



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

## **Medische röntgentoepassingen buiten afdelingen radiologie en ziekenhuizen**

RIVM rapport 300080012/2012

P. Stoop | I. R. de Waard



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

## **Medische röntgentoepassingen buiten afdelingen radiologie en ziekenhuizen**

RIVM Rapport 300080012/2012

## 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'.

P. Stoop  
I.R. de Waard

Contact:  
Paul Stoop  
Laboratorium voor Stralingsonderzoek  
Paul.Stoop@RIVM.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van IGZ, in het kader van Programma 8 - Toezichtondersteuning Geneesmiddellen en Medische Technologie, en heeft betrekking op kennisvragen 8.2.3/2010 en 8.9a/2008

## Rapport in het kort

### **Medische röntgentoepassingen buiten afdelingen radiologie en ziekenhuizen**

De Inspectie voor de Gezondheidszorg (IGZ) heeft de afgelopen jaren veel aandacht gehad voor de kwaliteit en veiligheid bij radiologieafdelingen van ziekenhuizen. Andere afdelingen waar met röntgenapparatuur wordt gewerkt, kwamen minder goed in beeld. Dit geldt ook voor medische praktijken buiten ziekenhuizen, waar het gebruik van röntgenapparatuur toeneemt. De IGZ houdt toezicht op het gebruik van medische röntgenapparatuur, vooral vanwege het risico dat de patiënt loopt door de röntgenstraling. Daarom heeft het RIVM in kaart gebracht bij welke instellingen en medische verrichtingen buiten ziekenhuizen deze apparatuur wordt gebruikt. Daarnaast is onderzocht waar hoge dosisverrichtingen binnen ziekenhuizen op andere afdelingen dan radiologie plaatsvinden.

#### Gebruik buiten ziekenhuizen

Medische röntgenapparaten waarvoor een vergunning nodig is, blijken buiten ziekenhuizen vooral te worden gebruikt door GGD'en, tandartsen, GGZ-instellingen en revalidatiecentra. Het meest in het oog springt het toenemende gebruik van zogeheten Cone Beam CT in de mondzorg, waarmee driedimensionale afbeeldingen worden gemaakt. De patiënt wordt hierbij aan meer straling blootgesteld dan bij de tweedimensionale panoramafoto, hoewel de driedimensionale foto in veel gevallen geen bewezen meerwaarde heeft. Om het aanvragen van een vergunning te voorkomen, zouden deze apparaten soms op een lagere buisspanning worden ingesteld, wat de dosis voor de patiënt iets hoger maakt.

#### Gebruik in ziekenhuizen, buiten afdelingen radiologie

Voor deze categorie heeft het RIVM in kaart gebracht bij welke specialisten patiënten worden blootgesteld aan relatief hoge doses röntgenstraling bij diagnostische handelingen en interventies. Dat zijn cardiologen, vaatchirurgen, internisten, maag-darm-lever-artsen en urologen. Veel voorkomende handelingen met een relatief hoge dosis voor de patiënt zijn vaatdiagnostiek, het plaatsen van stents en de diagnostiek van galwegen. Hierbij valt op dat cardiologen röntgenapparatuur vaak laten bedienen door eigen assistenten die wellicht geen stralingshygiënische opleiding hebben, terwijl dat op de afdeling radiologie gebeurt door radiodiagnostisch laboranten.

#### Trefwoorden:

Medische Stralingstoepassingen, Stralingsbescherming, Patiëntendosis

## Abstract

### **Medical x-ray applications outside radiology and hospitals**

In the last years, the Health Care Inspectorate (IGZ) has focused much attention to quality assurance and safety inside radiology departments of hospitals. Other departments where x-ray equipment is used as well as medical practices outside hospitals, where the use of x-ray equipment is increasing, were less in the picture. The IGZ keeps surveillance over the use of medical x-ray equipment, mainly because of the risk associated with the exposure of patients to radiation. For the benefit of this surveillance by the IGZ, RIVM has carried out a survey of medical practices outside hospitals and the x-ray procedures they perform. In addition, RIVM mapped out where the high dose procedures take place inside hospitals outside of radiology and which are these procedures.

#### Outside hospitals

Medical x-ray equipment for which a permit is needed, turn out to be applied mainly by municipal health services (GGD), next to dentists, mental health institutions and rehabilitation centres. Most noticeable is the increasing use of Cone Beam CT for 3D imaging in dental care. This exposes the patients to higher radiation doses, even though an extra benefit often is not evident. It is reported that in some of these machines the tube voltage is set at a low value to avoid the need for a permit, which would increase the radiation dose to the patient.

#### Inside hospitals outside of radiology

For this category of procedures, RIVM worked out which medical specialists inside hospitals expose patients to relatively high x-ray doses while doing diagnostic procedures and interventions. These are the cardiologists, vascular surgeons, internists, gastroenterologists and urologists. Commonly performed procedures with relatively high doses to the patient are vascular diagnostics, stent placement and diagnostics of the biliary tract. Remarkable is that cardiologists often let their own assistants operate the x-ray equipment while in radiology departments only x-ray technicians who have had an education in radiation protection operate these machines.

#### Keywords:

Radiation Protection, Medical Radiation, Patient Dose

## Inhoud

Samenvatting—6

### **1 Inleiding—8**

- 1.1 Vraagstelling—8
- 1.2 Afbakening en focus—9
- 1.3 Leeswijzer—9

### **2 Werkwijze—10**

- 2.1 Medische röntgenapparatuur buiten reguliere ziekenhuizen—10
- 2.2 Verrichtingen met hoge dosis—10
  - 2.2.1 Bronnenonderzoek—10
  - 2.2.2 Interviews—11

### **3 Resultaten—12**

- 3.1 Röntgenapparatuur buiten reguliere ziekenhuizen—12
  - 3.1.1 Medisch-juridisch röntgenonderzoek—12
  - 3.1.2 Niet-vergunningplichtige toestellen—12
  - 3.1.3 Vergunningen—13
- 3.2 Verrichtingen met hoge dosis—16
  - 3.2.1 Dosiswaarden—16
  - 3.2.2 De Nederlandse praktijk—21
  - 3.2.3 Eindtermen opleidingen medische stralingsdeskundigheid—25

### **4 Conclusies—26**

Bijlage—27

Literatuur—31

## Samenvatting

De IGZ heeft een tweetal kennisvragen aan het RIVM gesteld waarbij verondersteld wordt dat er sprake is van een verhoogd risico voor patiënten door medisch gebruik van straling buiten de afdelingen radiologie. Enerzijds bij medische praktijken buiten de ziekenhuizen waar gebruik wordt gemaakt van röntgenapparatuur. Anderzijds in ziekenhuizen, maar buiten de afdelingen radiologie, op plaatsen waar diagnostische en therapeutische procedures met een gemiddelde dosis groter dan 2 mSv plaatsvinden. Het RIVM kreeg de opdracht te onderzoeken om welke instellingen, respectievelijk om welke procedures het gaat in Nederland. Beide vragen zijn gesteld ter ondersteuning van het beleid en het toezicht door de IGZ op de zogenaamde medische blootstellingen.

Buiten ziekenhuizen moet gedacht worden aan apparaten bij instellingen en praktijken zoals privéklinieken, zelfstandige specialisten, chiropractors en tandheelkundige specialisten. Het gaat deels om toestellen waarvoor geen vergunning hoeft te worden aangevraagd, maar waarvoor slechts een zogenaamde meldingsplicht bestaat.

Binnen ziekenhuizen gaat het om de hogere doses door medische beeldvormende technieken, bijvoorbeeld CT, PET/CT en interventies onder doorlichting. Ook therapeutische procedures vallen binnen de vraagstelling, maar dan alleen interventies waar de straling wordt gebruikt voor beeldvormende technieken en dus geen therapeutisch doel heeft. Het gaat dus niet om radiotherapie. Gevraagd is de gebruikers van deze technieken buiten de afdelingen radiologie te identificeren. Als onderscheid tussen lagere en hogere doses voor de patiënt geldt ruwweg een grens van 2 mSv.

Wat betreft de medische röntgenapparatuur is gebleken dat deze voor een deel niet goed traceerbaar is. Dit zijn de toestellen waarvoor geen vergunning hoeft te worden aangevraagd. Wel moet bij aanschaf een melding worden gedaan aan Agentschap NL, maar deze meldingen worden niet systematisch geregistreerd.

Uit communicatie met medewerkers van Agentschap NL blijkt dat huisartsenpraktijken vanaf medio 2011 afzien van het aanvragen van vergunningen voor röntgenapparatuur in verband met verwachte wijzigingen in de regelgeving.

Daarnaast zijn er in totaal 27 vergunningen gevonden voor vergunningplichtige Cone Beam CT-apparaten, alle 27 voor toepassing in de mondzorg. Punt van zorg zijn berichten dat, om onder de vergunningplicht uit te komen, apparaten zouden worden afgeregeld op een lagere hoogspanning dan de optimale, met als gevolg een hoger dan nodige stralingsdosis voor de patiënt.

Uit de verleende vergunningen blijkt dat vergunningplichtige toestellen vooral gebruikt worden door GGD'en (44 stuks), tandartsen (27), GGZ-instellingen (11) revalidatiecentra (5) en circa 15 niet nader gespecificeerde eerstelijns hulpverleners.

Binnen ziekenhuizen, maar buiten de afdelingen radiologie en nucleaire geneeskunde, worden procedures met een hoge dosis voor de patiënt vooral toegepast door cardiologen, vaatchirurgen, internisten, MDL-artsen en urologen. Het gaat hierbij zowel om diagnostische verrichtingen als om interventies van

vier typen verrichtingen, namelijk coronaire angiografie, niet-coronaire angiografie, interne geneeskunde en urologie.

