



'n Vergelykende studie oor kennis en persepsies van radioaktiwiteit

Authors:

Jeanne Kriek¹
Ilsa Basson²
Corene Coetzee³
Helene Muller⁴

Affiliations:

¹Institute for Science and Technology Education, University of South Africa, South Africa

²Department of Decision Sciences, University of South Africa, South Africa

³Department of Science, Mathematics and Technology Education, University of Pretoria, South Africa

⁴School for Interdisciplinary Research and Further Studies, University of South Africa, South Africa

Correspondence to:

Jeanne Kriek

Email:

kriekj@unisa.ac.za

Postal address:

PO Box 392, University of South Africa 0003, South Africa

Dates:

Received: 24 Apr. 2014

Accepted: 22 July 2014

Published: 13 Nov. 2014

How to cite this article:

Kriek, J., Basson, I., Coetzee, C. & Muller, H., 2014, "n Vergelykende studie oor kennis en persepsies van radioaktiwiteit", *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 33(1), Art. #1172, 9 pages. <http://dx.doi.org/10.4102/satnt.v33i1.1172>

Read online:



Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

Hierdie verkennende studie is gedoen om vas te stel hoe die kennis en persepsies oor radioaktiwiteit van drie groepe voorgraadse onderwysstudente vergelyk met dié van kundiges op die gebied. Die eerste groep verteenwoordig studente wat beskik oor feitelike kennis van radioaktiwiteit, omdat hulle daarin onderrig is. Die tweede groep verteenwoordig studente met 'n baie beperkte kennis van dié onderwerp en die laaste is 'n groep studente wat slegs terloops met die onderwerp kennis gemaak het en geen formele onderrig daarin ontvang het nie. Die laaste groep is vergelykbaar met die grootste deel van die algemene publiek. Omdat die deelnemers aan die studie vrae moes beantwoord wat hulle besluite laat neem en redes gee, gebaseer op hulle kennis van die onderwerp, is die antwoorde van kundiges gebruik om die deelnemers se antwoorde teen te meet. 'n Nie-ekwivalente *ex post facto*-groepontwerp is gebruik. Die hipotese dat feitelike inligting die publiek se mening oor sekere aspekte van radioaktiwiteit vorm, is ondersoek. Kwantitatiewe data wat deur geslote vrae in 'n Lickertskaal-vraelys versamel is, is geanaliseer en het statisties beduidende verskille tussende die kennisbasis van die respondentgroepe getoon. Die kwalitatiewe data van die studie is verkry deur gemotiveerde antwoorde in die Lickertskaal-vraelys. Hieruit is dit duidelik dat die opinies van studente wat meer feitelike blootstelling aan radioaktiwiteit gehad het, die beste vergelyk met dié van kundiges in gevalle waar die persepsies 'n direkte uitvloeisel is van die vlak van kennis wat 'n persoon oor die onderwerp het. Waar situasies ingesluit is wat verband hou met gesondheid en die omgewing, veiligheid en risiko, is die persepsies egter baie uiteenlopend en kan daar nie uitspraak gelewer word oor die invloed van kennis op persepsies nie.

A comparative study on knowledge and perceptions of radioactivity. This explanatory study was done to get an understanding of how three groups of preservice teachers' knowledge and perceptions of radiation compare to that of experts. The first group consists of students with factual radiation knowledge, due to their training. The second group is students with limited knowledge and the third group students with no official training in this area. The last group represented ordinary citizens. Experts were used as 'yard stick' as the participants had to answer questions where decisions and reasons had to be presented based on their knowledge. A non-equivalent *ex post facto* group design was used. The hypothesis that factual information shapes citizens' decisions on certain aspects of radiation was investigated. The quantitative data collected via closed-ended questions in a Lickert questionnaire, was analysed and statistically significant differences were indicated. The qualitative data was collected as open-ended responses to the Lickert questionnaire. As expected the students with more factual knowledge compared most favourable with that of the experts where perceptions are directly related to formal education. However, this premise of knowledge was not found with regard to perceptions of health, environment, safety and risk due to a diversity of applications.

Agtergrond

In 'n studie van Millar (1994:54) is mense gevra om aspekte van wetenskap te identifiseer wat die moeite werd is om ingelig oor te wees uit 'n perspektief van 'demokratiese bruikbaarheid'. Die oorgrote meerderheid het radioaktiwiteit en ioniserende straling aangedui weens die verbintenis daarvan met kernkrag en die risiko vir blootstelling aan bestraling. Een van die redes kan wees dat mediaberiggewing tydens en ná internasionale rampe waarby radioaktiwiteit en straling betrokke was, soos die insidente by Chernobyl en Fukushima, verskillende uitgangspunte en interpretasies oor die aard en effek van bestraling op mense en die omgewing weergee.

Copyright: © 2014. The Authors. Licensee: AOSIS OpenJournals. This work is licensed under the Creative Commons Attribution License.



Persepsies van radioaktiwiteit

Begrip vir 'n onderwerp is nodig om sinvolle opinies daarvoor te handhaaf. Besluitneming berus nie net op 'n waardesistiem nie, maar ook op die interaksie daarvan met 'n voordele-nadele-analise waar byvoorbeeld potensieële skade aan die mens of die omgewing oorweeg word (Kiliç, Boyes & Stanisstreet 2012). Vrees en veronderstelde risiko kan gedrag beïnvloed en word beskou as 'n kritiese komponent in die vorming van 'n mens se houding teenoor wetenskap (Gardner *et al.* 2010). Daar is twee uiteenlopende maniere waarop mense risiko ervaar en op risiko reageer: 'Risiko as 'n gevoel' verwys meer na die instinkiewe, intuïtiewe manier waarop individue op gevaar reageer, terwyl 'risiko as analise' na risiko- en gevaarbestuur verwys op 'n redelike en wetenskaplik verantwoordbare manier (Alhakami & Slovic 1994). In hierdie studie word gefokus op die tweede interpretasie, omdat Sjöberg (1998) reeds aangedui het dat die publiek en kundiges in hulle begrip van risiko sal verskil wanneer affektiewe en sosiale faktore 'n rol speel.

Kennis van radioaktiwiteit

Radioaktiwiteit is in die studie gebruik as 'n term wat straling, beide ioniserend en nie-ioniserend, insluit. Die woord 'straling' word op verskillende maniere gedefinieer en kan nie deur 'n enkele wetenskaplike definisie omskryf word nie (Rego & Peralta 2006). Verkeerde inligting wat in die media aangebied word, maak dit nog moeiliker vir lesers om die begrippe reg te interpreteer (Johnson 1993; Kiliç *et al.* 2012; Millar & Gill 1996). Kennis van basiese fisika is nodig om onderwerpe soos selfoonstraling en bestraling in kerngeneeskunde sinvol te bespreek (Neumann & Hopf 2012). Afgesien van in die gedrukte media, kry die publiek ook heelwat wetenskaplike inligting deur die televisie, die internet en ook veral die klaskamer (Acar & Ince 2010; Nisbet & Huges 2006), maar joernaliste gebruik die begrippe somtyds ook onwetenskaplik. Wanneer mense 'n gebrekkige begrip het van die relevante feite, is hulle makliker vatbaar vir irrasionele vrese en mistieke bygelowe (Sturgis & Allum 2004).

