

Radioactieve mineralen (deel 1)

Het omgaan met radioactieve mineralen in de verzameling

door Hans van 't Zelfde

voorzitter.gea@gmail.com

Voor menig een heeft het verzamelen van radioactieve mineralen begrijpelijk een bangstigende, maar ook wel een wat spannende klank, juist in deze tijd van de herdenking van o.a. Hiroshima. In dit artikel wordt geprobeerd duidelijk te maken waar we tijdens het verzamelen rekening mee moeten houden, maar ook welke voorzorgen we moeten nemen. Hoe kunnen we mineralen van bepaalde vindplaatsen testen op radioactiviteit? Het artikel heeft nadrukkelijk *niet* de bedoeling om verzamelaars aan te zetten tot het aanleggen van een verzameling van radioactieve mineralen, maar dient om een beter begrip te krijgen van het fenomeen radioactiviteit en het onderzoeken van radioactiviteit in de mineralenverzameling.

Wat zijn radioactieve mineralen?

Radioactieve mineralen zijn mineralen die een radioactief chemisch element bevatten en daardoor een ioniserende straling uitzenden. Onder ioniserende straling wordt verstaan (Bos, Draaisma & Okx, 2007):

1. Geladen deeltjes (elektronen, protonen, atoomkernen etc.) met voldoende kinetische energie om door botsingen ionisaties te kunnen veroorzaken en
 2. Ongeladen deeltjes (neutronen) en fotonen*, die de hiervoor genoemde geladen deeltjes kunnen vrijmaken of transformaties van atoomkernen kunnen initiëren.
- Er wordt dus onderscheid gemaakt tussen 1) ioniserende straling bestaande uit een stroom van elementaire of samengestelde deeltjes en 2) elektromagnetische straling (fotonen).

Radioactieve elementen vervallen in andere elementen zoals radon, dat een radioactief vervalproduct is van de radioactieve elementen uranium en thorium, waarbij warmte en straling met hoge energie vrijkomt.

* Fotonen zijn een verschijningsvorm van elektromagnetische straling. Afhankelijk van de gebruikte meetopstelling zal straling (een vorm van energie) zich voordoen als golven of als een stroom van massalozere deeltjes, de fotonen.



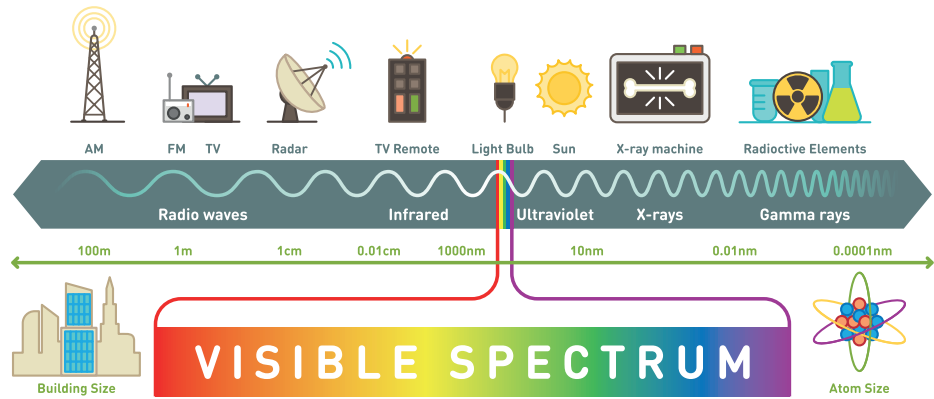
◀ Afb. 1. Radioactief monaziet-Ce kristal, Betafo-district, Madagaskar (1,5x1,5x0,4 cm). Collectie en foto: Hans van 't Zelfde.

Dat spontaan uiteenvallen gebeurt met een snelheid die onafhankelijk is van de verschijningsvorm en de chemische en fysische omstandigheden op aarde. Dit uiteenvallen van radioactieve elementen wordt gebruikt voor geologische ouderdomsbepalingen (C14-datering). Daarvoor wordt gewerkt met halveringstijden of halfwaardetijden: de tijd die moet verstrijken tot de helft van het radioactieve element is vervallen.

Uranium (U) en thorium (Th) zijn dergelijke niet-stabiele elementen (radionucliden). Zo bevat het mineraal uraniniet (UO_2) het element uranium en bevat het mineraal thoriëet ($\text{Th}(\text{SiO}_4)$) het element thorium. Echter, sommige mineralen bevatten geen radioactief chemisch element, maar blijken toch radioactief te zijn, zoals monaziet-Ce, met de formule $\text{Ce}(\text{PO}_4)$. Afb. 1. Hoewel het noch U noch Th als wezenlijk bestanddeel in zijn chemische formule heeft, kan het toch kleine hoeveelheden U of Th bevatten en is daarom eveneens radioactief. De IMA (2020) erkent vier mineralen: monaziet-(Ce), monaziet-(La), monaziet-(Nd), monaziet-(Sm) waarvan de officiële chemische formules respectievelijk geschreven worden als: $\text{Ce}(\text{PO}_4)$, $\text{La}(\text{PO}_4)$, $\text{Nd}(\text{PO}_4)$, $\text{Sm}(\text{PO}_4)$. Indien van een monaziet niet de juiste samenstelling door analyse bekend is, is het voor een mineralenverzamelaar onmogelijk om te bepalen tot welke van de vier genoemde monazieten het specimen behoort. Omdat er vermenging van Ce, La, Nd en/of bijmenging van o.a. Th mogelijk zijn, kan

Electromagnetic Spectrum

► Afb. 2. Het elektromagnetisch spectrum, met ioniserende straling (röntgen- en gammastraling) meest rechts in het spectrum (zie ook Tabel 1). Afb.: Met toestemming.



men er ook voor kiezen om dat in de formule te doen uitkomen: $(\text{Ce,La,Nd,Th})\text{PO}_4$. Men schrijft de elementen in volgorde van afnemende concentratie. De aanwezigheid van radioactieve elementen is de reden waarom dit mineraal, mits er maar voldoende Th aanwezig is, metamict is. "Metamict" betekent dat de kristalstructuur van een mineraal vernield is. Alpha-straling is verantwoordelijk voor de afbraak van de kristalstructuur van een mineraal door een intern bombardement. Alle metamictieve mineralen zijn dan ook radioactief. Bepaalde radionucliden, zoals uranium (bijv. U-238) en thorium hebben een zeer lange

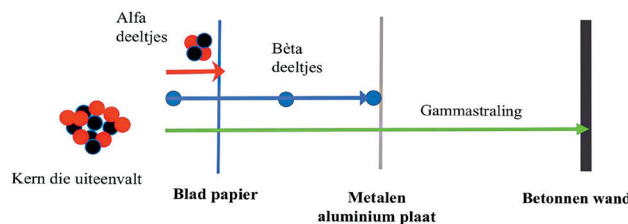
halfwaardetijd van miljarden jaren. Die noemen we primordiales, omdat ze zeer lang levend zijn en al aanwezig waren bij de vorming van het zonnestelsel.

Radioactiviteit (straling)

Het elektromagnetisch spectrum, (zoals wij dat ervaren en kunnen meten) loopt van de radiogolven (lange golflengten, 10 m tot 1000 m) via het zichtbaar licht naar de ioniserende straling (zeer korte golflengten, $0,000000000001 \text{ m} = 1 \times 10^{-12} \text{ m}$ ofwel één miljoenste micrometer). Afb. 2.

Voor mineralenverzamelaars zijn de golflengten van het zichtbaar licht, van infrarood (IR), van ultraviolet licht (UV) (korte golf 254 nm en lange golf van 270 nm tot 368 nm) en gammastraling, van belang. Des te korter de golflengte, des te groter de mogelijkheid van straling om stoffen te doordringen. Afb. 3.

