



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

**Management van de patiëntdosis in  
Nederland en het Verenigd Koninkrijk**  
*Mogelijkheden voor verbetering*

RIVM rapport 610111001/2012

R. Stam



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

## **Management van de patiëntdosis in Nederland en het Verenigd Koninkrijk**

Mogelijkheden voor verbetering

RIVM Rapport 610111001/2012

## Colofon

© RIVM 2012

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'.

R. Stam

Contact:  
Rianne Stam  
LSO  
riane.stam@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Inspectie voor de Gezondheidszorg, in het kader van het project V/610111/12/UN

## Rapport in het kort

### **Management van de patiëntdosis in Nederland en het Verenigd Koninkrijk**

#### Mogelijkheden voor verbetering

De doses straling die patiënten in Nederland en het Verenigd Koninkrijk per röntgenonderzoek oplopen behoren tot de laagste in Europa. In beide landen zijn de doses per onderzoek sinds de jaren negentig gedaald als gevolg van beperkende maatregelen. Wel liggen de doses van medische verrichtingen waarbij relatief meer straling vrijkomt in Nederland hoger dan in het Verenigd Koninkrijk. Voorbeelden daarvan zijn doorlichting van het maag-darmkanaal of een CT-scan van de buik. Door onzekerheden in de dosisdata van elk land is het overigens niet altijd duidelijk of deze verschillen tussen de landen significant zijn. Dit blijkt uit literatuuronderzoek van het RIVM, dat is aangevuld met interviews met experts uit Nederland en het Verenigd Koninkrijk.

Ondanks de gunstige positie van Nederland valt er op dit gebied nog steeds winst te behalen. Dit is van belang omdat de totale medische stralingsbelasting per patiënt de laatste jaren toeneemt. Dat komt doordat Nederlanders jaarlijks gemiddeld steeds meer medische verrichtingen ondergaan waarbij straling vrijkomt.

#### **Verbetermogelijkheden**

Het is soms mogelijk om met een lagere dosis voldoende beeldkwaliteit te krijgen. Het is daarom raadzaam om de dosisinformatie die radiologische systemen bieden voor alle ziekenhuizen op een standaard wijze te verzamelen. Momenteel gebeurt dit op uiteenlopende manieren. Ook is het van belang om dosisinformatie tijdens het röntgenonderzoek zichtbaarder te maken voor de radioloog of laborant, zodat deze eventueel aanpassingen kan doen.

Verder is het van belang om onderzoeksprotocollen en dosisbesparende vernieuwingen landelijk te coördineren en te standaardiseren, zodat alle ziekenhuizen daarvan gebruik kunnen maken. Daarnaast zou er in landelijke richtsnoeren, bij de scholing van beroepsgroepen en bij de inspecties aandacht moeten zijn om de dosis te optimaliseren. Ten slotte zou het gebruik van de zogeheten Diagnostische Referentieniveaus uitgebreid moeten worden van de grote academische en regionale ziekenhuizen naar de kleinere. Zowel de beroepsverenigingen als de Inspectie voor de Gezondheidszorg kunnen deze maatregelen faciliteren.

Trefwoorden: medische stralingstoepassingen, radiologie, nucleaire geneeskunde, röntgenonderzoek, dosis



## Abstract

### **Management of the patient dose in the Netherlands and the United Kingdom**

Possibilities for improvement

The radiation doses that patients in the Netherlands and the United Kingdom are exposed to are among the lowest in Europe. The doses per examination in both countries have decreased since the early nineties as a result of reduction measures. However, the doses for some of the more dose-intensive medical examinations are higher in the Netherlands than in the United Kingdom. Examples of these are fluoroscopy of the gastrointestinal tract and an abdominal CT scan. Because of the uncertainties in each country's dose data it is not always clear whether these differences are significant. These are the results of a literature study by the National Institute of Public Health and the Environment, augmented by interviews with experts in the Netherlands and in the United Kingdom.

Despite the favourable position of the Netherlands improvements are still possible. This is important, because the total medical radiation burden per patient has been increasing over the last few years. This is caused by the fact that Dutch citizens on average undergo more medical examinations involving radiation.

### **Possible improvements**

It is sometimes possible to achieve the same image quality with a lower dose. It is therefore advisable to use standardised methods for all hospitals to collect information about dose in radiological systems. At the moment these methods vary. It is also important to make the dose information more visible for the radiologist or technician during the examination, so that they can make adjustments.

It is important to coordinate and standardise examination protocols and dose-saving innovations on a national level, so that all hospitals can use them. There should also be attention to dose optimisation in national guidelines, during professional training and during inspections. Finally, the use of so-called Diagnostic Reference Levels should be extended from the larger and university hospitals to the smaller ones. Both the professional associations and the Health Care Inspectorate can facilitate these measures.

Keywords: medical radiation applications, radiology, nuclear medicine, X-ray examinations, dose



## Inhoud

### **Samenvatting—9**

#### **1 Inleiding—11**

- 1.1 Aanleiding—11
- 1.2 Doel—11
- 1.3 Afbakening—11
- 1.4 Methoden—11

#### **2 Aard en omvang van verschillen in de patiëntdosis—13**

- 2.1 Management van de patiëntdosis in de EU—13
- 2.2 Variatie in de patiëntdosis binnen Europa—14
- 2.3 Verschillen in de patiëntdosis tussen Nederland en het VK—14
- 2.4 Kanttekeningen—16

#### **3 Verschillen in determinanten van de patiëntdosis—21**

- 3.1 Gebruikte apparatuur en technieken—21
- 3.2 Inzicht in de patiëntdosis—22
- 3.3 Nationale wetgeving en aanbevelingen—24
- 3.4 Systeem van gezondheidszorg en beroepsgroepen—25

#### **4 Mogelijkheden voor verbetering van dosismanagement in Nederland—27**

- 4.1 Omgang met apparatuur—27
- 4.2 Omgang met radiologische informatie—28
- 4.3 Omgang met diagnostische referentieniveaus—29
- 4.4 Landelijke coördinatie en scholing—31

#### **5 Conclusies en aanbevelingen—33**

##### **Literatuur—35**

##### **Lijst van geïnterviewde experts—39**

##### **Afkortingen—41**





## Samenvatting

Aan de totale medische stralingsbelasting van de Nederlandse bevolking dragen twee factoren bij: het aantal medische verrichtingen met ioniserende straling en de dosis per verrichting (de patiëntdosis). Een hogere dosis per verrichting kan bijdragen aan een hogere kans op kanker. De vraag die centraal stond in dit onderzoek was of er verbeteringen mogelijk zijn in het management van de patiëntdosis in Nederland. In het Verenigd Koninkrijk (VK) is men al tien jaar eerder dan in Nederland begonnen met het opstellen van referentiewaarden voor de patiëntdosis bij radiologische verrichtingen, de zogenaamde diagnostische referentieniveaus (DRN). Er bestond de indruk dat de patiëntdosis in het VK wat lager ligt dan die in Nederland. De eerste vraag van dit onderzoek was of die indruk juist is. De tweede vraag was of er op basis van de aanpak in het VK en een vergelijking met het systeem van dosismanagement in Nederland suggesties voor verbetering kunnen worden gedaan. Hiertoe deed het RIVM literatuuronderzoek en interviewde experts op het gebied van dosismanagement in Nederland en het VK.

De effectieve doses voor de top-20, de twintig radiologische verrichtingen die de grootste bijdrage leveren aan de collectieve dosis, in Nederland en in het VK behoren tot de laagste in Europa. In beide landen nam de dosis per verrichting sinds de jaren negentig duidelijk af. Wel was bij de laatste peiling de patiëntdosis met name voor de meest dosisintense radiologische verrichtingen hoger in Nederland dan in het VK. In schatting van de doses per verrichting zit echter een aanzienlijke onzekerheid, wat directe vergelijking lastig maakt. Uit de vergelijking van radiologische praktijken in Nederland en het VK en suggesties van de geïnterviewde experts kwamen mogelijkheden voor verbetering van het Nederlandse systeem van dosismanagement naar voren. De zichtbaarheid en standaardisatie van dosisinformatie op radiologische apparatuur kan verbeterd worden. De opslag, het beheer en het ontsluiten van dosimetrische informatie kan beter gestandaardiseerd worden. Hiervoor zijn internationale aanbevelingen beschikbaar. Radiologische onderzoeksprotocollen en dosisperkende innovaties kunnen beter op landelijk niveau worden uitgewisseld en gestandaardiseerd. Er kan meer aandacht komen voor optimalisatie van de patiëntdosis bij (na)scholing van de betrokken beroepsgroepen, in landelijke richtsnoeren en bij inspecties. Daarbij zou men een bredere toepassing van DRN in alle Nederlandse ziekenhuizen kunnen nastreven. De beroepsverenigingen voor radiologen, radiodiagnostisch laboranten en klinisch fysici en de Inspectie voor de Gezondheidszorg kunnen hierbij een faciliterende rol spelen.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Aanleiding tot het onderzoek was een verzoek van de Inspectie voor de Gezondheidszorg (IGZ), die vermoedde dat de patiëntdosis voor diagnostische radiologische verrichtingen in het Verenigd Koninkrijk (VK) lager is dan in Nederland. De vraag rees wat de determinanten zouden kunnen zijn van die lagere patiëntdosis en in hoeverre diagnostische referentieniveaus (DRN) daarbij een sturende rol hebben gehad.

## 1.2 Doel

Doel van het onderzoek was om factoren te identificeren die van belang zijn bij het streven naar verlaging van de patiëntdosis zoals leeftijd of technische eigenschappen van röntgenapparatuur, digitalisatie, uitwerking van de dosisadministratie, invloed van klinisch fysici en regulerende instanties. Beter inzicht in die determinanten zou gebruikt kunnen worden om het systeem van management van de patiëntdosis in Nederland te verbeteren. Hoewel in Nederland enkele jaren geleden al DRN zijn vastgesteld, is het de vraag in hoeverre die in de Nederlandse ziekenhuizen ook daadwerkelijk zijn geïmplementeerd.

In specifiekere zin is de vraag hoe de werkelijke dosis per verrichting in het VK samenhangt met de DRN. Daarbij is ook van belang wat de historische ontwikkeling van het systeem van DRN in het VK is geweest en hoe het is georganiseerd. Vervolgens kan worden vastgesteld waar in het Nederlandse systeem van dosismanagement ruimte is voor verbetering en hoe we daarbij van de ervaringen in het VK kunnen leren. De uitkomsten van het RIVM-onderzoek kunnen mogelijk ook het thematisch toezicht van IGZ ondersteunen. Bij het onderzoek wordt indien mogelijk ook aandacht besteed aan dosismanagement bij kinderen, omdat daarvoor bij IGZ momenteel een inspectietraject loopt en binnenkort een rapport van de Gezondheidsraad over ioniserende straling en leukemie bij kinderen uitkomt.

## 1.3 Afbakening

In nader overleg met de opdrachtgever (IGZ) werd besloten de vraagstelling te beperken tot determinanten van de dosis per radiologische verrichting of nucleair geneeskundig onderzoek in ziekenhuizen. De bevolkingsdosis, die ook door de frequentie van verrichtingen wordt beïnvloed, is hier minder relevant omdat die niet alleen door dosismanagement maar ook door het aantal verrichtingen wordt beïnvloed. Het zwaartepunt van het onderzoek ligt bij de diagnostische radiologie, omdat daar waarschijnlijk de meeste winst valt te halen. Binnen de nucleaire geneeskunde in Nederland werkt men nog niet met DRN, maar wel met standaardprotocollen.

## 1.4 Methoden

Er is gezocht naar relevante rapporten op de websites van de volgende organisaties (in alfabetische volgorde): Administration of Radioactive Substances Advisory Committee (VK); European Coordination Committee of the Radiological, Electromedical and Healthcare IT Industry, COCIR; CT Users Group (VK);

Department of Health (VK); Projectgroep Diagnostische Referentieniveaus in Nederland; European Association for Nuclear Medicine; European Federation of Organisations for Medical Physics; European Society of Radiology; European Medical ALARA Network; Europese Commissie (Dose Datamed 1 en 2 project sites, Radiation Protection site); Heads of the European Radiological protection Competent Authorities; Health Protection Agency (VK); Institute for Physics and Engineering in Medicine (VK); International Atomic Energy Agency; International Commission on Radiological Protection; International Organization for Medical Physics; International Society of Radiographers and Radiological Technologists; Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie; Nederlandse Vereniging voor Klinische Fysica; Nederlandse Vereniging voor Medische Beeldvorming en Radiotherapie; Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde; Nederlandse Vereniging voor Radiologie; Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne; Royal College of Radiologists (VK); Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu; United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Daarnaast werd aanvullende informatie gezocht in peer-reviewed medische literatuur via Pubmed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez/>) met als zoektermen [patient AND dose AND (radiology OR x-ray OR (nuclear medicine)) AND (england OR britain OR (united kingdom) OR uk OR netherlands)] in titel en abstract.

