

Achtergronden van Straling

Door: Frits Versluijs

De samensteller van dit overzicht heeft als stralingsdeskundige ruim 30 jaar ervaring opgedaan bij diverse grote Nederlandse instellingen en daardoor ruime kennis en ervaring opgebouwd op het terrein van straling en stralingsveiligheid.

Na iedere calamiteit met kernenergie verschijnen berichten in de media die bol staan van termen als straling, fall out, melt down, dosis, besmetting, Sievert, Becquerel enz. De samenhang hiertussen is vaak ver te zoeken terwijl de terminologie ook niet altijd op juiste wijze wordt gehanteerd. Het is dan ook begrijpelijk dat menigeen het spoor bijster raakt en de essentie in de berichtgeving niet meer volgt. Onderstaand overzicht van een aantal termen en achtergronden beoogt hierin enige orde te scheppen. Geheel compleet kan het in dit bestek niet zijn en omwille van de leesbaarheid is het nodig om enkele vereenvoudigingen aan te brengen.

Radio-activiteit en kernsplijting

Alle materie is samengesteld uit atomen of elementen. Hiervan bestaan er ruim 100 en iedereen kent voorbeelden als waterstof, ijzer of goud. Deze atomen zijn normaal gesproken stabiel, maar van de meesten bestaat ook een radio-actieve versie. De chemische eigenschappen zijn gelijk aan de stabiele versie, maar de rangschikking van de bouwstenen binnen zo'n atoom (neutronen, protonen en elektronen) is niet evenwichtig. Dit wordt spontaan hersteld door energie te lozen in de vorm van straling waarbij het atoom verandert in een atoom met andere eigenschappen, het vervalproduct. Een van de vervalproducten van radio-actief Koolstof-14 is bv. Stikstof. Dit vervalproces duidt men aan met "desintegratie". Dit "spontane" verval verloopt in een vast patroon. In een bepaalde tijd vervalt de helft van de radio-actieve atomen en deze halveringstijd is uniek voor het betreffende atoom. Zo bedraagt de halveringstijd voor Jodium-131 8 dagen en voor Cesium-137 30 jaar.

Een bijzondere vorm van radio-actief verval is kernsplijting. Sommige atomen zoals Uranium en Plutonium zijn zo groot, dat ze spontaan in meerdere kleine brokstukken (splijtingsproducten) uiteenvallen waarbij straling wordt uitgezonden en tevens warmte ontstaat. Enkele bekende splijtingsproducten zijn Cesium, Jodium en Strontium die zelf ook weer radio-actief zijn (zie ook het kader hiernaast).

Soorten straling

Grofweg kunnen we de bekendste vormen van straling opsplitsen in:

a- Niet-ioniserende straling zoals licht, radio-signalen, warmte en GSM-signalen die geen risico van betekenis opleveren. Wel is algemeen bekend dat een te hoge dosis UV-licht op

termijn kan leiden tot huidkanker.

b- Ioniserende straling zoals gammastraling en Röntgenstraling. Dit zijn elektromagnetische verschijnselen. Daarnaast kennen we alfa-, bèta- en neutronenstraling die bestaan uit kleine vaste deeltjes afkomstig uit atoomkernen.

Eigenschappen van ioniserende straling

Met name gammastraling heeft gemiddeld een vrij hoge energie en is daarmee lastig tegen te houden. Rond kerninstallaties wordt dan ook veel afschermingsmateriaal aangebracht in de vorm van staal, lood en beton. Als bij een calamiteit de afscherming defect raakt, dan kan de gammastraling naar buiten treden en personen in de omgeving bestralen. Voldoende afstand houden beperkt dan de uitwendige stralingsdosis (zie ook het kader hiernaast).

De zogenaamde deeltjesstraling is makkelijker tegen te houden en binnen een kernreactor is het koelwater al genoeg om te voorkomen dat deze straling naar buiten treedt. Wel kunnen na brand en/of explosie deze radio-actieve atomen in de atmosfeer terecht komen. Hierbij is het belangrijk om deze “fall out” zo min mogelijk in te ademen of via voedsel binnen te krijgen. Doordat deze radio-actieve stoffen gedurende langere tijd in het lichaam blijven veroorzaken ze in die periode weefselschade. Ook gamma- en röntgenstraling zullen in deze fall out voorkomen.