Verband tussen kennis en persepsies van radioaktiwiteit

Kennis kan gesien word as betekenisvolle inligting. Inligting moet egter geïnterpreteer word om betekenis daaraan te kan heg (Johnson 1993). Daarteenoor lei persepsies wat versterk word deur kennis, dikwels tot sterk opinies en gevoelens (Oppenheim 1992). Wanneer risiko oorweeg word, word kennis én persepsies in ag geneem (Colclough, Lock & Soares 2011).

Skoolkurrikulum en die rol van die onderwys

Verskillende fasette, byvoorbeeld wat leerlinge moet weet (kennis), asook vaardighede geniet aandag in die skoolkurrikulum, (Department of Basic Education [DoBE] 2011). Die moderne demokrasie vereis egter 'n ingeligte publiek wat met begrip kan deelneem aan sake en debatte wat die wetenskap en tegnologie ten grondslag het (Durant, Evans & Thomas 1992; Laugksch 2000; Sturgis & Allum 2004;

Thomas & Durrant 1987). Opvoeders kan 'n groot impak hê op die wetenskaplike geletterdheid van toekomstige generasies en daarom behoort wetenskaponderwysers nie alleen leerders se begrip van wetenskap te verbeter nie, maar moet hulle hulle ook voorberei vir 'n samelewing wat voortdurend wetenskaplik en tegnologie ontwikkel (Colclough *et al.* 2011).

Raamwerk

Die tekortkomingsmodel (deficit model) is 'n gepaste raamwerk vir die studie, omdat die publiek se weerstand teen wetenskap en tegnologie in hierdie model gesien kan word as voorspruitend uit onkunde, bygeloof en vrees (Sturgis & Allum 2004). Wanneer die vorming van opinies deur wetenskaplike feite gerig word, sal dit meer in ooreenstemming wees met kundiges se menings as opinies wat uitgespreek word sonder inspraak deur feitelike, objektiewe inligting (Sturgis & Allum 2004:33). Die tekortkomingsmodel veronderstel dat meer kennis oor 'n onderwerp 'n meer redelike en rasonale houding of standpunt oor die risiko's wat daarmee verband hou, bevorder (Allum *et al.* 2008). 'n Vergelyking van kennisgebaseerde persepsies is in hierdie studie aan die orde en verwys na die besluite en redes van deelnemers wat op hulle kennis en begrip van die onderwerp gegrond is.

Kritiek op hierdie model is sekerlik voor die handliggend, eerstens omdat 'om kundig te wees' nie afgebaken kan word tot wetenskapfeite wat aangeleer is nie, en tweedens omdat 'n gebrek aan kennis nie meetbaar is nie, want niemand kan by die punt kom waar hulle alles oor wetenskap weet nie (Downs 1957). Laastens kan standpunte of houdings oor wetenskap nie veralgemeen word nie; dit is onderwerpspesifiek. Nogtans verwerp ons nie die tekortkomingsmodel nie, omdat daar genoeg rede is om te glo dat 'n individu wat goed ingelig is, in vergelyking met een met gebrekkige inligting, nie keuses op dieselfde manier sal uitoeven nie (Sniderman, Griffen & Glaser 1990).

Doel van die ondersoek

Onderwysstudente speel onteenseglik 'n rol in die vorming van persepsies en houdings van die meningvormers van die toekoms, en min navorsing is al op dié gebied gedoen (Gardner *et al.* 2010). Hierdie studie beoog dus om meer insig te verkry in hoe die kennis en persepsies oor radioaktiwiteit van drie groepe voorgraadse onderwysstudente vergelyk met dié van kundiges op die gebied. Die aanname is dat die feitelike inligting waaroor 'n individu beskik sy besluitneming oor radioaktiwiteit sal bepaal en dat kundiges oor die algemeen meer positief is teenoor radioaktiwiteit.

Die studie berus op die volgende navorsingsvraag: In watter mate sal 'n student met formele onderrig in radioaktiwiteit beter begrip van straling en die gevolge daarvan toon as 'n student met min of geen formele onderrig in die onderwerp nie?

Om die hoofvraag te beantwoord, word die volgende vroe ondersoek:



- Is daar 'n beduidende verskil in die kennisvlakke betreffende radioaktiwiteit van die drie onderskeie groepe onderwysstudente en die kundiges?
 - Impliseer frekwensieverspreidingstendense so 'n verskil en kan dit statisties aangedui word?
 - Toon analise van variansie (ANOVA) 'n beduidende verskil in die kennisvlakke aan?
- In watter mate verskil die drie groepe onderwysstudente en kundiges betreffende hulle persepsies van straling en radioaktiwiteit?

Navorsingsmetode

Deelnemers

Die deelnemers aan hierdie steekproef was 89 onderwysstudente, waarvan sommige opleiding ontvang het om van grade 7 tot 9 en sommige van grade 10 tot 12 te onderrig. In 2011 was hulle derdejaarstudente, ingeskryf vir 'n BEd-graad in die Opvoedkundefakulteit aan 'n Suid-Afrikaanse Universiteit. Hierdie groepe het verskillende vlakke van opleiding in fisika gehad en is soos volg saamgestel:

- Die F-groep ($N = 25$): Studente ingeskryf vir BEd Verdere Onderwys en Opleiding (VOO), Natuurwetenskappe met spesialisasie in fisiese wetenskappe en formele onderrig in fisika, en met 'n module in kernfisika en nanofisika in hulle derde jaar.
- Die W-groep ($N = 28$): Studente ingeskryf vir BEd Intermediêre of Seniorfase, met spesialisasie in Natuurwetenskappe. Hierdie studente word toegegerus om tot graad 9 wetenskap te onderrig en in hulle opleiding is die klem gelê op wetenskap in die omgewing.
- Die L-groep ($N = 36$): Studente ingeskryf vir BEd, VOO Natuurwetenskappe met spesialisasie in lewenswetenskappe en geen formele blootstelling aan fisika nie.

Die paneel van 13 kundiges (K-groep) bestaan uit drie kernenergie-ingenieurs, vyf professore in fisika, vier dosente in fisika en een stralingsbeampte. Hierdie 13 kundiges se opinies en wetenskaplike verduidelikings met betrekking tot radioaktiwiteit is gebruik om die ander drie groepe teen te meet.

