



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

Medische Stralingstoepassingen

Gegevens 2010

RIVM briefrapport 610001001/2012
I.R. de Waard-Schalkx



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

Medische Stralingstoepassingen

Gegevens 2010

RIVM Briefrapport 610001001/2012
I.R. de Waard-Schalkx

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'.

I.R. de Waard-Schalkx

Contact:
Ischa de Waard-Schalkx
Laboratorium voor Stralingsonderzoek
ischa.de.waard@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, in het kader van V/610001/12/SP.

Rapport in het kort

Medische Stralingstoepassingen en stralingsdosis patiënten

Verslagjaar 2010

De gemiddelde stralingsdosis per inwoner als gevolg van medische diagnostiek neemt sinds 2002 in Nederland toe met circa zeven procent per jaar. Dit blijkt uit een voorlopige analyse van de diagnostische verrichtingen waarbij straling wordt gebruikt. De belangrijkste oorzaak hiervan is het toenemende aantal CT-onderzoeken. Medische stralingstoepassingen dragen gemiddeld circa 36 procent bij aan de totale jaarlijkse stralingsdosis. Van alle kunstmatige stralingsbronnen samen is de medische blootstelling veruit dominant.

Dosisgegevens van belang voor medische afwegingen

Het RIVM analyseert gegevens over de frequenties en doses van medische verrichtingen en publiceert deze in opdracht van het ministerie van VWS. Als lidstaat van de Europese Unie is Nederland hiertoe verplicht. Het gebruik van straling bij diagnostisch onderzoek brengt een licht verhoogde kans op kanker voor de patiënt met zich mee. Deze kans wordt groter naarmate de dosis hoger is. De informatie die het RIVM hierover publiceert, moet ertoe bijdragen dat voor- en nadelen bij medische diagnostiek goed zijn afgewogen.

Dosisgegevens worden geactualiseerd

De gemiddelde stralingsdosis wordt berekend door de frequentie van verrichtingen te combineren met de dosis van de verschillende verrichtingen. Frequentiegegevens zijn bekend voor de jaren 2002–2010. De meeste dosisgegevens dateren echter van 2002; alleen voor nucleaire geneeskunde zijn recentere gegevens beschikbaar, namelijk uit 2008. Actuele gegevens over CT- en overige röntgenonderzoek zijn in 2010 en 2011 bij alle ziekenhuizen opgevraagd. Hiervan zijn de voorlopige resultaten van de CT-doses in de eerste twintig ziekenhuizen in dit rapport opgenomen. Analyse van de overige gegevens volgt naar verwachting dit jaar.

CT-onderzoeken leveren grootste dosisbijdrage

In 2010 was de gemiddelde dosis per inwoner van Nederland 0,89 millisievert (mSv). De belangrijkste bijdragen zijn CT-onderzoek, (0,41 mSv), overige röntgenonderzoeken in ziekenhuizen (0,37 mSv) en nucleaire geneeskunde (0,095 mSv). Een veelvoorkomend voorbeeld met een relatief hoge dosis bij gebruik van CT is het onderzoek van gezwollen lymfeklieren in de buik, een symptoom van veel aandoeningen. Bij de overige röntgenverrichtingen zijn onderzoeken naar hart en bloedvaten zo'n voorbeeld. En bij nucleaire geneeskunde zijn dit de onderzoeken van de hartfunctie.

Trefwoorden: Medische stralingstoepassingen, CT-onderzoek, Radiologie, Nucleaire geneeskunde

Inhoud

Lijst van afkortingen—7

Samenvatting—9

1 Inleiding—11

1.1 Aanleiding en afbakening—11

1.2 Stralingsbelasting—11

1.3 Leeswijzer—12

2 Gegevensbronnen—13

2.1 Ziekenhuisenquêtes—13

2.2 Publicaties en Jaarverslagen—13

2.3 Schattingen voor ontbrekende gegevens—14

2.3.1 Extrapoleren aantal verrichtingen—14

2.3.2 Intramurale verrichtingen—14

2.3.3 Extramurale verrichtingen—14

2.4 Dosisgegevens—15

2.4.1 Effectieve dosis als maat voor de stralingsbelasting—15

2.4.2 Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie—16

2.4.3 Nucleaire Geneeskunde—16

2.4.4 Diagnostische Referentieniveaus (DRN's)—16

2.5 Inventarisatie dosis door radiologisch onderzoek—16

2.5.1 Aanleiding—16

2.5.2 Opzet dosisonderzoek—17

2.5.3 Resultaten van de dosisweken—17

2.5.4 Resultaten van de pilot over de dosis bij CT-onderzoeken—18

3 Overzicht stralingsbelasting medische stralingstoepassingen—21

4 Radiologie intramuraal—23

4.1 Aantal verrichtingen—23

4.2 Röntgenverrichtingen (exclusief CT)—24

4.2.1 Aantal verrichtingen —24

4.2.2 Dosis—24

4.3 Diagnostische Referentieniveaus—25

5 Computer Tomografie (CT)—27

5.1 Aantal verrichtingen—27

5.2 Dosis—28

5.3 Diagnostische Referentieniveaus voor CT-onderzoeken—29

6 Extramurale röntgentoepassingen—31

6.1 Bevolkingsonderzoek borstkanker—31

6.1.1 Aantal verrichtingen—31

6.1.2 Gemiddelde effectieve dosis—32

6.2 Tuberculosescreening—32

6.2.1 Aantal verrichtingen—33

6.2.2 Dosis—33

7 Nucleaire geneeskundige diagnostiek—35

7.1 Aantal verrichtingen—35

7.2 Radionuclidegebruik—36

7.3 Dosis—36

8 Veranderingen in de medische stralingsbelasting—39

8.1 Veranderde stralingsbelasting als gevolg van röntgenonderzoeken (exclusief CT)—39

8.2 Veranderde stralingsbelasting als gevolg van Computer Tomografie—39

8.3 Veranderde stralingsbelasting als gevolg van nucleair geneeskundige onderzoeken—41

9 Therapie—43

9.1 Nucleair geneeskundige therapie—43

10 Onzekerheden—45

11 Conclusies en aanbevelingen—47

11.1 Conclusies—47

11.2 Aanbevelingen—47

Literatuur—49

Lijst van afkortingen

AP	Anterior Posterior (voor-achterwaartse richting)
Bs	Besluit stralingsbescherming
CC	Cranio-caudaal
CIBG	Centraal Informatiepunt Beroepen Gezondheidszorg
CR	Computed radiography (röntgenopname met behulp van fosforplaten)
CT	Computertomografie
CTG	College Tarieven Gezondheidszorg
DBC	Diagnose Behandel Combinatie
DR	Digital Radiography (direct digitale röntgenopnamen)
EJZ	Enquête Jaarcijfers Ziekenhuizen (tot en met verslagjaar 2005)
GGD	Gemeentelijke gezondheidsdienst
IMS	Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen
JAZ	Jaarenquête Academische Ziekenhuizen (tot en met verslagjaar 2005)
JBD	Jaarenquête Beeldvormende Diagnostiek (verslagjaar 2001 tot en met 2005)
JDZ	Jaardocument Maatschappelijke Verantwoording Zorginstellingen (vanaf verslagjaar 2006)
LETB	Landelijk Evaluatie Team voor bevolkingsonderzoek naar Borstkanker
LSO	Laboratorium voor Stralingsonderzoek
LUMC	Leids Universitair Medisch Centrum
MIBG	Meta-iodobenzylguanidine
MRU	Mobiele Röntgen Unit
NCS	Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie
NFU	Nederlandse Federatie van Universitaire Ziekenhuizen
NVNG	Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde
NVRO	Nederlandse Vereniging voor Radiotherapie en Oncologie
NVZ	Nederlandse Vereniging van Ziekenhuizen
PA	Posterior Anterior (achter-voorwaartse richting)
PET	Positron Emission Tomografie
PET/CT	Positron Emission Tomografie/Computer Tomografie
PMMA	Polymethylmethacrylaat
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
TBC	Tuberculose
UMCU	Universitair Medisch Centrum Utrecht
VWS	Volksgezondheid, Welzijn en Sport
ZBC	Zelfstandig behandelcentrum

Samenvatting

Het grootste deel van de kunstmatig veroorzaakte gemiddelde stralingsbelasting in Nederland is afkomstig van medische blootstellingen. In de publicaties voor de Medische Stralingstoepassingen van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu worden gegevens over aard en omvang van medische stralingsblootstelling bijeengebracht. In dit rapport wordt verslag gedaan van de meest recent verzamelde gegevens. Inzicht in de bijdrage aan de stralingsbelasting van de verschillende onderzoeken is van belang voor het stellen van prioriteiten bij rechtvaardiging en optimalisatie van medische stralingstoepassingen.

Voor het maken van een schatting van de blootstelling aan medische stralingstoepassingen zijn frequentiegegevens en een gemiddelde dosis per verrichting nodig. De frequenties worden jaarlijks uitgevraagd en de meest recente gegevens die in voorliggend rapport zijn opgenomen zijn de frequenties over het jaar 2010. De dosisgegevens zijn voor de radiologische verrichtingen afkomstig uit het Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie dat dateert uit 2002 en voor de nucleaire geneeskundige verrichtingen uit een vragenlijst uitgevraagd in 2008.

De schatting van de medische stralingsblootstelling is vanaf het jaar 2002 voornamelijk gebaseerd op een combinatie van jaarlijks uitgevraagde frequenties in combinatie met dosisgegevens uit 2002. De toename van het aantal onderzoeken is daarmee ook de oorzaak van de toename van de schatting van de stralingsdosis. Om een betere schatting te kunnen maken van deze stralingsdosis is gedurende 2010 en 2011 naast de frequenties ook een onderzoek gehouden naar de dosis per verrichting. De analyse van deze gegevens is nog niet afgerond. In het huidige rapport is de schatting van de stralingsdosis dan ook nog gebaseerd op de dosisgegevens uit 2002 en 2008.

Op basis van gegevens over de dosis per verrichting uit 2002 en de frequenties in 2010, was de stralingsbelasting door medische diagnostiek in 2010 0,89 mSv gemiddeld per inwoner. De belangrijkste bijdragen hierin zijn van CT-onderzoek, 0,41 mSv, intramurale röntgenonderzoeken, 0,37 mSv en nucleaire geneeskunde, 0,095 mSv.

De medische stralingsbelasting stijgt met ongeveer 7% per jaar sinds 2002. De belangrijkste stijging is die bij de CT-onderzoeken, bijna 9% per jaar sinds 2002. Deze schattingen van de stijgingen zijn geheel toe te schrijven aan de stijging van het aantal onderzoeken, omdat sinds 2002 voor de radiologische verrichtingen geen herziening van de dosis per verrichting heeft plaatsgevonden.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en afbakening

Medische toepassingen zijn verantwoordelijk voor het grootste deel van de gemiddelde stralingsbelasting door kunstmatige bronnen. Artikel 12 van de Europese richtlijn over medische stralingstoepassingen, 97/43/Euratom⁽¹⁾, verplicht lidstaten om ramingen te maken van de bevolkingsdoses als gevolg van deze toepassingen. De Europese richtlijn is in Nederland in het Besluit stralingsbescherming (Bs) geïmplementeerd⁽²⁾. In hoofdstuk 6 van het Bs, medische stralingstoepassingen en bescherming, is in artikel 174 vastgelegd dat gegevens over patiëntendoses aangeleverd moeten worden aan Onze Minister door de ondernemers. Het Laboratorium voor Stralingsonderzoek (LSO) van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) brengt in opdracht van het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) de Medische Stralingstoepassingen in kaart waarbij de gegevens worden verzameld en geanalyseerd. Jaarlijks vindt er een update plaats. In dit rapport wordt de dataverzameling beschreven en worden de resultaten van de analyse over 2010 gepresenteerd. Deze gegevens zullen ook beschikbaar komen op de website van Medische Stralingstoepassingen: <http://www.rivm.nl/ims>. Op de website is tevens informatie te vinden over de gebruikte bronnen, wetgeving en richtlijnen. Daarnaast staan er verwijzingen naar eerder verschenen RIVM-rapporten over het onderwerp medische stralingstoepassingen.

Blaauboer et al. hebben voor 1998 een schatting gemaakt van de gemiddelde effectieve dosis per inwoner door medische stralingstoepassingen⁽⁵⁾. Ook voor de jaren 2002, 2005, 2007, 2008 en 2009⁽⁶⁻⁷⁻⁸⁻⁹⁻¹⁰⁾ is een schatting gemaakt. Deze rapporten worden gebruikt voor het doen van trendanalyses.

De in dit rapport genoemde interventieradiologie is ingedeeld in de categorie diagnostische verrichtingen en niet bij de therapeutische verrichtingen. Hiervoor is gekozen, omdat bij deze procedures de straling niet het therapeutische middel is, maar de toepassing van straling bijdraagt aan het kunnen uitvoeren van de interventie.

1.2 Stralingsbelasting

Als maat voor blootstelling van personen aan ioniserende straling is de grootte effectieve dosis gedefinieerd, met als eenheid Sievert (Sv). Deze grootte, aangeduid met 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 de verschillende organen en 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 waarmee verschillende blootstellingen met elkaar vergeleken kunnen worden.

De schatting van de stralingsbelasting gebeurt door het combineren van de frequenties van de verrichtingen met de dosis per verrichting of categorie verrichting. In het huidige rapport zijn dat de frequenties over het jaar 2010 met de dosisgegevens uit het Demonstratieproject⁽¹⁷⁾ uit 2002 voor de radiologische verrichtingen. Voor de nucleair geneeskundige verrichtingen zijn de dosisgegevens afkomstig uit een vragenlijst die is afgenomen in 2008.

Per type onderzoek wordt een aanname gemaakt van de gemiddelde effectieve dosis voor de patiënt. Hoe belangrijk het aandeel van dat onderzoek in de totale stralingsbelasting van de bevolking is, hangt echter ook af van het aantal onderzoeken dat wordt uitgevoerd. Het product van het aantal onderzoeken en de effectieve dosis per onderzoek gedeeld door het totale aantal inwoners van Nederland geeft de gemiddelde effectieve dosis per inwoner. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat de stralingsbelasting door medische toepassingen niet evenredig over de bevolking is verdeeld. Blootstelling gebeurt doorgaans op medische indicatie en ouderen zijn sterk oververtegenwoordigd in de blootgestelde groep. Ook in het kader van het bevolkingsonderzoek borstkanker is het een specifieke groep vrouwen die wordt blootgesteld.

In dit rapport is de effectieve dosis berekend volgens de ICRP 60-richtlijn uit 1991⁽¹¹⁾. In 2007 is een andere berekeningswijze gepubliceerd door de ICRP⁽¹²⁾. Deze methode verschilt het meest van de oude als het gaat om blootstelling van borstweefsel, zoals bij mammografie. Verwacht wordt dat beide berekeningswijzen de komende jaren naast elkaar gebruikt zullen worden, wat voor veel verwarring kan zorgen. Vooralsnog is de methode volgens ICRP 60⁽¹¹⁾ aangewezen als standaard in Nederlandse en EU-wetgeving.