Uit navraag bij de verantwoordelijke stralingsdeskundigen van een zestal ziekenhuizen kwam geen achterstand naar voren wat betreft de stralingshygiënische opleiding van de betrokken artsen. Wel gaven twee van deze zes stralingsdeskundigen aan dat zij dit niet van alle artsen met een gewaarmerkte kopie van het diploma konden aantonen.

Tijdens gesprekken met deskundigen werd gemeld dat het steeds vaker zou voorkomen dat röntgentoestellen buiten radiologie worden bediend door assistenten. Bij de zes ziekenhuizen waarmee de onderzoekers contact hadden, bleek dit alleen bij de cardiologische interventies het geval te zijn.



# 1 Inleiding

## 1.1 Vraagstelling

Twee kennisvragen die door de Inspectie voor de Gezondheidszorg (IGZ) aan het RIVM zijn gesteld, liggen ten grondslag aan dit rapport. Deze vragen zijn:

1. Bij welke instellingen en praktijken buiten de ziekenhuizen wordt gebruikgemaakt van medische röntgenapparatuur?
2. Welke diagnostische en therapeutische procedures met een gemiddelde dosis hoger dan 2 mSv vinden in ziekenhuizen plaats buiten de afdelingen radiologie?

Beide vragen zijn door de IGZ gesteld ter ondersteuning van het beleid en het toezicht door de IGZ. De IGZ houdt toezicht op de toepassing van ioniserende straling bij patiënten, de zogenaamde medische blootstellingen, op basis van de Kernenergiewet (KEW). In het toezicht werkt zij nauw samen met andere betrokken inspecties en heeft zij een rol in de advisering rond KEW-vergunningen die worden verstrekt door Agentschap NL. De wetgeving is gericht op de veiligheidsaspecten rond de toepassing van straling en heeft een relatie met de wet op de beroepen in de individuele gezondheidszorg (Wet BIG) en de Kwaliteitswet zorginstellingen (KWZ).

Bij de eerste vraag moet gedacht worden aan apparaten bij instellingen en praktijken buiten ziekenhuizen, zoals privéklinieken, zelfstandige specialisten, chiropractors en tandheelkundige specialisten. Het gaat dan vaak om toestellen waarvoor geen vergunning hoeft te worden aangevraagd, maar waarvoor slechts een zogenaamde meldingsplicht bestaat.

Bij de tweede vraag moet gedacht worden aan hoge doses door medische beeldvormende technieken, bijvoorbeeld CT, PET/CT en interventies onder doorlichting. Bij therapeutische procedures moet gedacht worden aan interventies, niet aan radiotherapie waar de straling een therapeutisch doel heeft. Het gaat bij deze vraag om het identificeren van risicogebruikers buiten de afdelingen radiologie. De afdelingen radiologie waren al eerder onderwerp van onderzoek voor de IGZ. De grens van 2 mSv die in deze vraag wordt genoemd, is enige tijd gebruikt als criterium voor de opleidingseisen ten aanzien van de stralingsdeskundigheid van behandelaars. Los daarvan kan deze grens worden gebruikt als een globale afbakening tussen verrichtingen die gemiddeld voor de patiënt lagere dan wel hogere doses opleveren.

Beide vragen vallen onder dezelfde noemer: het identificeren van gebruikers van medische stralingstoepassingen met een relatief hoog risico, hetzij doordat er sprake is van relatief hoge doses, hetzij doordat er buiten radiologie en buiten ziekenhuizen mogelijk minder ondersteuning is door stralingshygiënisch opgeleid personeel.

## 1.2 Afbakening en focus

Wat betreft de therapeutische verrichtingen, beperkt het onderzoek zich tot interventies met een dosis die nodig is voor de beeldvorming. Het gaat dus niet om het therapeutisch gebruik van straling.

Van de verrichtingen met een hoge dosis wordt niet in detail onderzocht hoe hoog de dosis is. De grens van 2 mSv is dan ook geen hard onderscheid en in het kader van dit onderzoek wordt niet precies bepaald of de gemiddelde dosis van een bepaalde verrichting in sommige ziekenhuizen eventueel beneden die grens ligt. De focus ligt op het identificeren van de beroepsgroepen die deze verrichtingen uitvoeren en welke opleidingen zij hebben op het gebied van stralingshygiëne. Bovendien wordt nagegaan in hoeverre gebruik wordt gemaakt van radiodiagnostisch laboranten.

## 1.3 Leeswijzer

Dit rapport is traditioneel opgebouwd uit een inleiding (dit hoofdstuk), een beschrijving van de gebruikte methode (Hoofdstuk 2 Werkwijze), een hoofdstuk met resultaten (Hoofdstuk 3 Resultaten) en een hoofdstuk met conclusies. Het bevat een bijlage waarin een tabel is opgenomen met een lijst van diagnostische verrichtingen en interventies die, volgens internationale bronnen, een dosis van meer dan 2 mSv voor de patiënt kunnen opleveren.

De samenvatting gaat iets verder in op de materie dan het 'Rapport in het kort'.



*Figuur 1 Voorbeeld van een hartcatherisatiekamer.*

*(Bron: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HCK\\_Tergooizekenhuizen\\_1.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HCK_Tergooizekenhuizen_1.png))*

## 2 Werkwijze

### 2.1 Medische röntgenapparatuur buiten reguliere ziekenhuizen

Ter beantwoording van de eerste vraag – ‘Bij welke instellingen en praktijken buiten de ziekenhuizen wordt gebruikgemaakt van medische röntgenapparatuur?’ – is een aantal bronnen geraadpleegd. De meldingen en vergunningen bij Agentschap NL vormen een eerste bron van informatie. Voor het voorhanden hebben en gebruiken van toestellen die röntgenstraling kunnen uitzenden, is – afhankelijk van de hoogspanning van de röntgenbuis – een vergunning nodig of moet een melding worden gedaan bij Agentschap NL. De vergunningen zijn online te raadplegen, maar van de meldingen bestaat geen systematisch overzicht. Daarom is aanvullend uit gesprekken met deskundigen bij Agentschap NL geprobeerd te achterhalen welke bedrijven of zelfstandigen melding hebben gemaakt van de aanschaf van medische röntgenapparatuur. Categorieën apparatuur waarvoor een adequate beschrijving bestaat op de RIVM-website Medische Stralingstoepassingen<sup>1</sup>, zoals mammografen voor borstkankerscreening en de conventionele röntgentoestellen bij tandartsen, zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. Verder is een deel van deze kennisvraag inmiddels beantwoord in een ander rapport dat voor de IGZ is gemaakt, namelijk het rapport ‘Toepassing van röntgenstraling om medisch-juridische en arbeidsgeneeskundige redenen in Nederland’ [1]. De bevindingen in dat rapport zijn in het voorliggende rapport meegenomen en waar nodig geactualiseerd (zie verder paragraaf 3.1.1).

### 2.2 Verrichtingen met hoge dosis

#### 2.2.1 Bronnenonderzoek

Om in kaart te brengen welke verrichtingen een relatief hoge dosis voor de patiënt veroorzaken, de tweede vraag, is gebruikgemaakt van enkele bekende bronnen met overzichten van de praktijk in Europa en Nederland. Het gaat in eerste instantie om de volgende bronnen:

- ANNEX A, Medical Radiation Exposures van het UNSCEAR 2008 Report [2];
- het Dose Datamed I rapport (Radiation Protection 154) [3];
- het onderwerp Medische Stralingstoepassingen op de RIVM-website, voorheen het Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen.

De opleidingen van medische specialisten vormen een andere bron van gegevens. Een deel van deze opleidingen bevat al een cursus stralingshygiëne. Daarnaast kunnen specialisten een cursus volgen bij wijze van nascholing. De mate waarin dit gebeurt, kan een aanwijzing zijn voor het gebruik van straling door deze specialisten.

Tot slot vormen de vergunningen van ziekenhuizen een indirecte bron van gegevens over de verrichtingen met een hoge dosis die er plaatsvinden. In het bijzonder kunnen de eisen die worden gesteld aan de stralingsdeskundigheid van artsen, aangeven of er verrichtingen worden uitgevoerd met een hoge dosis voor de patiënt.

<sup>1</sup> [http://www.rivm.nl/Onderwerpen/Onderwerpen/M/Medische\\_Stralingstoepassingen](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/Onderwerpen/M/Medische_Stralingstoepassingen)

### 2.2.2 *Interviews*

Op basis van de resultaten van het bronnenonderzoek is een lijst opgesteld met verrichtingen die gemiddeld een relatief hoge dosis voor de patiënt veroorzaken. De gevonden verrichtingen zijn ingedeeld in categorieën volgens de meest gangbare indeling. Vervolgens is per categorie één van de meest voorkomende voorbeelden van verrichtingen van die categorie als representant aangewezen. De lijst van categorieën van hoge-dosisverrichtingen met representanten vormt de basis voor een beknopte vragenlijst die aan enkele deskundigen in een aantal representatieve ziekenhuizen van verschillende grootte is voorgelegd. Hierbij is gevraagd naar de gangbare praktijk. Om praktische redenen is de selectie niet geheel willekeurig maar zijn ziekenhuizen van drie categorieën benaderd: klein, middelgroot en groot. Binnen elke categorie zijn stralingsdeskundigen benaderd. Er is gekozen voor stralingsdeskundigen omdat zij vanwege hun functie over een goed overzicht beschikken van het gebruik van straling in het ziekenhuis. Ook zijn zij verantwoordelijk voor de registratie van de stralingshygiënische diploma's van medisch personeel. De stralingsdeskundigen waren over het algemeen goed telefonisch te bereiken. In een enkel geval waar dit niet zo was, is een ander ziekenhuis uit dezelfde categorie geselecteerd.