► Afb. 3. Vervallende kern met de doordringbaarheid (papier/aluminium/beton). Gammastraling wordt tegengehouden door een betonnen plaat op voorwaarde dat het beton dik genoeg is en liefst bestaat uit bariumhoudend beton. Een dikke plaat lood van verscheidene cm dikte houdt gammastraling ook tegen. Tekening: Hans van 't Zelfde.



Marie Curie (1867-1934)

In 1896 ontdekte de Fransman Antoine Becquerel radioactiviteit van uranium. Marie Skłodowska Curie borduurde verder op het werk van Becquerel. Marie Skłodowska werd geboren op 7 november 1867 in Polen. Zij woonde en werkte eerst in Warschau (afb. 4 en 5). In de avonduren volgde ze colleges aan de clandestiene Vliegende Universiteit van Warschau, omdat door de Russische bezetting alle scholen en universiteiten waren gesloten. In 1891 verhuisde zij naar Parijs. Maria Skłodowska slaagde in 1892 voor haar promotie in de wiskunde en in 1893 slaagde zij voor haar promotie in de natuurkunde. Prof. Józef Kowalski bracht haar in contact met Pierre Curie (1859-1906) die aan de École de Physique et Chimie onderzoek deed naar magnetische "straling". Marie trouwde met Pierre Curie op 26 juli 1895, na de promotie van Pierre. In 1903 deelde Becquerel de Nobelprijs Fysica (Natuurkunde) met de beide Curies. Afb. 6 en 7.

Het door hen in 1898 ontdekte element 88 radium (Ra-226) is hier al wel op het Periodisches

System (afb. 8) vermeld. Aan het element radium werd door Lord Kelvin getwijfeld. Hij dacht dat het een verbinding was tussen lood en helium. In 1910 leverde Marie Curie samen met hun vriend, de chemicus André-Louis Debierne, het bewijs dat het wel degelijk een element was dat daardoor een plaats in het periodiek systeem van Mendeleev kreeg (afb. 9). Het ook door Marie Curie in 1898 ontdekte element 84 polonium (Po, genoemd naar Polen), ontbreekt nog in het 'Periodisches System', zoals te zien is in afb. 8. Interessant op deze weergave (1898) van het verouderde Periodiek Systeem is het feit dat het edelgas radon (86), dat ontdekt is door Friedrich Ernst Dorn, aangegeven wordt met Em-222 (radium Emanatie, waarmee het gas radon wordt bedoeld) in plaats van Rn-222. Afb. 8 en 9. Radon-222 heeft een halveringstijd van 3,8 dagen en het komt onder andere voor in hedendaagse bouwmaterialen. Bij het radioactief verval van radon worden isotopen van de elementen polonium, lood en bismut gevormd. Radon kan longkanker veroorzaken. Bij rokers wordt het effect van radon versterkt.

Soort straling	Voorbeelden	Deeltjes/straling
- Niet ioniserende straling	- Radiogolven - Warmtestraling - Licht - Ultraviolet licht	Geen deeltjes, echter strikt genomen hebben fotonen cf. Einstein ook een deeltjeskarakter.
- Ioniserende straling	- Röntgenstraling - Gammastraling (γ -straling)	- Een α -deeltje is een He-kern, α -deeltjes worden afgebogen in een elektromagnetisch veld. - β -deeltjes worden afgebogen in een elektromagnetisch veld. - Positieve deeltjes: positron - Negatieve deeltjes electron - γ -straling wordt niet afgebogen in een elektromagnetisch veld - Protonen - Neutronen

◀ Tabel 1: Voorbeelden van soorten straling.



◀ Afb. 4 en 5. Buitenkant van het woonhuis van Marie Curie en een foto van haar werkkamer. Haar woonhuis ligt aan het mooiste plein in Warschau en is een bezoek waard. Foto's: Hans van 't Zelfde.

Kijkend naar tabel 1 kunnen we in plaats van radioactieve straling beter spreken van ioniserende straling waarbij de ioniserende straling afhangt van de structuur van de kern.

Wet- en regelgeving die van belang is voor verzamelaars

In de vorige eeuw zijn de ideeën over radioactiviteit veranderd. In het verleden, tussen 1870 en 1940, werd het zogenaamde urani-umglas op vrij grote schaal geproduceerd en gebruikt. In Polen werd het in dezelfde periode als "gezond" beschouwd om te baden in een door radon radioactief gemaakt bad. Na de aanval met atoombomben op Japan en het ongeluk met kerncentrales, zoals in

Tsjernobyl, denkt men heel anders over dit onderwerp. Interessante artikelen die de gedachten en de mening van het publiek hebben beïnvloed, zijn de gepubliceerde artikelen op de site Kernenergie in Nederland (www.kernenergieinnederland.nl), waarin onder andere wordt geschreven over opslag van radioactief afval (Covra), de kernreactoren in Borssele en Dodewaard en het ontvangen van een bepaalde hoeveelheid straling bij het maken van röntgenfoto's. Op dit moment zijn er politici die pleiten, om juist meer kernenergiecentrales te bouwen, waarmee de stikstof en CO₂-uitstoot zou kunnen worden verminderd.

De vrees om uraniummineralen te verzamelen, is dan ook begrijpelijk. Soms blijkt echter dat er in een particuliere verzameling radioactieve mineralen aanwezig zijn,

► Afb. 6. Maria Skłodowska-Curie. Officiële foto bij het winnen van de Nobelprijs. Foto: publiek domein.

►► Afb. 7. Marie Curie, hier als enige dame aanwezig, rechts op de foto, in gesprek met Henri Poincaré, op de Solvay-conferentie in 1911 in Brussel. Foto: Benjamin Couprie. Publiek domein.



►► Afb. 10. Bouwplaats kweekreactor Kalkar in 1977. Foto: Smial via Wikimedia Commons CC BY-SA 2.0.

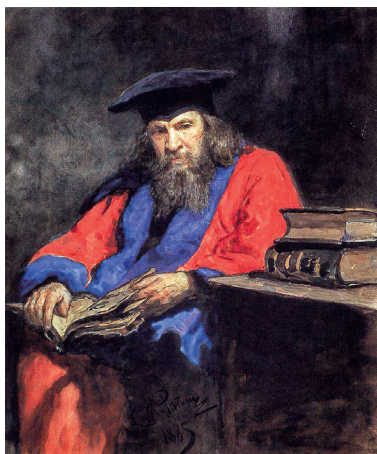
zonder dat de eigenaar zich daar bewust van is. Een voorbeeld daarvan is het al genoemde monaziet-Ce ($\text{Ce}(\text{PO}_4)$), afkomstig uit het Betafo-district in Madagaskar. We moeten ons er ook van bewust zijn dat sommige andere soorten mineralen ook op een andere manier schadelijk voor de gezondheid kunnen zijn, bijv. asbestmineralen (zoals de amfibolen riebeckiet en crocidoliet), arseenmineralen (zoals realgaar en auripigment) en kwikmineralen (zoals gedegen kwik en cinnaber).



De wet- en regelgeving van 1970

De eerste vraag die opkomt is of een verzameling radioactieve mineralen volgens de wet mag worden aangelegd. In het verleden is daar, ook in de Gea, over geschreven, zie o.a. Burke (1975). Het eerste artikel gaat

► Afb. 8 en 9. Periodiek systeem van de elementen (boven) van Mendeleev (onder) in de werk-kamer van Marie Curie (te dateren na 1910). Foto boven: Hans van 't Zelfde. Portret van Mendeleev door Ilya Repin/ publiek domein.

