

Briefrapportnummer 610330063/2007
LSO 167/07

**Onderzoek naar het stralingsniveau gemeten met NMR meetposten
in Petten en omgeving in de periode september 2001**

R.C.G.M. Smetsers, R.B. Tax, P.C. Görts

12 april 2007

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de de VROM-Inspectie Kernfysische Dienst (VI/KFD) ten laste van het project M/610330/07/AO, kenmerk opdrachtbrief VI/KFD/2007016299_526 van 14 februari 2007.

RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71

1 Inleiding

Bij de VROM-Inspectie Kernfysische Dienst (VI/KFD) zijn meldingen binnengekomen van mogelijke ongecontroleerde lozingen op de Onderzoeks Locatie Petten (OLP), in september 2001. Deze meldingen zijn door de VI/KFD ter plaatse onderzocht. Het ging om pieken in de geregistreerde meetgegevens van NRG op 19 september 2001 (02:29 uur) en op 26 september 2001 (05:21 en 05:29 uur). Het onderzoek van de Kernfysische Dienst heeft tot de conclusie geleid dat er sprake was van een technische storing in het meetsysteem van NRG.

Ter verdere verificatie heeft de KFD aan het RIVM gevraagd om meetgegevens uit die periode, verkregen met het Nationaal Meetnet voor Radioactiviteit, nader te analyseren. In concreto gaf de KFD aan om onderstaande zaken te rapporteren:

- De exacte locatie van NMR meetpost Petten (1006) op de OLP;
- Een kwalitatieve en kwantitatieve omschrijving van eventuele periodes van verhoogd stralingsniveau op 19 en 26 september 2006;
- Een uitleg van de meest aannemelijke verklaring voor de geïdentificeerde periodes van verhoogd stralingsniveau;
- Een analyse van andere mogelijke verklaringen;
- Een uitleg over waarschuwniveaus en alarmniveaus van het nationaal meetnet en het nationaal plan kernongevallenbestrijding in relatie tot de geïdentificeerde verhogingen;
- Een aantal relevante (wetenschappelijke) publicaties die inzicht verschaffen in het verloop van het achtergrondstralingsniveau in Nederland.

Om bovenstaande vragen te kunnen beantwoorden wordt in dit briefrapport eerst in generieke zin informatie gegeven over:

- het Nationaal Meetnet Radioactiviteit;
- gangbare variaties in de natuurlijke achtergrond in Nederland;
- compensatiemethodes die kunnen worden toegepast om verhogingen van mogelijk kunstmatige oorsprong te identificeren;
- NMR waarschuwniveaus in relatie tot NPK interventieniveaus voor directe maatregelen.

Daarna wordt specifiek ingegaan op de situatie in Petten in september 2001 en worden de volgende onderwerpen achtereenvolgens behandeld:

- Ligging meetpost Petten op het OLP-terrein;
- Overzicht NMR- en meteoposten in Noord-Holland;
- Data-analyse NMR-gegevens Petten en omgeving;
- Conclusies ten aanzien van gesignaleerde verhogingen.

2 Nationaal Meetnet Radioactiviteit

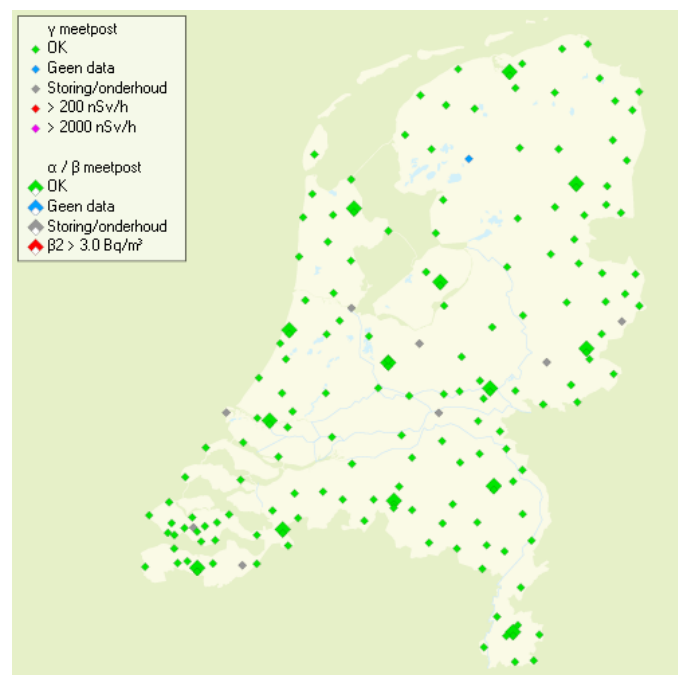
Het Nationaal Meetnet Radioactiviteit (NMR) is het gezamenlijke signaleringsmeetnet voor radiologische en nucleaire incidenten van de ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) en van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK). Het NMR is een automatisch meetnet dat op continue basis en op diverse locaties in Nederland straling vanuit de omgeving en radioactiviteit in lucht(stof) detecteert. Bij metingen boven een bepaalde drempel wordt een waarschuwing afgegeven.

De primaire doelstellingen van het Nationaal Meetnet Radioactiviteit zijn:

- Het signaleringen van verhoogde waarden van het omgevingsdosisequivalenttempo en de kunstmatige beta-activiteitsconcentratie in lucht;
- Het tijdens ongevalsituaties leveren van informatie over de feitelijke radiologische besmetting die (mede) als basis dient van de advisering en besluitvorming inzake maatregelen ter bescherming van de bevolking, zowel nationaal als lokaal;
- Het geven van informatie over de stralingsachtergrond in Nederland.

Het NMR kent twee verschillende typen meetposten:

- ruim 150 zogenaamde gamma meetposten zijn voorzien van een proportionele telbuis van het type Bitt RS03 en geven elke 10 minuten een waarde van het omgevingsdosisequivalenttempo [nSv/h];
- 14 zogenaamde alfa/beta meetposten zijn uitgerust met luchtstofmonitoren die elke 10 minuten een waarde geven van de natuurlijke alfa- en de kunstmatige beta-activiteits-concentratie in lucht [Bq/m^3]. In 2001 waren dat monitoren van het type FAG FHT59S. Momenteel zijn dat monitoren van het type Berthold BAI 9128. NB: Op de alfa/beta meetposten wordt tevens het omgevingsdosisequivalenttempo bepaald.



Figuur 1 Nederland met daarop aangegeven de 14 alfa/beta en de 153 gamma meetposten. De figuur geeft de situatie weer van 2005, in 2001 was er nog een tiental gamma meetposten extra in bedrijf in een verdichtingsring rondom de kerncentrale GKN (Dodewaard).

3 Variaties in de natuurlijke achtergrond

De natuurlijke stralingsachtergrond is afkomstig van twee verschillende bronnen, de aarde en de kosmos. In Nederland dragen beide bronnen in ongeveer gelijke mate bij aan het stralingsniveau in het buitenmilieu, hier uitgedrukt in 'omgevingsdosisequivalenttempo'. Diverse processen, van aardse en van buitenaardse oorsprong, beïnvloeden het omgevingsdosisequivalenttempo. De natuurlijke stralingsachtergrond fluctueert daarom in tijd en plaats. Begin jaren negentig zijn de variaties in de natuurlijke achtergrond in Nederland nauwkeurig onderzocht. Daarbij is gebruikgemaakt van meetreeksen van het Landelijk Meetnet voor Radioactiviteit (LMR) en meteoreeksen van het KNMI. Het LMR is de voorloper van het huidige Nationaal Meetnet Radioactiviteit (NMR). De resultaten van dit onderzoek worden hieronder kort samengevat.