## 3 Resultaten

### 3.1 Röntgenapparatuur buiten reguliere ziekenhuizen

#### 3.1.1 *Medisch-juridisch röntgenonderzoek*

In het RIVM-rapport 'Toepassing van röntgenstraling om medisch-juridische en arbeidsgeneeskundige redenen in Nederland' [1] wordt een aantal medische röntgentoepassingen genoemd die voldoen aan de omschrijving in de eerste vraagstelling, namelijk gebruik van medische röntgenapparatuur buiten ziekenhuizen. Dit zijn de volgende toepassingen:

- het opsporen van voorwerpen in lichaamsholten bij verdenking van smokkel;
- het afbeelden van pols- of schoudergewricht voor de bepaling van de leeftijd van jonge asielzoekers;
- aanstellingskeuringen bij topsporters;
- gebruik door Gemeentelijke Gezondheidsdiensten (GGD'en) en in gevangenissen en bijzondere inrichtingen voor tuberculosebestrijding;
- diagnostiek bij chiropraxie.

De eerste twee van deze vier toepassingen vallen onder de noemer medisch-juridisch onderzoek. De Dienst Justitiële Inrichtingen (DJI) van het ministerie van Justitie heeft een vergunning voor twee locaties bij Schiphol waar dit soort onderzoek mag plaatsvinden.

De derde toepassing valt onder de arbeidsgeneeskunde. In 2002 is er één vergunning verstrekt waarin expliciet wordt vermeld dat deze van toepassing is op medische keuringen. Deze vergunning is echter niet langer van kracht.

Het gebruik van röntgentoestellen voor tuberculosebestrijding en ander bevolkingsonderzoek is vergund aan enkele tientallen GGD'en, zowel op locatie als mobiel. Om dezelfde reden heeft de DJI een vergunning voor gebruik van röntgenapparatuur in gevangenissen en bijzondere inrichtingen.

Ten slotte is er één chiropractor met een vergunning voor het gebruik van een röntgentoestel voor diagnostiek.

#### 3.1.2 *Niet-vergunningplichtige toestellen*

Uit gesprekken met deskundigen bij Agentschap NL is het volgende gebleken: als de hoogspanning van een medisch röntgenapparaat minder dan 100 kV is, is voor het bezit en gebruik geen vergunning nodig. Wel moet er een melding gedaan worden aan Agentschap NL.

Niet-vergunningplichtige medische röntgenapparatuur zou buiten ziekenhuizen vooral te vinden zijn bij huisartsenlaboratoria en diagnostische centra. Agentschap NL heeft echter geen inzicht in het exacte aantal. Meldingen van het in gebruik nemen van röntgentoestellen worden niet geregistreerd, zodat hiervan geen systematisch overzicht bestaat. Voor alle toepassingen samen gaat het om enkele duizenden meldingen per jaar.

In de periode tussen augustus 2011 en april 2012 heeft een handvol huisartsen en sportartsen contact opgenomen met Agentschap NL in verband met de wens een vergunningplichtig röntgenapparaat aan te schaffen. Deze artsen zijn erop gewezen dat het momenteel niet mogelijk is een dergelijke vergunning te weigeren, maar dat dergelijke vergunningen waarschijnlijk ambtshalve zullen worden ingetrokken na het in werking treden van het nieuwe Besluit stralingsbescherming (Bs), naar verwachting begin 2013. Dit heeft ertoe geleid dat er in voornoemde periode geen enkele huisarts een vergunningaanvraag

heeft ingediend voor een röntgentoestel. Wel hebben drie bedrijven in die periode een vergunning aangevraagd voor een Cone Beam CT-apparaat. Een aantal tandartsen zou zo'n vergunning hebben gekregen.

Meldingen door huisartsen van in gebruikname van niet-vergunningplichtige medische röntgenapparatuur met een maximale hoogspanning minder dan 100 kV, zijn er niet geweest in deze periode. Wel waren er in deze periode 5 à 10 meldingen van in gebruikname van niet-vergunningplichtige *Cone Beam Computed Tomography* (CBCT) toestellen. Het zou voorkomen dat deze toestellen die een optimale hoogspanning hebben van meer dan 100 kV, om vergunningplicht te vermijden worden afgeregeld op 99 kV. Doordat het doordringend vermogen hiermee afneemt, krijgt de patiënt in deze gevallen een iets hogere dosis dan nodig.

### 3.1.3 Vergunningen

Alle vigerende vergunningen voor het gebruiken van röntgentoestellen worden door Agentschap NL gepubliceerd op de website [www.senternovem.nl/stralingsbescherming/verleende\\_vergunningen](http://www.senternovem.nl/stralingsbescherming/verleende_vergunningen). Bij wijziging of intrekking van een vergunning wordt deze van de website verwijderd. Zoeken op teksten binnen vergunningen via deze website is echter niet mogelijk. De vergunningen zijn in twee etappes gedownload: de eerste maal in oktober 2008 (vergunningen verleend vanaf februari 2002) en de tweede maal in mei 2012 (oktober 2008 tot en met april 2012). Het gaat in totaal om 1727 bestanden, waarbij aangetekend moet worden dat een onbekend aantal vergunningen uit het eerste deel inmiddels ingetrokken dan wel gewijzigd is.

Uitgaande van de 1727 verzamelde bestanden is door te zoeken op tekstdelen in de bestanden een aantal selecties gemaakt. Dit gebeurde in een aantal stappen, waarbij geen onderscheid werd gemaakt tussen hoofd- en kleine letters:

- Met zoeken op de tekst 'diagnosti' (dit komt zowel voor in 'diagnostiek' als 'diagnostisch') werden 394 bestanden geselecteerd.
- Met zoeken op de tekst 'medisch' werden 391 bestanden geselecteerd.
- Samenvoeging van de gevonden bestanden in de voorgaande twee stappen leverde 421 unieke bestanden op. Hieruit werden alle 213 bestanden met de tekst 'ziekenhuis' verwijderd, evenals de bestanden met 'proefdier', 'gezelschapsdier', 'dierenarts', 'dierenkliniek', et cetera.
- Alle bestanden zonder de tekst 'toestel' of 'toestellen' bleken geen vergunning voor het gebruik van röntgentoestellen te bevatten en werden verwijderd uit de selectie.
- Bestanden met de tekst 'GGD' werden apart gezet onder de noemer GGD.
- Bestanden met de tekst 'school', 'universiteit' of 'onderwijs' werden verzameld onder de noemer Onderwijs.

Het doornemen van een aantal overblijvende bestanden leverde het inzicht op dat deze zijn in te delen in de categorieën (zoektermen tussen haakjes):

- GGD'en (waarbij de afkorting GGD van Gemeentelijke Gezondheidsdienst niet werd gebruikt, zoekterm: 'gemeentelijke');
- huisartsen (huisarts);
- tandheelkunde (implantologie, orthodontie, praktijk);
- onderwijs (onderwijsdoeleinden);
- medisch-juridisch (juridisch);
- medische keuringen (keuringen);
- botdichtheid vrijwilligers en proefpersonen (botdichtheid);
- chiropraxie (chiropraxie);

- overige (medische diagnostiek).

In de navolgende paragrafen worden deze categorieën nader belicht. Vergunningen worden met hun nummer aangeduid; hiermee zijn ze gemakkelijk op te vragen.

#### 3.1.3.1 GGD'en

De GGD'en hebben gezamenlijk 23 vergunningen voor het gebruik van in totaal 44 toestellen op 30 vaste locaties of op wisselende plaatsen (mobiel gebruik). De toestellen hebben een maximale hoogspanning van 125 kV (18 vast en één mobiel) of 150 kV (12 vast en 13 mobiel). Het gaat om de volgende vergunningen:

200437106, 200460771, 200487451, 20051162, 200514203, 200526452, 20063644-08, 20064905-06, 20073132-05, 20073173-06, 20080632-09, 20081076-05, 20081406-05, 20081605-05, 20081733-05, 20082232-05, 20090779-05, 20091964-05, 20101302-05, 20102085-07, 20071456-06, 20082820-05, 200338270.

#### 3.1.3.2 Huisartsen

Een relatief gering aantal huisartsenpraktijken beschikt over een vergunning voor het gebruik van röntgentoestellen. Het gaat voor een deel om praktijken op Wadden- en Zeeuwse eilanden. De toestellen hebben een maximale hoogspanning van 130–150 kV.

20071525-06 één toestel

20090684-05 één toestel

20091251-17 twee toestellen op verschillende locaties

20110629-05 één toestel

#### 3.1.3.3 Huisartsenlaboratoria en medisch-diagnostische centra

Er zijn in Nederland 24 stichtingen die samen op 27 locaties, huisartsenlaboratoria en medisch diagnostische centra (MDC's) onder hun hoede hebben (bron: kiesbeter.nl). Deze instellingen verrichten eerstelijnsdiagnostiek voor huisartsen. Van de 24 stichtingen zijn er 23 aangesloten bij de landelijke branchevereniging voor huisartsenlaboratoria en medisch-diagnostische centra, de SAN.