Een belangrijke informatiebron in het onderzoek was een serie telefonische interviews met experts op het gebied van de patiëntdosimetrie in Nederland en in het VK. Van elk gesprek werd een schriftelijk verslag gemaakt dat voor correctie en aanvulling werd voorgelegd aan de betreffende expert. Alle experts gaven toestemming voor het gebruik van de informatie in het schriftelijk verslag op een hoger abstractieniveau in dit RIVM-rapport. Daar waar constatering in het rapport niet direct vergezeld gaan van een literatuurreferentie, zijn ze in het algemeen gebaseerd op informatie van de experts. Een lijst van experts die hun medewerking verleenden aan dit onderzoek is te vinden aan het einde van dit rapport.

## 2 Aard en omvang van verschillen in de patiëntdosis

### 2.1 Management van de patiëntdosis in de EU

Blootstelling aan ioniserende straling gaat gepaard met risico's voor de gezondheid. Europese richtlijn 97/43/EURATOM schrijft daarom voor dat blootstelling van patiënten aan ioniserende straling gerechtvaardigd moet zijn door voldoende diagnostisch of therapeutisch nut. Daarnaast dient de diagnostische medische blootstelling zo laag als redelijkerwijs mogelijk te zijn voor het verkrijgen van de gewenste informatie. Met dat doel worden de lidstaten van de EU verplicht tot het instellen en bevorderen van diagnostische referentieniveaus (DRN) en de bijbehorende richtsnoeren. DRN worden hierin gedefinieerd als de radiodiagnostische doses voor representatieve onderzoeken in groepen patiënten met een standaardgrootte of in gestandaardiseerde fantomen. DRN worden geacht niet te worden overschreden voor standaardprocedures in de normale praktijk. Daarnaast moeten de lidstaten individuele dosisschattingen door medische blootstelling bepalen en deze vergelijken met referentiegroepen in de bevolking (Council of the European Union, 1997).

Ter ondersteuning van de implementatie van Richtlijn 97/43/EURATOM bracht de Europese Commissie aanbevelingen uit voor het gebruik van DRN. Bij de aanbevolen systematiek werd dankbaar gebruik gemaakt van het DRN-systeem dat eerder in het VK was uitgewerkt. DRN zijn vooral nuttig waar een aanzienlijke afname in individuele of collectieve dosis bereikt kan worden of waar een afname in geabsorbeerde dosis een relatief grote afname in risico geeft. Wat de individuele dosis betreft, geldt dit voor onderzoeken met hoge dosis zoals computertomografie (CT) en langdurige fluoroscopietijden (bijvoorbeeld interventieradiologie). Bij meer stralingsgevoelige patiënten (bijvoorbeeld kinderen) of weefsels (bijvoorbeeld borst) kan een gegeven afname in geabsorbeerde dosis een relatief grote afname van het risico geven (European Commission, 1999).

Om praktische redenen worden DRN uitgedrukt in termen van de geabsorbeerde dosis, die het meest relevant is voor de planning van de blootstelling van individuele patiënten (International Commission on Radiation Protection, 2007). De geabsorbeerde dosis kan relatief eenvoudig worden gemeten of berekend met de uit de apparatuur beschikbare blootstellingsparameters. Voor de diagnostische radiologie zijn met name van belang de intreedosis (Engels: 'Entrance Surface Dose') voor röntgenopnamen, het dosis-oppervlakteproduct (Engels: 'Dose-Area Product') voor röntgenopnamen en fluoroscopie, de CT-dosisindex (Engels: 'CT Dose Index') en het dosis-lengteproduct (Engels: 'Dose-Length Product') voor CT en de gemiddelde glandulaire dosis (Engels: 'Mean Glandular Dose') voor mammografie (Broerse et al., 2007; Wall, 2004).

Als maat voor blootstelling van personen aan ioniserende straling is de grootte effectieve dosis gedefinieerd, met als eenheid Sievert (Sv). Deze grootte, aangeduid met de afkorting E, maakt het mogelijk verschillende blootstellingen onderling met elkaar te vergelijken. De effectieve dosis wordt berekend uit de in verschillende organen geabsorbeerde dosis via weging over deze organen en het type straling. Deze berekende grootte is niet direct meetbaar. Hoewel het gebruik van deze grootte voor medische blootstellingen zijn beperkingen heeft, bestaat er consensus dat er geen betere dosismaat is om verschillende soorten blootstellingen met elkaar te vergelijken (De Waard-Schalkx, 2012). Voor

vergelijkingen van de patiëntdosis tussen technieken en tussen verschillende EU-lidstaten wordt in dit rapport daarom de effectieve dosis gebruikt.

## 2.2 Variatie in de patiëntdosis binnen Europa

Via het 'Dose Datamed'-project bracht de Europese Commissie aanbevelingen uit voor de uitwerking en harmonisering van de dosisschattingen die Richtlijn 97/43/EURATOM voorschrijft. In de eerste fase van het project werden aanbevelingen gedaan voor de vergaring en presentatie van informatie over doses en frequenties van onderzoeken (European Commission, 2008c). Van tien lidstaten met ervaring in nationale enquêtes van de patiëntblootstelling werd informatie gepresenteerd over de dosis en frequentie van de meest voorkomende diagnostische verrichtingen in de radiologie (European Commission, 2008a) en nucleaire geneeskunde (European Commission, 2008b). In een vervolgproject, 'Dose Datamed 2', werden de frequentiedata geactualiseerd en de dosisenquêtes uitgebreid naar alle Europese landen.

In de resultaten valt op dat zowel de frequentie als de patiëntdosis van de 20 diagnostische radiologische verrichtingen met de hoogste collectieve dosis (de top-20) relatief laag is in Nederland en het VK. Voor 11 van de 18 top-20 verrichtingen waarvoor Nederland gegevens aanleverde bevindt de dosis voor Nederland en het VK zich in het onderste tertiel van alle Europese landen (European Commission, te verschijnen). Hierbij moet wel worden aangetekend dat de gegevens voor de dosis per verrichting voor Nederland en het VK nog dateren uit de periode 2003-2005.

Het is lastiger om de toegediende gemiddelde activiteiten van preparaten in de nucleaire geneeskunde in de Europese landen te vergelijken. In verschillende landen kunnen verschillende isotopen voor vergelijkbare onderzoeken worden gebruikt. In het algemeen geldt dat landen met de hoogste doses per hoofd van de bevolking voor diagnostische radiologie ook de hoogste dosis per hoofd voor nucleaire geneeskunde hebben. De bijdrage van de nucleaire geneeskunde aan totale collectieve dosis voor diagnostische verrichtingen is 4 tot 14 procent. De belangrijkste bijdrage aan de collectieve dosis voor nucleaire geneeskunde worden geleverd door bot- en hartonderzoeken (European Commission, 2008b).

Bij het rechtvaardigen en optimaliseren van röntgenonderzoek dient bijzondere aandacht te worden besteed aan kinderen. Kinderen hebben namelijk een hogere gevoeligheid voor door straling geïnduceerde kanker en een langere levensverwachting. De geabsorbeerde dosis is bij kinderen lager dan bij volwassenen, mits de instellingen zodanig zijn aangepast dat bij beiden dezelfde dosis op de detector valt. Door de kleinere lichaamsomvang en geringere verzwakking van de bundel is de effectieve dosis echter vergelijkbaar met die in volwassenen. De internationale dosisvergelijkingen in de Dose Datamed-projecten concentreren zich daarom op de effectieve dosis bij volwassenen (European Commission, 2008c).

## 2.3 Verschillen in de patiëntdosis tussen Nederland en het VK

Voor het vergelijken van de effectieve dosis per verrichting in Nederland met die in het VK zijn de individuele spreadsheets met dosisdata per land uit het Dose Datamed 2-project gebruikt. Ook hierin zijn de diagnostische radiologische verrichtingen ingedeeld volgens de top-20 op basis van frequentie. Vergelijking van de effectieve dosis in Nederland en het VK is in principe gerechtvaardigd, omdat de bevolkingsopbouw vergelijkbaar is en de dosisgegevens in beide landen rechtstreeks in een steekproef van ziekenhuizen zijn verzameld en

vervolgens geëxtrapoleerd naar alle ziekenhuizen in het land (European Commission, 2008a). Bovendien zijn de dosisgegevens voor de diagnostische radiologie ruwweg in dezelfde periode verzameld (2002-2005). Wel zijn er de nodige factoren die een vergelijking van effectieve doses tussen Nederland en het VK bemoeilijken. Deze worden besproken in paragraaf 2.4.

De belangrijkste bron van radiologische dosisgegevens voor Nederland in Dose Datamed 2 is het Demonstratieproject Patiëntdosimetrie uit 2004 (Geleijns et al., 2004). De belangrijkste bron van radiologische dosisgegevens voor het VK in Dose Datamed 2 is de National Patient Dose Database, stand 2005 (Hart et al., 2007). De effectieve doses voor diagnostische radiologie in Nederland en het VK en hun verhouding zijn te vinden in Tabel 1. Voor het merendeel van de röntgenonderzoeken met lage dosis is de effectieve dosis in Nederland lager dan in het VK. Voor de relatief dosisintense onderzoeken met fluoroscopie (barium contrast, coronair angiografie, PTCA) is de effectieve dosis consistent hoger in Nederland dan in het VK. Hetzelfde geldt voor de meest dosisintense CT-onderzoeken (buik, bekken).

*Tabel 1: Effectieve dosis (E) per verrichting voor diagnostische radiologie (tijdvak 2002-2005)*

Verrichting	E	E	ratio	onzekerheid
	(mSv)	(mSv)		(%)
	NL	VK	NL/VK	NL; VK
1. röntgen thorax	0,04	0,01	4,0	51; 10
2. röntgen wervelkolom cervicaal	0,02	0,03	0,7	51; 50
3. röntgen wervelkolom thoracaal	0,3	0,4	0,8	51; 25
4. röntgen wervelkolom lumbaal	0,4	0,6	0,7	51; 10
5. mammografie	0,4	0,5	0,7	51; 25
6. röntgen buik	0,4	0,4	1,0	51; 10
7. röntgen bekken en heup	0,4	0,2	1,7	51; 25
8. barium maaltijd	3,0	2,0	1,5	51; 25
9. barium klysma	6,3	2,2	2,9	51; 10
10. barium follow-through	5,5	1,3	4,3	51; 25
11. intraveneus urogram	3,0	2,1	1,4	51; 25
12. coronair angiografie	4,3	3,9	1,1	51; 25
13. CT hoofd	1,2	1,4	0,8	51; 10
14. CT hals	—	2,4	—	—; 100
15. CT thorax	5,5	5,3	1,0	51; 10
16. CT wervelkolom	3,1	6,9	0,5	51; 100
17. CT buik	11	5,6	1,9	51; 25
18. CT bekken	7,4	6,0	1,2	51; 100
19. CT romp	—	8,0	—	—; 25
20. PTCA	12	7,8	1,5	51; 25

— = niet beschikbaar. Afkortingen: CT, computertomografie; E, effectieve dosis; NL, Nederland; PTCA, percutaneous transluminal coronary angioplasty; VK, Verenigd Koninkrijk van Groot-Brittannië en Noord-Ierland.



Voorlopige resultaten van de meest recente dosisenquête voor CT in Nederland laten geen grote veranderingen zien in de dosis per verrichting. Wel lijkt de geschatte effectieve dosis voor het CT-hoofdonderzoek ten opzichte van 2004 te zijn gestegen (De Waard-Schalkx, 2012).