Terrestrische straling

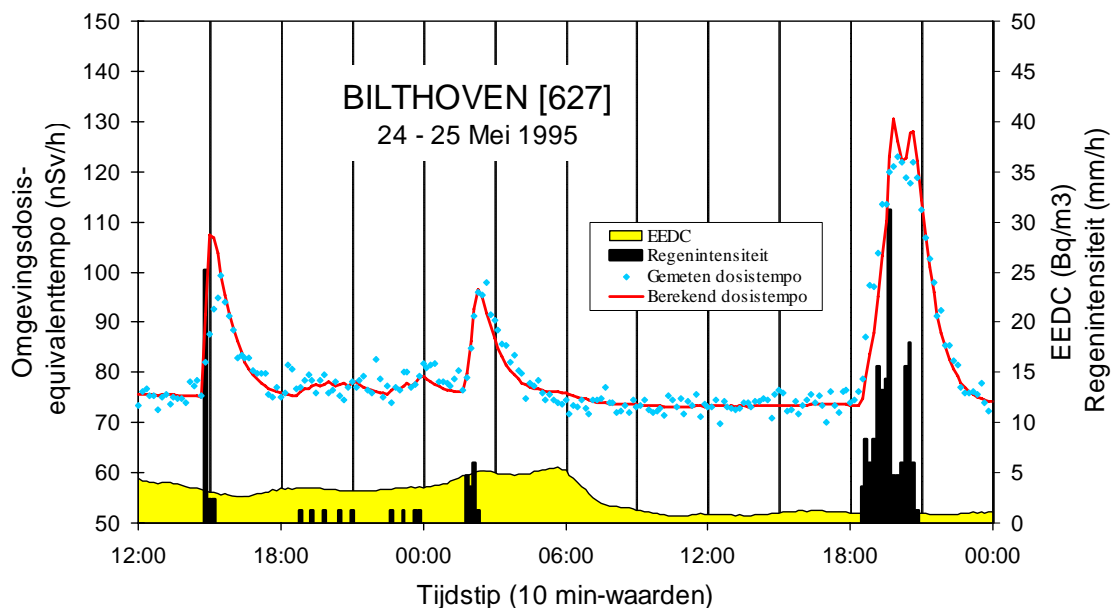
De aardse component aan de natuurlijke stralingsachtergrond kent zijn oorsprong in het radioactief verval van stoffen in de aardbodem of in materialen daaruit afkomstig. De concentraties van natuurlijke radionucliden in bodem, en dus ook de bijbehorende terrestrische stralingsniveaus, zijn afhankelijk van de bodemsoort en daarmee plaatsafhankelijk. De grootste bedragen komen van ^{40}K en van gammastralende radionucliden zoals ^{214}Bi en ^{214}Pb die deel uitmaken van de ^{238}U -reeks en ^{208}Tl en ^{228}Ac die behoren tot de ^{232}Th -reeks. Ook bouwmaterialen bevatten natuurlijke radionucliden, zodat de gebouwde omgeving mede bepalend is voor het stralingsniveau vanuit de omgeving. In Nederland varieert deze component in het omgevingsdosisequivalenttempo tussen 15 en 75 nSv/h, met een gemiddelde van circa 40 nSv/h [Sme96; Sme97b].

Exhalatie en dispersie van radon en dochterproducten

In de ^{238}U - en ^{232}Th -reeksen wordt het radioactief evenwicht ergens halverwege verstoord. In beide reeksen zit namelijk een isotoop van het edelgas radon, te weten ^{222}Rn in de ^{238}U -reeks en ^{220}Rn in de ^{232}Th -reeks. Radon ontwijkt ten dele uit de bodem (exhalatie) en kan zich in de buitenlucht verder verspreiden (dispersie). Als gevolg hiervan ontstaan er fluctuaties in de natuurlijke achtergrond die sterk beïnvloed worden door de feitelijke weersomstandigheden. Met een halveringstijd die korter is dan één minuut is de dispersie van ^{220}Rn tamelijk gering. De bijdrage van ^{220}Rn aan het dynamische karakter van de natuurlijke achtergrond is daarom verwaarloosbaar. Voor ^{222}Rn , met een halveringstijd van bijna 4 dagen, ligt dat anders. Deze isotoop heeft vier kortlevende vervalproducten, de zogenaamde ^{222}Rn -dochters. Twee daarvan, ^{214}Bi en ^{214}Pb , zijn gammastralers. De ^{222}Rn -dochters zijn niet gasvormig en zullen zich, afhankelijk van de omstandigheden, meer of minder snel aan voorwerpen of stofdeeltjes hechten en ten dele uit de lucht verdwijnen. De radondochters ^{214}Bi en (in mindere mate) ^{214}Pb leveren vanuit de lucht een bijdrage aan het omgevingsdosisequivalenttempo. Indien de radondochterconcentratie in lucht wordt uitgedrukt in EEDC (Equilibrium-Equivalent Decayproduct Concentration), dan geldt in redelijke benadering dat een EEDC van 1 Bq/m^3 een bijdrage aan het omgevingsdosisequivalenttempo levert van 0,5 nSv/h. In Nederland is de EEDC doorgaans laag (gemiddeld $1\text{--}3 \text{ Bq/m}^3$, afhankelijk van de locatie) maar gedurende bijzondere weersomstandigheden kunnen concentraties voorkomen van vele tientallen Bq/m^3 [Sme96; Bla97].

Het neerslaan van ^{222}Rn -dochters op het aardoppervlak verloopt sneller als het regent. Tijdens een hevige regenbui zien we daarom het omgevingsdosisequivalenttempo in de regel sterk oplopen. Zo'n verhoging, veroorzaakt door het uitregenen van de kort levende vervalprodukten van ^{222}Rn , is na enkele uren weer verdwenen. Om deze bijdrage te kunnen berekenen is het nodig om de concentratie te kennen van radondochters in regenwater. Die data zijn vrijwel nooit beschikbaar, maar ze kunnen geschat worden uit de concentratie van radondochters in lucht op leefniveau. Die schatting is echter enigszins onzeker, zodat de werkelijke verhoging van het omgevingsdosisequivalenttempo als gevolg van uitregening van radondochters kan variëren tussen een half en twee keer de beste schatting. De berekening van deze bijdrage en de onzekerheden daarin zijn elders in detail beschreven [Sme96; Sme97a].

Figuur 2 toont voor een typische praktijksituatie het gemeten en het berekende omgevingsdosisequivalenttempo. Daarbij is gebruikgemaakt van invoergegevens (regenintensiteit en EEDC) die verkregen zijn op dezelfde locatie. De meeste linkse situatie geeft een goed beeld van het typische patroon dat ontstaat als gevolg van een kortstondige regenbui. Het omgevingsdosisequivalenttempo stijgt vrij snel als de regen aanvangt maar bereikt zijn maximum iets later. Dat komt door de ingroei van ^{214}Bi uit op de grond gedeponerd ^{218}Po en ^{214}Pb . Daarna valt het signaal in circa 3 uur op exponentiële wijze af tot het niveau voordat het begon te regenen [Sme96; Sme97a].



Figuur 2 Tien-minuutwaarden van het gemeten en het berekende omgevingsdosisequivalenttempo, uitgezet tegen de op dezelfde locatie gemeten regenintensiteit en de EEDC [Sme96; Sme97a]

Kosmische straling

De tweede natuurlijke stralingsbron is van buitenaardse oorsprong. Kosmische straling (voornamelijk protonen), afkomstig uit de melkweg (galactische straling) of van de zon, dringen de atmosfeer binnen en reageren daar met de kernen van de luchtmoleculen. Daarbij ontstaan diverse reactieprodukten. Op zeeniveau wordt de stralingsdosis door kosmische straling vrijwel uitsluitend bepaald door deze reactieprodukten (muonen, met name). De intensiteit aan kosmische straling die de aardatmosfeer binnendringt hangt af van de geomagnetische

breedtegraad. Op hun weg door de atmosfeer worden de gevormde deeltjes gehinderd door de aanwezige luchtmassa; het kosmische stralingsniveau op aarde is daarom afhankelijk van de hoogte van het aardoppervlak en de luchtdruk. Vanwege de geringe afmetingen van Nederland en de geringe hoogteverschillen kan men voor Nederland de plaatsafhankelijkheid van de kosmische component aan het omgevingsdosisequivalenttempo verwaarlozen. Voor Nederland is een gemiddeld omgevingsdosisequivalenttempo ten gevolge van kosmische straling bepaald van omstreeks 40 nSv/h. Deze gemiddelde waarde laat een lichte variatie zien gedurende de 11-jarige zonnecyclus. Verder is voor het normale luchtdrukgebied (970-1050 hPa) een omgekeerd evenredig lineair verband gevonden tussen omgevingsdosisequivalenttempo en luchtdruk (evenredigheidsconstante -0.012 nSv/h per hPa): een hoge luchtdruk leidt tot een lagere bijdrage aan het omgevingsdosisequivalenttempo, en vice versa [Sme96; Sme97a; Sme97b].

4 Compensatietechnieken voor de identificatie van kunstmatige bijdragen aan het dosistempo

4.1 Compensatie op basis van achtergrondberekeningen

Uit de beschrijving in hoofdstuk 3 volgt dat de natuurlijke stralingsachtergrond voornamelijk opgebouwd is uit de volgende vier componenten:

1. gammastraling van radionucliden die zich in de bodem of in bouwmaterialen bevinden;
2. gammastraling van de radondochters ^{214}Bi en ^{214}Pb in de lucht;
3. gammastraling van ^{214}Bi en ^{214}Pb die als gevolg van regen neerslaan op het grondoppervlak;
4. secundaire kosmische straling.