Twee van de 24 instellingen geven aan dat ze op de eigen locatie radiologisch onderzoek uitvoeren. Zeven instellingen verwijzen de patiënten door naar een ziekenhuis in de omgeving voor het verrichten van radiologisch onderzoek. De overige instellingen verzorgen alleen andere diagnostische diensten als bijvoorbeeld bloedprikken en trombosediensten. De twee instellingen die radiologisch onderzoek verrichten, beperken zich tot het verrichten van eenvoudig radiologisch onderzoek, er worden geen doorlichting- angiografie- of CT-onderzoeken uitgevoerd. Het gaat om de volgende twee vergunningen:

20111854-08 drie toestellen op verschillende locaties met een hoogspanning van maximaal 140 kV;

20102485-05 drie locaties met samen tien toestellen en drie mobiele toestellen, alle met een hoogspanning van maximaal 150 kV.

#### 3.1.3.4 Tandheelkunde

Zevenentwintig tandartspraktijken en praktijken voor implantologie en orthodontie hebben een vergunning voor het gebruik van toestellen met een maximale hoogspanning van 100–120 kV. Het zijn allemaal Cone Beam CT's en een aantal van deze praktijken heeft ook een niet-vergunningplichtig toestel.

Het gaat om de volgende vergunningen (één toestel per vergunning):  
 200460779, 200465458, 200591838, 200525444, 20065670-05, 20066251-05,  
 20070096-06, 20071126-05, 20090509-05, 20091654-05, 20091731-05,  
 20092377-05, 20092710-05, 20101327-05, 20101543-05, 20102256-11,  
 20110247-06 en 20111685-06, 20081555-05, 20091222-05, 20091223-05,  
 20092674-05, 20091106-07, 20101545-26, 20110315-06, 20110695-06,  
 20111860-08.

#### 3.1.3.5 Onderwijs

Na het verwijderen van de vergunningen met de tekst 'ziekenhuis' blijven vijf vergunningen over voor medische röntgentoestellen ten behoeve van onderwijsdoeleinden bij medische en paramedische opleidingsinstituten:

- 200557865 Vergunning voor 51 toestellen met een hoogspanning van maximaal 150 kV op één locatie en nog 14 met maximaal 70 kV verspreid over drie andere locaties.
- 20073143-06 Tien toestellen, maximaal 150 kV ten behoeve van onderwijsdoeleinden (medische diagnostiek).
- 20064571-02 Zeven toestellen met een maximale hoogspanning van 65–85 kV ten behoeve van onderwijsdoeleinden en röntgendiagnostiek.
- 20024015 Eén onderwijsinstelling heeft een vergunning ten behoeve van onderwijsdoeleinden voor één toestel met een maximale hoogspanning van 50 kV.

#### 3.1.3.6 Medisch-juridisch

- 20071207-06 Eén bedrijf heeft een vergunning voor medisch-juridisch onderzoek met twee toestellen op twee verschillende locaties: één met een hoogspanning van maximaal 110 kV en één met een hoogspanning van maximaal 150 kV.

#### 3.1.3.7 Botdichtheid vrijwilligers en proefpersonen

Vier vergunningen voor botdichtheidsmeting met een toestel met een hoogspanning van maximaal 140 kV, waarvan de vierde bij proefpersonen: 200537460, 20063902-04, 2011/0034, 20065516-05. En één vergunning voor biomedisch onderzoek bij vrijwilligers (proefpersonen) met een toestel met een hoogspanning van maximaal 100 kV: 20070428-10.

#### 3.1.3.8 Chiropraxie

- 20064852-04 Eén chiropractor heeft een vergunning voor diagnostisch gebruik van een toestel met een hoogspanning van maximaal 100 kV.

#### 3.1.3.9 Overige

Deze categorie bevat de geselecteerde vergunningen voor het gebruik van medische röntgentoestellen waaruit niet op te maken valt dat ze in een van de bovenstaande categorieën vallen. Hierbij zijn bijvoorbeeld bedrijven die medisch-juridisch onderzoek verrichten, naast ander onderzoek. Dit wordt in de vergunning dan niet expliciet vermeld. Nog 24 instellingen die bij [www.kiesbeter.nl](http://www.kiesbeter.nl) als ziekenhuis te boek staan, werden geschrapt uit het bestand en 10 tandarts- en orthodontiepraktijken werden toegevoegd aan de lijst onder paragraaf 3.1.3.4.

Van de 40 overgebleven vergunningen voor toestellen ten behoeve van medische diagnostiek was nog de volgende indeling te maken:

- 11 instellingen voor geestelijke gezondheidszorg (GGZ);
- 2 onderdelen van de rijksoverheid;
- 5 revalidatiecentra;



- 3 maal verpleeghuiszorg;
- 2 pijnklinieken;
- 15 niet nader gespecificeerde eerstelijnszorgverleners.

Het is niet geheel uitgesloten dat onder deze laatste 40 enkele vergunningen gewijzigd of ingetrokken zijn:

200361421, 200366679, 200368270, 200426100, 200444022, 200444370, 200446761, 200447430, 200458811, 200461013, 200465451, 200468539, 200471654, 200482962, 200483769, 200517561, 200554616, 200592637, 20071618-05, 20072638-06, 20080340-11, 20080434-05, 20080606-05, 20080814-08, 20080867-06, 20081195-06, 20082512-05, 20082600-05, 20082615-05, 20090549-05, 20091714-09, 20100211-05, 20100232-05, 20101664-05, 20102008-05, 20102455-05, 20102738-05, 20110100-7, 20110464-09, 20111156-11.

## 3.2 Verrichtingen met hoge dosis

### 3.2.1 Dosiswaarden

In de rapporten van de United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) die sinds 1988 zijn uitgebracht, worden landen op grond van het niveau van *health care* ingedeeld in vier *Levels*. Vrijwel alle landen in Europa zitten in *Level I* (meer dan 1 eerstelijnsarts per 1000 leden van de bevolking). Nederland heeft er volgens OECD 2,9 per 1.000<sup>2</sup>. Overigens zouden hiervan maar 0,5 à 0,6 huisartsen per 1.000 zijn<sup>3</sup>.

In de laatste van de reeks UNSCEAR-rapporten zijn de diagnostische röntgenverrichtingen te vinden die in landen met een *health care level I* voor de patiënt een effectieve dosis > 2 mSv opleveren [2]. Een tabel met deze radiologische verrichtingen is opgenomen in de Bijlage (Tabel 6). In de laatste kolom van deze tabel zijn dosiswaarden voor Nederland opgenomen, afkomstig van de website [www.rivm.nl/Onderwerpen/Onderwerpen/M/Medische\\_Stralingstoepassingen](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/Onderwerpen/M/Medische_Stralingstoepassingen). In Tabel 7 staan de categorieën verrichtingen met Computer Tomografie (CT) met de daarbij horende frequentiegewogen gemiddelde dosiswaarden afkomstig van dezelfde website. Ook voor nucleair geneeskundige diagnostiek zijn dosiswaarden te vinden, voor verschillende *Level I*-landen in het laatste UNSCEAR rapport en specifiek voor Nederland op de RIVM-website. De derde tabel in de Bijlage (Tabel 8) geeft de nucleair geneeskundige verrichtingen met een relatief hoge dosis en de gemiddelde waarden voor Nederland. Deze lijsten komen overeen met de indeling die in het Dose Datamed project is gehanteerd [3].

De verrichtingen die in de Bijlage worden genoemd, zijn samen te vatten in acht categorieën röntgenverrichtingen en zeven categorieën nucleair geneeskundige verrichtingen. In Tabel 1, Tabel 2 en Tabel 3 zijn deze categorieën weergegeven met als voorbeeld een verrichting uit de betreffende categorie.

De CT-onderzoeken geven in bijna alle gevallen een dosis per onderzoek die groter is dan 2 mSv. Deze onderzoeken worden in dit rapport echter niet verder

<sup>2</sup> Bron: OECD Health Data 2011, [http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HEALTH\\_REAC](http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HEALTH_REAC) Data refer to professionally active physicians. They include practising physicians plus other physicians working in the health sector as managers, educators, researchers, etc. (adding another 5-10% of doctors).

<sup>3</sup> Op 1 januari 2010 zijn er in Nederland 7.833 zelfstandig gevestigde huisartsen en 1.088 HIDHA's werkzaam. <http://www.nivel.nl/sites/default/files/bestanden/cijfers-uit-de-registratie-van-huisartsen-peiling-jan-2010.pdf>

besproken omdat CT-onderzoek alleen wordt uitgevoerd in ziekenhuizen binnen de afdelingen radiologie, zodat het buiten de vraagstelling valt. Er zijn soms wel CT-scanners aanwezig op bijvoorbeeld een afdeling Spoedeisende Hulp (SEH) maar deze worden dan bediend door personeel van de afdeling radiologie. Hetzelfde geldt voor de nucleair geneeskundige onderzoeken; die vinden altijd plaats op de afdeling nucleaire geneeskunde, onder toezicht van een nucleair geneeskundige.