De effectieve dosis per onderzoek in de nucleaire geneeskunde hangt vooral af van de toegediende activiteit en het gebruikte radionuclide. Voor de vergelijking tussen Nederland en het VK zijn de gegevens uit het Dose Datamed 2-project gebruikt, omdat daarin voor beide landen de werkelijk toegediende activiteiten uit een landelijke enquête werden gebruikt voor het berekenen van de effectieve dosis. Een nadeel is dat deze data voor Nederland uit 2008 dateren (De Waard en Stoop, 2010c) maar die van het VK uit 2004 (Hart en Wall, 2005). De aanbevolen activiteiten en de daarbij horende effectieve doses in het VK voor 2011 laten echter geen duidelijke verschillen zien met de gegevens uit 2004 (Administration of Radioactive Substances Advisory Committee, 2011).

De effectieve doses voor nucleaire geneeskunde in Nederland en het VK en hun verhouding zijn te vinden in Tabel 2. Voor combinaties van onderzoek en nuclide die zowel in Nederland als het VK worden gebruikt is de effectieve dosis in de helft van de gevallen hoger in Nederland. Voor het merendeel daarvan bedraagt de verhouding Nederland:VK echter niet meer dan ruwweg 1,5. Verder moet de kanttekening worden gemaakt dat in Nederland en het VK voor dezelfde soorten onderzoek soms verschillende radionucliden worden gebruikt. Afhankelijk van de keuzes die daarin gemaakt worden, kan de gemiddelde effectieve dosis voor een onderzoek dus hoger of lager uitvallen. Cardiovasculaire onderzoeken hebben niet alleen een relatief hoge dosis per onderzoek, maar worden ook het meest frequent uitgevoerd. Zij leveren in de categorie nucleair geneeskundig onderzoek daarom de grootste bijdrage aan de gemiddelde effectieve dosis per inwoner (De Waard-Schalkx, 2012).

## 2.4 Kanttekeningen

Bij de vergelijking van de effectieve dosis van de top-20 radiologische verrichtingen in Nederland en het VK zijn de nodige kanttekeningen te plaatsen. Allereerst zit er in de gemiddelde effectieve dosis per verrichting een bepaalde onzekerheid, die onder andere afhangt van de grootte van de steekproef en de herkomst van de dosisgegevens. Voor Nederland is de onzekerheid voor alle top-20 verrichtingen in de orde van 50 procent. Voor het VK varieert de onzekerheid per verrichting van 10 procent tot 100 procent. Dit betekent dat de onzekerheidsmarges in de effectieve dosis van Nederland en het VK overlappen voor alle top-20 verrichtingen behalve (1) röntgenopname thorax, (9) barium klysma en (10) barium follow-through.

Zoals gezegd hangt de onzekerheid in de schatting van de effectieve dosis deels af van de grootte van de steekproef. Er zijn in Nederland 123 universitaire, algemene en categorale ziekenhuizen (Dutch Hospital Data, 2012). Daarvan namen elf ziekenhuizen (9 procent van het totaal) deel aan het Demonstratieproject Patiëntdosimetrie, dat als belangrijkste basis diende voor de effectieve dosis per verrichting in Nederland. Het is onduidelijk hoe representatief deze elf ziekenhuizen zijn, omdat deelname aan het project vrijwillig was. Verschillen in protocollen tussen ziekenhuizen voor dezelfde indicatie kunnen tot een aanzienlijk verschil in effectieve dosis leiden (European Commission, 2008a). Het is mogelijk dat de aan het demonstratieproject deelnemende ziekenhuizen meer dan gemiddelde ervaring hadden op het gebied van meting en management van de patiëntdosis. In dat geval zou men echter

Tabel 2: Effectieve dosis (E) per onderzoek voor nucleaire geneeskunde (2008, 2004)

Verrichting	Nuclide	Preparaat	E	E	ratio
			(mSv) NL	(mSv) VK	NL/VK
1. Botimaging	<sup>99m</sup> Tc	fosfaten/fosfonaten	3,6	3,4	1,0
2. Myocardperfusie	<sup>201</sup> Tl	chloride	24	17	1,4
3. Myocardperfusie, rust	<sup>99m</sup> Tc	tetrofosmine	4,4	3,1	1,4
4. Myocardperfusie, inspanning	<sup>99m</sup> Tc	tetrofosmine	7,8	—	
5. Myocardperfusie, rust	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	5,7	3,7	1,5
6. Myocardperfusie, inspanning	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	8,4	—	
7. Myocardperfusie (PET)	<sup>18</sup> F	fluorodeoxyglucose	—	3,6	
8. Myocardperfusie (PET)	<sup>15</sup> O	water	—	—	
9. Tumorimaging (PET)	<sup>18</sup> F	fluorodeoxyglucose	4,7	7,0	0,7
10. Tumorimaging (PET+CT)	<sup>18</sup> F	fluorodeoxyglucose	—	—	
11. Schildkliermetastasen	<sup>131</sup> I	jodide	5-11 <sup>1)</sup>	10	
12. Schildklierimaging <sup>2)</sup>	<sup>99m</sup> Tc	pertechnetaat	1,6	1,0	1,6
13. Schildklierimaging <sup>3)</sup>	<sup>123</sup> I	jodide	4,0	4,1	1,0
14. MUGA bloedflow/pool hart	<sup>99m</sup> Tc	DTPA	3,6	1,7	2,1
15. MUGA bloedflow/pool hart	<sup>99m</sup> Tc	Tc-erythrocyten	4,9	4,7	1,0
16. Dopamine transporter <sup>4)</sup>	<sup>123</sup> I	beta-CIT	9,2	—	
17. Dopamine transporter <sup>4)</sup>	<sup>123</sup> I	ioflupane	4,4	4,3	1,0
18. Longperfusie	<sup>99m</sup> Tc	MAA	0,8	1,0	0,9
19. Neuroendocriene tumoren	<sup>111</sup> In	penetreotide	—	18	
20. Imaging nieren	<sup>99m</sup> Tc	DMSA	0,9	0,7	1,3
21. Imaging nieren	<sup>99m</sup> Tc	MAG3	0,5	0,6	0,7
22. Imaging nieren	<sup>99m</sup> Tc	DTPA	—	1,0	
23. Imaging bijschildklier	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	4,9	5,2	0,9
24. Cerebrale bloedflow	<sup>99m</sup> Tc	exametazime	6,9	4,5	1,5
25. Cerebrale bloedflow	<sup>99m</sup> Tc	ECD (Neurolite)	—	1,1	
26. Imaging infectie/ontsteking	<sup>67</sup> Ga	galliumcitraat	—	14	
27. Imaging infectie/ontsteking	<sup>99m</sup> Tc	Tc-erythrocyten	5,3	2,2	2,4
28. Imaging infectie/ontsteking	<sup>99m</sup> Tc	monoclonalen	—	5,5	

1) range van door NVNG aanbevolen activiteiten, data uit enquête niet bruikbaar; 2) orale toediening, geen blocking; 3) schildklier uptake 35%; 4) bij ziekte van Parkinson; — = niet beschikbaar

Bij de berekening van de effectieve dosis is uitgegaan van de conversiefactoren in ICRP publicatie 80 (International Commission on Radiation Protection, 1998). Afkortingen: beta-CIT, 2 beta-carbomethoxy-3 beta-(4-iodophenyl)tropane; CT, computertomografie; DMSA, dimercaptosuccinic acid; DTPA, diethylene-triamine-pentaacetate; ECD, 1,2-ethylenediyl bis-L-cysteine diethylester; MAA, macroaggregated albumin; MAG3, mercaptoacetyltriglycine; MIBI, methoxyisobutylisonitrile; MUGA; multi-gated acquisition; NL, Nederland; NVNG, Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde; PET, positron emissietomografie; VK, Verenigd Koninkrijk van Groot-Brittannië en Noord-Ierland.

verwachten dat de werkelijke gemiddelde effectieve dosis per verrichting in Nederland hoger ligt, wat het verschil met het VK groter zou maken. Verder is in het demonstratieproject de dosis niet bepaald voor alle verrichtingen, waardoor een schatting van de gemiddelde patiëntendosis op basis van andere gegevens nodig was. De dosis per categorie verrichtingen was een schatting waarbij verschillende dosisgegevens gewogen zijn met het aantal verrichtingen (De Waard en Stoop, 2010b).

In het VK leveren 320 ziekenhuizen dosisdata aan de nationale database. Dit is ten minste 23 procent van het totaal aantal ziekenhuizen (Hart et al., 2012). Aan de andere kant bevat de nationale dosisdatabase in het VK ongeveer drie keer zo veel typen verrichtingen als in Nederland worden gehanteerd (European Commission, 2008a). De manier waarop die verrichtingen worden beschreven en gegroepeerd in de top-20 categorieën kan ook bijdragen aan verschillen in effectieve dosis per categorie met Nederland. Anders gezegd: hoewel de categorieën in beide landen dezelfde naam hebben gekregen, kunnen de onderliggende methoden binnen een categorie toch verschillen. Dit geldt met name voor categorieën zoals angiografie, waarin er veel verschillen in technieken en uitvoering zijn tussen ziekenhuizen. Bovendien kan de verdeling van het aantal specifieke verrichtingen binnen een top-20 categorie in de loop der jaren verschuiven, wat vergelijking van datasets uit verschillende jaren bemoeilijkt (De Waard-Schalkx, 2012).

De gegevens voor geabsorbeerde dosis per verrichting, waaruit de effectieve dosis werd berekend, zijn zowel voor Nederland als het VK inmiddels bijna tien jaar oud. Door de snelle ontwikkelingen in de techniek, met name bij interventieradiologie en CT, is het mogelijk dat de dosisgegevens niet meer up-to-date zijn. Voor planaire röntgenopnamen is dat risico kleiner, omdat de techniek daar sinds de digitalisatieslag eind jaren negentig wel is uitgekristalliseerd. Ten slotte hoeft de geregistreerde dosis in de database niet altijd geleid te hebben tot een optimale beeldkwaliteit. Dit bemoeilijkt zowel de vergelijking tussen ziekenhuizen als tussen landen. Hoewel er uit het onderzoek geen redenen naar voren zijn gekomen waarom in het VK een andere afweging wordt gemaakt tussen dosis en beeldkwaliteit dan in Nederland, valt dit ook niet uit te sluiten. Voor de nucleaire geneeskunde geldt een vergelijkbaar voorbehoud. Verschillende nucliden of technieken kunnen een verschillende patiëntdosis geven, maar ook verschillende informatie opleveren.

Een ander probleem vormen de verschillende dosismaten bij de verschillende modaliteiten van radiologisch onderzoek. Voor verschillende modaliteiten worden vaak verschillende grootheden voor de geabsorbeerde dosis gebruikt (intreedosis, dosis-lengteproduct enzovoort). Soms zijn die direct gemeten met een dosimeter maar veel vaker zijn ze afgeleid uit een tabel die in de software van de modaliteit is opgenomen. De voor geabsorbeerde dosis gebruikte grootheden zijn niet altijd nauwkeurig te vertalen naar effectieve dosis. Dit veroorzaakt extra 'ruis' die het moeilijker maakt om verschillen in effectieve dosis tussen modaliteiten en tussen landen te beoordelen.

Al met al is het lastig om de effectieve dosis per verrichting in Nederland en het VK één op één te vergelijken. Wel is het zo dat de verschillen voor de meer dosisintense radiologische onderzoeken meestal dezelfde kant op wijzen (Nederland hoger dan het VK). Als mogelijke redenen voor de relatief lage patiëntdosis in het VK in vergelijking met andere EU-lidstaten worden wel genoemd de lange historie van dosisenquêtes en een DRN-systeem met regelmatige updates (European Commission, 2008a). De rest van dit RIVM-rapport richt zich daarom op een vergelijking tussen Nederland en het VK van de

factoren die van invloed kunnen zijn op de patiëntdosis en op mogelijke verbeteringen in het systeem van dosismanagement in Nederland.



## 3 Verschillen in determinanten van de patiëntdosis

### 3.1 Gebruikte apparatuur en technieken

Dosisreductie is in de loop der jaren steeds meer een factor van belang geworden bij het ontwerp en afstellen van diagnostische radiologische apparatuur. De patiëntdosis zal dus mede afhangen van de ouderdom van die apparatuur. Er zijn echter geen duidelijke indicaties dat de ouderdom van apparatuur in Nederland verschilt van die in het VK. Dit geldt zowel voor de meest recente data (COCIR, 2009) als voor de periode waarvoor de laatste enquêtes van de geabsorbeerde dosis in beide landen werden gepubliceerd (COCIR, 2003). Ook de geïnterviewde experts hebben niet de indruk dat het 'wagenpark' van radiologische systemen in Nederland en het VK duidelijk van elkaar verschilt, noch qua ouderdom, noch qua variatie in merken of typen.