De gemiddelde stralingsachtergrond wordt mede bepaald door bodem en bebouwde omgeving en is daarmee locatieafhankelijk. Veranderingen in weersomstandigheden zorgen voor de nodige variatie in de tijd.

Na een uitgebreide analyse van meteo- en meetnetgegevens bleek het mogelijk om met behulp van slechts drie parameters, te weten luchtdruk, regenval en de concentratie van ^{222}Rn -dochters in de lucht (EEDC), de tijdsvariatie in het omgevingsdosisequivalenttempo tot binnen een kleine onzekerheidsmarge te kunnen bepalen. De resterende variatie, in de orde van $\pm 3\%$ van de gemiddelde achtergrondwaarde, wordt verklaard door andere effecten, zoals fluctuatie in terrestrische straling vanwege het ontwijken van radon in de bovenste bodemlaag. Ook is incidenteel een verlaging van het kosmische stralingsniveau vastgesteld die werd veroorzaakt door een sterke verstoring van het aardmagnetisch veld als gevolg van zonneactiviteit.

Op grond van deze resultaten is een compensatietechniek voor natuurlijke straling afgeleid waarmee kleine afwijkingen in het omgevingsdosisequivalenttempo snel en nauwkeurig opgespoord kunnen worden. Zulke afwijkingen kunnen het gevolg zijn van menselijk handelen (bv. industriële activiteiten of radiologische ongevallen) of uitzonderlijke natuurverschijnselen (bv. zware aardmagnetische stormen). Om deze techniek op een bepaalde locatie toe te passen dient men wel te beschikken over de benodigde inputparameters. Door interpolatie is het mogelijk om luchtdrukgegevens van elders te betrekken, maar voor EEDC en met name neerslag geldt dat deze gegevens door de grote ruimelijke verschillen die op kunnen treden bekend moeten zijn voor de locatie waarvoor men de compensatietechniek wil toepassen [Bla96a; Sme96; Sme97a; Sme97c].

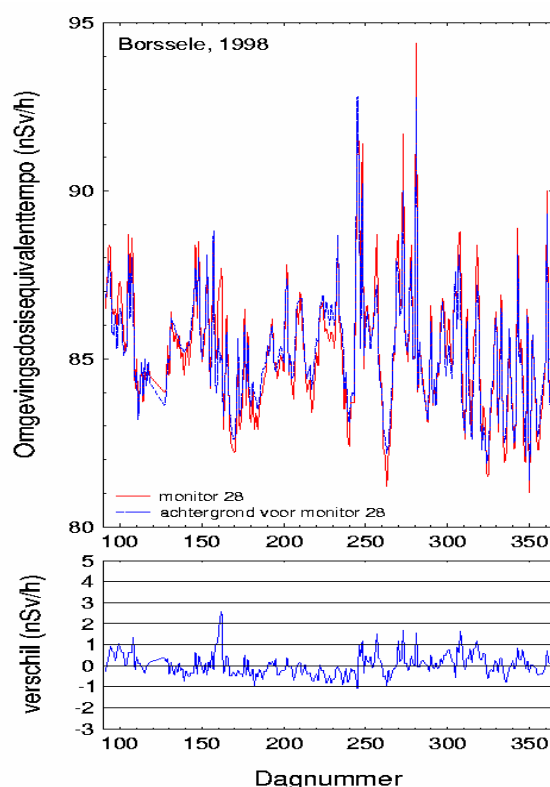
4.2 MONET Compensatiemethode

De boven beschreven compensatiemethode is zeer gevoelig maar vereist een gedetailleerde set van invoergegevens die vaak niet beschikbaar is. Om die reden heeft het RIVM een alternatieve compensatiemethode ontwikkeld die uitsluitend gebruikmaakt van (naburige) NMR-meetgegevens. Uitgangspunt is dat op de te analyseren locatie er mogelijk sprake is van een toegevoegd dosistempo door menselijk handelen, maar dat de referentiemetingen alleen variëren als gevolg van natuurlijke processen. Deze zogenaamde MONET-compensatiemethode is gemakkelijk toepasbaar maar maakt gebruik van daggemiddelde waarden en is mede daarom minder gevoelig. Op basis van de MONET-methode kunnen uitspraken gedaan worden over het al dan niet aanwezig zijn van verhogingen boven een bepaalde aantoonbaarheidsdrempel. De MONET-compensatiemethode wordt standaard toegepast op data van de MONET stralingsmeetnetten rond een aantal nucleaire installaties in Nederland [Rei00].

De MONET compensatiemethode bestaat uit drie stappen:

- 1) De eerste stap is erop gericht om vast te stellen wat de ‘natuurlijke’ variaties in het stralingsniveau zijn. Hiertoe wordt een referentie geconstrueerd op basis van daggemiddelde omgevingsdosisequivalenttempi van NMR stations. De referentie geeft een representatief beeld van de natuurlijke variaties, overeenkomend met een mediane waarde van een groep NMR monitoren die zich onderling binnen een paar procent stabiel gedragen.
- 2) Daarna wordt vastgesteld wat het stralingsniveau op de locatie van een te onderzoeken monitor is; wat de ‘natuurlijke’ variaties hierop zijn en of er niet-natuurlijke cq. lokaalspecifieke bijdragen aan het omgevingsdosisequivalenttempo van deze ‘natuurlijke’ variaties te onderscheiden zijn. Om dit vast te stellen worden de data van de monitor op de onderzoekslocatie vergeleken met de, onder 1) bepaalde, referentie:
 - a) de variaties in het stralingsniveau van de monitor op de onderzoekslocatie en de referentie worden vergeleken,
 - b) systematische, maar in de tijd constante verschillen tussen de uitlezingen van deze monitor en de referentie kunnen het gevolg zijn van vaste locatieafhankelijke parameters zoals bodemgesteldheid en bebouwing alsmede systematische verschillen in de respons van de gebruikte stralingsmonitoren. Dit constante verschil wordt bepaald en uitgedrukt in een translatiewaarde.
- 3) Uit het resterende verschil tussen de monitor en de getransleerde referentie wordt een aantoonbaarheidsniveau berekend, dat bepaald wordt door de spreiding (3σ) in het verschil tussen de referentie en de te onderzoeken monitor. Als een daggemiddelde waarde boven het aantoonbaarheidsniveau uitstijgt is dat een aanwijzing voor een mogelijke niet-natuurlijke bijdrage aan de omgevingsdosisequivalenttempo op die dag.

Figuur 3 geeft een voorbeeld van de MONET compensatietechniek [Rei00]. In dit voorbeeld is het aantoonbaarheidsniveau voor de daggemiddelde waarde 1,5 nSv/h. Dit betekent dat bijvoorbeeld een overschrijding van het omgevingsdosisequivalenttempo als gevolg van een lokaal effect gedurende één uur met meer dan 36 nSv/h met deze methode aantoonbaar is.



Figuur 3 Typisch resultaat van de MONET compensatietechniek, hier uitgewerkt voor monitor 28 van het MONET meetnet rond kerncentrale Borssele. In rood zijn de meetwaarden van monitor 28 weergegeven en in blauw de geconstrueerde achtergrond op basis van 14 NMR stations in de buurt van de kerncentrale. Daaronder is het verschil weergegeven, uitgedrukt in omgevingsdosisequivalenttempo gemiddeld over 24 uur. Het aantoonbaarheidsniveau in dit voorbeeld is gebaseerd op de 3σ spreading over een periode van ruim 270 dagen en bedraagt 1,5 nSv/h (daggemiddelde). Rond dag 160 wordt het aantoonbaarheidsniveau enkele malen overschreden [Rei00].

5 Waarschuwings- en interventieniveaus

Het Nationaal Meetnet Radioactiviteit heeft onder meer als doel om tijdig te waarschuwen voor (mogelijke) grootschalige stralingsongevallen. Het NMR hanteert daarom waarschuwingsniveaus die in hoogte gedifferentieerd zijn naar landelijke en lokale overheid [Twe06].

Indien het NMR een omgevingsdosisequivalenttempo detecteert dat de waarde van 200 nSv/h overschrijdt, dan leidt dat tot een semafoonoproep bij een geconsigneerde stralingsdeskundige van het RIVM. Het RIVM analyseert deze verhoging en neemt passende maatregelen. De waarde van 200 nSv/h is gekozen omdat natuurlijke fluctuaties zelden boven dit niveau uitstijgen. Een overschrijding van 200 nSv/h is dus een indicatie voor een mogelijke ongewone situatie, die nader onderzocht dient te worden. Het betekent echter geenszins dat er sprake zou zijn van een acuut gevaar voor de volksgezondheid.