Navorsingsontwerp

Vanweë die manier waarop die vier groepe gekies is, kan 'n mens met redelikheid aanneem dat die groepe sal verskil

in hulle kennis van radioaktiwiteit, en 'n nie-ekwivalente *ex post facto*-groeptwerp is dus gebruik. Die navorsingsvrae het vereis dat beide kwalitatiewe en kwantitatiewe data versamel is.

Meetinstrument

'n Sespunt-Lickertskaalvraelys wat gebaseer is op een wat deur Colclough *et al.* (2011) ontwikkel is, is as instrument gebruik. Colclough het dit gebruik in 'n studie wat onderwysstudente se kennis van en houding teenoor radioaktiwiteit en ioniserende straling ondersoek het. Die waardes op die skaal, waarop studente moes aandui of hulle van 'n sekere stelling verskil of daarmee saamstem, is soos volg gegradeer:

- '1': Ek verskil drasties.
- '2': Ek verskil.
- '3': Ek is geneig om te verskil.
- '4': Ek is geneig om saam te stem.
- '5': Ek stem saam.
- '6': Ek stem heeltemal saam.

Die vraelys vir hierdie studie verskil egter van die een van Colclough *et al.* (2011). Die Colclough-vraelys is aangepas vir die Suid-Afrikaanse konteks en verder is net agt uit die 25 vrae gebruik. Slegs agt vrae uit die oorspronklike vraelys het respondente se kennis van en persepsies oor radioaktiwiteit en die toepassings daarvan getoets. Die respondente se kennisvlak is afgelei uit hulle response op die agt stellings in die vraelys, en hulle persepsies uit die redes wat hulle aangebied het vir hulle keuses op die Lickertskaal.

'n Lys van die agt stellings in die vraelys verskyn in Tabel 1. Die navorsers se uitspraak oor watter respons as feitelik korrek beskou kan word, is gebaseer op die antwoorde van die kundiges, asook hul eie kennis, en word in hakies aangedui. Response van '3' of '4' op die skaal ('geneig om te verskil' / '... saam te stem') dui op 'n mate van onsekerheid en is deur die navorsers beskou as bewys van gebrekkige kennis. Sulke response is as 'neutraal' geklassifiseer en weggelaat uit die berekening van die kennistellings.

Die instrument is getoets met die hulp van drie finalejaar-onderwysstudente. Hierdie studente het voorstelle gemaak wat aangebring is in die finale weergawe van die instrument.

TABEL 1: Vraestellings.

Nommer	Vraestelling
V6	Ek sal 'n appel eet wat naby 'n radioaktiewe bron gelê het. (korrek, waardes > 4)
V16	Ek sal 'n radioaktiewe bron wat in wetenskaplesse gebruik word, vir een minuut in my hand hou. (korrek, waardes > 4)
V18	Ek dink dat radioaktiwiteit kan veroorsaak dat lewende goed met 'n groen kleur gloei. (verkeerd, waardes < 3)
V20	Ek sal nie 'n piesang eet wat naby 'n radioaktiewe bron geplaas is nie. (verkeerd, waardes < 3)
V21	X-strale wat in mediese diagnose gebruik word, is 'n heeltemal veilige vorm van straling. (verkeerd, waardes < 3)
V22	Die grootste risiko van blootstelling aan radioaktiewe materiaal is dat 'n mens se liggaamselle self radioaktief kan word. (verkeerd, waardes < 3)
V24	'n Kernkragstasie sal, selfs terwyl dit in perfekte werkende toestand is, gevaarlike vlakke van radioaktiwiteit in die omgewing uitstraal. (verkeerd, waardes < 3)
V25	Radioaktiwiteit is iets wat deur die mens uitgevind is. (verkeerd, waardes < 3)

V, Vraagstellings.



Hulle het byvoorbeeld voorgestel dat die bewoording van sommige van die stellings verander moet word ter wille van beter begrip.

Die vraelys is gelyktydig deur al die studente voltooi sodat hulle dit nie met mekaar kon bespreek nie. Die kundiges kon die vraelys egter nie op dieselfde tyd voltooi nie, maar omdat hulle by verskillende instansies werksaam is, was die kans dat hulle die vraelys met mekaar sou bespreek, minimaal. Die kans op beïnvloeding is dus tot 'n minimum beperk.

Data-analise

Die analiese-strategie wat gevolg is om die eerste navorsingsvraag te beantwoord, het die volgende vier analyses behels:

- Ondersoekende tweerigting-frekwensietabelle en staafdiagramme van die deelnemers se responstellings (per groep) en berekening van Chi-kwadraattoetsstatistieke het die navorsers in staat gestel om 'n oorsig van die deelnemers se kennisvlakke en responspatrone te kry (Figuur 1).
- Berekening van 'n kennismaatstaf vir elke respondent (die getal korrekte response op die agt kennisvraelysvrae); die opstel van 'n frekwensieverdeling van kennismaatstafstellings per groep (Tabel 2); asook Cochran-Armitage-tendenstoetsing is gebruik om die tendens oor die kennisvlak van die kundiges telkens te vergelyk met elk van dié van die drie studentegroepe. Hierdeur is bepaal of die kennisvlakke van die kundiges statisties beduidend verskil van dié van die drie studentegroepe.
- 'n ANOVA op die individuele kennismaatstafpunte as afhanklike veranderlike en tipe respondent (kundige K- of F-, W- en L-studente) as onafhanklike veranderlike (Tabel 3) is gebruik om te bepaal of die kennisvlakgemiddeldes (kennismaatstafgemiddeldes) van die vier groepe statisties betekenisvol van mekaar verskil.
- Bonferroni se korreksie vir meervoudige vergelykings is aangewend om aan te dui watter van die kennismaatstafgemiddeldes van die vier groepe statisties betekenisvol verskil (ANOVA dui slegs aan dat sulke verskille bestaan, maar identifiseer nie die groepe wat verskil nie). Stappe 3 en 4 word dus gebruik om die bevindings van die kennisvlak-tendense van Tabel 2 te bevestig.

'n Kwalitatiewe analiese-strategie is gevolg om die tweede navorsingsvraag te beantwoord. Deelnemers is versoek om redes te gee vir hulle antwoorde op die kennisstellings. Dit sou kon dien as 'n maatstaf vir hulle persepsies oor radioaktiwiteit. Die navorsers het die redes wat deelnemers aangevoer het, geanaliseer met behulp van ATLAS-ti. Hierdie sagteware stel hulle in staat om die temas of idees te klassifiseer en die narratiewe te herwin wat die bepaalde temas of idees onderskryf (Kolstø 2006). Die doel van hierdie analiese-strategie is om te illustreer hoe persepsies rakende radioaktiwiteit verband hou met hoër en laer vlakke van kennis oor die onderwerp.