*Tabel 1 Categorieën röntgenverrichtingen met hoge dosis*

<b>Categorie</b>	<b>Voorbeeld</b>
Diagnostische coronaire angiografie	Coronaire vaten
Interventies coronaire angiografie	Stentplaatsing
Diagnostische angiografie (niet-coronair)	Bekken/benen vaatdiagnostiek
Interventie angiografie (niet-coronair)	Embolisatie beenvat
MDL-diagnostiek	Colon/sonde/galwegen
MDL-interventies	Galdrainage/ERCP
Urologische diagnostisch	IVP/MCUG
Urologische interventies	Stentplaatsing nier/urine <span>­</span> weg

*Tabel 2 Categorieën CT-verrichtingen*

<b>Categorie</b>	<b>Voorbeeld</b>
CT-abdomen	Buik vraagstelling lymfadenopathie
CT-bekken	Pathologie onderbuik/ benig bekken
CT-interventie	Drainageprocedure
CT-hoofd/schedel	Hersenen vraagstelling bloeding
CT-thorax	Longen vraagstelling lymfadenopathie
CT-wervelkolom	Wervelfractuur

*Tabel 3 Categorieën nucleair diagnostische verrichtingen met hoge dosis*

<b>Categorie</b>	<b>Voorbeeld</b>
Skeletonderzoeken	Skeletscintigrafie
Cardiologisch onderzoek	Myocard/ejectiefraction
Endocrinologie	Bijnier/MIBG
Tumorlocalisatie	Gallium scintigrafie
Hoofd/hersenen	Hersenscintigrafie
Bloed/afweer	Leucocytenonderzoek
Spijsvertering	Galwegen/ectopisch maagslijmvlies

De onderzoeken met een relatief hoge dosis die niet door radiologen of nucleair geneeskundigen worden uitgevoerd, zijn samengevat in Tabel 1. De eerste categorie hierin vormen de coronaire angiografie-onderzoeken, die worden onderverdeeld in diagnostische verrichtingen en interventies. Bij de diagnostische verrichtingen gaat het om het in beeld brengen van de kransslagaderen om bijvoorbeeld vernauwingen te kunnen vaststellen. Deze diagnostische verrichtingen worden in veel ziekenhuizen uitgevoerd. Coronaire interventies worden alleen in gespecialiseerde centra uitgevoerd. Een voorbeeld van coronaire interventie is het opheffen van vernauwingen van de bloedvaten door het plaatsen van een stent. Coronaire interventies worden uitgevoerd door cardiologen.

Naast de coronaire angiografie-onderzoeken vinden er ook angiografie onderzoeken plaats van bijvoorbeeld arm- of beenvaten. Ook deze angiografie onderzoeken kunnen in een diagnostisch en een interventiedeel worden

onderscheiden. Bij diagnostische angiografie van de beenvaten kan worden gedacht aan het in beeld brengen van de bloedvaten in bekken en benen. Ook diagnostiek van de shunt bij dialyse patiënten is een voorbeeld van een diagnostische angiografie (niet-coronair). Vernauwingen in deze bloedvaten kunnen door middel van een interventie worden opgeheven.

Bij de maag/darm/lever-onderzoeken zijn de diagnostische verrichtingen voornamelijk het in beeld brengen van de maag en darmen door middel van doorlichting bij gebruik van contrastmiddelen. Bij de interventies op dit gebied kan worden gedacht aan de ERCP-onderzoeken (Endoscopische retrograde cholangiopancreaticografie). Een interventie van maag/darm/lever gebeurt in veel gevallen in combinatie met een scopie die wordt uitgevoerd door de internist of maag-darm-lever-(MDL-)arts.

Diagnostische urologische onderzoeken zijn het in beeld brengen van de nieren en/of urinewegen en blaas met behulp van een contrastmiddel. Een deel van deze onderzoeken gebeurt bij kinderen. In een aantal ziekenhuizen gebeuren deze onderzoeken in samenwerking met de kinderarts. De urologische interventies worden in veel gevallen uitgevoerd door de uroloog, waarbij ook gebruik wordt gemaakt van scopie-technieken. Hierbij kan worden gedacht aan het opheffen van vernauwingen in de urinewegen. Hieronder zijn enkele voorbeelden van hoge dosisonderzoeken opgenomen.

#### Tekstbox 1 ERCP

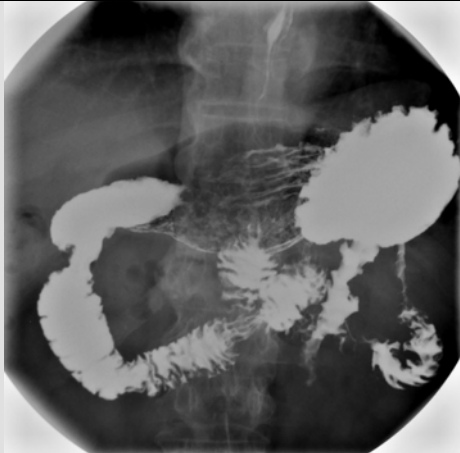


*Figuur 2 ERCP, afbeelding van o.a. de galblaas met contrastmiddel. (Bron: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:ERCP\\_Roentgen.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:ERCP_Roentgen.jpg))*

Bij een ERCP-procedure (ERCP staat voor endoscopische retrograde cholangiopancreaticografie) wordt een scope ingebracht die via de maag tot in het duodenum wordt geplaatst. Door de endoscoop kunnen instrumenten worden ingebracht waarmee bijvoorbeeld contrastvloeistof kan worden ingespoten. Ook kunnen galstenen worden verwijderd en zijn er mogelijkheden weefsel weg te nemen of een stent te plaatsen. Bij het uitvoeren van een ERCP is er veelal sprake van een obstructie in de galwegen of van galafloed. Door deze obstructie kan het moeilijk zijn bepaalde delen van de galwegen goed te bereiken. Hierdoor kan een ERCP een lange procedure zijn. De doorlichtingstijd en stralingsdosis kunnen hierbij toenemen.

Op de afbeelding zijn de endoscoop te zien en zijn de galblaas en galwegen afgebeeld. In de galblaas en galafvoer zijn galstenen zichtbaar als witte uitsparingen in de donkere afbeelding van het contrastmiddel.

*Tekstbox 2 Maag (barium meal)*



*Figuur 3 Röntgenfoto van de maag met zowel positief (bariumsulfaat) als negatief (CO2) contrastmiddel. (Bron: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maag.jpg>)*

Doorlichtingsonderzoek van de maag met dubbel contrastmiddel wordt uitgevoerd voor bijvoorbeeld het bepalen van de mate van passage van voedsel van de maag naar het duodenum en voor het diagnosticeren van bijvoorbeeld reflux naar de slokdarm.

*Tekstbox 3 Dubbel J-stentplaatsing ureter*



*Figuur 4 Röntgenfoto van het abdomen met nefrolithiasis (niersteen) en een dubbel J-katheter. (Bron: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:DoubleJ.jpg>)*

Een dubbel J-katheter wordt door de uroloog door middel van een cystoscopie geplaatst in de urineleider. Het ene uiteinde wordt in de blaas gelegd, het andere uiteinde komt in het nierbekken. Bij het plaatsen kan gebruikgemaakt worden van doorlichting, al of niet met gebruik van contrastvloeistof. Een dubbel J-katheter wordt geplaatst wanneer er een obstructie is in de urineleider; dit kan bijvoorbeeld een niersteen zijn. Het passeren van zo'n obstructie met de katheter kan moeizaam verlopen. De doorlichtingstijd en de bijbehorende stralingsdosis kan dan oplopen. Op de afbeelding is de dubbel J-katheter te zien in de rechternier en urineleider. Daarnaast zijn bij de pijlen nierstenen zichtbaar.

*Tekstbox 4 Coronaire angiogram en angioplastiek*

*Figuur 5 Coronaire angiogram en angioplastiek bij acuut myocardinfarct. (Bron: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:HWI\\_PTCA.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:HWI_PTCA.jpg))*

Voor een coronaire angiogram wordt er een toegang gemaakt in een (lies)slagader. Via deze toegang kunnen voerdraden en materialen worden ingebracht door de slagader tot aan het hart. Er kan een contrastmiddel worden toegediend voor het afbeelden van de slagaders rond het hart. Indien nodig kunnen ook stents of 'ballonnen' worden ingebracht voor het opheffen van de obstructie.

Op de linkerafbeelding is de rechtercoronaire slagader afgesloten. Na een interventie is deze tak weer doorgankelijk. Het in beeld brengen en daarna opheffen van een afsluiting kan een langdurige procedure zijn, waarbij de stralingsdosis hoog kan oplopen.

## 3.2.1.1

## Stralingshygiënische kennis

De eisen die aan beoefenaars van medische beroepen worden gesteld met betrekking tot hun kennis van de stralingshygiëne, hebben een lange historie. Kort samengevat zijn er vier hoofdniveaus van stralingsdeskundigheid, van laag naar hoog genummerd 5, 4, 3 en 2. De niveaus 5, 4 en 3 kennen een 'A'- en een 'B'-variant (5A, 5B, et cetera), waarbij de A specifiek is voor ingekapselde bronnen en de B voor open bronnen. Niveau 3 krijgt voor medici bovendien de toevoeging 'M'. Niveau 2 is niet specifiek voor medische beroepen.

In Tabel 4 is aangegeven in welke specialistenopleidingen een stralingsdeskundigheid is opgenomen. De overige specialismen (zie Tabel 5) hebben geen stralingsdeskundigheid tijdens de opleiding.