1.3 Leeswijzer

In dit rapport worden de meest recent verzamelde gegevens en de wijze waarop gegevens worden verzameld, op een rijtje gezet. In hoofdstuk 2 worden de verschillende gegevensbronnen besproken en wordt commentaar gegeven op het ontbreken van bepaalde gegevens. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de medische stralingsbelasting van de laatste jaren op hoofdlijnen. In hoofdstukken 4 tot en met 6 zijn overzichten gemaakt per diagnostische categorie, volgens dezelfde indeling als op de website (<http://www.rivm.nl/ims>). In hoofdstuk 7 zijn de veranderingen van de medische stralingsbelasting in 2010 ten opzichte van 2009 en 2008 beschreven. Hoewel voor het berekenen van de collectieve effectieve dosis de therapeutische toepassingen buiten beschouwing worden gelaten, beschrijft hoofdstuk 8 toch een aantal gegevens over therapeutische toepassingen, namelijk over radiotherapie en nucleaire geneeskunde. In hoofdstuk 9 is beschreven welke onzekerheden er spelen bij het maken van een schatting van de stralingsbelasting. Tenslotte worden de conclusies en aandachtspunten besproken in hoofdstuk 10.

2 Gegevensbronnen

Om een dosisschatting te maken, worden gegevens verzameld die afkomstig zijn van verschillende bronnen. Hieronder worden de belangrijkste bronnen beschreven.

2.1 Ziekenhuisenquêtes

Tot en met het jaar 2005 werden gegevens over het aantal verrichtingen bij algemene en categorale ziekenhuizen verzameld met de Enquête Jaarcijfers Ziekenhuizen (EJZ) in opdracht van de Nederlandse Vereniging van Ziekenhuizen (NVZ). In de enquête werd gevraagd naar het totale aantal verrichtingen radiologie, CT-verrichtingen, nucleair geneeskundige onderzoeken en radiotherapieverrichtingen. Sinds 2001 werd als aanvulling ook de Jaarenquête Beeldvormende Diagnostiek (JBD) afgenomen. In de JBD werd gedetailleerder gevraagd naar verschillende verrichtingen op de afdelingen Radiologie en Nucleaire Geneeskunde. De JBD is vanaf het verslagjaar 2006 komen te vervallen.

Voor de academische ziekenhuizen was er de Jaarenquête Academische Ziekenhuizen (JAZ) die door Prismant in opdracht van de Nederlandse Federatie van Universitaire Ziekenhuizen (NFU) werd afgenomen. De JAZ bevatte soortgelijke vragen als de EJZ, maar bevatte geen vragen over nucleair geneeskundige verrichtingen. De academische ziekenhuizen leverden geen gegevens aan via de JBD. Enkele academische ziekenhuizen rapporteren echter wel het aantal verrichtingen en de doses via het jaarverslag stralingshygiëne.

Het ministerie van VWS heeft in 2006 opdracht gegeven om het inzamelen van de gegevens over medische stralingstoepassingen als een internetapplicatie op te nemen in het Jaardocument Maatschappelijke Verantwoording Zorg (JDZ). Dit JDZ is de verplichte enquête voor alle zorginstellingen in Nederland waarin naast algemene gegevens sinds 2006 ook een bijlage Beeldvormende diagnostiek is opgenomen. Deze enquête wordt door het Centraal Informatiepunt Beroepen Gezondheidszorg (CIBG) uitgevoerd. De radiotherapeutische verrichtingen zijn vanaf 2006 niet opgenomen in het JDZ, maar worden uit de jaarverslagen van de ziekenhuizen verzameld.

In dit JDZ wordt per CTG-code (College Tarieven Gezondheidszorg) het aantal verrichtingen gevraagd. Tevens bevat de enquête vragen over de aanwezige apparatuur. Het JDZ wordt aan alle algemene, academische en categorale ziekenhuizen en een aantal geselecteerde zelfstandige behandelcentra (ZBC's) verstuurd.

Het invullen van de enquête over verslagjaar 2006 was niet verplicht gesteld en de respons was 40%. Voor het verslagjaar 2007 was het invullen van het JDZ voor het eerst verplicht en was er respons van 84% van de instellingen. De laatste jaren ligt de respons boven de 95%.

2.2 Publicaties en Jaarverslagen

Jaarverslagen van instellingen zijn een andere bron van gegevens maar de jaarverslagen worden niet structureel door het RIVM verzameld. Instellingen hebben elk hun eigen manier van rapporteren in een jaarverslag en het kost geruime inspanning om de verschillende gegevens, die van belang zijn, hieruit te verzamelen.

2.3 Schattingen voor ontbrekende gegevens

Ondanks de uitgebreide gegevensverzameling zijn er ook ontbrekende gegevens. Om een zo compleet mogelijk beeld te geven, worden op basis van beschikbare gegevens en aannames schattingen gemaakt.

2.3.1 *Extrapoleren aantal verrichtingen*

Om een goede schatting te kunnen maken van de collectieve dosis voor de gehele Nederlandse bevolking is het nodig van elke instelling gegevens over het aantal verrichtingen te weten. De respons op de verplichte enquête is nog nooit 100% geweest. Voor de ontbrekende productiecijfers van instellingen die geen gegevens hebben aangeleverd, wordt een schatting gemaakt op basis van het aantal klinische opnamen in de instelling in dat jaar.

Volgens de pilotstudie Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen⁽¹³⁾ is dit de beste parameter voor het bijschatten van het aantal verrichtingen van een instelling. Met de gegevens van 2007 is dezelfde analyse uitgevoerd. Op basis van deze gegevens is besloten het aantal klinische opnamen als parameter te handhaven.

2.3.2 *Intramurale verrichtingen*

Van de algemene ziekenhuizen is de respons op de enquête over 2010 99% (in 2009 was dit 97,5%). Er ontbrak één instelling waarvoor een schatting is gemaakt van het aantal verrichtingen. De academische ziekenhuizen zijn vanaf het verslagjaar 2007 ook opgenomen via het JDZ. De enquête over het verslagjaar 2010 is net als het voorgaande jaar door alle academische instellingen ingevuld, terwijl in jaren voor 2008 de respons lag tussen de 50 en 75%. Vanaf het verslagjaar 2007 is ook een aantal ZBC's dat mogelijk radiologische verrichtingen uitvoert, geselecteerd voor het invullen van de bijlage Beeldvormende Diagnostiek.

2.3.3 *Extramurale verrichtingen*

Via de website www.bevolkingsonderzoekborstkanker.nl zijn jaarverslagen van de screeningsregio's op te vragen. Van de ontbrekende regio's zijn de jaarverslagen opgevraagd bij de regio's zelf. Ook is contact gezocht met de hoofden van screeningseenheden voor het verstrekken van informatie over het exacte aantal gemaakte opnamen in de screening. Op deze manier is een groot deel van de gegevens met betrekking tot borstkankerscreening te achterhalen. De meest recente gegevens zijn over 2009⁽¹³⁾. Het Landelijk Evaluatieteam voor bevolkingsonderzoek naar Borstkanker (LETB) rapporteert met enige regelmaat gegevens over de borstkankerscreening in Nederland⁽¹⁴⁾. Ook worden gegevens verzameld via de website www.bevolkingsonderzoekborstkanker.nl.

Voor de tandheelkunde is gebruikgemaakt van gegevens over 2003. Het totaal van deze tandheelkundige gegevens is gebaseerd op een steekproef uit de tandartsenpraktijken. Van de ontbrekende gegevens is een schatting gemaakt⁽¹⁶⁾.

Voor de screening van tuberculose (tbc) zijn de meest recent verkregen gegevens over 2006. De basis van de gegevens over tbc-screening zijn de jaarverslagen van de Gemeentelijke Gezondheidsdienst (GGD) Nederland.

2.4 Dosisgegevens

2.4.1 Effectieve dosis als maat voor de stralingsbelasting

Tenzij anders wordt aangegeven, wordt in dit rapport met dosis de effectieve dosis bedoeld. Met de effectieve dosis als maat kunnen de blootstellingen voor verschillende typen medische diagnostiek met elkaar vergeleken worden. Ook kan de stralingsbelasting uit medische handelingen worden vergeleken met de stralingsbelasting uit andere bronnen. In dit rapport worden de stralings- en weefselweefactoren zoals gepubliceerd in de ICRP 60-richtlijn uit 1991⁽¹¹⁾ toegepast. In 2007 zijn nieuwe weefactoren gepubliceerd in de ICRP 103-richtlijn⁽¹²⁾. Deze nieuwe weefactoren zullen pas worden toegepast indien deze door Nederlandse wetgeving worden vastgesteld.

In Tabel 1 zijn de weefselweefactoren overgenomen uit de ICRP-publicaties 60⁽¹¹⁾ en 103⁽¹²⁾.

Tabel 1 Weefselweefactoren volgens ICRP.

Weefselweefactor (Wt)	ICRP 60 (1991)	ICRP 103 (2007)
Gonaden	0,20	0,08
Beenmerg (rood)	0,12	0,12
Colon	0,12	0,12
Long	0,12	0,12
Maag	0,12	0,12
Borstweefsel	0,05	0,12
Overig ¹	0,05	0,12
Blaas	0,05	0,04
Lever	0,05	0,04
Slokdarm	0,05	0,04
Schildklier	0,05	0,04
Huid	0,01	0,01
Botoppervlak	0,01	0,01
Hersenen		0,01
Speekselklieren		0,01
Totaal	1,00	1,00

Overig: Bijnieren, extrathoracale regio, galblaas, hart, nieren, lymfeknopen, spieren, oraal slijmvlies, pancreas, prostaat(mannen), dunne darm, milt, thymus, uterus/cervix(vrouwen).

¹ in die gevallen waarin één van de overige organen of weefsels een equivalente dosis ontvangt die groter is dan één van de twaalf in de ICRP 60 genoemde organen/weefsels, moet een weefactor van 0,025 worden toegekend aan dat betreffende orgaan en een weefactor van 0,025 aan de gemiddelde dosis in de rest van de overige organen.

Wat in Tabel 1 vooral opvalt, is dat de weefactor voor de gonaden is afgenomen en dat de weefactor voor borstweefsel en de weefsels in de categorie overig meer dan verdubbeld zijn.

Verder is de weefactor van 0,12 voor borstweefsel uit ICRP 103⁽¹²⁾ voor een groter deel gebaseerd op het risico voor jonge meisjes dan het geval was bij de ICRP 60-richtlijn⁽¹¹⁾. De deelnemers van het bevolkingsonderzoek borstkanker zijn echter tussen de 50 en 75 jaar. Of de toepassing van de nieuwe weefactor voor deze specifieke groep vrouwen een betere indruk geeft van het risico valt dus nog te bezien.

2.4.2 *Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie*

De dosisgegevens die gebruikt worden voor de radiologische verrichtingen in dit rapport zijn voor een groot deel afkomstig van het Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie. Dit, door Zorgonderzoek Nederland / Medische Wetenschappen (ZonMw) gefinancierde project met de titel 'Nederlands demonstratieproject voor het vastleggen en evalueren van klinische blootstelling en technieken bij radiologische verrichtingen', is uitgevoerd door het Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC)⁽¹⁷⁾. In het voorliggende rapport zijn dezelfde dosisgegevens voor de radiologische verrichtingen gebruikt als voor de vergelijkbare dosisschattingen die gemaakt zijn vanaf 2002⁽⁶⁾.

2.4.3 *Nucleaire Geneeskunde*

Bij de enquête over 2008 is per verrichting gevraagd naar het gebruikte radiofarmacon en naar de hoeveelheid activiteit die bij een standaard volwassen patiënt wordt toegediend. Uit de verkregen gegevens is een gemiddelde toediening per radiofarmacon bepaald en hieruit is vervolgens een gemiddelde effectieve dosis per verrichting bepaald.

2.4.4 *Diagnostische Referentieniveaus (DRN's)*

In oktober 2008 is het rapport 'Diagnostische Referentieniveaus in Nederland' van het Platform voor Radiologie en Nucleaire Geneeskunde van de Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie (NCS) verschenen⁽²⁰⁾. In 2009 is een tweede rapport verschenen 'Diagnostische Referentieniveaus in Nederland fase 2' van hetzelfde platform⁽²¹⁾. Het DRN is gedefinieerd als de dosiswaarde die bij een routineonderzoek van een patiënt met een normaal (standaard) postuur niet moet worden overschreden. Een DRN is uitdrukkelijk geen dosislimiet voor iedere patiënt en is niet toepasbaar op individuele patiënten. In de twee NCS-rapporten zijn voor verschillende radiologische verrichtingen DRN's vastgesteld. De gemeten waarden kunnen door de instellingen op de website, www.rivm.nl/ims, worden ingevuld en verstuurd. Het RIVM zal deze gegevens verwerken en anoniem weergeven in grafieken op de website zodra voldoende informatie binnen is.

2.5 **Inventarisatie dosis door radiologisch onderzoek**

2.5.1 *Aanleiding*

Voor een groot aantal röntgenverrichtingen zijn dosisgegevens beschikbaar uit het Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie⁽¹⁷⁾. Deze gegevens zijn uit 2002. Voor de verrichtingen waarvan in het Demonstratieproject geen dosisgegevens beschikbaar zijn, zijn schattingen gemaakt of zijn andere studies gebruikt.

Vanaf eind 2004 is er in opdracht van de Europese Commissie een onderzoek gestart naar de toepassing van artikel 12 van de Europese richtlijn 97/43⁽¹⁾ voor medische blootstelling door verschillende Europese lidstaten. Artikel 12 zegt dat de lidstaten ramingen van de individuele bevolkingdoses door medische stralingstoepassingen moeten uitvoeren. Dit artikel is de wettelijke basis van het onderzoek dat door het RIVM wordt uitgevoerd voor medische stralingstoepassingen. Aan het project 'European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-ray Procedures' onder leiding van Dr. B. Wall hebben tien lidstaten deelgenomen, waaronder Nederland. Het in 2008 verschenen rapport 'Radiation Protection N°154'⁽¹⁹⁾ bevat aanbevelingen voor het verzamelen van de benodigde gegevens voor het juist schatten van de collectieve effectieve dosis voor de bevolking. Dit rapport van Wall gaf

aanleiding tot het aanpassen van de enquête zoals deze tot dan toe was uitgevoerd. Naast het jaarlijks opvragen van productiegegevens zal in de komende jaren ook informatie over de gebruikte doses in ziekenhuizen worden opgevraagd. Hiervoor is in 2010 het onderzoek 'Inventarisatie patiëntendosis door radiologisch onderzoek' gestart.

