



DOOR TJERK KUIPERS, CEES VAN 'T WOUT EN FRANS BADER

Steekwoorden: smartphone, stralingssensor, Fukushima, iPod, iPhone, straling, hardware specificaties, review, zelfbouw, Frisk, kalibratie, energieresponsiecurve, kickstarter.com, Japan, gebruikershandleiding.

Inleiding

Naar aanleiding van het nucleair incident in Fukushima en de daaropvolgende uitverkoop van dosistempomonitors zijn enkele wetenschappers in Japan van mening dat iedere burger in Japan recht heeft op het kennen van het stralingsniveau (omgevingsdosisequivalenttempo) in zijn of haar buurt.

In Japan is de bevolking zich zeer bewust van hun omgeving en wat men ademt of opeet. Zeker sinds de recente aardbevingen en tsunami die voor grote problemen hebben gezorgd in en rondom de prefectuur Fukushima. Het team van Radiation-watch.org is van mening dat iedereen - kinderen, studenten, moeders, ouderen - het recht heeft om de juiste stralingsniveaus te kennen, vooral in en rondom Fukushima. Informatie met betrekking tot stralingsniveaus moet gemakkelijk toegankelijk zijn, net als de buitentemperatuur of een weersverwachting. Dit bracht een team van internationale vrijwilligers (ingenieurs, ontwerpers en wetenschappers) op het idee om een Smart Radiation Detector te ontwerpen die aangesloten kan worden op een iPhone, iPod of iPad om zo de omgevingsdosis weer te geven. Japan is een technologisch hoog ontwikkelde maatschappij en veel Japanse burgers zijn dan ook in het bezit van een smartphone als een iPhone. In theorie zou de reken capaciteit van een iPhone ruim voldoende moeten zijn om, gecombineerd met een externe stralingssensor, ingezet te worden als dosistempomonitor. Daartoe hebben ze een stralingssensor en software (app) ontwikkeld die zou moeten voldoen aan gestelde deelcriteria zoals gevoeligheid en reproduceerbaarheid. Nu zijn er enkele stralingsdeskundigen in Nederland die hun oog lieten vallen op de website van de wetenschap-

pers (www.radiation-watch.org) en de iPhone-gadget wel eens even onder handen wilden nemen. Na enige communicatie met Japan werden een paar testexemplaren opgestuurd. Zo kreeg VSL in Delft begin augustus 2011 de beschikking over een prototype van de Smart Radiation Detector (Frisk Radiation Meter). De detector was hierbij gekoppeld aan een Apple iPod Touch die was geladen met software versie 1.01 van 26 juli 2011.

Behalve actieve dosimetrie kan ook passieve dosimetrie toegepast worden om een stralingsblootstelling te bepalen. Zo wordt in Duitsland bijvoorbeeld onderzoek verricht naar de 'chipknip'-chips. Bijna iedere burger draagt één of meerdere van deze chipknipachtige kaarten bij zich. De diversiteit van dit type chipskaarten is klein zodat het wellicht loont tot kalibratie voor fotonenstraling en eventueel neutronen. Na een stralingsincident is door middel van uitlezing van de chips een indicatie mogelijk van de mate en soort stralingsblootstelling.

De dosistempomonitor

Een eerste ontwerp betrof een detector op basis van een GM-telbuis. Vanwege de hoge energieconsumptie van een dergelijk ontwerp is het team overgestapt op acht parallel geschakelde PIN-diodes. Het meetprincipe berust op de absorptie of verstrooiing van ioniserende straling die zorgt voor een elektrische lading in een fotodiode. Deze ladingsveranderingen per tijdseenheid worden omgezet in spanningspulsen die versterkt en geteld kunnen worden in een relatief eenvoudig zelf te bouwen (evt. kant-en-klaar verkrijgbaar) schema. Het ontwerp is in te bouwen in een FRISK-verpakking (zie figuur 1).

De hardware in dit artikel getest, is een uitvoering met acht PIN-diodes, een opamp en wat andere componenten. Een PIN-diode wordt ook wel gebruikt als IR-ontvanger in TV's en moet voor deze toepassing dan ook lichtdicht gemaakt worden om ongewenste signalen te voorkomen. Bij het toegezonden exemplaar was dit vakkundig gedaan met behulp van een dik aluminiumfolie.



Figuur 1: Complete opengewerkte meetopstelling inclusief iPod. De print is omwikkeld met aluminiumfolie en bij de aansluitingen ook met zwarte tape. Daarnaast gelegen het Cu-plaatje van 1 mm dikte.

Ter eliminatie van de overgevoeligheid van de PIN-diodes voor lage fotonenergieën (60 keV en lager), is eenzijdig een 1 mm dik koperfilter ingebouwd. De print wordt extern gevoed met een 9 V batterijblokje. Met een 3,5 mm TRRS¹⁾-connector wordt de print aangesloten op de iPhone. Via de microfoonopening worden de signalen overgedragen.

Metingen

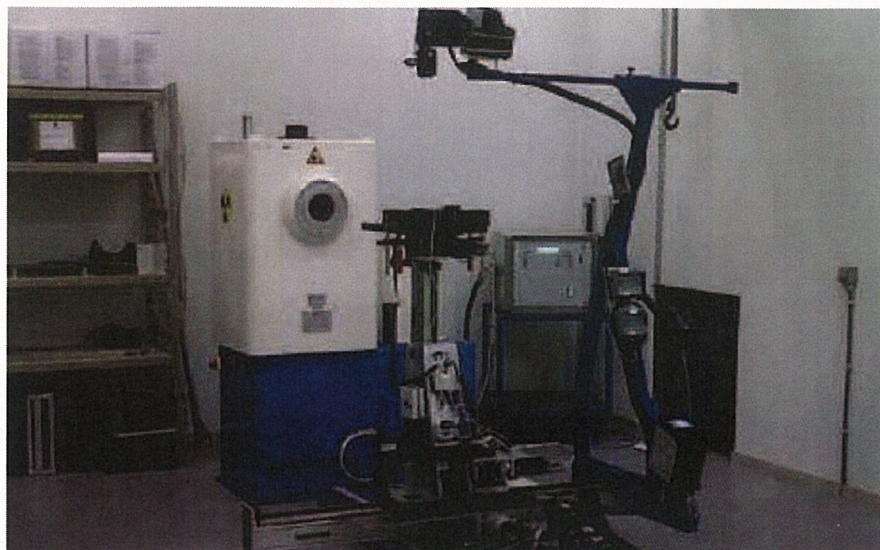
Een van de eerste testen uitgevoerd door de ontwerpers zelf, was een functionaliteitscontrole met een Cs-137 bron op een prototype sensor met één PIN-diode. De integratietijd is bij de Defensiemetingen vastgezet op 30 seconden. Een nadeel van deze redelijke lange integratietijd is dat de downfalltime lang is. De detector is op de pijnbank gelegd in de kalibratieruimtes (zie figuur 2 en 3) voor radiologische meetapparatuur van het ministerie van Defensie²⁾ en van VSL, Delft³⁾.