Resultate en bespreking: Kwantitatief (kennis)

Kennisvlakke van kundiges versus drie studentegroepe

In 'n eerste analiese-stap is die antwoordtendense van die respondente se feitelike kennis van radioaktiwiteit per groep geëvalueer teenoor die agt vraelysstellings. Hierdie resultate word voorgestel in die tweerigting-frekwensietabelle en staafdiagramme van Figuur 1 (Toepaslike Chi-kwadraat-statistiek en Fisher se eksakte waarskynlikhede is ingesluit). Hierdie agt analyses en staafdiagramme toon dat die responspatrone van die vier groepe telkens statisties beduidend van mekaar verskil. (Fisher se eksakte waarskynlikhede is gebruik omdat lae selfrekwensies voorgekom het). Beduidende verskille is aangedui vir al die vrae behalwe 20 en 21, waar betekenispeile van 0.54 en 0.23 aangeteken is. Dis is nie beduidend nie (betekenispeil van 0.05 word aanvaar).

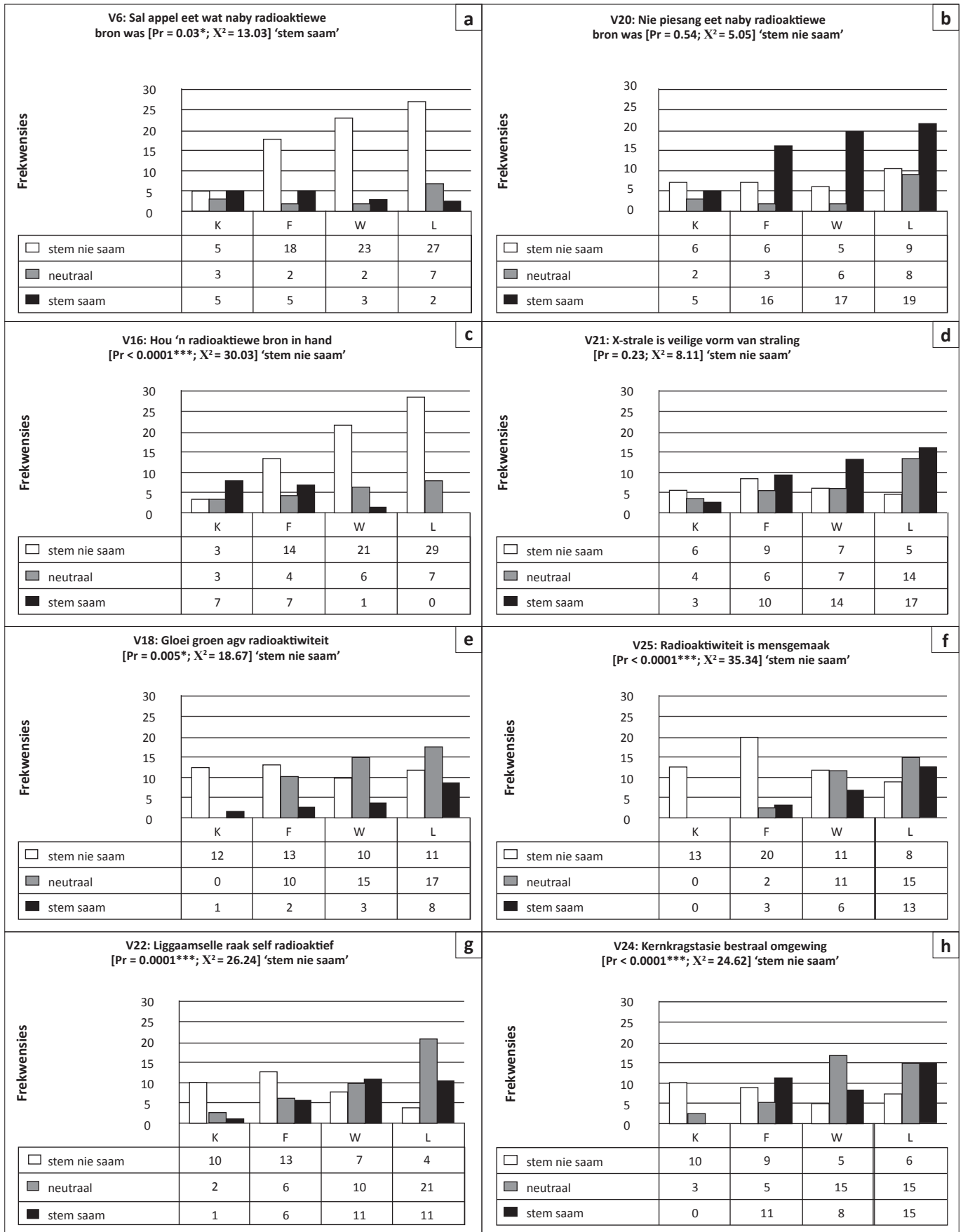
Voedsel naby radioaktiewe bronne

Die staafgrafiek vir Vraag (V) 6 illustreer duidelik die beduidende verskille in die antwoordpatrone van die vier groepe en beklemtoon dat die kundiges meer met die stelling saamstem as die studentegroepe. Dit bevestig dat iemand met feitelike kennis oor die onderwerp bewus sal wees daarvan dat enige kos naby 'n radioaktiewe bron veilig van kontaminasie sal wees. Die verhouding van die 'stem saam-' tot 'verskil-'antwoorde per groep bevestig hierdie uitspraak. Die verhoudings is $7/3 = 2.33$; $7/14 = 0.50$; $1/21 = 0.05$; $0/29 = 0$ vir die K en die F-, W- en L-groepe onderskeidelik.

V20 is doelbewus negatief gestel om as kontrole te dien. Dit was nodig om te bepaal of die respondente konsekwentheid toon in die beantwoording van dieselfde vraag wat op feitelike kennis berus. Alle groepe blyk saam te stem dat 'n piesang naby 'n radioaktiewe bron nie geëet behoort te word nie. Alhoewel daar nie 'n statistiese beduidenis vir V20 aangetoon kon word nie, toon die staafgrafiek 'n tendens dat die groep kundiges verskil van die studentegroepe in dié sin dat ses van hulle nie saamstem met die stelling nie. Die data in V6 en V20 bevestig dat die kundiges se kennis aangaande die risiko van voedsel naby radioaktiewe bronne tog verskil van dié van die drie studentegroepe.

Kontaminasie-risiko vir mense naby kernbronne

Die resultaat van feitelike kennis met betrekking tot die kontaminasie-risiko vir mense naby kernbronne (V16 en V21) toon statisties beduidende verskille. Alhoewel die kundiges verdeeld is daaroor of hulle 'n radioaktiewe bron in die hand sal hou (sewe wat sal, versus ses in V16 wat onseker is, of dit nie sal doen nie), stem al die studentegroepe ooreenstemmend saam dat hulle dit nie sal doen nie. Die ontleding van V21 in verband met die idee dat X-strale wat in mediese ondersoeke gebruik word 'n baie veilige soort straling is, toon 'n soortgelyke patroon as V16. Die kundiges is weereens verdeeld, terwyl die studente hoofsaaklik onseker is of saamstem dat X-strale in 'n mediese konteks veilig is.



