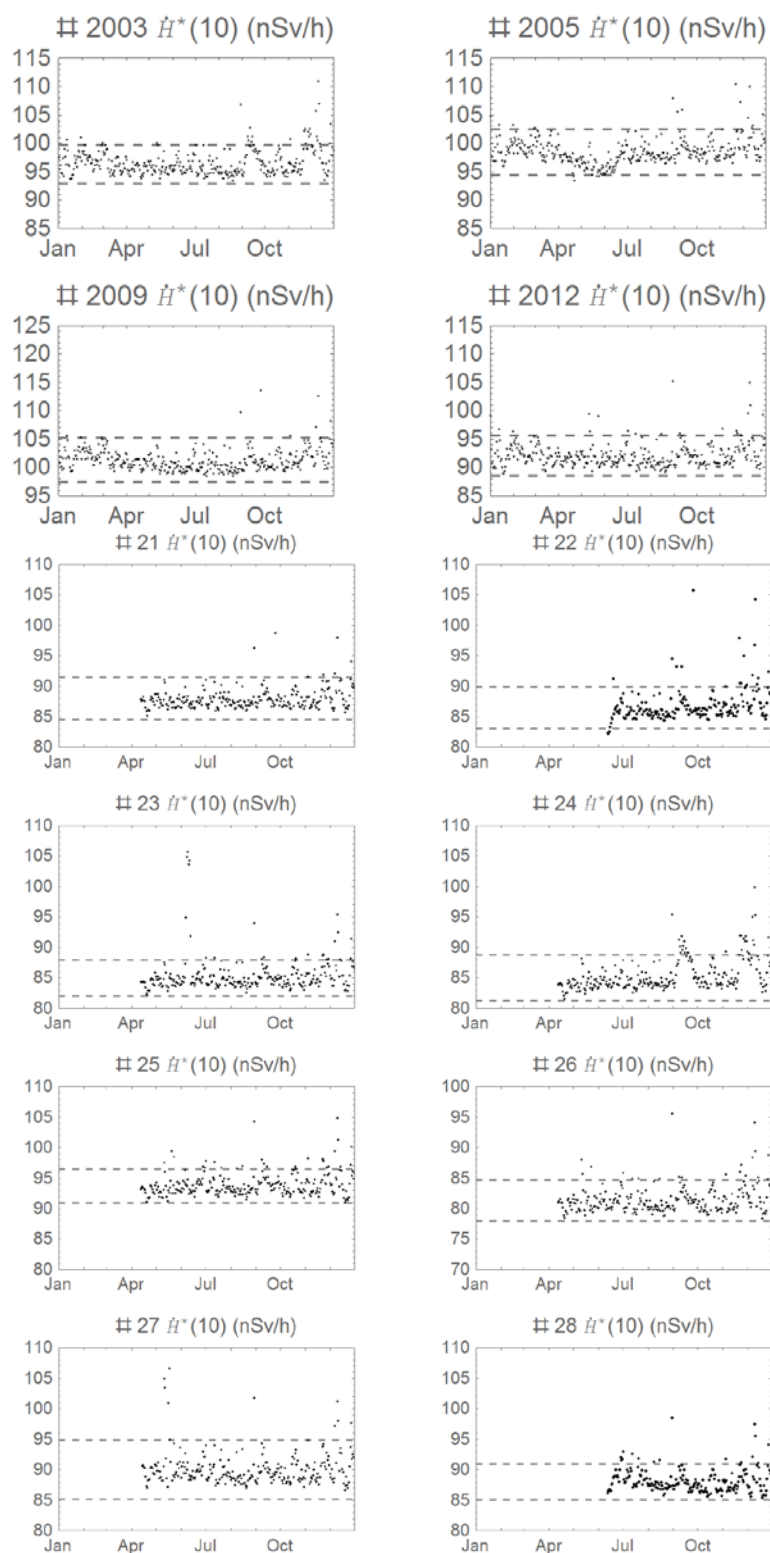
Deze methode kan de dosis ten gevolge van natuurlijke verhogingen niet onderscheiden van kunstmatige verhogingen. Een voorbeeld van een natuurlijke verhoging is hevige regenval, die doorgaans wordt gevolgd door een verhoogde depositie van vervalproducten van radon. Dit kan bijdragen aan het omgevingsdosisequivalenttempo $\dot{H}^*(10)$, 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 2017.