In de loop van de afgelopen twintig jaar is er een verschuiving geweest van diagnostische radiologische beeldvorming met fotografische film via 'computed radiography' (fotostimuleerbare fosforplaten die later worden gedigitaliseerd) naar 'direct digital radiography' (detectie en digitalisering in één systeem). Van deze laatste techniek zijn de 'flat panel detectors' het meest populair (Verma en Indrajit, 2008). Digitale systemen leiden niet per definitie tot een lagere dosis, omdat ze bij een bredere dosisrange werken en incorrect gebruik gemaskeerd kan worden door digitale beeldbewerking. Toch zijn er aanwijzingen dat het toenemend gebruik van flat panel detectors sinds 2005 bijdraagt aan dosisreductie, met name bij angiografie. In de periode waaruit de dosisgegevens voor Dose Datamed 2 stammen (2000-2005) werd in 40 procent van de radiologieruimten in het VK computed radiography gebruikt en in 5 procent flat panel detectors. In Nederland was op zijn minst een even hoog percentage digitaal. In 2010 waren de percentages computed radiography en flat panel detectors in het VK opgelopen tot respectievelijk 65 procent en 32 procent. In Nederland was al in 2007 90 procent van alle röntgendiagnostische apparatuur digitaal (Bijwaard en Brugmans, 2004; De Waard en Stoop, 2010a; Hart et al., 2012). Al met al is het dus niet waarschijnlijk dat de mate van digitalisatie in beide landen veel van elkaar verschilt.

In de periode 1991-2003 hebben zich grote technische ontwikkelingen voorgedaan bij CT. De toename in spiraal CT en vervolgens de evolutie van 'multi-slice'-technieken hadden potentieel kunnen leiden tot een toename in de patiëntdosis. In de praktijk hebben de toepassing van betere detectoren en dosisoptimalisatie toch gezorgd voor een daling van de gemiddelde patiëntdosis voor CT (Dougeni et al., 2012). In het VK is de effectieve dosis voor CT in de periode 1991-2003 met 10 tot 40 procent gedaald, zij het in mindere mate voor multi-slice dan voor single-slice technieken (Shrimpton et al., 2005; Shrimpton et al., 1999). In Nederland is de effectieve dosis per verrichting voor CT in de periode 1995-2003 met een vergelijkbaar percentage gedaald (Brugmans et al., 2002; European Commission, te verschijnen). Nu de grote technologische ontwikkelingen in CT achter de rug zijn, richten de fabrikanten zich steeds meer op dosisreductie. Het is echter mogelijk dat er op lokaal niveau in de ziekenhuizen nog verbetering mogelijk is in het gebruik van de mogelijkheden voor dosisoptimalisatie in de apparatuur. Ontwikkeling en gebruik van de door de fabrikant ingebouwde mogelijkheden kosten veel energie en nascholing, waardoor de dosis in de praktijk niet optimaal hoeft te zijn. Omdat het wijzigen van de bij CT-scanners geleverde standaardprotocollen lastig en tijdrovend is, zullen deze protocollen vaak vergelijkbaar zijn in verschillende ziekenhuizen en

landen. Dit kan één van redenen zijn voor het feit dat de verschillen in patiëntdoses voor CT in Nederland en het VK relatief klein zijn.

De digitale beelden van verschillende modaliteiten (röntgen, PET, CT, MRI, ultrasound) kunnen worden gearchiveerd, doorzocht en uitgewisseld met een 'Picture Archiving and Communication System' (PACS) (Huang, 2011). Hoewel er in het VK een succesvolle uitrol van PACS-systemen is geweest, lijkt daarbij onvoldoende aandacht te zijn besteed aan standaardisatie en uitwisselbaarheid van de digitale gegevens. Er is tussen ziekenhuizen een grote verscheidenheid aan leveranciers en binnen ziekenhuizen een gebrekkige koppeling aan elektronische informatie over de patiënt en dosimetrie in ziekenhuis- en radiologische informatiesystemen (Royal College of Radiologists, 2009). Ook in Nederland wordt bijna alle digitale beelden in een PACS opgeslagen. Hoewel in het PACS ook dosisgegevens kunnen worden vastgelegd, is dit bij een minderheid van verrichtingen het geval (De Waard en Stoop, 2010a). Voor het verzamelen van in PACS opgeslagen elektronische dosisinformatie is inmiddels een succesvolle pilot gedraaid in twee Nederlandse ziekenhuizen. De gebruiksvriendelijkheid en verdere verwerking en presentatie van verkregen data kunnen nog verbeterd worden, vóór de methode breder wordt toegepast.

### 3.2 Inzicht in de patiëntdosis

In de periode 1983-1991 werden door de Health Protection Agency (HPA) twee nationale enquêtes van patiëntdosis uitgevoerd, voor routinematige röntgenonderzoeken en voor CT. Deze lieten een grote variatie in de patiëntdosis tussen ziekenhuizen zien, wat suggereerde dat dosisreductie mogelijk was. Na een aanbeveling van het Royal College of Radiologists in 1990 ontwikkelde HPA een nationaal protocol voor meting van patiëntdoses in de diagnostische radiologie, waarin specifieke DRN werden aanbevolen in eenvoudig te meten eenheden (intreedosis, dosis-oppervlakteproduct) (Wall en Shrimpton, 1995). Deze DRN werden gedefinieerd als de bovenwaarde van het derde kwartiel van de verdeling van de gemiddelde doses voor individuele ziekenhuizen die deelnamen aan de nationale enquête. HPA beval aan dat overschrijding van deze DRN tot nader onderzoek van de oorzaak en aanpassing van de technieken of apparatuur moesten leiden. Wel bleef er ruimte voor flexibiliteit, door hogere doses dan de DRN toe te staan bij een gegronde klinische indicatie (Shrimpton et al., 1999). De door HPA ontwikkelde referentieniveaus werden overgenomen in Europese aanbevelingen voor kwaliteitscriteria voor diagnostische radiologische beelden (European Commission, 1996).

Het leveren van dosisdata aan de nationale database is vrijwillig en de door HPA gepubliceerde data zijn niet te herleiden tot individuele ziekenhuizen. De deelnemende ziekenhuizen, ongeveer een kwart van het totaal in het VK, hebben echter door hun deelname invloed op het systeem van dosismanagement. In de jaren 1995-2000 was er toenemende aandacht voor lokale monitoring van de patiëntdosis en vergelijking daarvan met nationale normen (nationale patiëntdosimetrie protocollen en DRN). Dit droeg bij aan de invoering van dosisefficiënte procedures en dosisbesparende opties in röntgenapparatuur (Hart en Wall, 2002). In de periode 1995-2000 daalde de gemiddelde patiëntdosis voor diagnostische röntgenopnamen, wat leidde tot verlaging van de DRN met 20 procent en een halvering vergeleken met de situatie in 1985. Er was echter nog steeds aanzienlijke variatie tussen ziekenhuizen. Het aantal DRN werd uitgebreid naar meer onderzoeken voor volwassenen en drie onderzoeken voor kinderen tot 15 jaar (Hart et al., 2002).

In periode 2000-2005 daalde de patiëntdosis röntgen verder en werden de DRN met gemiddeld 16 procent verlaagd. Voor onderzoeken bij kinderen werden de DRN zelfs met 50 procent verlaagd. De daling van de patiëntdosis bij interventies was echter niet significant. Het aantal onderzoekscategorieën werd opnieuw uitgebreid. Er was nog steeds een grote variabiliteit tussen ziekenhuizen, maar wel enige afname in de spreiding. Voor het eerst werden tandheelkundige röntgenonderzoeken meegenomen en bijbehorende DRN afgeleid (Hart et al., 2007). In de periode 2005-2010 bleef het aantal participerende ziekenhuizen gelijk (circa 25 procent), maar werden er bijna twee keer zoveel doses vergaard als in de vorige enquête. De DRN voor diagnostische röntgenonderzoeken werden gemiddeld 10 procent lager, maar er werd slechts voor een deel van de verrichtingen een verlaging van DRN geadviseerd. Er was nog steeds aanzienlijke spreiding tussen ziekenhuizen (Hart et al., 2012). De verwachting is dat het deelnamepercentage zal stijgen als er op Europees niveau een verplichting komt voor ziekenhuizen om dosisdata te leveren voor nationale overzichten.

Voor CT-onderzoeken heeft HPA aparte nationale enquêtes gepubliceerd op basis van dosisdata uit 1991 en 2003. De resultaten van een derde enquête zullen naar verwachting eind 2012 worden gepubliceerd. De resultaten worden bijgehouden in een aparte nationale database ('PREDICT'). De enquête voor 2003 betrof 25 procent van de scanners in het VK, waarvan 37 procent multi-slice mogelijkheden had. Gemiddeld waren de DRN voor 2003 10 tot 40 procent lager dan die op basis van de voorgaande enquête uit 1991. Multi-slice-CT gaf echter een hogere geabsorbeerde dosis dan single-slice-CT. Er was een grote variabiliteit tussen ziekenhuizen in de gebruikte technieken en dosis voor vergelijkbare onderzoeken (Shrimpton et al., 2005). Een probleem bij het analyseren van dosistrends bij CT is dat de ontwikkelingen in de techniek gepaard gingen met veranderingen in het type onderzoek en de verkregen beeldkwaliteit en klinische informatie. Bij röntgenonderzoeken en fluoroscopie hebben de technische ontwikkelingen de vraagstelling en de aard van de verkregen informatie daarentegen niet wezenlijk veranderd.

In Nederland werden ontwikkelingen in de patiëntdosis tussen 1990 en 2010 niet zoals in het VK centraal en systematisch verzameld. In de jaren negentig zijn er wel individuele onderzoeken gepubliceerd die voor een deel van de top-20 verrichtingen een indicatie geven van de dosis (zie bijvoorbeeld Geleijns et al., 1998; Geleijns et al., 1997; Geleijns et al., 1995; Van Unnik et al., 1997; Zoetelief et al., 1998). In 2004 werden voor het eerst op een meer systematische basis verzamelde gegevens van elf ziekenhuizen gepubliceerd voor de geabsorbeerde dosis van verschillende typen verrichtingen binnen de categorieën röntgenopnamen, mammografie, fluoroscopie en CT (Geleijns et al., 2004). Worden de hieruit berekende effectieve doses per onderzoek vergeleken met die van de literatuur uit medio jaren negentig, dan zijn voor de meer dosisintense onderzoeken afnames van ruwweg tussen de 30 en 50 procent te zien. Hierbij moet wel de kanttekening worden gemaakt dat de definities van de categorieën onderzoek en de aard en grootte van de steekproef kunnen verschillen. Ook kunnen er in de loop der tijd verschuivingen binnen categorieën optreden, zoals die van diagnostische naar therapeutische angiografie, wat het lastig maakt om dosistrends te analyseren.

Een werkgroep DRN heeft de in 2004 gepubliceerde dosisgegevens, aangevuld met gegevens uit buitenlandse publicaties, als basis gebruikt voor het opstellen van Nederlandse DRN voor elf representatieve verrichtingen. Daarbij zijn vier verrichtingen bij kinderen, onderverdeeld naar leeftijd, waar dus een aparte afweging voor moet worden gemaakt. Daarnaast zijn er streefwaarden lager dan



de DRN opgesteld, omdat bij moderne beeldvormende apparatuur en optimalisatie een lager dosisniveau haalbaar kan zijn (Veldkamp et al., 2012). In het VK heeft HPA inmiddels 60 DRN opgesteld, waarvan zeven voor kinderen (Hart et al., 2012; Shrimpton et al., 2005). In Nederland is bewust gekozen voor een meer steekproefsgewijze aanpak. De werkgroep DRN heeft niet de bedoeling om het aantal DRN verregaand uit te breiden. De geselecteerde verrichtingen worden veel gebruikt of gaan gepaard met een aanzienlijke stralingsbelasting. De verwachting is dat als men zich houdt aan DRN voor de geselecteerde verrichtingen, dit een goede indicator is voor dosismanagement van het hele spectrum aan verrichtingen. Als de Nederlandse DRN worden vergeleken met DRN in het VK waarvan de dosisgegevens uit dezelfde periode stammen (2003-2005), valt op dat de DRN voor volwassenen in het VK wat lager liggen dan die in Nederland. De Nederlandse dosisgegevens en DRN zijn op een kleiner percentage ziekenhuizen gebaseerd dan die in het VK. Zoals eerder aangegeven is het nog niet duidelijk hoe representatief deze steekproef is.

Concluderend lijkt er in het VK een duidelijke samenhang te zijn tussen het publiceren en bijstellen van landelijke DRN en dalende patiëntdoses. Het is echter moeilijk te zeggen in hoeverre dat verband oorzakelijk is. In het decennium voorafgaande aan het opstellen van landelijke DRN zijn ook in Nederland aanzienlijke dosisreducties bereikt. Het is duidelijk dat ook andere factoren dan een systeem van DRN kunnen bijdragen aan dosisreductie, bijvoorbeeld scholing en bewustwording van de betrokken beroepsgroepen. Daarnaast hoeft het zich houden aan DRN niet altijd synoniem te zijn met goede praktijken. Kwaliteitscontrole en streven naar dosisoptimalisatie blijven nodig, vooral als de dosis al onder de DRN ligt (European Commission, 1999).

### 3.3 Nationale wetgeving en aanbevelingen

Richtlijn 97/43/EURATOM verplicht de lidstaten onder andere tot het instellen en bevorderen van DRN en de bijbehorende richtsnoeren. In het VK werden de bepalingen in de richtlijn in 2000 getransponeerd in de 'Ionising radiation (medical exposures) regulations' met toelichting van het ministerie van Volksgezondheid (Department of Health) (Department of Health, 2000a; Department of Health, 2000b). Deze schrijven voor dat de werkgever DRN instelt voor alle standaard radiologische en nucleair geneeskundige onderzoeken en interventies en bij consistente overschrijding daarvan zo nodig corrigerende maatregelen neemt. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van nationale DRN en lokale blootstellingsgegevens, maar moet ook rekening worden gehouden met Europese DRN waar deze beschikbaar zijn. Een door het ministerie ingestelde nationale werkgroep besliste in 2000 dat de DRN van HPA uit 1995 voor röntgenopnamen en fluoroscopie als nationale DRN overgenomen werden en dat deze elke vijf jaar herzien moesten worden (Hart et al., 2002). In 2007 nam het Department of Health de DRN van HPA voor röntgenopnamen en fluoroscopie uit 2000 en die voor CT uit 2003 over als nationale DRN (Department of Health, 2007). In totaal betrof dit DRN voor 39 onderzoeken, waarvan vijf bij kinderen. Naar verwachting zullen in het najaar van 2012 nieuwe nationale DRN worden vastgesteld op basis van de meest recente DRN van HPA. De 'Ionising radiation (medical exposures) regulations' schrijven ook voor dat incidenten waarbij de patiënt een veel hogere blootstelling ontving dan bedoeld worden onderzocht en gemeld. Zij worden gehandhaafd door de Care Quality Commission, die inspecties uitvoert en incidenten onderzoekt (Care Quality Commission, 2012). Bij inspecties kunnen de lokale DRN vergeleken worden met de door het Department of Health vastgestelde nationale DRN.

Ter ondersteuning van het systeem van nationale DRN in het VK werden aanbevelingen voor de opzet en het gebruik ervan gedaan door nationale organisaties en vakverenigingen. Zo heeft de Britse 'Health and Safety Executive' (Arbeidsinspectie) brochures uitgebracht met uitleg van de verplichtingen rond management van de dosis en radiologische apparatuur (Health and Safety Executive, 2001; Health and Safety Executive, 2003). Ook heeft de vakvereniging voor klinisch fysici, het Institute for Physics and Engineering in Medicine, richtsnoeren gepubliceerd voor ontwikkeling en gebruik van DRN in de diagnostische radiologie, die in de praktijk invloedrijk zijn gebleken (IPEM DRL Working Party, 2004). HPA geeft aan dat het voor optimalisatie van de lokale praktijk in ziekenhuizen belangrijk is om lokale dosisauditstandaarden in te stellen die lager kunnen zijn dan de nationale DRN, gebaseerd op lokale dosisdistributies (Wall, 2005). Voor nucleaire geneeskunde werden de DRN in de aanbevelingen van het Administration of Radioactive Substances Advisory Committee overgenomen (Department of Health, 2007). Deze specificeren de toe te dienen 'maximale normale activiteiten' voor bijna 100 typen verrichtingen. Individuele uitzondering van de aanbevolen activiteiten is toegestaan met een gegronde klinische reden, maar voor systematisch hogere dosis is een nieuw certificaat nodig met een duidelijke motivatie (Administration of Radioactive Substances Advisory Committee, 2011).

In Nederland zijn de bepalingen uit Richtlijn 97/43/EURATOM getransponeerd in hoofdstuk 6 van het Besluit stralingsbescherming uit 2002 (Ministerie van SZW, 2002). Artikel 59 van het Besluit stelt dat de minister van VWS de vaststelling en het gebruik van DRN voor radiodiagnostische verrichtingen en het opstellen van protocollen ter zake bevordert. Daarnaast dient nieuwe apparatuur een voorziening te hebben die de stralingsdosis tijdens een radiologische verrichting aangeeft. De wettelijke eisen gaan dus minder ver dan die in het VK, waar voor alle ziekenhuizen een systeem van DRN verplicht wordt gesteld. Wel werden er op verzoek van het ministerie van VWS nationale DRN opgesteld door een werkgroep van de Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie (Veldkamp et al., 2008). Het is de bedoeling dat deze DRN een vaste plaats zullen krijgen in de systemen voor kwaliteitsborging van de Nederlandse ziekenhuizen (Veldkamp et al., 2012). Voor diagnostische onderzoeken met radionucliden heeft de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde aanbevelingen uitgebracht waarin ook toe te dienen activiteiten worden vermeld (Commissie Kwaliteitsbevordering van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde, 2007).

### **3.4 Systeem van gezondheidszorg en beroepsgroepen**

Het bestaande zorgstelsel in een land kan een rol spelen in de stralingsbelasting van de bevolking. Vaak gaat het om factoren die het aantal verrichtingen beïnvloeden en niet zozeer de patiëntdosis: hoe eenvoudig kan een patiënt naar een radioloog; waar is röntgenapparatuur voorhanden, bijvoorbeeld bij de huisarts; bestaan er veel privé-instellingen waar onderzoeken worden verricht; hoe is het betalingssysteem; wordt een radioloog (of andere specialist) per röntgenopname betaald of is deze in loondienst? (Meeuwse, 2006). In het VK heeft het Royal College of Radiologists een praktische gids uitgebracht voor verwijzend artsen met aanbevelingen voor de meest geschikte techniek voor een gegeven diagnostisch of imagingprobleem (Royal College of Radiologists, 2012). Er bestaat een Nederlandse vertaling van Europese richtsnoeren voor verwijzing naar beeldvormend onderzoek, die deels op een eerdere versie van de Britse gids is gebaseerd (Europese Commissie, 2000). Het is echter de vraag of die in de praktijk voldoende wordt gebruikt. Dit soort richtsnoeren zal vooral de

frequentie van radiologische verrichtingen beïnvloeden, bijvoorbeeld omdat men soms voor CT kiest terwijl echografie voldoende informatie geeft voor de diagnose. Het is mogelijk dat optimalisatie van het aanvraagbeleid uitstraalt naar optimalisatie van de patiëntdosis, maar er zijn ook factoren die direct invloed hebben op de patiëntdosis.

Radiologen, radiodiagnostisch laboranten en klinisch fysici hebben een belangrijke rol bij het optimaliseren van de patiëntdosis in verhouding tot de kwaliteit van de verkregen informatie. Er zijn in Nederland minder klinisch fysici en radiologisch laboranten per hoofd van de bevolking dan in het VK (European Commission, 2008a). Bovendien geven de geïnterviewde experts aan dat er in het VK meer klinisch fysici zijn die zich uitsluitend toegelegd hebben op de diagnostische radiologie. Artikel 66 van het Besluit stralingsbescherming schrijft weliswaar voor dat bij radiologische verrichtingen een klinisch fysicus bereikbaar moet zijn voor advies, maar niet hoeveel tijd die aan specifieke disciplines moet besteden. Klinisch fysicus maakt pas sinds 2009 deel uit van de Wet beroepen in de individuele gezondheidszorg als beschermde opleidingstitel. Er is in het VK ook een grotere groep fysici bezig met innovatie. De nieuwe ontwikkelingen komen niet alleen vanuit een bepaald ziekenhuis of instituut, maar ook van de overkoepelende organisaties die samenwerken met de leveranciers. Zo zijn er als onderdeel van de NHS regionale afdelingen medische fysica ('Regional Medical Physics Departments') waarin informatie over het testen en optimaliseren van radiologische systemen wordt uitgewisseld en gecoördineerd (Martin, 2011). In het VK participeren de fabrikanten van radiodiagnostische apparatuur op nationaal niveau in gebruikersgroepen en zijn zij zich bewust van het belang van dosisreductie als middel in de marketing.

In het VK wordt de selectie en aankoop van nieuwe radiodiagnostische apparatuur vaak op landelijk niveau gecoördineerd door de National Health Service (NHS). Tot voor kort werden bijvoorbeeld kritische evaluaties van specifieke apparatuur uitgebracht door het Centre for Evidence-based Purchasing van de NHS (zie bijvoorbeeld KCARE et al., 2009; Mackenzie et al., 2008). Ook in de Nederlandse ziekenhuizen wordt vóór aanschaf van nieuwe apparatuur wel naar deze NHS-rapporten gekeken, waardoor de afwegingen in beide landen vergelijkbaar kunnen zijn. Toch lijkt er in Nederland meer vrijheid te zijn voor individuele ziekenhuizen om de precieze configuratie van apparatuur te kiezen. De invloed hiervan op de patiëntdosis is moeilijk in te schatten, maar kan potentieel voor meer variatie tussen ziekenhuizen zorgen. Hierbij speelt ook een rol dat meer opties in het systeem hogere kosten kunnen geven. Na aanschaf wordt getest of het systeem optimaal is afgesteld. Hiervoor heeft de Nederlandse Vereniging voor Klinische Fysica (NVKF) een acceptatieprotocol opgesteld, dat mogelijk zal helpen de leveranciers dosisbewuster te maken. In de beginfase na installatie en bij het opstellen van protocollen vindt normaliter overleg plaats tussen radiologen, klinisch fysici en radiologisch laboranten.

## 4 Mogelijkheden voor verbetering van dosismangement in Nederland

Uit de vergelijking van de situatie in Nederland en het VK en de opmerkingen van de geïnterviewde experts kunnen suggesties voor verbetering van het systeem van dosismangement in Nederland worden gedistilleerd.

### 4.1 Omgang met apparatuur

Voor optimalisatie van de patiëntdosis in de ziekenhuizen is het van belang dat informatie over de dosis direct zichtbaar is op het apparaat en in een bruikbaar formaat uitgevoerd kan worden naar andere applicaties en netwerken. Daarbij zou het helpen als er meer standaardisatie is in de door de leveranciers van apparatuur gebruikte definities en eenheden. Zo zijn er bijvoorbeeld grote verschillen tussen leveranciers in eenheden van de gegeven waarden voor het dosis-oppervlakteproduct. Het lijkt soms moeilijk om nieuwe instellingen bij de leveranciers gedaan te krijgen en hen dergelijke innovaties mee te laten nemen naar andere ziekenhuizen. Naast de geabsorbeerde dosis is de 'exposure index', de dosis die op de detector valt, van belang. De exposure index helpt de radiologisch laborant om de signaal-ruisverhouding en de digitale beeldkwaliteit in te schatten (Seibert en Morin, 2011). Ieder merk apparatuur heeft weer zijn eigen definitie voor de exposure index, maar recentelijk zijn hiervoor internationaal gestandaardiseerde definities ingevoerd (Nederlands Normalisatie-instituut, 2009; American Association of Physicists in Medicine, 2009). Het zou helpen als die op nieuwe apparatuur wordt aangegeven.

In CT-systemen zijn in de afgelopen tien jaar steeds meer mogelijkheden gekomen en de snellere scanners maken potentieel langere en complexere onderzoeken mogelijk. Daardoor is het ook ingewikkelder geworden om afwegingen over scanprotocollen te maken en om de dosis te optimaliseren. Zo was er in 2005 in het VK in 15 procent van de scanners informatie opgenomen over een dosisreductietechnologie als 'automatic tube current modulation', maar werd die slechts gebruikt in 15 procent van de sequenties (Shrimpton et al., 2005). Andere optimalisatiestrategieën zoals 'low tube voltage'-protocollen, iteratieve reconstructie algoritmen en 'prospective echocardiography-triggered coronary angiography' kunnen ook bijdragen aan dosisreductie (Dougeni et al., 2012). Meer landelijke coördinatie en standaardisatie van CT-protocollen en feedback naar leveranciers kan hierbij helpen. Daarbij is het van belang niet alleen in de beginfase bij het opstellen van protocollen, maar ook daarna periodiek te kijken of de dosis optimaal is ingesteld. Hierbij spelen de afdelingen Medische Technologie in overleg met de fabrikant een rol, maar ook de laborant die de scanparameters per patiënt instelt. Fabrikanten hebben dat inmiddels wat gemakkelijker gemaakt door het leveren van gebruiksvriendelijke protocollen voor kwaliteitscontrole. Meer lopend inzicht in de dosis zou daarbij ook kunnen helpen.

In de laatste dosisenquête in 2011 is gevraagd naar details van de gebruikte protocollen bij bepaalde vraagstellingen, met als doel feedback te kunnen geven aan die ziekenhuizen die significant afwijkende protocollen hanteren. Men kan het bewustzijn van optimalisatie verhogen door deze vragen op gezette tijden te laten terugkomen in de dosisenquête. Ook zou er landelijk meer aandacht kunnen zijn voor optimalisatie vanuit de beroepsgroepen door (na)scholing en

vanuit de overheid, bijvoorbeeld bij inspectierondes. Daarbij moet wel in het oog worden gehouden dat het niet alleen gaat om dosisreductie, maar ook om minimale eisen voor de beeldkwaliteit. Die eisen hangen af van het onderzoeksdoel: ze zullen bijvoorbeeld hoger zijn voor de oncologie dan voor routineonderzoek. Afhankelijk van de technische verschillen tussen de diverse merken apparatuur kan het zijn dat er per merk een dosis voor de gemiddelde patiënt en exposure index voor de noodzakelijke beeldkwaliteit wordt gedefinieerd.

#### **4.2 Omgang met radiologische informatie**

Om de uitwisseling van informatie uit PACS te vergemakkelijken is een internationale standaard ontwikkeld voor het bestandsformaat en communicatieprotocol van digitale beelden: DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Hiermee kunnen beelden, plots en gestructureerde rapporten van diverse modaliteiten worden doorzocht, opgeroepen en gekoppeld (Gibaud, 2011). Die standaard garandeert echter niet dat alle relevante informatie ook ingevoerd en gemakkelijk opvraagbaar is. Bij de dosisenquête van 2011 is geconstateerd dat er in Nederland een grote variatie is in dataformaten, eenheden en invulmechanismen. Dit maakt de verdere verwerking van data en het verkrijgen van actueel inzicht lastig. Dit systeem zou daarom beter kunnen worden gestandaardiseerd. Daarnaast was de informatie vaak lastig uit het systeem te halen omdat het als bedrijfsgeheim werd gezien, verborgen bleef of niet dupliceerbaar was naar andere systemen. De gegevens moeten dan van het scherm worden afgelezen en handmatig genoteerd.

Er zijn drie ontwikkelingen te noemen die helpen bij het gestandaardiseerd onttrekken van dosisgegevens uit een modaliteit. Ten eerste is binnen de DICOM standaard een bestandsformaat ontwikkeld voor dosisgegevens uit een diagnostische modaliteit, het zogenaamde DICOM Radiation Dose Structured Report (DICOM RDSR). Dit bevat informatie over patiënt, onderzoek, dosis en technische en geometrische informatie voor interventies (Balter en Blendinger, 2009). Om hier goed mee te kunnen werken moet wel aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan. PACS-archieven dienen de DICOM RDSR-bestanden te kunnen opslaan en er dient software te komen die de bestanden uit kan lezen. De ziekenhuizen moeten er voor zorgen dat zo veel mogelijk röntgenmodaliteiten een DICOM RDSR kunnen sturen. Dit kan door het op te nemen in het programma van eisen tijdens de aanschaf van modaliteiten of soms door het aanschaffen van een software-upgrade. De fabrikanten van röntgenapparatuur zijn meer en meer in staat om een DICOM RDSR in hun software te implementeren.

Ten tweede is er een standaardwerkwijze nodig om de dosisgegevens uit een modaliteit te halen en die met software te analyseren. De data van verrichtingen anders dan CT die in de enquête van 2011 aangeleverd werden zijn niet altijd even bruikbaar. Het verzamelen ervan kostte de ziekenhuizen veel tijd. Een gestandaardiseerde werkwijze maakt het ook gemakkelijker om vervolgens feedback te geven aan de ziekenhuizen en verbeteringen te sturen. De organisatie Integrating the Healthcare Enterprise (IHE) heeft hiervoor het 'Radiation Exposure Monitoring'-integratieprofiel ontwikkeld (Balter en Blendinger, 2009). Daarin wordt in basale elementen beschreven hoe dosisinformatie uit een modaliteit in een DICOM RDSR-bestandsformaat naar het PACS wordt gestuurd en opgeslagen. Daarnaast beschrijft het hoe het archief met DICOM RDSR-bestanden door een 'Dose Reporter' (analysesoftware voor

dosisinformatie) wordt uitgelezen. De gebruiker kan daarmee via zoekopdrachten de gewenste informatie uit het archief van beschikbare DICOM RDSR-bestanden halen. Een voorbeeld van een zoekopdracht zou zijn: 'geef het gemiddelde dosis-lengteproduct van een CT standaard abdomen gemaakt tussen datum x en datum y op scanner z'. Via dergelijke zoekopdrachten kan bijvoorbeeld de actuele dosis gerelateerd worden aan DRN of kan de dosis vóór en na een dosisbeperkende maatregel worden vergeleken.

Ten derde is voor de standaardisatie en uitwisselbaarheid van bovenstaande gegevens een uniforme terminologie van radiologische verrichtingen en beelden nodig. De Radiological Society of North America heeft daarvoor de RadLex-standaard ontwikkeld (Hong et al., 2012). Deze standaard wordt ook door IHE toegepast en kan op die manier wereldwijd in standaardwerkwijzen worden opgenomen (IHE, 2012). Dit zou het gemakkelijker moeten maken om dosisdata tussen verschillende landen te vergelijken. In Nederland is men echter nog niet zo ver met het adopteren van de RadLex-standaard. Via beroepsverenigingen als de Nederlandse Vereniging voor Radiologie (NVvR) zou hieraan meer aandacht besteed kunnen worden. Wanneer afdelingen Radiologie in Nederland dezelfde benamingen hanteren voor radiologische verrichtingen kan de dosis per verrichting ook gemakkelijker binnen Nederland worden vergeleken.

De IGZ zou het bewustwordingsproces kunnen faciliteren door ziekenhuizen en leveranciers te attenderen op het DICOM RDSR-bestandsformaat en hen te stimuleren daarnaar te vragen bij aanschaf van nieuwe apparatuur. De software voor 'Dose Reporters' kost geld en de IGZ kan misschien helpen te zorgen dat landelijk voor een vergelijkbaar systeem of leverancier wordt gekozen. Dat zou besparingen kunnen opleveren en voor meer standaardisatie kunnen zorgen. Daarnaast zou het bij inspectietrajecten zoals dat in de kinderradiologie nuttig kunnen zijn om gemakkelijk over relevante dosisdata te kunnen beschikken. Ook het RIVM heeft belang bij bredere invoering en standaardisering van bestandsformaten en Dose Reporters. De data voor het project Medische Stralingstoepassingen kunnen dan in meer gestandaardiseerde en bruikbare vorm worden aangeleverd.

### **4.3 Omgang met diagnostische referentieniveaus**

In het VK worden DRN bij wet verplicht gesteld en officieel vastgesteld door het Department of Health. Voor Nederland lijkt dit systeem minder geschikt, omdat er een traditie bestaat om dit soort zaken decentraal te regelen via de beroepsgroepen. De eerste DRN zijn in 2008 opgesteld door een werkgroep van de Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie en in 2012 werd het eindrapport van het DRN-project gepubliceerd (Veldkamp et al., 2012). Het ontbreekt momenteel nog aan gegevens om in te schatten in hoeverre DRN werkelijk zijn geïmplementeerd in de Nederlandse ziekenhuizen en hoe ze zich verhouden tot de werkelijke dosis. De indruk van de geraadpleegde experts is dat men er nog niet zo consequent mee bezig is en het misschien enige tijd zal duren voordat het DRN-systeem overal draait en onderdeel uitmaakt van lokale kwaliteitssystemen. Onderzoek van het RIVM en externe experts naar recente dosisgegevens loopt nog, maar er zijn indicaties dat de respons beperkt is. Meer onderzoek naar opvolging van de nationale DRN in het veld zou zinvol kunnen zijn.

Het DRN-project en het onderzoek naar dosisreductie werd tot nu toe vooral gedragen door een aantal grote, centrale ziekenhuizen. Het is daarom mogelijk dat het streven naar lagere dosis met acceptatie van een wat lagere beeldkwaliteit meer geldt in de grote, centrale ziekenhuizen dan in perifere

ziekenhuizen. Men heeft in de grote ziekenhuizen meer middelen om hier onderzoek naar te doen. Daarom lijkt het met name voor de kleinere, perifere ziekenhuizen belangrijk om met de gepubliceerde DRN aan de gang te gaan. Vooral bij plaatsing van nieuwe apparatuur is het vaak mogelijk om een lagere dosis in te stellen met dezelfde beeldkwaliteit. Het gebeurt echter nogal eens dat men de oude protocollen zo letterlijk mogelijk overneemt op de nieuwe apparatuur. Een goede introductie van dosisbesparende innovaties begeleid door klinisch fysici, goed toepassen van DRN en actualisatie van protocollen kan bijdragen aan verbetering.

Om te kunnen beoordelen of aan de DRN wordt voldaan zal er ook in individuele ziekenhuizen moeten worden gemeten aan de patiëntdosis. Als er in meer Nederlandse ziekenhuizen wordt gemeten, wordt het ook gemakkelijker om onderlinge vergelijkingen te maken. Omdat de beschikbaarheid van klinisch fysici beperkt is, zouden hierbij radiologisch laboranten ingeschakeld kunnen worden. Men zou bijvoorbeeld het bewustzijn rond DRN al tijdens de opleiding kunnen ontwikkelen door leerlingen in stageprojecten een DRN op te laten stellen voor een specifieke verrichting. Desgewenst kunnen hierbij ook dosismetingen worden uitgevoerd voor nieuwe verrichtingen die nog niet in de nationale DRN voorkomen.

Ook de leveranciers kunnen bijdragen aan het breder toepassen van DRN en de daarmee samenhangende dosisreductiestrategieën. Zo zouden niet alleen de CT-dosisindex en het dosis-lengteproduct standaard gerapporteerd kunnen worden op alle CT-scanners, maar ook een waarschuwing worden gegeven als het DRN wordt overschreden. De leveranciers zouden ook standaard een set lage dosisprotocollen kunnen verstrekken (European Medical ALARA Network, 2011). Ziekenhuizen kunnen mede daardoor gestimuleerd worden om waar mogelijk lager dan DRN te gaan.

Het bestuur van de Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie heeft inmiddels besloten om zijn rapporten en adviezen periodiek te beoordelen op actualiteit en indien gewenst aan te passen. Daarbij zou overwogen kunnen worden om aandacht te besteden aan '3D-verrichtingen'. Bij 3D-verrichtingen worden röntgenbeelden uit twee of meer vlakken gereconstrueerd tot een driedimensionaal beeld, bijvoorbeeld in de coronaire angiografie. Patiënten worden dan potentieel blootgesteld aan een hoger dosis dan bij klassieke doorlichting in één vlak (Wielandts, 2010).

De werkgroep DRN is van plan een voorstel uit te werken om iedere twee of drie jaar een workshop DRN te organiseren. Coördinatie en regelmatige publicatie van DRN, op zowel nationaal als lokaal niveau, is belangrijk omdat de betrokkenen dan vertrouwd raken met het belang ervan. In het VK lijkt dit een belangrijke rol in het bewustzijn rond dosisreductie te hebben gespeeld. Men werkt daar momenteel aan meer automatisering in het systeem en beweegt in de richting van frequentere, liefst continue monitoring. Hoewel het DRN-systeem in het VK samenging met verlaging van de gemiddelde effectieve dosis per verrichting, bleef er tot nu toe wel aanzienlijke spreiding tussen ziekenhuizen (zie paragraaf 3.2). Er lijkt dus meer nodig dan een goed geolied DRN-systeem om die spreiding te verkleinen. De suggesties voor verbetering op het vlak van apparatuur en radiologische informatiesystemen in paragraaf 4.1 en 4.2 zouden daarbij kunnen helpen. Om alle drie factoren (apparatuur, informatiesystemen, DRN) te optimaliseren is landelijke coördinatie belangrijk.

#### 4.4 Landelijke coördinatie en scholing

De geïnterviewde experts hebben de indruk dat er in Nederland de nodige variatie is tussen ziekenhuizen wat betreft dosisadministratie en dosisreductiestrategieën. Ieder ziekenhuis heeft een eigen cultuur, radiologisch informatiesysteem en indeling van onderzoeken. Het invoeren van PACS en DICOM-systemen alleen is niet voldoende om deze variatie te verkleinen. Er is ruimte voor meer landelijke coördinatie van deze systemen tussen ziekenhuizen. De leveranciers van radiologische apparatuur kunnen daarbij helpen door optimale instellingen met een zo laag mogelijke dosis in het ene ziekenhuis door te geven aan andere ziekenhuizen. Zo zouden bijvoorbeeld lage-dosisprotocollen voor CT uitgewisseld kunnen worden in een nationaal platform (European Medical ALARA Network, 2011).

Bij het streven naar meer landelijke acceptatie van DRN-systemen, standaardprotocollen en dosisadministratietechnieken kunnen de beroepsverenigingen een belangrijke rol spelen. Volgens de geïnterviewde experts is de invloed van de beroepsverenigingen in de Verenigde Staten en het VK groter dan in Nederland. In de Verenigde Staten heeft men bijvoorbeeld centrale lijsten met protocollen opgesteld voor veel voorkomende onderzoeken. In het VK hebben nationale werkgroepen van klinisch fysici en rapporten van het Institute for Physics and Engineering in Medicine veel invloed. Voor de nucleaire geneeskunde heeft de NVNG een richtlijn gegeven voor hoeveel klinisch fysici per ziekenhuis nodig zijn, gegeven het aantal apparaten. Het zou nuttig zijn als de NVvR ook een duidelijke richtlijn zou geven voor de radiologie. Bij de nascholingstrajecten voor klinisch fysici dient er voldoende aandacht te blijven voor de patiëntdosis in verhouding tot de beeldkwaliteit.

Goed onderwezen radiodiagnostisch laboranten spelen ook een belangrijke rol in het Nederlandse systeem, omdat zij de dosisbesparende functionaliteit op het röntgensysteem ten volle kunnen benutten. De laboranten zijn vaak de beslissende schakel in het leveren van maatwerk voor de individuele patiënt. Zij interacteren met de aanvragend arts en kunnen waar nodig bijsturen met de principes van dosisreductie in gedachten. Zij kunnen waar nodig de radioloog bij de vraag betrekken en, indien klinisch verantwoord, extra opnamen of onderzoeken achterwege laten.

Voor de bredere implementatie van lokaal ontwikkelde dosisreductiestrategieën is bewustwording onder radiologen belangrijk. Zij spelen immers een belangrijke rol bij de aanschaf en het gebruik van nieuwe apparatuur en bij het opstellen van protocollen, die wettelijk is vastgelegd (Ministerie van Justitie, 1993). Het zou zinvol zijn de NVvR daar actief bij te betrekken, omdat daarmee alle radiologen in Nederland worden bereikt. Het technisch onderwijs aan radiologen speelt daar een belangrijke rol in, maar het kan misschien ook nog wat meer aandacht krijgen in de nascholing. De NVvR heeft via de Commissie Stralingshygiëne invloed op het opnemen van vaste onderwerpen, zoals dosismanagement, in die nascholing. Voor de verwijzend medisch specialisten is het belangrijk het aanvraagbeleid te optimaliseren, bijvoorbeeld door het gebruik van richtsnoeren. Optimalisatie van de aanvraagcultuur zou ook kunnen uitstralen naar optimalisatie van de patiëntdosis.

Ten slotte zouden de betrokken radiologen, laboranten en klinisch fysici gemotiveerd moeten worden om meer samen te werken. Omdat zij alle drie invloed hebben op management van de patiëntdosis, moeten richtlijnen voor goede praktijken goed op elkaar afgestemd worden. Vervolgens zouden zij deze informatie in praktische vorm kunnen verspreiden en het gebruik ervan bevorderen in het veld. Hoewel de overheid dergelijke werkwijzen niet van



boven kan afdwingen, kan ze die wel stimuleren. Zo zou de IGZ de samenwerking tussen de beroepsverenigingen kunnen faciliteren. Sleutelpublicaties, zoals het recente eindrapport DRN in Nederland, kunnen een goede aanleiding zijn om meer landelijke bekendheid aan goede praktijken te geven.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Op grond van de dosisgegevens uit het Dose Datamed 2-project behoren de effectieve doses voor de top-20 van radiologische verrichtingen, die de grootste bijdrage leveren aan de collectieve dosis, in Nederland en het VK tot de laagste in Europa. Voor meer dosisintense verrichtingen zoals fluoroscopie en CT liggen de doses in Nederland meestal hoger dan die in het VK. De verschillen in effectieve doses voor nucleaire geneeskundige verrichtingen tussen Nederland en het VK zijn in het algemeen kleiner dan die voor de radiologie en wijzen niet in een consistente richting. In de bepaling van de effectieve dosis per verrichting zit de nodige onzekerheid en de samenstelling van de categorieën verrichtingen kan per land verschillen. Bovendien dateren de dosisdata nog uit de periode 2000-2005. De data in Nederland zijn op een kleinere, mogelijk selectievere steekproef gebaseerd dan die in het VK, waardoor het mogelijk is dat het werkelijke verschil in effectieve doses tussen beide landen groter is. Aan de andere kant kunnen verrichtingen met een hogere dosis potentieel ook een hogere beeldkwaliteit geven, dat wil zeggen meer bruikbare informatie opleveren. Hoewel aan verschillen in patiëntdosis daarom niet te veel waarde moet worden gehecht, werd in overleg met de opdrachtgever besloten de systemen van dosismanagement in Nederland en het VK in meer detail te vergelijken. Op basis van de gevonden verschillen in aanpak tussen beide landen en suggesties van de geïnterviewde experts werden vervolgens mogelijkheden voor verbetering geformuleerd.

Wat betreft de gebruikte apparatuur en technieken zijn er geen duidelijke verschillen te bespeuren tussen Nederland en het VK. In het VK is men wel veel eerder (eind jaren tachtig) begonnen met nationale enquêtes van de patiëntdosis. Hieruit worden al sinds 1995 nationale DRN afgeleid, die vanaf 2000 officieel werden overgenomen door het Department of Health. Dit systeem heeft geholpen het bewustzijn in het veld van het belang van dosisreductie te vergroten. Verder is er in het VK een relatief grotere groep klinisch fysici en laboranten dan in Nederland bezig met dosismanagement. Daarnaast worden de aanschaf van apparatuur, innovatie, informatie en ondersteuning in sterkere mate op regionaal en landelijk niveau gecoördineerd. Het bijhouden van lokale DRN voor alle ziekenhuizen in het VK is, anders dan in Nederland, een wettelijke verplichting. In Nederland werden pas in de afgelopen vijf jaar DRN opgesteld en het gebruik ervan moet nog breder in de Nederlandse ziekenhuizen worden ingevoerd. Desondanks zijn in zowel Nederland als het VK sinds het begin van de jaren negentig duidelijke dosisreducties bereikt.

Voor verbetering van het systeem van dosismanagement in Nederland komen de volgende mogelijkheden in aanmerking:

- Betere zichtbaarheid van dosisinformatie op radiodiagnostische apparatuur en meer standaardisatie in de gebruikte eenheden. De leveranciers van radiologische apparatuur kunnen dit proces verder faciliteren door waarschuwingen aan DRN te koppelen en lage dosisprotocollen te verstrekken.
- Meer gestandaardiseerde methoden voor het categoriseren, opslaan, doorzoeken, terughalen en analyseren van dosimetrische informatie uit radiologische systemen. Hierbij kunnen internationale standaarden als DICOM RDSR, IHE integratieprofielen en RadLex een belangrijke rol spelen.

- Meer landelijke coördinatie en standaardisatie van onderzoeksprotocollen en dosisbesparende innovaties, met name voor CT. Zowel de klinisch fysici als radiologen zouden hier via hun beroepsverenigingen bij betrokken moeten worden.
- Meer aandacht voor optimalisatie van de patiëntdosis in landelijke richtsnoeren, bij (na)scholing van de betrokken beroepsgroepen en bij inspecties.
- Bevordering van het gebruik van nationale DRN en de ontwikkeling van lokale DRN in alle Nederlandse ziekenhuizen. Radiologisch laboranten kunnen hierbij een belangrijke rol spelen.

De geïnterviewde experts gaven aan dat de IGZ de doelgroepen op deze verbeterpunten kan attenderen en de uitvoering ervan kan faciliteren.

Bij het implementeren van bovenstaande aanbevelingen kan nader onderzoek door de beroepsgroepen of het RIVM nuttige informatie leveren. Zo kunnen er regelmatig terugkerende vragen over de details van de gebruikte protocollen bij specifieke vraagstellingen worden opgenomen in nationale radiologische enquêtes. Verder zou inventarisatie van de mate en wijze van gebruik van nationale DRN in alle Nederlandse ziekenhuizen nuttig kunnen zijn. Hierbij dient bijzondere aandacht te worden besteed aan de kleinere en perifere ziekenhuizen.

## Literatuur

Administration of Radioactive Substances Advisory Committee (2011) Notes for guidance on the clinical administration of radiopharmaceuticals and use of sealed radioactive sources. Health Protection Agency, Chilton.

American Association of Physicists in Medicine (2009) An exposure indicator for digital radiography. American Association of Physicists in Medicine, College Park.

Balter, S. en H. Blendinger (2009) DICOM dose: capturing and reporting. In: International Federation for Medical & Biological Engineering Proceedings, volume 25/3. Edited by O. Dössel en W.C. Schlegel. Springer, Berlin, 70-73.

Bijwaard, H. en M.J.P. Brugmans (2004) Kwaliteitsborging van radiodiagnostische apparatuur. Rapport 265021001/2004, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

Broerse, J.J., P.J.H. Kicken, W. Teeuwisse, W. de Vries, J. Zoetelief en D. Zweers (2007) Stralingsbelasting van de patiënt en werknemers. Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie.

Brugmans, M.J.P., W.C.A.M. Buijs, J. Geleijns en J. Lembrechts (2002) Population exposure to diagnostic use of ionizing radiation in The Netherlands. Health Phys 82:500-509.

Care Quality Commission. Ionising radiation.  
<http://www.cqc.org.uk/organisations-we-regulate/special-reviews-and-inspection-programmes/ionising-radiation> (laatst bezocht op 22 augustus 2012).

COCIR (2003) Age profile medical devices. Third edition. COCIR, Brussels.

COCIR (2009) Age profile diagnostic medical imaging devices. Edition 2009. COCIR, Brussels.

Commissie Kwaliteitsbevordering van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde (2007) Aanbevelingen 2007 nucleaire geneeskunde. Kloosterhof, Neer.

Council of the European Union (1997) Directive 97/43/EURATOM on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure. Council of the European Union, Luxembourg.

Department of Health (2000a) Guidance to the ionising radiation (medical exposure) regulations 2000, together with notes on good practice. Department of Health, London.

Department of Health (2000b) The ionising radiation (medical exposure) regulations 2000. The Stationery Office, Norwich.

Department of Health (2007) Guidance on the establishment and use of diagnostic reference levels (DRLs). Department of Health, London.

