



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport



# Inventarisati van wetenschapp onderzoek

Inventarisatie van wetenschappelijk onderzoek  
en onderwijs in de stralingsbescherming



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Inventarisatie van wetenschappelijk onderzoek en onderwijs in de stralingsbescherming**

RIVM Rapport 610890002/2013

## Colofon

© RIVM 2013

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

H. Bijwaard  
H. Slaper

Contact:  
Harry Slaper  
Centrum Veiligheid  
[harry.slaper@rivm.nl](mailto:harry.slaper@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, in het kader van project M\610793

## Rapport in het kort

### **Inventarisatie wetenschappelijk onderzoek en onderwijs stralingsbescherming**

De Gezondheidsraad heeft in 2008 gesignaleerd dat de wetenschappelijke kennis over stralingsbescherming in Nederland afneemt. Dit wordt bevestigd door een enquête en een workshop onder deskundigen die RIVM uitvoerde in samenwerking met de Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne (NVS). De aanwezige expertise lijkt onvoldoende om in de toekomst hoogwaardige opleidingen op het gebied van stralingsbescherming te waarborgen. Hetzelfde geldt voor de beantwoording van maatschappelijke stralingsvragen. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om vragen die samenhangen met veranderingen in nucleaire activiteiten, de gevolgen en bestrijding van mogelijke grootschalige kernongevallen, de verwerking en opslag van radioactief afval, en onzekerheden in de stralingsrisico's bij lage blootstellingen. Een mogelijke oplossing is de oprichting van een (virtueel) kenniscentrum of een onderzoeksschool met één of enkele leerstoelen of lectoraten, waar kennis wordt ontwikkeld, onderhouden en geïntegreerd. Zo'n centrum moet breed gedragen zijn door deskundigen en participerende instituten en financieel door de overheid worden ondersteund.

### **Stralingsbescherming**

In het dagelijks leven wordt iedereen blootgesteld aan kleine hoeveelheden straling. Dit kan straling zijn die van nature in onze leefomgeving aanwezig is, door radioactieve stoffen in binnenmilieu, bodem, en voeding en door straling vanuit de ruimte. Maar ook via medische diagnostiek en behandelingen staan mensen aan straling bloot. Verder kunnen industriële toepassingen blootstelling veroorzaken. De stralingsbescherming is erop gericht onbedoelde blootstelling aan ioniserende straling zoveel mogelijk te beperken. Kennis van dit vakgebied omvat vraagstukken als: wat doet straling, hoe meet je het, hoe kun je je ertegen beschermen, en welke maatregelen zijn nodig om de blootstelling aan straling en risico's te beperken.

### **Onderzoek en onderwijs**

Uit de [onderzoeks]resultaten volgt dat de wetenschappelijke kennisbasis op stralingsbeschermingsgebied verspreid is over meerdere, relatief kleine onderzoeksgroepen. Verder wordt de continuïteit van de kennis bij diverse groepen bedreigd als gevolg van de vergrijzing. Het medisch stralingsonderzoek naar methodeontwikkeling voor radiotherapie is de afgelopen jaren wel toegenomen, maar de omvang van traditioneel stralingsbeschermingsonderzoek krimpt. Daardoor neemt de kennis in Nederland van nieuwe ontwikkelingen in het vakgebied per saldo af. Ook dreigt een tekort aan wetenschappelijk gekwalificeerde opleiders voor de inhoudelijk diepgaander opleidingen op stralingsbeschermingsgebied. Bovendien is geconstateerd dat sociaalwetenschappelijke aspecten bij stralingsvraagstukken, zoals de expertise over de communicatie over en perceptie van stralingsrisico's, onvoldoende geborgd zijn. De inrichting van een kenniscentrum biedt een oplossingsrichting.

Trefwoorden:

onderzoek, onderwijs, stralingsbescherming, expertise



## Abstract

### **Survey of health physics research and education**

In 2008 the Health Council of the Netherlands expressed its concern that the scientific knowledge on radiation protection in the Netherlands is declining. This statement is further supported by a survey and subsequent workshop among radiation experts that was conducted by the RIVM in cooperation with the Dutch Society on Radiation Protection. The current scientific expertise is probably insufficient to guarantee future high level scientific education on radiation protection. The same could hold for assuring adequate response to societal questions on radiation related issues, such as questions related to changes in nuclear industrial activities, the evaluation of consequences of large scale nuclear disasters, the handling and disposal of radioactive waste, and the assessment of risks related to low level radiation doses. A possible solution is the establishment of a (virtual) scientific knowledge centre for radiation expertise, where knowledge is developed, maintained and integrated from different fields of expertise. Such a centre should facilitate a broad collaboration from experts and participating institutes.

### **Radiation protection**

Everybody is exposed to some radiation in every day life. Exposure to radiation occurs through natural sources of radioactivity in the indoor environment, in soil, and food and through exposure to cosmic radiation. Exposure can also occur in medical diagnostics and radiation treatments. In addition industrial sources can lead to exposure. Radiation protection aims to keep undesired and unnecessary exposure to sources of ionizing radiation as low as reasonably achievable. Radiation protection deals with questions such as: what are the effects of radiation, how should it be measured, how to protect against harmful effects, and what countermeasures can be used to limit radiation exposure and risks.

### **Research and education**

In the Netherlands the scientific research in radiation protection and health physics occurs in several, relatively small research groups. Continuation of the research is threatened by the aging of scientists involved. Research concerning medically applied radiation, especially regarding method development in radiotherapy, has increased in the past years, but research in traditional radiation protection has decreased. This leads to a decrease in knowledge about new developments in radiation protection. Furthermore, scientifically qualified educators for the teaching of high level courses in radiation protection and health physics might become scarce. Finally, it is noted that expertise in social sciences, needed for risk-communication and perception of radiation risks, is lacking. A centre of expertise should offer solutions.

Keywords: research, education, health physics, radiation protection



## Inhoud

Samenvatting—9

### **1 Inleiding—11**

- 1.1 Aanleiding—11
- 1.2 Doelstelling—11
- 1.3 Afbakening—11
- 1.4 Werkwijze—11
- 1.5 Leeswijzer—12

### **2 Voorstudie—13**

- 2.1 Zoekstrategie—13
- 2.2 Aanvullingen—14
- 2.3 Indeling stralingsbescherming—15
- 2.4 Contactpersonen—16

### **3 Opzet van de enquête—19**

- 3.1 Doel—19
- 3.2 Vorm—19
- 3.3 Inhoud—19

### **4 Resultaten van de enquête—21**

- 4.1 Stelling van de Gezondheidsraad—21
- 4.2 Functies van respondenten en de omvang van hun achterban—22
- 4.3 Betrokkenheid bij onderzoek en onderzoeksrichtingen—23
- 4.4 Onderzoeksinzet en -output—24
- 4.5 Leeftijdsopbouw en werving van personeel—25
- 4.6 Mutaties in personele bezetting—26
- 4.7 Sturing van onderzoek—28
- 4.8 Betrokkenheid bij onderwijs en onderwijsterreinen—30
- 4.9 Opleidingen, cursussen en vakken stralingsbescherming—31
- 4.10 Onderwijsbelasting—35
- 4.11 Studentenaantallen—36
- 4.12 Sturing van onderwijs—37

### **5 Discussie—41**

- 5.1 Algemeen—41
- 5.2 Historische ontwikkeling—42
- 5.3 Internationale ontwikkelingen—42
- 5.4 Sociaalwetenschappelijk perspectief—43
- 5.5 Interpretatie van resultaten in het licht van maatschappelijke vraagstukken—43
  - 5.5.1 Medische blootstelling—43
  - 5.5.2 Nucleaire installaties—44
  - 5.5.3 Fundamenteel (radiobiologisch) onderzoek—44
  - 5.5.4 Opslag en transmutatie van radioactief afval—44
  - 5.5.5 Radon/thoronproblematiek—45
- 5.6 Actualisatie van de verkregen inzichten—45

### **6 Uitkomsten van de IWEOS-workshop—47**

### **7 Conclusies en aanbevelingen—53**



Dankwoord—55

Literatuur—57

Bijlage 1 Enquête—59

Bijlage 2 Afkortingenlijst—65

## Samenvatting

Dit rapport is de verslaglegging van het project Inventarisatie van Wetenschappelijk Onderzoek en onderwijs in de Stralingsbescherming (IWEOS). De aanleiding voor dit project was de signalering van de Gezondheidsraad in 2008 dat de wetenschappelijke expertise op het gebied van de stralingshygiëne achteruit gaat (Gezondheidsraad, 2008). De volgende onderzoeksvragen moesten in het project worden beantwoord:

- Welk wetenschappelijk onderzoek op stralingshygiënisch of aanverwant gebied wordt uitgevoerd of is recent uitgevoerd in Nederlandse onderzoeksinstituten/kennisinstituten?
- Welke onderdelen van het wetenschappelijk onderwijs hebben relevantie voor de stralingshygiëne?

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) heeft dit onderzoek uitgevoerd met ondersteuning van de Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne (NVS), het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) en een begeleidingscommissie. Bij de uitvoering van het project is eerst via diverse kanalen gezocht naar mogelijke contactpersonen bij instellingen die zich op een of andere wijze bezighouden met vakgebieden binnen de stralingsbescherming of gerelateerd daaraan. Vervolgens is door het RIVM in samenspraak met de begeleidingscommissie en op basis van de gezamenlijke kennis van het vakgebied een vragenlijst opgesteld over wetenschappelijk onderzoek en onderwijs in de stralingsbescherming. De vragenlijst is opgestuurd naar deze contactpersonen (zie Bijlage 1). De helft van de contactpersonen heeft deze vragenlijst beantwoord en teruggestuurd. Deze respondenten vertegenwoordigen driekwart van de wetenschappelijk output in het vakgebied (gemeten naar peer-reviewed papers). De belangrijkste conclusies zijn:

- Bijna driekwart van de respondenten vindt dat de stralingsbeschermingsexpertise in Nederland aan het afnemen is. Momenteel verrichten ongeveer 100 personen onderzoek in dit vakgebied, maar enkele grote instituten/vakgroepen zijn opgeheven, er worden vaker personele afnames dan toenames gerapporteerd over de laatste vijf jaar en de verwachtingen bij de respondenten zijn negatief voor de komende vijf jaar.
- Onderzoek vindt momenteel vooral plaats binnen dosimetrie en detectietechniek, radiobiologie en radiologie. De afgelopen vijf jaar waren er toenames bij radiobiologie, radiologie en dierexperimenten (gericht op radiotherapie) en afnames bij dosimetrie en detectietechniek, risicomodellering en -analyse, epidemiologie en niet-destructief onderzoek. Respondenten vinden dat meer onderzoek verricht moet worden in de radiobiologie, dosimetrie en detectietechniek en risicomodellering en -analyse en minder in bescherming en dierexperimenten.
- Onderwijs in de stralingsbescherming is zeer divers, maar heeft vaak een medisch oogmerk. Er wordt ruim 4.000 uur onderwijs verzorgd aan meer dan 5.000 studenten en beide aantallen zijn stijgende. Respondenten willen meer onderwijs op het gebied van risicoperceptie en -communicatie, risicomodellering en -analyse, bescherming en risicomangement alsook minder onderwijs voor dierexperimenten.
- Voor maatschappelijke stralingsvraagstukken, zoals de toenemende medische stralingsbelasting, mogelijke veranderingen in nucleaire activiteiten, de verwerking van radioactief afval, radon/thoronblootstelling en de noodzaak van fundamenteel radiobiologisch onderzoek, geldt in de meeste gevallen dat

de afnemende expertise en een tekort aan opleidingsmogelijkheden een probleem kunnen gaan vormen.

Naar aanleiding van dit onderzoek is op 9 mei 2012 een workshop gehouden met betrokken partijen. De conclusies daarvan staan hierna kort samengevat:

- De conclusies uit de enquête werden bevestigd.
- Er is weliswaar een toename van onderwijs geconstateerd, maar het gaat dan vaak om opleidingen voor praktische stralingsbescherming in medische opleidingen vanwege wettelijke eisen voor stralingsdeskundigheid en niet om wetenschappelijk onderwijs.
- De afname van wetenschappelijk onderzoek zal leiden tot minder geschoolde opleiders en dat kan voor de verzorging van hoger onderwijs een probleem worden.
- De afname van wetenschappelijk onderzoek betekent ook dat de kennis in Nederland van een aantal belangrijke nieuwe ontwikkelingen in het vakgebied minder wordt.
- Om de versnippering van kennis tegen te gaan, zou de vorming van een (virtueel) kenniscentrum of een onderzoeksschool met één of enkele leerstoelen noodzakelijk zijn.
- Het belang van de sociaalwetenschappelijke kanten van stralingsbescherming wordt onderkend en zou een grotere rol moeten krijgen bij zowel wetenschappelijk onderzoek als bij stralingsbeschermingsopleidingen.

Gezien de hiervoor genoemde conclusies is de belangrijkste aanbeveling uit het onderzoek om de komende jaren een virtueel kenniscentrum voor ondersteuning en registratie van expertise en opleidingsmogelijkheden in de stralingsbescherming op te zetten. De Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne (NVS) zou bij de ontwikkeling en het beheer hiervan betrokken kunnen worden.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De Gezondheidsraad heeft in 2008 gesignaleerd dat de wetenschappelijke expertise op het gebied van de stralingshygiëne achteruitgaat (Gezondheidsraad, 2008). Dit leidt tot zorgen over het niveau van de stralingsbescherming in Nederland in de toekomst en het behoud van voldoende inhoudelijke expertise voor het geven van kwalitatief hoogwaardige opleidingen. In de reactie op de observatie van de Gezondheidsraad is op 10 juli 2009 aan de Tweede Kamer geschreven: 'Met de Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne zullen de consequenties van deze verandering worden besproken en zal worden bekeken hoe daarin kan worden voorzien wanneer dat nodig is. Een intensieve internationale samenwerking is dan een optie.' (Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 2009.) Dit rapport is het uitvloeisel van deze signalering van de Gezondheidsraad.

## 1.2 Doelstelling

De volgende onderzoeksvragen moesten in het project worden beantwoord:

- Welk wetenschappelijk onderzoek op stralingshygiënisch of aanverwant gebied wordt uitgevoerd of is recent uitgevoerd in Nederlandse onderzoeksinstellingen/kennisinstituten?
- Welke onderdelen van het wetenschappelijk onderwijs hebben relevantie voor de stralingshygiëne?

Streven is om het kennislandschap en de recente, lopende en voorgenomen onderzoeken in kaart te brengen in een op te stellen stramien/kader.

## 1.3 Afbakening

Deze studie beperkt zich tot onderzoek en onderwijs voor zover dat in Nederland gedaan of gegeven wordt, inclusief internationale projecten waar Nederlandse organisaties bij betrokken zijn. Het onderzoek en onderwijs moeten een duidelijke stralingsbeschermingscomponent hebben. Aan de definitie daarvan wordt in deze studie ook aandacht besteed.

## 1.4 Werkwijze

Dit onderzoek is door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) uitgevoerd met ondersteuning van de Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne (NVS) en in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I). Op basis van een startnotitie van het RIVM hebben de partijen in een vooroverleg besloten tot de formatie van een begeleidingscommissie. Voor de eerste bijeenkomst van deze commissie heeft het RIVM een eerste inventarisatie opgesteld van onderzoek en onderwijs in de stralingsbescherming. Deze inventarisatie heeft een lijst mogelijke contactpersonen opgeleverd. Tevens is door het RIVM een conceptenquête voor deze personen opgesteld om inzicht te krijgen in hun activiteiten op stralingsbeschermingsgebied. Aan de hand van de suggesties uit het overleg met de begeleidingscommissie is een definitieve enquête opgesteld die is gestuurd naar de lijst contactpersonen. Bij het tweede overleg met de begeleidingscommissie heeft het RIVM de eerste resultaten van de enquête gepresenteerd en zijn vervolgstappen gezet om te komen tot een

conceptrapportage. Uiteindelijk is op 9 mei 2012 een workshop gehouden met respondenten en vertegenwoordigers van beroepsgroepen. Daar zijn de uitkomsten van de enquête gepresenteerd en bediscussieerd.

## **1.5 Leeswijzer**

Na dit inleidende hoofdstuk volgt eerst een samenvatting van de voorstudie die is uitgevoerd (hoofdstuk 2) alvorens met de enquête begonnen is (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de enquête besproken en in hoofdstuk 5 volgt een discussie daarover. Hoofdstuk 6 bevat vervolgens de verslaglegging van de gehouden workshop. Het laatste hoofdstuk (hoofdstuk 7) bevat enkele conclusies en aanbevelingen. Het rapport wordt besloten met twee bijlagen: de gehele enquête en een afkortingenlijst.

## 2 Voorstudie

Over onderzoek en onderwijs in de stralingsbescherming is veel te vinden op internet, maar gedetailleerde informatie over de personele inzet op dit vakgebied is er niet aan te treffen. Al in het oorspronkelijke projectvoorstel is daarom aangegeven dat een enquête hierover onder betrokkenen noodzakelijk zou zijn. Hiermee wilden we ook meningen peilen over de stelling van de Gezondheidsraad. Voor zo'n enquête was een lijst met te benaderen personen nodig. In een voorstudie heeft het RIVM in samenspraak met de begeleidingscommissie die lijst opgesteld. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de strategie die daarbij gevolgd is.

### 2.1 Zoekstrategie

Om een zo volledig mogelijk overzicht te krijgen van personen en instellingen die actief zijn in onderzoek en onderwijs in de stralingsbescherming is via zes verschillende ingangen getracht deze personen en instellingen te vinden, namelijk met behulp van:

1. websites van stralingsbeschermingsorganisaties;
2. Google;
3. wetenschappelijke-literatuurdatabases;
4. de NVS-ledenlijst;
5. deelnemerslijsten van enkele grote, internationale congressen;
6. lijsten met partners in Europese netwerken.

Uit de websites van organisaties als de Gezondheidsraad, KVI, NIKHEF, TNO, NRG, (technische) universiteiten en enkele grote academische ziekenhuizen is een startlijst met contactpersonen gedestilleerd. Via Google is vervolgens gezocht op de sleutelwoorden: 'stralingsbescherming' of 'stralingshygiëne' in combinatie met 'onderwijs' of 'educatie' en 'onderzoek' of 'research'. Hierbij zijn steeds de eerste 50 hits bekeken en nog niet eerder geïdentificeerde personen of organisaties in de lijst opgenomen. Daarna is in enkele literatuurdatabases gezocht naar 'Nederlandse' publicaties. Eerst is PubMed bekeken. PubMed omvat bijna 40.000 tijdschriften, waaronder 34 met het woord 'radiation' in de titel. Deze database bevat geen informatie om te bepalen of een publicatie 'Nederlands' is, maar wel of de gebruikte taal Nederlands is. De volgende searches zijn gebruikt om de lijst verder aan te vullen:

- '(dutch[Language]) AND (radiation protection[Title/Abstract]);'
- '(dutch[Language]) AND (radiation[Title/Abstract]);'
- '((radiation protection[Title]) AND ("2001"[Publication Date] : "2011"[Publication Date]))'.

Vervolgens is de Scopus-database bekeken. De Scopus-database omvat ruim 18.000 tijdschriften, waaronder 19 met het woord 'radiation' in de titel. Scopus biedt de optie om te zoeken op 'affiliation country' van alle auteurs. De volgende searches zijn gebruikt om de lijst verder aan te vullen:

- 'ABS("radiation protection") AND AFFILCOUNTRY(netherlands)';
- 'ABS("radiation safety") AND AFFILCOUNTRY(netherlands)';
- 'ABS("nuclear" AND ("safety" OR "protection")) AND AFFILCOUNTRY(netherlands) AND PUBYEAR AFT 2005'.

Via de NVS website (<http://www.nvs-straling.nl/>) is na inloggen (als lid) de ledenlijst te zien. Daarin is gezocht met een aantal voorgeschreven zoektermen. Met name resultaten van de combinatie 'stralingsbescherming' en '(inter)nationaal beleid' zijn gebruikt om de lijst contactpersonen verder aan te vullen.

Van een aantal grote congressen op het gebied van stralingsbescherming is getracht de deelnemerslijst te achterhalen. Allereerst is dat voor IRPA 12 (International Radiation Protection Association, Buenos Aires, 2008) gedaan. De IRPA-website (<http://www.irpa12.org.ar/index.php>) geeft geen volledige deelnemerslijst, maar de Nederlandse deelnemers zijn gezamenlijk op de foto gegaan voor NVS nieuws 2008/4-2009/1 en zodoende te identificeren. Vervolgens is van IRPA 11 (Madrid, 2004) de deelnemerslijst achterhaald. Uit de sectie Nederlandse deelnemers zijn verdere aanvullingen gehaald. Daarnaast zijn er congressen van de Europese tak van IRPA, zoals in 2010 in Helsinki. Daarvoor is de verzameling abstracts via internet doorzocht op Nederlandse bijdragen. Dat leverde wederom nog niet eerder gevonden namen op. In 2006 was het Europese IRPA-congres in Parijs. De abstracts van dat congres staan wel online, maar zijn niet doorzoekbaar op herkomst van de auteurs. Ten slotte is een aantal grote Europese netwerken gerelateerd aan stralingsbescherming gescreend op Nederlandse deelnemers. Het gaat om het Multidisciplinary European Low Dose Initiative (MELODI), het European ALARA Network, European Training and Education in Radiation Protection (EUTERP) en de European Radiation Dosimetry Group (EURADOS). Ook EU-projecten die aan deze netwerken verbonden zijn, zijn geïnventariseerd.

## 2.2 Aanvullingen

Met de gekozen zoekstrategie worden met name *onderzoekers*, actief in de *stralingsbescherming*, getraceerd. Daarom zijn er twee aanvullingen gepleegd:

- Er is een lijstje met sociaalwetenschappers opgesteld met een mogelijke of gebleken interesse in stralingsbescherming.
- Er is specifiek naar onderwijs in stralingsbescherming gezocht.

Voor de lijst met sociaalwetenschappers is met name input vanuit de begeleidingscommissie gebruikt.

Het meest in het oog springende onderwijs betreft:

- (1) de zogenaamde niveau 2- en 3-cursussen (4 en hoger laten we buiten beschouwing);
- (2) onderwijs gegeven aan Nederlandse universiteiten en hogescholen (met name de zogenaamde MBRT [Medische Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken] -opleidingen); en
- (3) cursussen die openstaan voor Nederlanders zoals die in enkele EU projecten worden gerealiseerd (met name DoReMi en ENETRAP II).

Voor alle niveau 2- en 3-cursussen zijn via internet contactpersonen gevonden. Het onderwijs aan universiteiten en hogescholen is in kaart gebracht via het Centraal Register Opleidingen Hoger Onderwijs (CROHO). Daarin staan 245 instellingen voor hoger onderwijs geregistreerd van welke er na een eerste selectie 59 nader zijn bestudeerd. Het gaat om de onderwijsprogramma's van:

Avans Hogeschool <sup>0</sup>	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen <sup>2</sup>
Avans Hogeschool B.V. <sup>0</sup>	Hogeschool van Utrecht <sup>5</sup>
Avans Hogeschool Breda-Tilburg <sup>0</sup>	Hogeschool Zeeland
Avans Hogeschool 's Hertogenbosch <sup>0</sup>	Hogeschool Zuyd
Christelijke Hogeschool Ede	Katholieke Universiteit Nijmegen <sup>6</sup>
Christelijke Hogeschool Windesheim	Noordelijke Hogeschool Leeuwarden

De Haagse Hogeschool <sup>1</sup>	Open Universiteit Nederland
Erasmus Universiteit Rotterdam	PBNA-HBO
Fontys Hogescholen	Radboud Universiteit Nijmegen <sup>6</sup>
Fontys Hogescholen Eindhoven	Rijksuniversiteit Groningen
Fontys Hogescholen Venlo	RK Technische Hogeschool Rijswijk <sup>1</sup>
Haagse Hogeschool <sup>1</sup>	Saxion Hogeschool <sup>3</sup>
Haagse Hogeschool / TH Rijswijk <sup>1</sup>	Saxion Hogeschool Deventer <sup>3</sup>
HAN-PBNA <sup>2</sup>	Saxion Hogeschool Enschede <sup>3</sup>
HAS Den Bosch	Saxion Hogeschool IJsseland <sup>3</sup>
Hogescholen Oost Nederland <sup>3</sup>	Stichting LOI Hoger Onderwijs
Hogeschool Alkmaar <sup>4</sup>	Technische Universiteit Delft
Hogeschool Brabant <sup>0</sup>	Technische Universiteit Eindhoven
Hogeschool Dirksen B.V.	transnationale Universiteit Limburg
Hogeschool Drenthe	UNESCO-IHE Inst. Water Education
Hogeschool Haarlem <sup>4</sup>	Universiteit Leiden
Hogeschool Hanzesteden	Universiteit Maastricht
Hogeschool IJsseland <sup>3</sup>	Universiteit Twente
Hogeschool INHOLLAND <sup>4</sup>	Universiteit Utrecht
Hogeschool INHOLLAND Alkmaar <sup>4</sup>	Universiteit van Amsterdam
Hogeschool INHOLLAND Haarlem <sup>4</sup>	Van Hall Instituut
Hogeschool Rotterdam	Vrije Universiteit Amsterdam
Hogeschool 's Hertogenbosch <sup>0</sup>	Wageningen Universiteit <sup>7</sup>
Hogeschool Utrecht <sup>5</sup>	Wageningen University <sup>7</sup>
Hogeschool van Amsterdam	

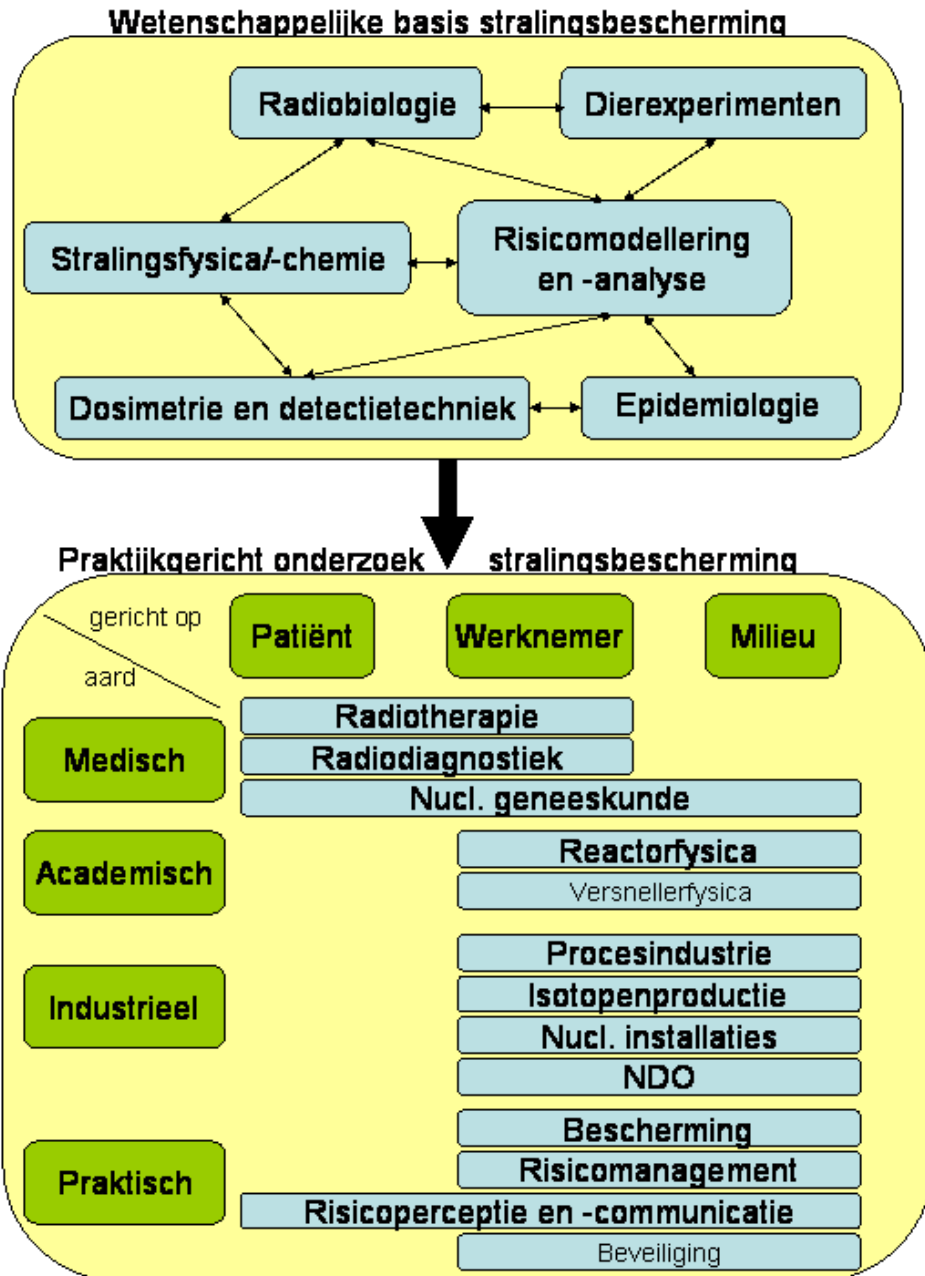
<sup>0 1 2 3 4 5 6 7</sup> Dit zijn instellingen die bij elkaar horen/dezelfde instelling zijn

Ten slotte zijn de cursussen geïventariseerd die georganiseerd worden in het kader van de Europese projecten DoReMi, ENETRAP II, EURADOS en ERPET.

### 2.3 Indeling stralingsbescherming

In de inleiding is het probleem van de afbakening van het vakgebied stralingsbescherming al even aangestipt. Deze afbakening is nodig, zowel voor de bepaling van de lijst met contactpersonen als voor de enquêtevragen. In het eerste geval willen we weten welke personen met hun aandachtsgebieden nog wel op de lijst horen en welke niet. In het tweede geval willen we bijvoorbeeld bepalen waaronder het opgegeven onderzoek/onderwijs geschaard moet worden. Het is moeilijk een harde richtlijn te geven van wat wel en niet onder stralingsbescherming valt. In plaats daarvan is getracht een indeling van het vakgebied en aanpalende vakgebieden te maken. In samenspraak met de begeleidingscommissie is het volgende overzicht opgesteld:





Figuur 2.1 Overzicht van vakgebieden gerelateerd aan stralingsbescherming

In het overzicht is een verdeling gemaakt in wetenschappelijke vakgebieden die de basis van de stralingsbescherming vormen en meer praktijkgerichte vakgebieden waarbij stralingsbescherming gebruikt wordt.

## 2.4 Contactpersonen

Uit de voorstudie en latere aanvullingen is een lijst met contactpersonen en instellingen samengesteld die uiteindelijk is gebruikt als basis voor de verzending van een enquête over onderzoek en onderwijs in de stralingsbescherming. Uit deze lijst is een selectie gemaakt om ervoor te zorgen dat dezelfde organisaties (of vakgroepen) de enquête niet meerdere malen zouden ontvangen. Er is steeds getracht het hoofd van de vakgroep of de

teamleider als contactpersoon op te nemen. Het was de bedoeling dat deze personen de enquête dan voor hun afdeling/vakgroep/team of organisatie zouden beantwoorden. De 51 organisaties in de uiteindelijke lijst staan in Tabel 2.1. Van sommige organisaties hebben meerdere organisatieonderdelen de enquête gekregen zodat in totaal 90 enquêtes zijn verstuurd (let op: hieruit zijn respondenten weggelaten die inmiddels met pensioen waren, geëmigreerd waren of om een andere reden de enquête niet konden invullen).

*Tabel 2.1 Organisaties die de enquête over onderzoek en onderwijs in de stralingsbescherming toegestuurd hebben gekregen en hun respondentnummers indien zij de enquête hebben ingevuld (deze nummers worden gebruikt in de figuren in hoofdstuk 4)*

Agentschap NL	8	NRG	14, 45
Academisch Medisch Centrum	7, 13	Nucletron B.V.	12
Applus RTD		Onze Lieve Vrouwe Gasthuis	9
Boerhaave Nascholing	41	Philips	43
BV Cyclotron VU		Philips Medical Systems	
Covidien	35	Radboud Universiteit Nijmegen	18
COVRA	37	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu	32, 42
DHV Environment and Transportation	15	RTD Radiation Protection Services	16
DSM TechnoPartners	5	Rijksuniversiteit Groningen	4
EC Joint Research Centre	27	Sociaal Cultureel Planbureau	
ECN		Shell Research and Technology Centre	19
Emma kindziekenhuis		TNO	
EPZ	30	TU Delft	34, 39
Erasmus MC	11	TU Eindhoven	22, 46
ESTEC		UMC Groningen	44
High Voltage Engineering Europa B.V.	28	UMC St Radboud Nijmegen	
Instituut Verbeeten		UMC Utrecht	23, 24, 25, 40
JUKO Research		Universiteit Twente	
Leids Universitair Medisch Centrum	10, 29, 41	Universiteit Utrecht	
M&A Milieuadviesbureau		Universiteit van Amsterdam	7, 13
Maastricht UMC	17	Universiteit van Maastricht	3, 21, 26
MAASTRO clinic		URENCO	6
Medisch Centrum Haaglanden	31	Vrije Universiteit	38
NIKHEF	36	VU Medisch Centrum	33
NKI-AvL		Wageningen University & Research Centre	20



## 3 Opzet van de enquête

### 3.1 Doel

Zoals al eerder aangegeven, was het feit dat belangrijke informatie die nodig was voor de kwantificering van de personele inzet op het terrein stralingsbeschermings-onderwijs en -onderzoek niet voorhanden was, de belangrijkste aanleiding om een enquête op te zetten. De belangrijkste doelen waren: het verkrijgen van inzicht in de hoeveel onderzoek en onderwijs die er momenteel plaatsvindt binnen de stralingsbescherming, hoe dit verdeeld is over de verschillende vakgebieden zoals aangegeven in Figuur 2.1 en hoe deze inzet in de afgelopen jaren is geweest en in de komende jaren wordt verwacht te zijn. Daarnaast is de gelegenheid aangegrepen om de respondenten een aantal opinies te laten geven over hoe de stralingsbescherming ervoor staat en wat er nodig is in de nabije toekomst.

### 3.2 Vorm

Er is getracht een enquête op te stellen die makkelijk in te vullen en te retourneren is. De enquête is daarom opgesteld in blokken: een verplicht blok achtergrondvragen, een optioneel blok over onderzoek en een optioneel blok over onderwijs. Respondenten die niet betrokken zijn bij onderzoek en/of onderwijs konden die blokken overslaan.

Om het invullen te vergemakkelijken en ook om de verwerking van de antwoorden te vereenvoudigen, is de enquête in de vorm van een invulbaar PDF-formulier gegoten. De enquêteformulieren zijn naar de beoogde respondenten per e-mail verzonden en de antwoorden konden met een druk op de verzendknop per e-mail worden teruggestuurd. De ontvangen bestanden zijn gezamenlijk geanalyseerd met MS Excel.

### 3.3 Inhoud

De enquête staat in Bijlage 1. Hier geven we een korte samenvatting van de inhoud. Na een openingsvraag over de stelling van de Gezondheidsraad en enkele algemene vragen over de achtergrond van de respondent volgt een blok over wetenschappelijk onderzoek. Met behulp van zogenoemde pulldownmenu's konden drie interessegebieden worden aangegeven met een toelichting. Daarna kwamen enkele vragen om een indicatie te krijgen van de onderzoeksinzet en -output: aantal fulltime-equivalent (fte), percentage ondersteunend en tijdelijk personeel, aantallen wetenschappelijke artikelen (al dan niet peer-reviewed). Dan waren er vragen over leeftijdsopbouw en de werving van personeel, gevolgd door indicaties in termen van fte voor verandering in onderzoeksinzet de afgelopen en de komende vijf jaar. Dit blok werd afgesloten met een selectie van deelgebieden binnen de stralingsbescherming waarop minder en meer onderzoek gedaan zou moeten worden en een losse vraag over samenwerkingsverbanden binnen en buiten Nederland.

Hierna volgde een blok vragen over wetenschappelijk onderwijs. Wederom konden drie interessegebieden worden geselecteerd en daarna volgden een aantal vragen om de onderwijsinzet te kwantificeren: een tabel voor studievakken met hun studiebelastingsuren (SBU) en aantallen studenten en een totaal aantal SBU stralingsbescherming. Daarna kwamen vragen over trends in het onderwijs: de verwachte ontwikkeling in SBU en aantallen studenten voor de komende vijf jaar en de verandering in SBU en aantallen studenten over de

afgelopen vijf jaar. Ten slotte kon de respondent drie deelgebieden aangeven waarop meer en minder onderwijs nodig is.

## 4 Resultaten van de enquête

Zoals al eerder aangegeven is de enquête per e-mail uitgestuurd naar 90 mogelijke respondenten, verdeeld over 51 organisaties. De sociaalwetenschappers onder hen zijn van tevoren telefonisch benaderd om te verduidelijken waarom zij de enquête kregen. Er zijn diverse herinneringen/aansporingen gestuurd om de respons te bevorderen. Uiteindelijk zijn er 45 ingevulde enquêtes teruggekomen (zie ook Tabel 2.1). De respons is dus 50%. Bij de analyse van de antwoorden moeten we daarom rekening houden met een onvolledige respons. Om een indruk te krijgen van de mate van (on)volledigheid is in de wetenschappelijke literatuurdatabase Scopus de volgende search uitgevoerd:

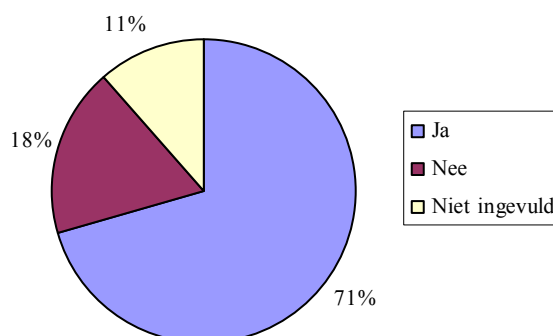
```
'(ABS("radiation protection") OR ABS("radiation safety") OR ABS("nuclear" AND ("safety" OR "protection"))) AND AFFILCOUNTRY(netherlands) AND PUBYEAR AFT 2009'
```

Dit leverde 58 artikelen op met een (deels) Nederlandse signatuur. Van deze artikelen zijn er 43 te herleiden naar respondenten van de enquête, oftewel 74%. We kunnen dus stellen dat met de 50% respons bijna driekwart van de wetenschappelijke output wordt afgedekt.

Hierna worden de antwoorden op de vragen behandeld, met uitzondering van enkele vragen die gaan over de achtergrond van de respondent.

### 4.1 Stelling van de Gezondheidsraad

De openingsvraag van de enquête luidde: 'Bent u het eens met de stelling van de Gezondheidsraad dat de wetenschappelijke expertise op het gebied van de stralingsbescherming in Nederland afneemt?' De antwoorden op deze vraag staan samengevat in Figuur 4.1.



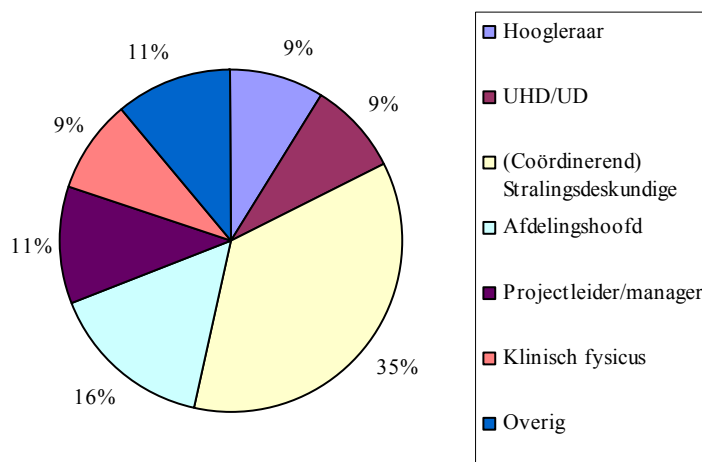
*Figuur 4.1 Antwoorden op de vraag of respondenten het eens zijn met de stelling van de Gezondheidsraad*

Bijna driekwart van de respondenten is het eens met de stelling van de Gezondheidsraad. Bij het antwoord werd ook een motivatie gevraagd. 36 respondenten hebben die gegeven. De respondenten die het eens waren met de stelling noemden als motivatie onder meer dat een aantal radiobiologiegroepen en fysicagroepen met versnellers is opgeheven, dat het aantal en het niveau van

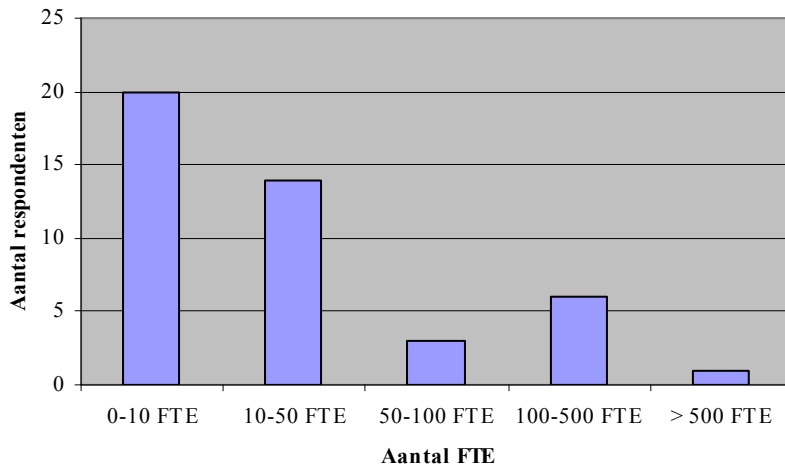
publicaties is gedaald, dat er onvoldoende aandacht is voor stralingsbescherming, dat de rol van radioactieve stoffen in het moleculair biologisch onderzoek afneemt, dat het ledenbestand van de NVS aan het vergrijzen is, dat er geen universitair curriculum is voor stralingshygiëne, dat wetenschappelijke kennis afneemt, maar praktische kennis niet, dat stralingsbeschermingsdiensten bij arbo- en milieudiensten zijn gevoegd en verder van de wetenschap zijn komen te staan, dat een leerstoel stralingsbescherming ontbreekt waardoor kennis versnipperd is geraakt, dat er minder aandacht is voor de bredere maatschappelijke en ethische aspecten van stralingsbescherming en dat er in Nederland weinig tijd, geld en capaciteit beschikbaar wordt gesteld voor wetenschappelijk onderzoek in de stralingshygiëne. Samengevat: er is minder aandacht en financiering voor de wetenschappelijke basis van stralingsbescherming, het aantal onderzoeksgroepen en hun output nemen af en stralingsbeschermingskennis raakt daardoor steeds meer versnipperd.

#### 4.2 Functies van respondenten en de omvang van hun achterban

In het blok algemene vragen werd geïnformeerd naar de functie van de respondent en voor welke groep hij/zij de enquête beantwoordde. De resultaten zijn in Figuur 4.2 en 4.3 samengevat.



Figuur 4.2 Verdeling van respondenten over functietypen

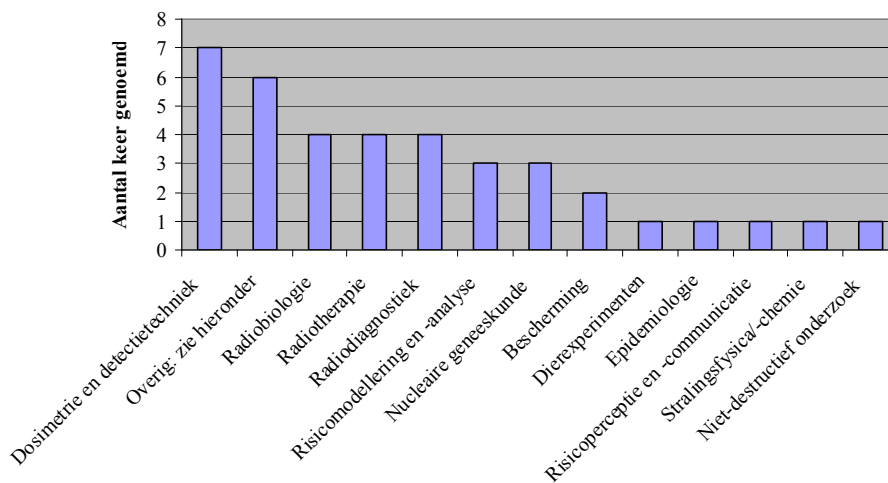


*Figuur 4.3 Omvang van de achterban van respondenten. Let op: in de categorieën '100-500 fte' en '> 500 fte' hebben enkele respondenten de gehele organisatie opgegeven*

Uit Figuur 4.2 blijkt dat respondenten diverse maar veelal vrij verantwoordelijke functies binnen de organisatie bekleden. Uit Figuur 4.3 blijkt dat de meeste groepen namens wie de enquête is ingevuld, relatief gering van omvang zijn. Er zijn enkele uitschieters die met name coördinerend stralingsdeskundigen betreffen die de gehele organisatie hebben opgegeven. Het totale aantal fte zegt weinig over het aantal fte dat zich bezighoudt met stralingsbescherming. Zie daarvoor de volgende paragraaf.

### 4.3 Betrokkenheid bij onderzoek en onderzoeksrichtingen

Bij de vragen over wetenschappelijk onderzoek geeft 36% van de respondenten aan hierbij betrokken te zijn. De onderzoeksrichtingen zijn zeer divers en staan samengevat in Figuur 4.4.



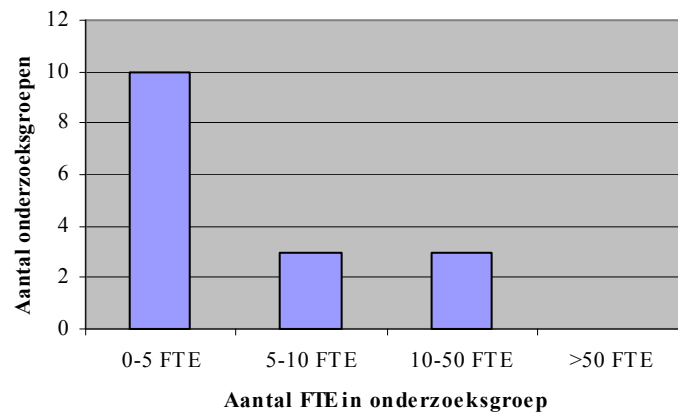
*Figuur 4.4 Verdeling van respondenten over verschillende onderzoeksrichtingen. De categorie 'Overig' omvat o.a. vergunningverlening, afvalverwerking, reactorexperimenten, DNA-schade, genetische susceptibiliteit, ethiek, isotopenproductie en reactorfysica*



Respondenten zijn met name actief in de categorieën 'dosimetrie en detectietechniek', 'radiobiologie' (zeker als je DNA-schade en genetische susceptibiliteit uit de categorie 'Overig' erbij rekent) en 'radiodiagnostiek/radiotherapie'.

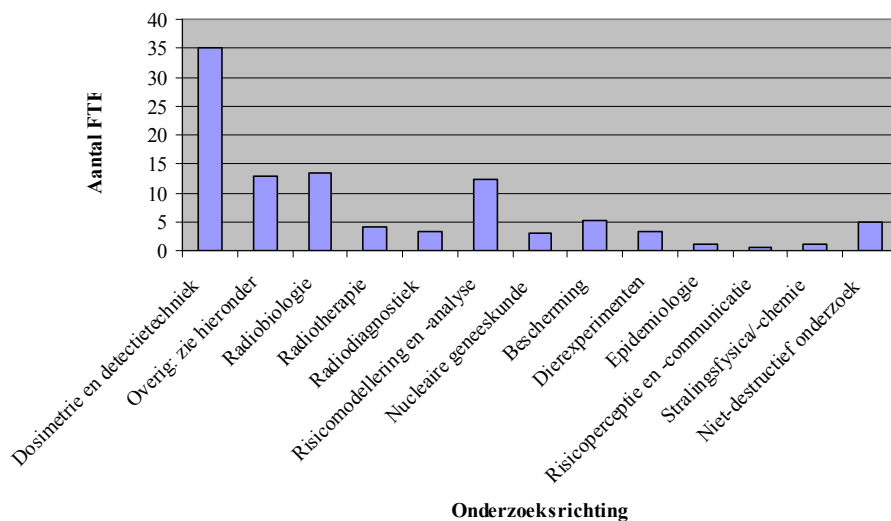
#### 4.4 Onderzoeksinzet en -output

De totale gerapporteerde onderzoeksinzet bedraagt 100 fte, waarvan gemiddeld 19% tijdelijk personeel betreft en eveneens 19% ondersteunend personeel. Die percentages zijn echter van respondent tot respondent zeer verschillend. De verdeling van het aantal fte over de onderzoeksgroepen staat in Figuur 4.5.



Figuur 4.5 Verdeling van onderzoekspersoneel over onderzoeksgroepen

Figuur 4.5 laat zien dat de meeste onderzoeksgroepen kleiner dan 5 fte zijn en dat er geen groepen van meer dan 50 fte in stralingsbeschermingsonderzoek zijn aangetroffen. De verdeling van fte over de verschillende onderzoeksrichtingen staat in Figuur 4.6.

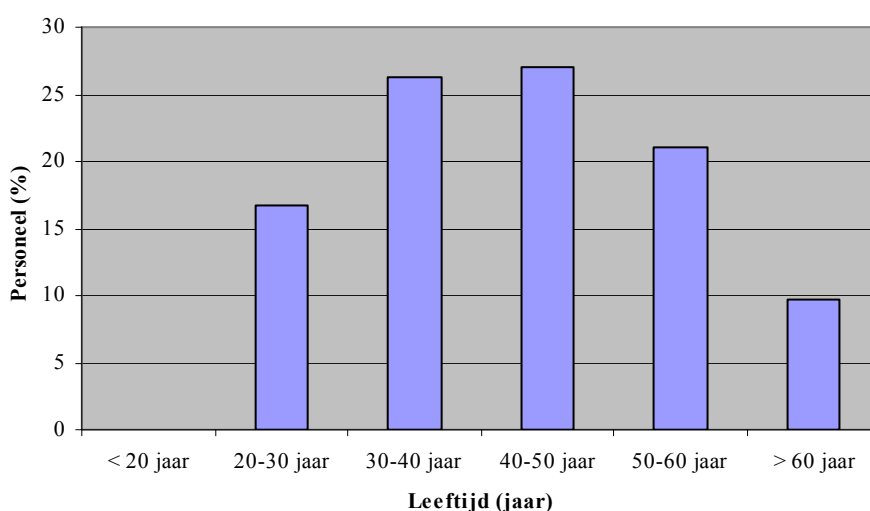


Figuur 4.6 Verdeling van onderzoekers over onderzoeksrichtingen. De volgorde van onderzoeksrichtingen is dezelfde als in Figuur 4.4

Figuur 4.6 laat zien dat de onderzoeksinzet vooral betrekking heeft op de categorieën 'dosimetrie en detectietechniek', 'overig' (zie bij Figuur 4.4) en 'radiobiologie'. Dit zijn de categorieën waarin veel respondenten zelf actief zijn. De gezamenlijke output van de onderzoeksgroepen bedraagt 127 peer-reviewed en 143 non-peer-reviewed publicaties op jaarbasis.

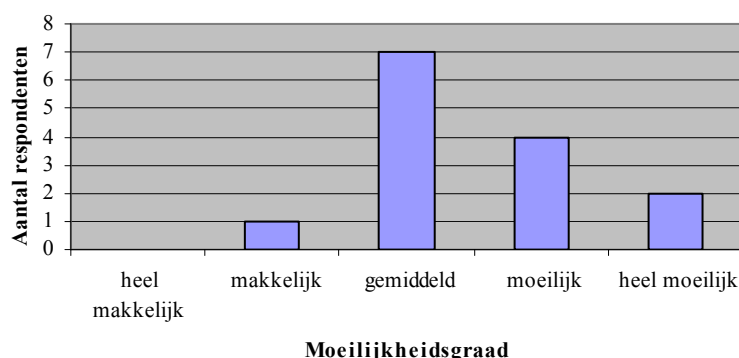
#### 4.5 Leeftijdsopbouw en werving van personeel

In het enquêteblok over wetenschappelijk onderzoek werd ook gevraagd naar de leeftijdsopbouw van het personeel en een indicatie van de moeilijkheidsgraad van het werven van nieuw personeel. De resultaten zijn samengevat in Figuur 4.7 en 4.8.



Figuur 4.7 Gemiddelde leeftijdsopbouw van onderzoekers in de stralingsbescherming

Het gemiddelde van de leeftijdsverdeling in Figuur 4.7 bedraagt 43,2 jaar. Dit ligt iets boven het landelijk gemiddelde voor alle beroepsgroepen van 41,0 jaar (CBS).

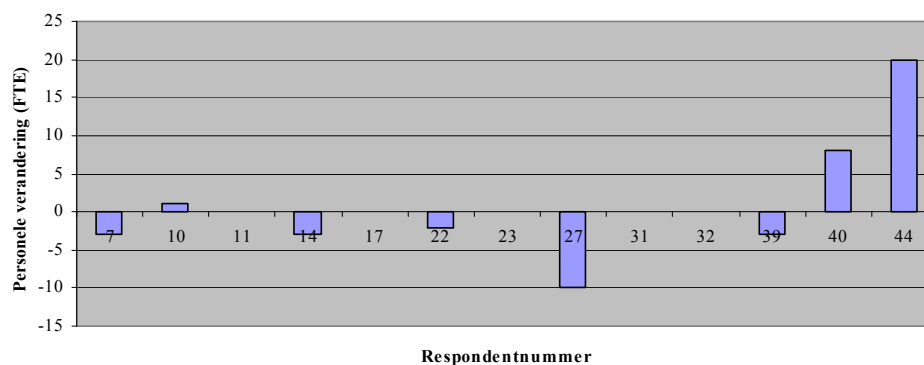


Figuur 4.8 Gerapporteerde moeilijkheidsgraad van het werven van nieuw personeel

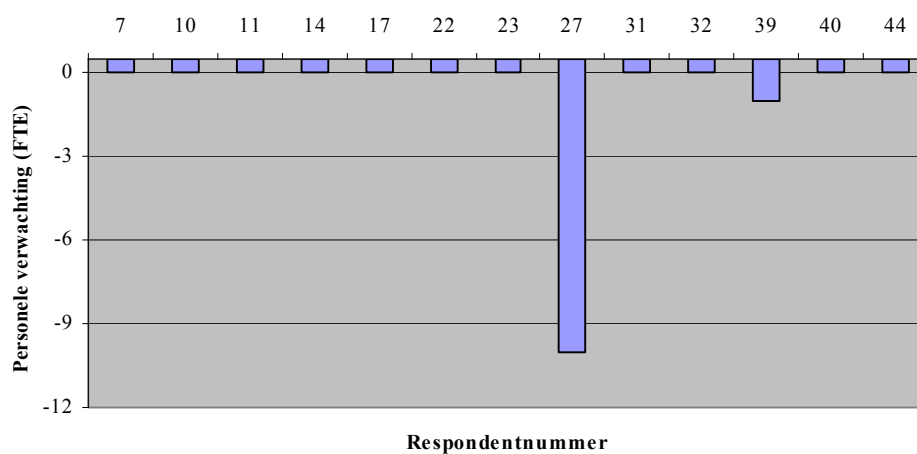
Als je de gerapporteerde moeilijkheidsgraden middelt ('heel makkelijk' = 1 tot en met 'heel moeilijk' = 5) dan resulteert dat in een gemiddelde waarde van 3,5, dus tussen 'gemiddeld' en 'moeilijk' in.

#### 4.6 Mutaties in personele bezetting

In het blok over wetenschappelijk onderzoek stonden ook vragen over de verandering in aantal fte in de afgelopen vijf jaar en de verwachte verandering in de komende vijf jaar. De resultaten staan in Figuur 4.9 en 4.10. Om een vergelijking tussen de figuren te vergemakkelijken, hebben alle respondenten in deze figuren een uniek nummer gekregen (zie ook Tabel 2.1).



Figuur 4.9 Veranderingen in de personele bezetting in de afgelopen vijf jaar per respondent

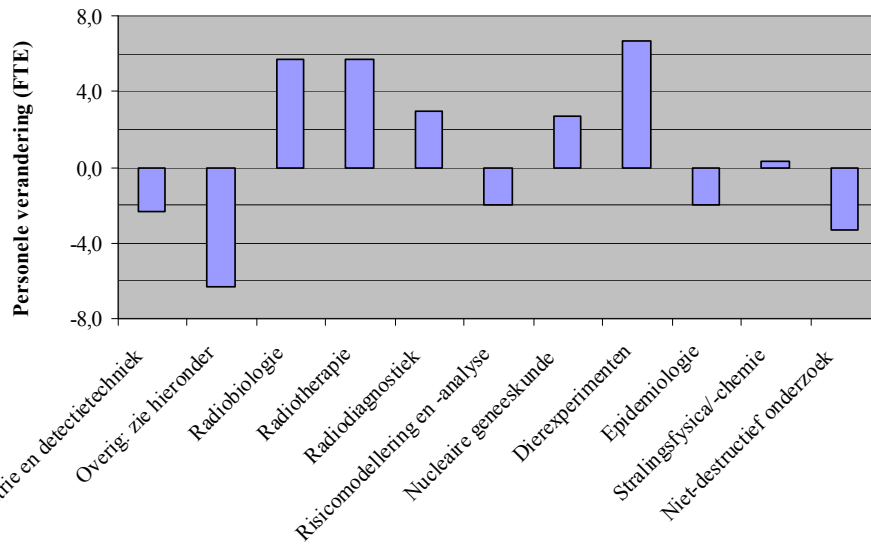


Figuur 4.10 Verwachte veranderingen in de personele bezetting in de komende vijf jaar per respondent

Van de dertien respondenten die de vragen over personele veranderingen hebben beantwoord, geven er acht aan dat de bezetting de laatste vijf jaar is veranderd. Bij vijf van die acht respondenten is het aantal fte afgenomen, maar in totaal is er een toename van acht fte. Die toename wordt overigens met name gerealiseerd door de uitbreiding van één (radiobiologische) onderzoeksgroep met twintig fte.

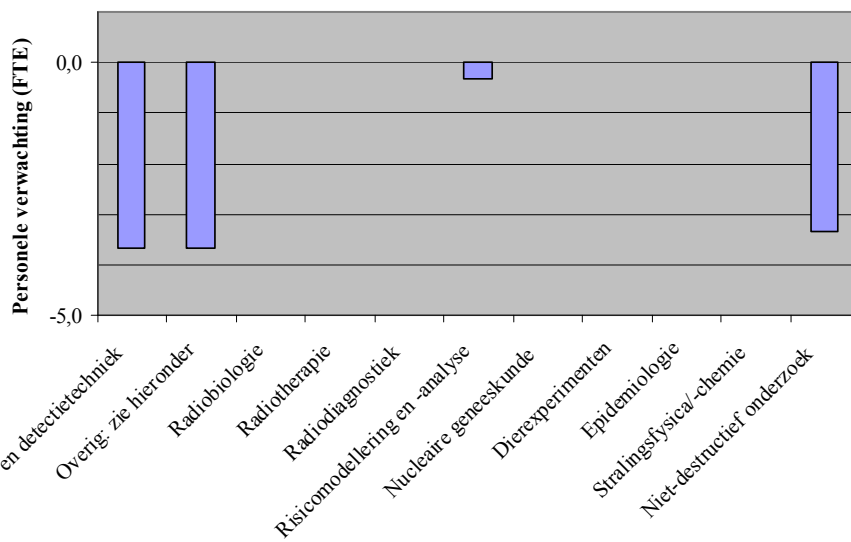
Voor de komende vijf jaar is de verwachting van elf van de dertien respondenten dat de bezetting gelijk zal blijven. De andere twee respondenten verwachten een afname die in totaal elf fte bedraagt.

De mutaties in aantallen fte kunnen ook per onderzoeksrichting worden uitgesplitst. Dat geeft het beeld dat is weergegeven in Figuur 4.11 en 4.12.



Figuur 4.11 Personele verandering in de afgelopen vijf jaar per onderzoeksrichting

Figuur 4.11 laat zien dat er gezien het huidige totaal van 100 fte de laatste vijf jaar aanzienlijke verschuivingen tussen de onderzoeksrichtingen zijn geweest. Duidelijke toenames zijn er in de radiobiologie, in de medische hoek (radiodiagnostiek, radiotherapie en nucleaire geneeskunde) en bij dierexperimenten. De belangrijkste afnamen zien we bij dosimetrie en detectietechniek, risicomodellering en -analyse, epidemiologie, niet-destructief onderzoek en de categorie 'Overig' die onder andere vergunningverlening, afvalverwerking, reactorexperimenten, DNA-schade, genetische susceptibiliteit, ethiek, isotopenproductie en reactorfysica omvat.



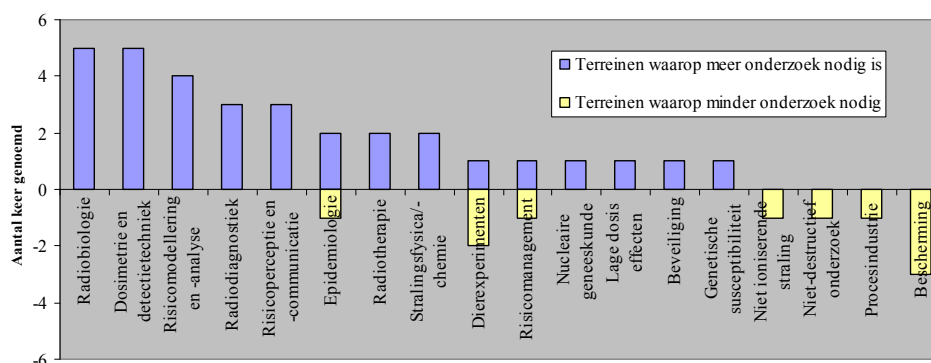
Figuur 4.12 Verwachting van de personele verandering voor de komende 5 jaar per onderzoeksrichting

De verwachting voor de komende vijf jaar zoals weergegeven in Figuur 4.12 laat zien dat de belangrijkste afnamen bij de onderzoeksrichtingen terecht komen die

de laatste vijf jaar al zijn gekrompen, namelijk dosimetrie en detectietechniek, niet-destructief onderzoek en de categorie 'Overig'.

#### 4.7 Sturing van onderzoek

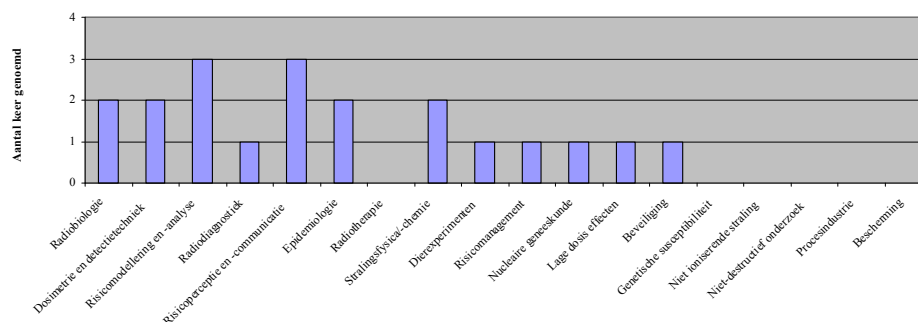
Aan het einde van het blok vragen over onderzoek konden respondenten aangeven in welke onderzoeksrichtingen meer of minder onderzoek nodig is. De resultaten staan in de figuur 4.13.



Figuur 4.13 Onderzoeksrichtingen waarin volgens respondenten meer of minder onderzoek nodig is

Slechts vier respondenten hebben onderzoeksrichtingen aangegeven waarin volgens hen minder onderzoek nodig is. Drie van die vier noemden 'bescherming' en de helft noemde 'dierexperimenten'. Geen van de respondenten geeft aan dat op een van de 'eigen' onderzoeksterreinen minder onderzoek nodig is. Als motivaties voor de gemaakt keuzes werden aangevoerd: bescherming is een te vaag begrip, dierexperimenten zijn niet meer verdedigbaar, epidemiologie is niet geschikt voor stralingsbescherming (te hoge kosten, te lage risico's), zonder hypothese is onderzoek naar niet-ioniserende effecten onzinnig, voor risicomanagement en bescherming is het huidige kennisniveau voldoende.

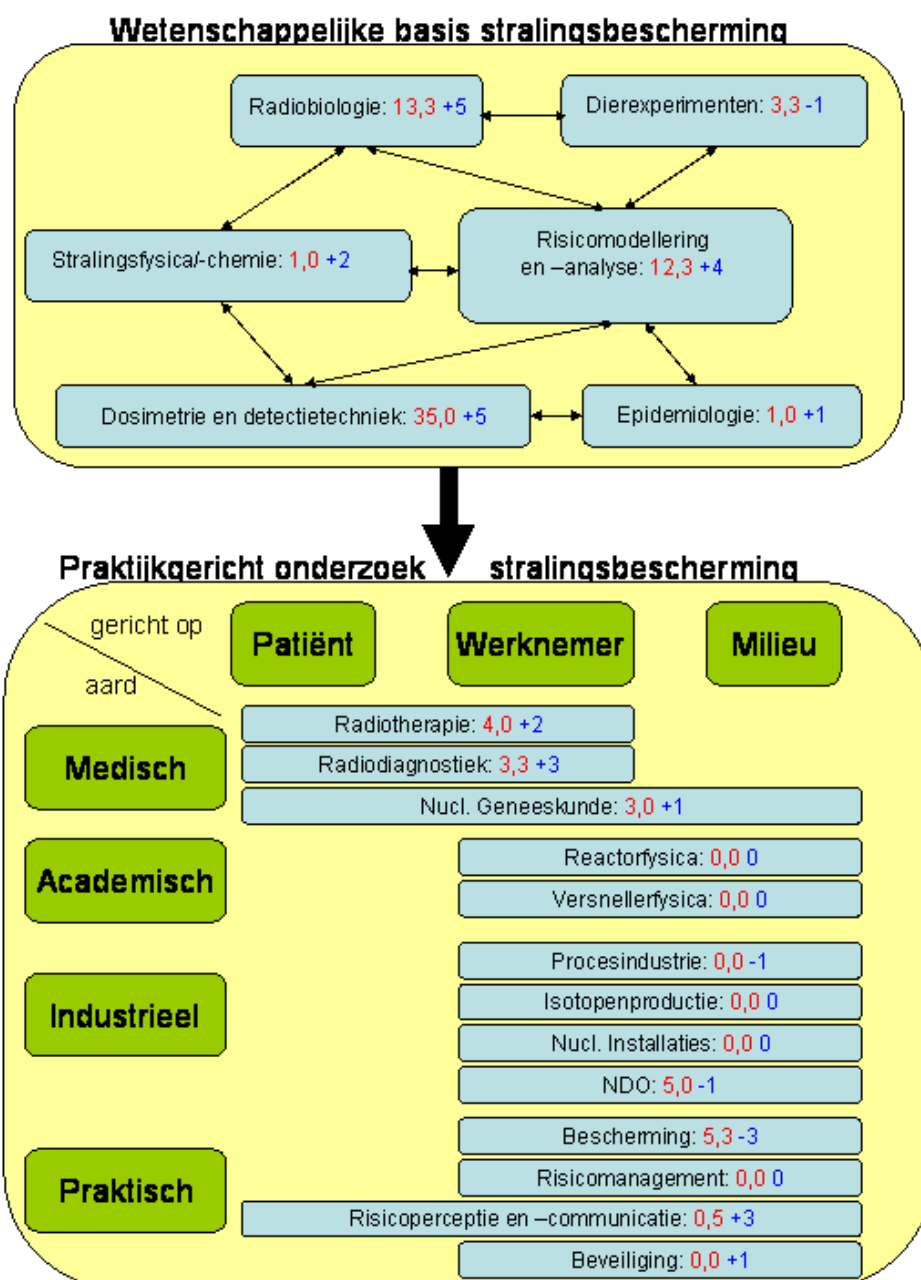
Veertien van de zestien respondenten die onderzoek doen hebben aangegeven op welke terreinen meer onderzoek nodig is. Daarbij zijn veertien verschillende richtingen genoemd (elke respondent kon maximaal drie richtingen noemen). Het meest genoemd zijn: radiobiologie, dosimetrie en detectietechniek en risicomodellering en -analyse. Dit plaatje gaat er wat anders uitzien als de 'eigen' onderzoeksrichtingen worden weggelaten. Respondenten droegen namelijk vaak de eigen richting voor meer onderzoek. Het resultaat staat in Figuur 4.14. Daaruit blijkt dat in dat geval meer onderzoek vooral wordt voorgesteld op de gebieden risicomodellering en -analyse en risicoperceptie en -communicatie.



*Figuur 4.14 Onderzoeksrichtingen anders dan de eigen richtingen, waarin volgens respondenten meer onderzoek nodig is*

De motivaties voor de terreinen waarop meer onderzoek nodig is omvatten: radiobiologie is nodig ter ondersteuning van radiotherapie, radiodiagnostiek is de belangrijkste bron van kunstmatige blootstelling, onderzoek is in het algemeen nodig om kennis up-to-date te houden, onderzoek is nodig omdat stralingsrisico's weinig bekend zijn, maar wel grote populaties treffen en grote financiële consequenties kunnen hebben, het is belangrijk gevoelige groepen op te sporen, het aandeel van thoron in de stralingsbelasting is nog altijd onduidelijk, risk-benefit van radiodiagnostiek moet verder worden uitgediept, risico's van lage doses zijn nog immer slecht bekend, kennis van effecten op celniveau blijft van groot belang, zeker met het oog op proton- en ionentherapie, plannen voor nieuwe kerncentrales en opslag van radioactief afval nopen tot meer onderzoek naar risicoperceptie en -communicatie, kennis van radiobiologie, epidemiologie en dosimetrie is noodzakelijk voor risicomodellering en -analyse, risico's van ongevallen met radiofarmaca zijn slecht bekend, nieuwe ontwikkelingen binnen de radiotherapie vragen om meer fundamenteel en toegepast onderzoek.

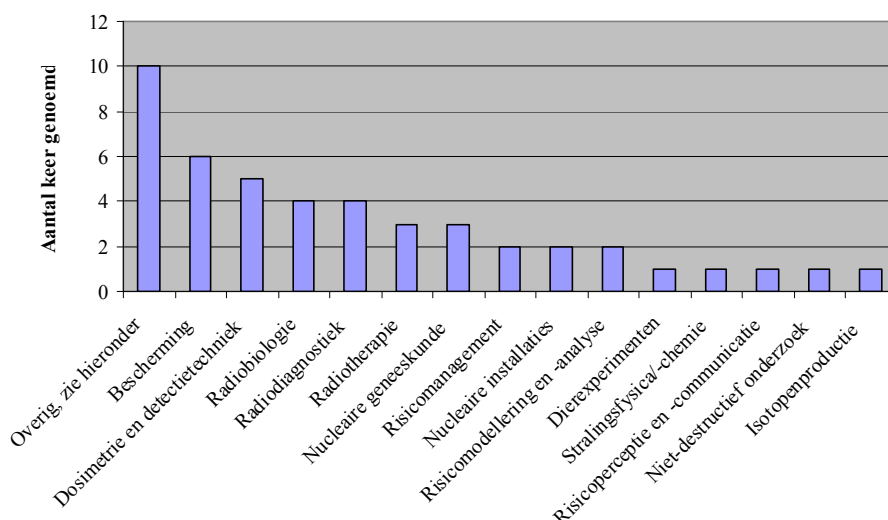
De resultaten van Figuur 4.6 en 4.13 zijn ook anders weergegeven in Figuur 4.15. Deze figuur laat zien dat het zwaartepunt van het onderzoek van de respondenten ligt bij de wetenschappelijke basis van de stralingsbescherming (65,9 fte in totaal) en niet bij het praktijkgerichte onderzoek (21,2 fte). De vakgebieden waar relatief veel onderzoek in wordt verricht, zijn in het algemeen ook de vakgebieden die worden voorgedragen voor meer onderzoek, met als belangrijkste positieve uitzondering risicoperceptie en -communicatie.



Figuur 4.15 Overzicht van vakgebieden gerelateerd aan stralingsbescherming met daarbij in rood het aantal fte dat de respondenten vertegenwoordigen (zie ook Figuur 4.6) en in blauw het aantal keer (netto) dat respondenten aangaven dat meer onderzoek op het betreffende vakgebied moet worden uitgevoerd (zie ook Figuur 4.13, negatieve getallen geven aan dat respondenten minder onderzoek wilden)

#### 4.8 Betrokkenheid bij onderwijs en onderwijsterreinen

Bijna de helft van de respondenten (22) gaf aan betrokken te zijn bij onderwijs op het gebied van de stralingsbescherming. Deze respondenten konden ieder maximaal drie richtingen aangegeven waarin zij onderwijs verzorgen. Het resultaat daarvan staat in Figuur 4.16.



Figuur 4.16 Onderwijsterreinen waarop respondenten actief zijn. Bij 'Overig' zijn genoemd: oncologie, medische toepassingen en afscherming, straling voor geneeskunde/farmacie/biomedische wetenschappen, health physics en diverse niveau 2-, 3-, 4- en 5-cursussen

Figuur 4.16 laat zien dat het stralingsbeschermingsonderwijs over veel deelgebieden verdeeld is. De categorie 'Overig' is ook veelvuldig genoemd omdat respondenten aangaven dat het onderwijs toch net niet in de voorgeschreven deelgebieden paste. Veel van het gegeven onderwijs is echter medisch georiënteerd: naast de categorieën radiodiagnostiek, radiotherapie en nucleaire geneeskunde vallen ook veel van de onder 'Overig' genoemde cursussen daaronder.

#### 4.9 Opleidingen, cursussen en vakken stralingsbescherming

In het enquêteblok over onderwijs is respondenten ook gevraagd aan te geven welke vakken zij verzorgen, hoeveel studenten die vakken volgen en wat de studiebelasting van die vakken in termen van studiebelastingsuren is (1 studieweek = 40 SBU). Deze uitkomsten zijn vergeleken met de resultaten van een inventarisatie van vakken via de onderwijsprogramma's van hoger onderwijsinstellingen die op het internet gepubliceerd zijn. Zoals in paragraaf 2.2 is aangegeven, zijn via het CROHO alle hoger-onderwijsinstellingen getraceerd. Via de websites van deze instellingen zijn hun onderwijsprogramma's doorzocht op vakken met een stralingsbeschermingscomponent. Deze inventarisatie vertoont een grote overlap met de uitkomst van de enquête. Echter niet alle onderwijsinstellingen die stralingsbeschermingsonderwijs verzorgen hebben de enquête ingevuld. De inventarisatie via het internet vormt dus een belangrijke aanvulling van de enquêteresultaten (indien het op internet gepubliceerde onderwijsprogramma ook werkelijk gegeven wordt). In enkele gevallen bieden de enquêteresultaten ook aanvullende informatie die via de onderwijsprogramma's op internet niet was gevonden. Het in Tabel 4.1 en 4.2 getoonde overzicht is dus waarschijnlijk niet volledig.



Tabel 4.1 Complete opleidingen op (post)academisch niveau met een stralingsbeschermingscomponent. Niveau 4- en 5-cursussen zijn weggelaten

Opleiding	Instelling	SBU
Niveau 2	TU Delft/Leids Universitair Medisch Centrum	640
Niveau 3	Leids Universitair Medisch Centrum, TU Delft/Universiteit Utrecht, NRG, Rijksuniversiteit Groningen, Radboud Universiteit Nijmegen/ TU Twente, Radboud Universiteit Nijmegen/TU Eindhoven	140-350
Hbo-BSc Medische Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT)	Fontys Eindhoven, Hogeschool INHOLLAND, Hanzehogeschool Groningen	
Hbo specialisatie Nucleaire Technologie	Hogeschool Zeeland	840
Post-hbo/MSc Computertomografie	Hogeschool INHOLLAND	
MSc Nuclear Science and Engineering	TU Delft	2800
MSc Science and technology of nuclear fusion	TU Eindhoven	3360

De opleidingen in Tabel 4.1 kunnen grofweg onderscheiden worden in opleidingen stralingsbescherming (de niveau-cursussen), medisch georiënteerde opleidingen (zoals MBRT) en opleidingen nucleaire techniek. De niveau-2-cursus wordt eens per vijf jaar georganiseerd. In 2011 rondde 23 deelnemers de cursus met goed gevolg af. De niveau-3-cursussen worden jaarlijks georganiseerd en kennen gezamenlijk ongeveer 120 deelnemers per jaar.

Tabel 4.2 Vakken en cursussen op (post)academisch niveau met een stralingsbeschermingscomponent

Vak/cursus	SBU	Opleiding	Instelling
Kerntechniek	100		NRG
Kernenergie	24		NRG
PWR reactor basis	260		NRG
Gamma camera cursus	80		NVNG
Beeldvormende technieken	80		NVvR
Stralingshygiëne		Biomedische Wetenschappen	Diverse
Stralingshygiëne		Graduate School Life Sciences	UU
Stralingshygiëne	28	BSc (Bio)farmaceutische wetenschappen	Universiteit Leiden
Niet nader gespecificeerde cursussen		Zie <a href="http://www.nucleairnederland.nl">www.nucleairnederland.nl</a>	Nucleair Nederland
Beeldvormende technieken 1	15		LUMC
Beeldvormende technieken 2	15		LUMC
Straling voor geneeskunde	40	MSc Geneeskunde	LUMC
Oncologie (DNA repair)	10		Erasmus MC
Imaging Techniques in Radiology	140	MSc Physics & Applied Physics	RUG
Radiation Physics	140	MSc Biomedical Engineering	RUG
Radiation Safety	78	MSc Biomedical Engineering	RUG

Radio isotopes in Experimental Biology	40	Life Sciences – Niv 5B	RUG
Advanced Imaging techniques	140	MSc Biology e.a.	RUG
Nuclear Medicine, SPECT and PET	140	MSc Biomedical Engineering	RUG
Heavy ion radiobiology in therapy and space	8	Internationale onderzoekschool FANTOM	RUG
Medical Physics for Radiation Oncology	140	MSc Biomedical Engineering	RUG
PET-CT cursus		Post-hbo-cursus	Fontys Eindhoven
Computertomografie		Post-hbo-cursus	Fontys Eindhoven
PET Innovaties in het nieuwe decennium		Post-hbo-cursus	Fontys Eindhoven
Medische beeldvorming en digitaliseren		Gezondheidszorg Technologie	Hogeschool Rotterdam
Project 'CT scan'		Gezondheidszorg Technologie	Hogeschool Rotterdam
Dosimetrie	28	Technische Natuurkunde	Haagse Hogeschool
Orale diagnostiek	160	MSc Tandheelkunde	Radboud
Introductiecursus Radionucliden	8	BSc Biologie en BSc Natuurwetenschappen	Radboud
Stralingsprocessen	120	BSc Natuur- en sterrenkunde	Radboud
Radioactiviteit	140	BSc Moderne natuurwetenschappen	RUG
Isotopencursus	84	BSc keuzevak	RUG
Nuclear Science		Specialisatie Nuclear Science and Engineering	TU Delft
Nuclear Chemistry		Specialisatie Nuclear Science and Engineering	TU Delft
Nuclear Engineering		Specialisatie Nuclear Science and Engineering	TU Delft
Reactor Physics		Specialisatie Nuclear Science and Engineering	TU Delft
Chemistry of the Nuclear Fuel Cycle		Specialisatie Nuclear Science and Engineering	TU Delft
Medical Physics and Radiation Technology		Specialisatie Nuclear Science and Engineering	TU Delft
Radiological Health Physics		Specialisatie Nuclear Science and Engineering	TU Delft
Medical Physics and Radiation Technology – Imaging	168	BSc/MSc Applied Physics	TU Delft
Medical Physics and Radiation Technology – Radiotherapy	168	BSc/MSc Applied Physics	TU Delft
Radiological Health Physics	168	BSc/MSc Applied Physics	TU Delft
Radiation Technology and Radiation Detection Principles	168	BSc/MSc Applied Physics	TU Delft
Radiation Shielding	168	BSc/MSc Applied Physics	TU Delft
Nuclear Reactor Physics, Special Topics	140	BSc/MSc Applied Physics	TU Delft
Nuclear Chemistry	168	BSc/MSc Applied Physics	TU Delft
Effecten van kernwapens	8		TUE

Radiation Oncology		MSc Geneeskunde	Universiteit Maastricht
Cancer and Radiation Biology	75	BioMedical Technology programma	Universiteit Maastricht
Radiation Expertise = niveau 3	160	MSc Biomedical Engineering en MSc Technical Medicine	Universiteit Twente
Intro onderzoek aan straling & radioactiviteit		MSc Natuurkunde	UU
Medische beeldvormende technieken	210	MSc Biomedische wetenschappen	UU
Medische stralingstoepassing en -afscherming	3	Anesthesiologie	UMCU
Basiskennis straling	4	Toxicologie	UMCU
Straling in de praktijk	56	MSc Tandheelkunde	ACTA
Fysica van biomedische afbeeldingen en therapie	168	BSc Natuur- en sterrenkunde en BSc BMW	UvA
Nieuwe risico's en regulering	140	Minor Arbeid, milieu en gezondheidsrisico's	UvA
Stralingsbescherming en radiobiologie	10	MSc Geneeskunde	UvA
Medische beeldvorming	168	MSc Medische natuurwetenschappen	VU
Versnellers in de gezondheidszorg	56	MSc Wiskunde	VU
Bedreiging en bescherming II	168	MSc Gezondheid en leven	VU
Straling voor mondzorgkundigen	16		VU
Tandheelkundige radiologie	8	Postacademisch	VU
Cone Beam CT	24	Postacademisch	VU

De vakken en cursussen in Tabel 4.2 zijn zeer divers en variëren van fundamentele fysica tot tandheelkundige praktijk. Ook hier geldt dat het merendeel van de vakken en cursussen ofwel stralingsbeschermend, ofwel medisch, ofwel nucleair fysisch/technisch van aard is. Enkele cursussen worden georganiseerd vanuit beroepsverenigingen (Nederlandse Vereniging voor Radiologie (NVvR), Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde (NVNG)) en enkele vanuit niet-hoger-onderwijsinstellingen (NRG, Nucleair Nederland). Niet van alle vermelde vakken en cursussen kon achterhaald worden wat de omvang in SBU is of om welke opleiding het gaat. Indien instellingen studiebelasting opgeven in ECTS (European Credit Transfer System), dan is deze omgerekend naar SBU (1 ECTS = 28 SBU).

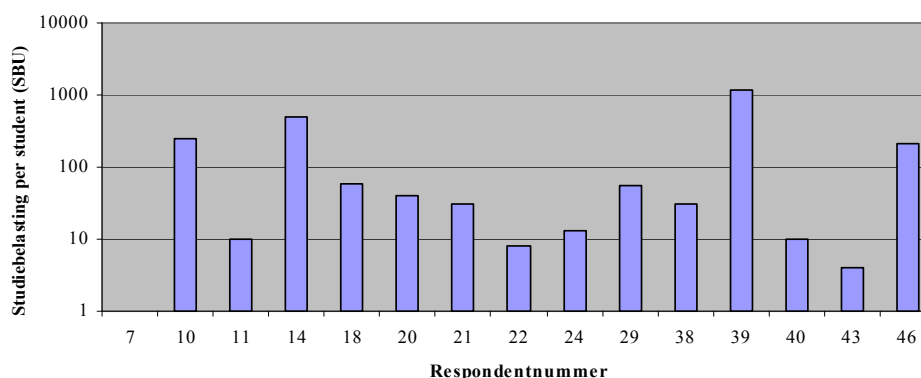
Zoals aangegeven in paragraaf 2.2 zijn ook enkele Europese projecten gevonden die cursussen organiseren die ook openstaan voor Nederlandse deelnemers. Een overzicht daarvan staat in Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Overzicht van internationale cursussen aangeboden vanuit Europese projecten

Curstitel	SBU	Europees project
Radiation-induced effects with particular emphasis on genetics, development and space-related health issues	80	DoReMi
Molecular radiation carcinogenesis	80	DoReMi
Radiation epidemiology and radioecology	80	DoReMi
Cellular effects of low doses and low dose-rates with focus on DNA damage and stress response	80	DoReMi
Interdisciplinary radiation research focussing on radiation protection	80	DoReMi
Modelling radiation effects from initial physical events	80	DoReMi
Voxel phantom development and implementation for radiation physics calculations	24	EURADOS

#### 4.10 Onderwijsbelasting

19 respondenten hebben vakken, aantallen studenten en studiebelastinguren (SBU) opgegeven. In totaal gaat het om 4404 SBU voor 5234 studenten verdeeld over 64 vakken, oftewel gemiddeld 69 SBU en 82 studenten per vak. Van die 4404 SBU wordt 2427 SBU (ruim de helft) werkelijk aan stralingsbescherming besteed. Figuur 4.17 geeft de totale studiebelasting stralingsbescherming per student als deze alle vakken van één respondent zou volgen. Dus: stel in Figuur 4.17 is respondent 18 universiteit X, dan kan een student bij universiteit X 60 SBU aan stralingsbescherming volgen.

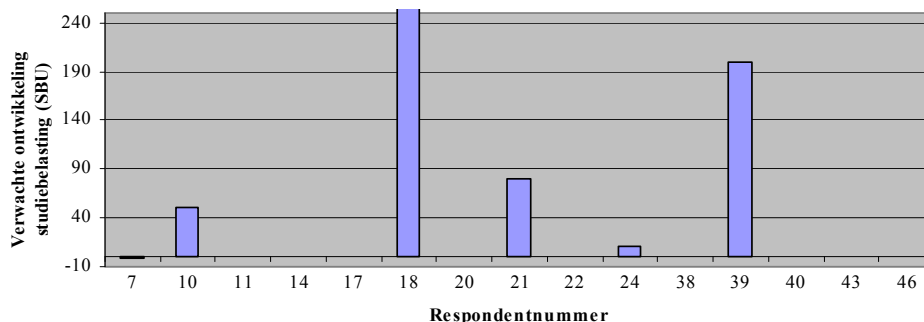


Figuur 4.17 Totaal onderwijsaanbod stralingsbescherming per respondent. Let op de logaritmische schaalverdeling

Figuur 4.17 laat zien dat er grote verschillen bestaan tussen de hoeveelheden stralingsbeschermingsonderwijs die bij verschillende instellingen genoten kunnen worden. Een instelling geeft zelfs aan dat er 1.200 SBU stralingsbeschermingsonderwijs gegeven wordt. Daarbij moet worden opgemerkt dat 640 van die 1.200 SBU de niveau-2-cursus betreffen die slechts eens per vijf jaar gegeven wordt.

Naast een overzicht van de huidige situatie is er ook gevraagd naar de verwachte ontwikkeling in aantallen SBU voor de komende vijf jaar. Het resultaat staat in Figuur 4.18. Hieruit wordt duidelijk dat negen respondenten

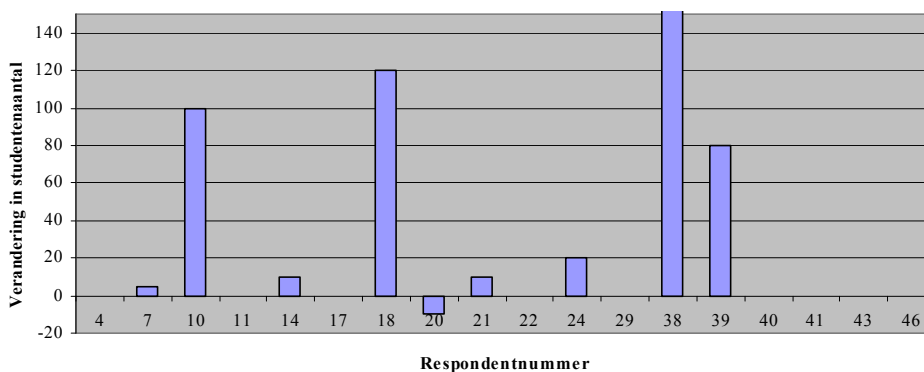
geen verandering verwachten, vijf verwachten een toename en één verwacht een lichte afname. De totale toename bedraagt 2339 SBU, maar 2.000 SBU komen voor rekening van één respondent. Bij de instelling van deze respondent wordt momenteel een opleidingsinstituut opgericht dat voor ongeveer 2.000 SBU aan extra onderwijs zal gaan verzorgen. Bij deze vraag is overigens niet specifiek gevraagd naar het aandeel stralingsbescherming in deze studiebelasting.



*Figuur 4.18 Verwachte ontwikkeling in het stralingsbeschermingsgerelateerde onderwijsaanbod van de respondenten voor de komende vijf jaar. Let op: de verwachting van respondent 18 is 2.000 extra SBU en valt daarmee buiten de schaal van de grafiek*

#### 4.11 Studentenaantallen

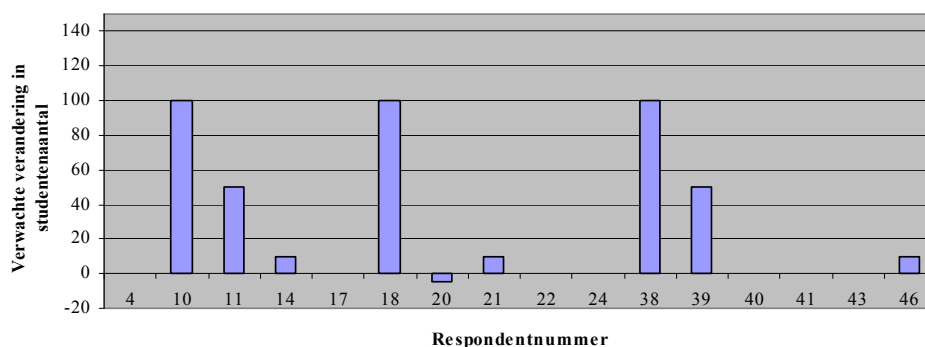
In het enquêteblok over stralingsbeschermingsonderwijs is ook geïnformeerd naar veranderingen in studentenaantallen. Zoals eerder vermeld, bedraagt het totaal aantal gerapporteerde studenten 5234. De verandering in de afgelopen vijf jaar staat weergegeven in Figuur 4.19. De verwachte verandering voor de komende vijf jaar staat in Figuur 4.20.



*Figuur 4.19 Verandering in studentenaantallen per respondent over de afgelopen vijf jaar. Let op: respondent 38 meldt een toename van 2.400 cursisten. Dit valt buiten de schaal van de grafiek*

De verandering in studentenaantallen, zoals te zien in Figuur 4.19, is overwegend positief geweest over de afgelopen vijf jaar: negen respondenten melden geen verandering, één geeft een afname aan, maar acht respondenten rapporteren toenames waardoor de totale verandering 2735 extra studenten bedraagt. Die verandering wordt vooral veroorzaakt door een toename met 2.400, zoals gemeld door respondent 38. Dit betreft voor een groot deel een door IGZ gevraagde nascholing van tandartsen en mondzorgkundigen. Omdat die nascholing eens in de vijf jaar herhaald moet worden, zal dit aantal echter

onverminderd hoog blijven. De instroom van studenten tandheelkunde en mondzorgkunde bedraagt ongeveer 220 op jaarbasis.

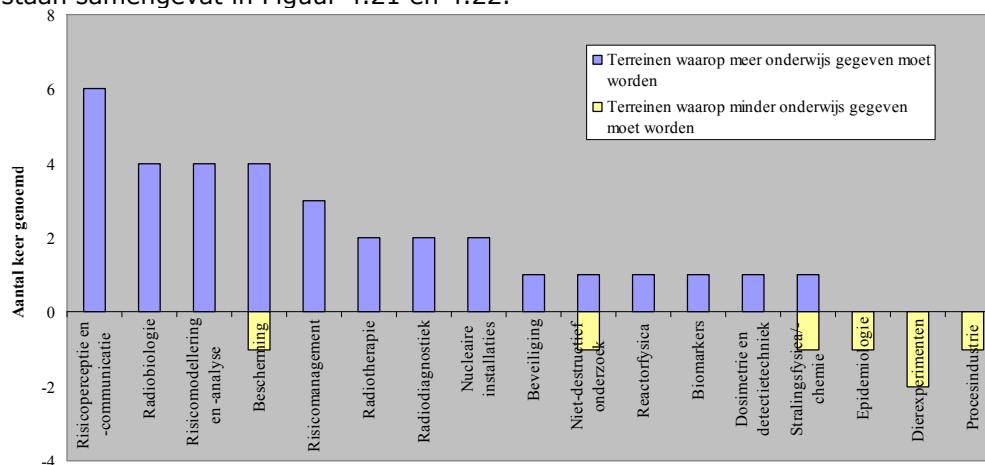


Figuur 4.20 Verwachte verandering in studentenaantallen per respondent voor de komende vijf jaar

De verwachte verandering in studentenaantallen, zoals te zien in Figuur 4.20, is eveneens overwegend positief voor de komende vijf jaar: zeven respondenten melden geen verandering, één geeft een afname aan, maar acht respondenten rapporteren toenames waardoor de totale verwachte verandering 425 extra studenten bedraagt.

#### 4.12 Sturing van onderwijs

De laatste vragen van de enquête gingen over welke onderwijsrichtingen meer en minder aandacht zouden moeten krijgen. De antwoorden op deze vragen staan samengevat in Figuur 4.21 en 4.22.

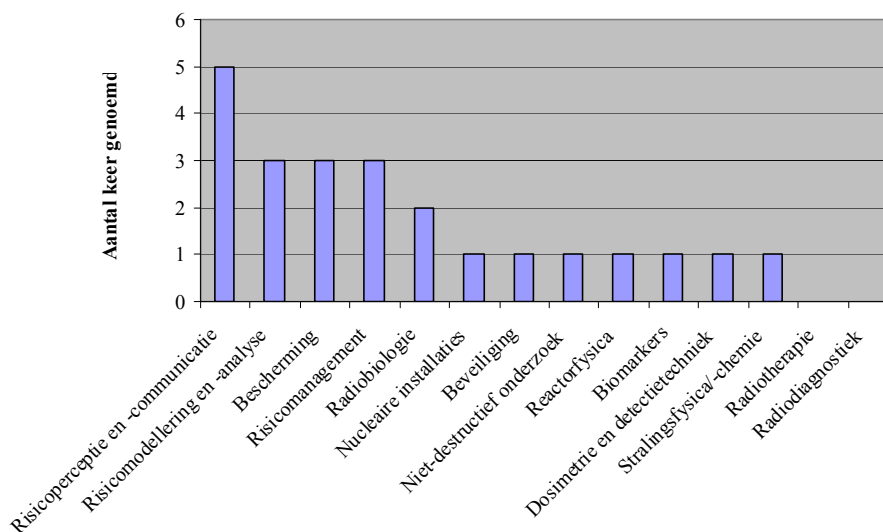


Figuur 4.21 Onderwijsrichtingen waarin volgens respondenten meer of minder onderwijs gegeven hoeft te worden

Enkele respondenten gaven aan dat voor geen enkele richting minder onderwijs nodig is, dat er nergens overmatig aandacht aan wordt besteed, maar dat het onderwijs wellicht nog wat beter op de doelgroep kan worden afgestemd. Slechts één respondent gaf aan dat een deel van het eigen onderwijs eigenlijk overbodig is, want niet goed is afgestemd op de doelgroep. Figuur 4.21 geeft aan dat er weinig consensus is over in welke richtingen het wel wat minder zou kunnen. Net als bij het wetenschappelijk onderzoek komt de categorie dierexperimenten wel weer naar voren.

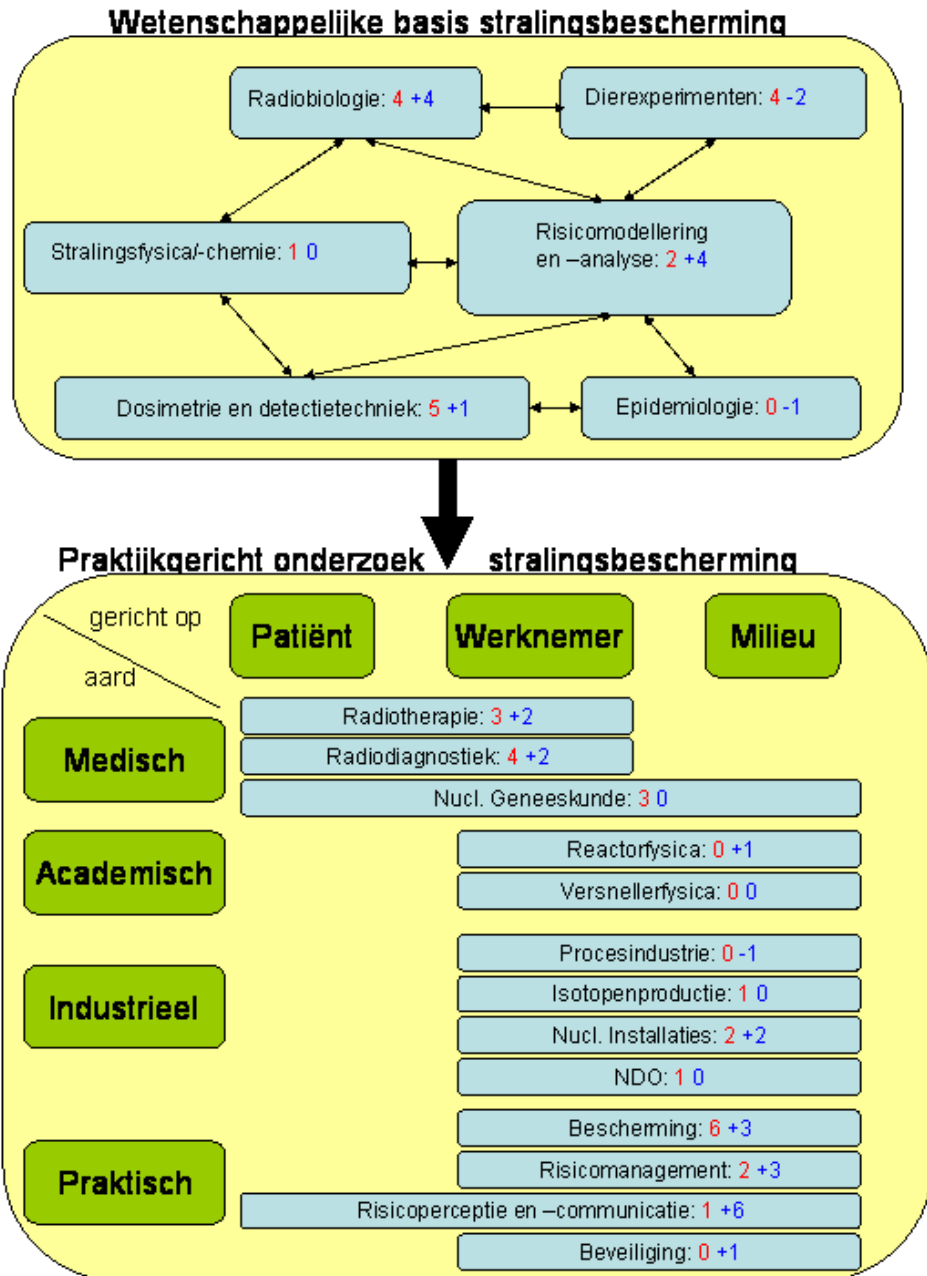
Bij de richtingen waarin meer onderwijs gegeven zou moeten worden, wordt risicoperceptie en -communicatie het meest genoemd. Ook radiobiologie, risicomodellering en -analyse en bescherming worden regelmatig vermeld. Als motivatie van de keuzes noemden respondenten: stralingsbeschermings- en radiobiologiecolleges worden momenteel ingekort, snelle ontwikkelingen in de medische hoek vereisen up-to-date onderwijs, het belang om de negatieve effecten van straling te kennen, medici moeten praktische stralingsbescherming uitdragen, onderwijs is nodig om onderzoekers te kweken, kennis van reactorfysica en nucleaire installaties dreigt uit Nederland te verdwijnen, er is meer aandacht nodig voor ooglens- en extremiteitendosimetrie, er is te weinig aandacht voor risicoperceptie en -communicatie en risicomanagement, risicoanalyse blijft een belangrijk onderwerp dat niet voldoende door het veld wordt opgepakt.

Een aantal respondenten vermeldde onderwijsrichtingen waarin zij zelf onderwijs verzorgen. Als die vermeldingen worden weggelaten, ontstaat het beeld dat in Figuur 4.22 is weergegeven. Dit beeld is niet heel anders dan dat in Figuur 4.21, maar radiodiagnostiek en radiotherapie zijn nu geheel verdwenen en radiobiologie staat niet meer bij de meest genoemde richtingen. Risicoperceptie en -communicatie blijft de meest genoemde richting waarin meer onderwijs nodig is.



*Figuur 4.22 Onderwijsrichtingen waarin meer onderwijs gegeven zou moeten worden volgens respondenten die dat onderwijs niet zelf verzorgen*

Ten slotte zijn de cijfers van Figuur 4.16 en 4.21 nog weergegeven in een overzicht van de vakgebieden van stralingsbescherming in Figuur 4.23. Hierin valt op dat het zwaartepunt voor wat betreft onderwijs bij de praktijk ligt: 23 respondenten geven daar onderwijs in tegen 13 die de wetenschappelijke basis uitdragen. Ook is netto 6 keer opgemerkt dat meer onderwijs aan de basis moet plaatsvinden (9 keer 'meer' en 3 keer 'minder'), terwijl dat netto 19 keer is aangegeven bij praktijkvakken.



Figuur 4.23 Overzicht van vakgebieden gerelateerd aan stralingsbescherming met daarbij in rood het aantal respondenten dat onderwijs verzorgt op het betreffende vakgebied (zie ook Figuur 4.16) en in blauw het aantal keer (netto) dat respondenten aangaven dat meer onderwijs op het betreffende vakgebied moet worden gegeven (zie ook Figuur 4.21, negatieve getallen geven aan dat respondenten minder onderwijs wensden)





## 5 Discussie

### 5.1 Algemeen

Het beeld dat uit de resultaten van de enquête naar voren komt is het volgende: bijna driekwart van de respondenten is van mening dat de stralingsbeschermingsexpertise afneemt in Nederland. Ongeveer een derde is betrokken bij onderzoek en de helft bij onderwijs. Onderzoek- en onderwijsgebieden zijn zeer divers, maar onderzoek lijkt iets meer geconcentreerd in dosimetrie en detectietechniek, radiobiologie en medische toepassingen en onderwijs in bescherming, dosimetrie en detectietechniek en wederom medische toepassingen.

In totaal vertegenwoordigen de respondenten een onderzoeksinzet van honderd fte waarvan een vijfde tijdelijk en een vijfde ondersteunend is. De meeste onderzoeksgroepen zijn kleiner dan vijf fte en de meeste onderzoekers houden zich bezig met dosimetrie en detectietechniek of medische toepassingen. De gemiddelde leeftijd van de onderzoekers ligt iets boven het landelijk gemiddelde en de werving van personeel is iets moeilijker dan gemiddeld. Afgezien van onderzoeksgroepen die geheel verdwenen zijn (en dus niet ondervraagd) zijn de afgelopen vijf jaar vijf groepen gekrompen en drie groepen uitgebreid. In totaal zijn er acht fte bijgekomen, met name dankzij één groep die twintig fte gegroeid is. Een toename was er in radiobiologie, dierexperimenten en medische toepassingen; een afname bij dosimetrie en detectietechniek, risicomodellering en -analyse, epidemiologie en niet-destructief onderzoek. De verwachting is dat er de komende vijf jaar elf fte zal verdwijnen, vooral in dosimetrie en detectietechniek en niet-destructief onderzoek. Richtingen waarin minder onderzoek nodig is, betreffen volgens respondenten bescherming en dierexperimenten. Meer onderzoek is nodig naar risicomodellering en -analyse en risicoperceptie en -communicatie. Het totale onderzoeksbeeld lijkt aldus gematigd negatief, met name voor de toekomst.

Voor wat betreft onderwijs kan het beeld als volgt worden samengevat: het gegeven onderwijs is zeer divers, maar met name medisch georiënteerd. Het echte stralingsbeschermingsonderwijs beslaat met name de niveau-2- en niveau-3-cursussen. De niveau-2-cursus werd in 2011 door 23 deelnemers met goed gevolg afgerond. De niveau-3-cursussen kennen jaarlijks gezamenlijk ongeveer 120 deelnemers. Over alle vakken gezamenlijk geven respondenten in totaal ruim 4.000 SBU op voor ruim 5.000 studenten verdeeld over ruim 60 vakken. Ongeveer 2.500 SBU daarvan betreft echte stralingsbescherming. Voor de komende vijf jaar wordt een toename van bijna 2.500 SBU verwacht, maar 2.000 daarvan komen voor rekening van een enkele respondent. De studentenaantallen zijn de laatste vijf jaar met ruim 2.700 studenten toegenomen, 2.400 daarvan betroffen met name nascholing van tandartsen en mondzorgkundigen. De verwachting voor de komende vijf jaar is een verdere toename met bijna 500 studenten. Minder onderwijs is volgens respondenten nodig voor dierexperimenten en meer onderwijs vooral voor risicoperceptie en -communicatie en daarnaast risicomodellering en -analyse, bescherming en risicomanagement. Het totale onderwijsbeeld lijkt aldus behoorlijk positief, ook voor de toekomst, maar het is onduidelijk in hoeverre dit ook het echte stralingsbeschermingsonderwijs betreft.

## 5.2 Historische ontwikkeling

In de afgelopen 25 jaar zijn in Nederland een aantal belangrijke instituten/onderzoeksgroepen die zich bezig hielden met ioniserende straling opgeheven of omgevormd. Te denken valt hierbij aan het Instituut voor Toepassing van Atoomenergie in de Landbouw (ITAL, gesloten in 1988), het RadioBiologisch Instituut (RBI) van TNO dat eerst het Instituut voor Toegepaste Radiobiologie en Immunologie (ITRI-TNO) werd en in 1994 de zelfstandige stichting Biomedical Primate Research Centrum Rijswijk (nog immer in bedrijf) en het nucleaire onderzoek van NIKHEF (oorspronkelijk het Nationaal Instituut voor Kernfysica en Hoge-Energiefysica, maar inmiddels het Nationaal instituut voor subatomaire fysica) dat in 1998 is stopgezet. Deze langetermijnontwikkeling laat zich niet vangen in een enquête die niet verder dan vijf jaar teruggaat. Het is goed ons te realiseren dat op de tijdschaal van tientallen jaren de enquêteresultaten slechts een momentopname zijn. Op de langere termijn lijkt dus ook een teruggang in wetenschappelijk onderzoek waarneembaar die wellicht de achtergrond van de zorg van de Gezondheidsraad vormde.

## 5.3 Internationale ontwikkelingen

Het vakgebied Stralingsbescherming is ook vandaag de dag volop in beweging. Enkele belangrijke internationale ontwikkelingen willen we hier aanstippen. De eerste daarvan is de toenemende aandacht voor de bescherming van het milieu tegen radioactiviteit, ook los van de bescherming van de mens. Voorbeelden daarvan zijn recente publicaties van IAEA (IAEA, 2011a), ICRP (ICRP, 2008) en UNSCEAR (UNSCEAR, 2008a). IAEA stelt onder andere:

'1.33. The system of protection and safety required by these Standards generally provides for appropriate protection of the environment from harmful effects of radiation. Nevertheless, international trends in this field show an increasing awareness of the vulnerability of the environment. Trends also indicate the need to be able to demonstrate (rather than to assume) that the environment is protected against effects of industrial pollutants, including radionuclides, in a wider range of environmental situations, irrespective of any human connection. This is usually accomplished by means of an environmental assessment that identifies the target(s), defines the appropriate criteria for protection, assesses the impacts and compares the expected results of the available protection options. Methods and criteria for such assessments are being developed and will continue to evolve.'

Als ook:

'1.35. These Standards are designed to identify the protection of the environment as an issue necessitating assessment, while allowing for flexibility in incorporating into decision making processes the results of environmental assessments that are commensurate with the radiation risks.'

Een tweede belangrijke ontwikkeling is de toenemende aandacht voor andere langetermijneffecten van ioniserende straling bij de mens dan kanker. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de hoeveelheid recente literatuur over de relatie tussen ioniserende straling en hart- en vaatziekten (UNSCEAR, 2006) en uit de concept-ICRP-publicatie over weefselreacties en andere effecten dan kanker (ICRP, 2011). In de laatste publicatie worden drempeldoses voor effecten in diverse organen en weefsels gegeven met specifieke aandacht voor hart- en vaatziekten en ooglenzaandoeningen. De toegenomen volgduur (follow-up) van enkele epidemiologische cohorten laat zien dat de langetermijneffecten in deze weefsels groter zijn dan eerder werd aangenomen.

Deze en andere ontwikkelingen hebben ook geleid tot de vorming van de eerder genoemde, Europese MELODI associatie die zich specifiek richt op lage-dosiseffecten. Het Low-dose Ionising Radiation Investigations Consortium of the Netherlands (LIRICS) maakt namens enkele Nederlandse onderzoeksgroepen en ondersteund door de Nederlandse overheid deel uit van MELODI.

#### **5.4 Sociaalwetenschappelijk perspectief**

Bij het uitsturen van de enquête is er speciale aandacht besteed aan te benaderen sociaalwetenschappers, omdat dat aspect van stralingsbescherming vaak onderbelicht blijft. Helaas was de respons van sociaalwetenschappers op de enquête vrij laag. Slechts twee personen van sociaalwetenschappelijke signatuur hebben de vragen beantwoord. Een aantal beoogde respondenten gaf aan de vragen niet te kunnen beantwoorden. Desondanks komt zowel uit het onderzoeks- als uit het onderwijsdeel van de enquête een duidelijke behoefte aan onderzoek naar risicoperceptie en -communicatie naar voren. Dit vakgebied speelt in de discussies rondom de toepassing van nucleaire installaties en de mogelijke bouw van nieuwe kerncentrales, de eindberging van radioactief afval, bij de voorlichting van patiënten, de interactie tussen stralingsbeschermingsdiensten en werknemers en rondom het gebruik van bouwmaterialen een grote rol.

#### **5.5 Interpretatie van resultaten in het licht van maatschappelijke vraagstukken**

Expertise op stralingsbeschermingsgebied is van belang bij een aantal maatschappelijke vraagstukken die nu of in de nabije toekomst spelen. Te noemen zijn de toenemende medische blootstellingen, de mogelijke bouw van een nieuwe kerncentrale, voortschrijdende ontwikkelingen in fundamenteel (radiobiologisch) onderzoek, de opslag en transmutatie van radioactief afval en de radon/thoronproblematiek. Is er nu en in de toekomst in Nederland voldoende stralingsbeschermingsexpertise aanwezig voor deze ontwikkelingen?

##### *5.5.1 Medische blootstelling*

Wereldwijd neemt de blootstelling aan ioniserende straling ten gevolge van medische toepassingen toe (UNSCEAR, 2008b). In Nederland wordt de diagnostische blootstelling geregistreerd in het Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen van het RIVM ([www.rivm.nl/ims](http://www.rivm.nl/ims)). Daaruit blijkt onder andere dat de gemiddelde effectieve dosis per inwoner door alle vormen van diagnostische blootstelling is gestegen van ongeveer 0,5 mSv in 2002 tot bijna 0,9 mSv in 2009. Zonder maatregelen is de verwachting dat deze waarde in een vergrijzende populatie verder zal toenemen. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat juist bij oudere patiënten het risico kleiner is. Om toenemende blootstellingen tegen te gaan, is het noodzakelijk medici van een gedegen kennis van stralingsbescherming te voorzien en ook onderzoek te verrichten op het gebied van dosimetrie en nieuwe radiodiagnostische methoden. Uit de enquêteresultaten komt naar voren dat de hoeveelheid stralingsbeschermingsonderwijs aan het toenemen is. Het is echter niet duidelijk of die toename vooral medici betreft. Figuur 4.22 laat zien dat respondenten niet of nauwelijks aangeven dat er meer onderwijsaanbod in radiodiagnostiek of dosimetrie nodig is (maar misschien wel meer studenten). Bij het onderzoek is de situatie iets anders: het aantal onderzoekers op het vakgebied dosimetrie en detectietechniek neemt af (Figuur 4.11 en 4.12), maar op de vakgebied radiodiagnostiek en radiotherapie is dat aantal de afgelopen vijf jaar toegenomen. Deze richtingen worden ook voorgedragen om meer onderzoek op

te doen, maar met name door onderzoekers die daarin al actief zijn (Figuur 4.13 en 4.14). Het lijkt er dus op dat er op onderwijsgebied inderdaad groei is, maar niet alle benodigde onderzoeksrichtingen (zoals dosimetrie en detectietechniek) lijken voldoende geborgd.

#### 5.5.2 *Nucleaire installaties*

In Nederland zijn een kerncentrale, enkele onderzoeksreactoren en een verrijkingsinstallatie in werking. Voor de bouw van een nieuwe kerncentrale en het in bedrijf houden ervan zijn honderden werknemers met enige scholing in stralingsbescherming nodig (IAEA, 2011b). Daarnaast zijn mensen nodig voor zaken als vergunningverlening, inspectie, afvalverwerking, et cetera. Afhankelijk van het type centrale kan er ook reactorfysisch of veiligheidskundig onderzoek (risicomodellering, bescherming) nodig zijn. Veel van het benodigde onderzoek valt in de categorie 'Overig' in Figuur 4.11. Die categorie is de afgelopen vijf jaar gekrompen en er wordt een verdere afname voor de komende vijf jaar voorzien. Risicomodellering is een van de onderzoeksrichtingen waarvoor meer onderzoek nodig wordt bevonden (Figuur 4.14). Voor bescherming geldt echter het omgekeerde (Figuur 4.13). Bij onderwijs worden met name risicoperceptie en -communicatie genoemd als gebieden om meer op in te zetten. Risicomodellering en -analyse, bescherming en risicomanagement scoren daar ook hoog (Figuur 4.22). De heersende opinie is dus dat alhoewel het stralingsbeschermingsonderwijs toeneemt, deze richtingen nog onderbedeeld zijn. Het komt er dus op neer dat onderzoek gerelateerd aan nieuwe kerncentrales tanende is en dat het erop lijkt dat er nog niet voldoende onderwijs wordt aangeboden.

#### 5.5.3 *Fundamenteel (radiobiologisch) onderzoek*

De laatste jaren is meer en meer duidelijk geworden dat langetermijneffecten anders dan kanker ook een belangrijke rol spelen bij het risico van relatief lage blootstelling (in het bijzonder hart- en vaatziekten). Ook zijn er meer aanwijzingen gevonden voor het optreden van stralingsschade aan cellen die niet direct bestraald zijn (non-targeted effects). Om deze en andere ontwikkelingen te kunnen duiden, is inzet op fundamentele (radiobiologische) wetenschap (al dan niet in Nederland) nodig. Dit heeft in Europees verband onder andere geleid tot de oprichting van MELODI, waarin namens Nederland LIRICS is vertegenwoordigd.

Momenteel is radiobiologie een van de grotere richtingen binnen de stralingsbescherming in Nederland (zie ook Figuur 4.6). Figuur 4.11 laat wel groei zien in de afgelopen vijf jaar, maar voor de komende vijf jaar wordt geen verdere groei verwacht (Figuur 4.12). Respondenten geven aan dat er meer onderzoek nodig is (Figuur 4.14). Ook bij de onderwijsrichtingen waarin meer aangeboden moet worden, scoort radiobiologie hoog (Figuur 4.21 en 4.22). Al met al ontstaat het beeld dat er aan meer inzet op onderzoeks- en onderwijsterrein behoefte is.

#### 5.5.4 *Opslag en transmutatie van radioactief afval*

De eventuele bouw van een nieuwe kerncentrale (en andere extra nucleaire technologie) brengt de vraag met zich mee: 'Wat doen we met het radioactief afval?'. Momenteel wordt radioactief afval tijdelijk opgeborgen in het Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag Gebouw (HABOG) van de Covra, maar dat heeft een beperkte capaciteit en is niet bedoeld als eindberging. Bij de opslag van radioactief afval is het vakgebied risicoperceptie en -communicatie van groot belang om lokaal publieke en politieke steun te verwerven. We hebben al gezien dat het belang van dit vakgebied door de

respondenten onderkend wordt. Fundamentele stralingsfysica/-chemie is eveneens belangrijk, zeker ook met het oog op mogelijke transmutatie. Dit vakgebied komt echter uit de enquête niet naar voren als een belangrijk aandachtsgebied. Veel andere vakgebieden spelen ook een rol en een aantal daarvan, zoals materiaalkunde en bodemkunde/geologie, vielen buiten de scope van de enquête. Het is daarom lastig om aan te geven of er in Nederland voldoende expertise aanwezig is voor de opslagproblematiek.