Hoe bijzonder is radio-activiteit?

Eigenlijk is het helemaal niet bijzonder, het zit overal om ons heen. De zon die alle leven op aarde mogelijk maakt, is één hele grote kernbom die naast licht en warmte ook veel ioniserende straling uitzendt. Onder invloed van deze en andere kosmische straling ontstaan in de atmosfeer continue nieuwe radio-actieve stoffen. Koolstof-14 is hiervan het bekendst omdat alle organismen het hun hele leven opnemen. Het aanwezige Koolstof-14 kan daardoor gebruikt worden om de ouderdom van bv. fossielen te bepalen. Ook het noorderlicht is een verschijnsel dat door kosmische straling wordt veroorzaakt. De atmosfeer rond de aarde houdt veel kosmische straling tegen. Gaat men echter op grote hoogte vliegen, dan neemt het stralingsniveau toe. Een intercontinentale vliegreis leidt tot een stralingsdosis van 0,003 milliSievert per vlieguur (zie uitleg over doses hierna).

Vanuit de bodem staan wij ook bloot aan straling door de aanwezigheid van radio-actieve stoffen als Kalium-40, Uranium-238 en Radium-226. Deze radio-actieve stoffen komen uiteindelijk terecht in diverse bouwmaterialen. Bijna niemand realiseert zich, dat K-40 veel voorkomt in glazuur en derhalve in elke toiletpot meetbaar is. Ra-226 komt veel voor in beton en gips en veroorzaakt een gehalte aan Radon-222 gas in de atmosfeer van woningen en gebouwen. Leuk is te vermelden dat, indien men een voetbalveld één meter diep uitgraaft, de totale berg grond wel 600 kg natuurlijk uranium bevat en op sommige plaatsen in Zeeland een veelvoud hiervan! Dit komt weer terecht in groenten en is bij iedereen meetbaar in de ontlasting.

Hoe is angst voor straling te verklaren?

Van nature zijn mensen bang voor nieuwe ontwikkelingen. Tegen de komst van de stoomtrein is

destijds ook flink geprotesteerd. De atoombommen op Japan in de Tweede Wereldoorlog dragen ook al niet bij aan een vriendelijk beeld van atoomenergie. Daarnaast zijn onze zintuigen niet in staat om radio-actieve straling waar te nemen en daardoor lijkt het op een sluipmoordenaar. Zodra men echter ergens voordeel van heeft, dan neemt de aversie ertegen af. Bij zonnebaden wordt een kleine kans op huidkanker door UV-licht voor lief genomen. Hetzelfde geldt voor het risico dat men neemt door deelname aan het verkeer. Bij ioniserende straling denkt men daar ineens anders over. De kans dat iemand overlijdt aan kanker is in Nederland ca. 33%. Dat hier door de ramp in Tjernoby 0,001 % bij komt ervaart men als bedreigend. Het gaat vaak om een stukje onbekendheid met allerlei risico's waaraan iedereen in de samenleving wordt blootgesteld. Winning en gebruik van fossiele brandstoffen als steenkool en olie hebben bij elkaar vele malen meer slachtoffers geëist dan alle kernenergie(ongevallen) tot nu toe. Denk maar aan ongevallen in mijnen en op boorplatforms, gezondheidsklachten bij mijnwerkers en luchtverontreiniging door kolencentrales, fabrieken en verkeer, waarbij grappig genoeg ook radio-actieve stoffen in de atmosfeer komen. Bij elkaar meer dan van een kerncentrale in normaal bedrijf.

Hoe is een stralingsdosis opgebouwd?

