

Geislavarnir ríkisins

Icelandic Radiation Protection Institute

Sjúkdómsgreining með röntgengeislun Heildargeislaálag 1996

Guðlaugur Einarsson, yfirröntgentæknir

Tord Walderhaug, eðlisfræðingur

Sigurður M. Magnússon, forstöðumaður

Reykjavík, desember 1999

Efnisyfirlit

EFNISYFIRLIT	1
1. INNGANGUR	2
2. FRAMKVÆMD	3
2.1 FJÖLDI RÖNTGENRANNSÓKNA.....	3
2.2 MAT Á GEISLAÁLAGI.....	5
2.3 MAT Á HÓPGEISLAÁLAGI	9
3. NIÐURSTÖÐUR	10
3.1 ÞRÓUN RANNSÓKNARTÍÐNI	10
3.2 MEÐALGEISLAÁLAG	14
3.3 HÓPGEISLAÁLAG	17
4. UMRÆÐA	22
4.1 FJÖLDI RÖNTGENRANNSÓKNA.....	22
4.2 MEÐALGEISLAÁLAG	22
4.3 HÓPGEISLAÁLAG	25
5. ÁHÆTTUMAT OG SAMANBURÐUR VIÐ NÁTTÚRULEGT GEISLAÁLAG	28
6. SAMANTEKT	29
ÞAKKIR	31
TILVÍSANIR OG HEIMILDIR	32
VIÐAUKI 1. UM FLATARGEISLUN	34
VIÐAUKI 2. VIÐMIÐUNARGILDI FLATARGEISLUNAR	44
VIÐAUKI 3. GRUNNSTÆRÐIR OG MÆLIEININGAR Í GEISLAVÖRNUM	46
RITASKRÁ GEISLAVARNA RÍKISINS	50
NORRÆN GEISLAVARNA RIT	51

1. Inngangur

Notkun röntgengeislunar við sjúkdómsgreiningu hefur í áratugi verið einn mikilvægasti þátturinn í læknisfræðilegri myndgreiningu. Þessi þáttur hefur einnig verið talinn vega þyngst í geislaálagi (effective dose, E) íslensku þjóðarinnar vegna notkunar jónandi geislunar. Ein grundvallarleiðbeining Alþjóðageislavarnaráðsins (International Commission on Radiological Protection (ICRP)) er að halda skuli allri geislun eins lágri og frekast er unnt, með tilliti til aðstæðna og er ráðlagt að fram fari úttekt á umfangi notkunar jónandi geislunar í læknisfræði á a.m.k. fimm ára fresti og að hópgeislaálag (collective effective dose, S) sé metið⁽¹⁾. Með samanburði við aðrar þjóðir má meta stöðu okkar í þessum efnum og stuðla að úrbótum þar sem þörfin er mest og raunhæft er að ná marktækum árangri. Í tilskipun Evrópusambandsins um öryggi einstaklinga vegna hættu af jónandi geislun í tengslum við notkun í læknisfræði segir að aðildarríkin eigi reglulega að leggja mat á hópgeislaálag þjóðarinnar vegna notkunar jónandi geislunar í læknisfræði⁽²⁾.

Með þessari skýrslu er að ljúka umfangsmiklu verkefni Geislavarna ríkisins, sem hefur það markmið að meta hópgeislaálag íslensku þjóðarinnar vegna notkunar röntgengeislunar við sjúkdómsgreiningu. Þetta er í fyrsta skiptið sem svona viðamikil rannsókn á þessum þætti fer fram hér á landi. Niðurstöður fyrri áfanga í þessu verkefni hafa birst áður og ber þar fyrst að nefna skýrslu um geislaálag vegna brjóstamyndatöku sem kom út árið 1993⁽³⁾. Árið 1994 var birt skýrsla um meðalgeislaálag vegna notkunar röntgengeislunar við almennar tannlækningar⁽⁴⁾ og árið 1996 vegna notkunar sérhæfðra tannröntgentækja⁽⁵⁾. Árið 1996 var einnig birt skýrsla um geislaálag vegna almennra röntgenrannsókna⁽⁶⁾ og árið 1997 vegna tölvusneiðmyndataekja⁽⁷⁾. Áður hefur verið lagt mat á geislaálag vegna tannröntgenrannsókna árið 1972⁽⁸⁾ og tiltekinn röntgenrannsókna árið 1980 til 1983⁽⁹⁾.