Statisties betekenisvolle responspatrone tussen die vier groepe word op die 5%-, 1%- of 0.1%-peil vir elke vraag aangedui as die eksakte waarskynlikheid (Fisher-waarskynlikhede) wat geassosieer word met die berekende Chi-kwadraattoetsstatistiek. Waarskynlikhede wat kleiner is as *, 0.05; of **, 0.01; of ***, 0.001 dui hierdie peile aan. K, kundiges; F, fisikagroep; W, algemene wetenskap; L, lewenswetenskappe.

FIGUUR 1: Frekwensieverspreidings en Chi-kwadraatstatistieke vir agt vraeinstellings: (a) V6, (b) V20, (c) V16, (d) V21, (e) V18, (f) V25, (g) V22 and (h) V24.



Feitelike kennis oor radioaktiwiteit

Vrae 18 en 25 het *feitelike kennis oor radioaktiwiteit* ondersoek. Die grafiek van V18 toon, soos verwag, dat die antwoordpatrone van die fisikagroep (F) die meeste met die kundiges ooreenkom (beide groepe het oorweldigend van die stelling verskil). Die lewenswetenskappe- (L) en algemene wetenskap- (W) groepe toon die grootste onsekerheid oor die stelling; ongeveer 70% van hierdie studente het verkeerd geantwoord of aangedui dat hulle nie seker is van die antwoord nie.

Al die kundiges het bevestig dat radioaktiwiteit nie 'n mensgemaakte uitvinding is nie (V25). Die F-groep is vertrouwd met hierdie feit, maar dit is in groot mate nie aan die ander twee studentegroepe bekend nie. Slegs 22% van die lewenswetenskapstudente teenoor 40% van die algemenewetenskap-groep ken die antwoord.

Gevolge van radioaktiwiteit

Vrae 22 en 24 het feitelike kennis in verband met die *gevolge van radioaktiwiteit* ondersoek. Die antwoorde van die kundiges verskil beduidend van dié van die drie studentegroepe. Die belangrikste verskil lê daarin dat die kundiges feitlik almal aangetoon het dat *liggaamselle nie self radioaktief kan word nie*; daarenteen was die meerderheid van die studente onseker wat om te antwoord, veral die lewenswetenskappe-groep. Die algemenewetenskap-groep verskil die meeste van die kundiges; 40% van hulle was seker dat liggaamselle self radioaktief kan word.

Wat Vraag 24 betref, was drie van die 13 kundiges onseker of 'n *perfek werkende kernkragstasie radioaktiwiteit uitstraal*, terwyl die res almal seker was dat dit nie so is nie. Dit is baie duidelik uit die data dat die studente grootliks onkundig is oor hierdie aspek. Van die 89 studente was 78% óf onseker óf het saamgestem met die stelling.

Maatstaf vir kennisvlakverskille: Kundiges versus studente

'n Punt is vir elke respondent bereken as die getal korrekte antwoorde van elk van die agt kennisvraelysstellings.

Hierdie punt wissel tussen nul en agt. Die frekwensieverspreiding van hierdie kennismaatstaf per groep word in Tabel 2 aangetoon. Die Cochran-Armitage-tendenstoets is gebruik om die tendens van die kennisvlak van die kundiges sistematies met die kennistendense van elk van die drie studentegroepe te vergelyk. Die toets is statisties beduidend vir elke vergelyking (Tabel 2). Hierdie verskille in tendense (asook die rigting van tendensverskille) word in Tabel 2 aangedui. Die inligting oor nuwe tendense wat uit Tabel 2 na vore kom, is die volgende:

- Die tabel toon dat 96.4% van die W-groep en 94.4% van die L-groep 'n kennispunt van tussen 0 en 3 behaal het. Daarteenoor het slegs 8% van die kundiges se punte tussen hierdie waardes geval.
- Van die fisikastudente (FK) het 64% kennispunte tussen 0 en 3 behaal teenoor die 8% van die kundiges vir die ooreenstemmende kennisgrense.

Dit is dus duidelik dat die kennisvlak van die kundiges in elk van die gevalle uitblink vergeleke met dié van die ander groepe, met die fisikastudente se punt die naaste aan dié van die kundiges en die lewenswetenskapstudente dié wat die meeste afgewyk het.

Toetsing van kennisvlakverskille: Kundiges versus studente

'n ANOVA is gedoen ter bevestiging van die kennisvlakverskille tussen die groepe. Die groep waarbinne 'n respondent geressorteer het, is as die onafhanklike veranderlike en die kennismaatstafpunt van elke respondent as die afhanklike veranderlike gebruik. 'n Cronbach-alphawaarde van 0.74 het die interne konsekvente betroubaarheid bevestig. Die antwoorde op V6 en V16 is omgekeer voordat die berekening gedoen is om die interpretasie van die gemiddelde waarde te vergemaklik (omgekeerde van V6: *Ek sal nie 'n appel eet ...*; omgekeerde van V16: *Ek sal nie 'n radioaktiewe bron washou nie*).

Tabel 3 toon dat die ANOVA-analise die vorige gevolgtrekkings (Tabel 2) bevestig en dat die kennisvlakke van die onderskeie groepe statisties beduidend verskil. Die betekenispeil van 0.1% wat met die ANOVA F-statistiek van

TABEL 2: Vergelykende kennisvlakfrekwensieverspreidings (en %) van die algemene wetenskap-, fisika- en lewenswetenskappe-groepe teenoor die kundiges se verspreiding.

Kennis-punt	K		Kundiges vergelyk met								
	Verspreiding	%	F			W			L		
			Verspreiding	%	Totaal	Verspreiding	%	Totaal	Verspreiding	%	Totaal
0	0	0.0	1	4.0	1	6	21.4	6	18	50.0	18
1	1	7.7	3	12.0	4	5	17.9	6	7	19.4	8
2	0	0.0	8	32.0	8	13	46.4	13	7	19.4	7
3	0	0.0	4	16.0	4	3	10.7	3	2	5.6	2
4	2	15.3	3	12.0	5	1	3.6	3	2	5.6	4
5	4	30.8	4	16.0	8	0	0.0	4	0	0.0	4
6	3	23.1	0	0.0	3	0	0.0	3	0	0.0	3
7	2	15.4	2	8.0	4	0	0.0	2	0	0.0	2
8	1	7.7	0	0.0	1	0	0.0	1	0	0.0	1
Totaal	13	-	25	-	38	28	-	41	36	-	49

Cochran-Armitage-toetsstatistieke vir kennistendense tussen kundiges en elk van die drie studentegroepe – met geassosieerde waarskynlikhede: K/F ($Z = 3.18$; $P < 0.001^{***}$); K/W ($Z = 5.15$; $P = 0.0001^{***}$) en K/L ($Z = 5.74$; $P < 0.0001^{***}$).

K, kundiges; F, fisikagroep; W, algemene wetenskap; L, lewenswetenskappe.



18.86 geassosieer word, is hoogs beduidend. Die betekenisvolle punt hier is dat die kennisvlakke wat voorheen onafhanklik vir elke groep teen dié van die kundiges bepaal is, nou ook *gesamentlik* geverifieer is (laaste kolom van Tabel 3). Die waarde van 1.51 vir die kundiges word in Tabel 3 as die beste aangedui in verhouding met die 2.33 vir die L-groep. Dit kan dalk na 'n teenspraak lyk betreffende *beste* versus *swakste*. Daar moet egter in gedagte gehou word dat die keuse 'stem nie saam nie' 'n punt van '1' in die analise gehad het. 'n Gemiddelde waarde nader aan '1' is dus 'n beter waarde.

Die resultate het bevestig dat die fisikagroep naas die kundiges die beste kennisvlak gehad het. Die ander twee studentegroepe, L en W, se kennisvlakke was laag en het nie veel van mekaar verskil nie, maar beduidend van dié van die kundiges.

Resultate: Kwalitatief (persepsies)

Deelnemers is versoek om op dieselfde vraelys redes te gee vir hulle antwoorde op die agt stellings en dit is beskou as

'n maatstaf vir hulle persepsies van radioaktiwiteit. Deur die antwoorde te analiseer, is daar bepaal in watter mate die drie groepe onderwysstudente en kundiges verskil in hulle persepsies oor straling en radioaktiwiteit.

'n Beduidende getal studente, veral in die L-groep, het die vraelys nie volledig ingevul nie, en daarom was hulle redes nie interpreteerbaar nie. Dit kan moontlik toegeskryf word aan die feit dat die studente haastig geraak het om klaar te kry. Vanweë dié beperking is daar besluit om slegs die noemenswaardige verskille in die antwoorde van die kundiges en studente aan te bied (Tabel 4). Slegs ooglopende verskille in die studentegroepe is aangetoon.

Voedsel naby radioaktiewe bronne

Die mees ooglopende verskil in die redes wat deur die groepe aangebied is, is 'die appel is bestraal en dit kan vir my gevaarlik wees om dit te eet'. Dit blyk dat die studente dink dat 'bestraling' iets is wat dalk in die appel kan bly vassit. Die redes wat aangevoer is deur studente wat nie

TABEL 3: Resultate van eenfaktor-analise van variansie op kennisvlakpunte met groeiptipe (kundiges teenoor studente) as afhanklike veranderlike.

Bron	Vg	Som van kwadrate	Gemiddelde kwadraat	F- waarde	P > F	Bonferroni-toets ^a kbv = 0.28
Model	3	7.2084	2.4028	18.86	< 0.0001	L: 2.33 ^a
Tipe	3	7.2084	2.4028	18.86	<0.0001	W: 2.24 ^{ab}
Fout	98	12.4871	0.1274	-	-	F:1.99 ^b
Gekorrigeerde totaal	101	19.6956	-	-	-	Kundiges: 1.51 ^c

Vg, die vryheidsgrade en kolom 7 toon die resultate van Bonferroni se toets vir die paarsgewyse vergelyking van gemiddeldes ('groep' is as statisties betekenisvol geïdentifiseer, F-statistiek = 18.86***).

kbv, die kleinste betekenisvolle verskil word aangedui, asook die gemiddelde kennisvlakke vir lewenswetenskappe, algemene wetenskap, fisikagroep en kundiges. Kennisgemiddeldes met verskillende kleinletters aangedui, verskil statisties betekenisvol van mekaar.

Kennisskaalwaardes: '1' stel stem nie saam nie, '2' weet nie en '3' stem saam.

TABEL 4: Verskil in persepsies van kundiges versus studente.

Tema	Stellings	Kundiges	Studente
Voedsel naby radiaktiewe bronne	V6	Appels word nie radioaktief nie.	Dit kan vir my gevaarlik wees om dit te eet.
	V20	Piesangs word radioaktief as gevolg van die natuurlike kalium-40-inhoud.	Piesangs is veiliger as gevolg van die dikker skil.
Kontaminasie-risiko van mense naby kernbronne	V16	Die bronne wat in wetenskaplesse gebruik word, is baie swak en hou nie 'n gevaar in nie. Normaalweg het die bronne baie lae aktiwiteit. (Ek sal nogtans bekommerd wees oor gamma- en X-strale).	My gesondheid sal negatief beïnvloed word as ek die radioaktiewe bron vashou. F-student: Ek sal 'n tipe beskermende handskoen aantrek as ek die bron vashou. Die soort bron se halfleeftyd sal bepaal of ek dit sal vashou.
	V21	Op voorwaarde dat die voorgeskrewe dosis nie oorskry word nie en sensitiewe organe, soos die voortplantingorgane, afgeskerm word. ... in die hoeveelhede wat gebruik word vir X-strale en CAT-skanderings. 'n Mens moet meer as 20 X-straalondersoeke per jaar ondergaan om 'n kans te staan om skade te kry as gevolg van bestraling. Nie heeltemal veilig nie; hoekom sou die radioloë agter 'n muur weggroep elke keer wat 'n skandering gedoen word? Dit is nogtans ver onder die dosislimiete en sal nie enige onmiddellike of kroniese gevolge vir jou liggaam hê nie.	W-student: X-strale stel bestraling vry; dit word dalk gebruik, maar dit beteken nie dit is nie veilig nie. F-student: 'Want ek dink die radioaktiewe bron sal 'n negatiewe effek op my vel hê wat kanker tot gevolg kan hê' en 'sommige radioaktiewe materiale kan jou vel binnedring, of nie, afhangende of dit α , β , of γ -strale is en as jy eers geaffekteer is, kan niks gedoen word nie'. L-student: Aangesien X-strale gereeld gebruik word, dink ek dit is veilig.
Feitelike kennis oor radioaktiwiteit	V18	'n Lewende ding sal nie groen gloei nie.	Ek is nie seker nie, maar ek het sci-fi-fleeks gesien wat voorgee dat dit waar kan wees.
	V25	Dit was altyd daar, dit is 'n ontdekking. Toepassings in tegnologie is uitvinding.	Geen redes.
Gevolge van radioaktiwiteit	V22	'n Persoon sal nie radioaktief raak ná blootstelling aan radioaktiewe materiaal nie.	'n Mens sal radioaktief word as jy blootgestel word aan radioaktiewe materiaal en dit is gevaarlik vir jou gesondheid. Dit is hoe kankerselle ontstaan wat tot gewasse lei, omdat die bestraling veroorsaak dat hulle onbeheersd verdeel.
	V24	Kernkragaanlegte wat in goeie werkende toestand is, is heeltemal veilig. Jy kry meer bestraling deur op die grens van 'n steenkoolaanleg te loop as naby 'n kernkragaanleg. Jy kry meer addisionele bestraling op 'n enkele vliegtuigrit as wanneer jy langs 'n kernkragaanleg sou bly. Die stoor van radioaktiewe afval sal altyd 'n probleem bly.	F-studente: Kernaanleg is veilig. W: Kernkragaanlegte probeer om die kernafval met sorg te hanteer, maar dit kan steeds gebeur dat dit ontsnap in die omgewing.

V, Vraagstelling.



die piesang sal eet nie, is baie soortgelyk. Dit lyk egter of sommige studente dink die piesang is veiliger as gevolg van die dikker skil. Blykbaar reken die studente dat die bestraling in die skil van die piesang vasgevang word en dat die gevaar verwyder word wanneer die piesang afgeskil word.

Die kundiges se redes verskil omdat hulle hul kennis verskillend aanwend. Sewe van die kundiges het aangedui dat hulle die appel sal eet. Een van hulle het verduidelik dat hy die appel sal eet, maar nie die piesang nie. Hierdie persoon toon dat hy 'n hoër vlak van kennis het (kaliuminhoud) en dat die besluit nie lukraak geneem is nie.

Kontaminasie-risiko vir mense naby kernbronne

Die kundiges se menings was uiteenlopend, maar hulle het saamgestem dat daar genoeg voorsorgmaatreëls in plek sal wees om veiligheid te verseker. Dit is weer eens duidelik dat die kundiges ingeligte besluite neem, gegrond op hulle kennis van die onderwerp. Die redes van die studentegroepe het duidelik getoon dat die studente met meer blootstelling (F) aan die onderwerp in staat is om, soos die kundiges, hulle keuses te maak op grond van hulle kennis.

Die redes wat deur die W- en L-groepe gegee is, dui aan dat hulle keuses nie op ingeligte besluite berus nie.

Vraag 21 is die enigste vraag waar daar beperkte konsensus was tussen die kundiges. Hulle redes het dit geïllustreer. Die individuele kundiges het egter aangedui hoe hulle kennis hulle keuses beïnvloed. Dit bevestig die standpunt dat 'n mens begrip moet hê van 'n onderwerp en dat 'n analise, gebaseer op die begrip, gedoen moet word voor 'n besluit geneem of 'n opinie gevorm kan word (Kilinc *et al.* 2012).

Feitelike kennis oor radioaktiwiteit

Hierdie twee vrae is gebaseer op wanbegrippe wat leke dikwels het oor radioaktiwiteit en straling; en feitelike kennis is nodig om die regte keuse uit te oefen. Die studente se redes kan aandui dat hul argumente op onkunde berus.

Gevolge van radioaktiwiteit

Daar was geen noemenswaardige verskille tussen die redes van die verskillende studentegroepe wat sou aandui dat een groep meer ingelig was as 'n ander nie. Oor die algemeen lyk dit asof studente nie onderskei tussen 'om radioaktief te wees' en om 'deur bestraling beskadig te wees' nie. Dit kan toegeskryf word daaraan dat as behoorlike begrip van die relevante feite ontbreek, mense maklik terugval op mistieke bygelowe en irrasionele vrese (Sturgis & Allum 2004).

Die redes wat die kundiges aangevoer het waarom 'n persoon nie radioaktief sal raak ná blootstelling aan radioaktiewe materiaal nie, was soortgelyk. Een kundige het egter opgemerk: 'Die selle kan wel verander (muteer), maar jy sal nie radioaktief word nie.'

Al die kundiges stem saam dat 'n kernkragaanleg wat in goeie werkende toestand is, heeltemal veilig is en dat feitlik geen straling ontsnap nie. Een het wel aangetoon dat die berging van radioaktiewe afval 'n omgewingsrisiko inhou. Hierdie rede is ook deur die studente aangevoer.

Oor die algemeen kan ons aantoon dat waar situasies ingesluit is wat die gesondheidomgewing, veiligheid en risiko raak, die persepsies baie uiteenlopend is en dat daar nie uitspraak gelewer kan word oor die invloed van kennis op persepsies nie.

Gevolgtrekkings

Die argument dat ingeligte persone meer gevolge oorweeg en meer gunstige verwagtings het ten opsigte van bestraling en radioaktiwiteit is ondersoek, en die bevindings dui daarop dat wetenskaplike kennis 'n belangrike rol speel in die vorming van gunstige persepsies oor radioaktiwiteit.

Studente met meer kennis, in hierdie geval die fisika-onderwysstudente wat die onderwerp meer diepgaande bestudeer het, het beter begrip van radioaktiwiteit getoon. Die vlak van kennis van die kundiges was ver bo dié van die ander groepe, met die fisikastudente, wat die naaste was aan die kundiges se kennisvlak, en die lewenswetenskapstudente, wat die minste met die kundiges ooreengekom het.

Die feit dat leke en kundiges sterk verskil oor baie aspekte rakende straling is nie noodwendig 'n gevolg van verskille in waardes en geloofvoortuigings nie, maar van die afwesigheid of teenwoordigheid van kennis van sekere aspekte (Johnson 1993:193 & 202).

Met inagneming van die verskillende waardeoordele wat die frase 'meer of minder kundig' kan oproep (Kuklinski, Metlay & Kay 1982:633), stem ons ook saam met die bevindings van King en Kitchener (2004) dat inherente persepsies van risiko of voordele geassosieer word met die kognitiewe vlak waarop mense kennis beoordeel, byvoorbeeld of hulle kennis as absoluut beskou of as kontekstueel en subjektief. Sulke oordele kan egter nie gemaak word as daar geen basis van kennis is nie. Dit is daarom noodsaaklik om genoegsame kennis aan die jeug op skool oor te dra sodat hulle 'n bydrae kan lewer tot ingeligte besluitneming.

Aanbevelings vir wetenskaponderwys

Besluitneming geniet nie hoë prioriteit in Wetenskapkurrikula nie en daarom moet onderwysers geleentehede aangryp om leerders toe te rus om persepsies oor aanvegbare onderwerpe krities te evalueer (Gardener *et al.* 2010). In Suid-Afrika is die situasie kommerwekkend omdat die nuwe voorgeskrewe skoolkurrikulum (DoBE 2011) die leerders nie eens toerus met kennis oor radioaktiwiteit nie, wat nog te sê van geleentehede skep om besluite daarvoor te neem of persepsies te vorm.

Onderwysers moet ook fokus op positiewe aspekte van radioaktiwiteit en straling en nie net op die



potensiële gevare daaraan verbonde nie (Neumann & Hopf 2012). Verder behoort onderwysers, wanneer hulle sosiowetenskaplike inhoud onderrig, leerders se bereidwilligheid te ontwikkel om hulle eie waardes en standpunte te evalueer (Oulton, Dillon & Grace 2004), asook ingestel wees daarop om geleenthede te skep om kritiese en outonome denke te ontwikkel (Kiliç *et al.* 2012; Kolstø 2006). Dit is slegs moontlik wanneer die onderwyser self oor genoegsame kennis oor die inhoud beskik en self outonoom en krities kan dink en evalueer.

Hierdie verkennende studie het aangetoon dat onderwysers in opleiding se persepsies verskil van dié van kenners en dat, wanneer kennis ontbreek, studente geneig is om hulle menings op vooroordele te baseer. Die opinies van studente met meer kennis (fisikastudente) het die meeste ooreengekom met die kenners se menings. Die veronderstelling sou wees dat hierdie studente dus 'n meer wetenskaplike opinie oor radioaktiwiteit aan hulle toekomstige leerders sal oordra.

Erkenning

Ons bedank graag mnr. M. Sebaiwa en me. M. Mokobaki wat die data ingelees het, asook prof. F. Lubben vir sy waardevolle bydrae.

Mededingende belange

Die outeurs verklaar hiermee dat hulle geen finansiële of persoonlike verbintenis het met enige party wat hulle voordelig of nadelig in die skryf van hierdie artikel kon beïnvloed nie.

Outeursbydrae

J.K. (Universiteit van Suid-Afrika) was die projekteier in samewerking met I.B. (Universiteit van Suid-Afrika) en C.C. (Universiteit van Suid-Afrika). Al drie was verantwoordelik vir die beplanning, ontwerp en uitvoering van die projek. H.M. (Universiteit van Suid-Afrika) het die statistieke ontleding van die data behartig.

Literatuurverwysings

- Acar S.B. & Ince, E., 2010, 'Internet as a source of misconceptions: Radiation and radioactivity', *Turkish Online Journal of Educational Technology* 9(4), 94–100.
- Alhakami, A.S. & Solvic, P., 1994, 'A psychological study of the inverse relationship between perceived risk and perceived benefit', *Risk Analysis* 14(6), 1085–1096. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1539-6924.1994.tb00080.x>
- Allum, N., Sturgis, P., Tabourazi, D. & Brunton-Smith, I., 2008, 'Science knowledge and attitudes across cultures: A meta-analysis', *Public Understanding of Science* 17, 35–54. <http://dx.doi.org/10.1177/0963662506070159>
- Colclough, N.D., Lock R. & Soares, A., 2011, 'Pre-service teachers' subject knowledge of and attitudes about radioactivity and ionising radiation', *International Journal of Science Education* 33(3), 423–446. <http://dx.doi.org/10.1080/09500691003639905>
- Department of Basic Education (DoBE), 2011, *National Curriculum Statement: Curriculum and Assessment Policy Gr. 10–12, Physical Sciences*, Department of Basic Education, Pretoria.
- Downs, A., 1957, *An economic theory of democracy*, Harper and Row, New York.
- Durant, J., Evans, G. & Thomas, G., 1992, 'Public understanding of science in Britain: The role of medicine in the popular representation of science', *Public Understanding of Science* 1, 161–182. <http://dx.doi.org/10.1088/0963-6625/1/2/002>
- Gardner, G., Jones, G., Taylor, A., Forrester, J. & Robertson, L., 2010, 'Students' risk perceptions of nanotechnology applications: Implications for science education', *International Journal of Science Education* 32(14), 1951–1969. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690903331035>
- Johnson, B.B., 1993, 'Advancing understanding of knowledge's role in lay risk perception', *Risk Issues Health Safety* 4(3), 189–212.
- Kiliç, A., Boyes, E. & Stanisstreet, M., 2012, 'Exploring students' ideas about risks and benefits of nuclear power using risk perception theories', *Journal of Science Education and Technology*. <http://dx.doi.org/10.1007/s109560129390z>
- King, P.M. & Kitchener, K.S., 2004, 'Reflective judgment: Theory and research on the development of epistemic assumptions through adulthood', *Educational Psychologist* 39, 5–18. http://dx.doi.org/10.1207/s15326985sep3901_2
- Kolstø, S.D., 2006, 'Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific issue', *International Journal of Science Education* 28(14), 1689–1716. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690600560878>
- Kuklinski, J.H., Metlay, D.S. & Kay, W.D., 1982, 'Citizen knowledge and choices in the complex issue of nuclear energy', *American Journal of Political Science* 26, 614–642. <http://dx.doi.org/10.2307/2110965>
- Laugksch, R.C., 2000, 'Scientific literacy: A conceptual view', *Science Education* 84, 71–94. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C)
- Millar, R. & Gill, J.S., 1996, 'School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionizing radiation', *Physics Education* 31, 27–33. <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/31/1/019>
- Millar, R., 1994, 'Schools students' understanding of key ideas about radioactivity and ionizing radiation', *Public Understanding of Science* 3, 53. <http://dx.doi.org/10.1088/0963-6625/3/1/004>
- Neumann, S. & Hopf, M., 2012, 'Students' conceptions about "radiation": Results from an explorative interview study of 9th grade students', *Journal of Science Education and Technology*. <http://dx.doi.org/10.1007/s1095601293699>
- Nisbet, M.C. & Hume, M., 2006, 'Attention cycles and frames in the plant biotechnology debate: Managing power and participation through the press/policy connection', *Harvard International Journal of Press/Politics* 11(2), 3–40. <http://dx.doi.org/10.1177/1081180X06286701>
- Oulton, C., Dillon, J. & Grace, M.M., 2004, 'Enhancing the quality of argumentation in school science', *Journal of Research in Science Teaching* 41(10), 994–1020. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20035>
- Oppenheim, A.N., 1992, 'Questionnaire design, interviewing and attitude measurement', Pinter Publications, New York.
- Rego, F. & Peralta, L., 2006, 'Portuguese students' knowledge of radiation physics', *Physics Education* 41(3), 259–262. <http://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/41/3/009>
- Sjöberg, L., 1998, 'Risk perception: Experts and the public', *European Psychologist* 3(1), 1–12. <http://dx.doi.org/10.1027/1016-9040.3.1.1>
- Sniderman, P.M., Griffen, R. & Glaser, E.M., 1990, 'Information and electoral choice', in J. Ferejohn & J. Kuklinski (eds.), 'Information and Democratic Politics, Urbana and Chicago', pp. 117–135, University of Illinois Press.
- Sturgis, P.J. & Allum, N.C., 2004, 'Science in Society: Re-evaluating the deficit model of public attitudes', *Public Understanding of Science* 13(1), 55–74. <http://dx.doi.org/10.1177/0963662504042690>
- Thomas, G. & Durant, J., 1987, 'Why should we promote the public understanding of science?', in M. Shortland (ed.), *Scientific Literacy Papers*, pp. 1–14, Oxford University Department for External Studies, Oxford.