2.5.2 *Opzet dosisonderzoek*

Een Task Force, bestaande uit experts van een drietal universitaire ziekenhuizen en het RIVM is opgericht om vast te stellen welke doses in de praktijk gebruikt worden en om ziekenhuizen te adviseren op het gebied van patiëntveiligheid met betrekking tot röntgenstraling. Deze Task Force bestaat uit experts uit het Universitair Medisch Centrum Utrecht (UMCU), Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC), Universitair Medisch Centrum St. Radboud en het RIVM en valt onder het Platform 'Stralingsbescherming in het ziekenhuis' van de NCS. Het RIVM neemt hieraan deel in het kader van een opdracht vanuit het ministerie van VWS. Het initiatief wordt gesteund door een adviesgroep waarin Dutch Hospital Data en de Inspectie voor de Gezondheidszorg (IGZ) vertegenwoordigd zijn.

De eerste stap van de Task Force was het vaststellen van de meest gebruikte en de meest dosis-intensieve onderzoeken; de zogenoemde top 20. Dit is een combinatie van CT-onderzoeken en andere radiologische onderzoeken. Een van de eerste bevindingen van de Task Force was dat het op basis van CTG-codes indelen van CT-onderzoeken niet goed mogelijk is als het gaat om het toekennen van een dosis per CTG-code. Om een goed inzicht te krijgen in de gebruikte CT-protocollen en de bijbehorende CTG-code is gestart met de zogenoemde 'dosisweken'. Hiertoe is in 21 ziekenhuizen gedurende twee weken het aantal uitgevoerde protocollen geteld. Dit is gebeurd in de periode van 31 mei tot en met 13 juni 2010.

De volgende stap was het vaststellen van de doses in de praktijk. Dit gebeurde door de ziekenhuizen te vragen naar de protocollen die zij voor deze top 20 gebruiken. Voordat de vragenlijst aan alle ziekenhuizen werd voorgelegd, werd deze eerst getest in dezelfde 21 ziekenhuizen die hebben deelgenomen aan de eerste stap. Deze pilotstudy heeft plaatsgevonden van 1 oktober tot 1 december 2010.

Op 1 februari 2011 werd de definitieve webenquête opengesteld. Deze was voor alle ziekenhuizen die niet hebben deelgenomen aan de pilot beschikbaar gemaakt. Eind 2011 moesten alle gegevens door de ziekenhuizen zijn aangeleverd.

2.5.3 *Resultaten van de dosisweken*

Twintig van de 21 ziekenhuizen hebben respons gegeven op de turfweken. Deze hebben alle lijsten aangeleverd met daarop per CT-scanner een eigen omschrijving van de uitgevoerde protocollen met daarbij het aantal keer dat het protocol in de gevraagde twee weken is uitgevoerd. De protocollen zijn aan de hand van de aangegeven eigenschappen over scangebied, fasering, indicatie en omschrijving ingedeeld bij een van de ongeveer 70 door de Task Force opgestelde protocollen. Daarna is een schatting gemaakt van de dosis van deze protocollen. Door het combineren van het aantal onderzoeken in twee weken met deze dosis konden de protocollen worden gerangschikt op basis van totale dosisbijdrage. Aan de hand van deze lijst zijn 23 protocollen met standaardindicaties geselecteerd die de belangrijkste bijdrage leveren aan de dosis voor CT-onderzoek. Deze CT-protocollen en een aantal radiologische (niet-CT) verrichtingen zijn opgenomen in een pilotonderzoek voor het inventariseren van de bijbehorende dosis. De pilotfase is gebruikt voor het verzamelen van

suggesties ter verbetering van de definitieve vragenlijst. De deelnemers aan de pilot zijn vrijgesteld van deelname aan de definitieve vragenlijst in 2011.

2.5.4 Resultaten van de pilot over de dosis bij CT-onderzoeken

Een aantal leden van de Task Force heeft de resultaten van de pilot-gegevens van de CT-onderzoeken geanalyseerd. In onderstaande tabellen zijn de voorlopige resultaten weergegeven. Voor het uiteindelijk bepalen van nieuwe dosiswaarden die gebruikt gaan worden voor de dosisschatting van de medische stralingsbelasting zullen ook de resultaten van de overige ziekenhuizen geanalyseerd moeten worden. Ook moet er nog een besluit worden genomen over de definitie van de standaard patiënt en daarmee samenhangend welke gegevens worden meegenomen voor het bepalen van de gemiddelde effectieve dosis per verrichting. In onderstaande tabel staan de voorlopige resultaten weergegeven. Deze voorlopige resultaten laten geen grote veranderingen zien in de dosis per verrichting. De meest opvallende verandering is op dit moment de toename van de dosis voor het CT-hoofdonderzoek. Deze is nu op basis van de gegevens uit het Demonstratieproject geschat op 1,2 mSv per verrichting. Uit de resultaten van de pilotstudie blijkt dat na het bepalen van een frequentiegewogen gemiddelde de schatting van het CT-hersenen onderzoek uitkomt op ongeveer 1,9 mSv per verrichting. Het aantal CT-hoofd onderzoeken is relatief hoog (zie *Tabel 3*) maar door de relatief lage gemiddelde effectieve dosis zal deze stijging van de effectieve dosis per verrichting niet direct grote gevolgen hebben voor de gemiddelde effectieve dosis voor de bevolking. Als we de voorlopige resultaten van de dosis per verrichting combineren met de frequenties uit de turfweken dan leveren de volgende onderzoeken de grootste bijdrage aan de dosis binnen de CT-onderzoeken:

Tabel 2 Onderzoeken met grootste dosisbijdrage binnen CT-onderzoeken

Onderzoek	Mediane E (mSv)	Aantallen in turfweken
CT-abdomen (indicatie: klieren of metastasen)	9	1004
CT-thorax-abdomen (indicatie: tumor of metastasen)	16,3	477
CT-hersenen (indicatie: bloeding)	2	1196
CT-thorax (standaard of indicatie: klieren)	6	333
CT-thorax-lever (indicatie: Tumor staging of Broncho-Alveolaircel Carcinoom (BAC))	9,2	205

Bovenstaande is enkel gebaseerd op de gegevens van de pilot en moeten om die reden dan ook gezien worden als een indicatie van de onderzoeken die het meest bijdragen aan de dosis voor CT-onderzoek. Als alle gegevens zijn geanalyseerd zal een definitieve lijst worden opgesteld.

Tabel 3 Dosisgegevens van de gebruikte CT-protocollen in de pilot-studie

Protocol naam	Type Scan	Mediane Range (cm)	Mediaan (kV)	Mediaan CTDIvol (mGy)	P25-P75 CTDIvol (mGy)	Mediaan DLP (mGy cm)	P25-P75 DLP (mGy cm)	Mediaan E (mSv)	P25-P75 E (mSv)
Brain	S	16,0	120	59,0	47,8-89,6	813,7	725,5-1181,0	1,87	1,67-2,72
	H	16,4	120	44,3	42,1-46,3	867,6	836,1-912,3	2,00	1,92-2,10
Sinus	H	10,8	120	6,2	3,4-10,7	105,0	56,1-126,9	0,24	0,13-0,29
Neck	H	24,4	120	11,8	10,6-12,4	329,9	297,7-387,7	1,78	1,61-2,07
Neck–Thorax– Abdomen	H 1P	82,5	120	10,5	9,4-11,3	959,7	800,9-977,5	16,3	13,6-16,6
	H 2P Neck	24,3	120	11,6	10,8-11,8	303,5	271,0-329,5	0,94	0,84-1,02
	H 2P Tx-Abd	64,7	120	10,9	9,9-11,9	794,0	668,0-827,5	13,5	11,4-14,1
Thorax	H	32,1	120	8,3	6,8-9,5	317,0	253,0-342,0	6,0	4,8-6,5
Thorax - Liver	H 1P	41,0	120	10,7	8,1-12,8	484,7	323,9-576,8	9,2	6,2-11,0
	H 2P Tx	32,0	120	8,3	7,8-9,6	294,0	266,6-335,0	5,6	5,1-6,4
	H 2P Liver	21,4	120	12,1	10,9-15,2	334,9	235,8-398,4	5,7	4,0-6,5
Thorax–Abdomen	H 1P	59,2	120	11,0	9,2-11,9	735,5	475,4-858,3	16,3	8,1-14,6
	H 2P Tx	28,0	120	7,5	5,5-8,7	268,2	227,4-298,3	5,1	4,3-5,6
	H 2P Abd	42,6	120	11,4	7,5-14,0	497,5	381,4-589,9	8,5	6,5-10,0
Thorax HR	S Insp	25,0	120	2,0	1,5-2,4	53,0	37,0-58,0	1,0	0,7-1,1
	S Exp	16,0	120	0,32	0,25-0,35	4,50	3,25-5,75	0,09	0,06-0,11
	H Insp	29,1	120	5,3	3,8-9,8	222,4	176,1-329,9	4,2	3,3-6,3
	H Exp	28,7	120	0,50	0,3-0,5	16,4	10,4-19,9	0,31	0,20-0,38
Abdomen	H Portal	42,5	120	11,4	7,4-13,3	532,3	429,8-615,0	9,0	7,3-10,5
Abdomen Low-Dose	H Unenhanced	41,7	120	6,0	4,9-7,1	283,4	210,8-329,4	4,8	3,6-5,6
CT Urography	H Unenhanced	41,1	120	6,0	5,5-10,1	258,0	233,7-478,7	4,4	4,0-8,1
	H Combination	42,8	120	11,4	9,3-13,8	504,3	418,3-685,4	8,6	7,1-11,7

S = Sequential; H = Helical; 1P = 1 Phase; 2P = 2 Phases; Insp = Inspiration; Exp = Expiration; Tx = Thorax; Abd = Abdomen, P25-P75=percentiel

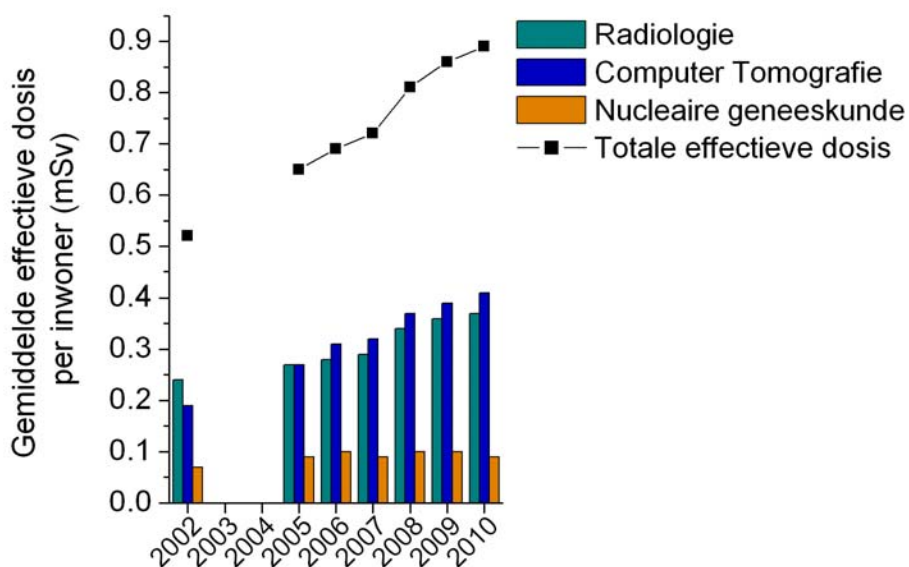
Vervolg Tabel 2

Protocol naam	Type Scan	Mediane Range (cm)	Mediaan n (kV)	Mediaan CT DIvol (mGy)	P25-P75 CT DIvol (mGy)	Mediaan DLP (mGy cm)	P25-P75 DLP (mGy cm)	Mediaan E (mSv)	P25-P75 E (mSv)
Liver monophasic	H Portal	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Liver multiphasic	H Unenhanced	22,5	120	11,3	9,3-12,5	266,3	229,3-315,5	4,5	3,9-5,4
	H Arterial	23,1	120	12,5	11,2-12,5	301,2	272,0-345,3	5,1	4,6-5,9
	H Portal	41,9	120	11,2	10,8-13,7	490,0	419,8-670,0	8,3	7,1-11,4
	H Delayed	23,4	120	11,6	9,4-12,6	284,0	253,2-337,0	4,8	4,3-5,7
Pancreas multiphasic	H Unenhanced	19,3	120	9,0	7,9-11,2	201,5	148,3-293,0	3,4	2,5-5,0
	H Pancreatic	17,7	120	11,3	10,0-12,9	189,0	146,8-288,5	3,2	2,5-4,9
	H Portal	40,9	120	10,7	10,0-11,9	448,5	312,7-504,0	7,6	5,3-8,6
Kidney multiphasic	H Unenhanced	24,0	120	10,4	6,6-11,8	295,0	205,1-414,4	5,0	3,5-7,0
	H Corticomed	17,7	120	12,6	10,5-13,6	289,8	213,8-506,2	4,9	3,6-8,6
	H Nephrogenic	38,4	120	11,5	8,6-13,8	357,0	327,4-503,7	6,1	5,6-8,6
	H Excretory	38,4	120	12,3	10,6-13,3	582,0	452,0-616,0	9,9	7,7-10,5
CT Coronary Angio	S Calcium	14,0	120	3,0	2,7-3,8	48,0	41,5-48,1	1,25*	1,08-1,25*
	H Arterial	13,4	120	23,0	21,7-37,1	377,7	326,9-667,0	9,8*	8,5-17,3*
CT Pulmonary Angio	H Arterial	26,9	120	9,1	7,9-10,1	263,5	195,3-329,6	5,0	3,7-6,3
CTA Total Aorta	H Arterial	66,2	120	11,5	10,6-14,3	882,5	704,5-1030,4	14,0	12,0-17,5
CTA Abdominal Aorta	H Arterial	43,5	120	10,7	9,9-13,0	528,2	488,0-665,1	9,0	8,3-11,3
C-Spine	H Unenhanced	21,3	120	11,9	10,8-13,5	248,0	197,8-338,5	1,34	1,07-1,83
L-Spine	H Unenhanced	18,8	120	9,3	8,3-14,1	287,2	237,0-384,0	4,9	4,0-6,5
Bony Pelvis	H Unenhanced	22,3	120	12,0	10,0-13,6	311,0	264,0-348,0	5,3	4,5-5,9

S = Sequential; H = Helical; 1P = 1 Phase; 2P = 2 Phases; Insp = Inspiration; Exp = Expiration; Tx = Thorax; Abd = Abdomen, P25-P75=percentiel

3 Overzicht stralingsbelasting medische stralingstoepassingen

Voor 2010 is de gemiddelde effectieve dosis per inwoner door medische diagnostiek geschat op 0,89 mSv. De gemiddelde stijging vanaf 2002 is ongeveer 7% per jaar. Voor 2009 is de dosis geschat op 0,86 mSv. Het gemiddeld aantal onderzoeken per inwoner laat een stijgende trend zien. Deze stijgende trend in het aantal onderzoeken, gekoppeld aan de dosis per onderzoek, resulteert in een stijging van de gemiddelde effectieve dosis per inwoner per jaar.