Indien een waarde van 2000 nSv/h wordt overschreden, gaat er tevens een waarschuwing uit naar de lokale brandweer. Maar ook nu geldt dat er nog steeds geen sprake is van acuut gevaar. Dit soort situaties komt bijvoorbeeld voor als er in de buurt van een meetpost zogenaamd 'niet-destructief onderzoek' plaatsvindt (ook wel gammagrafie of radiografie genoemd) waarbij met behulp van een sterke stralingsbron lasnaden in pijpleidingen gecontroleerd worden [Sme94a].

In het kader van het Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding zijn er voor ongevalsituaties interventieniveaus afgesproken. Het laagste niveau waarbij een directe maatregel overwogen wordt (*schuilen-laag*) is gelijk aan 5 mSv, te ontvangen over de eerste 24 uur van het ongeval. Bij kernongevallen geldt als vuistregel dat 80-90% van de dosis in de eerste 24 uur veroorzaakt wordt door inhalatie. De resterende 10-20% zijn het gevolg van externe bestraling. Het omgevingsdosisequivalenttempo in zo'n situatie zou daarmee gemiddeld over 24 uur tenminste 20.000 nSv/h bedragen. Deze waarde is twee ordes van grootte hoger dan het NMR waarschuwingsniveau van 200 nSv/h. Het NMR waarschuwt bovendien op een tien-minuten gemiddelde waarde, en niet op een 24-uursgemiddelde.

Andere NPK-interventieniveaus liggen een factor 10 (*schuilen-hoog* resp. *evacuatie-laag*; 50 mSv/24u) tot 100 (*evacuatie-hoog*, 500 mSv/24u) hoger dan de NPK-waarde voor *schuilen-laag*. Het verschil met het NMR waarschuwingsniveau loopt daarmee op tot drie respectievelijk vier ordes van grootte.

Het NMR waarschuwt ook als een gemeten concentratie van kunstmatige beta-activiteit in lucht significant afwijkt van nul. Als waarschuwingsdrempel wordt hier een waarde van 3 Bq/m³ gehanteerd. Ook voor zo'n overschrijding geldt dat het een indicatie is voor een mogelijke ongewone situatie, die nader onderzocht dient te worden. Een lichte overschrijding mag niet geïnterpreteerd worden als een gevaar voor de volksgezondheid.

6 NMR en Meteo meetposten in Noord Holland

6.1 Geografische gegevens meetpost Petten (1006)

De NMR meetpost Petten (1006) ligt op het terrein van de Onderzoeks Locatie Petten (OLP).
Figuur 4 toont een luchtfoto van het gehele OLP-terrein, met daarop aangegeven de meetpost.



*Figuur 4 Onderzoeks Locatie Petten met de positie van NMR Meetpost Petten (1006)
(Bron: Google)*

In Figuur 5 is de meetpost nogmaals weergegeven, ditmaal op een luchtfoto van een gedeelte van het gehele terrein. Op deze foto zijn naast de meetpost ook de Hoge Flux onderzoeksreactor (afstand tot meetpost circa 380 m) en de zogenaamde Hot Cell Laboratories (afstand tot meetpost circa 230 m) aangegeven. In de Hot Cell Laboratories worden radiopharmaca geproduceerd, die vervolgens op transport gaan naar afnemers. Bij dit transport wordt NMR meetpost Petten (1006) gepasseerd, die zich op circa 10 meter van de weg bevindt.

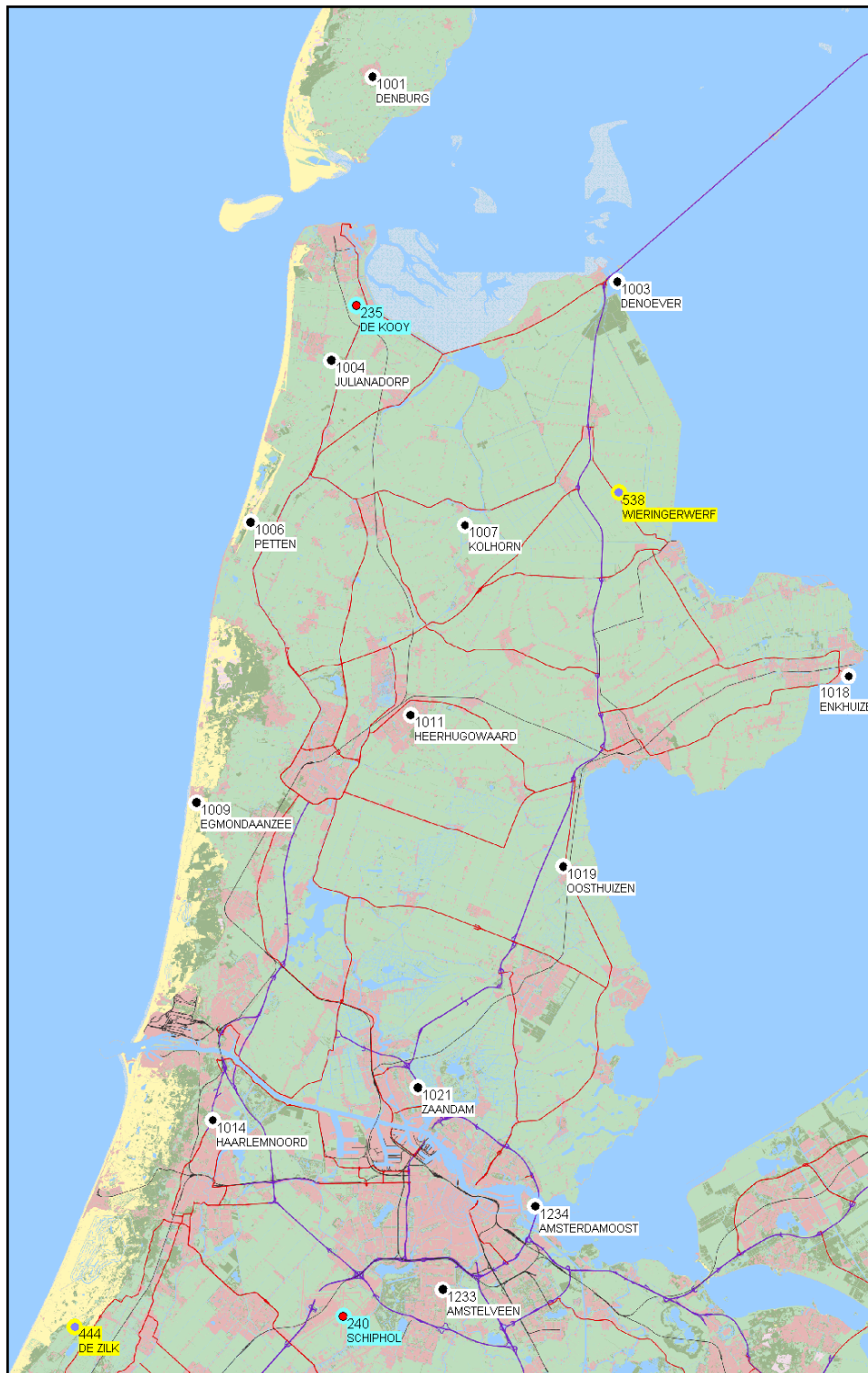


Figuur 5 Detailfoto Onderzoeks Locatie Petten (Bron: Google)

6.2 Meteostations en NMR meetposten in Noord Holland

In Figuur 6 zijn de meetposten van het NMR in Noord Holland weergegeven. De zwarte punten op een witte achtergrond geven de meetposten weer waar uitsluitend het omgevingsdosis-equivalenttempo wordt bepaald. De violette punten op geel geven de NMR stations weer waar naast het omgevingsdosis-equivalenttempo ook de alfa- en beta-radioactiviteitsconcentratie in lucht wordt bepaald.

Tevens zijn de locaties van twee KNMI meteostations weergegeven (rood op cyaan). Omdat de meetserie van De Kooy (235) in september 2001 niet volledig was, is in dit rapport voornamelijk gebruik gemaakt van meteo gegevens van Schiphol (240).