A photograph of a periodic table of elements, titled 'Periodisches System der Elemente', displayed in a museum setting.


over de wet uit 1963 met aanpassingen in 1970. Het beschrijft dat er op basis van een rapport voor het ministerie van VROM (het vroegere Ministerie van Infrastructuur en Milieu) naar een mogelijkheid werd gezocht voor het instellen van een vergunning voor verzamelaars om radioactieve mineralen te mogen verzamelen. In de wetgeving van 1970 wordt onder radioactieve ertsen verstaan: *mineralen die naar gewicht gerekend ten minste 0,1 % uranium of 3% thorium bevatten en waarmee handelingen kunnen worden verricht wegens hun splijt- of kwekeigenschappen*. Er wordt naast de uraniummineralen expliciet gesproken over monaziet. Van Loon (2005) reageerde daarop in een artikel in het blad “Afzettingen” van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie dat het verbod op het aanleggen op een mineralenverzameling, waarin radioactieve mineralen voorkomen, er niet van zou komen.

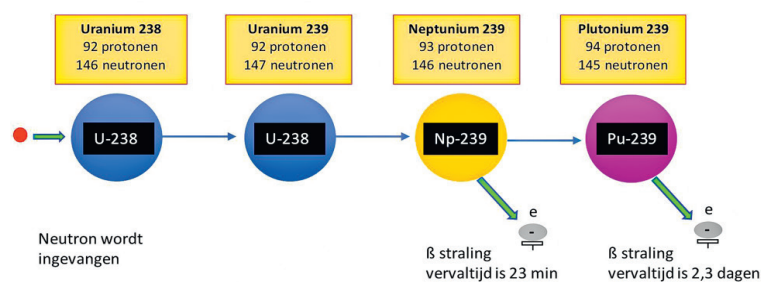
Monaziet met 0,1% U en 10% Th is eveneens een erts dat onder de Kernenergiewet valt. Het ‘kweken’, waarover in de wettekst wordt gesproken, vond plaats in de Kweekreactor in het Duitse Kalkar (afb. 10), nu het pretpark Wunderland Kalkar. Het principe van een dergelijke kernreactor ligt in het feit dat het gewonnen uraniumerts maar voor een klein deel uit het splijtbaar uranium-235 bestaat en voor een groot deel uit uranium-238. Door het invangen van neutronen wordt de uranium-238 omgezet

in plutonium-239, dat weer opnieuw gebruikt kan worden om energie op te wekken. Afb. 11. Een dergelijke reactor produceert meer splijtbaar materiaal dan hij verbruikt: er wordt dus nieuwe kernbrandstof “gekweekt”. Een probleem hierbij is dat plutonium-239, dat hierbij ontstaat, kan worden ingezet in een kernwapen.

Terugkijkend naar de wet uit 1970 zou je bijna denken dat de overheid bang was dat in ‘schuurtjes’ dergelijke kweek- en splijttactiviteiten zouden plaatsvinden. In deze wet wordt alleen over een percentage uranium of thorium gesproken, maar er wordt geen uitspraak gedaan over de hoeveelheid erts die iemand in huis mag hebben. Burke (1975) suggereert in zijn tekst dat mineralenverzamelaars de kans liepen door de overheid bezocht te worden, waarbij metingen zouden worden uitgevoerd van het stralingsniveau van de verzameling. Op grond van die meting zou de mineralenverzamelaar een vergunning kunnen krijgen om een verzameling radioactieve mineralen te mogen bezitten. Van Loon (2005) beschrijft dat het voorhanden hebben van ertsen die onder de Kernenergiewet vallen, voor onderwijs- of tentoonstellingsdoelen geen probleem oplevert. Het opmerkelijke is dat Van Loon aangeeft dat, als je radioactieve mineralen veilig opbergt in een doos, dat eigenlijk niet mag. Je zult deze mineralen in een vitrine tentoon moeten stellen, wat natuurlijk veel gevaarlijker is dan het veilig opbergen in een zogenaamd plastic “Jousi”-doosje in een stalen kast.

Huidige wetgeving

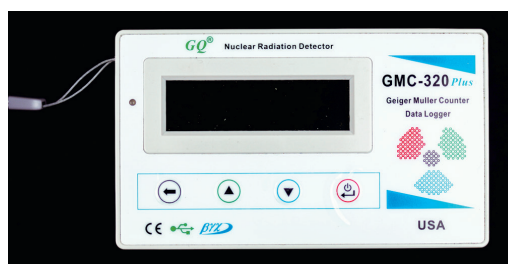
De huidige Kernenergiewet (uit 2018) van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu laat zien dat er in het artikel m.b.t. tot ertsen enkele wijzigingen zijn aangebracht (Artikel 1c). In eerdere wetten (1970) werd 10% thorium in monaziet expliciet genoemd. En zo ligt de bevoegdheid tot het bezitten over radioactieve ertsen en het vervoeren daarvan, tegenwoordig bij de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming en niet meer bij de minister c.q. de burgemeester van de woonplaats. Als we de wet verder lezen, lezen we in artikel 77 hoofdstuk X Handhaving dat m.b.t. het voorhanden hebben en vervoeren de nadruk ligt op de mogelijkheid van een terroristisch oogmerk en in artikel 80 van hetzelfde



hoofdstuk de nadruk ligt op het gevaar voor het toebrengen van ernstig lichamelijk letsel c.q. het veroorzaken van levensgevaar (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2018).

Het meten van ioniserende straling

Als we kijken naar het verzamelen van mineralen die ioniserende straling uitzenden, mogen we gezien de Kernenergiewet in beperkte hoeveelheden ioniserende straling uitzendende (radioactieve) mineralen bezitten. Hieraan zijn, gezien het gezondheidsrisico, wel een aantal voorwaarden verbonden. De straling van de mineralen kan gemeten worden met een goede geigerteller, zoals de GMC-300 E Plus. Afb. 12. Ook zijn er geigertellers te koop die gelijk kunnen worden aangesloten op een mobiele telefoon. Mijn ervaring daarmee is dat ze in het algemeen matig tot slecht werken, met een enkele uitzondering (zie deel 2 in deze reeks). De aanschaf van een geigerteller (ongeveer 70 euro) is een aanschaf die eigenlijk iedere serieuze mineralenverzamelaar dient te doen. Dit is belangrijk, omdat vaak blijkt dat mineralen waarvan men het niet verwacht, wel degelijk radioactief zijn. Denk hierbij aan de hierboven al genoemde monaziet. Zo bleek ook hemimorfiet uit de Pinhal do Souto Mine uit het Viseu district in Portugal een sterke straler te zijn. Het is daarom goed om de hele verzameling een keer te scannen met een geigerteller, waarbij vooral mineralen uit Noorwegen, Madagaskar, het Schwarzwald, Duitsland, Portugal en Congo speciale aandacht vereisen (bijv. Markl & Wolfsried, 2011). In een volgend artikel zal ik ingaan op verschillende eenheden waarin radioactiviteit gemeten kan worden waarbij ook ingegaan wordt op de toegelaten stralingsniveaus.



◀ Afb. 11. Het vangen van een neutron door een kern van uranium-238 leidt binnen enkele dagen tot de vorming van een kern van splijtbaar plutonium-239. De kern van uranium-239 als gevolg van de opname van het neutron is radioactieve bèta-minus. Door een elektron en een antineutrino uit te zenden, wordt het neptunium-239, dat op zichzelf weer onstabiel wordt en op dezelfde manier verandert in plutonium-239. Figuur: Hans van 't Zelfde.

◀ Afb. 12. Geiger-Müller-teller GMC-300 E Plus. Foto: Hans van 't Zelfde.

► Afb. 13. Symbool links wordt gebruikt voor ioniserende straling. Symbool rechts voor mineralen die giftig en slecht voor de gezondheid zijn. Publiek domein.



Mineralen in de verzameling

Zorg ervoor dat mineralen die straling produceren in afgesloten en met sellotape afgeplakte (Jousi-)doosjes worden bewaard. Bewaar de doosjes in een stalen kast, het liefst niet te dicht bij een werktafel of een bed. De radioactiviteit neemt namelijk kwadratisch af met de afstand. Dus twee keer zo ver zorgt voor vier keer zo weinig straling. Een bijkomend probleem met radioactieve mineralen is het feit dat deze mineralen door verval radon produceren, wat longkanker kan veroorzaken. Radon komt ook voor in onze woningen en wordt geproduceerd door de stenen die voor de bouw worden gebruikt, maar ook de grond (zand/klei) zelf produceert radon. Het is daarom verstandig om direct bij de nieuwbouw de grond in de kruipruimte te laten afdekken. Vanwege radon moet een doosje waarin het radioactieve mineraal zich bevindt, geopend worden in de buitenlucht waarbij het deksel naar de persoon wordt toegedraaid en de wind vanaf de andere kant het doosje kan 'schoonblazen'. Label de doosjes altijd met een "waarschuwingsticker" zodat voor iedereen duidelijk is dat het mineraal ioniserende straling uitzendt. Voor giftige mineralen en mineralen die slecht voor de gezondheid zijn, kan het tweede symbool gebruikt worden. Afb. 13.

Ook is het verstandig, i.v.m. een mogelijke overdracht van de collectie en het liefst dan digitaal, een registratiesysteem aan te leggen waarin de radioactieve stukken duidelijk worden gemarkeerd en waar per specimen tevens de gemeten hoeveelheid straling wordt aangegeven. Zo hebben alle radioactieve mineralen in mijn digitale kaartenbak (Excel) een rode opmaak. Op deze manier zal het ook voor een buiten-

staander duidelijk worden dat met deze mineralen met zorg moet worden omgegaan. Over het algemeen zijn kristallen van radioactieve mineralen klein en is het niet nodig, en zeker niet gewenst, om handstukken te verzamelen. Trim deze mineralen zo weinig mogelijk. En zorg in ieder geval voor een goede (stralings)hygiëne, zoals handen wassen, het gebruik van een mondkapje en weggooihandschoenen, niet eten en drinken bij het hanteren van deze mineralen. Dit geldt ook wanneer vindplaatsen, zoals de Clara-groeve of Wittichen (Schmiedestollen dump), worden bezocht.

In deel 2 van deze reeks over radioactieve mineralen zal ik ingaan op de geologie en de vorming van uranium- en thoriummineralen en hun voornaamste vindplaatsen. Daarin komen ook de eenheden waarin radioactiviteit gemeten wordt en welke normen er gelden aan bod. Deel 3 besluit met de bespreking van specifieke radioactieve mineralen volgens de mineraalindeling van Lauf (2008, 2016).

Referenties

- Bos, A.J.J., Draaisma, F.S. & Okx, W.J.C. (2007). *Inleiding tot de stralingshygiëne*. Sdu Uitgevers.
- Burke, E.A.J. (1975). Risico's bij verzamelen van radioactieve mineralen. *Gea* 1975/1. Online te lezen via <http://natuurtijdschriften.nl/record/414352>.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2018). *Kernenergiewet*. 's Gravenhage.
- Lauf, R. (2008). *Introduction to radioactive minerals*. Schiffer publishing, Pennsylvania.
- Lauf, R.J. (2016). *Mineralogy of Uranium and Thorium*. Schiffer publishing, Pennsylvania.
- Markl, G. & Wolfsried, S. (2011). *Das Uran von Menzenschwand*. Christiaan Weise Verlag, München.
- Van Loon, T. (2005). Radioactieve dreiging voor verzamelaars in rook opgegaan. Rotterdam, *Afzettingen WTKG*, 24 (4). Online te lezen via <http://natuurtijdschriften.nl/download?type=document&docid=567226>.
- International Mineralogical Association (IMA) (2020), *The New IMA List of Minerals*. Geraadpleegd op 29 april 2020 via http://cnmnc.main.jp/IMA_Master_List_%282020-03%29.pdf