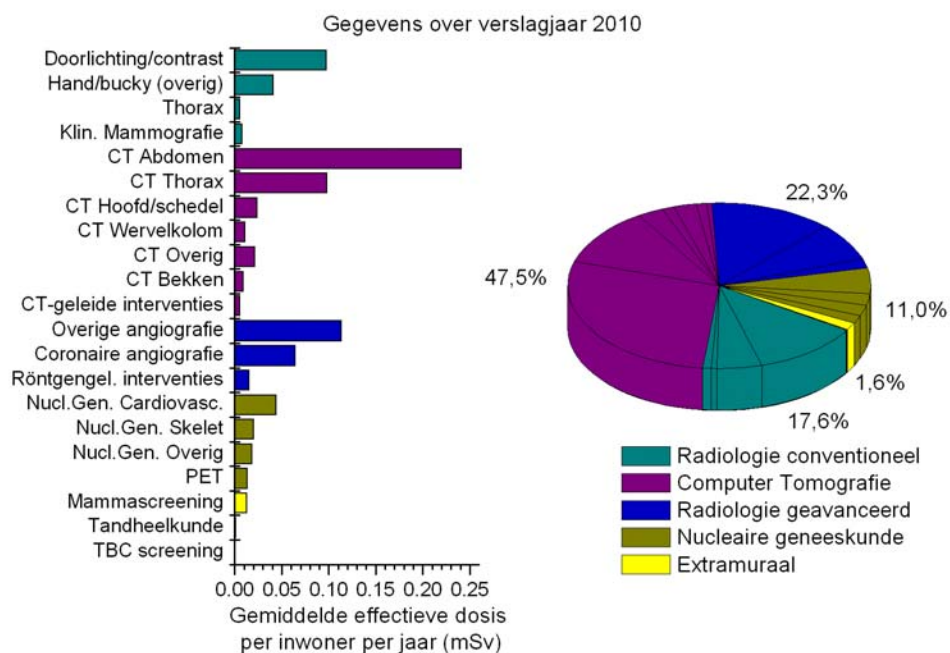


Figuur 1 Gemiddelde jaarlijkse effectieve dosis per inwoner voor verschillende jaren met daarbij de onderverdeling tussen de verschillende vormen van de medische beeldvorming. Voor de jaren 2003 en 2004 is geen inventarisatie van de totale dosis gedaan.

In Figuur 1 is de verdeling tussen de verschillende vormen van medische beeldvorming en hun bijdrage aan de totale dosis weergegeven voor de jaren 2002 en 2005 tot en met 2010. Hierin is goed te zien dat de dosis ten gevolge van CT met de jaren stijgt. De dosis door radiologie stijgt eveneens.

De gemiddelde effectieve dosis per onderzoek is in de berekeningen voor het jaar 2010 voor de radiologische en CT-onderzoeken niet gewijzigd ten opzichte van eerdere jaren. Voor radiologie zijn dezelfde dosisgegevens uit het Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie⁽¹⁷⁾ gebruikt als in voorgaande jaren. In Figuur 2 is te zien hoe groot de bijdrage in dosis is van de verschillende categorieën van medische toepassingen. Het aandeel aan de gemiddelde effectieve dosis per inwoner door conventionele röntgen is in 2010 ongeveer 17,6%. Het aandeel geavanceerde röntgen was 23,3% in 2009 en is in 2010 22,3%. Het aandeel nucleaire geneeskunde is in 2010 11%, dit was in 2009 12%. In de extramurale röntgenbijdrage zijn geen veranderingen. CT-onderzoeken zijn verantwoordelijk voor bijna de helft van de totale medische

blootstelling. In 2005 was de bijdrage van CT-onderzoeken 42% en is gedurende de jaren daarna een steeds groter aandeel gaan innemen.



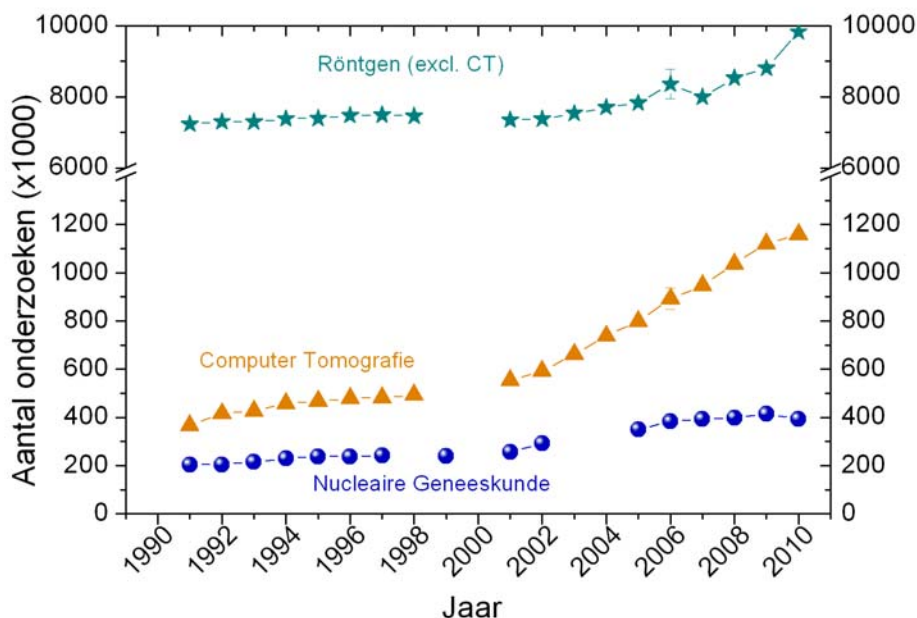
Figuur 2 Verdeling van de gemiddelde effectieve dosis per inwoner in 2010 als gevolg van medische diagnostiek over verschillende typen onderzoek (absoluut links, relatief rechts).

4 Radiologie intramuraal

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gepresenteerd van de aantallen radiologische verrichtingen uitgevoerd binnen ziekenhuizen en de gemiddelde jaarlijkse effectieve dosis als gevolg van die verrichtingen.

4.1 Aantal verrichtingen

In 2010 zijn in de Nederlandse ziekenhuizen ongeveer 9,8 miljoen röntgenverrichtingen (exclusief CT) uitgevoerd. Het totaal aantal CT-onderzoeken is ongeveer 1,16 miljoen en het totaal aantal verrichtingen nucleaire geneeskunde is geschat op ruim 393 duizend (Figuur 3). Vanaf 2002 is een duidelijk stijgende trend waar te nemen, rekening houdend met de onzekerheid in de schatting van het totale aantal. Omdat de enquête over het verslagjaar 2006 voor de eerste maal met een webapplicatie werd uitgevraagd, was er geen verplichting aan verbonden. De respons op de enquête was voor het verslagjaar 2006 maar ongeveer 40%. Hierdoor moest voor een groot aantal instellingen het aantal verrichtingen worden bijgeschat. De onzekerheid in de getallen van 2006 is dan ook groter dan die van andere jaren. Voor de getallen van 2006 is daarom een betrouwbaarheidsinterval van 95% uitgezet in de grafieken. De respons op de enquête was 84% over het jaar 2007, op die van 2010 97,5%.

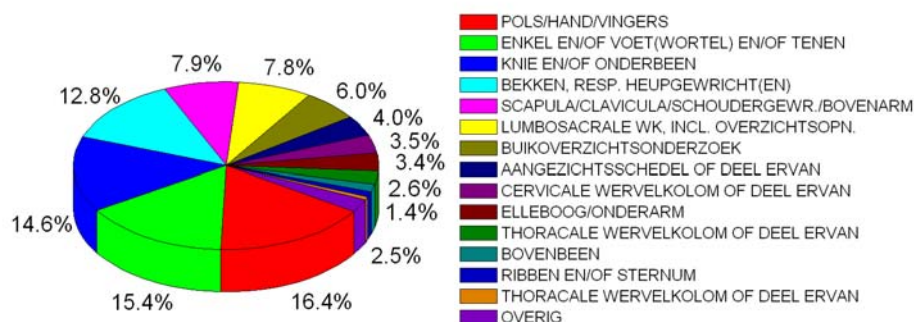


Figuur 3 Het aantal röntgenonderzoeken (exclusief CT), CT-onderzoeken en nucleair geneeskundige verrichtingen in Nederland voor de jaren 1991 tot en met 2010 met bijbehorende onzekerheid voor het jaar 2006.

4.2 Röntgenverrichtingen (exclusief CT)

4.2.1 Aantal verrichtingen

Het totaal aantal röntgenverrichtingen is ongeveer 9,8 miljoen in 2010 (Figuur 3). Meer dan de helft van deze verrichtingen komt voor rekening van de hand/bucky-onderzoeken. In Figuur 4 is de verdeling van de onderzoeken in de categorie conventionele hand/bucky-röntgenonderzoeken te zien.



Figuur 4 Onderverdeling van de onderzoeken in de categorie conventionele hand/bucky röntgenonderzoeken in 2010.

Het totaal aantal onderzoeken in deze categorie is groot. Meer dan de helft van de hand/bucky-onderzoeken zijn onderzoeken van de extremiteiten. De effectieve dosis voor onderzoeken van extremiteiten zijn laag omdat geen belangrijke stralingsgevoelige organen worden blootgesteld.

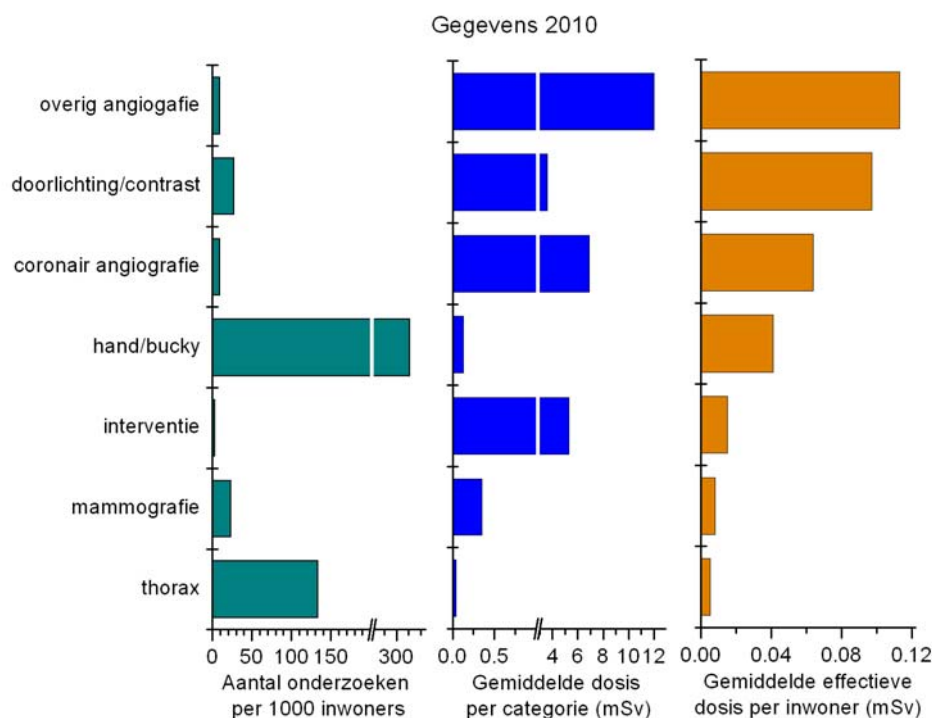
4.2.2 Dosis

In Nederland worden dosisgegevens van röntgenverrichtingen niet structureel verzameld. De doses verkregen uit het Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie⁽¹⁷⁾ zijn een belangrijke bron van informatie. Voor de schatting van de gemiddelde effectieve dosis per inwoner voor 2010 is voor het grootste deel gebruikgemaakt van deze dosisgegevens.

Tabel 4 Gemiddelde effectieve dosis voor verschillende typen röntgenverrichtingen.

Onderzoek	Gemiddelde effectieve dosis (mSv)
Hand/bucky (excl. thorax)	0,13
X-thorax	0,04
Klinische mammografie	0,35
Doorlichting/contrast	3,6
Coronaire angiografie	6,9
Overig angiografie	12
X-geleide interventies	5,3

De doses, zoals te zien in Tabel 4, zijn gewogen gemiddelde effectieve doses. Er is een weging gemaakt met het aantal verrichtingen uitgevoerd in de ziekenhuizen die deelnamen aan het Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie⁽¹⁷⁾. Voor verrichtingen waarvoor in het Demonstratieproject geen patiëntendosis is bepaald, zijn dosiswaarden geschat op basis van extrapolatie uit de bekende waarden en is er gebruikgemaakt van (inter)nationale literatuur.



Figuur 5 Overzicht van onderzoeksfrequentie, de gemiddelde effectieve dosis per categorie verrichtingen en de gemiddelde effectieve dosis per inwoner in 2010 voor verschillende radiologische onderzoeken.

Voor 2010 is de gemiddelde effectieve dosis per inwoner door intramurale röntgenverrichtingen (exclusief CT) geschat op 0,37 mSv. In Figuur 5 is te zien hoe de dosis verdeeld is over de verschillende onderzoeken. In de categorie 'hand/bucky' (exclusief thorax) worden de meeste onderzoeken uitgevoerd, maar omdat de onderzoeken in deze categorie een lage gemiddelde effectieve dosis geven, dragen ze maar beperkt bij aan de stralingsbelasting. De angiografieonderzoeken (diagnostisch en interventies) en doorlichtingsonderzoeken die veel minder frequent worden uitgevoerd, dragen door hun relatief hoge dosis in veel grotere mate bij aan de stralingsbelasting.

4.3 Diagnostische Referentieniveaus

Het gebruik van diagnostische referentieniveaus geeft voor een instelling een goed beeld van hun uitgevoerde doses ten opzichte van andere instellingen. De metingen die worden uitgevoerd in relatie tot DRN's kunnen gebruikt worden als prestatie-indicator. Op de website van het RIVM kunnen ziekenhuizen hun gemeten waarden invullen op een formulier en verzenden naar het RIVM. Het RIVM zal de verkregen meetgegevens anoniem verwerken en presenteren op de website zodra er voldoende gegevens ontvangen zijn. Ziekenhuizen kunnen hun eigen resultaten dan op de website vergelijken met de resultaten van andere instellingen en met de vastgestelde DRN's.

In Tabel 5 zijn de DRN's voor de röntgenonderzoeken van de thorax en abdomen weergegeven zoals die gepubliceerd zijn in het rapport van het NCS-platform⁽²⁰⁾. In Tabel 6 zijn de DRN's voor mammografieonderzoek weergegeven. De in de tabellen opgenomen getallen zijn Dosis-oppervlakte

product-waarden (DOP-waarden) of gemiddelde glandulaire dosis-waarden en dus geen effectieve doses.

Tabel 5 Diagnostische Referentieniveaus voor röntgenopnamen.

Dosis-oppervlakteproduct (DOP, Gy.cm²) gemeten bij 20 patiënten; interpolatie naar een gemiddelde patiënt met een gewicht van 76,4 kg.