Í þessari skýrslu eru gögn frá ofangreindum rannsóknum dregin saman, bætt við niðurstöðum nýrra mælinga fyrir einstaka staði og lagt mat á hópgeislaálag þjóðarinnar vegna notkunar jónandi geislunar í læknisfræðilegri myndgreiningu og miðað við árið 1996.

2. Framkvæmd

2.1 Fjöldi röntgenrannsókna

2.1.1 Almennar röntgenrannsóknir

Á árunum frá 1990 til dagsins í dag hefur röntgenbúnaður verið í notkun á um það bil 54 heilbrigðisstofnunum víðsvegar um landið (þar af á 5 einkareknum lækna stofnum) og á um 300 tannlækna stofnum. Þessi fjöldi er mjög stöðugur á milli ára þar sem fáir nýjir staðir bætast við og helst það yfirleitt í hendur að sé hafin notkun á nýjum stað, þá er notkun hætt á öðrum. Vorið 1994 sendu Geislavarnir ríkisins út beiðni til skráðra notenda röntgenbúnaðar, þar sem farið var fram á upplýsingar um fjölda framkvæmdra röntgenrannsókna á árinu 1993, ásamt sundurliðun miðað við aldur og kyn sjúklinga og dreifingu rannsókna í einstaka flokka miðað við það flokkunarkerfi sem notað er á stærri sjúkrahúsunum. Í aðeins einu tilfelli fengust gögn á tölvutæku formi, en annars var notast við sérstök eyðublöð sem stofnunin útbjó.

Fljótlega kom í ljós að skráningu röntgenrannsókna er mjög víða ábótavant og framkvæmd með þeim hætti að nær útilokað er að fá upplýsingar án mikillar fyrirhafnar. Á mörgum minni stöðum reyndist ómögulegt að fá þessa vinnu framkvæmda og þaðan fengust eingöngu upplýsingar um heildarfjölda og í mesta lagi sundurliðun eftir rannsóknarflokkum. Á mörgum minni stöðum eru röntgenrannsóknir þannig skráðar að þær eru færðar í stílabók eða kladda, þar sem fram kemur dagsetning rannsóknar, nafn sjúklings, kennitala og tegund rannsóknar. Á nokkrum minnstu stöðunum eru rannsóknirnar alls ekki skráðar. Það er eingöngu á Sjúkrahúsi Reykjavíkur (Borgarspítala og Landakotsspítala), Landspítala, Fjórðungssjúkrahúsinu Akureyri, Læknisfræðilegri Myndgreiningu (Röntgen Domus Medica) og nokkrum heilsugæslustöðvum, að notuð eru tölvuskráningarkerfi þar sem skráð eru greiningarnúmer og hver rannsókn hefur sitt eigið kóðanúmer. Niðurstöður könnunarinnar 1994 ásamt samanburði við fyrri kannanir voru birtar árið 1995 í Læknablaðinu⁽¹⁰⁾.

2.1.2 Tölvusneiðmyndarannsóknir

Með könnuninni 1994 fékkst gott yfirlit um fjölda TS-rannsókna frá upphafi, en slík tæki eru í notkun á stöðum þar sem skráning rannsókna er góð. Þegar mælingar á geislaálagi í TS-tækjunum fóru fram árið 1997 og framkvæmd einstakra rannsókna var skoðuð, var einnig safnað saman upplýsingum um fjölda þessara rannsókna fyrir árin 1994 til 1996⁽⁷⁾.