*Tabel 4 Medische specialismen met stralingsdeskundigheid binnen de opleiding*

Specialisme	Datum besluit	Stralingsdeskundigheid
Nucleaire geneeskunde	05-04-2004	Niveau 3
Radiologie	10-05-2004	Niveau 3M
Radiotherapie	10-05-2004	Niveau 3A/M
Cardiologie	06-12-2006	Niveau 4A/M
Longziekten en tuberculose	06-12-2006	Niveau 4A/M
Maag/darm/lever-ziekten	09-02-2006	Niveau 4A/M
Urologie	10-05-2004	Niveau 4A/M

(Bron: College Geneeskundige Specialismen op <http://knmg.artsennet.nl/Opleiding-en-Registratie/Regelgeving/Huidige-regelgeving-CGS.htm>)

*Tabel 5 Medische specialismen zonder stralingsdeskundigheid binnen de opleiding*

Specialisme	Datum besluit	Specialisme	Datum besluit
Anesthesiologie	11-10-2007	Reumatologie	10-05-2004
Interne geneeskunde	14-06-2004	Revalidatiegeneeskunde	05-04-2004
Keel/neus/oor-heelkunde	05-04-2004	Cardiothoracale chirurgie	05-04-2004
Kindergeneeskunde	10-05-2004	Dermatologie en	
Klinische Genetica	10-05-2004	Venerologie	09-02-2006
Klinische Geriatrie	06-12-2006	Kindergeneeskunde	10-05-2004
Medische Microbiologie	10-05-2004	Heelkunde	14-06-2004
Neurochirurgie	10-05-2004	Obstetrie en gynaecologie	09-02-2006
Neurologie	01-01-2010	Oogheelkunde	05-04-2004
Pathologie	05-04-2004	Orthopedie	10-05-2004
Psychiatrie	01-01-2008	Plastische chirurgie	05-04-2004

(Bron: College Geneeskundige Specialismen op <http://knmg.artsennet.nl/Opleiding-en-Registratie/Regelgeving/Huidige-regelgeving-CGS.htm>)

Uit Tabel 6 blijkt dat de onderzoeken met hoge dosis in de geraadpleegde ziekenhuizen alleen worden uitgevoerd door specialisten waarvoor stralingsdeskundigheid onderdeel uitmaakt van de opleiding.

In de wet BIG staat in artikel 36 lid 8 beschreven welke bevoegdheden de artsen en tandartsen hebben bij het gebruiken van radioactieve stoffen en ioniserende straling voor medische beeldvorming (zie Tekstbox 5).

*Tekstbox 5 Wet BIG, artikel 36 lid 8*

Artikel 36

8. Tot het verrichten van handelingen, op het gebied van de individuele gezondheidszorg, met gebruikmaking van radioactieve stoffen of toestellen die ioniserende stralen uitzenden, zijn bevoegd:

a. de artsen,

b. de tandartsen,

doch uitsluitend voor zover zij voldoen aan de krachtens de Kernenergiewet (Stb. 1963, 82) ter zake van het gebruiken van zodanige stoffen en toestellen gestelde eisen, alsmede, voor zover het betreft tandartsen, uitsluitend voor zover het betreft handelingen, in de aanhef van dit lid bedoeld, die overeenkomstig het bij hoofdstuk III bepaalde worden gerekend tot hun gebied van deskundigheid.

### 3.2.2 De Nederlandse praktijk

Uit inleidende gesprekken met deskundigen was vernomen dat radiologen in sommige gevallen weliswaar de eindverantwoordelijkheid hebben voor de bediening van de apparatuur, maar dit soms onder voorwaarden zouden laten uitvoeren door andere specialisten, radiodiagnostisch laboranten of assistenten. Radiodiagnostisch laboranten hebben in de opleiding een stralingsdeskundigheid niveau 4 verkregen. De groep specialisten die buiten radiologie en nucleaire geneeskunde opereert, zou steeds vaker afzien van het inzetten van radiodiagnostisch laboranten en zou de bediening van röntgenapparatuur steeds vaker opdragen aan de eigen assistenten van wie niet bekend is of zij over de benodigde stralingsdeskundigheid beschikken.

Om na te gaan welke categorieën onderzoeken uit Tabel 1, Tabel 2 en Tabel 3 worden uitgevoerd buiten de afdeling radiologie of worden uitgevoerd door specialisten die geen radioloog zijn, is gebeld met een aantal stralingsdeskundigen in ziekenhuizen. Er is een selectie gemaakt van kleine, middelgrote en grote ziekenhuizen.

Er is hiervoor een vragenformulier opgesteld waarbij voor elke categorie de volgende aspecten werden gevraagd:

- Op welke afdeling vindt het onderzoek plaats?
- Wie is de uitvoerende specialist?
- Wat is de stralingsdeskundigheid van deze specialist?
- Wie bedient de apparatuur?
- Is er altijd een radiologisch laborant aanwezig bij het uitvoeren van het onderzoek?

De resultaten van deze vragenlijst zijn geaggregeerd weergegeven in Tabel 6. Per specialisme volgt hieronder een korte bespreking van deze resultaten.

De coronaire angiografie-onderzoeken worden in de geraadpleegde ziekenhuizen uitgevoerd door de cardioloog. Deze artsen hebben tenminste een stralingsdeskundigheid niveau 4AM. De onderzoeken vinden plaats op zowel afdelingen radiologie als op afdelingen cardiologie. Voor de niet-coronaire angiografie-onderzoeken geldt dat deze voornamelijk worden uitgevoerd door radiologen. De coronaire interventies worden alleen uitgevoerd in grote gespecialiseerde centra. De uitvoerende specialist is de cardioloog met een stralingsdeskundigheid van niveau 4AM. De interventie wordt uitgevoerd op de afdeling cardiologie en de apparatuur wordt bediend door de assistent van de cardioloog.

De niet-coronaire angiografieën worden uitgevoerd op de afdelingen radiologie of op het operatiecomplex. In alle geraadpleegde ziekenhuizen wordt aangegeven dat de radiologen in de meeste gevallen de uitvoerders zijn. Zij bedienen in dat geval zelf de apparatuur of laten de apparatuur bedienen door een radiodiagnostisch laborant.

De maag/darm/lever-diagnostiek wordt ook door de radiologen uitgevoerd op de afdeling radiologie. De interventies op dit gebied worden uitgevoerd door de internist. Dit is bij alle ziekenhuizen gelijk, ongeacht de grootte. De bediening van de apparatuur gebeurt door de radiodiagnostisch laborant en niet door een assistent van de specialist, zoals bij cardiologische interventies.

Urologische diagnostiek gebeurt door radiologen op de afdeling radiologie of op het operatiecomplex. Bij bepaalde onderzoeken is er samenwerking met urologen of andere specialisten. De urologische interventies vinden plaats op afdelingen urologie, radiologie en op het operatiecomplex. De uroloog is dan de uitvoerende specialist en de bediening van de apparatuur is in handen van de radiodiagnostisch laborant. Van de zes stralingsdeskundigen uit verschillende ziekenhuizen die zijn geïnterviewd, merkten er twee op dat ze niet konden aantonen of de uitvoerende artsen een diploma stralingshygiëne bezaten.

De bediening van de apparatuur gebeurt bij onderzoeken met hoge doses bijna altijd door de specialist of door een radiodiagnostisch laborant. Alleen bij de coronaire interventies wordt de apparatuur bediend door de assistent van de cardioloog.

Tabel 6 Resultaten inventarisatie risicogebruikers per categorie verrichting voor verschillende ziekenhuisklassen

Categorie	Ziekenhuis klasse	Afdeling	Uitvoerend specialist	Stralingsdesk. specialist	Apparatuur bediening door:
Diagnostische coronaire angiografie	Groot	Cardiologie en radiologie	Cardioloog	4AM	Radiodiagnostisch laborant
	Middel	Cardiologie	Cardioloog	3/4AM	Specialist
	Klein	Radiologie	Cardioloog	4AM	Radiodiagnostisch laborant
Interventies coronaire angiografie	Groot	Cardiologie	Cardioloog	4AM	Assistent specialist
	Middel	Nvt			
	Klein	Nvt			
Diagnostische angiografie (niet-coronair)	Groot	Radiologie	Radioloog	3/3M/4M	Specialist en/of radiodiagnostisch laborant
	Middel	Radiologie	Radioloog	3/3M/4M	Specialist
	Klein	Radiologie	Radioloog	3/3M/4M	Specialist en/of radiodiagnostisch laborant
Interventie angiografie (niet-coronair)	Groot	Radiologie en OK	(interventie) radioloog/ vaatchirurg	3/3M/4M (rad) 4AM (vaatchirurg)	Specialist en/of radiodiagnostisch laborant
	Middel	Radiologie en OK	Radioloog	3/3M/4M	Specialist en/of radiodiagnostisch laborant
	Klein	Radiologie	Radioloog	3/3M/4M	Specialist en/of radiodiagnostisch laborant
MDL diagnostiek	Groot	Radiologie	Radioloog	3/3M/4M	Specialist en/of radiodiagnostisch laborant
	Middel	Radiologie	Radioloog	3/3M/4M	Specialist en/of radiodiagnostisch laborant
	Klein	Radiologie	Radioloog	3/3M/4M	Specialist en/of radiodiagnostisch laborant



Vervolg Tabel 6 Resultaten inventarisatie risicogebruikers per categorie verrichting voor verschillende ziekenhuisklassen

Categorie	Ziekenhuis klasse	Afdeling	Uitvoerend specialist	Stralingsdesk. specialist	Apparatuur bediening door:
MDL interventies	Groot	Radiologie	Internist	3/3M/4M	Radiodiagnostisch laborant
	Middel	Radiologie	Internist	3/3M/4M	Radiodiagnostisch laborant
	Klein	Radiologie	Internist	3/3M/4M	Radiodiagnostisch laborant
Urologische diagnostisch	Groot	Radiologie	Radioloog	3/3M/4M	Specialist en/of radiodiagnostisch laborant
	Middel	Radiologie en OK	Radioloog of uroloog	3/3M/4M (rad), 4AM (uroloog)	Specialist en/of radiodiagnostisch laborant
	Klein	Radiologie	Radioloog evt i.s.m kinderarts/ gynaecoloog	3/3M/4M (rad), kinderarts/ gynaecoloog geen	Radiodiagnostisch laborant
Urologische interventies	Groot	Urologie	Uroloog	4AM	Radiodiagnostisch laborant
	Middel	Radiologie en OK	Uroloog	4AM	Radiodiagnostisch laborant
	Klein	Radiologie en OK	Uroloog	4AM	Radiodiagnostisch laborant

### 3.2.3 *Eindtermen opleidingen medische stralingsdeskundigheid*

Behalve de genoemde niveaus van stralingsdeskundigheid 3 en 4A/M, bestaat er sinds 2005 de verkorte cursus '4A/M basis' (brief met kenmerk GMT/MT 2595953 van het ministerie van VWS d.d. 28 juni 2005). Specialisten die uitsluitend verantwoordelijk zijn voor lage-dosisonderzoeken ( $< 2$  mSv) zouden hiermee kunnen volstaan. Uit een presentatie van het ministerie op 27 mei 2010 blijkt dat deze cursus bedoeld is voor specialisten in de heelkunde, plastische chirurgie, orthopedie en urologie, terwijl cardiologen, long- en MDLartsen de volledige 4A/M-cursus zouden moeten volgen.