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 2017.

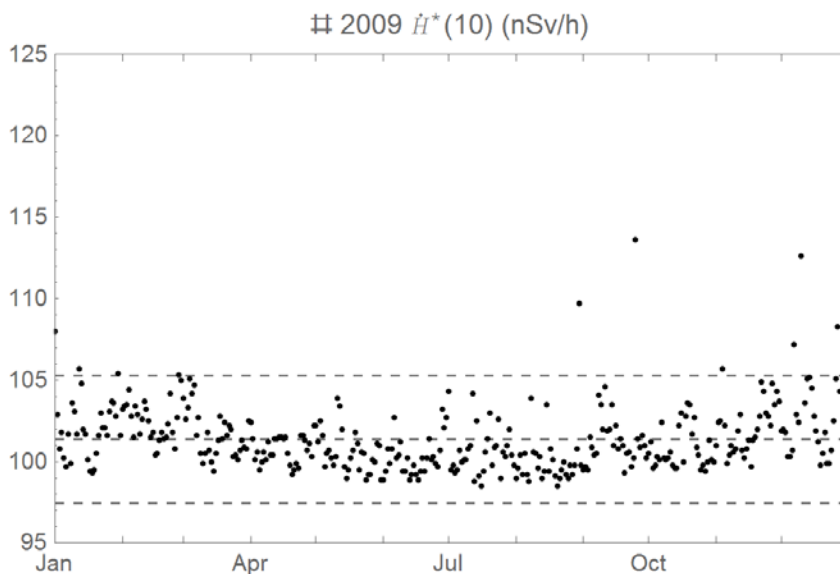
MONET-monitor	aantal dagen berekening achtergrond	aantal dagen met verhogingen	achtergrond (nSv·h ⁻¹)	aantoonbaarheidsniveau (nSv·h ⁻¹)
2003	335	30	96,4	3,4
2005	346	19	98,4	4,0
2009	354	11	101,4	3,9
2012	354	21	92,1	3,5
21	256	8	88,0	3,4
22	185	18	86,5	3,4
23	240	24	85,0	2,9
24	235	29	85,0	3,7
25	237	27	93,7	2,8
26	243	21	81,3	3,4
27	250	12	90,0	4,8
28	187	16	88,0	2,9

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

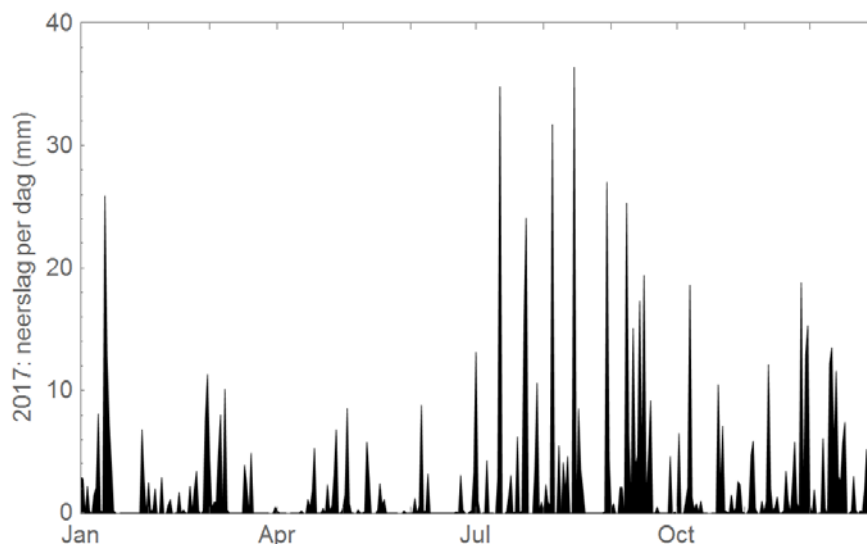


Figuur 4 Het daggemiddelde omgevingsdosis-equivalenttempo $\dot{H}^*(10)$ voor de MONET-monitoren rond EPZ/KCB in 2017 uit Figuur 3 samen met, als gestippelde lijnen, de variatie van de natuurlijke achtergrond, bepaald met de methode beschreven in 3.3. De figuren voor monitor 26 en 2009 hebben een andere schaalverdeling voor de y-as.