Dit kan op meerdere manieren, maar de volgende begrippen spelen hierbij een rol:

- c- De activiteit van een radio-actieve stof. Dit wordt aangeduid met de eenheid Becquerel die aangeeft hoeveel atomen per seconde uiteenvallen onder uitzending van straling. Hoe vaker dit gebeurt, des te hoger het stralingsniveau.
- d- De energie van de straling. Deze wordt meestal uitgedrukt in mega-elektronvolt (MeV). Hoe hoger deze waarde hoe moeilijker de straling is af te schermen voor de omgeving.
- e- De soort straling. Gamma- en röntgenstraling hebben een groter doordringend vermogen dan deeltjesstraling. Hierdoor is het aan de ene kant lastiger af te schermen, maar de vrijgekomen energie verdeelt zich over het menselijk lichaam als dat geraakt wordt. De stralingschade is hierdoor relatief klein. Alfa-, bèta- en neutronenstraling worden juist door menselijk weefsel goed "ingevangen". Hierdoor ontstaat in een klein weefselgebied een hoge energie-afgifte met grote schade tot gevolg. Vooral schade aan ons erfelijk materiaal, de chromosomen, kan leiden tot afwijkingen in het nageslacht en/of het ontstaan van kanker.
- f- De aard van het bestraalde weefsel. Het ene soort weefsel is gevoeliger voor straling dan het andere.

Omdat zoveel factoren een rol spelen is een éénduidige dosisbepaling lastig en zal veelal individueel "maatwerk" nodig zijn.

Enkele dosisgetallen

De natuurlijke straling varieert van plaats tot plaats. In steenachtige gebieden ligt het door aanwezigheid van allerlei ertslagen hoger dan elders. In Nederland is de straling vanuit de kleibodem ook weer hoger dan op de zandbodem, omdat in klei een verhoogde concentratie van het radio-actieve Kalium-40 voorkomt. De straling waar de "gemiddelde" Nederlander jaarlijks aan bloot staat ligt op ca. 2,5 milliSievert per jaar en is globaal als volgt verdeeld:

- g- Kosmische straling: 0,32 mSv
- h- Straling uit de bodem: 0,45 mSv
- i- Straling vanuit bouwmaterialen: 1 mSv
- j- Industrie en overige bronnen: 0,44 mSv
- k- Medische diagnostiek: 0,72 mSv
- l- Fall out restanten vanuit Tjernobyl: 0,02 mSv

Feitelijk komt het er op neer dat iedere Nederlander gedurende zijn/haar leven een kleine 200 mSv aan straling oploopt. Statistisch gezien kan hieruit worden afgeleid dat van de 33% aan sterfgevallen in Nederland t.g.v. kanker er 3% voor rekening komt van de natuurlijke straling.

Formeel telt een dosis ten gevolge van medische diagnostiek niet mee in de jaarlijkse dosis die iedereen ontvangt, omdat deze niet is toe te schrijven aan ongevallen of fouten in de bedrijfsvoering. Het kleine nadeel van een lage diagnostische dosis wordt ruimschoots goedgemaakt door het voordeel ervan. Om toch een idee te geven van stralingsdoses door onderzoeken met röntgenapparatuur volgen hier enkele voorbeelden:

- m- Longfoto: 0,1 tot 1 mSv per foto.
- n- Een CT-scan: vanaf 5 - 10mSv per scan.

Dankzij de huidige digitale technieken neemt de stralingsdosis door dit soort opnamen flink af.

Risico's van stralingsdoses

Uit ongevallen en wetenschappelijk onderzoek is veel bekend geworden. Als een mens t.g.v. een ongeval in korte tijd over het hele lichaam een dosis van 6 Sievert ontvangt dan zal hij daaraan binnen enkele weken overlijden. Als deze dosis echter wordt verdeeld over bv. 40 tot 50 jaar dan loopt de kans op overlijden terug tot ca. 0,1 %. Allerlei reparatiemechanismen in het lichaam liggen hieraan ten grondslag. Zelfs schade aan ons erfelijk materiaal kan door het lichaam hersteld worden. Opmerkelijk is dat niet alle organismen even gevoelig zijn voor straling. Een muis overlijdt pas na een éénmalige dosis van 20 Sievert.

Alle genoemde getallen klinken nogal abstract voor iemand die niet vertrouwd is met deze materie. Om een kleine vergelijking te maken dient het volgende voorbeeld: Het risico op een fatale tumor ten gevolge van het roken van 1 sigaret is vergelijkbaar met een stralingsdosis van slechts 1 microSievert !

Het meten van straling

Vaak toont men in de media een tikkend apparaat dat wordt aangeduid met de term "Geigerteller". In de praktijk bestaan er echter vele typen stralingsmeters met elk hun eigen specifieke eigenschappen. Zo is het ene apparaat beter voor detectie van gammastraling en het andere weer voor deeltjes-straling. Als beide soorten straling gelijktijdig voorkomen zoals in de praktijk vaak het geval is, dan is alleen een ervaren deskundige in staat om de meting te

interpreteren. De veel gehoorde opmerking “wat tikt dat apparaat hard” zegt in feite niets over het stralingsrisico ter plaatse.

Enkele normen in de praktijk

Ter bescherming van de bevolking hanteert iedere Overheid normen die vaak internationaal worden vastgesteld. Personen die beroepshalve zijn blootgesteld aan straling mogen bovenop de natuurlijke dosis maximaal 20 mSv per jaar ontvangen en dit bij voorkeur niet vaker dan 5 keer tijdens hun hele carrière. Bij een reddingsactie mag dit éénmalig omhoog naar 50 tot 100 mSv. Bezoekers aan een ziekenhuis moeten ook beschermd worden tegen straling vanuit röntgenkamers e.d. hiervoor geldt een limiet van 1 mSv per jaar.

Bij calamiteiten gelden weer andere normen. Om het niet al te ingewikkeld te maken kan als vuistregel worden gesteld, dat de totaal opgelopen dosis hierdoor niet hoger mag worden dan de totale dosis aan natuurlijke straling in een heel mensenleven, derhalve ca. 200 mSv. Als het er naar uit ziet dat deze grens wordt overschreden, dan volgt evacuatie.

Uitgaande van deze 200 mSv per calamiteit kan worden berekend hoeveel radio-activiteit zich in drinkwater of voedsel mag bevinden. Zo mag drinkwater per liter 1000 becquerel (Bq) Cesium-137 bevatten of 500 Bq Jodium-131. Verder zijn kinderen iets gevoeliger voor straling en daarvoor gelden weer lagere waarden.

Stralingsdoses in de berichtgeving

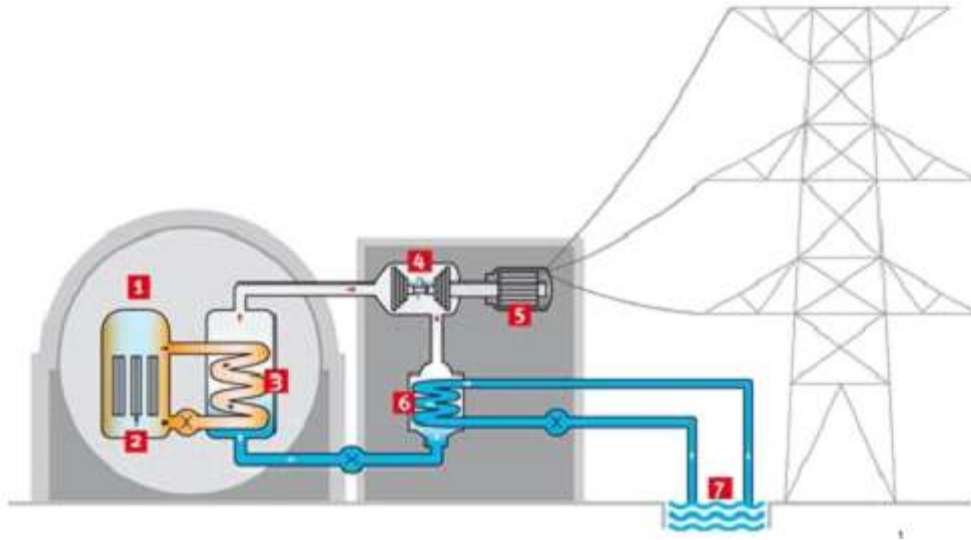
Hier komen we op het moeilijkst te begrijpen onderdeel in alle berichtgeving. Termen als straling, dosis, Sievert, milliSievert en Becquerel worden vlijtig gebezigd zonder duidelijk te maken waar het precies om gaat.

Indien bv. wordt gemeld dat “er meer straling uit de reactor komt” wat bedoeld men dan? Is dat straling die afkomstig is van het inwendige van het reactorvat en dat door de wand van het reactorgebouw naar buiten straalt? In dat geval is extra afstand houden door de reddingswerkers voldoende om de opgelopen stralingsdosis te beperken. Als het echter gaat om radio-actieve stoffen die vrij komen in de atmosfeer, dan ligt het anders. Deze kunnen zich over grote afstanden verspreiden en via inademing of voedsel een inwendige besmetting bij mens, dier of plant veroorzaken. De hieruit voortvloeiende stralingsdosis is pas in een later stadium te schatten.

Indien wordt gemeld dat “de straling 10.000 maal hoger is dan normaal”, hoe moeten we dat dan interpreteren? Bedoelt men 10.000 maal hoger dan wat er vrij komt bij de normale bedrijfsvoering van een kerncentrale? In dat geval gaat het om een beperkte hoeveelheid straling van een paar tienden van een milliSievert. Vergelijkt men het met de totale natuurlijke straling in de directe omgeving van enkele milliSievert per jaar, dan wordt het inderdaad een dosis van betekenis waarbij evacuatie overwogen kan worden.

HOE WERKT EEN KERNREACTOR?

Figuur uit: Wikipedia.



1- Reactorhuis; 2- Reactorvat met splijtstof; 3- Warmtewisselaar; 4- Stoomturbine; 5- Elektriciteitsgenerator; 6- Koel-condensor; 7- Koelwateraanvoer.

Het principe van een kernreactor is in feite heel simpel, maar de technische uitwerking is nogal complex. Het hart van een reactor wordt gevormd door lange dunne splijtstofstaven die uranium en soms plutonium bevatten, de zogenaamde splijtstoffen. Een deel van de uranium- en plutoniumatomen heeft de eigenschap spontaan uit elkaar te vallen (splijting) waarbij de volgende producten ontstaan:

- a- Splijtingsproducten. Dit zijn kleine brokstukken van de splijtstofatomen die meestal sterk stralen. De bekendste voorbeelden hiervan zijn de radio-actieve vormen van Jodium, Cesium en Strontium. Deze kunnen bij een calamiteit als “fall out” in de atmosfeer terecht komen, de omgeving radio-actief besmetten en daarbij ook voedsel en drinkwater.

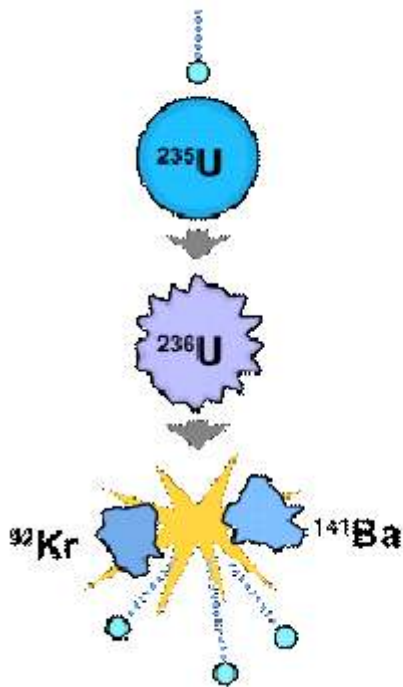
- b- Neutronen. Deze deeltjes komen tijdens een splijting vrij uit de kern van de splijtstofatomen. Als deze neutronen zelf weer een splijtbaar atoom raken, dan zal deze ook splijten en dit herhaalt zich steeds. De energie van de vrijkomende neutronen is soms te hoog om zonder meer splijtingen te veroorzaken. Ze kunnen echter worden afgeremd (gemodereerd) door het koelwater rond de splijtstofstaven waardoor splijting effectiever plaats vindt. Als elke kernsplijting zelf weer een vervolgsplijting veroorzaakt dan noemt men de reactor “kritisch” (optimaal functionerend) en dat is heel iets anders dan “kritiek” (gevaarlijke situatie) zoals abusievelijk wel eens wordt gemeld in de media. Op deze manier werkt de reactor altijd op hoog vermogen. Als dat niet nodig is, dan worden er regelstaven (veelal van Borium) geheel of gedeeltelijk tussen de splijtstofstaven geschoven om neutronen weg te vangen. Hierdoor kan men het vermogen van de reactor beperken of zelfs bijna geheel stilleggen.

c- Warmte. Dit is het “product” waarom het gaat in het hele proces. Bij kernsplijting komt binnen de splijtstofstaven erg veel warmte vrij. De temperatuur van het koelwater loopt hierdoor zo hoog op dat stoomvorming optreedt. Met deze stoom wordt een turbine aangedreven die gekoppeld is aan een elektriciteitsgenerator t.b.v. onze energievoorziening. Echter, stoom uit het koelcircuit kan om allerlei redenen radio-actieve stoffen bevatten en die willen we liever binnen het koelsysteem van de reactor houden.

Om die reden wordt de warmte uit dit “primaire” koelsysteem overgedragen aan een tweede en soms een derde systeem dat uiteindelijk de stoomproductie verzorgt. Op die manier wordt voorkomen dat een reactor in normaal bedrijf permanent radio-actief materiaal loost in de atmosfeer.

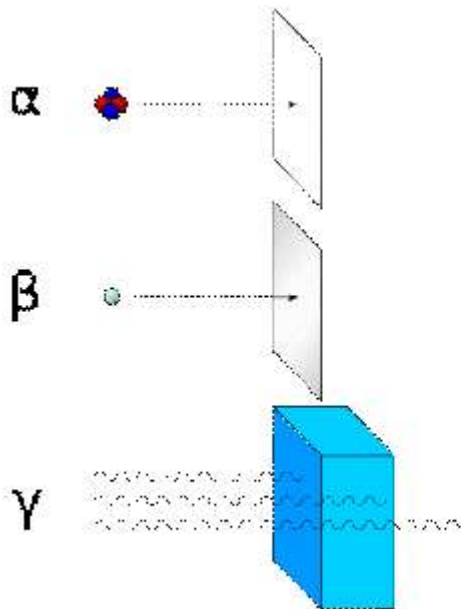
KERNSPLIJTING SCHEMATISCH

Figuur uit: Wikipedia



Nadat Uranium-235 door een neutron is getroffen ontstaat eerst U-236 dat vervolgens uiteen valt in Krypton-92, Barium-141 en 3 neutronen. Deze laatste kunnen zelf ook weer een kernsplijting veroorzaken. Kr-92 en Ba-141 zijn splijttingsproducten die radio-actief zijn. In plaats van de hier genoemde splijttingsproducten kunnen ook andere ontstaan waarvan Jodium-131, Cesium-137 en Strontium-90 het bekendst zijn. Dit is omdat zij na vrijkomen nogal makkelijk in het menselijk lichaam worden opgenomen.

AFSCHERMING VAN STRALING



Figuur uit: Wikipedia.

Alfa-straling, positief geladen deeltjes bestaande uit 2 neutronen en 2 protonen, die zich door een dun stukje papier al laten tegenhouden. Deze grote deeltjes veroorzaken bij een "botsing" met weefsel grote schade.

Bèta-straling, negatief geladen deeltjes bestaande uit

elektronen, die zich door dun plexiglas of door aluminium laten tegenhouden. Deze kleine deeltjes veroorzaken bij een botsing geringere weefselschade dan alfa-deeltjes.

Gamma- en Röntgenstraling zijn vormen van hoog energetische elektromagnetische straling. Om ze tegen te houden is lood of beton nodig, soms vele meters dik.

Neutronen zijn grote, elektrisch neutrale deeltjes die grote weefselschade kunnen veroorzaken. Ze worden het best afgeschermd met lichte materialen als water of plastic.

FREQUENTIES VAN ELEKTROMAGNETISCHE STRALING

In de volgende figuur zijn de verschillende frequenties van zowel niet- als wel- ioniserende straling weergegevens. Dat ioniserende straling gezondheidseffecten oplevert is al zeer lang duidelijk. Van niet-ioniserende straling is dit moeilijk te bewijzen en er lopen dan ook vele studies naar de effecten ervan.

Figuur afkomstig van de NVS.