#### 5.5.5 *Radon/thoronproblematiek*

In de afgelopen decennia is de inzet op de radonproblematiek flink gedaald. Wellicht overheerste het idee dat het probleem in kaart gebracht was en dat de risico's klein zijn. Inmiddels is het vermoeden gerezen dat de bekende radonproblematiek ook deels een thoronproblematiek is (Blaauboer, 2010; De Jong, 2010). Dit inzicht moet nog verder uitkristalliseren en daarvoor is meer inzet op dit onderwerp nodig.

IAEA (2011a) zegt over de radonproblematiek:

'The government shall provide information on levels of radon indoors and the associated health risks and, if appropriate, shall establish and implement an action plan for controlling public exposure due to radon indoors.

5.19. As part of its responsibilities as required in para. 5.3, the government shall ensure that: (a) Information is gathered on activity concentrations of radon in dwellings and other buildings with high occupancy factors for members of the public through appropriate means such as representative radon surveys; (b) Relevant information on exposure due to radon and the associated health risks, including the increased risks relating to smoking, is provided to members of the public and other interested parties.'

Met als noot: 'For the purposes of these Standards, radon refers to radon-220 and radon-222.' Radon-220 wordt in het voorliggende rapport aangeduid als thoron.

Vakgebieden die betrokken zijn bij het in kaart brengen van de radon/thoronproblematiek zijn dosimetrie en detectietechniek, risicomodelling en -analyse, epidemiologie en ook risicoperceptie en -communicatie. De meeste van deze vakgebieden krimpen nu en in de nabije toekomst (zie Figuur 4.11 en 4.12), maar respondenten geven ook aan dat daarop eigenlijk meer onderzoek nodig is (Figuur 4.14). Met uitzondering van epidemiologie vindt men ook dat er meer onderwijs in deze richtingen nodig is (Figuur 4.22). Dit alles wijst erop dat er momenteel nog niet voldoende expertise voorhanden is.

## 5.6 **Actualisatie van de verkregen inzichten**

De huidige studie en de door ons verzamelde enquêteresultaten geven een momentopname van de stand van zaken omtrent onderzoek en onderwijs in de stralingsbescherming in Nederland. Om de vinger in de komende jaren aan de pols te houden en tijdig te kunnen signaleren waar meer of minder inzet nodig is, is het zaak de verkregen inzichten up-to-date te houden. Een manier om dat te doen, is het houden van een periodieke enquête, zoals het CBS die veelvuldig gebruikt. De enquêtedruk neemt echter alsmaar toe en daarmee ook de non-respons. Voor de in deze studie uitgevoerde enquête kostte het behoorlijk wat moeite om 50% respons te halen. Een andere optie is om een database van stralingsbeschermingsactiviteiten aan te leggen met de huidige gegevens en die periodiek te reviewen. Daarbij zou dan primair publiek toegankelijke informatie gebruikt moeten worden (bijvoorbeeld van websites), eventueel aangevuld met een gerichte persoonlijke

benadering om extra informatie te verkrijgen. Eventueel zou deze database ook online gezet kunnen worden (mits er geen vertrouwelijke informatie in staat) zodat betrokkenen zelf informatie kunnen toevoegen of wijzigen. Op deze wijze kan een soort netwerk van personen en instellingen die actief zijn in onderzoek of onderwijs binnen de stralingsbescherming gecreëerd worden. Zo'n netwerk zou kunnen uitgroeien tot een soort virtueel kenniscentrum stralingsbescherming. Deze optie vraagt minder inspanningen dan een periodieke enquête, maar vereist wel een technische opzet en enig inhoudelijk beheer. De Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne is wellicht het eerste aanspreekpunt voor de vorming van zo'n virtueel kenniscentrum.

## 6 Uitkomsten van de IWEOS-workshop

Om de uitkomsten van dit onderzoek en met name de daarin uitgevoerde enquête te bespreken met het vakgebied is op 9 mei 2012 een workshop gehouden met respondenten en vertegenwoordigers van beroepsverenigingen. De conclusies van deze workshop staan samengevat in dit hoofdstuk.

### Programma workshop

12.00-12.45	Ontvangst en eenvoudige lunch
12.45-13.00	Welkomstwoord en toelichting programma
13.00-13.50	Presentatie van het IWEOS-rapport met gelegenheid voor vragen (zie onder)
13.50-14.10	Koffiepauze en indeling groepen
14.10-15.40	Groepsdiscussies over belangrijke thema's (zie onder)
15.40-16.00	Koffiepauze (voorbereiding terugkoppeling)
16.00-16.20	Terugkoppeling uitkomsten groepsdiscussies
16.20-17.00	Plenaire discussie en conclusies
17.00-18.00	Borrel

### **Vragen en opmerkingen na de presentatie**

Het conceptrapport van deze studie werd bij de workshop door het RIVM gepresenteerd. Na afloop was er gelegenheid voor vragen en opmerkingen. Die staan hier samengevat.

- (1) In de vraagstelling van het onderzoek is de afbakening van het vakgebied stralingsbescherming niet duidelijk. De onderzoekers hebben daar na overleg met de begeleidingscommissie een eigen invulling aan gegeven. Er is daarbij gekozen voor een brede opzet die desondanks wellicht niet alle activiteiten omvat. Zo is de kernongevallenbestrijding geheel buiten schot gebleven.
- (2) De toename van stralingsbeschermingsonderwijs in de tandheelkundige en andere medische opleidingen is vooral van praktische aard en heeft ondanks de opname in academische curricula meestal geen wetenschappelijk karakter. Ook zijn de cursussen stralingsbescherming vaak wettelijk verplicht. Dit vertekent het beeld op onderwijsgebied enigszins. Ook wordt binnen de radiobiologie straling vaak als middel gebruikt om effecten te creëren die vervolgens bestudeerd worden. Ook daar staat straling dan niet centraal.
- (3) De afgevaardigde van de Gezondheidsraad gaf aan blij te zijn met het onderzoek en de resultaten, maar had gehoopt op wat meer aandacht voor het maatschappelijke probleem van de verwerking van radioactief afval. De reden daarvoor is onder andere dat er dan nogal wat overlap ontstaat met andere velden en de afbakening nog weer lastiger wordt. Iets vergelijkbaars speelt voor ongevallen en incidenten. Ook hier is veel maatschappelijke aandacht.



(4) De afgevaardigde van de NVKF vond het jammer niet meer bij het onderzoek betrokken te zijn geweest, maar gaf ook aan dat er in de medische hoek voldoende onderwijs op stralingsbeschermingsgebied wordt gegeven.

(5) Er werd ook gevraagd waarom niet meer aandacht is uitgegaan naar de output van stralingsbeschermingsonderzoek. De onderzoekers hadden bijvoorbeeld publicaties kunnen turven. Dat is in dit IWEOS-onderzoek wel gepoogd, maar daar bleken haken en ogen aan te zitten: literatuurdatabases omvatten van jaar tot jaar een andere selectie tijdschriften. In het algemeen komen de laatste jaren meer en meer tijdschriften digitaal beschikbaar. Dit geeft een vertekening van het beeld. Het is niet eenvoudig daar goed voor te corrigeren. Een optie voor vervolgonderzoek zou kunnen zijn om alleen een selectie van tijdschriften in de stralingsbescherming te bekijken, maar een inventarisatie van de tijdschriften waarin de laatste jaren gepubliceerd is, leert dat er geen tijdschriften zijn die er 'met kop en schouders bovenuit steken'. Bovendien moet men dan een eventuele vertekening van de resultaten voor lief nemen, die ontstaat omdat er in het verleden minder publicatie-opties waren dan nu. Een ander probleem vormt de slecht in beeld te brengen grijze literatuur van non-peer-reviewed publicaties en bijvoorbeeld gepubliceerde normen.

(6) Een belangrijk nut van wetenschappelijk onderzoek is ook het voortbrengen van gekwalificeerde opleiders voor de toekomst. Daarnaast hou je zo voeling met nieuwe ontwikkelingen in het vakgebied die je gaat missen als je standaard studieboekenkennis blijft doorgeven.

(7) Verder werd opgemerkt dat de Beraadsgroep Straling en Gezondheid van de Gezondheidsraad opgaat in de Beraadsgroep Gezondheid en Omgeving, omdat er geen vragen zijn geweest de laatste jaren. Hiermee verliest stralingsbescherming weer wat zichtbaarheid. Wel is duidelijk dat zodra er vragen rijzen, de Beraadsgroep weer nieuw leven wordt ingeblazen.

(8) Wat betreft de conclusie over het onderwijs werd de kanttekening geplaatst dat de niveau 2- en 3-cursussen iedere editie vol zitten en het aantal studenten ook lijkt toe te nemen. Het aantal artsen dat een voor bepaalde verrichtingen verplichte cursus doet, stijgt. Kenmerkend is wel dat straling vaak als middel wordt ingezet. De relatie onderzoek – onderwijs is mogelijk wel zorgelijk; stijging van de vraag gecombineerd met een afname van het aantal deskundigen dat onderwijs kan geven, kan tot een knelpunt leiden.

## **Groepsdiscussies**

### Discussiethema's

#### *Afnemend onderzoek versus toenemend onderwijs*

IWEOS lijkt aan te geven dat het wetenschappelijke onderzoek in de stralingsbescherming aan het afnemen is terwijl het onderwijs toeneemt, met name in medische richtingen. Veel van het onderwijs wordt echter verzorgd door wetenschappelijk geschoolde personen. Betekent dit dat er in de toekomst een tekort aan opleiders ontstaat? En zo ja, hoe gaan we daarmee om?

#### *Afnemend onderzoek versus belangrijke maatschappelijke issues en internationale ontwikkelingen*

IWEOS lijkt aan te geven dat het wetenschappelijke onderzoek in de stralingsbescherming aan het afnemen is, maar zowel de huidige en toekomstige internationale ontwikkelingen als enkele maatschappelijke issues vergen een wetenschappelijke bijdrage en voldoende geschoold personeel. Gaat er een tekort aan wetenschappelijke kennis en geschoold personeel ontstaan? En zo ja, wat gaan we daaraan doen?

*De huidige versnippering van onderzoek*

IWEOS laat zien dat enkele grote onderzoeksgroepen zijn verdwenen en dat de meeste bestaande groepen kleiner dan vijf fte zijn. Voor de komende vijf jaar wordt bij enkele groepen verdere krimp verwacht. Er is in Nederland geen groot, coördinerend stralingsbeschermingsinstituut zoals IRSN en BfS in respectievelijk Frankrijk en Duitsland. Voor lagedosisstralingseffecten is er wel een Nederlands samenwerkingsverband ondersteund door de overheid (LIRICS). Is deze ogenschijnlijk versnippering van onderzoek een slechte zaak? En zo ja, is er dan behoefte aan meer coördinatie (en hoe zou die dan moeten worden vormgegeven: zou bijvoorbeeld de NVS in samenwerking met LIRICS hierbij een coördinerende rol moeten spelen)? Moeten we wellicht prioriteiten in het onderzoek gaan stellen en waar liggen die dan?

*De (behoefte aan de) sociaalwetenschappelijke kant van stralingsbescherming*

Alhoewel de respons vanuit sociaalwetenschappelijke hoek beperkt was, lijkt IWEOS aan te geven dat er zowel in onderzoek als onderwijs meer behoefte is aan risicoperceptie en -communicatie. Deelt u die mening? Risicoperceptie en -communicatie worden ook vermeld in de nieuwe eindtermen van de niveau 3-opleiding. Er zijn momenteel in dat vakgebied weinig onderzoekers actief. Is er sprake van een tekort? En zo ja, wat is er nodig om dat te veranderen?

*Actualisatie van het overzicht van wetenschappelijk onderzoek en onderwijs in de stralingsbescherming*

Om het huidige overzicht op te stellen, is een aanzienlijke collectieve inspanning gepleegd. Gezien de huidige ontwikkelingen in het vakgebied lijkt het verstandig een vinger aan de pols te houden. In het rapport worden daarvoor enkele suggesties gedaan: een periodieke enquête, een (online) database die periodiek wordt bijgewerkt en/of een virtueel kenniscentrum. Is een regelmatige actualisatie nodig? En zo ja, hoe zouden we die kunnen vormgeven (zou bijvoorbeeld de NVS in samenwerking met de Nederlandse overheid hierbij een coördinerende rol moeten spelen)?

De deelnemers aan de workshop werden willekeurig verdeeld over drie discussiegroepen. Elke groep heeft een rapporteur aangewezen die na de discussie plenair een korte samenvatting van het gezegde heeft gegeven.

Groep 1

Bij het eerste thema merkt deze groep op dat het toenemende onderwijs vooral in de praktische stralingsbescherming plaatsvindt, want de wetenschappelijke basis wordt smaller en deskundige docenten voor de niveau 2-cursus vergrijzen en nemen in aantal af. Het wordt mogelijk lastig om in de toekomst met Nederlandstalige docenten een goede basisopleiding te blijven verzorgen voor het niveau 2-diploma. Stralingsbescherming en de daaraan gerelateerde maatschappelijke vraagstukken zijn niet 'sexy' genoeg om jonge wetenschappers te trekken. Niveau 2- en 3-cursisten lijken ook minder bewegingsvrijheid te hebben om zelf onderzoek te doen. Training vindt vooral *on the job* plaats, maar er is minder eigen onderzoekruimte om training op een onderzoeksonderwerp mogelijk te maken. Ook het vakgebied van de kernongevallenbestrijding ontbeert een wetenschappelijk programma. Bij het tweede thema is het vooral van belang om voeling te houden met recente ontwikkelingen zoals de discussie over de LNT-hypothese, cardiovasculaire effecten en recente inzichten in individuele gevoeligheidsverschillen. Onderzoek aan receptorgevoeligheid verdient mogelijk meer aandacht. Onderzoek naar gevoeligheid is breder dan straling en vergt een ethische discussie. Nieuwe inzichten kunnen tot aanpassing in de normering

gaan leiden. Ook leukemie nabij kerncentrales, terroristische dreigingen en nuclear forensics zijn nieuwe aandachtgebieden. Opleiders ontberen mogelijk de tijd om recente kennis te incorporeren.

Bij het derde thema wordt opgemerkt dat er consortia zoals het in het rapport genoemde LIRICS of MELODI nodig zijn, en ook de inrichting van een virtueel kenniscentrum. Het is wel zaak om daarbij speerpunten te kiezen en aan te sluiten bij internationale initiatieven om kennis te verwerven. Het blijkt lastig om ertussen te komen of aansluiting te vinden, omdat de grote landen elkaar al gevonden hebben in een samenwerkingsverband. Het is van belang om een niche te zoeken en actief te zijn in werkgroepen. Het instellen van leerstoelen kan bijdragen aan de coördinatie van onderzoek. Het opheffen van de GR-Beraadsgroep wordt betreurd, omdat de groep mede zorgde voor een inkaderen, een bundelen en levendig houden van expertise.

Bij het vierde thema bestaat de indruk dat de kennis binnen het sociaalwetenschappelijke vakgebied wel aanwezig is, maar nog benut moet worden. Daarbij is dan aanvullend onderzoek nodig op stralingsonderwerpen, bijvoorbeeld over de opslag van radioactief afval. Dit moet ook in opleidingen worden opgenomen. De vraag is of onderzoek met straling als agens een eigenstandige waarde heeft, hoe dominant cultuur is of culturele waarden zijn, of hoe bepalend de historische context is. Of wellicht moet vanuit de activiteit (afvalopslag of medische toepassing) sociaalwetenschappelijk onderzoek plaatsvinden.

Bij het laatste thema geeft deze groep aan dat overzichten zoals deze erg nuttig zijn en moeten worden bijgehouden met bijvoorbeeld een database van onderzoeksprogramma's en publicaties. Ook een virtueel kenniscentrum kan nuttig zijn. Dit alles kost geld en tijd en kan niet alleen vanuit de NVS komen.

### Groep 2

Volgens deze groep zijn de twee eerste thema's sterk aan elkaar gelinkt: er is wetenschappelijke kennis nodig voor de hogere stralingsbeschermingsopleidingen en hier lijkt een probleem te gaan ontstaan. Het is zaak hier stakeholders op aan te spreken.

Wat betreft thema 3 wordt opgemerkt dat een bundeling van expertise zeker voordelen kan hebben (bijvoorbeeld om toponderzoek mogelijk te maken), maar ook een belangrijk nadeel: je bent dan volledig afhankelijk van dat ene instituut en dat kan zomaar geheel worden wegbezuinigd, waarmee een volledig terrein in één keer wegvalt.

Bij thema 5 geeft deze groep aan dat de NVS maar ook andere beroepsverenigingen kunnen bijdragen. Onderwerpen die daarbij aan bod zouden moeten komen zijn: ooglensdosimetrie, cardiovasculaire effecten, decommissioning en lagedosis-effecten. Ook het onderzoek voor het opstellen van normen moet dan meegenomen worden, evenals sociaaleconomisch onderzoek.

### Groep 3

Deze groep vindt het tweede thema het belangrijkste. Gevoelsmatig is er inderdaad sprake van een kennishiaat: wetenschappelijk onderzoek lijkt af te nemen. Er is ook sprake van vergrijzing. Daarbij is een belangrijke vraag wat de ambitie is, maar je hebt sowieso een bepaald minimum nodig.

Wat betreft het eerste thema wordt opgemerkt dat het belangrijk is om één of enkele hoogleraren die actief zijn in het vakgebied aan te stellen. Het probleem daarbij is dat alleen de overheid stakeholder lijkt te zijn en die heeft dat nauwelijks gestimuleerd. Mogelijke stakeholders zijn ook in het bedrijfsleven te vinden (Philips). Ook is de NVS wellicht te weinig assertief geweest. De Gezondheidsraad kan hierbij misschien een rol spelen. Het is dan sowieso zaak

om aandacht te genereren, de behoefte uit te dragen en financiële middelen te vinden. De schijnbare toename van onderwijs is het gevolg van wettelijke eisen en daarbij speelt wetenschap nauwelijks een rol.

Bij het derde thema wordt opgemerkt dat de vorming van een nieuw instituut waarschijnlijk geen optie is. Het is beter de krachten in een netwerk of onderzoeksschool te bundelen.

Ten slotte geeft men bij het laatste thema aan dat actualisatie nodig is, dat meer samenwerking gewenst is en dat een landelijke website wellicht een goed begin is. Hiervoor is subsidie nodig en wellicht zijn er rollen weggelegd voor NVS en het RIVM.

### **Plenaire discussie**

Bij de plenaire discussie is vooral ingegaan op een mogelijke bundeling van onderzoek. Het risico bestaat dat dat leidt tot een versmalling (met eventuele speerpunten). Dit is wellicht te verhelpen door aan te sluiten bij internationale consortia zodat de kennisbasis breder wordt dan wat alleen in Nederland wordt gedaan. Er zal ook niet voor alle onderwerpen geld beschikbaar zijn. Met name rechtvaardiging en optimalisatie zijn nu al onderbedeeld. Als voorbeeld worden de verschillen in aanpak van verschillende artsen genoemd (en aanvragers). Dit vergt ook meer samenwerking en praktijkonderzoek. Het is dan ook nuttig om niet alleen over de landsgrenzen, maar ook over de grenzen van het vakgebied te kijken en andere vakgebieden erbij te betrekken. De afvalproblematiek is daarvoor een goed voorbeeld: technisch, maar ook sociaalwetenschappelijk. Daarnaast moet ook de overheid zich sterk maken voor het vakgebied zodat stralingsbescherming bijvoorbeeld geen sluitpost meer is in de medische wereld. Financiering kan daarbij een belangrijke sturende rol spelen. Ook de NVS kan een belangrijke bijdrage leveren aan een krachtenbundeling, wellicht in samenwerking met het RIVM.