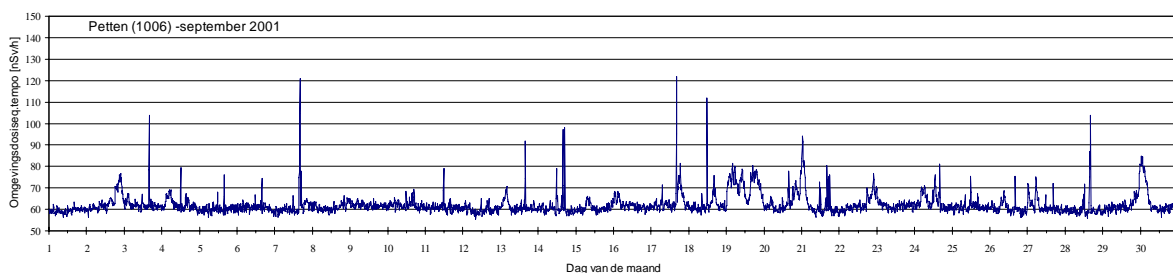
Figuur 6 Meetstations binnen een straal van 55 km rond Onderzoeks Locatie Petten van het NMR (gamma: zwart met witte achtergrond; alfa/beta: violet met gele achtergrond) en het KNMI (rood met cyaan achtergrond)

7 NMR data-analyse Noord-Holland september 2001

7.1 Analyse op basis van achtergrondberekeningen

Aan het RIVM is gevraagd om onderzoek te doen naar de aanwezigheid en mogelijke oorzaken van verhoogde stralingsniveaus in Petten en omgeving op de data 19 en 26 september 2001. In Bijlage 1 is het omgevingsdosisequivalenttempo van deze twee dagen grafisch weergegeven, met daarin aangegeven de tijdstippen waar volgens zeggen sprake zou zijn van een bijzondere situatie. Op genoemde tijdstippen zijn in de NMR-gegevens geen bijzonderheden zichtbaar.

In Figuur 7 zijn de 10-minuut gemiddelde waarden van het omgevingsdosisequivalenttempo van NMR meetlocatie Petten (1006) grafisch weergegeven voor de gehele maand september 2001. Vergelijkbare grafieken van de andere locaties van het NMR zijn te vinden in Bijlage 2.



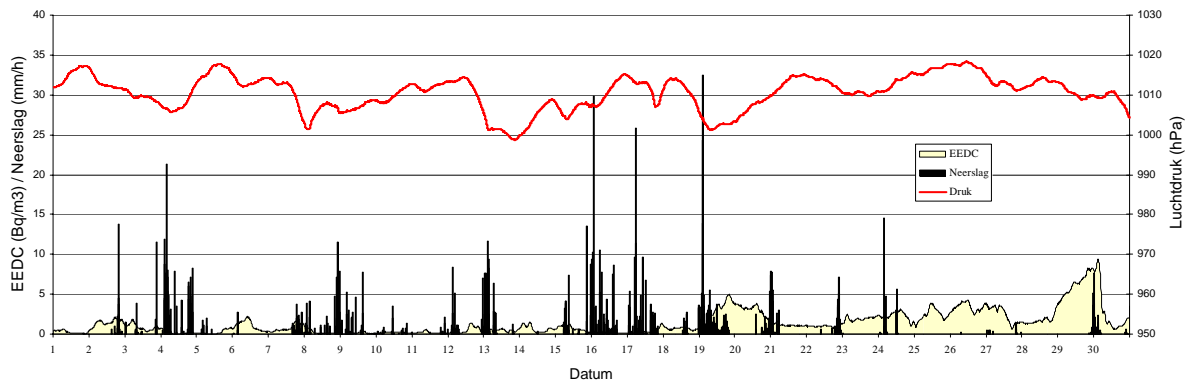
Figuur 7 Tien-minuutwaarden van het omgevingsdosisequivalenttempo, bepaald gedurende september 2001 op NMR-locatie Petten (1006). Merk op dat de y-as loopt van 50-150 nSv/h, zodat variaties in de data sterk worden uitvergroot.

De data bewegen zich tussen een minimumwaarde van 55,4 nSv/h en een maximum van 122 nSv/h. Het maximum ligt daarmee ruim beneden het NMR-waarschuwningsniveau van 200 nSv/h. De gemiddelde waarde bedraagt 62,2 nSv/h, de mediaan ligt daar met 61,1 nSv/h iets onder. Dit zijn normale waarden voor de Nederlandse situatie.

De tijdreeks laat enige structuur zien. Meest opvallend zijn enkele verhogingen die meerdere uren aanhouden (bijvoorbeeld op 2, 19 en 30 september) en een aantal ‘spikes’, dat wil zeggen kortstondige verhogingen die weer snel op het basisniveau terugkeren (bijvoorbeeld op 3, 7, 13, 17, 18, 26 en 28 september).

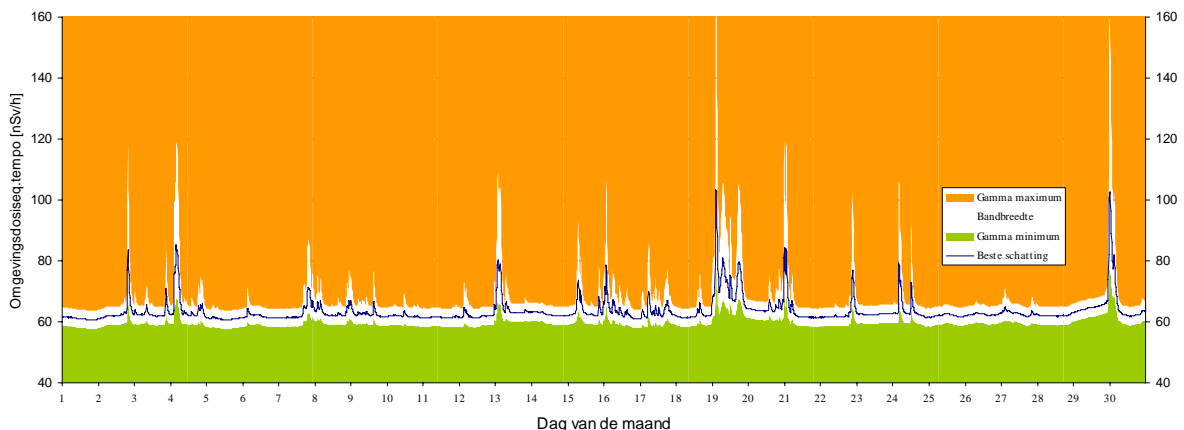
Om na te gaan in hoeverre de variatie in de data verklaard kan worden aan de hand van natuurlijke processen kan het best gebruikgemaakt worden van de in paragraaf 4.1 beschreven compensatie-methode voor de natuurlijke achtergrond. Helaas is dit in kwantitatieve zin niet mogelijk, omdat de daarvoor noodzakelijke invoerparameters (luchtdruk, regenval en EEDC) voor NMR-locatie Petten niet beschikbaar zijn. Wel kan een *kwantitatieve* vergelijking gemaakt worden, waarbij gebruikgemaakt wordt van data die elders in Noord-Holland verkregen zijn. Meteogegevens over die periode zijn beschikbaar voor de KNMI-locaties Amsterdam-Schiphol en De Kooy¹. Op de NMR-locaties de Zilk (444) en Wieringerwerf (538) worden de concentraties van alfastralers in lucht bepaald. In september 2001 gebeurde dat met betrekking tot luchtstofmonitoren van het type FAG FHT59S. Voor dat type monitor is bekend hoe alfa-gegevens kunnen worden omgerekend naar EEDC [Sme95; Sme96].

¹ Meetserie is niet compleet. Naast enkele incidentele gaten ontbreken de luchtdrukgegevens vanaf 27 september 13:20.