Hevige regenval heeft als gevolg verhoogde depositie van vervalproducten van radon, en kan dus een verhoging van het omgevingsdosisequivalenttempo veroorzaken. Drie pieken, aanwezig op alle MONET-monitoren rond de EPZ/KCB, zie bijvoorbeeld Figuur 5, vallen samen met dagen wanneer de dagelijkse neerslag meer dan 10 mm was, gemeten op het KNMI station Vlissingen (Figuur 6): 26 mm op 12 januari, en 12 en 14 mm respectievelijk op 10 en 11 december.



Figuur 5 Het gemeten omgevingsdosisequivalenttempo voor monitor 2009 bij EPZ/KCB in 2017 (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 12 januari, 10 en 11 december, valt samen met een verhoging van $\dot{H}^*(10)$ van alle monitoren van het EPZ/KCB MONET-meetnet.

Op 11 december 2017 is er een verhoogd daggemiddelde dosis van meer dan 5 μSv geregistreerd bij twee monitoren (5,04 en 5,10 μSv bij de monitoren 2009 en 21). De oorzaak is waarschijnlijk een nucleair

transport, en heeft aanleiding gegeven voor het opsturen van een waarschuwingsbericht aan de opdrachtgever ANVS (zie Hoofdstuk 4).

De hier toegepaste methode kan geen onderscheid maken tussen een ongewoon grote variatie van de natuurlijke achtergrondstraling ($> 2\sigma$, zie 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 2009 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 waarschijnlijk 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 2017 weergegeven. Over het hele jaar 2017 zijn er vier locaties waar continu metingen zijn verricht (Tabel 4): de hoogste jaardosis is 4,4 μSv voor monitoren 2005 en 2009.

Tussen april en juni 2017 zijn de monitoren 21 t/m 28 teruggeplaatst: de hoogste dosis is 5,2 μSv voor monitor 27, die op 14 april teruggeplaatst is: deze dosis heeft dus betrekking op een periode van ongeveer acht maanden. De hoogste dosis van 5,2 μSv voor monitor 27 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 1,04 μSv . Zou deze dosis, gebaseerd op 262 dagen, het gehele jaar duren dan resulteert dat in een jaardosis van $1,04 * (365/262) = 1,45 \mu\text{Sv}$.

Tabel 4 De berekende jaardosis (μSv) voor de MONET-monitoren bij EPZ/KCB in 2017.

MONET-monitor	aantal dagen	jaardosis (μSv)
2003	365	4,1
2005	365	4,4
2009	365	4,4
2012	365	4,2
21	264	4,0
22	203	3,2
23	264	4,3
24	264	4,3
25	264	3,0
26	264	3,5
27	262	5,2
28	203	1,9
28	203	1,9

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

De methode van EPZ/KCB [16], de EPZ/KCB-mediaan-methode, is toegepast op de daggemiddelde dosisequivalenttempi van de vier MONET-monitoren van het type Saphymo GammaTRACER XL2 die het hele jaar 2017 operationeel zijn geweest. 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.