2.1.3 Brjóstarrannsóknir

Fjöldi brjóstarrannsókna (Mammógrafía) fékkst úr ársskýrslum Krabbameinsfélags Íslands. Röntgenrannsóknir á brjóstum eru framkvæmdar á þremur stöðum á landinu: Á röntgendeild Krabbameinsfélaga Íslands, en þar er um að ræða bæði klínískar rannsóknir og hópskoðunarrannsóknir, á röntgendeild Fjórðungs-sjúkrahússins á Akureyri (FSA), aðallega hópskoðunarrannsóknir og nýlega á handlæknissviði Landspítala, en þar er eingöngu um að ræða klínískar rannsóknir og tiltölulega fáar. Á árinu 1993 voru framkvæmdar 13,163 rannsóknir á brjóstum hjá FSA og Krabbameinsfélagi Íslands og voru um 12,880 af þeim gerðar við hópskoðun út um allt land og 283 klínískar rannsóknir.

2.1.3 Tannröntgenrannsóknir

Fjöldi tannröntgenrannsókna er áætlaður út frá upplýsingum sem fengust með pósteftirliti með tannröntgentækjum á árunum 1992 til 1993⁽⁴⁾. Þá var gert sérstakt mælingaráttak í tengslum við reglubundið eftirlit með tannröntgentækjum, þar sem öllum tannlæknum á landinu var sent sérstakt mælispjald og könnunareyðublað, þar sem óskað var upplýsinga um fjölda sjúklinga á ári og fjölda rannsókna á hverjum sjúklingi.

2.2 Mat á geislaálagi

2.2.1 Almennar röntgenrannsóknir

Haustið 1993 hófst svokallað “Diamentor” verkefni, nefnt eftir þeim mælíbúnaði sem notaður var, þ.e. Diamentor M2 mælitæki frá fyrirtækinu Physikalisch-Technische Werkstätten, Freiburg (PTW) í Þýskalandi. Hér er um að ræða tölvutengdan búnað sem mælir flatargeislun ($\text{mGy}\cdot\text{cm}^2$) við framkvæmd rannsókna, skráir upplýsingar um sjúklinginn og önnur mæligögn er lýsa framkvæmd rannsóknarinnar. Við skráninguna var notaður sérstakur hugbúnaður sem þróaður hefur verið hjá Geislavörnum.

Gerðar voru geislaælingar við framkvæmd röntgenrannsókna á öllum stærri sjúkrahúsum landsins ásamt mörgum smærri röntgendeildum. Alls hafa verið gerðar tæplega 4600 mælingar á 14 sjúkrahúsum (28 röntgenstofum) til ársloka 1998. Í töflu 1 eru upplýsingar um mælingarnar, hvenær og hversu margar mælingar voru gerðar á einstökum stöðum, svo og á hvaða stofum mælt var (þar sem það á við).

Tafla 1. Diamentor mælingar á tímabilinu 1994 - 1998

Nr	Staður (stofu númer)	Tímabil	Fjöldi mælinga
1	Landspítalinn (2 – 4 – 5)	febrúar – maí 1994	413
2	St. Jósefsspítali Hafnarfirði	maí – júní 1995	205
3	Borgarspítalinn (2 – 4 – 7)	september '94 – janúar '95	244
4	Fjórðungssjúkrahúsið Akureyri (1-3-7)	september – desember '95	447
5	Sjúkrahúsið Húsavík	desember '95 – mars '96	287
6	Fjórðungssjúkrahúsið Ísafirði	febrúar – mars 1996	280
7	Sjúkrahúsið Sauðárkróki	mars – júní 1996	350
8	Sjúkrahúsið Akranesi	apríl – júní 1996	390
9	Sjúkrahús Suðurlands, Selfossi	apríl – júní 1996	312
10	Landakotsspítala (1 – 2)	júní – nóvember '96	394
11	Landspítalinn (12)	september – október 1996	75
12	Sjúkrahús Suðurnesja, Keflavík	október – desember '96	258
13	Sjúkrahús Vestmannaeyja	desember '96 – febrúar '97	368
14	Röntgen Domus Medica (1-2)	desember '96 – febrúar '97	153
15	Borgarspítalinn (5 – 6)	maí – ágúst '97	100
16	Fjórðungssjúkrahúsið Neskaupstað	nóvember '97 – febrúar '98	83
17	Borgarspítalinn (2)	maí – ágúst '98	15
18	Landspítalinn (1)	maí '98 – febrúar '99	214
Samtals:			4588