	CR, DR en Film	Haalbare waarde, alleen DR
X-thorax PA (wandbucky of thoraxstatief), klinische indicatie: infiltraten	0,12	0,06
X-abdomen AP (tafelbucky), klinische indicatie: standaard buikoverzicht liggend	3,0	1,5

Tabel 6 Diagnostische Referentieniveaus voor mammografie CC-projectie.

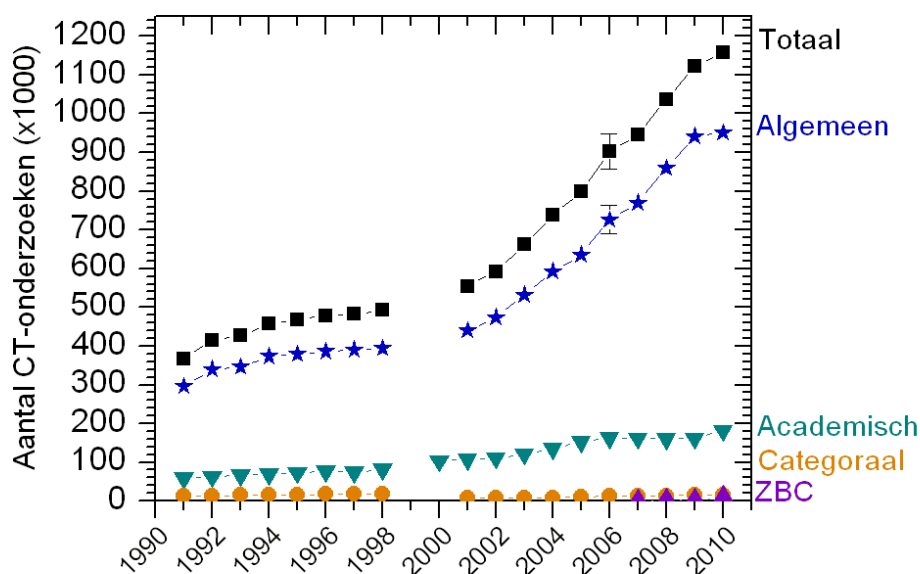
Mean Glandular Dose (MGD, mGy) bepaald voor PMMA-platen van verschillende dikte en voor de leeftijdsgroep 50-64 jaar

Fantoomdikte in cm PMMA	Equivalenten gecomprimeerde borstdikte in cm	DRN voor DR in mGy	DRN voor Film, CR in mGy
3	3,2	1,0	1,5
5	6,0	2,4	3,0
7	9,0	5,1	6,5

5 Computer Tomografie (CT)

5.1 Aantal verrichtingen

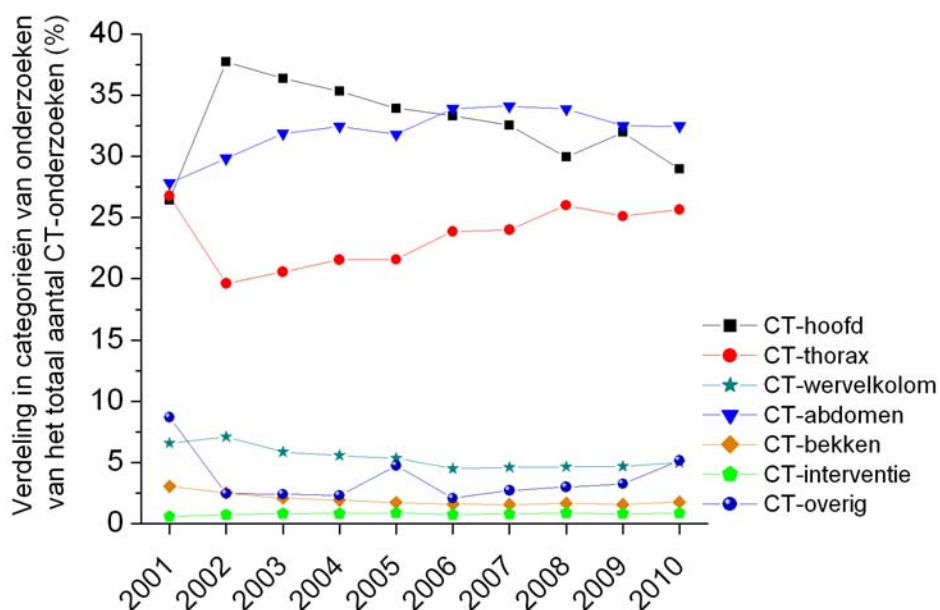
In Figuur 6 is het totaal aantal CT-onderzoeken te zien vanaf 1991 tot en met 2010. Sinds begin jaren '90 is het aantal CT-onderzoeken meer dan verdubbeld. Het aantal CT-onderzoeken stijgt nog steeds en is in 2010 toegenomen tot 1,16 miljoen onderzoeken per jaar. De absolute stijging van het aantal CT-onderzoeken komt vooral door de stijging van het aantal onderzoeken in de algemene ziekenhuizen. Er zijn acht academische instellingen, een veel kleiner aantal in vergelijking met het aantal algemene ziekenhuizen. De absolute stijging van het aantal CT-onderzoeken voor de academische ziekenhuizen is dan ook kleiner. De trend in het totaal aantal CT-onderzoeken laat sinds 2001 een gemiddelde stijging zien van bijna 9% per jaar.



Figuur 6 Aantal CT-onderzoeken in algemene, academische en categorale ziekenhuizen en ZBC's en het totaal van 1991 tot en met 2010.

In de jaren '90 zijn in de ziekenhuizen in Nederland in snel tempo CT-scanners geplaatst. De toen al in gebruik zijnde CT-scanners stonden voornamelijk in de academische ziekenhuizen en grotere algemene instellingen. De capaciteit van de CT-scanners werd volledig gebruikt en de vraag naar CT-onderzoek bleef stijgen. Eind jaren '90 had vrijwel ieder ziekenhuis een eigen CT-scanner. Hierna is de ontwikkeling in de CT-apparatuur en de mogelijkheden voor het gebruik van CT verder toegenomen. In 2000 stonden er in de academische ziekenhuizen 23 CT-scanners en in 2010 zijn dat er 40. Naar de soort CT-scanner (single-, dual- of multislice) wordt niet gevraagd. Voor de algemene ziekenhuizen is het aantal CT-scanners voor 2010 geschat op 143. Het totaal aantal CT-scanners is in 2010 geschat op 205 in de diverse instellingen.

De CT-onderzoeken zijn verdeeld in zeven verschillende categorieën: CT-onderzoeken van het hoofd, thorax, wervelkolom, abdomen, bekken, overige en CT-geleide interventies. De verdeling tussen de verschillende categorieën onderzoeken is in de periode 2001-2010 veranderd (Figuur 7). CT-onderzoeken van het hoofd hadden tot 2006 vrijwel alle jaren het grootste aandeel in het totaal. Na 2006 was het grootste aantal onderzoeken dat van de abdomen. Het percentage CT-thoraxonderzoeken bepalen de afgelopen jaren tussen de 20 en 25% van het totaal aantal CT-onderzoeken (Figuur 7).



Figuur 7 Verdeling van het aantal CT-onderzoeken onder de verschillende categorieën in ziekenhuizen van 2001 tot en met 2010.

5.2

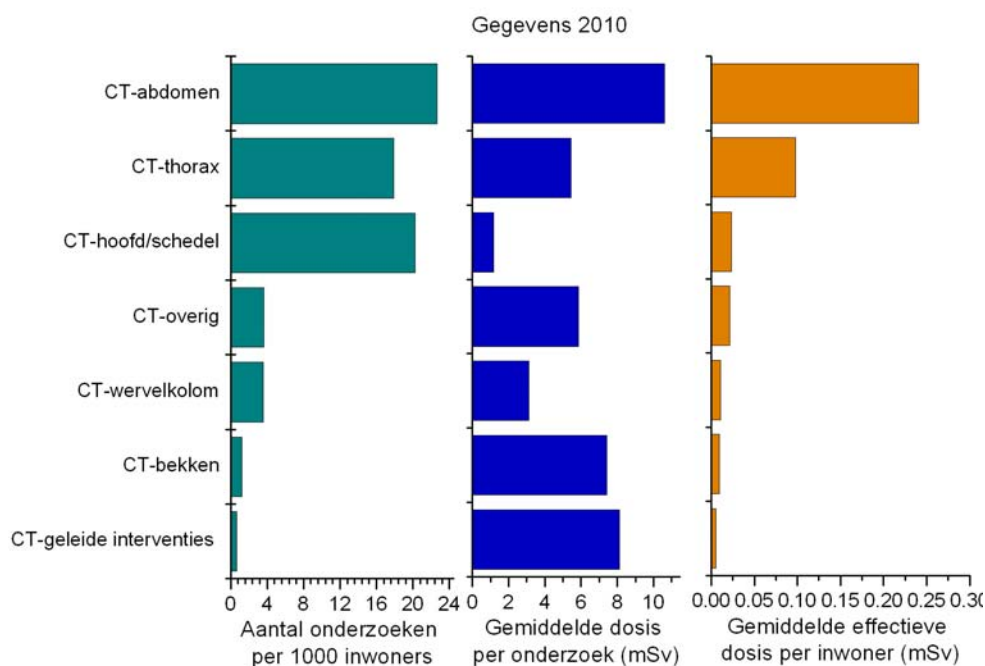
Dosis

Voor de CT-onderzoeken is net als voor de andere röntgenverrichtingen gebruikt gemaakt van dosisgegevens zoals die verkregen zijn uit het Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie⁽¹⁷⁾. In Tabel 5 zijn de gewogen gemiddelde effectieve doses voor de verschillende CT-onderzoeken weergegeven.

Tabel 7 Gemiddelde effectieve dosis per CT-onderzoek.

CT-onderzoek	Gemiddelde effectieve dosis (mSv)
CT-hoofd	1,2
CT-thorax	5,5
CT-wervelkolom	3,1
CT-abdomen	10,6
CT-bekken	7,4
CT-geleide interventie	8,1

Bron: Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie⁽¹⁷⁾



Figuur 8 Onderzoeksfrequentie van verschillende CT-onderzoeken met de dosis per onderzoek en de gemiddelde effectieve dosis per inwoner voor het jaar 2010.

De gemiddelde effectieve dosis per inwoner door CT-onderzoeken in 2010 is geschat op 0,41 mSv. Dit is ongeveer de helft van de totale gemiddelde effectieve dosis door medische diagnostiek. In Figuur 8 is de frequentie van de verschillende CT-onderzoeken voor het jaar 2010 te zien met daarbij de gemiddelde effectieve dosis van het betreffende onderzoek. De combinatie van deze gegevens levert samen de gemiddelde effectieve dosis per inwoner voor de diverse onderzoeken. In Figuur 8 is te zien dat CT-abdomen het meest uitgevoerde CT-onderzoek is. De gemiddelde effectieve dosis voor dit onderzoek is het hoogst: 10,6 mSv (Tabel 7 en Figuur 8). Door zowel het grootste aantal als de hoogste dosis per onderzoek levert het CT-abdomenonderzoek een grote bijdrage aan de totale effectieve dosis per inwoner. CT-hoofdonderzoeken worden net iets minder frequent uitgevoerd, maar hebben tevens de laagste gemiddelde effectieve dosis per verrichting (1,2 mSv) en leveren daarom een relatieve lage bijdrage aan de effectieve dosis per inwoner. Onder de CT-thoraxonderzoeken vallen ook de onderzoeken van het hart en grote bloedvaten. Een mogelijke verklaring voor de stijging van het aantal onderzoeken in de categorie thorax is wellicht een stijging van het aantal hartonderzoeken. De meeste ziekenhuizen beschikken tegenwoordig over een multislice CT-scanner waardoor het mogelijk wordt ook hartonderzoeken uit te voeren.

5.3 Diagnostische Referentieniveaus voor CT-onderzoeken

In Tabel 8 staan de DRN's voor de CT-onderzoeken van buik/bekken en CT-angiografie van de thorax, zoals die gepubliceerd zijn in de rapporten van het NCS-platform⁽²⁰⁻²¹⁾.

Tabel 8 Diagnostische Referentieniveaus voor Computer Tomografie bij volwassenen.

Diagnostische Referentieniveaus voor Computer Tomografie
Computer Tomografie-dosisindex (CTDI_{100vol}, mGy) en dosis-
lengteproduct (DLP, mGy.cm) bepaald voor een CT dosis body fantoom

	DRN		Haalbare waarde	
	CTDI _{100vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)	CTDI _{100vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)
CT-buik/bekken, klinische indicatie: acute buik	15	700	8	400
CT-angiografie thorax, klinische indicatie: longembolie	10	350	6	200
Spiraal CT met een retrospectieve ECG gated reconstructie zonder modulatie van de buisstroom	80	1000		
Retrospectieve ECG gated reconstructie, spiraal acquisitie			60	700
Spiraal CT met een retrospectieve ECG gated reconstructie en ECG triggered modulatie van de buisstroom (bij lage hartritmes <70)			50	600
Step and shoot met een prospectieve ECG triggered acquisitie			25	300

Er worden geen frequenties van onderzoeken specifiek voor kinderen verzameld. De frequenties worden verkregen uit het Jaardocument Maatschappelijke Verantwoording Zorg en daarin wordt geen onderscheid gemaakt tussen onderzoeken bij volwassenen en kinderen. In het NCS-rapport fase 2⁽²¹⁾ zijn wel DRN-waarden voor kinderen gedefinieerd, deze worden in Tabel 9 weergegeven.

Tabel 9 Diagnostische Referentieniveaus voor Computer Tomografie bij kinderradiologie.

Computer Tomografie-dosisindex (voor een spiraal acquisitie CTDI_{100vol}, mGy, bij step and shoot acquisitie CTDI_{100w}) en dosis-lengteproduct (DLP, mGy.cm) bepaald voor een CT dosis body fantoom

Leeftijd	Gewicht	DRN		Haalbare waarde	
		CTDI _{100vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)	CTDI _{100vol} (mGy)	DLP (mGy.cm)
jaar	kg				
0	4	20	240	15	180
1	11	25	300	20	240
5	21	35	420	25	300
10	36	50	600	35	420

6 Extramurale röntgentoepassingen

Voor het schatten van de stralingsbelasting van de bevolking zijn tot nu toe drie belangrijke blootstellingen meegenomen die extramuraal plaatsvinden:

(1) mammografie-screening, (2) tandheelkundige röntgenfoto's door tandartsen en orthodontisten en (3) thoraxopnamen voor tbc-screening van risicogroepen. Hieronder worden hernieuwde gegevens voor de mammografie- en de tbc-screening gepresenteerd. De tandheelkundige verrichtingen zijn in een vorig rapport⁽²²⁾ uitgebreid aan de orde geweest en worden hier alleen in het kader van de totale stralingsbelasting besproken. Hoewel tandheelkundige verrichtingen relatief vaak verricht worden, is de dosisbijdrage van deze groep klein omdat de dosis per verrichting laag is.