Dougeni, E., K. Faulkner en G. Panayiotakis (2012) A review of patient dose and optimisation methods in adult and paediatric CT scanning. Eur J Radiol 81:e665-83.

Dutch Hospital Data (2012) Kengetallen Nederlandse Ziekenhuizen 2010. Dutch Hospital Data, Utrecht.

European Commission (1996) European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images. European Commission, Brussels.

European Commission (1999) Guidance on diagnostic reference levels (DRLs) for medical exposures. European Commission, Directorate-General Environment, Nuclear safety and Civil Protection.

European Commission (2008a) European guidance on estimating population doses from medical X-ray procedures - Annex 1 - DD Report 1. Review of recent national surveys of population exposure from medical X-rays in Europe. European Commission, Directorate-General for Energy and Transport.

European Commission (2008b). European guidance on estimating population doses from medical X-ray procedures - Annex 2 - Dose Datamed Report 1a. Report of national surveys of population exposure from nuclear medicine examinations in eight European countries. European Commission, Directorate-General for Energy and Transport.

European Commission (2008c) European guidance on estimating population doses from medical X-ray procedures. European Commission, Directorate-General for Energy and Transport.

European Commission. Study on European population doses from medical exposure (Dose Datamed 2). European Commission, te verschijnen.

European Medical ALARA Network (2011) Optimisation of patient exposure in CT procedures - synthesis document. European Commission, Brussels.

Europese Commissie (2000) Stralingsbescherming 118. Richtsnoeren voor verwijzing naar beeldvormend onderzoek. Bureau voor officiële publicaties der Europese Gemeenschappen, Luxemburg.

Geleijns, J., J.J. Broerse, M.P. Chandie Shaw, F.W. Schultz, W. Teeuwisse, J.G. van Unnik en J. Zoetelief (1998) A comparison of patient dose for examinations of the upper gastrointestinal tract at 11 conventional and digital X-ray units in The Netherlands. *Br J Radiol* 71:745-753.

Geleijns, J., J.J. Broerse, M.P. Shaw, F.W. Schultz, W. Teeuwisse, J.G. van Unnik en J. Zoetelief (1997) Patient dose due to colon examination: dose assessment and results from a survey in The Netherlands. *Radiology* 204:553-559.

Geleijns, J., J.J. Broerse, J. Zoetelief, D. Zweers en J.G. van Unnik (1995) Patient dose and image quality for computed tomography in several Dutch hospitals. *Radiat Prot Dosimetry* 57:129-133.

Geleijns, K., W. Teeuwisse en W. Veldkamp (2004) Demonstratieproject patiëntendosimetrie. ZonMW, Den Haag.

Gibaud, B. (2011) The quest for standards in medical imaging. *Eur J Radiol* 78:190-198.

Hart, D., M. Hillier en P.C. Shrimpton (2012) Doses to patients from radiographic and fluoroscopic X-ray imaging procedures in the UK - 2010 review. Health Protection Agency, Chilton.

Hart, D., M.C. Hillier en B.F. Wall (2002) Doses to patients from medical X-ray examinations in the UK - 2000 review. National Radiological Protection Board.

Hart, D., M.C. Hillier en B.F. Wall (2007) Doses to patients from radiographic and fluoroscopic X-ray imaging procedures in the UK - 2005 review. Health Protection Agency, Chilton.

Hart, D. en B.F. Wall (2002) Radiation exposure of the UK population from medical and dental X-ray examinations. National Radiological Protection Board.

Hart, D. en B.F. Wall (2005) A survey of nuclear medicine in the UK in 2003/04. Health Protection Agency, Chilton.

Health and Safety Executive (2001) The regulatory requirements for medical exposure to ionising radiation. Health and Safety Executive, Chilton.

Health and Safety Executive (2003) Equipment used in connection with medical exposure. Health and Safety Executive, Chilton.

Hong, Y., J. Zhang, M.E. Heilbrun en C.E.J. Kahn (2012) Analysis of RadLex coverage and term co-occurrence in radiology reporting templates. J Digit Imaging 25:56-62.

Huang, H.K. (2011) Short history of PACS. Part I: USA. Eur J Radiol 78:163-176.

Integrating the Healthcare Enterprise. Radiation exposure monitoring. [http://wiki.ihe.net/index.php?title=Radiation\\_Exposure\\_Monitoring](http://wiki.ihe.net/index.php?title=Radiation_Exposure_Monitoring) (laatst bezocht op 22 augustus 2012).

International Commission on Radiation Protection (1998) Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Ann ICRP 80:1-120.

International Commission on Radiation Protection (2007) Radiation protection in medicine. Ann ICRP 2007; 105:1-63.

IPEM DRL Working Party (2004) Guidance on the establishment and use of diagnostic reference levels for medical X-ray examinations. Institute of Physics and Engineering in Medicine, York.

KCARE, K. Stean, J. Turner, D. Bhachu en C. Dube (2009) Buyers' guide to PACS workstations and software. NHS Purchasing and Supply Agency, Centre for Evidence-based Medicine, London.

Mackenzie, A., D.P. Emerton, C.P. Lawinski, J.A. Cole, J.D.W. Weston, P.J. Clinch, J. Turner, D. Bhachu, C. Dube en K. Stean (2008) Buyers'guide: Direct digital radiography systems for general radiography. NHS Purchase and Supply Agency, Centre for Evidence-based Purchasing, London.

Martin, C.J. (2011) Management of patient dose in radiology in the UK. Radiat Prot Dosimetry 147:355- 372.

Meeuwssen, E.J. (2006) Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen 2005; aard en omvang. Rapport 610059010/2005, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

Ministerie van Justitie. Wet van 11 november 1993, houdende regelingen inzake beroepen op het gebied van de individuele gezondheidszorg. Staatsblad 1994, 1994. Voor de meest recente versie zie: <http://wetten.overheid.nl/>

Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Besluit van 16 juli 2001, houdende vaststelling van het Besluit stralingsbescherming. Staatsblad 2002, 81. Voor de meest recente versie zie: <http://wetten.overheid.nl/>

Nederlands Normalisatie-instituut (2009) Medische elektrisch toestellen - Blootstelling van digitale röntgensystemen - Deel 1: Definities en eisen voor algemene radiografie. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.

Royal College of Radiologists (2009) National strategy for radiology imaging and report sharing. Royal College of Radiologists, London.

Royal College of Radiologists (2012) iRefer: Making the best use of clinical radiology. Royal College of Radiologists, London.

- Seibert, J.A. en R.L. Morin (2011) The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population. *Pediatr Radiol* 41:573-581.
- Shrimpton, P.C., M.C. Hillier en M. Dunn (2005) Doses from computed tomography (CT) examinations in the UK - 2003 review. National Radiological Protection Board, Chilton.
- Shrimpton, P.C., B.F. Wall en D. Hart (1999) Diagnostic medical procedures in the U.K. *Appl Rad Isotopes* 50:261-269.
- Van Unnik, J.G., J.J. Broerse, J. Geleijns, J.T. Jansen, J. Zoetelief en D. Zweers (1997) Survey of CT techniques and absorbed dose in various Dutch hospitals. *Br J Radiol* 70:367-371.
- Veldkamp, W.J.H., A. Becht, R.W. Bouwman, A. den Boer, C.R.L. Cromptvoets-Jeukens, T. Geertse, K. Geleijns, H. Holscher, W. Hummel, A.J. van der Molen, R.J. Nievelstein, P. Stoop, A. Schilham, G.J. Streekstra, E. van der Velde en D. Zweers (2012) Diagnostische referentieniveaus in Nederland. Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie.
- Veldkamp, W.J.H., R.W. Bouwman, C.R.L. Cromptvoets-Jeukens, T.D. Geertse, J. Geleijns, W.A. Hummel, P. Stoop, G.J. Streekstra en D. Zweers (2008) Diagnostische referentieniveaus in Nederland Fase I. Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie.
- Verma, B. en I. Indrajit (2008) Impact of computers in radiography: The advent of digital radiography, Part-2. *Indian J Radiol Imaging* 18:204-209.
- De Waard, I.R. en P. Stoop (2010a) Resultaten enquête kwaliteitsaspecten afdelingen radiologie. Rapport 300080004/2010, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- De Waard, I.R. en P. Stoop (2010b) Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen. Gegevens verslagjaar 2008. Rapport 300081005/2010, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- De Waard, I.R. en P. Stoop (2010c) Doseringen en nuclidengebruik diagnostisch onderzoek. Inventarisatie gegevens 2008. Rapport 300080005/2010, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- De Waard-Schalkx, I.R. (2012) Medische stralingstoepassingen. Gegevens 2010. Briefrapport 610001001/2012, Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu, Bilthoven.
- Wall, B.F. (2004) Radiation protection dosimetry for diagnostic radiology patients. *Radiat Prot Dosimetry* 109:409-419.
- Wall, B.F. (2005) Implementation of DRLs in the UK. *Radiat Prot Dosimetry* 114:183-187.
- Wall, B.F. en P.C. Shrimpton (1995) Patient dose protocols and trends in the UK. *Rad Prot Dosim* 57:359- 362.
- Wielandts, J.Y., S. De Buck, J. Ector, A. LaGerche, R. Willems, H. Bosmans en H. Heidbuchel (2010) Three-dimensional cardiac rotational angiography: effective radiation dose and image quality implications. *Europace* 12:194-201.
- Zoetelief, J., J. Geleijns, P.J.H. Kicken, M.A.O. Thijssen en J.G. van Unnik (1998) Diagnostic reference levels derived from recent surveys on patient dose for various types of radiological examination in the Netherlands. *Radiat Prot Dosimetry* 80:109-114.

## Lijst van geïnterviewde experts

(in alfabetische volgorde)

Ir. Arjen Becht, klinisch fysicus, Gelre Ziekenhuizen, Apeldoorn; bestuurslid nascholingskring Beeldvormende Technieken, Nederlandse Vereniging voor Klinische Fysica

Steve Ebdon-Jackson BSc MSc FRCR HonFRCP, head, Medical Exposure Department, Center for Radiation, Chemical and Environmental Hazards, Health Protection Agency, Chilton, United Kingdom

Dr. Koos Geleijns, klinisch fysicus en hoofd, Afdeling Klinische Fysica, Leiden University Medical Center; lid werkgroep DRN; lid European CT Study Group

Ir. Willy Hummel, klinisch fysicus, KCL Zorggroep Noorderbreedte, Leeuwarden; voorzitter werkgroep Periodieke Kwaliteitsborging Röntgenapparatuur

Dr. Arnold Schilham, klinisch fysicus, Divisie Beeld, Universitair Medisch Centrum Utrecht

Dr. Paul Shrimpton, leader, Medical Dosimetry Group, Center for Radiation, Chemical and Environmental Hazards, Health Protection Agency, Chilton, UK

Dr. Aart Spilt, radioloog, Afdeling Radiologie, Kennemer Gasthuis, Haarlem; lid Commissie Stralingshygiëne, Nederlandse Vereniging voor Radiologie; lid Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie

Dr. Wouter Veldkamp, klinisch fysicus, Afdeling Klinische Fysica, Leiden University Medical Center; voorzitter werkgroep DRN

Arno van de Wiel MSc, beleidsmedewerker, Afdeling markttoelating en veilig gebruik, Directie Geneesmiddelen en Medische Technologie, Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, Den Haag

De auteur bedankt alle experts hartelijk voor hun medewerking.





## Afkortingen

CT	Computertomografie
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DRN	Diagnostisch(e) referentieniveau(s)
EU	Europese Unie
HPA	Health Protection Agency; deze term wordt ook gebruikt voor de periode waarin de Radiation protection Division van HPA nog 'National Radiological Protection Board' heette
IGZ	Inspectie voor de Gezondheidszorg
IHE	Integrating the Healthcare Enterprise
MRI	Magnetic Resonance Imaging
NHS	National Health Service
NVKF	Nederlandse Vereniging voor Klinische Fysica
NVNG	Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde
NVvR	Nederlandse Vereniging voor Radiologie
PET	Positron emissietomografie
PACS	Picture archiving and communication system
PTCA	Percutaneous transluminal coronary angioplasty
RDSR	Radiation Dose Structured Report
VK	Verenigd Koninkrijk van Groot-Brittannië en Noord-Ierland
VWS	(Ministerie van) Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

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