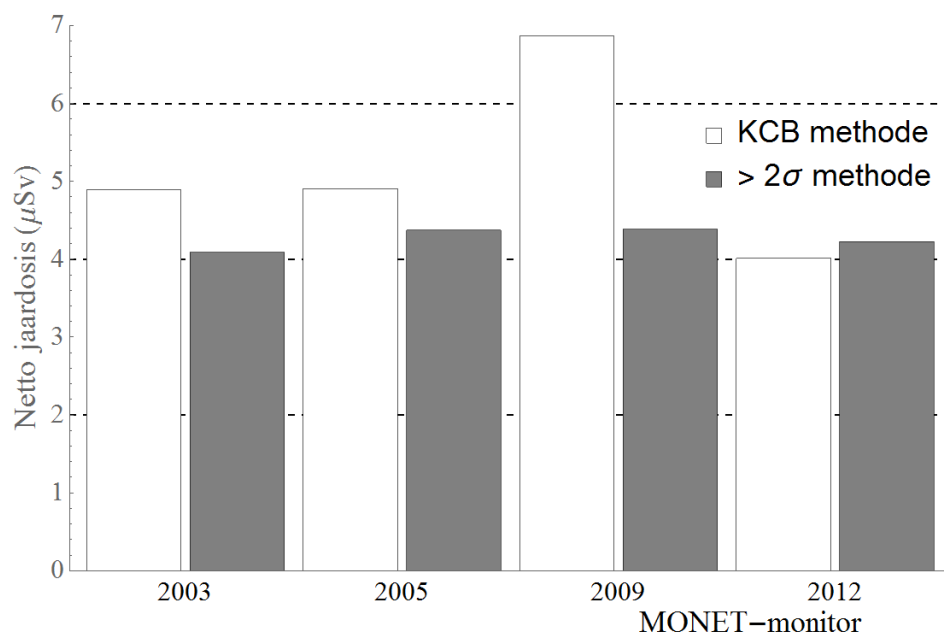
In Tabel 5 is de netto jaardosis weergegeven volgens de $>2\sigma$ -methode uit par. 3.3 (uit Tabel 4), en vergeleken met waarden berekend volgens de EPZ/KCB-mediaan-methode. Deze methode is niet op het reguliere netwerk van acht monitoren toegepast, omdat dit pas vanaf juni 2017 volledig operationeel is.

Tabel 5 De jaardosis (μSv) voor de MONET-monitoren rond EPZ/KCB (netwerk van 8 monitoren) in 2017, 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)
2003	365	4,1	4,9
2005	365	4,4	4,9
2009	365	4,4	6,9
2012	365	4,2	4,0

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 4,1 en 6,9 μSv (zie Figuur 7).



Figuur 7 Vergelijking tussen de jaardosis voor het jaar 2017 voor de monitoren die het hele jaar operationeel zijn geweest, bepaald volgens de EPZ/KCB-mediaan- en de MONET '>2σ-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 2017 er één waarschuwingsbericht aan de ANVS verstuurd voor een overschrijding van de bruto dagdosis van 5 μSv op 11 december 2017. Op die dag registreerde de monitoren 21 en 2009 een bruto dagdosis van 5,04 en 5,18 μSv respectievelijk. De nabij gelegen monitoren vertoonden ook verhogingen, maar in veel mindere mate. Het is aannemelijk dat de verhogingen door een nucleair transport veroorzaakt zijn.

5 Conclusies

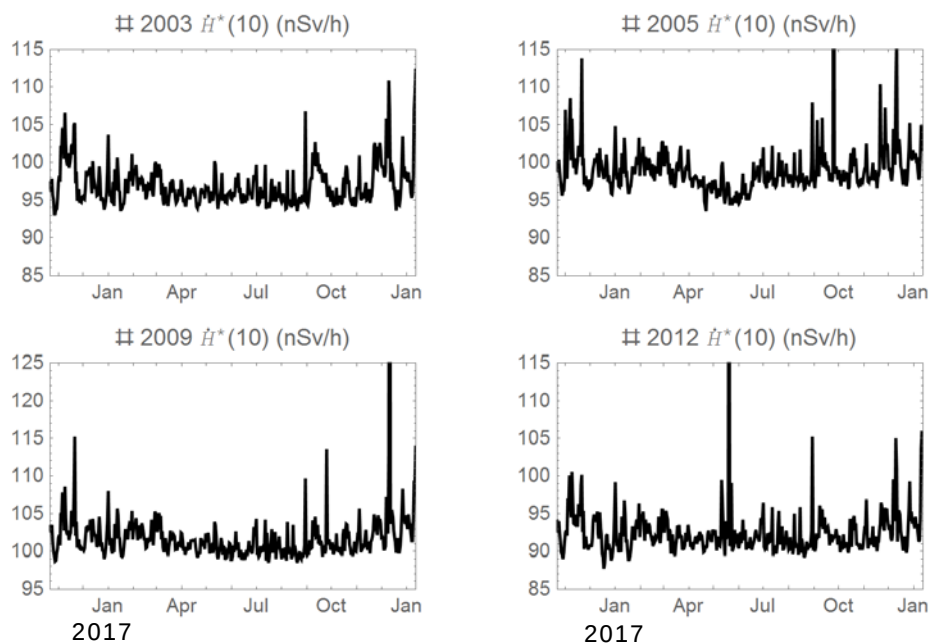
In 2017 zijn metingen uitgevoerd van het externe gammastralingsniveau aan de terreingrens van de kerncentrale te Borssele (EPZ/KCB) met het MONET-meetnet. Het maximale omgevingsdosisequivalent, $H^*(10)$, toegevoegd aan het achtergrondstralingsniveau in 2017 is 5,2 μSv voor monitor 27. Na toepassing van de Actuele Blootstellingen Correctiefactor (ABC-factor) van 0,2 geeft dit een maximale effectieve dosis van 1,04 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 menselijk handelen toegevoegd wordt.