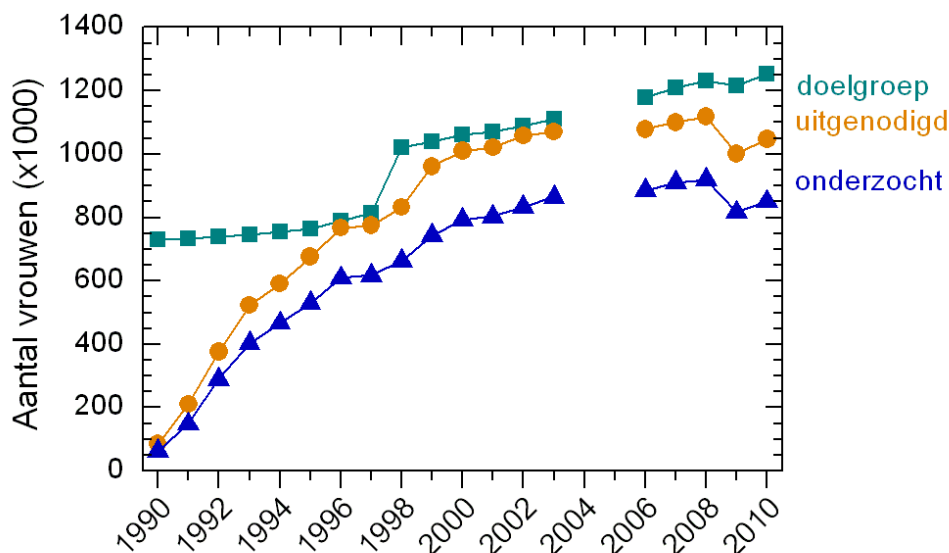
Binnen de ontwikkelingen in de Nederlandse gezondheidszorg is een toename van het aantal Zelfstandige behandelcentra (ZBC's) waar te nemen. Een deel van deze centra voert, in toenemende mate, röntgenverrichtingen uit. De Nederlandse Vereniging voor Radiologie (NVvR) heeft in een nummer van het tijdschrift Memorad speciaal aandacht besteed aan 'Commercie in de radiologie'⁽²³⁾. In de enquêtes vanaf verslagjaar 2007 zijn ook de ZBC's opgenomen waarvan aannemelijk was dat er medisch röntgenonderzoek plaatsvond. De respons van deze categorie instellingen was laag en het opgegeven aantal verrichtingen eveneens.

6.1 Bevolkingsonderzoek borstkanker

Sinds 1990 bestaat in Nederland het landelijk bevolkingsonderzoek naar borstkanker. Sinds begin 2006 ligt de coördinatie van het bevolkingsonderzoek bij het RIVM, voorheen lag deze bij het College voor Zorgverzekeringen (CVZ). Gegevens over het bevolkingsonderzoek worden onder andere gepubliceerd door het Landelijk Evaluatieteam voor bevolkingsonderzoek naar Borstkanker (LETB) en op de website www.bevolkingsonderzoekborstkanker.nl waar de jaarverslagen te vinden zijn. De meest recente gegevens, gebruikt voor dit rapport, zijn die over 2010 en zijn afkomstig van de jaarverslagen⁽¹⁴⁾. De organisatie rond het bevolkingsonderzoek naar borstkanker werd in het jaar 2009 gereorganiseerd. De negen stichtingen zijn ondergebracht in vijf nieuwe regio's. Tevens is er een traject voor volledige overgang naar digitale screeningsapparatuur.

6.1.1 Aantal verrichtingen

Van de uitgenodigde vrouwen nam gemiddeld 83% deel aan het bevolkingsonderzoek. In Figuur 9 is te zien dat in 1998 de doelgroep voor het bevolkingsonderzoek in Nederland werd uitgebreid. Tot en met 1997 was de doelgroep alle vrouwen in de leeftijd van 50-69, vanaf 1998 is de leeftijdsgrens verhoogd tot 75 jaar.



Figuur 9 Overzicht van de doelgroep, het aantal uitgenodigde en het aantal onderzochte vrouwen in het kader van de borstkanker screening vanaf 1990 tot en met 2010.

In 2010 werden ongeveer 850 duizend onderzoeken uitgevoerd. De daling voor het jaar 2009 is te verklaren doordat de screeningseenheden in 2009 zijn overgegaan naar digitale screening. Door de overgang naar het digitale systeem en de bijbehorende scholing van de laboranten bleek het in 2009 niet haalbaar eenzelfde aantal onderzoeken uit te voeren als in voorgaande jaren. Dit blijkt uit de jaarverslagen⁽¹⁴⁾ en na persoonlijke communicatie met enkele hoofden van screeningseenheden. Bij de eerste digitale screening worden vaker vier opnamen gemaakt dan ten tijde van de conventionele screening. Het gemiddeld aantal opnamen per deelnemer ligt voor de verschillende screeningseenheden tussen de 3,6 en 3,8 opnamen. Hiermee komt het aantal opnamen dat gemaakt is in 2010 op ongeveer 3,1 miljoen.

6.1.2 Gemiddelde effectieve dosis

Een studie van Zoetelief et al. uit 2005 naar de gemiddelde geabsorbeerde dosis in klierweefsel bij het borstkankeronderzoek in Nederland⁽²⁴⁾ geeft een gemiddelde glandulaire dosis van 1,3 mGy per opname. Met dit gegeven en de weefselweegfactor uit ICRP 60⁽¹¹⁾ is de gemiddelde effectieve dosis per onderzoek berekend. De combinatie van het aantal onderzoeken met de dosis geeft een gemiddelde effectieve dosis per inwoner in 2010 van 0,012 mSv. In 2007 is de ICRP 103-richtlijn⁽¹²⁾ verschenen waarin onder andere nieuwe weegfactoren zijn opgenomen. Indien deze richtlijn in de Nederlandse wetgeving wordt opgenomen, zullen de onderzoeksgegevens met deze gegevens worden verwerkt. Tot die tijd zullen de dosisgegevens gebaseerd blijven op de ICRP 60-richtlijn uit 1991. Zie paragraaf 2.4.1 voor meer details.

6.2 Tuberculosescreening

In Nederland vindt er geen algemene screening van de bevolking op tbc plaats, deze is in 1982 gestopt. Momenteel vindt tbc-screening alleen nog plaats onder speciale doelgroepen:

- risicogroepen (bijvoorbeeld asielzoekers, immigranten, nieuw gedetineerden, buitenlandse zeevarenden);
- vermoede risicogroepen (bijvoorbeeld dak- en thuislozen, drugsverslaafden en illegalen);
- contactgroepen (personen die in contact komen met mensen uit risicogroepen of met tbc-bacillen in microbiologische laboratoria);
- bron- en contactopsporing (opsporing van infectiebronnen en screening van personen die contact hebben (gehad) met geïnfecteerde patiënten).

Sinds 1992 worden wekelijks alle nieuw binnengekomen asielzoekers op tbc onderzocht met een mobiele röntgenunit (MRU)⁽²⁵⁾. Daarnaast wordt aan vreemdelingen die langer dan drie maanden in Nederland verblijven, twee jaar lang ieder half jaar een tbc-screening aangeboden, deze is niet verplicht. Sinds 1992 worden ook gedetineerden bij aanvang van hun detentie met een MRU onderzocht op tbc.

6.2.1 Aantal verrichtingen

Volgens het jaarverslag van GGD Nederland⁽²⁵⁾ zijn in 2006 109.000 röntgenfoto's gemaakt voor de opsporing van tbc-besmetting. In het jaarverslag TBC-screening 2005 van de GGD Rotterdam en omstreken⁽²⁶⁾ staat dat 96% van de röntgenonderzoeken bestaat uit één opname (posterior-anterior). Bij 4% van de röntgenonderzoeken worden aanvullende opnamen gemaakt, waarbij het in de meeste gevallen gaat om een zijdelingse opname.

6.2.2 Dosis

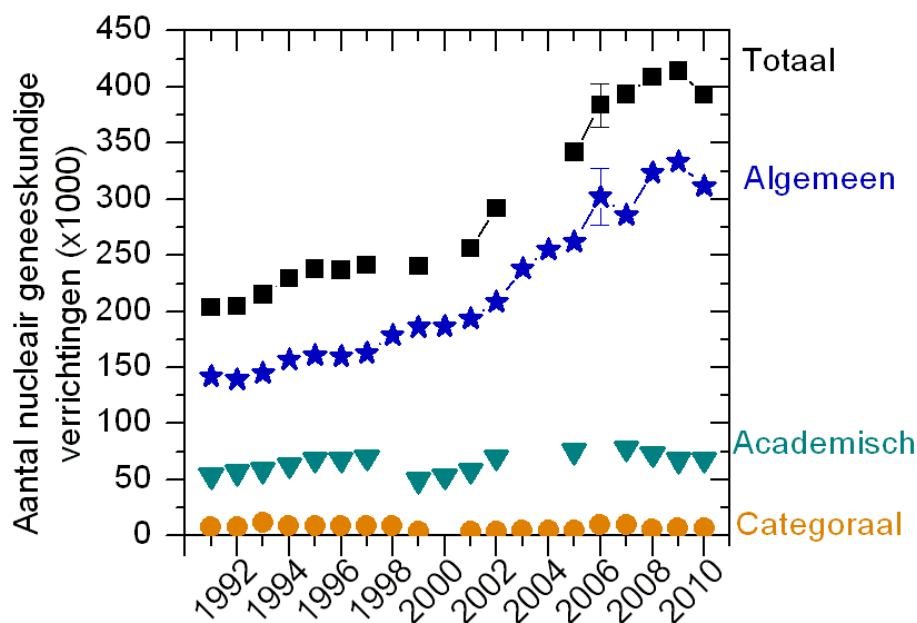
Bij het maken van de schatting van de gemiddelde effectieve dosis per inwoner is er vanuit gegaan dat één onderzoek 1,04 röntgenopname betekent (Jaarverslag TBC-screening 2005)⁽²⁶⁾. De gemiddelde effectieve dosis voor één opname van de thorax is ongeveer 0,02 mSv. Deze dosis is gebaseerd op de metingen die in ziekenhuizen zijn verricht in het kader van het Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie⁽¹⁷⁾. Gezien het relatief geringe aantal en de lage dosis per verrichting is een schatting gedaan van de gemiddelde effectieve dosis per inwoner door tbc-röntgenonderzoek op basis van de gegevens van 2006. De combinatie van het aantal onderzoeken met de dosis geeft een gemiddelde effectieve dosis per inwoner door de tbc-screening in 2006 van 0,00014 mSv.

7 Nucleair geneeskundige diagnostiek

Nucleaire geneeskunde vindt in Nederland vrijwel alleen plaats in ziekenhuizen. Niet ieder ziekenhuis heeft een afdeling nucleaire geneeskunde zoals dit wel het geval is voor radiologieafdelingen. Naast de ziekenhuizen is er één radiotherapeutisch instituut waar ook nucleair geneeskundige onderzoeken en behandelingen worden uitgevoerd. Nucleair geneeskundig diagnostisch onderzoek maakt geen gebruik van röntgenstraling, maar gebruikt een radioactief gemerkt farmaceutisch preparaat (radiofarmacon) dat aan de patiënt wordt toegediend via de mond of door een injectie. Afhankelijk van het metabolisme hoopt het radiofarmacon zich op in een specifiek orgaan of in een bepaald type weefsel. Met behulp van een zogenaamde gammacamera is het dan mogelijk om afbeeldingen te maken van de door het radiofarmacon uitgezonden straling. Deze vorm van diagnostiek verschaft voornamelijk functionele informatie over het betreffende orgaan of weefsel.

7.1 Aantal verrichtingen

In 2010 ligt het totaal op ongeveer 393 duizend onderzoeken. Figuur 10 laat zien dat er de laatste jaren een toename van het aantal verrichtingen in algemene ziekenhuizen plaatsvindt. Voor het jaar 2010 is het aantal onderzoeken iets afgenomen ten opzichte van het jaar 2009. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat in 2010 er tijdelijk minder radiofarmaca voor medische toepassingen beschikbaar zijn geweest maar hier zijn geen gegevens over verzameld. Voor het verslagjaar 2006 was de respons op de enquête veel lager dan andere jaren en de betrouwbaarheid van de uiteindelijke schatting is om die reden ook lager. Voor het jaar 2006 is daarom een betrouwbaarheidsinterval van 95% aangegeven in de grafiek. Voor de academische ziekenhuizen ontbreken de gegevens van verschillende jaren en zijn er voor 2005 beperkte gegevens beschikbaar, waardoor het totaal aantal verrichtingen in de academische ziekenhuizen geschat is op basis van de gegevens die wel beschikbaar waren.



Figuur 10 Het aantal nucleair geneeskundige onderzoeken met bijbehorende onzekerheid voor 2006, in algemene, academische en categorale ziekenhuizen en het totaal.

7.2 Radionuclidegebruik

Bij de enquête over 2008 is per verrichting gevraagd naar het gebruikte radiofarmacon en naar de hoeveelheid activiteit die bij een standaard volwassen patiënt wordt toegediend. Uit de verkregen gegevens is een gemiddelde toediening per radiofarmacon bepaald. Hieruit is vervolgens een gemiddelde effectieve dosis per verrichting bepaald door het gewogen gemiddelde te bepalen van de gebruikte radiofarmaca. De belangrijkste verschillen tussen de inventarisatie uit 2008 en 2005 zijn:

- dat in 2008 gevraagd is naar het gebruik per verrichting waar dat in 2005 gebeurde voor een categorie verrichtingen en;
- dat in 2008 ook gevraagd is naar de hoeveelheid activiteit die wordt toegediend terwijl in 2005 uitgegaan is van de aanbevolen hoeveelheid activiteit die vermeld staat in de Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde van de NVNG⁽¹⁸⁾.