Framkvæmd mælinganna grundvallaðist á góðu samstarfi við starfsfólk á hverjum stað og áhugi þeirra á verkefninu var mikill. Við upphaf röntgenrannsóknar þarf að slá inn í tölvu nokkrar upplýsingar, bæði um rannsóknina og sjúklinginn. Eftir að starfsmaður hefur

vanist þessum innslætti, tekur hann ekki meira en 1- 2 mínútur fyrir hvern sjúkling. Á stærri sjúkrahúsunum voru mælingarnar gerðar í 1-2 mánuði við hvert röntgentæki. Á þeim tíma næst að skrá nægilega margar rannsóknir til þess að geta metið geislaálag fyrir geislaþyngstu rannsóknirnar sem þar eru framkvæmdar. Á sumum stöðum var ákveðið fyrirfram hvaða rannsóknir yrðu mældar og hve margar. Á nokkrum minni stöðum þar sem umfang starfseminnar er í minna lagi stóðu mælingarnar í allt að 3 mánuði. Skráningarforritið safnar gögnum úr einstökum rannsóknum og greinir á milli geislunar frá tveimur röntgenlömpum í sömu rannsókn, ásamt því að greina hvort um er að ræða skyggningu eða myndatöku og reiknar hvað skyggnitími er langur.

Geislaálag sjúklinga vegna röntgenrannsókna byggist á mælingum á svonefndri flatargeislun, **KAP**, (Kerma Area Product). Flatargeislun er skilgreind með eftirfarandi jöfnu :

$$F = \int_A K_A \cdot dA$$

þar sem **A** er stærð geislasviðs sem notað er hverju sinni og **K_A** er geislaskammtur í lofti. Ef **K_A** er fasti, þ.e. geislunin er einsleit í plani hornrétt á geislastefnuna, einfaldast jafnan í eftirfarandi:

$$F = K_A \cdot A$$

Flatargeislun er því margfeldi geislaskammts í lofti og stærð geislasviðsins og hefur eininguna Gy•cm². Strangt tiltekið gildir síðari jafnan ekki, aðallega vegna hælhrifa í röntgensviðinu, en hún er hins vegar góð nálgun. Geislaálag sjúklinga (E) í mSv er síðan metið með því að tengja flatargeislun við vægisstuðla ICRP (sjá nánar í viðauka 1) og notkun breytistuðla:

$$E = F \cdot \text{Breytistuðull}$$

Stuðst var við breytistuðla frá National Radiation Protection Board (NRPB) í Bretlandi, sem hefur birt stuðla fyrir 68 mismunandi innstillingar og fyrir 9 samfelldar röntgenrannsóknir⁽¹¹⁾. Valdir voru stuðlar sem samsvara tókugildum sem notuð eru hérlendis, þ.e. stillt háspenna (kV), stærð geislasviðs, ál-síun röntgenlampa og því líkamssvæði sem verið er að rannsaka. Breytistuðull hefur eininguna: **mSv/Gy•cm²**.