De berekening van de netto jaardosis is ook uitgevoerd, voor de monitoren die het hele jaar operationeel zijn geweest met de methode die door EPZ/KCB wordt toegepast. Dit leidt tot het hoogste toegevoegde stralingsniveau voor monitor 2009. De overeenstemming van deze berekeningen met de MONET-resultaten is redelijk tot goed.

6 Bijlage 1 - verloop van de metingen van het tijdelijk netwerk van oktober 2016 tot januari 2018

In Figuur B1.1 worden de daggemiddelden van het omgevingsdosis-equivalenttempo van 22 oktober 2016 t/m 12 januari 2018 voor het tijdelijk netwerk van vier draagbare monitoren (Saphymo XL-2) vertoond. De monitoren wijken minder dan 3% af van elkaar; dat is door de leverancier getest bij een natuurlijke achtergrond van ongeveer 100 nSv/h. Overige verschillen tussen monitoren worden veroorzaakt bijvoorbeeld door omgevingsfactoren zoals de ondergrond en bebouwing: zo heeft monitor 2009 het hoogste gemiddeld niveau, 102 nSv/h, mede veroorzaakt door bouwmaterialen die gebruikt zijn op het nabijgelegen parkeerterrein. De afname van het omgevingsdosis-equivalenttempo van monitor 2005 in de maand mei is waarschijnlijk toe te schrijven aan het tijdelijk plaatsen van containers die voor afscherming kunnen zorgen.



Figuur B1.1 Verloop van het omgevingsdosis-equivalenttempo (daggemiddelden) van 22 oktober 2016 t/m 12 januari 2018. De figuur voor monitor 2009 heeft een andere schaalverdeling voor de y-as.

7 Referenties

[1] Revisievergunning o.g.v. de Kernenergiewet verleend aan N.V. Elektriciteits-Produktie maatschappij Zuid-Nederland t.b.v. de Kernenergiecentrale Borssele tevens inhoudende wijzigingen i.v.m. 10 EVA en stresstestmaatregelen, 12 juli 2016, ANVS (Op 9 september 2016 is o.a. deze in 2004 verleende vergunning vervallen: Kernenergiewet-vergunning verleend aan N.V. EPZ voor het wijzigen van de kernenergiecentrale Borssele (gem. Borsele), Ministerie van VROM, Kenmerk SAS/2004084087, 22 september 2004).

[2] 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.

(Tot de inwerkingtreding van deze regeling op 1 januari 2014: Ministeriële Regeling Analyse Gevolgen Ioniserende Straling MR-AGIS, Stcrt 2002, 22 en 73, en wijziging Stcrt 2003, 81. Deze regeling is per 08-02-2018 vervallen en de ABC-factoren zijn in Tabel 6.2 van de Ministeriële regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming opgenomen).

[3] Beschikking inzake Modificaties kernenergiecentrale Borssele (EPZ), Ministerie van VROM, Kenmerk E/EE/KK/99004681, 26 mei 1999.

[4] Tanzi, C.P., Stralingsniveaumetingen aan het terrein van de EPZ kerncentrale te Borssele in 2016, RIVM-rapport 2017-0054, 2018.

[5] 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).

[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] Manual GammaTRACER XL2, Saphymo, version 08/2012.

[9] 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).

[10] International Commission on Radiation Units and Measurements. Quantities and units in radiation protection dosimetry, ICRU Report 51. Bethesda MD (1993).

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

[12] Knetsch GJ (ed.), Environmental radioactivity in the Netherlands, Results in 2015, RIVM Report 2016-0183 (2017).

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

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

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

[16] 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