7.3 Dosis

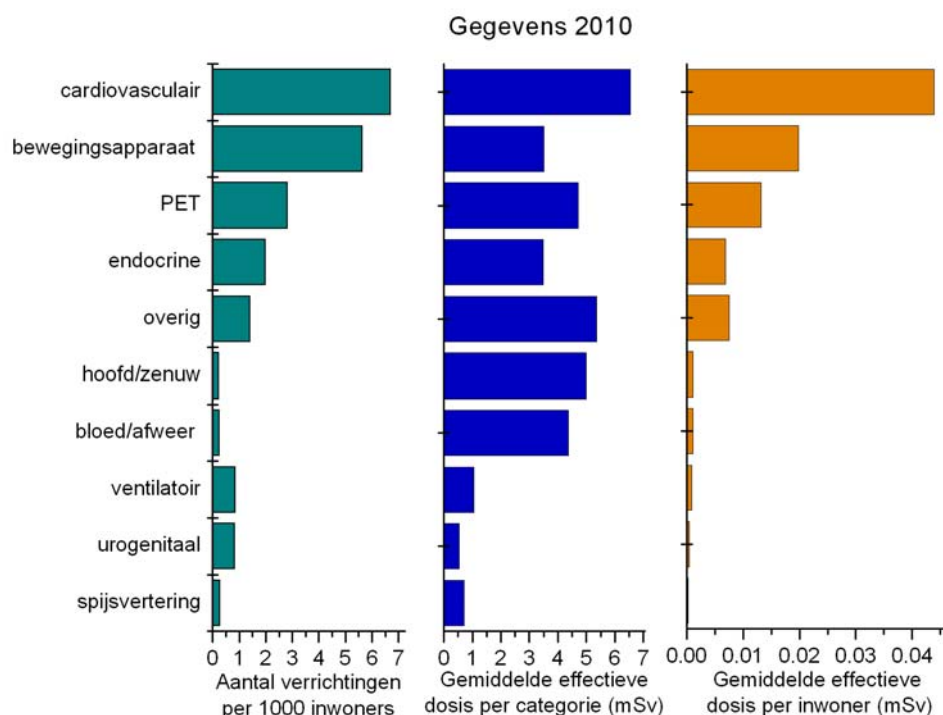
Per verrichting zijn de resultaten geanalyseerd. Uit de gegevens van de respondenten is een gemiddelde toediening per radiofarmacon bepaald. Ook is bepaald bij welk deel van de verrichtingen dit specifieke radiofarmacon is toegepast. Met de gemiddelde toediening per radiofarmacon en de dosisconversiefactoren uit ICRP 60-publicatie⁽¹¹⁾ is een gemiddelde effectieve dosis per radiofarmacon per (type) verrichting bepaald. Deze dosisgegevens zijn gebruikt voor de berekening van effectieve dosis door nucleair geneeskundige verrichtingen.

Door de gemiddelde effectieve dosis per verrichting te combineren met de frequenties van de individuele verrichtingen kan een gemiddelde effectieve dosis per categorie onderzoeken worden bepaald (Tabel 10).

Tabel 10 Gemiddelde effectieve dosis bij nucleair geneeskundige verrichtingen in 2010.

Categorie nucleaire verrichting	Gemiddelde effectieve dosis (mSv)
Cardiovasculair	6,55
Bewegingsapparaat	3,51
PET	4,71
Endocrinologie	3,49
Bloed en afweer	4,36
Ventilatoir	1,05
Hoofd en zenuwstelsel	4,99
Urogenitaal	0,53
Spijsvertering	0,71
Overig	5,35

De gemiddelde effectieve dosis per inwoner in 2010 door nucleair geneeskundige onderzoeken is geschat op 0,095 mSv. De gemiddelde effectieve dosis is berekend door voor de verschillende typen onderzoeken de aantallen te combineren met de gemiddelde effectieve dosis per onderzoek, zie Figuur 11.



Figuur 11 Onderzoeksfrequentie van de verschillende categorieën nucleair geneeskundig onderzoek met de gemiddelde effectieve dosis per onderzoek en per inwoner in 2010.

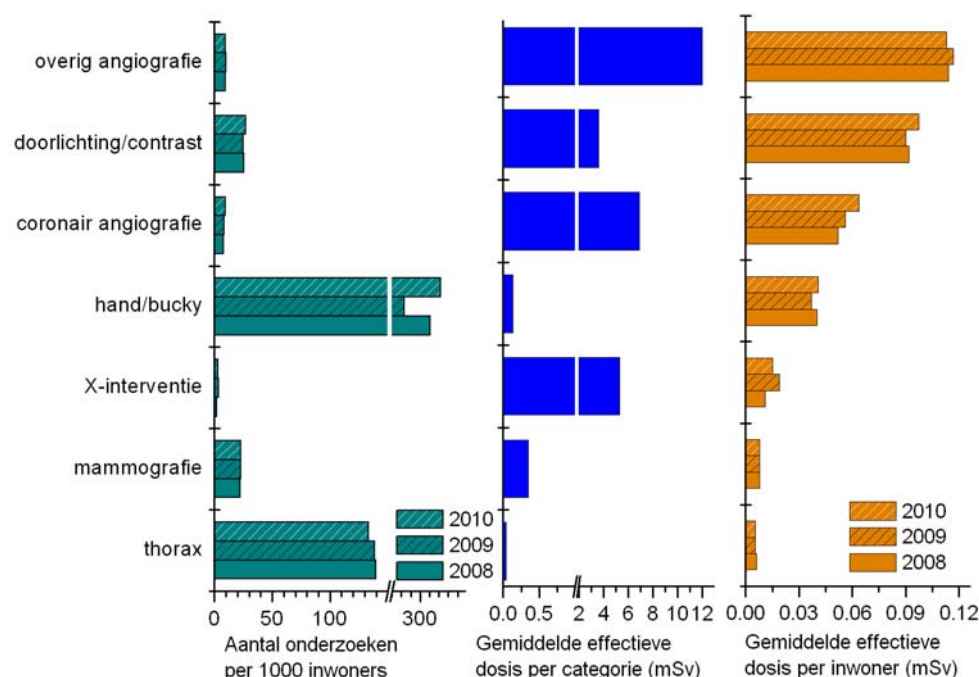
Van de verschillende typen onderzoeken worden cardiovasculaire onderzoeken het meest frequent uitgevoerd. Deze onderzoeken leveren – in de categorie nucleair geneeskundig onderzoek – ook de grootste bijdrage aan de gemiddelde effectieve dosis per inwoner. Naast de cardiovasculaire onderzoeken en

onderzoeken van het bewegingsapparaat dragen ook PET-onderzoeken voor een belangrijk deel bij aan de gemiddelde effectieve dosis per inwoner door nucleair geneeskundige onderzoeken.

8 Veranderingen in de medische stralingsbelasting

8.1 Veranderde stralingsbelasting als gevolg van röntgenonderzoeken (exclusief CT)

De gemiddelde effectieve dosis door intramurale radiologie (exclusief CT) is voor 2010 geschat op 0,37 mSv.



Figuur 12 Overzicht van onderzoeksfrequentie, de gemiddelde effectieve dosis per verrichting en de gemiddelde effectieve jaardosis per inwoner voor verschillende radiologische onderzoeken in 2008, 2009 en 2010

In Figuur 12 zijn de verschillen tussen 2008, 2009 en 2010 te zien. De onderzoeken in de categorie 'overig angiografie' hebben het grootste aandeel in de gemiddelde effectieve dosis per inwoner in alle getoonde jaren. Ook al is het aantal onderzoeken 'overig angiografie' relatief laag, de gemiddelde dosis per onderzoek is hoog, waardoor deze categorie de grootste bijdrage levert aan de gemiddelde effectieve dosis per inwoner per jaar.

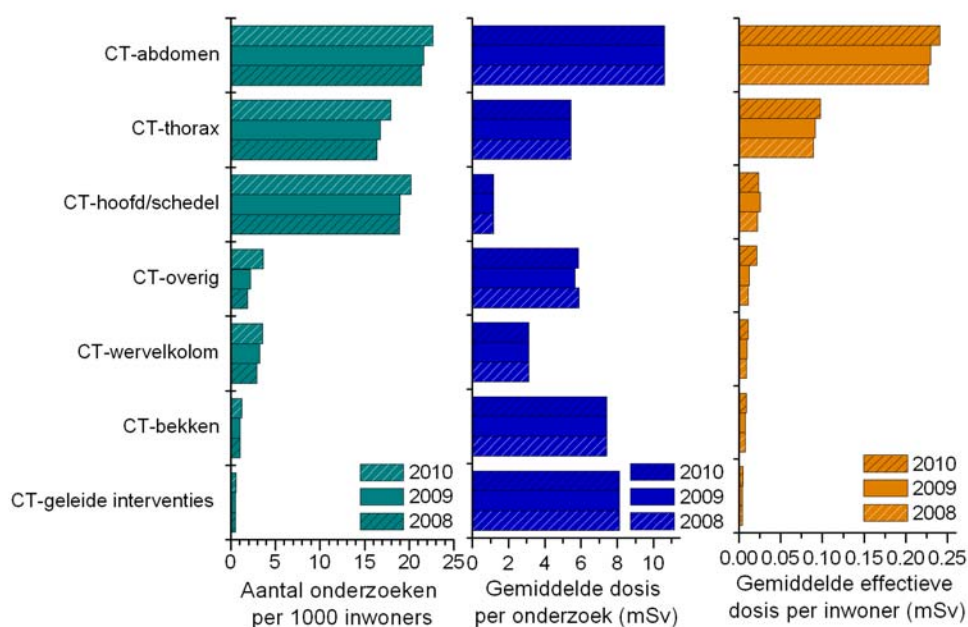
De aantallen coronaire angiografieën en doorlichting/contrastonderzoeken zijn gestegen. De gemiddelde effectieve dosis per categorie is niet gewijzigd en voor alle jaren is gebruikgemaakt van de dosisgegevens uit het Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie⁽¹⁷⁾.

8.2 Veranderde stralingsbelasting als gevolg van Computer Tomografie

De gemiddelde effectieve dosis per inwoner door CT-onderzoeken in 2010 is geschat op 0,41 mSv. De gemiddelde effectieve dosis door CT-onderzoeken was in 2009 0,39 mSv. In Figuur 6 en Figuur 13 is te zien dat deze stijging het gevolg is van het toegenomen aantal onderzoeken. Voor de gemiddelde effectieve dosis per CT-onderzoek is dezelfde dosis gebruikt als in 2002. Alleen de dosis van de categorie 'overig' is iets toegenomen ten opzichte van 2009

omdat dit het, met het aantal verrichtingen gewogen, gemiddelde van de andere categorieën is.

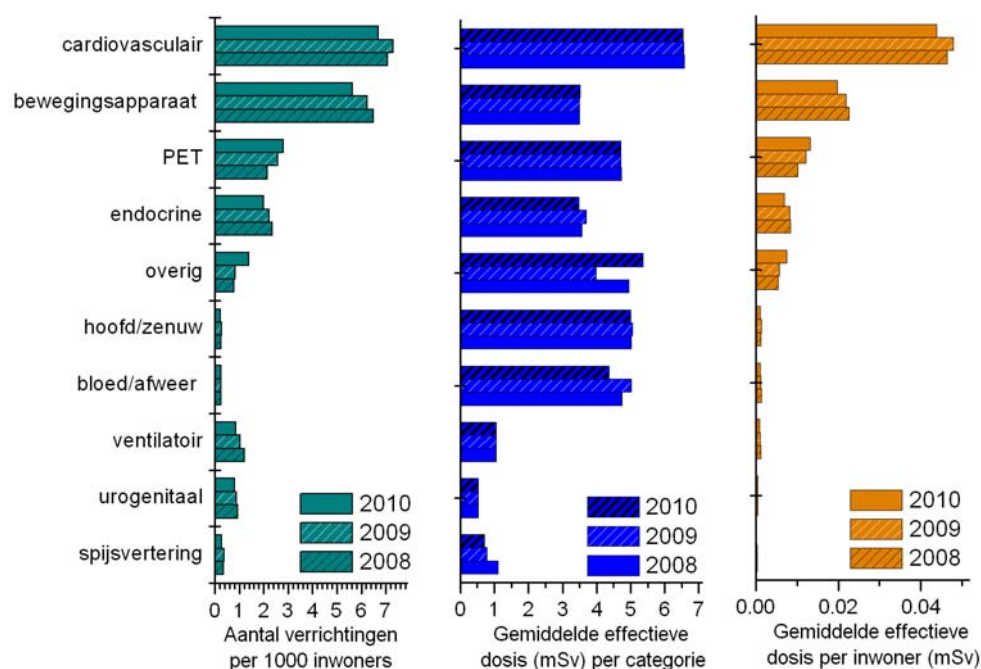
De gegevens van het jaar 2007 toonde voor het eerst dat het aantal CT-abdomenonderzoeken groter was dan het aantal CT-hoofdonderzoeken (Figuur 7). Ook in 2010 is het aantal CT-abdomenonderzoeken het hoogst, het onderzoek dat tevens de hoogste gemiddelde effectieve dosis per onderzoek oplevert. Zowel in 2008, 2009 en 2010 levert CT-abdomen de grootste bijdrage aan de gemiddelde effectieve dosis per inwoner. Doordat de stijging in de aantallen zich vooral concentreert bij de onderzoeken die ook een hoge dosis per onderzoek opleveren, is ook de stijging van de gemiddelde effectieve dosis per inwoner relatief groot.



Figuur 13 Overzicht onderzoeksfrequentie van de verschillende CT-onderzoeken met de gemiddelde effectieve dosis per onderzoek en de gemiddelde effectieve dosis per inwoner in 2008, 2009 en 2010.

8.3 Veranderde stralingsbelasting als gevolg van nucleair geneeskundige onderzoeken

De gemiddelde effectieve dosis per inwoner door nucleair geneeskundige diagnostiek in 2010 is 0,095 mSv. Dit getal is bepaald met de dosisgegevens uit 2008.



Figuur 14 Overzicht van onderzoeksfrequentie, de gemiddelde effectieve dosis per verrichting en de gemiddelde effectieve dosis per inwoner voor verschillende nucleair geneeskundige onderzoeken in 2008, 2009 en 2010.

In Figuur 14 is een overzicht gegeven van het aantal verrichtingen in 2008, 2009 en 2010 en de hieruit voortkomende effectieve dosis per inwoner. De dosisgegevens zijn per verrichting vastgesteld bij de gegevensverzameling van 2008. De gegeven gemiddelde effectieve dosis per categorie onderzoeken is afhankelijk van de frequentieverdeling binnen deze groep verrichtingen en verschilt daarom per jaar.

Het aantal cardiovasculaire onderzoeken is net als voorgaande jaren groot en de cardiovasculaire onderzoeken hebben ook in 2010 de grootste bijdrage aan de gemiddelde effectieve dosis ten gevolge van nucleair geneeskundig onderzoek. De PET- en PET/CT-onderzoeken lijken een zeer belangrijke ontwikkeling in de nucleaire geneeskunde en de mogelijkheden en het gebruik zullen waarschijnlijk de komende jaren blijven toenemen. De ontwikkelingen op dit gebied zullen nauwlettend in de gaten worden gehouden omdat de PET-onderzoeken een belangrijk deel van de gemiddelde effectieve dosis tot gevolg hebben.

