

# Radon en thoron

## Radon

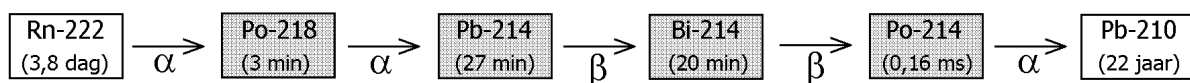
Radon is een radioactief edelgas dat uit de bodem en uit bouwmaterialen kan ontsnappen en terecht kan komen in kelders en in andere vertrekken van huizen. Bij onvoldoende ventilatie kan de radonconcentratie in deze ruimtes onacceptabel hoog worden. Radongas is ongeveer acht keer zo zwaar als gewone lucht. Uit de barometrische hoogteformule (of uit het verdelingstheorema van Boltzmann) blijkt echter dat de radonconcentratie bij het plafond nagenoeg gelijk is aan die bij de vloer.

De meest voorkomende isotopen van radon zijn radon-222 en radon-220. Radon-222 komt in de uranium-238-reeks voor terwijl radon-220 in de thoriumreeks voorkomt en vaak met 'thoron' wordt aangeduid.

In Nederland is de gemiddelde activiteit van radon buitenshuis op een hoogte van 1 à 2 meter boven het maaiveld ongeveer  $3 \text{ Bq/m}^3$ , maar kan per locatie verschillen. In huizen is de activiteit van radon (inclusief thoron) nog weer veel groter en ligt rond de  $30 \text{ Bq/m}^3$  ( $= 0,8 \text{ pCi/L}$ ). Ook deze activiteit heeft een grote spreiding.

## Radon-222 en zijn vervalproducten (radondochters)

In de onderstaande figuur zijn het verval van radon-222 en de daarop volgende vervalstappen weergegeven. Bij elke isotoop is de halveringstijd gegeven.



De vier grijze isotopen worden 'radondochters' genoemd. Zij hebben een betrekkelijk kleine halveringstijd. Het gevaar bij radon-222 zit 'm niet in radon-222 zelf (je ademt dat ook weer uit) maar in de radondochters. Deze hechten zich aan zwevende deeltjes in de lucht (aerosolen) en aan muren, meubilair, ramen enzovoort. De zich in de lucht bevindende radondochters zijn na inademen ongezond omdat ze in de longen achterblijven en deze bestralen. Het aantal radondochters in de lucht wordt onder andere tegengegaan door luchtcirculatie en luchtfiltering. Luchtcirculatie verhoogt de kans dat de radondochters zich aan muren, meubilair enzovoort hechten.

Stel dat géén van de radondochters uit de lucht verdwijnt (de lucht moet dan in ieder geval stil staan). Na voldoende tijd wordt dan de evenwichtssituatie bereikt waarin de verhouding van de concentraties van de isotopen (het aantal kernen per volume-eenheid) gelijk is aan de verhouding van de halveringstijden van deze isotopen. Alleen dan zijn de activiteiten van alle isotopen immers gelijk. Dit betekent dat de concentratie van lood-214 en van bismut-214 ongeveer negen respectievelijk zeven keer zo groot is als die van polonium-218. De concentratie van polonium-214 is praktisch nul.

In de meeste situaties zitten er minder radondochters in de lucht dan in de bovenstaande situatie. Onder de radon evenwichtsfactor verstaan we de verhouding van de gezamenlijke activiteit van de radondochters in de lucht en de gezamenlijke activiteit van alle radondochters (ongeacht of ze wel of niet zijn neergeslagen op een oppervlak). Vaak ligt deze radon evenwichtsfactor in huizen rond de 40%.

## **Radondochters verzamelen voor proefjes**

Je kunt radondochters in de lucht ruwweg op twee manieren ‘verzamelen’, namelijk:

- 1) met een filter waar de lucht doorheen stroomt, en
- 2) met een elektrisch veld.

Radongas zelf wordt niet verzameld! De oogst van radondochters is natuurlijk groter als de ruimte niet of slecht geventileerd wordt.

## **Radondochters verzamelen met een filter**

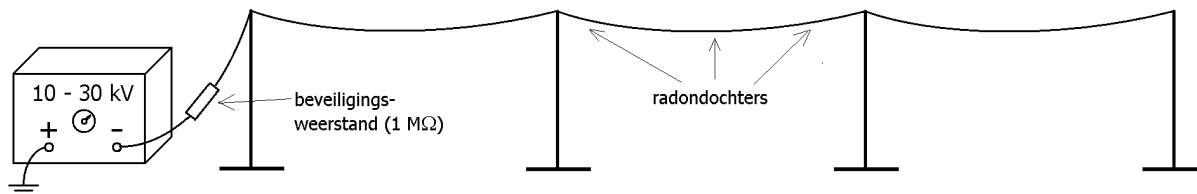
Radondochters kun je uit de lucht halen door een filter voor de opening van de stofzuigerslang te plaatsen. Eventueel kun je een voorzetstuk op de slang plaatsen met een grotere opening. Stof en radondochters worden door het filter afgevangen. Een koffiefilter of het filter van een stofzuigerzak zijn geschikt. Het feit dat grotere stofdeeltjes in stilstaande lucht langzaam naar beneden zakken (de daaltijd is in de orde van dagen), pleit ervoor om de radondochters dicht bij de grond te verzamelen. 's Ochtends vroeg is de opbrengst doorgaans het hoogst omdat de luchtcirculatie in de nacht het kleinst is en er dus in verhouding meer radondochters in de lucht zitten. In eerste instantie is de opbrengst evenredig met de ‘verzameltijd’. Doordat de effectieve halveringstijd zo’n drie kwartier is, is een langere verzameltijd dan zeg anderhalf uur niet zo nuttig meer. Het is zinvol om de zuigkop op meerdere plaatsen in de ruimte te houden om te voorkomen dat de ruimte rond de zuigkop ‘leeggezogen’ is.

## **Radondochters elektrostatisch verzamelen**

Radondochters worden aangetrokken met negatieve lading. De ionen van radondochters zijn namelijk meestal positief geladen. Op het internet kom je twee verklaringen voor dit feit tegen namelijk: 1) bij het vervallen van de moederkernen ioniseren het uitgezonden alfa- en/of bètadeeltjes hun eigen atoom (zelfionisatie dus) en 2) bij het uitzenden van een alfadeeltje krijgt de achterblijvende kern een ‘terugslag’ waarbij de buitenste elektronen van het atoom worden afgeschut.

Een simpele manier om radondochters elektrostatisch te verzamelen is door een opgeblazen ballon te gebruiken. Als je hem opwrijft met een wollen trui, wordt hij flink negatief geladen. Dat is overigens alleen mogelijk als het materiaal, waarvan de ballon gemaakt is, aan de negatieve kant van de tribo-elektrische reeks zit. Als je de ballon een half uur in de lucht hangt, bevat hij meestal voldoende radondochters. Door de ballon daarna leeg te laten lopen, wordt het aantal radondochters per vierkante centimeter nog groter. Om de ballon gecontroleerd te laten leeglopen, kun je hem beter niet dichtknopen maar dichtdraaien en dan afklemmen met een plastic wasknijper.

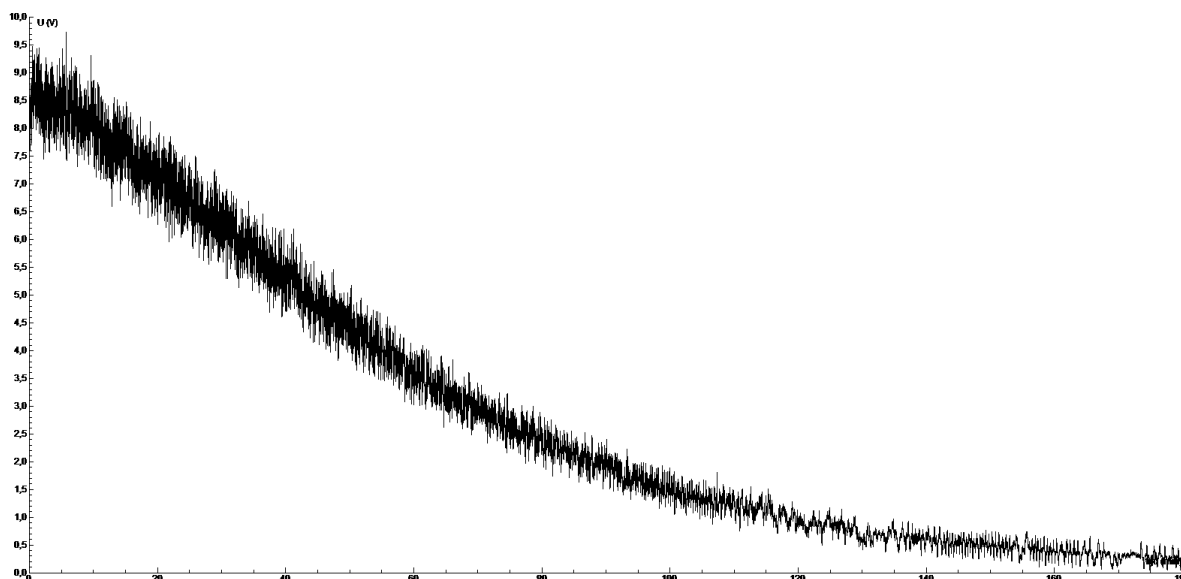
In plaats van een negatief geladen ballon kan ook een hoogspanningsgenerator (tussen 10 en 30 kV gelijkspanning) gebruikt worden. Een lange geleidende draad (van zeg 10 m) wordt op de halve hoogte tussen vloer en plafond opgespannen en op de minpool van de generator aangesloten terwijl de pluspool wordt geaard. Zie de onderstaande figuur. Een goedkope hoogspanningsbron kun je [hier](#) kopen (-20kV HV-Generator Modul 9VDC -> -20.000VDC).



Nadat de draad bijvoorbeeld een uur radondochters (met name polonium-218) heeft aangetrokken, wordt de draad met een doekje, gedrenkt in ethanol, afgeveegd. Het stof dat hierbij op het doekje gekomen is, is licht radioactief vanwege de radondochters.

### Proefjes met radondochters

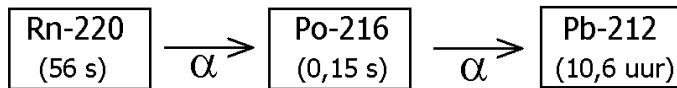
Als je een geigerteller in de buurt van het stoffilter, leeggelopen ballon of afstrijkdoekje houdt, gaat hij duidelijk sneller tikken (zeker als hij ook alfastraling registreert). In een nevelkamer zie je er frequent alfasporen vanaf komen. Als je het filter of afstrijkdoekje in een ionisatiekamer brengt, neemt de uitgangsspanning significant toe. Je zou vervolgens een vervalcurve van de radondochters kunnen maken, bijvoorbeeld zoals hieronder is afgebeeld. De vervalcurve is geen mooie e-macht omdat het niet om één maar om verschillende isotopen gaat die na elkaar vervallen.



De radondochters in het diagram zijn verzameld in een niet of nauwelijks geventileerde kelderruimte van 6 m bij 6 m met een activiteit van  $430 \text{ Bq/m}^3$  ( $= 11,6 \text{ pCi/L}$ ). In de kelderruimte was een 10 m lange draad opgespannen en gedurende een uur op een potentiaal van min 20 kV gehouden. Na afloop werden de radionucliden achtereenvolgens met twee kleine doekjes (gedrenkt in spiritus) van de draad afgeveegd. Nadat de doekjes in een zelfgemaakte ionisatiekamer waren gebracht, is met behulp van Coach het diagram gemaakt.

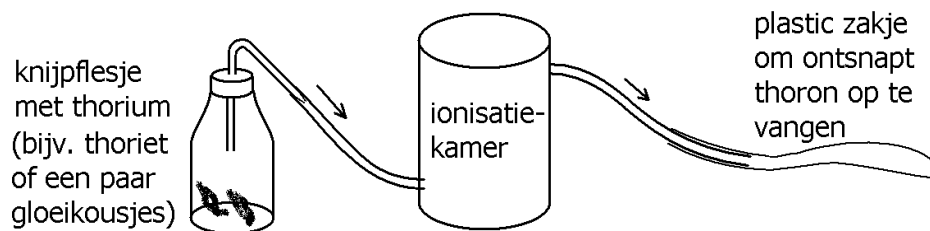
## Radon-220 ('thoron') en zijn verval

In het onderstaande schema zijn het verval van thoron en de daarop volgende vervalstappen weergegeven. Bij elke isotoop is de halveringstijd gegeven. Vergeleken met radon-222 heeft thoron een veel kleinere halveringstijd. Thorons dochter, polonium-216, vervalt nog veel sneller. Daarentegen is thorons kleindochter, lood-212, in verhouding tamelijk stabiel.



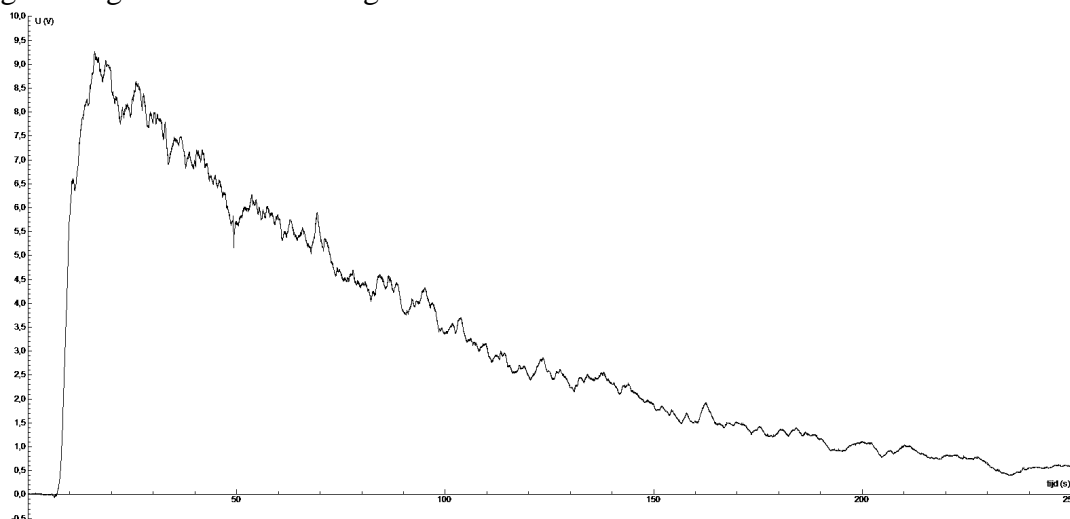
Het bovenstaande schema is een onderdeel van de thoriumreeks. Thorongas komt vrij bij thoriumhoudende mineralen zoals thoriëet en in mindere mate bij thorianiëet. Daarnaast ontstaat het gas uit thoriumhoudende gloeikousjes.

Met de onderstaande opstelling kan de vervalcurve van thoron verkregen worden.



In een knijpflesje leg je een aantal thoriumbevattende gloeikousjes of thoriëet. Na een minuut of vier neemt de thoronconcentratie in het flesje nauwelijks meer toe. Via een slangetje spuit je thoron vervolgens in de ionisatiekamer. Om overdruk in de ionisatiekamer te vermijden, kan de lucht via een tweede slangetje in een plastic zakje stromen (met wasknijpers kun je het zakje om het slangetje klemmen). Nadat je in het flesje geknepen hebt, moet het flesje zich met gewone kamerlucht weer vullen. Je wilt immers geen thoron opzuigen.

Met de bovenstaande opstelling krijg je de volgende vervalcurve van thoron. Hierbij is weer gebruik gemaakt van de zelfgemaakte ionisatiekamer.



Naast het maken van de vervalcurve, kun je thoron ook in een nevelkamer spuiten. Als de meeste alfasporen verdwenen zijn, kun je goed zien dat alfasporen vaak in paren voorkomen. Het ene spoor hoort bij het thoronverval, het tweede spoor bij het polonium-216-verval. Vaak vormt zo'n sporenpaar de letter V.

## Toename van de hoeveelheid radon en/of thoron in een afgesloten ruimte

De volgende vuistregels geven aan hoe lang het duurt voordat radon en/of zijn dochters in een afgesloten ruimte hun maximale concentratie bereiken.

1)

Als de lucht in een afgesloten ruimte, zoals een kruipruimte of een kamer, volledig ververs is, duurt het zo'n vier halveringstijden voordat de maximale concentratie van radon-222 weer bereikt is. Dit komt neer op ongeveer twee weken.

2)

Als alle radondochters uit de afgesloten ruimte zijn verwijderd terwijl de radon-222-concentratie op peil is gebleven, duurt het ongeveer drie uur voordat de concentratie van radondochters zijn maximum bereikt. In dat geval is de aanvoersnelheid en vervalsnelheid gelijk.

3)

Het duurt ongeveer vier halveringstijden voordat de maximale thoronconcentratie in de knijpfles wordt bereikt. Dit is ongeveer vier minuten.

De eerste en derde vuistregel volgen uit de volgende berekening.

De volgende symbolen hebben steeds betrekking op één en dezelfde radonisotoop

$N$  = de hoeveelheid radonkernen in de ruimte.

$A$  = de activiteit van het radongas in de ruimte.

$B$  = de hoeveelheid radonkernen die per tijdseenheid uit de bron van radon komt.

Dan geldt:

$$dN/dt = B - A.$$

Voor  $A$  geldt:  $A = \ln(2)N/t_{1/2}$ .

Dan krijgen we:

$$dN/dt = B - \ln(2)N/t_{1/2}.$$

Als  $B$  = constant dan krijgen we de volgende oplossing.

$$N = \frac{B \cdot t_{1/2}}{\ln(2)} \cdot \left[ 1 - e^{-\ln(2) \frac{t}{t_{1/2}}} \right]$$

Dit kan geschreven worden als:

$$N = \frac{B \cdot t_{1/2}}{\ln(2)} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} \right]$$

Hieruit volgt dat na vier halveringstijden het aantal radonkernen ongeveer 94% is van het maximaal aantal radonkernen.