Momenteel wordt er door de Radboud Universiteit te Nijmegen in opdracht van het ministerie een project 'Nieuwe eindtermen' uitgevoerd om vast te stellen wat de inhoud van de verschillende deskundigheidsniveaus zou moeten zijn. Uit de informatie op de website 'stralingsdeskundigheid.nl' en uit telefonische informatie van de projectleider van dat project blijkt dat de representanten van een aantal specialismen, waaronder heelkunde, het niveau van deze '4A/M basis' toch onvoldoende vinden en voornemens zijn de onverkorte cursus 4A/M verplicht te stellen. Begin juni 2012 bleek er slechts één vergunning te bestaan waarin de grens van 2 mSv wordt vermeld, en wel die van het Erasmus MC.

## 4 Conclusies

De IGZ heeft bij twee vragen aan het RIVM gesteld dat er op twee fronten mogelijk sprake is van risicogebruikers van medische straling: enerzijds bij instellingen en praktijken buiten de ziekenhuizen waar wordt gebruikgemaakt van medische röntgenapparatuur, en anderzijds in ziekenhuizen waar buiten de afdelingen radiologie diagnostische en de therapeutische procedures met een gemiddelde dosis hoger dan 2 mSv plaatsvinden. Het RIVM kreeg de opdracht te onderzoeken om welke instellingen, respectievelijk om welke procedures het gaat in Nederland.

Wat betreft de medische röntgenapparatuur is gebleken dat deze voor een deel niet goed traceerbaar is. Dit is het deel van de röntgentoestellen dat een hoogspanning heeft van minder dan 100 kV. Voor deze toestellen hoeft geen vergunning te worden aangevraagd. Wel moet bij aanschaf een melding worden gedaan aan Agentschap NL, maar deze meldingen worden niet systematisch geregistreerd.

Uit communicatie met medewerkers van Agentschap NL die deze meldingen onder ogen krijgen, volgt dat er gedurende de laatste negen maanden 5 à 10 nietvergunningplichtige CBCT-apparaten zijn gemeld. Ook zouden er in die periode drie vergunningen zijn aangevraagd voor een Cone Beam CT-apparaat en daarvoor een handvol. Uit systematisch doorzoeken van de verleende vergunningen kwam echter naar voren dat er 27 vergunningen bestaan voor Cone Beam CT-apparaten in de mondzorg. Punt van zorg zijn berichten dat, om onder de vergunningplicht uit te komen, apparaten zouden worden afgeregeld op een lagere hoogspanning dan de optimale, met als gevolg een iets hoger dan nodige stralingsdosis voor de patiënt.

Uit de verleende vergunningen blijkt dat vergunningplichtige toestellen vooral gebruikt worden door GGD'en (44 stuks), tandartsen (27), GGZ-instellingen (11) revalidatiecentra (5) en circa 15 niet nader gespecificeerde eerstelijns hulpverleners.

Toepassingen met een hoge dosis voor de patiënt worden buiten de afdelingen radiologie en nucleaire geneeskunde toegepast door cardiologen, vaatchirurgen, internisten, MDL-artsen en urologen. Het gaat zowel om diagnostische verrichtingen als om interventies van vier typen verrichtingen, namelijk coronaire angiografie, niet-coronaire angiografie, interne geneeskunde en urologie. De verantwoordelijke stralingsdeskundigen van een zestal ziekenhuizen hadden van alle betrokken artsen opgegeven gekregen dat dezen in het bezit waren van het benodigde diploma stralingsdeskundigheid (niveau 4A/M volledig). Twee van deze stralingsdeskundigen meldden echter uit eigen beweging dat zij dit niet van alle artsen met een gewaarmerkte kopie van het diploma konden aantonen.

Tijdens gesprekken met deskundigen werd gemeld dat het steeds vaker zou voorkomen dat röntgentoestellen buiten radiologie worden bediend door assistenten. Bij de zes ziekenhuizen waarmee voor dit onderzoek contact heeft plaatsgevonden, is dit echter alleen gebleken bij de cardiologische interventies.

## Bijlage

*Tabel 6 Verrichtingen diagnostische radiologie met een gemiddelde effectieve dosis voor de patiënt hoger dan circa 2 mSv*

Verrichting (NL naam tussen haakjes)	Effectieve dosis internationale literatuur* (mSv)	Effectieve dosis Nederland** (mSv)
<b>Cerebral angiography</b>		12,0
Carotid/cerebral (hals/hersenen vaten)	4 [5], (3) [6], 0,78 [7]	
<b>Myelography</b>		3,6
Myelography (myelografie)	2,46 [7]	
Lumbar radiculography (lumbale radiculografie)	3,5 [8]	
<b>Skeletal survey (skelet status)</b>	1,8 [7]	n.b.***
<b>Kidney and ureter</b>		3,6
Kidneys exposed (nieren)	2,5 [7]	
Retrograde pyelogram (retrograad pyelogram)	2,3 [7]	
<b>Intravenous Urography / IVU</b>	2,4 [7], 3,0 [9]	3,6
<b>Pulmonary angiography</b>		12,0
Pulmonary Arteriography (long arteriografie)	5,6 [7]	
Pulmonary Angiogram (long angiografie)	5 [9]	
Arterial pressures (arteriële drukmetingen)	7 [7]	
Superior venacavography (angiografie vena cava superior)	2,5 [7]	
Venacavogram (angiografie vena cava)	2,5 [7]	
<b>Abdominal angiography</b>		12,0
Inferior venacavogram (angiografie vena cava inferior)	2,5 [7]	
Mesenterical angiography (angiografie mesenteriale vaten)	22,1 [7], (25) [6]	
Renal and visceral	23,9 [6] 12,7 [10]	
<b>Aortography</b>		12,0
Thoracaal (thoracale aorta)	4,1 [7]	
Abdominaal (abdominale aorta)	25,5 [11] 14 [12] 12 [9]	
<b>Peripheral angiography</b>		12,0
Arteriography (perifeer arteriografie)	4 [13], 7,1 [7], (15) [6]	
Phlebography (flebografie)	0,37 [7], (2,3) [14]	
<b>Barium meal</b>		3,6
Barium meal (maag)	2,6 [7]	
Barium follow-through (maag/duodenum)	3 [11]	
Small bowel enema (dunnedarmpassage)	7,8 [7]	
Barium enema (colon)	8 [9] 7,2 [7]	

<b>Abdominal investigations</b>		5,3
Endoscopy (endoscopie)		
Fistulogram (fistulogram)	1,7 [7]	
Herniography (herniografie)	3,6 [7]	
Loopogram (beeldvorming urostoma)	1,3 [7]	
Peritoneogram(peritoneogram)	3,1 [7]	
Ileoanal pouchogram (beeldvorming ileoanale ruimte)	3,9 [7]	
Sinography(sinografie)	4,2 [7]	
<b>Biliary system</b>		3,6
Preliminary cholecystogram (galwegen/galblaas)	2 [7]	
Operative cholangiography (operatieve cholangiografie)	3 [7]	
Infusion cholangiography (cholangiografie)	9 [7]	
Intravenous cholangiography (cholangiografie met intraveneus contrast)	8,8 [7]	
Oral cholecystography (cholangiografie met oraal contrast)	3,1 [7]	
ERCP	3,9 [7] 3,8 [15] 4,0 [7]	
Percutaneous transhepatic cholangiography (percutane cholangiografie)	8,1 [7]	
T-tube cholangiogram (cholangiografie door drain)	2,6 [7]	
<b>Interventional procedures</b>		5,3
<b>Biliary and urinary systems</b>		5,3
Bile duct drainage (galwegdrainage)	9,9 tot 38 [7, 10, 16,18]	
Bile duct dilatation/stent (galwegdilatatatie)	11,2 tot 14 [7, 14, 15, 19]	
Biliary intervention (galweg interventie)	14 [15]	
Bile duct stone extraction (galsteenverwijdering)	7 [7]	
Lithothripsy (niersteenvergruizing)	1,3 [7]	
Nephrostomy (nephrostomie)	2,1 tot 14,6 [7, 10, 17, 19, 20]	
Ureteric stenting (stentplaatsing ureter)	4,7 [7]	
Kidney stent insertion (stentplaatsing nier)	12,7 [7]	
<b>Cardiovascular</b>		6,9
Embolization (embolisatie)	19,5 tot 29,6 [7, 14, 15]	
Management of varicocele (varicocele)	6,4 tot 38 [7]	

Neuroembolization (embolisatie op neurologisch gebied)	1,7 tot 10,6 [5, 7, 18, 19, 21, 22]	
Thrombolysis (trombolyse)	3,5 [7]	
TIPS (transjugulaire shunt portaalsysteem)	20 tot 87,2 [7, 9, 14, 18, 19, 23]	
Valvuloplasty (valvuloplastiek)	29,3 [24]	
Vascular stenting (vasculaire stentplaatsing)	5,8 [7], 10,4 [25]	
Pelvic vein embolization (embolisatie bekkenvene)	60 [9]	
Insertion caval filters (plaatsen filters vena cava)	12,5 [7]	
Removal foreign bodies (verwijderen lichaamsvreemde voorwerpen)	7 [7]	
<b>Uterine fibroid embolization (embolisatie myoom)</b>	8 tot 77,5 [18, 26]	5,3
<b>Gastrointestinal</b>		5,3
Feeding tube (sonde)	3,4 [7]	
Gastrostomy (gastrostomie)	3,4 [7]	
Dilatation/stenting oesophagus (slokdarm dilatatie/stentplaatsing)	1,5 [7]	
Dilatation pyloric stenosis (dilatatie pylorus stenose)	7 [7]	
Colonic stenting (stentplaatsing colon)	7 [7]	

\* effectieve dosiswaarden tussen ronde haakjes zijn geschat op basis van de opgegeven DAP-waarde (Dose Area Product). Tussen vierkante haakjes: literatuurverwijzingen.

\*\* Effectieve dosis Nederland is frequentiegewogen gemiddelde per categorie.

\*\*\* n.b. :niet bekend.

*Tabel 7 CT-onderzoeken*

Onderzoek	Gemiddelde effectieve dosis (mSv)
Abdomen	10,6
Bekken	7,4
Diagnostische punctie met CT	8,1
Abcesdrainage met CT	8,1
Drainage galwegen met CT	8,1
Nefrostomie met CT	8,1
Hersenen	1,2
Aangezicht	1,2
Petrosum incl. brughoek	1,2
Bovenste extremiteiten	5,9
Onderste extremiteiten	5,9
Thorax, grote bloedvaten, hart	5,5
Luchtweegen	5,5
Wervelkolom	3,1

Tabel 8 Verrichtingen nucleaire geneeskunde met een gemiddelde effectieve dosis voor de patiënt groter dan circa 2 mSv

(Bron: www.rivm.nl/IMS)

Onderzoek	Nuclide Preparaat		Frequentie (volwassenen per jaar)	Gemiddelde activiteit (MBq)	Effectieve dosis per onderzoek (mSv)	Collectieve dosis (manSv)
Myocardial perfusion	<sup>201</sup> Tl	Chloride	190	108	23.8	4.5
Dopamine transporter imaging (parkinsonism)	<sup>123</sup> I	CIT	1217	184	9.2	11
Myocardial perfusion, exercise	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	6153	1060	8.4	52
Myocardial perfusion, exercise	<sup>99m</sup> Tc	Tetrofosmin	10021	1107	7.8	78
Cerebral blood flow	<sup>99m</sup> Tc	Exametazime (HMPAO, Ceretec)	107	740	6.9	0.74
Myocardial perfusion, rest	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	11762	632	5.7	67
Infection/inflammation imaging	<sup>99m</sup> Tc	Tc-labelled white blood cells (leucocytes)	426	485	5.3	2.3
Parathyroid imaging	<sup>99m</sup> Tc	MIBI	1411	542	4.9	6.9
MUGA, cardiac blood pool, cardiac blood flow (equilibrium)	<sup>99m</sup> Tc	Tc-labelled erythrocytes	8609	696	4.9	42
Tumor imaging (PET)	<sup>18</sup> F	FDG	13156	249	4.7	62.2
Dopamine transporter imaging (parkinsonism)	<sup>123</sup> I	Ioflupane (DaTscan)	308	184	4.4	1.4
Myocardial perfusion, rest	<sup>99m</sup> Tc	Tetrofosmin	10289	576	4.4	45
MUGA, cardiac blood pool, cardiac blood flow (equilibrium)	<sup>99m</sup> Tc	DTPA	6288	740	3.6	23
Bone imaging	<sup>99m</sup> Tc	Phosphates and phosphonates	97054	623	3.6	345
Thyroid imaging (oral administration, no blocking)	<sup>99m</sup> Tc	Pertechnetate	434	116	1.6	0.71
Myocardial perfusion (PET)	<sup>18</sup> F	FDG	NC			
Myocardial perfusion (PET)	<sup>15</sup> O	H <sub>2</sub> O	NC			
Tumor imaging (PET) + Diagnostic CT	<sup>18</sup> F	FDG	NC			

## Literatuur

1. C.G.J.C.A. de Vries, J.W.G.A. Pot, A.W. van Drongelen, P. Stoop, *Toepassing van röntgenstraling om medisch-juridische en arbeidsgeneeskundige redenen in Nederland - een verkenning*. 2011, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM): Bilthoven.
2. *UNSCEAR 2008 Report*, in *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. 2010, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: New York.
3. Wall, B., *European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures*, in *RADIATION PROTECTION N° 154*. 2008, Health Protection Agency, Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards, Radiation Protection Division, Chilton, Didcot, Oxfordshire OX11 0RQ.
4. Sanders, H.W.A. and E.L. Mooyaart Werkgroep juridische zaken NVvR (2000) *Moeten Medisch specialisten een cursus stralingshygiëne volgen?* URL: [stralingsdeskundigheid.nl](http://stralingsdeskundigheid.nl), geraadpleegd 15-6-2012.
5. Marshall, N.W., J. Noble, and K. Faulkner, *Patient and staff dosimetry in neuroradiological procedures*. *British Journal of Radiology*, 1995. **68**(809): p. 495-501.
6. Kicken, P.J.H., D. Koster, and G.J. Kemerink, *Exposure conditions of patients in vascular radiology*. *Radiation Protection Dosimetry*, 1999. **86**(2): p. 129-137.
7. Hart, D. and B.F. Wall, *Radiation Exposure of the UK Population from Medical and Dental X-Ray Examinations*. 2002, NRPB.
8. Martin, C.J. and S. Hunter, *Analysis of patient doses for myelogram and discogram examinations and their reduction through changes in equipment set-up*. *Br J Radiol*, 1995. **68**(809): p. 508-14.
9. Mettler, F.A. Jr., et al., *Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog*. *Radiology*, 2008. **248**(1): p. 254-63.
10. Ruiz-Cruces, R., et al., *Patient dose in radiologically guided interventional vascular procedures: conventional versus digital systems*. *Radiology*, 1997. **205**(2): p. 385-93.
11. Wall, B.F. and D. Hart, *Revised radiation doses for typical X-ray examinations. Report on a recent review of doses to patients from medical X-ray examinations in the UK by NRPB. National Radiological Protection Board*. *Br J Radiol*, 1997. **70**(833): p. 437-9.
12. Leung, K.C. and C.J. Martin, *Effective doses for coronary angiography*. *Br J Radiol*, 1996. **69**(821): p. 426-31.
13. Thwaites, J.H., et al., *A patient dose survey for femoral arteriogram diagnostic radiographic examinations using a dose-area product meter*. *Phys Med Biol*, 1996. **41**(5): p. 899-907.
14. Williams, J.R., *The interdependence of staff and patient doses in interventional radiology*. *Br J Radiol*, 1997. **70**(833): p. 498-503.
15. Marshall, N.W., C.L. Chapple, and C.J. Kotre, *Diagnostic reference levels in interventional radiology*. *Phys Med Biol*, 2000. **45**(12): p. 3833-46.
16. Vano, E., et al., *Patient dose values in interventional radiology*. *Br J Radiol*, 1995. **68**(815): p. 1215-20.
17. Ruiz Cruces, R., et al., *Estimation of effective dose in some digital angiographic and interventional procedures*. *Br J Radiol*, 1998. **71**(841): p. 42-7.



18. Miller, D.L., et al., *Radiation doses in interventional radiology procedures: the RAD-IR study: part I: overall measures of dose*. J Vasc Interv Radiol, 2003. **14**(6): p. 711-27.
19. McParland, B.J., *A study of patient radiation doses in interventional radiological procedures*. Br J Radiol, 1998. **71**(842): p. 175-85.
20. Vehmas, T., et al., *Radiation exposure during percutaneous nephrostomy*. Rofo, 1991. **154**(3): p. 238-41.
21. Bergeron, P., et al., *Radiation doses to patients in neurointerventional procedures*. AJNR Am J Neuroradiol, 1994. **15**(10): p. 1809-12.
22. Johnson, D.R., et al., *Radiation protection in interventional radiology*. Clin Radiol, 2001. **56**(2): p. 99-106.
23. Zweers, D., et al., *Patient and staff radiation dose in fluoroscopy-guided TIPS procedures and dose reduction, using dedicated fluoroscopy exposure settings*. Br J Radiol, 1998. **71**(846): p. 672-6.
24. Broadhead, D.A., et al., *The impact of cardiology on the collective effective dose in the North of England*. Br J Radiol, 1997. **70**(833): p. 492-7.
25. O'Driscoll, D., et al., *Effective dose to the patient undergoing superior vena cava stent*. Br J Radiol, 1998. **71**(852): p. 1302-5.
26. Andrews, R.T. and P.H. Brown, *Uterine arterial embolization: factors influencing patient radiation exposure*. Radiology, 2000. **217**(3): p. 713-22.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)