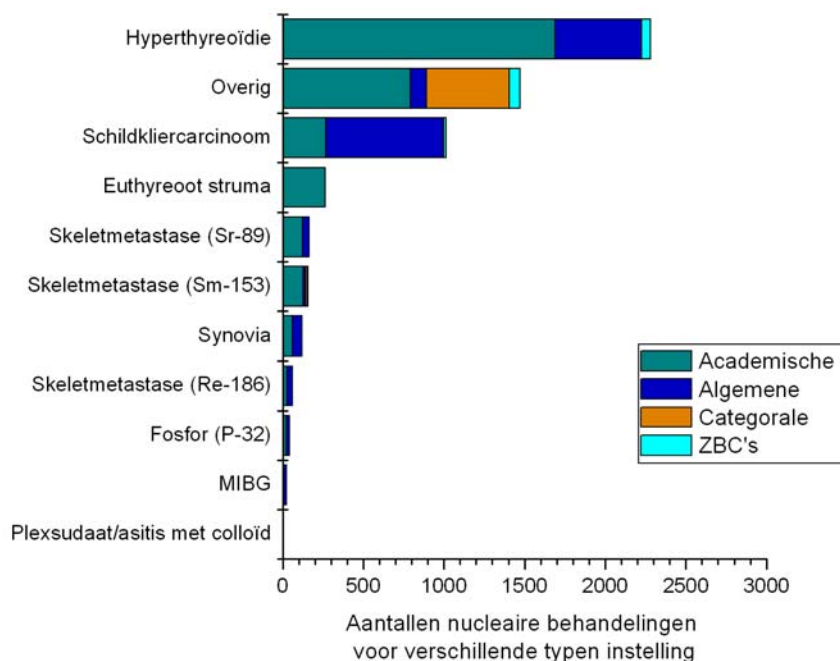
De veranderingen in gemiddelde effectieve dosis in de categorie bloed en afweer worden voornamelijk bepaald door een verschuiving in het aantal leukocytenonderzoeken die een relatief hoge effectieve dosis per verrichting geven.

9 Therapie

Radiotherapie (met toestellen en gesloten bronnen) en nucleair geneeskundige therapie (met open bronnen) maken beide gebruik van ioniserende straling. De stralingsdosis is bedoeld om een therapeutisch effect te bewerkstelligen. Dit is wezenlijk anders dan bij de diagnostiek, waarbij het eventuele schadelijke stralingseffect een bijwerking is van de toepassing. Het overzicht van therapeutische stralingstoepassingen beperkt zich tot de aard en omvang van deze blootstellingen. Conform internationale wetenschappelijke inventarisaties maakt stralingstherapie geen deel uit van de medische stralingsbelasting van de bevolking⁽¹⁾. In dit rapport worden alleen de frequenties van deze verrichtingen gegeven. Omdat voor het jaar 2010 een heel gering aantal ziekenhuizen in de jaarverslagen het aantal radiotherapeutische behandelingen heeft opgenomen is geen nieuwe schatting voor het jaar 2010 gedaan.

9.1 Nucleair geneeskundige therapie

Bij nucleair geneeskundige therapie worden patiënten behandeld door toediening van een radioactieve stof. De in Nederland gangbare therapieën staan beschreven in de aanbevelingen van de NVNG⁽¹⁸⁾, zoals behandeling van skeletmetastasen (Sr-89, Re-186, Sm-153), schildklieraandoeningen (I-131) en radiosynoviorthesis (Y-90, Re-186, Er-169). Andere therapieën zijn behandeling van pleura-exsudaat/ascites met radioactief colloïd, polycythaemia vera met P-32 en neuro-endocriene tumoren (MIBG met I-131). Met het JDZ worden gegevens verzameld over het aantal verrichtingen en de soort therapie.



Figuur 15 Verdeling van nucleair geneeskundige therapieën in 2010.

De meest voorkomende behandeling is de behandeling van de schildklier: hyperthyreoïdie, euthyreoot struma en schildkliercarcinoom. In Figuur 15 is ook te zien dat de behandeling van hyperthyreoïdie veruit het meest wordt uitgevoerd. De acht academische afdelingen doen een relatief groot deel van deze behandelingen. Het totale aantal nucleair geneeskundige therapieën wordt voor 2010 geschat op ongeveer 5600 behandelingen.

10 Onzekerheden

De schatting van 0,89 mSv gemiddelde effectieve dosis per inwoner in 2010 door medische diagnostiek is het resultaat van de combinatie van vele gegevens met diverse onzekerheden. Om de stralingsbelasting als gevolg van medische toepassingen te bepalen, zou het ideaal zijn als het totaal van alle uitgevoerde verrichtingen met de daarbij behorende effectieve dosis bekend zou zijn. Deze gegevens zijn in werkelijkheid niet altijd beschikbaar. Hieronder volgt een beschrijving van enkele onzekerheden bij het maken van de dosisschatting.

Voor de algemene ziekenhuizen die de jaarenquêtes niet hebben ingevuld, moet het aantal verrichtingen worden geschat. Dit gebeurt op basis van de gegevens van de ziekenhuizen die de enquêtes wel hebben ingevuld en het aantal ziekenhuisopnamen van de ziekenhuizen die geen jaarenquête hebben ingevuld.

Door het invullen van de JBD op basis van de College Tarieven Gezondheidszorg coderingen (CTG), die in eerste instantie bedoeld zijn om verrichtingen te declareren bij ziektekostenverzekeraars, vallen soms meerdere uitvoeringen of onderzoeken onder één codering. Het is ook niet duidelijk of er verschillen zijn in het declareren van onderzoeken tussen de verschillende instellingen. Daarbij houdt een aantal academische ziekenhuizen er een ander declaratiesysteem op na die geen gebruikmaakt van de CTG-codering. Zij dienen de enquête in te vullen op basis van de omschrijving van de verrichtingen. Enige onzekerheid over het eenduidig invullen hiervan moet in ogenschouw worden genomen.

De gebruikte dosisgegevens voor de radiologische verrichtingen zijn voornamelijk afkomstig uit het Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie⁽¹⁷⁾, waardoor de dosisgegevens al weer enkele jaren oud zijn. Met de snelle ontwikkelingen in de techniek, onder andere de digitalisering en de multislice CT, is het niet uit te sluiten dat de dosisgegevens niet meer up-to-date zijn voor verschillende verrichtingen.

Verder is het onbekend hoe representatief de dosisgegevens uit het Demonstratieproject voor de gehele Nederlandse praktijk zijn. Academische ziekenhuizen (2 van de 11) waren in het Demonstratieproject sterker vertegenwoordigd dan landelijk (8 van de 96 in 2005, categorale ziekenhuizen niet meegerekend). Vanwege de manier van selectie van de ziekenhuizen die vrijwillig hebben deelgenomen, is het mogelijk dat de dosiswaarden structureel wat lager zijn dan gemiddeld in Nederland, omdat ziekenhuizen met minder aandacht voor stralingsbescherming van de patiënt mogelijk ontbreken. Daarnaast is in het Demonstratieproject de dosis niet voor alle verrichtingen bepaald, waardoor een schatting van de gemiddelde patiëntendosis op basis van andere gegevens nodig was. De dosis per categorie van verrichtingen is een schatting waarbij verschillende dosisgegevens gewogen zijn met het aantal verrichtingen, welke voor de ziekenhuizen uit het Demonstratieproject speciaal zijn opgevraagd in 2002. In de afgelopen jaren kan de verdeling van het aantal specifieke verrichtingen binnen een categorie verschoven zijn.

De invoering van de Diagnose Behandel Combinaties (DBC's) in 2005 voor het declareren van medische handelingen bij ziektekostenverzekeraars kan mogelijk geleid hebben tot wijzigingen in de administratie van ziekenhuizen. Of en hoe de invoering van de DBC van invloed is op het invullen van de JDZ is niet duidelijk, al lijken er geen opvallende veranderingen te zijn opgetreden na 2005 ten opzichte van de voorgaande jaren.

Voor de extramurale verrichtingen zijn schattingen gemaakt voor 2003 (tandheekunde) en 2006 (tbc-screening). Het totaal aantal tandheekkundige verrichtingen is gebaseerd op een steekproef uit de tandartspraktijken⁽¹⁶⁾. Op basis van gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) over het aantal personen dat per jaar een tandarts bezoekt, is het overige deel geschat. Het aantal tbc-screeningen is door het KNCV Tuberculosefonds geschat. Hoe groot de onzekerheid in dit getal is, is niet bekend. De extramurale verrichtingen dragen beperkt bij aan de gemiddelde effectieve dosis per inwoner. Of gegevens over 2010 als deze beschikbaar zouden zijn, een duidelijk verschil zouden maken met de huidige schatting lijkt niet waarschijnlijk, maar is niet geheel uit te sluiten.

11 Conclusies en aanbevelingen

11.1 Conclusies

Op basis van gegevens over de dosis per verrichting uit 2002 en 2008 en de frequenties in 2010, was de stralingsbelasting door medische diagnostiek in 2010 0,89 mSv gemiddeld per inwoner. De belangrijkste bijdragen hierin zijn van CT-onderzoek, 0,41 mSv, intramurale röntgenonderzoeken 0,37 mSv en nucleaire geneeskunde 0,095 mSv. Bij de CT-onderzoeken leveren de CT-buik-onderzoeken de grootste bijdrage aan de dosis. De angiografie-onderzoeken leveren een grote dosisbijdrage bij de radiologische verrichtingen. De bijdrage van nucleair geneeskundige onderzoeken aan de medische stralingsbelasting is 11% in 2010. De cardiovasculaire en skeletonderzoeken zijn de twee belangrijkste onderzoekstypen als gekeken wordt naar de bijdrage aan de dosis binnen de nucleair geneeskundige onderzoeken maar ook de PET- en PET/CT-onderzoeken hebben hierin een belangrijk aandeel.

De medische stralingsbelasting stijgt met ongeveer 7% per jaar sinds 2002. De belangrijkste stijging is die bij de CT-onderzoeken, bijna 9% per jaar sinds 2002. De schatting van deze stralingsbelasting is gebaseerd op de frequentiegegevens over 2010 in combinatie met dosisgegevens uit het Demonstratieproject⁽¹⁷⁾ uit 2002. De stijging van de stralingsbelasting is dus sinds 2002 geheel toe te schrijven aan de stijging van het aantal onderzoeken.

De schatting van de medische stralingsblootstelling is vanaf het jaar 2002 voornamelijk gebaseerd op een combinatie van jaarlijks uitgevraagde frequenties in combinatie met dosisgegevens uit 2002 en 2008. De toename van het aantal onderzoeken is daarmee ook de oorzaak van de toename van de schatting van de stralingsdosis. Om een betere schatting te kunnen maken van deze stralingsdosis is gedurende 2010 en 2011 naast de frequenties ook een onderzoek gehouden naar de dosis per verrichting. De analyse van deze gegevens is nog niet afgerond. In het huidige rapport is de schatting van de stralingsdosis dan ook nog gebaseerd op de dosisgegevens uit 2002 voor radiologische verrichtingen en 2008 voor nucleaire geneeskunde.

11.2 Aanbevelingen

Om een beter inzicht te krijgen in de collectieve dosis ten gevolge van medische blootstelling is er een inventarisatie gedaan naar de benodigde gegevens. Daarvoor is in opdracht van het ministerie van VWS het onderzoek 'Inventarisatie patiëntendosis door radiologisch onderzoek' uitgevoerd door een aantal experts van academische ziekenhuizen en het RIVM. De eerste voorlopige resultaten van de pilotstudie over de CT-onderzoeken zijn bekend. De overige resultaten zullen verder worden geanalyseerd en zullen nieuwe dosisgetallen per verrichting gaan opleveren. Met deze nieuwe inzichten zullen dan nieuwe schattingen van de bevolkingsdosis gemaakt worden. Gezien de ontwikkelingen op het gebied van combinatieonderzoeken, zoals PET/CT, verdient deze groep extra aandacht in de toekomst.

Literatuur

1. Richtlijn 97/43/Euratom van de Raad van 30 juni 1997 betreffende de bescherming van personen tegen de gevaren van ioniserende straling in verband met medische blootstelling en tot intrekking van richtlijn 84/466/Euratom.
2. Publicatieblad Nr. L 180 van 09/07/1997: 0022-0027.
3. Besluit stralingsbescherming; Staatsblad, 2002: 81.
4. Lembrechts J, Brugmans MJP, De Vries LJ. Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen: een definitiestudie. RIVM Rapport 610059007; 2001.
5. Blaauboer RO, Vaas LH, Leenhouts HP. Stralingsbelasting in Nederland in 1988. RIVM Rapport 249103001; 1991.
6. Brugmans MJP, Buijs WCAM, Geleijns J, Lembrechts J. Population exposure to diagnostic use of ionizing Radiation in the Netherlands. Health Phys. 2002; 82(4):500-509.
7. Meeuwssen EJ. Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen: 2006. RIVM Rapport 300081001; 2007.
8. De Waard IR, Stoop P, Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen. Gegevens 2007. RIVM Rapport 300081003; 2009.
9. De Waard IR, Stoop P, Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen. Gegevens 2008. RIVM Rapport 300081005; 2010.
10. De Waard IR., Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen. Gegevens 2009. RIVM Rapport 300081006, 2011.
11. ICRP. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 60; 1991.
12. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103; 2007.
13. Brugmans MJP, Lembrechts J. Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen; een pilotstudie. RIVM Rapport 610059008; 2001.
14. Jaarverslagen screeningsregio's borstkankeronderzoek via www.bevolkingsonderzoekborstkanker.nl; september/oktober 2009.
15. Landelijk Evaluatie Team voor bevolkingsonderzoeken naar Borstkanker. Het elfde evaluatierapport, LETB (XI), Rotterdam; 2005.
16. Nederlandse Maatschappij tot bevordering van der Tandheelkunde. Cijfers van, over en voor tandartsen, Terugkijken en vooruitzien bij tien jaar NMT-Peilstations; 2005.
17. Geleijns K, et al. Demonstratieproject patiëntendosimetrie radiologie. Eindverslag ZonMw project; september 2004.
18. Barneveld PC, Van Urk P (red). Commissie kwaliteitsbevordering van de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde (NVNG). Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde; 2007.
19. Wall B. Radiation Protection No 154. European Guidance on Estimating Population Dose from Medical X-ray Procedures. European Commission; 2008.
20. NCS (Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie) platform voor Radiologie en Nucleaire geneeskunde. Diagnostische Referentieniveaus in Nederland; 2008.
21. NCS (Nederlandse Commissie voor Stralingsdosimetrie) platform voor Radiologie en Nucleaire geneeskunde. Diagnostische Referentieniveaus in Nederland, fase 2; 2009.
22. Meeuwssen EJ. Informatiesysteem Medische Stralingstoepassingen: Aard en omvang 2005. RIVM Rapport 610059010; 2005

23. Nederlandse Vereniging voor Radiologie. Memorad. Jaargang 11, nummer 4. 'Commercie in de Radiologie'; 2006
24. Zoetelief J, et al. Stralingsbelasting bij het bevolkingsonderzoek naar borstkanker in Nederland. Eindrapport CVZ project; 2005.
25. GGD Nederland. Jaarverslag 2006; 2007
26. GGD Rotterdam en omstreken. Jaarverslag TBC-screening 2005; 2006
27. ICRP. Annuals of the ICRP, Radiation dose to Patients from Radiopharmaceuticals, publication 80; 1998.
28. Nederlandse Vereniging voor Radiotherapie en Oncologie, Commissie Actualisatie. Groei met kwaliteit in de radiotherapie, een vooruitblik tot 2015. Utrecht; 2007.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl