

Denkbeelden over radioactiviteit in de berichtgeving

over TsjernobyI

H.M.C.Eijkelhof en P.L.Lijnse
Rijksuniversiteit te Utrecht
Vakgroep Natuurkunde-Didactiek

Summary

Recent proposals for physics examination programmes at senior secondary level in the Netherlands include a rather large section on radiation protection. However not much experience is available in teaching this topic at the secondary level and in particular not much is known about children's ideas on ionizing radiation and radioactivity. In this paper it is assumed that children's ideas in this area are directly and indirectly influenced by the way the media deal with this topic. Therefore results are described of an analysis of press reports (radio, t.v., newspapers) about the accident in a nuclear power station at Chernobyl in the Soviet Union.

Quotes illustrate a large-scale confusion regarding radiation and radioactive substances in reports about the accident itself, the spreading of radioactive particles across Europe and contamination of food and persons. Also shown are the confusion between radiation dose and activity and the ideas that half-life would refer to the time a substance would be dangerous.

One of the confusions is that the public idea on radiation might be quite different from the radiation concept in physics. Suggestions are given for further research on which the writing of new student material should be based.

1. Inleiding

Het onderwerp radioactiviteit maakt al geruime tijd deel uit van een aantal examenprogramma's voor natuurkunde bij het voortgezet onderwijs. In de huidige programma's voor havo en vwo ligt de nadruk daarbij op het verschijnsel radioactiviteit en op de aard van de uitgezonden straling. In de Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde (WEN) bestaan echter plannen om meer plaats in te ruimen voor dit onderwerp. De uitbreiding zou met name meer aandacht vragen voor de stralingshygiëne-aspecten (stralingsdosis, radioactieve besmetting, veiligheids-

aspecten) en voor medische toepassingen (radiotherapie en -diagnostiek).

Op grond van de ervaringen met het PLON-thema Ioniserende Straling (Eijkelhof en Wierstra 1986, Jörg 1986) lijkt de verwachting gerechtvaardigd dat meer aandacht voor de effect-kant van straling veel leerlingen zal aanspreken. Aandacht voor stralingshygiëne en toepassingen van ioniserende straling is op zichzelf echter geen garantie voor een goed gebruik van de natuurwetenschappelijke begrippen in praktijksituaties door leerlingen. Immers uit het onderzoek van Eijkelhof en Wierstra (1986) bleek dat bij leerlingen een aantal fysisch onjuiste denkbeelden leefden over radioactiviteit en ioniserende straling die vrij hardnekkig leken. Gezien de aard van ioniserende straling (niet direct waarneembaar door de zintuigen) lijken directe ervaringen met deze straling niet van groot belang voor deze beeldvorming. Wij achten het meer waarschijnlijk dat de specifieke leerlingdenkbeelden vooral worden gevormd op basis van de berichtgeving in de media (radio, T.V., kranten, tijdschriften) en ondersteund door gesprekken hierover op school en thuis. Daarbij moet deze nieuwe informatie uit de media ingepast worden in voor leerlingen al wel bekende ideeën waardoor allerlei verwarringen kunnen ontstaan. Het begrip straling zelf is hier een voorbeeld van. Daarnaast is het waarschijnlijk dat dergelijke verwarringen al in de voorlichting zelf een rol spelen. In januari 1986 vatten we daarom het plan op om systematisch op zoek te gaan naar denkbeelden over radioactiviteit en straling in de media.

Het ongeluk in de Russische kerncentrale te Tsjernobyl, eind april 1986, leverde een hausse op aan bedoelde artikelen en uitzendingen. Deze weerspiegelen in zekere mate wat er onder de bevolking leeft over kernenergie, radioactiviteit en straling: het publiek stelt vragen en schrijft ingezonden brieven en journalisten, zonder veel achtergrondkennis, interpreteren berichten van internationale persbureaus of interviewen deskundigen.

In dit artikel bespreken we eerst de resultaten van eerder onderzoek naar de denkbeelden van leerlingen over ioniserende straling. Daarna zetten we opzet en uitvoering van ons media-onderzoek uiteen. Vervolgens vindt U een weergave van onze resultaten aan de hand van veel citaten. We eindigen met een discussie over de problemen wanneer men het publiek wil voorlichten en over de implicaties voor didactisch onderzoek.

2. Denkbeelden van leerlingen over ioniserende straling

Over de denkbeelden van leerlingen m.b.t. natuurwetenschappelijke begrippen is de laatste jaren veel gepubliceerd, getuige bijv. de overzichtsartikelen van Driver (1985) en Osborne (1983). Ook in

Nederland zijn onderzoekers op dit gebied actief (Van Genderen 1983, Licht 1986, Lijnse 1986, de Vos 1985, Wubbels 1986). De publicaties in de vakdidactische literatuur betreffen echter vrijwel altijd andere begrippen uit de natuurkunde dan ioniserende straling, zoals bijv. begrippen uit de gebieden mechanica, elektriciteit, energie en licht. Twee publicaties vormen hierop een uitzondering.

Riesch en Westphal (1975) rapporteerden over hun onderzoek onder 58 Duitse leerlingen van ca. 15 jaar die op school nog niet met radioactiviteit te maken hadden gehad. In hun onderzoek richtten zij zich vooral op de vraag welke 'modellen' leerlingen hanteerden voor de manier waarop ioniserende straling zich uitbreidt. Ongeveer de helft van de leerlingen gebruikte overwegend een 'stromings-' of 'diffusie'-model. Een 'deeltjesmodel' voor dit soort straling werd maar door weinigen gebruikt. Over de oorzaken van de aangetoonde voorkeuren voor bepaalde (fysisch minder bruikbare) modellen doen deze auteurs geen stellige uitspraken. Wel menen ze aanwijzingen te hebben dat de voorstellingen over straling van radioactieve oorsprong ontstaan uit min of meer spontane combinaties van informatie die buiten de school en onder zeer uiteenlopende omstandigheden wordt opgedaan. Vandaar dat meerdere modellen vaak door elkaar werden gebruikt. Verder constateerden ze dat veel aspecten van het begrip radioactiviteit tot het begrip straling werden gerekend, zoals blijkt uit uitspraken als: 'Straling ontwikkelt zich in een rookpluim en wordt door de wind verspreid', 'Straling hecht zich aan voorwerpen' en 'Straling is iets dat in de lucht hangt'. Het transport van radioactieve stoffen en de voortplanting van straling zelf werden met elkaar verward. Volgens de onderzoekers dragen ook woorden als 'radioactieve besmetting' tot deze verwarring bij.

Een tweede publicatie op dit gebied (Eijkelhof en Wierstra 1986) doet verslag van een Nederlands onderzoek onder ca. 100 leerlingen van 5 havo vóór en na behandeling van het PLON-thema Ioniserende Straling. Onder meer werd nagegaan in welke mate leerlingen natuurwetenschappelijke informatie weten te gebruiken bij het beoordelen van risico's van toepassingen van radioactiviteit en röntgenstraling. Invloed van het onderwijs over dit onderwerp viel nauwelijks te bespeuren bij het beoordelen van het storten van radioactief afval in zee, terwijl het onderwijs wel zijn sporen leek te hebben nagelaten bij een beoordeling van 'voedselbestraling'. Beide praktijksituaties waren in de lessen niet aan bod geweest. De onderzoekers veronderstelden dat dit wellicht is toe te schrijven aan het feit dat de eerste situatie veel meer aandacht in de media heeft gehad dan de tweede. Bij de beoordeling van het risico van de eerste situatie volstaat men klaarblijkelijk met eerder gehoorde "buitenschoolse" argumentaties, zonder de noodzaak te voelen daarbij het in de klas geleerde te gebruiken. Over het bestralen van voedsel is echter veel minder bekend; het is een nieuwe situa-

tie waardoor de leerlingen meer gedwongen worden het op school geleerde toe te passen.

De onderzoekers vonden ook een aantal misvattingen die ten dele toe te schrijven leken aan de verwarring tussen radioactieve stof en uitgezonden straling, zoals in uitspraken als 'straling hoopt zich op in het lichaam' en 'voedsel wordt door bestraling radioactief'. Verder vonden ze aanwijzingen over misverstanden rond de veiligheid van straling beneden de voor burgers toegestane jaarlijkse dosis van 5 mSv. Het begrip van halveringstijd leek na afloop correct te zijn opgevat door bijna alle leerlingen.

3. Opzet en uitvoering van het onderzoek

De resultaten van beide laatste onderzoeken waren aanleiding om na te gaan welke misvattingen in de berichten te vinden waren betreffende radioactiviteit en straling. De term misvatting, in plaats van denkbeelden, duidt aan dat in onze analyse gekozen is voor een fysische optiek. De berichtgeving is geanalyseerd op uitspraken die als fysisch onjuist zijn te kwalificeren. Tevens is nagegaan in hoeverre meerdere misvattingen waren terug te voeren tot onderliggende "grotere" misvattingen. Zoals bijvoorbeeld het verwarren van stof en straling. Hiervan is ook nagegaan in welke praktijksituaties deze voorkwamen. Tenslotte is ook gekeken in hoeverre sommige uitspraken van deskundigen onbedoeld de gesignaleerde misvattingen zouden kunnen bevestigen, bijvoorbeeld vanwege slordig taalgebruik of te ver doorgevoerde popularisatie.

Ten aanzien van de gekozen fysische optiek valt het volgende op te merken. Hiermee krijgen we inzicht in hoeverre de gehanteerde denkbeelden afwijken van fysisch juiste begrippen, hetgeen belangrijk is als we deze laatste, bijvoorbeeld als onderwijsdoel, zouden willen nastreven. Een geheel andere vraag is echter in hoeverre de gehanteerde denkbeelden in de media ook inderdaad disfunctioneel zijn voor het adequaat kunnen beoordelen van de stralingsrisico's in de beschreven situaties. Daarop gaan we in dit artikel nog niet in.

Na het bekend worden van het ongeluk in Tsjernobyl op 28 april 1986 is begonnen met het maken van audio-opnamen van (delen van) radio- en TV-uitzendingen die aandacht besteedden aan Tsjernobyl. Onder de 60 radio-opnamen die werden gemaakt bevinden zich 26 uitzendingen van de radionieuwsdienst en 34 actualiteitenuitzendingen (voornamelijk opgenomen rond het nieuws van 8.00 en 18.00 uur en 's avonds laat, te weten 'Met het oog op morgen'). Het was niet mogelijk alle uitzendingen op te nemen. Dat was ook niet noodzakelijk omdat het in dit onderzoek niet ging om een volledige evaluatie van de berichtgeving in de media, noch om een kwantitatieve studie naar voorkomende misvattingen in de berichtgeving maar om een oriënterende studie die zicht moest geven op de problematiek van de onderzoeksvragen. De radio-

opnamen werden aangevuld met audio-opnamen van 36 TV-uitzendingen: 9 actualiteitenuitzendingen (o.a. het Capitoel, Achter het Nieuws, Konsumentenman, Brandpunt) en 27 uitzendingen van het NOS-journaal (20.00 en 22.30 h) en het Jeugdjournaal (18.45 h). In totaal werd 13 uur bandopnamen verzameld.

Daarnaast werden 2 maanden lang uit de landelijke dagbladen Volkskrant (ochtendkrant) en NRC (avondkrant) en het regionale Utrechts Nieuwsblad (avondkrant) alle kranteknipsels verzameld die aandacht besteedden aan Tsjernobyl. Deze kranten hebben elk een zelfstandige redactie en richten zich op een uiteenlopend publiek. Om dezelfde reden als genoemd bij de radiouitzendingen was het niet noodzakelijk om meer kranten te verzamelen binnen het kader van deze studie.

Vervolgens zijn alle banden beluisterd en alle artikelen gelezen. Hieruit werden 150 dialogen en citaten genoteerd die van belang leken voor de hierboven genoemde onderzoeksvragen. Uitspraken die qua praktijksituatie en/of fysisch begrip bij elkaar hoorden werden gecategoriseerd door een van de auteurs. Elke categorie diende minstens 2 uitspraken van verschillende bronnen te bevatten. De tweede onderzoeker becommentarieerde de indeling. Na enkele aanpassingen werden de auteurs het eens over de indeling die verderop in dit artikel wordt gepresenteerd.

4. De verwarring stof-straling in de media

De uitspraken in de media waarin het onderscheid tussen radioactieve stof en uitgezonden straling niet werd gemaakt, waren talrijk. Ze kunnen worden ingedeeld naar praktijksituatie: reactorongeval, verspreiding naar omgeving, gevolgen voor voedsel en besmetting van mensen. De volgorde geeft tevens de weg aan volgens welke de processen zich voltrokken die er toe leidden dat Nederlanders een extra stralingsdosis ontvingen ten gevolge van het gebeuren in Tsjernobyl: van bron tot ontvanger. We bespreken nu eerst de vier praktijksituaties aan de hand van voorbeeldcitaten.

A. De reactor stoot straling uit.

Tot deze rubriek rekenen we uitspraken zoals:

- 'rampcentrale stoot nog steeds straling uit' (NRC-H 1/5),
- 'dat de van de reactor uitgaande straling thans gestabiliseerd is' (NRC-H 30/4),
- 'Er zijn doden, en naar verwachting zal de ontsnapte straling ook jaren na nu nog voor extra kankergevallen zorgen' (UN 3/5),
- '... verklaarde in het dagblad Izvestija dat de reactor nu geen straling meer afgeeft' (NRC-H 13/5)
- 'In Bonn zei Sovjet-ambassadeur Y.K. intussen dat de reactor nog steeds straling lekt. Maar volgens hem gaat het om kleine hoeveelheden die geen gevaar vormen voor de rest van Europa' (NRC-H 15/5)

- 'de lange termijneffecten van het stralingslek' (NRC-H 17/5). Deze uitspraken wekken de indruk dat er van de reactor alleen straling uitgaat. Nu gaat er van de reactor zelf uiteraard wel straling uit maar die heeft alleen gevolgen voor de zeer naaste omgeving vanwege de luchtabsorptie en het effect van toenemende afstand. Het zijn juist de vrijkomende radioactieve stoffen die de schadelijke effecten op grotere afstanden veroorzaken. Sommige uitspraken van deskundigen kunnen ook in deze rubriek worden ingedeeld:
- 'de radioactieve straling die dan uit de centrale komt, is kleiner, maar ik denk niet veel minder. Er hoeft maar een deur open te staan en het komt naar buiten', dr.L.Reijnders geciteerd in UN (10/5)
- 'De geabsorbeerde dosis per tijdseenheid neemt sterk af naarmate de afstand tot de bron toeneemt. Daarom werd de bevolking die woonde rond Tsjernobyl na enkele dagen geëvacueerd: langer verblijf zou tot hogere doses hebben geleid. Deze afname van de doseringssnelheid (dosistempo) geschiedt met het kwadraat van de afstand', Prof.dr.D.W. van Bekkum e.a. in 'Straling en radioactiviteit' (1986).
Het laatste citaat slaat wellicht op tuinman en portier van de centrale maar zeker niet op de meeste bewoners binnen het gebied met een straal van 30 km rond de reactor die werden geëvacueerd.

B. Straling zit in de lucht en wordt door de wind verspreid.

Rubriek B omvat uitspraken als:

- 'Uit het onderzoek bleek dat de straling niet afkomstig was van de Zweedse centrale, maar met de wind was meegevoerd vanuit de Sovjet-Unie' (UN 29/4),
- 'Dat bevestigde westerse berichten dat de straling zich voornamelijk naar het noorden en noordwesten had verspreid, omdat er ten tijde van het ongeluk een zuidoostenwind stond' (VK 7/5),
- 'De bevolking is niet verteld dat de straling van de reactor zich over heel Europa verspreidde' (NRC-H 3/6),
- 'En daardoor kan de gevaarlijke straling alle kanten op.....want de gevaarlijke straling komt ook over de grenzen' (Jeugdjournaal 30/4)
- 'Vandaag maakte de regering van Frankrijk bekend dat ook daar meer straling in de lucht is terechtgekomen' (Jeugdjournaal 1/5).
Men vat straling kennelijk op als iets dat in de lucht zit en door de wind in een bepaalde richting wordt geblazen. Met name de publiciteit in de eerste week na het ongeval heeft hier waarschijnlijk toe bijgedragen: weerkundigen van het KNMI werden veelvuldig geciteerd over de verwachte windrichting met het oog op mogelijke besmetting in Nederland. Wellicht in een poging het simpel te houden droegen deskundigen af en toe aan de verwarring bij:

- '(deskundige N.) benadrukte dat Nederland het enige land is waar behoorlijk en fatsoenlijk is uitgelegd hoeveel millirem (de stralingsmaat voor radioactiviteit) er in de lucht zit' (VK 5/5),
- 'In de nacht van donderdag op vrijdag is de wind gedraaid. Daar hing een grotere wolk, overigens oudere straling, al een dag ouder, van 29 april van de centrale afkomstig...' (Minister Winsemius in Het Capitool 4/5/86.

C. Voedsel bevat straling.

Deze rubriek wordt gevormd door uitspraken als:

- 'Uit metingen is gebleken dat de radioactieve straling, afkomstig uit de beschadigde kerncentrale in de Sovjet-Unie, neerslaat op het gras en zo in de melk terecht kan komen' (NOS-journaal 3/5),
- 'Inmiddels is ook in kasgroente straling aangetroffen' (VK 9/5)
- 'De kans is groot dat maandag en dinsdag geconsumeerde verse spinazie bloot heeft gestaan aan een te hoge straling' (UN 7/5)
- 'Maar mijn vader heeft gezegd dat er straling opzit en dat ik het niet op mag eten' (UN 10/5)
- 'Wij eten het niet op want in een tuinkersplantje zit een heel klein beetje radio-actieve straling en al die stralingen bij elkaar is weer heel veel' (UN 17/5).

Het lijkt er op dat straling wordt gezien als iets dat uit de lucht in het voedsel terecht is gekomen.

Ook voor deze rubriek geldt dat deskundigen soms aan de misvattingen voedsel gaven:

- 'Alles wat buiten groeit is nu met een dun laagje radioactiviteit bedekt' (J.Visser in VK 17/5)
- 'Spinazie heeft, door het feit dat het een bijzonder groot oppervlakte heeft, een wat hoger gehalte aan radioactieve straling opgelopen als alle andere groenten die wij hebben' (Landbouwambtenaar Duffhues in NOS-journaal 9/5).

De verwarring over straling in voedsel blijft overigens niet beperkt tot groenten en melk. Op de grens van de overgang naar de volgende rubriek valt bijv. de volgende uitspraak:

- '...en aan de grens van Oostenrijk en Italië hebben de Italiaanse autoriteiten een truck met 900 stuks vee uit Polen aangehouden. Het vee, paarden en schapen, is aan een te hoge dosis straling blootgesteld geweest' (NOS-journaal 5/5).

Niet duidelijk is in dit citaat of de beesten met radioactieve stoffen zijn besmet of alleen een dosis van uitwendige bronnen hebben ontvangen. Het laatste wordt gesuggereerd maar het eerste is waarschijnlijker omdat het tweede nauwelijks te meten is en alleen in het eerste geval consumptie schadelijk is.

D. Radioactieve besmetting door straling.

In de media merkten we een aantal voorbeelden op van uitspraken over besmetting van mensen:

- 'Benno heeft geen meetbare straling opgelopen, Gerrit wel' (UN 9/5)
- 'Vijf werknemers zijn woensdag met straling besmet geraakt' (NRC-H 22/5)
- 'We weten al dat tienduizenden mensen voor de rest van hun leven regelmatig moeten worden onderzocht op besmetting (NRC-H 29/5)
- '...weinig heil te zien in beenmergtransplantaties als mogelijke redding van de door straling besmette mensen' (NRC-H 30/5)
- 'Er worden nu 100 radioactief besmette mensen behandeld' (Met het oog op morgen 6/5).

Een kenmerk van dit soort uitspraken is dat onduidelijk is of de besmette mensen een verhoogde dosis externe straling hebben ontvangen of dat ze radioactieve stoffen hebben binnengekregen. Dit is een wezenlijk onderscheid om de ernst van de situatie te kunnen inschatten en de genomen gezondheidsmaatregelen te begrijpen. Het lijkt aan te bevelen de term besmetting alleen te gebruiken in het geval van opname van radioactieve stoffen in het lichaam.

We menen met bovenstaande citaten te hebben aangetoond dat de verwarring tussen radioactieve stof en uitgezonden straling wijd verbreid is. We vinden haar terug in uitspraken over uiteenlopende praktijksituaties. Op zich achten we dat niet zo verwonderlijk. Iemand die het onderscheid stof-straling niet kan maken, zal daar blijk van geven in de beschrijving van elk van deze praktijksituaties. De verwarring wordt bovendien waarschijnlijk nog versterkt door het veelvuldig gebruik van de term 'radioactieve straling' in de media. Vele honderden citaten zouden hiervan te geven zijn. Het bezwaar tegen de term is ons inziens niet zozeer de tautologie (stralende straling is dubbelop) als wel de indruk die wordt gewekt dat straling zelf radioactief is. Een treffende verwoording van het misverstand vonden we in een artikel van een journalist die een interview had afgenomen met een deskundige van het RIVM in Bilthoven:

- 'Dr. Frissel noemt gevaarlijk klinkende namen als uraan, thorium en kalium, bestanddelen van de 'normale' radioactieve straling' (UN 20/5)

5. Van activiteit tot dosisequivalent

Sinds de ramp in Tsjernobyl is de taalschat van de meeste Nederlanders verrijkt met de termen rem en becquerel. Beide termen werden veelvuldig in de berichtgeving gebruikt, vaak echter op zo'n manier dat het zeer de vraag is of die verrijking van de taalschat wel met een juist begrip van deze eenheden en de bijbehorende grootheden gepaard is gegaan. Ex-VROM-minister Winsemius heeft daar waarschijnlijk geen

hoge verwachtingen van getuige de manier waarop hij de ministerraad toespraak, begin mei:

"Het gaat om remmen en becquerellen dat zegt jullie verder niks, maar onthoud eventjes de getallen: als we zoveel bereikt hebben gebeurt er dit, als we zoveel bereiken gebeurt er dat..." (NRC-H 15/5).

In deze paragraaf zullen we bespreken welke misvattingen we vonden in de media met betrekking tot de begrippen dosisequivalent en activiteit en daarmee samenhangende begrippen, zoals dosistempo en halveringstijd. Dosisequivalent is een maat voor de biologische werkzaamheid van een geabsorbeerde stralingsdosis met als eenheid de sievert (voorheen rem). De grootte zegt dus iets over wat bij de ontvanger van straling gebeurt. Onder activiteit verstaan we een maat voor het aantal spontane veranderingen van atoomkernen per tijdseenheid waarbij ioniserende straling vrijkomt. De eenheid is de becquerel (voorheen curie).

Activiteit zegt dus iets over de bron van de ioniserende straling. Opvallend is dat de moderne SI-eenheden wel worden gebruikt in de media waar het gaat om activiteit (becquerel) maar dat dosisequivalent meestal in rem (en niet in sievert) wordt uitgedrukt. Aan de hand van citaten zullen we nu enkele misvattingen bespreken t.a.v. de hierboven genoemde fysische grootheden.

a. activiteit

De becquerel werd in de media meestal genoemd in verband met voedsel of drinkwater. Veel berichten gaan over de normstelling waar in EG-kringen maar met moeite overeenstemming over kon worden bereikt. Men spreekt dan over de hoeveelheid becquerel die het voedsel mag bevatten. Enkele citaten:

- 'Volgens diplomaten is nu een academische discussie ... aan de gang over het aantal Becquerels (de meetheidheid Bq) dat binnen de EG zou moeten worden toegestaan. Italië wil 1300 Bq voor melkproducten, een meerderheid slechts 500 Bq' (NRC-H 10/5)
- 'Daarbij liet Italië weten dat voor bladgroente deze grenswaarde 1000 becquerel moet zijn' (VK 12/5)
- De Duitsers vonden een stralingsdosis van 1000 becquerels voor hun melk aanvaardbaar ... maar om de Duitse burgers te beschermen zou de Italiaanse groente niet meer dan 250 becquerels mogen bevatten' (UN 13/5).

Een eerste opmerking die men hierbij kan maken is dat de activiteit niet per eenheid voedsel wordt gegeven (kg. of liter). Dat kan met name verwarring opleveren omdat bij het oppervlaktewater de activiteit vaak per m³ wordt gegeven, dus per 1000 liter. Dit kan men nog interpreteren als een "normale slordigheid" die zich vaak voordoet bij samengestelde grootheden, zoals dichtheid, snelheid, versnelling e.d.

Wij achten het echter ook aannemelijk dat de citaten op iets ernstigers wijzen nl. een niet-begrijpen van het begrip activiteit. Het derde citaat spreekt bijv. van een 'stralingsdosis van 1000 becquerels'.

b. halveringstijd

Een veel voorkomend misverstand is dat na de halveringstijd het gevaar zou zijn geweken. We vinden dit misverstand bij voorbeeld in de volgende uitspraken:

- 'Plutonium behoudt zijn radioactieve straling gedurende 24.000 jaar' (Radionieuwsdienst 13/5)
- 'Bovendien is jodium na acht dagen uitgewerkt' (UN 20/5)
- 'Strontium is inderdaad 30 jaar actief, overigens in afnemende mate' (UN 20/5)
- 'De maatregel is genomen uit voorzorg en zal tenminste tien dagen duren. Dat is de periode waarin de radioactieve stoffen werkzaam zijn' (VK 5/5)
- 'Maar in een verwijzing naar het begrip halfwaardetijd, de periode waarin een radioactief isotoop zijn radioactiviteit verliest ...' (NRC-H 14/6).

Men heeft meestal wel begrepen dat radioactiviteit afneemt in de loop van de tijd en ook dat de snelheid waarmee dat gebeurt verschilt per stof, maar men vat halveringstijd op als de werkzame periode. We veronderstellen dat dit wijst op onbegrip van het vervalproces: men weet niet wat activiteit is (vergelijk a.). Deze beeldvorming van halveringstijd kan in de hand zijn gewerkt door sommige overheidsmaatregelen. Binnen 8 dagen (de veelgenoemde halveringstijd van jodium) mochten de koeien weer van stal en mocht spinazie weer geveild worden. Deskundigen versterkten dit beeld soms. Een hoogleraar uit Wageningen merkte op 11 mei op in het Capitool (8 dagen na de koeien-maatregel):

- 'Op het moment is het zo dat de kortlevende stralen, daar zijn we inderdaad vanaf. Dus het directe stralingsgevaar van de kortlevende isotopen, dus diegenen met een korte halfwaardetijd dat is logischerwijs dus achter de rug'.

En een journalist van het Utrechts Nieuwsblad tekende op 6 mei uit de mond van een medewerker van het RIVM te Bilthoven op:

- 'De halveringstijd van jodium bedraagt acht dagen. Dat gaat op een gegeven moment dus heel erg hard. Ik verwacht dat de straling van jodium binnen enkele dagen is verdwenen'.

c. dosisequivalent

De rem en millirem (eenheid voor dosisequivalent) kwamen we in drie soorten situaties tegen in de berichtgeving: in de bespreking van stralingsnormen, in berichten over de opgelopen dosis en in uitspraken over de stralingsniveaus in de lucht en van voorwerpen. De derde soort zullen we nader bespreken omdat vooral daarin misvattingen te vinden waren.

Laten we daartoe de volgende uitspraken eens nader onder de loupe nemen:

- 'Vlak boven de grond was de straling 0,4 millirem' (VK en UN 6/5)
- 'Er is een niveau gemeten van 0,6 millirem. Elke Nederlander mag zonder probleem honderd millirem per jaar ontvangen, ruim 160 maal zo veel als de waarde die nu is gemeten' (Radionieuwsdienst 2/5). Een eerste punt wat opvalt in de citaten is de verwarring tussen dosis en dosistempo. Deskundigen dragen aan die verwarring bij als ze onzorgvuldig gegevens naar buiten brengen of met jaardoses gaan gooichelen. Zo meldden enkele stralingsdeskundigen ons via de kranten:
- 'In de lucht is altijd straling aanwezig, waardoor elk mens op jaarbasis 0,0005 rad...opneemt' (UN 3/5)
- 'In Nederland zal de radioactieve achtergrondstraling deze maand uitkomen op 178 millirem' (UN 16/5).

Er is nog een tweede punt dat we onder de aandacht willen brengen en dat is het kennelijke onbegrip van wat stralingsdosis of dosisequivalent eigenlijk is. Met name de beide eerste citaten wekken de indruk dat men een beeld heeft dat kan worden omschreven als 'lucht bevat x mrem aan straling'. Het gaat dan niet meer om de ontvanger maar meer om de bron.

Extra verwarrend is het als de millirem als maat voor het stralingsniveau van voorwerpen wordt gebruikt:

- 'Het hoogst gemeten stralingsniveau van onderzochte vrachtwagens in de bondsrepubliek bedraagt 0,5 millirem' (VK 2/5).

Als hier bedoeld is de door de vrachtwagens geabsorbeerde dosis dan vraag je je af hoe dat is gemeten. Bovendien is het gebruik van dosisequivalent (in mrem) dan niet gerechtvaardigd. Waarschijnlijker is dat de oorspronkelijke informatiebron wilde aangeven hoeveel straling iemand ontvangt in de buurt van de vrachtwagen (hoe dichtbij?) gedurende 24 uur.

De verwarring wordt compleet wanneer stralingsdosis en activiteit door elkaar gehaald worden. Bij de bespreking van activiteit gaven we daarvan reeds een voorbeeld. Nog duidelijker wordt dit geïllustreerd met een uitspraak van minister Braks in het Capitool van 11/5:

- 'Het ene land pleit voor het aanvaarden van een hogere stralingsdosis in melk maar dan moet de dosis voor groente bijvoorbeeld weer veel lager zijn'.

Kortom we kunnen concluderen dat ex-minister Winsemius' uitspraak, geciteerd aan het begin van deze paragraaf, veel waars lijkt te bevatten: remmen en becquerellen zeggen de mensen weinig. Dat geldt niet zozeer voor de eenheden (de normen zijn waarschijnlijk nu wel bekend bij veel mensen) als wel voor de grootheden waar ze voor staan: dosisequivalent en activiteit. Beide worden vaak gezien als een maat voor

'de hoeveelheid straling die ergens in zit' waarbij gemakkelijk het idee post kan vatten dat het min of meer toevallig is dat men het bij voedsel uitdrukt in becquerellen en bij lucht in remmen.

Wellicht speelt ook hier de in paragraaf 4 besproken verwarring stof-straling een rol. Immers activiteit is een maat met betrekking tot de stof en dosisequivalent zegt iets over de ontvangen straling. Het kunnen onderscheiden van stof en straling lijkt ons een basisvoorwaarde om de begrippen activiteit en dosisequivalent te kunnen begrijpen.

6. Discussie

Met het bespreken van de misvattingen in de paragrafen 4 en 5 hebben we geenszins de bedoeling gehad ons geringschattend uit te laten over de diverse uitspraken. Hoe meer we ons verdiepten in de berichtgeving hoe meer begrip we konden opbrengen voor de denkbeelden over straling van leken, de interpretaties van journalisten en de problemen van deskundigen om met hun kennis duidelijkheid te verschaffen. We kregen de indruk dat leken doordrongen zijn van de gevaarlijke aspecten van straling. Ze worden gedwongen door de berichtgeving over het ongeluk, lokale besmetting en maatregelen, om zich een voorstelling te maken van hetgeen wordt gemeld. Ze kunnen uiteraard niet anders dan deze berichtgeving in te passen in hun al bestaande ideeën over straling en radio-activiteit. Alhoewel dit wellicht nog best op een consistente en voor hunzelf zinvolle manier mogelijk lijkt, is het tegelijkertijd duidelijk dat dit min of meer samenhangende "publieke" stralingsbegrip nog veel fysische onjuistheden kan bevatten, waarvan nog nader geanalyseerd moet worden in hoeverre ze ook leiden tot verkeerde risico-inschattingen.

Voor deskundigen geldt dat ze vaak geen inzicht hebben in wat het publiek wel of niet weet, laat staan in welke foutieve beelden men heeft over straling. De deskundige gaat dan vaak één van de volgende twee wegen op:

- hij (of zij) vertelt zo goed mogelijk wat hij weet en zorgt dat hij zo correct en nauwkeurig mogelijk antwoord geeft op gestelde vragen. Vaak begrijpt het publiek de deskundige dan niet, trekt de verkeerde conclusies of wendt zich teleurgesteld af. Zo was voor een vrouw met een baby een uitspraak van een deskundige in een forum (Achter het Nieuws, TV) op 30/4 dat 'er voorsnog geen reden tot ongerustheid' was aanleiding om haar koffer te pakken en halsoverkop naar Spanje te vluchten (VARA-radio 31/5),
- hij gaat populariseren om toch vooral maar begrepen te worden door het publiek. Daarmee versterkt hij vaak misverstanden bij de mensen. Als voorbeeld citeren we uit een folder van de Stichting Natuur en Milieu met tips voor het publiek:
 - 'in verse melk zit 20 Becquerel'
 - 'aardbeien uit de kas bevatten niet veel straling'

- 'U kunt de straling nu alleen nog maar via Uw voedsel binnenkrijgen
Journalisten vormen een schakel tussen deskundigen en publiek. Vaak weten ze van straling weinig af en verminken dan persberichten of uitspraken van deskundigen. In die zin lijken ze op vele andere mensen. Soms zijn ze wel deskundig maar gaan ze weinig in op de denkbeelden die bij het publiek leven. Ze hebben dan meer weg van de andere stralingsdeskundigen.