Defensie

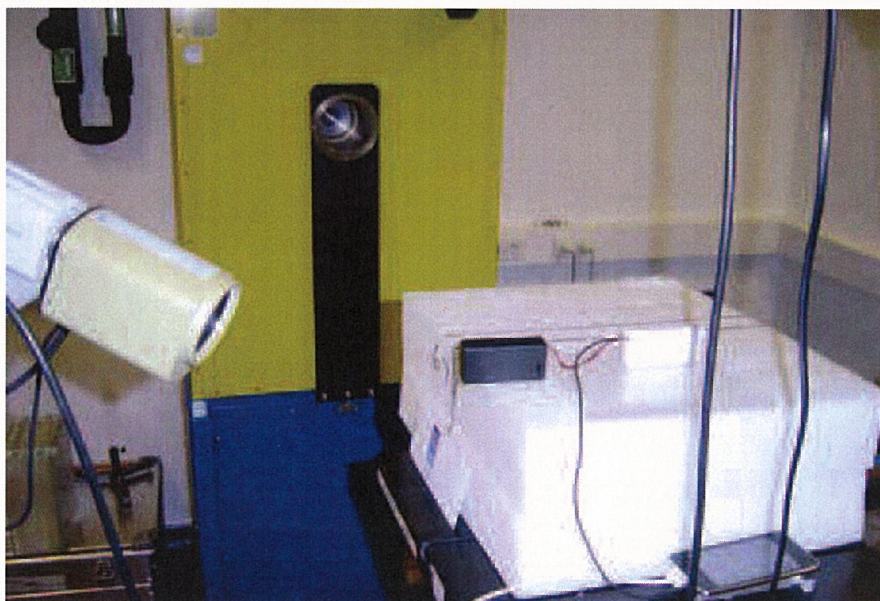
In de kalibratieruimte van het ministerie van Defensie is het mogelijk ISO 17025 gecertificeerd dosistampi te realiseren met Cs-137 variërend van 282 nSv/h tot 6,8 Sv/h. Voor de metingen zijn Cs-137 en Co-60 bronnen gebruikt op verschillende afstanden van de stralingssensor. Er is naar enkele detectorparameters gekeken zoals het meetbereik en de lineariteit daarvan, de aanstraalrichtingsafhankelijkheid, de energie-efficiëntie en de mogelijkheid om spectrale informatie weer te geven.

VSL

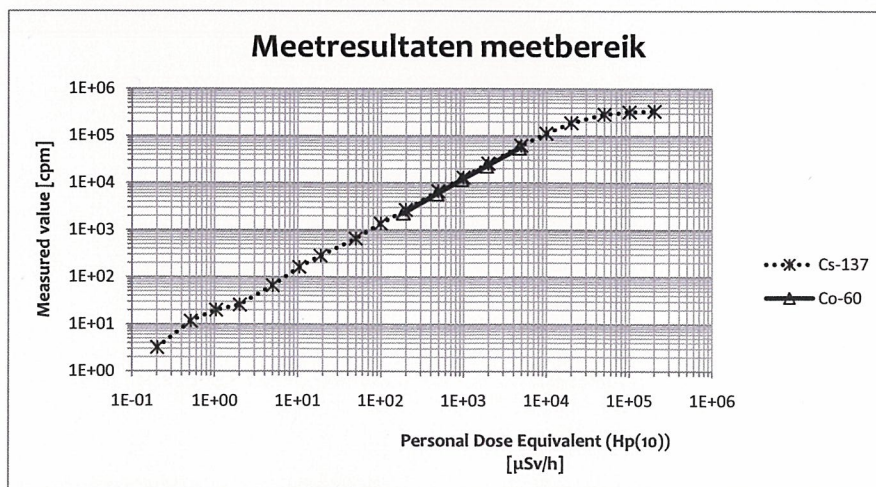
Onderzocht is de lineariteit over een meetbereik van 6 decaden vanaf 0,6 $\mu\text{Sv/h}$ tot 6 mSv/h door bestraling met gammastraling van Cs-137. Voorts is de responsie onderzocht voor gammastraling van Cs-137 en Co-60 en die voor bètastraling van Sr-90/Y-90. De experimenten zijn ten minste tweemaal uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de reproduceerbaarheid. Voor de bestraling met gammastraling van Cs-137 en Co-60 is gebruik gemaakt van een bestralingsfaciliteit met een ISO-4037 collimator.



Figuur 2: De kalibratieruimte voor stralingsmeetapparatuur van het Ministerie van Defensie.



Figuur 3: De kalibratieruimte voor stralingsmeetapparatuur van VSL Delft..



Figuur 4: Resultaten van metingen aan het bereik van de stralingssensor (Defensie).

¹⁾ Tip-Ring-Ring-Sleeve ²⁾ Met dank aan Defensie Materieel Organisatie/Logistiek Centrum Woensdrecht/Afdeling Techniek/Product Eenheid Grondgebonden Systemen en Missieondersteuning/Cluster CBRNe ³⁾ www.vsl.nl



Voor de bestraling met bètastraling van Sr-90/Y-90 is gebruik gemaakt van een Buchler beta-ray-faciliteit.