Figuur 8 Tien-minuutwaarden van luchtdruk en neerslag, bepaald gedurende september 2001 op KNMI-locatie Amsterdam-Schiphol, en EEDC-data van NMR-locatie De Zilk (444)

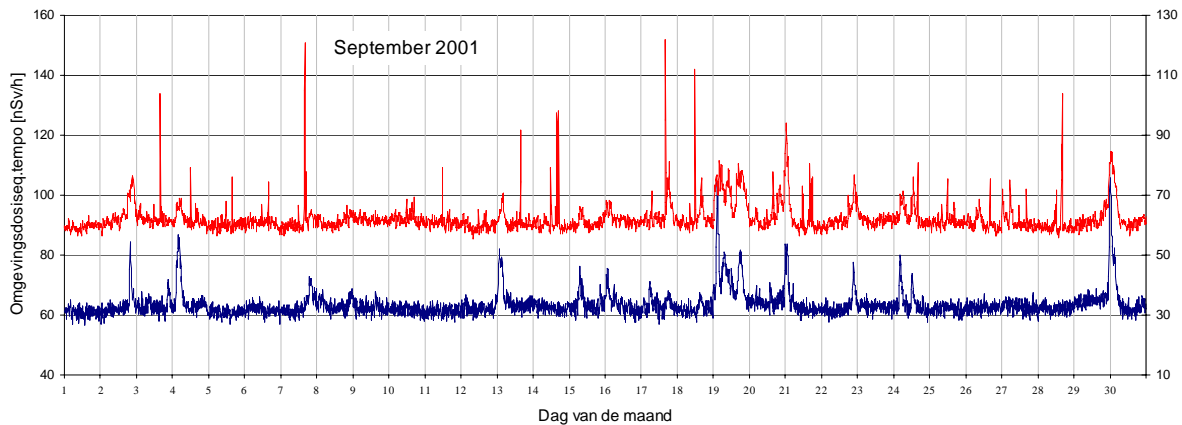
In Figuur 8 zijn voor september 2001 de tien-minuutwaarden weergegeven van luchtdruk, regenintensiteit en EEDC. De meteodata zijn betrokken van KNMI-station Schiphol (240), de EEDC-data komen van NMR-locatie de Zilk (444). Op basis van deze invoergegevens is een berekening gemaakt van de natuurlijke achtergrond, die als ‘typisch’ gekarakteriseerd kan worden voor Noord-Holland gedurende september 2001. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9 Berekende tien-minuutwaarden van het omgevingsdosisequivalenttempo, gebaseerd op invoergegevens volgens Figuur 8. De achtergrondwaarde is gelijk gekozen aan die van NMR-locatie Petten (1006).

De blauwe lijn in Figuur 9 toont de beste schatting. De witte band geeft een indicatie van de onzekerheid in de berekening. De meest dominante structuur in de data komt vanwege het neerslaan van radonochters als gevolg van hevige regenval. De maand september 2001 is door het KNMI als extreem nat beoordeeld. De dag die het meest door extreme regenval getroffen werd, was 19 september [KNMI01].

In Figuur 10 worden de gemeten data van Petten (1006) vergeleken met de beste schatting van de berekende waarden zoals boven beschreven. Voor een handige visuele vergelijking is aan de berekende waarden op synthetische wijze ‘telruis’ toegevoegd.



Figuur 10 Gemeten waarden van het omgevingsdosis-equivalenttempo op NMR-locatie Petten (1006) (boven, rode lijn, rechteras) en de berekende waarden voor de natuurlijke achtergrond (beneden, blauwe lijn, linkerass). Aan de berekende waarden is op synthetische wijze ‘telruis’ toegevoegd.

Uit de vergelijking van gemeten en berekende data blijkt dat het zeer aannemelijk is dat het grootste deel van de variatie in de data van Petten verklaard wordt door variaties in de natuurlijke achtergrond. Dat geldt in het bijzonder voor de structuur zoals waargenomen op 19 september. Dat verhogingen niet op exact hetzelfde tijdstip plaatsvinden is goed te verklaren door verschillen in het tijdstip van regenval. Dat verhogingen niet precies even groot zijn is goed te verklaren door verschillen in de hoeveelheid regenval en de onzekerheden in de berekening.

Het is zeer onaannemelijk dat lichte verhogingen in het dosistempo van NMR meetpost Petten (1006) het gevolg zijn van een lozing, omdat vergelijkbare structuren in het dosistempo te zien zijn op andere NMR meetposten, in alle windrichtingen ten opzichte van de Onderzoeks Locatie Petten.

De spikes in de data van Petten (1006), zoals onder meer waargenomen op 3, 7, 13, 17, 18, 26 en 28 september, worden niet verklaard door variaties in de natuurlijke achtergrond. Deze kortstondige verhogingen, die op geregelde tijden plaats lijken te vinden, zijn zeer waarschijnlijk het gevolg van transport van radiopharmaca op het terrein van de Onderzoeks Locatie Petten [Twe06].

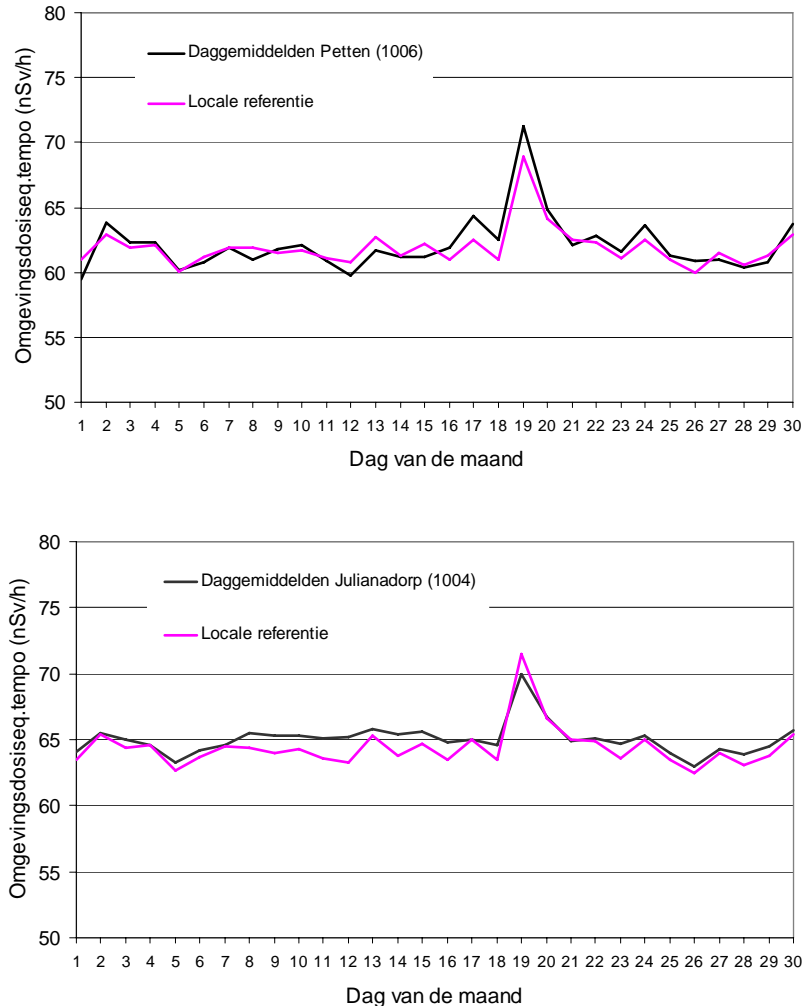
7.2 Analyse dosistempo m.b.v. de MONET-methode

Als tweede data-analyse techniek is de MONET compensatiemethode toegepast. Met deze techniek zijn de daggemiddelde data van de NMR meetposten Petten (1006) en Julianadorp (1004) geanalyseerd op mogelijk toegevoegd dosistempo. De acht NMR-meetposten die zijn gebruikt bij het berekenen van de lokale referentie staan vermeld in Tabel 1. Deze acht meetposten leverden betrouwbare en stabiele data gedurende september 2001.

Tabel 1 NMR-meetposten gebruikt voor het berekenen van de lokale referentie

NMR-post	Plaats	NMR-post	Plaats
1003	Den Oever	1014	Haarlem-Noord
1007	Kolkhorn	1018	Enkhuizen
1009	Egmond aan Zee	1019	Oosthuizen
1011	Heerhugowaard	1021	Zaandam

Uit de variatie gedurende het gehele jaar 2001 van het daggemiddelde dosistempo van een monitor ten opzichte van de referentie is het aantoonbaarheidsniveau afgeleid². Het aantoonbaarheidsniveau van NMR meetpost Petten (1006) bedroeg 2,5 nSv/h. Voor meetpost Julianadorp (1004) was dat 2,1 nSv/h.