In dit verband past de kanttekening dat de fysische optiek van onze media analyse het niet mogelijk maakt een authentiek en volledig beeld te schetsen van het "publieksdenken" t.a.v. straling. Zo beseffen we dat onze conclusie dat de verwarring stof-straling een belangrijke misvatting is, nog niet betekent dat leken, journalisten e.d. aparte stof en stralingsbegrippen hebben die ze door elkaar halen. Het lijkt veeleer zo dat zij slechts vage denkbeelden t.a.v. straling hebben d.w.z. een nog ongedifferentieerd stralingsbegrip hanteren. Fysische begrippen als straling, radioactiviteit en radioactieve stof zijn dan synoniemen die willekeurig kunnen worden gebruikt. Hoe dat lekenbeeld van straling er preciezer uitziet zal nader moeten worden onderzocht door het ontwerpen van een 'mental model'. De resultaten van onze media-analyse zouden bij het ontwerpen van zo'n lekenmodel over straling een rol kunnen spelen.

In het onderwijs bestaat de mogelijkheid langer stil te staan bij reeds bestaande denkbeelden over ioniserende straling bij leerlingen. Wanneer een leraar zich van deze denkbeelden bewust is kan hij er rekening mee houden. Hoe dat het beste kan gebeuren is echter een vraag waar we het antwoord nog op schuldig blijven. Op een aantal punten is daartoe nader onderzoek vereist.

Zo moet worden nagegaan in welke mate de in dit artikel gepresenteerde denkbeelden over ioniserende straling ook voorkomen bij leerlingen. Verder is het niet ondenkbaar dat bij de media-analyse een aantal misvattingen over het hoofd zijn gezien. We zijn daarom bezig onder stralingsdeskundigen te peilen welke andere misvattingen zij vaak tegenkomen in hun werk.

Tenslotte is het de vraag hoe hardnekkig sommige leerlingdenkbeelden zijn. Ingeburgerde termen (bijv. 'radioactieve straling') en denkbeelden zouden bijv. belemmerend kunnen werken op het verwerven en actief leren gebruiken van natuurwetenschappelijke begrippen. Wellicht is het daarbij noodzakelijk ook oog te houden voor verwante problemen in andere gebieden van de natuurkunde (bijv. licht, atoombouw).

Pas als antwoord is gevonden op deze vragen zullen we lesmateriaal (her)schrijven en nagaan wat de effecten van systematische aandacht voor leerling-denkbepelden zijn op het leren van leerlingen.

Literatuur

- Driver, R. Cognitive psychology and pupils' frameworks in mechanics. In: *The many faces of teaching and learning mechanics*, P.L.Lijnse (Ed.), Utrecht: W.C.C. 1985, 171-198.
- Eijkelhof, H.M.C., Wierstra, R.F.A. Effecten van straling en risicoafweging: een onderzoek naar kennis en attitudes van leerlingen van 5-HAVO, *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 4(1), 1986, 61-74.
- Genderen, D. van. Kracht en Tegenkracht, Actie en Reactie. *Tijdschrift voor Didactiek der Natuurwetenschappen*, 1(1), 1983, 48-61.
- JBrg, A.G.D. De waardering van leerlingen voor de PLON-cursus voor havo-bovenbouw. In: *Op weg naar vernieuwing van het natuurkunde-onderwijs*, H.M.C.Eijkelhof e.a. (Red.), Den Haag: S.V.O., 1986.
- Licht, P. Begrips- en redeneerproblemen in beginnend elektriciteitsonderwijs, *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 4(2), 1986, 88-106.
- Lijnse, P.L. Energie tussen leefwereld en vakstructuur, *ORD-paper*, Utrecht: 1986.
- Osborne, R.J., Witrock, M.C. Learning science: a generative process, *Science Education*, 67(4), 1983, 489-508.
- Riesch, W., Westphal, W. Modellhalfte Schülervorstellungen zur Ausbreitung Radioactiver Strahlung, *Der Physikunterricht*, 9(4), 1975, 75-85.
- Vos, W. de. Moleculen tussen leefwereld en wetenschap, *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 3(3), 1985, 195-202.
- Wubbels, Th. Elementaire begrippen in de geometrische optica: leerlingvoorstellingen en schoolboekteksten, *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 4(1), 1986, 19-37.