Meetresultaten

De detector is bij Defensie getest als ware het een persoonsdosistempometer, Hp(10). Het meetbereik is getest vanaf achtergrondstralingsniveau tot en met 0,2 Sv/h, zie figuur 4. In het lage dosistempogebied zijn metingen verricht door de groep zelf met een enkele Cs-137 bronnen en langere meettijden (zie figuur 5).

De aanstraalrichtingsafhankelijkheid is bij Defensie getest onder een hoek van 45° waarbij een reductie van 25 % van de meetwaarde gemeten is.

De gevoeligheid, overigens zonder koperfilter, voor laag energetische β -deeltjes is laag en neemt toe met hogere energieën, zoals Sr-90 ($\epsilon=971$ Bq/cps).

Niet alleen bij trillingen maar ook vanaf 500 $\mu\text{Sv/h}$ verscheen het woord NOISE rood in beeld. Op deze wijze worden hoge dosistempi genegeerd als ruis. De software moet hier op aangepast worden.

Bij de experimenten van VSL is men uitgegaan van een surveymonitor, $H^*(10)$. In figuur 6 is een presentatie weergegeven van de verkregen resultaten.

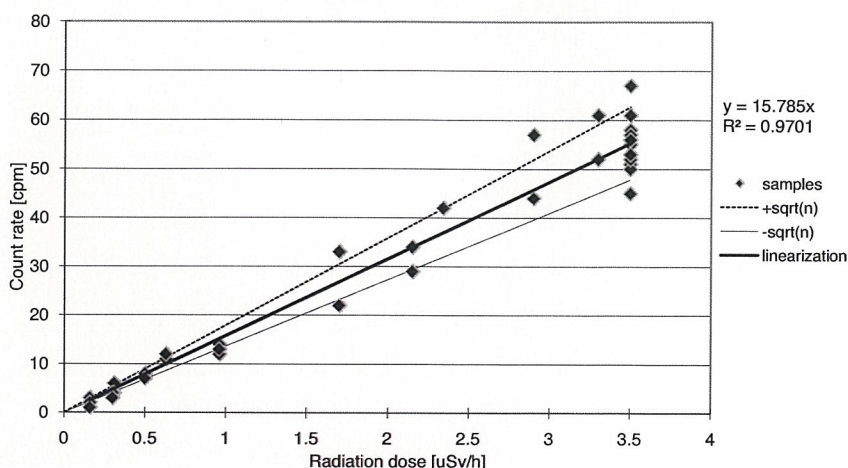
Tijdens de periode van de testen bedroeg de aanwijzing van de detector voor de bijdrage tengevolge van de achtergrond en de nulwaarde $1 \text{ cpm} \pm 1 \text{ cpm}$.

Conclusie

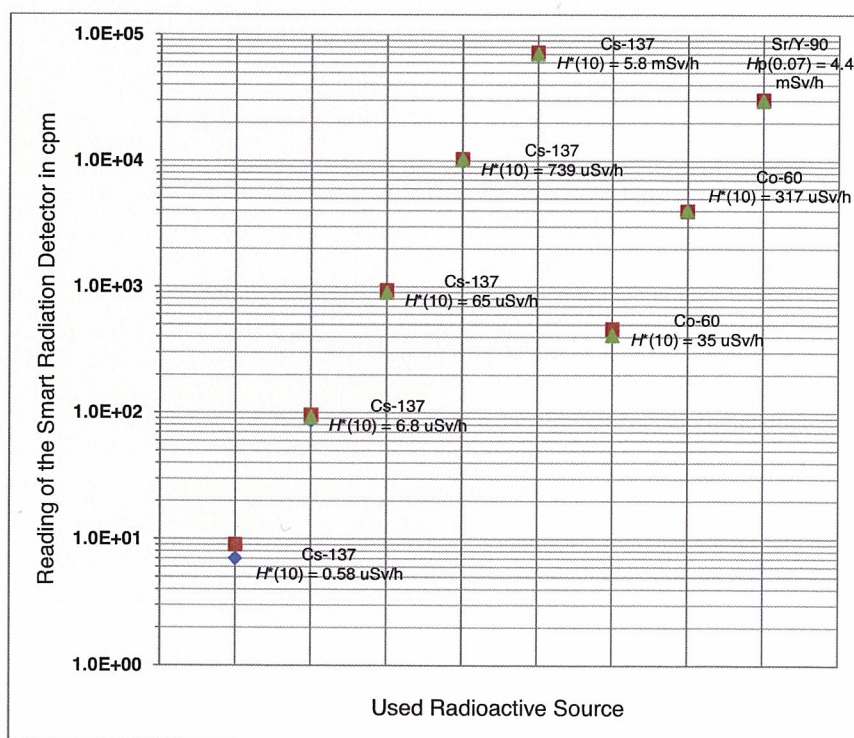
De spectrumanalyzer in softwareversie 1.01 is getest met verschillende isotopen maar de resolutie is erg laag en niet bruikbaar voor energiediscriminatie. De functie is weggelaten in latere softwareversies.