### **Conclusies**

Uit hetgeen bij de workshop besproken is, kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Er is weliswaar een toename van onderwijs geconstateerd, met name in de medische hoek, maar dit onderwijs is vaak gericht op praktische stralingsbescherming en het is vaak wettelijk vereist. Diepgaander onderwijs met een wetenschappelijke component waarbij straling centraal staat, is er minder.
- De afname (en vergrijzing) van wetenschappelijk onderzoek zal leiden tot minder wetenschappelijk geschoolde opleiders en dat kan voor de verzorging van onderwijs een probleem worden (vooral voor de niveau 2-cursus). Stakeholders, zoals de overheid, moeten hier een sturende rol nemen en ook wetenschappelijke ambities formuleren.
- De afname van wetenschappelijk onderzoek betekent ook dat de voeling met nieuwe ontwikkelingen in het vakgebied minder wordt. Belangrijke nieuwe thema's zijn onder andere: hart- en vaatziekten, lagedosis-effecten (LNT of niet), individuele gevoeligheid, leukemie nabij kerncentrales, kernongevallenbestrijding, nuclear forensics, terroristische dreigingen, ooglensdosimetrie en decommissioning.
- Om de versnippering van kennis tegen te gaan, zou de vorming van een (virtueel) kenniscentrum of een onderzoeksschool met één of enkele leerstoelen een goed idee zijn. Zo'n organisatie zou dan internationaal en ook bij andere vakgebieden aansluiting moeten vinden. De opzet hiervan kost echter tijd, geld en energie en kan niet alleen door de NVS gedragen worden.

De overheid zou daarbij via het RIVM een bijdrage kunnen leveren. Er is ook een keerzijde aan een bundeling van de krachten: zo'n organisatie kan harder door eventuele bezuinigingen worden getroffen. Een website met een regelmatige actualisatie van dit onderzoek kan een goed begin zijn.

- Het belang van de sociaalwetenschappelijke kanten van stralingsbescherming wordt onderkend. Wellicht kan bestaand sociaalwetenschappelijk onderzoek beter op stralingsthema's betrokken worden. Sowieso verdienen de sociaalwetenschappelijke kanten meer aandacht in de stralingsbeschermingscursussen.

### Deelnemers aan de workshop

Persoon	Organisatie
Bijwaard, H.	RIVM
Boersma, H.F.	NVS
Bos, A.	TU Delft
Braam, H.	URENCO
de Jong, P.	NRG
Geleijns, K.	LUMC
Gerritsen, B.	NVS
Harders, H.	NVMBR
Jansen, R.	Applus RTD
Kicken, P.	NVS
Leenders, M.	UMCU
Mullenders, L.	LUMC
Passchier, W.	NVS
Schuurmann, P.	Ministerie van SZW
Sedee, A.	Ministerie van EL&I
Slaper, H.	RIVM
Van der Wiel, A.	Ministerie van VWS
Van Dullemen, S.	Boerhaave/LUMC
Vermeulen, A.	Ministerie van EL&I
Wijbenga, A.	Gezondheidsraad

## 7 Conclusies en aanbevelingen

De resultaten van dit onderzoek en met name de uitgevoerde enquête geven aanleiding tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- Bijna driekwart van de respondenten meent dat de stralingsbeschermings-expertise in Nederland aan het afnemen is. Momenteel verrichten ongeveer honderd personen onderzoek in dit vakgebied, maar enkele grote instituten/vakgroepen zijn opgeheven, er worden vaker personele afnames dan toenames gerapporteerd in de laatste vijf jaar en de verwachtingen zijn negatief voor de komende vijf jaar.
- Onderzoek vindt momenteel vooral plaats binnen dosimetrie en detectietechniek, radiobiologie en radiologie. De afgelopen vijf jaar waren er toenames bij radiobiologie, radiologie en dierexperimenten (gericht op radiotherapie) en afnames bij dosimetrie en detectietechniek, risicomodellering en -analyse, epidemiologie en niet-destructief onderzoek. Respondenten vinden dat meer onderzoek verricht moet worden in de radiobiologie, dosimetrie en detectietechniek en risicomodellering en -analyse en minder in bescherming en dierexperimenten.
- Onderwijs in de stralingsbescherming is zeer divers, maar heeft vaak een medisch oogmerk. Er wordt ruim 4.000 uur onderwijs verzorgd aan meer dan 5.000 studenten en beide aantallen zijn stijgende. Respondenten willen meer onderwijs op het gebied van risicoperceptie en -communicatie, risicomodellering en -analyse, bescherming en risicomanagement en minder onderwijs voor dierexperimenten.
- Voor maatschappelijke stralingsvraagstukken zoals de toenemende medische stralingsbelasting, mogelijke veranderingen in nucleaire activiteiten, de verwerking van radioactief afval, kernongevallenbestrijding, radon/thoronblootstelling en de noodzaak van fundamenteel radiobiologisch onderzoek, geldt in de meeste gevallen dat de afnemende expertise en een tekort aan opleidingsmogelijkheden op korte termijn een probleem kunnen gaan vormen.
- Gezien de enigszins zorgwekkende ontwikkelingen in de stralingsbescherming verdient het de aanbeveling een online database of virtueel kenniscentrum voor de ondersteuning en registratie van expertise en opleidingsmogelijkheden op te zetten. Bij de ontwikkeling en het beheer hiervan zou de Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne (NVS) betrokken kunnen worden.

De uitkomsten van de gehouden workshop geven daarnaast aanleiding tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- De conclusies uit de enquête werden bevestigd.
- Er is weliswaar een toename van onderwijs geconstateerd, maar het gaat dan vaak om een toename als gevolg van wettelijke eisen stralingsbeschermingsdeskundigheid en om opleiding ten behoeve van praktische stralingsbescherming en niet om wetenschappelijk onderwijs.
- De afname van wetenschappelijk onderzoek zal leiden tot minder geschoolde opleiders en dat kan voor de verzorging van hoger onderwijs een probleem worden.
- De afname van wetenschappelijk onderzoek betekent ook dat de kennis in Nederland van een aantal belangrijke nieuwe ontwikkelingen in het vakgebied minder wordt.

- Om de versnippering van kennis tegen te gaan is de vorming van een (virtueel) kenniscentrum of een onderzoeksschool met één of enkele leerstoelen noodzakelijk.
- Het belang van de sociaalwetenschappelijke kanten van stralingsbescherming wordt onderkend (ook door wetenschappers van een andere signatuur).

De belangrijkste aanbeveling uit zowel de enquêteresultaten als de workshop is om, gezien de hiervoor genoemde conclusies, een online database of virtueel kenniscentrum ter ondersteuning en registratie van expertise en opleidingsmogelijkheden in de stralingsbescherming op te zetten. Het verdient aanbeveling om de Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne (NVS) te betrekken bij de ontwikkeling en het beheer hiervan, wellicht met ondersteuning vanuit het RIVM.

## Dankwoord

De auteurs bedanken de begeleidingscommissie van deze studie voor hun inzet en enthousiasme bij de totstandkoming van de enquête en dit resulterende rapport. Deze commissie bestond uit: H.F. Boersma (NVS), A.J.J. Bos (TU Delft), R. Huiskamp (NRG), L. Mullenders (LUMC), W.F. Passchier (NVS), A.G.J. Sedee (voorzitter, EL&I), P. Schuurmann (SZW), A. van de Wiel (VWS), A.M.T.I. Vermeulen (EL&I).





## Literatuur

- Blaauboer, R.O. (2010), Meting van  $^{220}\text{Rn}$  en consequenties voor eerdere  $^{222}\text{Rn}$ -surveys: VERA-onderzoek, RIVM Rapport 610790011.
- De Jong, P. (2010), Exposure to natural radioactivity in the Netherlands: the impact of building materials, Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.
- Gezondheidsraad (2008), Opleiden van deskundigen op het gebied van stralingsbescherming, Publicatienr. 2008/6.
- IAEA (2011a), Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, Interim Edition, General Safety Requirements Part 3, IAEA Safety Standards, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA (2011b), Workforce Planning for New Nuclear Power Programmes, Nuclear Energy Series no. NG-T-3.10, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- ICRP (2011), Early and late effects of radiation in normal tissues and organs: threshold doses for tissue reactions and other non-cancer effects of radiation in a radiation protection context, Annals of the International Commission on Radiological Protection, draft report for consultation.
- ICRP (2008), Environmental Protection – the Concept and Use of Reference Animals and Plants, ICRP Publication 108, Ann. ICRP 38 (4-6).
- Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (2009), Brief aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal (advies Gezondheidsraad Opleiden deskundigen straling), Tweede Kamer, vergaderjaar 2008-2009, 25883, nr. 154.
- UNSCEAR (2006), Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2006 report, Volume I: Report to the General Assembly, Scientific Annex B: Epidemiological evaluation of cardiovascular disease and other non-cancer diseases following radiation exposure.
- UNSCEAR (2008a), Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2008 report, Volume II: Effects, Scientific Annex E: Effects of ionizing radiation on non-human biota.
- UNSCEAR (2008b), Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 2008 report, Volume I: Sources, Scientific Annex A: Medical Radiation Exposures.



## Bijlage 1 Enquête

In deze bijlage staat de volledige enquête weergegeven zoals deze is uitgestuurd naar beoogde respondenten. De originele enquête is echter een invulbaar pdf-formulier waarvan niet alle eigenschappen in een kopie tot hun recht komen. Zo is hier niet te zien wat de verschillende 'knoppen' voor effect hebben en kunnen de pulldownmenu's niet bekeken worden.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport

### Inventarisatie Wetenschappelijk Onderzoek & Onderwijs Stralingsbescherming

In 2008 signaleerde de Gezondheidsraad dat de wetenschappelijke expertise op het gebied van de stralingsbescherming in Nederland afneemt. De rijksoverheid moet er voor zorgen dat op het gebied van stralingsbescherming de samenleving voldoende is en kan worden toegerust met kennis zowel kwalitatief als kwantitatief. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) heeft daarom van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) de opdracht gekregen om, begeleid door de Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne (NVS), het wetenschappelijk onderzoek en onderwijs op het vakgebied stralingsbescherming in Nederland in kaart te brengen. Onder stralingsbescherming wordt hierbij verstaan: de bescherming van mensen tegen ioniserende straling. Om van de inzet op dit terrein een goed beeld te krijgen vragen wij u onderstaande enquête in te vullen en te retourneren. U ontvangt dan t.z.t. de resultaten van dit onderzoek. Dat levert u bijvoorbeeld zicht op welk onderzoek waar plaatsvindt met welke inzet en wat voor u dus mogelijke samenwerkingsverbanden zijn. Vanzelfsprekend streven we naar één, maar ook niet meer dan één, ingevulde enquête per organisatieonderdeel. Mocht u niet in de gelegenheid zijn de vragen te beantwoorden dan kunt u de enquête naar een collega doorsturen of leeg retourneren met bij voorkeur een suggestie voor een vervangende deelnemer.

Let op: tijdens het invullen van de vragenlijst kunt u in Adobe Reader geen kopie opslaan. Als u een kopie wilt behouden, kunt u aan het eind de vragenlijst printen (eventueel als PDF) of als XML file cc naar uzelf e-mailen.

#### Vooraf

Bent u het eens met de stelling van de Gezondheidsraad dat de wetenschappelijke expertise op het gebied van de stralingsbescherming in Nederland afneemt?  Ja  Nee

Zou u uw antwoord willen motiveren?

#### Blok 1: Algemene vragen

Wat is uw functie in de organisatie?

Voor welk onderdeel (afdeling/vakgroep) van uw bedrijf/instelling beantwoordt u de enquête?

Hoe groot is dit onderdeel bij benadering in fte?

[Volgende pagina](#) [Laatste pagina](#)

**Blok 2: Wetenschappelijk onderzoek stralingsbescherming**

Is het onderdeel van het bedrijf of de instelling waarvoor u de vragen beantwoordt betrokken bij wetenschappelijk onderzoek op het terrein van of verwant aan stralingsbescherming?

 Ja

 Nee

In welk(e) deelgebied(en) van de stralingsbescherming ligt het zwaartepunt van dit onderzoek? Geef maximaal 3 deelgebieden aan. Gebruik evt. de optie 'Overig' en vul onderstaande omschrijving in.

1.
2.
3.

Hoe zou u dit/deze onderzoek(en) willen omschrijven?

Wat is bij benadering de huidige onderzoeksinzet op het terrein van de stralingsbescherming van uw organisatieonderdeel in aantal fte?

Wat is bij benadering hiervan het percentage ondersteunend personeel?

Wat is bij benadering hiervan het percentage tijdelijk personeel?

Hoeveel wetenschappelijke (peer reviewed) artikelen worden er jaarlijks gepubliceerd?

Hoeveel andere wetenschappelijke publicaties worden er jaarlijks uitgebracht?

Wat is de leeftjidsopbouw van het personeel? Geef voor de verschillende categorieën een percentage.

< 20 jaar

20-30 jaar

30-40 jaar

40 -50 jaar

50-60 jaar

> 60 jaar

Hoe makkelijk of moeilijk is het om het juiste personeel voor stralingsbescherming te vinden?

- Heel makkelijk
- Makkelijk
- Gemiddeld
- Moeilijk
- Heel moeilijk

Wat was de *verandering* in het aantal fte stralingsbescherming in de afgelopen 5 jaren in uw onderdeel? Geef een toename aan met een positief en een afname met een negatief getal.

Wat is de *verwachte verandering* in het aantal fte stralingsbescherming de komende 5 jaren in uw onderdeel? Geef een toename aan met een positief en een afname met een negatief getal.

Op welk(e) deelgebied(en) van de stralingsbescherming zou naar uw inzicht in Nederland *meer* onderzoek moeten worden verricht? Vul de lijst eventueel aan als een passend deelgebied ontbreekt.

1.
2.
3.

Zou u uw keuze(s) willen motiveren?

Als er deelgebied(en) van de stralingsbescherming zijn waarop naar uw inzicht in Nederland *minder* onderzoek zou moeten worden verricht, geef die dan hieronder aan. Vul de lijst eventueel aan.

1.
2.
3.

Zou u uw keuze(s) willen motiveren?

Met welke onderzoeksgroepen werkt u samen? Identificeer de belangrijkste Nederlandse groepen en de belangrijkste buitenlandse groepen in uw netwerk met de naam van de groep en/of groepsleider.

[Eerste pagina](#) [Vorige pagina](#)

[Volgende pagina](#) [Laatste pagina](#)

**Blok 3: Wetenschappelijk onderwijs stralingsbescherming\***

Is het onderdeel van het bedrijf of de instelling waarvoor u de vragen beantwoordt betrokken bij wetenschappelijk *onderwijs* op het terrein van of verwant aan stralingsbescherming?

 Ja

 Nee

In welk(e) deelgebied(en) van de stralingsbescherming ligt het zwaartepunt van dit onderwijs? Geef maximaal 3 deelgebieden aan. Gebruik evt. de optie 'Overig' en vul alleen onderstaande tabel in.

1.
2.
3.

Zou u in onderstaande tabel de titels van de vakken/cursussen en het aantal studiebelastingsuren (SBU) (contacturen + zelfstudie) dat ermee gemoeid is (voor wat betreft stralingsbescherming) willen aangeven?

Titel vak/cursus	Aantal SBU	Aantal studenten

\* Onder wetenschappelijk onderwijs wordt al het onderwijs verstaan dat op universitair, HBO en postacademisch niveau wordt gegeven

Hoeveel SBU zijn in totaal met dit onderwijs voor wat betreft stralingsbescherming bij benadering (en per student) gemoeid?

Wat is de verwachte ontwikkeling in het totaal aantal SBU voor de komende 5 jaren? Geef een toename aan met een positief en een afname met een negatief getal.

Wat was de verandering in het totaal aantal studenten in de afgelopen 5 jaar? Geef een toename aan met een positief en een afname met een negatief getal.

Wat is de verwachte verandering in het totaal aantal studenten voor de komende 5 jaren? Geef een toename aan met een positief en een afname met een negatief getal.

Op welk(e) deelgebied(en) van de stralingsbescherming zou naar uw inzicht in Nederland *meer* onderwijs moeten worden verzorgd? Vul de lijst eventueel aan als een passend deelgebied ontbreekt.

1.
2.
3.

Zou u uw keuze(s) willen motiveren?

Als er deelgebied(en) van de stralingsbescherming zijn waarop naar uw inzicht in Nederland *minder* onderwijs zou moeten worden verricht, geef die dan hieronder aan. Vul de lijst eventueel aan.

1.
2.
3.

Zou u uw keuze(s) willen motiveren?

[Eerste pagina](#) [Vorige pagina](#)

[Volgende pagina](#) [Laatste pagina](#)



Hartelijk dank voor het invullen van deze enquête. Graag ontvangen wij uw antwoorden per e-mail (gebruik onderstaande knop). Ook kunt u het formulier met uw antwoorden voor eigen gebruik afdrukken. Eventuele opmerkingen kunt u toevoegen aan uw e-mail. Eventuele vragen kunt u richten aan: [harmen.bijwaard@rivm.nl](mailto:harmen.bijwaard@rivm.nl)

<a href="#">Formulier afdrukken</a>	<a href="#">Verzenden via e-mail</a>
-------------------------------------	--------------------------------------

<a href="#">Eerste pagina</a>	<a href="#">Vorige pagina</a>
-------------------------------	-------------------------------

## Bijlage 2 Afkortingenlijst

ACTA	Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam
BSc	Bachelor of Science
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
CROHO	Centraal Register Opleidingen Hoger Onderwijs
CT	ComputerTomografie
DNA	DeoxyriboNucleic Acid
ECTS	European Credit Transfer System
EL&I	Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie
EURADOS	European Radiation Dosimetry Group
EUTERP	European Training and Education in Radiation Protection
fte	Fulltime-equivalent
HABOG	Hoogradioactief Afval Behandelings- en Opslag Gebouw
hbo	hoger beroepsonderwijs/hogere beroepsopleiding
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IGZ	Inspectie voor de GezondheidsZorg
IRPA	International Radiation Protection Association
ITAL	Instituut voor toepassing van atoomenergie in de landbouw
ITRI	Instituut voor toegepaste radiobiologie en immunologie
IWEOS	Inventarisatie Wetenschappelijk Onderzoek en onderwijs in de Stralingsbescherming
KVI	Kernfysisch Versneller Instituut
LIRICS	Low-dose Ionising Radiation Investigations Consortium of the Netherlands
LUMC	Leids Universitair Medisch Centrum
MBRT	Medische Beeldvormende en Radiotherapeutische Technieken
MELODI	Multidisciplinary European LOW Dose Initiative
MSc	Master of Science
NIKHEF	Nationaal instituut voor subatomaire fysica
NKI-AvL	Nederlands Kanker Instituut – Antoni van Leeuwenhoek Ziekenhuis
NVMBR	Nederlandse Vereniging Medische Beeldvorming en Radiotherapie
NVNG	Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde
NVS	Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne
NVvR	Nederlandse Vereniging voor Radiologie
PET	Positron EmissieTomografie
PWR	Pressurized Water Reactor
RBI	RadioBiologisch Instituut
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RUG	Rijksuniversiteit Groningen
SBU	studiebelastingsuur
SZW	Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid
TU	Technische Universiteit
TUE	Technische Universiteit Eindhoven
UMC	Universitair Medisch Centrum
UMCU	Universitair Medisch Centrum Utrecht
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
UU	Universiteit Utrecht
UvA	Universiteit van Amsterdam

VU  
VWS

Vrije Universiteit  
Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

H. Bijwaard | H. Slaper

RIVM rapport 610890002/2013



Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

februari 2013