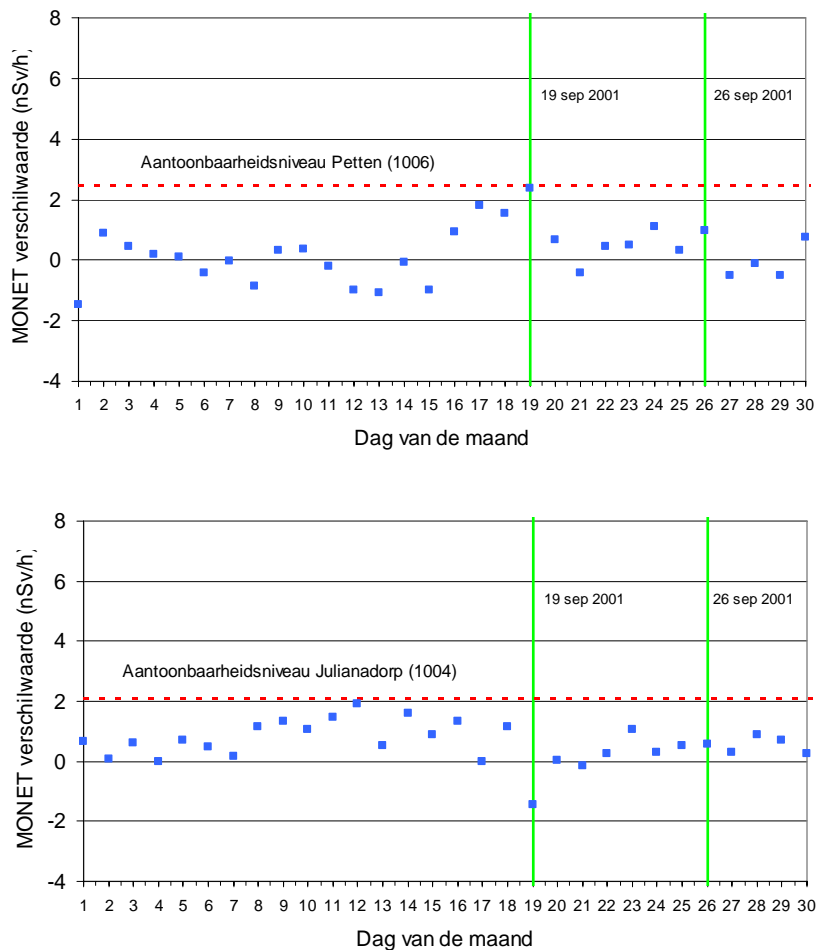
Figuur 11 Dagwaarden van het omgevingsdosisequivalenttempo van meetpost Petten (1006) (boven) respectievelijk Julianadorp (1004) (onder). In elke grafiek is tevens de volgens de MONET-methode bepaalde lokale referentiewaarde weergegeven.

In Figuur 11 zijn de daggemiddelde waarden van het omgevingsdosisequivalenttempo van de NMR meetposten Petten (1006) en Julianadorp (1004) vergeleken met de volgens de MONET-methode bepaalde lokale referentiewaarde. Daarbij valt op dat het dosistempo op 19 september in alle gevallen hoger was dan op andere dagen. De waarde in Petten is iets hoger dan de lokale referentie, terwijl die in Julianadorp juist iets lager uitvalt. Deze verhoging is vrijwel zeker het gevolg van de grote hoeveelheid neerslag die dag, in combinatie met hogere EEDC-waarden dan gemiddeld. Op 19 september viel er bij KNMI meetpost De Kooy 21 mm regen, en bij Schiphol circa 40 mm. Uit het KNMI maandoverzicht van het weer van september 2001 blijkt verder dat de depositieverschillen zeer groot waren

² De aantoonbaarheidsgrens is driemaal de spreiding van het verschil per dag rond de gemiddelde waarde van de RTV zoals die voor 2001 is bepaald. De RTV is het verschil tussen de beschouwde meetpost en de referentie.

die dag. Zo ontving Hoek van Holland 107 mm, maar Eelde slechts 5 mm [KNMI01]. Deze lokale verschillen uit zich onder meer in een relatief grote onzekerheid in de volgens de MONET-methode bepaalde referentiewaarde voor 19 september 2001.

In Figuur 12 zijn voor beide meetposten de verschillen uitgezet tussen de bruto meetwaarden en de lokale referentiewaarde. Op alle dagen blijft het verschil onder de aantoonbaarheidsgrens voor significante afwijkingen. Wel laten deze verschilwaarden enige variatie zien. Daarbij dient te worden opgemerkt dat de verschilwaarde, op deze schaal van enkele nSv/h, erg gevoelig is voor lokale verschillen in neerslag. Als de hoeveelheid neerslag bij een meetpost meer was dan de gemiddelde hoeveelheid neerslag in het gebied waarover de referentie is bepaald, dan leidt dat tot een positieve verschilwaarde. Als ergens minder neerslag viel dan gemiddeld, wordt daar een negatief verschil bepaald. Voor 19 september 2001 lijkt dat het geval te zijn geweest voor Petten (neerslag meer dan gemiddeld) en Julianadorp (neerslag minder dan gemiddeld).



Figuur 12 De daggemiddelde verschilwaarde met de lokale referentie, berekend volgens de MONET methode, voor NMR meetpost Petten (1006) (boven) en Julianadorp (1004) (onder).

8 Conclusies

De VROM-Inspectie Kernfysische Dienst heeft aan het RIVM gevraagd om NMR meetgegevens op specifieke data en tijdstippen in september 2001 nader te analyseren. Het ging daarbij om 19 september 2001 (02:29 uur) en 26 september 2001 (05:21 en 05:29 uur). Het RIVM heeft twee compensatiemethodes toegepast om de variatie in de achtergrondstraling te analyseren op ongewone bijdragen en heeft daarbij gekeken naar de gehele maand september 2001. Uit die analyses worden de volgende conclusies getrokken:

- Op de specifiek genoemde tijdstippen zijn in de NMR-gegevens geen bijzonderheden zichtbaar;
- Het omgevingsdosisequivalenttempo van NMR meetpost Petten (1006) varieert gedurende september 2001 tussen 55,4 en 122 nSv/h. Het maximum ligt daarmee ruim beneden het NMR-waarschuwniveau van 200 nSv/h;
- Uit de vergelijking van gemeten en berekende data blijkt dat het zeer aannemelijk is dat het grootste deel van de variatie in de data van Petten verklaard wordt door normale variaties in de natuurlijke achtergrond, onder andere veroorzaakt door het uitregenen van radonochters. Dat geldt in het bijzonder voor de structuur zoals waargenomen op 19 september. Deze bewering kan echter niet onomstotelijk aangetoond worden, omdat de voor de berekening noodzakelijke invoerparameters voor de locatie Petten niet beschikbaar zijn;
- Spikes in de data van Petten (1006), zoals onder meer waargenomen op 3, 7, 13, 17, 18, 26 en 28 september, worden niet verklaard door variaties in de natuurlijke achtergrond. Deze kortstondige verhogingen, die op regelde tijden plaats lijken te vinden, zijn zeer waarschijnlijk het gevolg van transport van radiopharmaca op het terrein van de Onderzoeks Locatie Petten;
- Met de MONET compensatiemethode zijn de daggemiddelde data van de NMR meetposten Petten (1006) en Julianadorp (1004) geanalyseerd op mogelijk toegevoegd dosistempo. Op alle dagen blijft het verschil onder de aantoonbaarheidsgrens voor significante afwijkingen;
- Het is zeer onaannemelijk dat lichte verhogingen in het dosistempo het gevolg zijn van een lozing, omdat vergelijkbare structuren te zien zijn op andere NMR meetposten in alle windrichtingen ten opzichte van de Onderzoeks Locatie Petten.

Literatuur

[Sme94a]

Smetsers RCGM and Lunenburg APPA van

Evaluation of the Dutch radioactivity monitoring network for nuclear emergencies over the period 1990-1993.

Radiat. Prot. Dosim. Vol. 55, No. 3, pp. 165-172, 1994

[Sme94b]

Smetsers RCGM and Blaauboer RO

Time-Resolved Monitoring of Outdoor Radiation Levels in the Netherlands.

Radiat. Prot. Dosim., Vol. 55, No.3, pp. 173-181, 1994

[Sme95]

Smetsers RCGM

An automated airborne gross- α/β monitor applied to time-resolved measurements of ^{222}Rn progeny concentrations in the air.

Health Phys., Vol. 68(3):1-7, 1995

[Sme96]

Smetsers RCGM and Blaauboer RO

Variations in Outdoor Radiation Levels in The Netherlands.

Thesis Rijksuniversiteit Groningen, ISBN 90-367-0621-1, 1996 (Ook verkrijgbaar als RIVM report 610064002)

[Bla96a]

Blaauboer RO en Smetsers RCGM

Natuurlijke straling in het Nederlandse buitenmilieu; onbegrepen variaties in de achtergrond verklaard.

NVS Nieuws 21e jaargang nr. 3, pp. 3-9. (1996)

[Bla96b]

Blaauboer RO and Smetsers RCGM

Outdoor Concentrations of the Equilibrium-Equivalent Decay Products of ^{222}Rn in the Netherlands

RIVM Annual Scientific Report 1995, pp. 46-49 (1996)

[Bla97]

Blaauboer RO and Smetsers RCGM

Outdoor Concentrations of the Equilibrium-Equivalent Decay Products of ^{222}Rn in the Netherlands and the Effect of Meteorological Variables.