Een overtuigend verschil in de fotonen-energieafhankelijkheid tussen Cs-137 en Co-60 is noch door VSL noch door Defensie geconstateerd. De responsie bij VSL

Sensitivity of the Smart Radiation Detector for gamma particles
Checking source: Cs-137, 2.02MBq



Figuur 5: Resultaten van gevoeligheidsmetingen van de stralingssensor (Japan).



Figuur 6: Resultaten van metingen van het bereik van de stralingssensor (VSL Delft).
De standaarddeviatie van de aanwijzing is kleiner dan de hier toegepaste markers.

voor gammastraling van Cs-137 en Co-60 bedroeg $13 \text{ cpm} \pm 2 \text{ cpm}$ per $\mu\text{Sv/h}$, bij een $H^*(10)$ gelegen tussen 0,6 $\mu\text{Sv/h}$ en 6 mSv/h. Wel kwam het een paar keer voor dat de detector geen reactie gaf bij aanstraling met een $H^*(10)$ van 0,6 $\mu\text{Sv/h}$ en

dus achtergrond bleef aanwijzen.

Door verhoging van $H^*(10)$ net over de 1 $\mu\text{Sv/h}$ bracht de detector weer tot leven. Bij Defensie bedroeg de responsie voor Cs-137 10 cpm per $\mu\text{Sv/h}$, bij een Hp(10) gelegen tussen 0,2 $\mu\text{Sv/h}$ en 10 mSv/h.



De responsie voor bètastraling bij VSL van Sr-90/Y-90 bedroeg $7 \text{ cpm} \pm 1 \text{ cpm per } \mu\text{Sv/h}$, bij een Hp(0.07) van $4,5 \text{ mSv/h}$. Voor detectie van bètastraling moet echter wel het koperfilter verwijderd worden. Dit koperfilter zou bijvoorbeeld als een verschuifbare shield uitgevoerd kunnen worden (koperen yen).

Gebruik van een 9 volt batterij maakt het geheel wat minder handzaam en ook de energieconsumptie mag minder. Bij VSL was na ongeveer twee uren gebruik vervanging van de batterij noodzakelijk, dit euvel is niet geconstateerd tijdens de experimenten bij Defensie. Een klein formaat oplaadbare Li-Ion accu geïntegreerd met de Frisk-box is mogelijk een oplossing.

Bij beide systemen is geconstateerd dat bij dender en trillingen ruis gecreëerd wordt dat door de software gezien wordt als NOISE. De software (versie 1.01 26 juli 2011) liet op het moment van testen nog wel te wensen over, maar ten tijde van dit schrijven zijn er reeds vier software-updates uitgegeven die veelbelovend zijn. Zo is bijvoorbeeld de weergave gewijzigd van cpm naar Sv/h opdat het apparaat als surveymonitor, dan wel als persoonsdosimeter, gebruikt kan worden.

Gezien de eenvoud van het systeem en gelet op de verkregen testresultaten is bij beide kalibratiecentra een positieve indruk ontstaan en heeft de Smart Radiation Detector zeker de potentie om tot een volwaardige gadget uit te groeien.

Na de gebleken geschiktheid voor Apple's iPod, iPhone en iPad komen hopelijk de Blackberry's, HTC's, Samsung's, Nokia's enzovoort, ook aan de beurt?