Radiat. Prot. Dosim., Vol. 69(1), pp. 7-18 (1997)

[Sme97a]

Smetsers RCGM and Blaauboer RO

A Dynamic Compensation Method for Natural Ambient Dose Rate Based on 6 Years Data from the Dutch Radioactivity Monitoring Network.

Radiat. Prot. Dosim., Vol. 69(1), pp. 19-31 (1997)

[Sme97b]

Smetsers RCGM and Blaauboer RO

Source-Dependent Probability Densities Explaining Frequency Distributions of Ambient Dose Rate in the Netherlands.

Radiat. Prot. Dosim., Vol. 69(1), pp. 33-42 (1997)

[Sme97c]

Smetsers RCGM and Blaauboer RO

Tracing Anomalous Events in a Large and Varying Natural Background of Ionising Radiation

RIVM Annual Scientific Report 1996, pp. 21-23 (1997)

[Rei00]

Reinen HAJM, Stoop P, Slaper H

Methode voor bepaling van het aan de achtergrond toegevoegde stralingsniveau voor het MONET meetnet
RIVM Rapport 610330021, Bilthoven (2000)

[KNMI01]

Maandoverzicht van het weer in Nederland – september 2001

KNMI ISSN 0167-8248, MOW-Bulletin 98^{ste} jaargang nr 9, De Bilt (2001)

[Hoo02]

De Hoog C, van Tuinen S, en Aldenkamp FJ

Het Nationaal Meetnet Radioactiviteit. De tweede generatie.

NVS Nieuw 2002 nr. 2, pp. 32-36. (2002)

[Twe06]

Twenhöfel CJW, de Hoog van Beynen C, van Lunenburg APPA, Slagt GJE, Tax RB, van Westerlaak PJM and Aldenkamp FJ

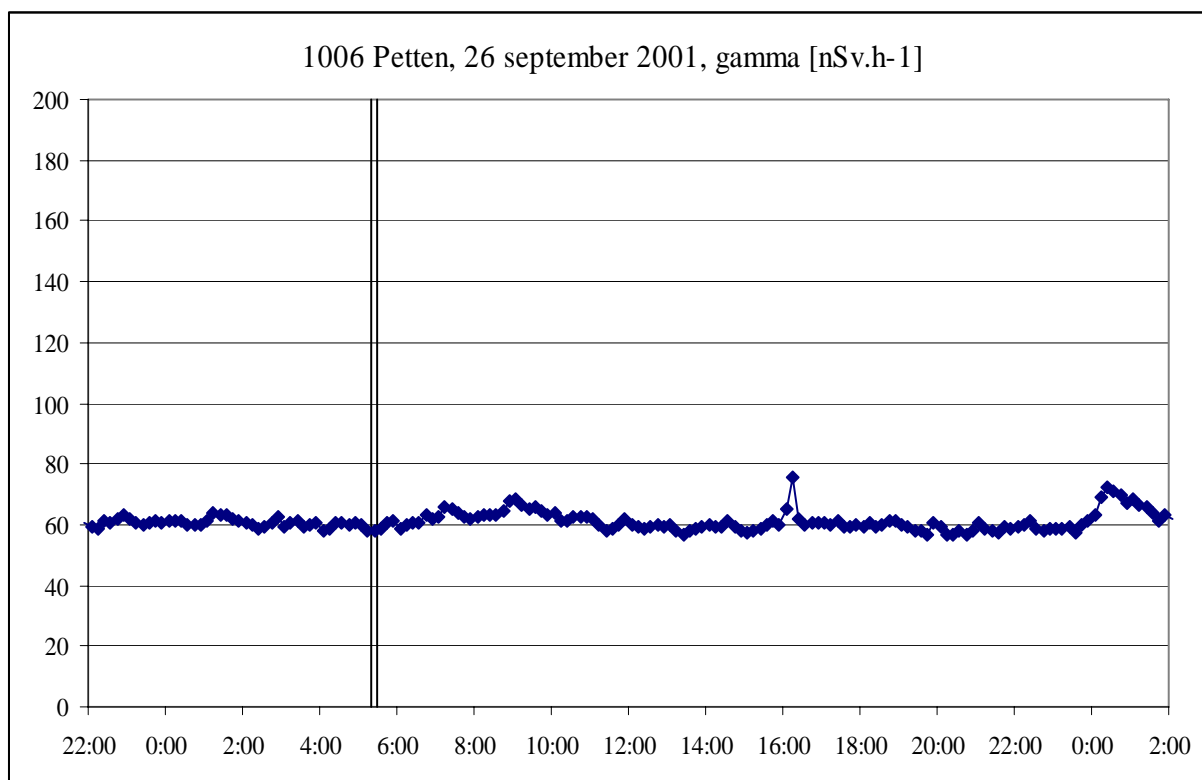
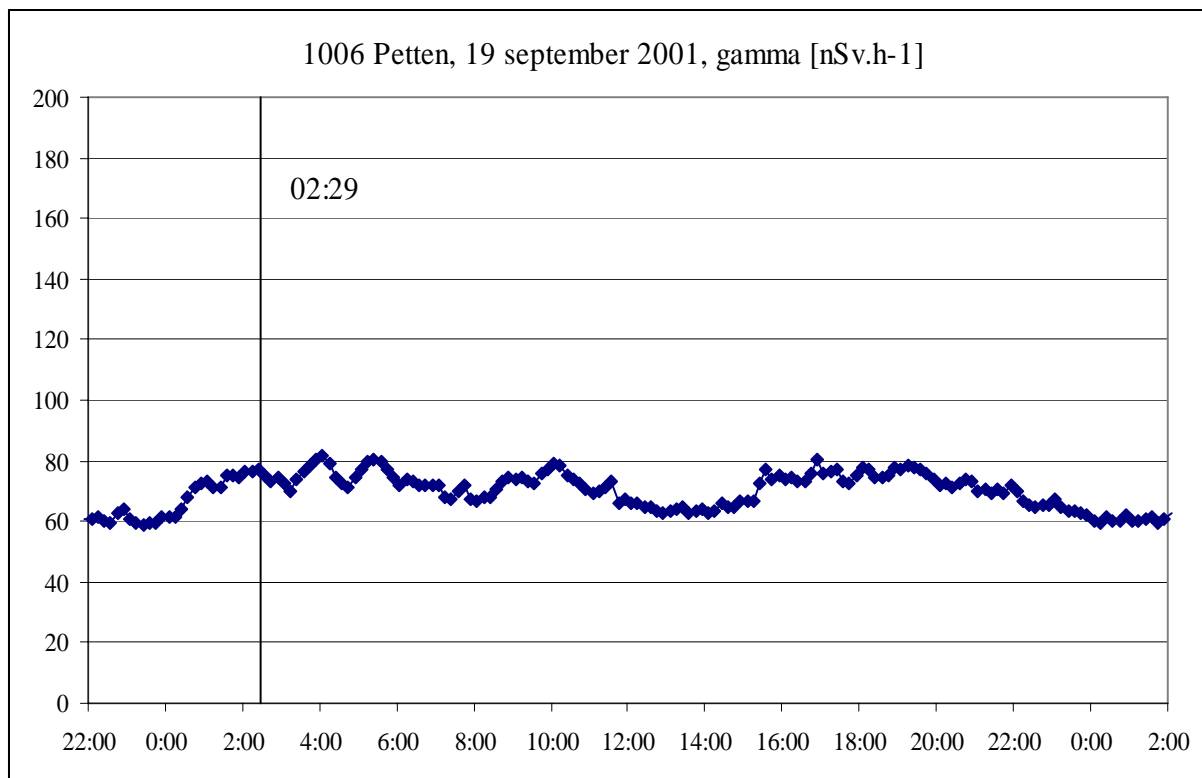
Operation of the Dutch 3rd Generation National Radioactivity Monitoring Network.

In: Automatic Mapping Algorithms for Routine and Emergency Monitoring Data.

EU-report EUR 21595 EN, pp. 19-31. Luxembourg (2006)

Bijlage 1 Dosistempo Petten, op 19 en 26 september 2001

Het omgevingsdosisequivalenttempo [nSv/h] van NMR meetpost Petten (1006) voor twee geselecteerde dagen in september 2001. De verticale lijnen geven tijdstippen aan waarvoor door een derde partij onregelmatigheden gerapporteerd zijn aan de VI/KFD.



Bijlage 2 Stralingsdata Noord-Holland van september 2001

Bijlage 2 geeft voor de periode september 2001 een overzicht van het omgevingsdosis-equivalenttempo [nSv/h] van zeven NMR gamma meetposten en de alfa-activiteitsconcentratie in lucht [Bq/m^3] van twee NMR alfa/beta meetposten in Noord Holland.