2.2.2 Tölvusneiðmyndarannsóknir

Til þess að meta geislaálag sjúklinga við tölvusneiðmyndarannsóknir (TS-rannsóknir) fóru fram mælingar árið 1997 í öllum 5 TS-tækjum landsins. Samhliða var safnað gögnum um fjölda og framkvæmd einstakra rannsókna á hverjum stað. Geislaálag var metið við 9 algengustu TS-rannsóknirnar, sem svarar til um 90% af öllum framkvæmdum TS-rannsóknum á landinu árið 1996⁽⁷⁾. Notuð var aðferð sem þróuð hefur verið á sænsku geislavarnastofnuninni, SSI (Statens Strålskyddsinstitut)⁽¹²⁾ og felst í því að mæla svokallaðan handhægan TS-geislustuðul (PCTDI = **P**actical **C**omputed **T**omography **D**ose **I**ndex) með 100 mm löngu jónunarhylki í plexiglerlíkani, einu sem líkir eftir höfði meðalsjúklings, og öðru sem líkir eftir bók hans. Út frá mælingum á þessum geislustuðli er meðalgeislaálag sjúklinga við framkvæmd helstu rannsókna metið.

$$PCTDI = \frac{1}{d} \int_{-50}^{+50} D(x) dx$$

PCTDI er heildi yfir þá geislun (D) sem mælist með 100 mm löngu, kvörðuðu jónunarhylki, deilt með þeirri sneiðþykkt (d) sem er notuð. Út frá mældu PCTDI er meðalgeislaskammtur (D_{AVG}) í hverri sneið reiknaður sem fall af tókugildum, samkvæmt:

$$D_{AVG} = \frac{1}{3} PCTDI_C + \frac{2}{3} PCTDI_P$$

Þar sem $PCTDI_C$ er handhægur TS-geislustuðull í miðju plexiglerlíkani og $PCTDI_P$ er handhægur TS-geislustuðull í jaðri líkansins. Geislustuðullinn hefur eininguna Gy•mm. Vægisstuðlar ICRP hafa síðan verið einfaldaðir, þannig að aðeins eru notaðir 4 fyrir mismunandi svæði líkamans, þ.e. fyrir höfuðsvæðið, hálssvæði, búksvæði og útlími. Geislaálag sjúklingsins ($E_{(A,d)}$), fyrir tiltekið svæði á líkamanum (A) og ákveðna sneiðþykkt (d), er síðan reiknað út samkvæmt:

$$E_{(A,d)} = D_{AVG} \cdot d \cdot w_A \cdot \left(\frac{1}{L_A} \right)$$

Þar sem w_A er einingarlaus vægisstuðull geislaálagsins fyrir viðkomandi líkamssvæði, L_A er lengd viðkomandi líkamssvæðis (í mm) og d er sneiðþykktin sem notuð er (í mm)⁽¹²⁾. Geislaálag sjúklings ræðst því af því hvaða svæði líkamans er verið að skoða, hvaða

tökugildi eru notuð (kV og mAs) og hve stórt rúmmál er geislað. Eftir að TS-geislustuðullinn hefur verið mældur geta notendur reiknað á einfaldan hátt geislaálag rannsókna miðað við þann framgangsmáta sem notaður er og séð hvernig geislaálag breytist við það að breyta einstökum þáttum eins og stilltum mAs, sneiðþykkt, þéttleika sneiða ofl..

2.2.3 Röntgenrannsóknir á brjóstum

Við rannsóknir á brjóstum er notaður mjög sérhæfður röntgenbúnaður, sem hefur verið kvarðaður við uppsetningu af starfsmönnum Geislavarnir ríkisins. Búnaðurinn er tengdur við tölvu, þannig að við hverja rannsókn eru skráðar í sérstakan gagnagrunn, upplýsingar um tökugildi og geislaskammt sjúklings⁽³⁾. Geislaskammturinn er gefinn upp sem meðalgeislaskammtur kirtilvefs brjóstisins (average glandular tissue dose)(einingin er Gy). Skráning í þennan gagnagrunn er hluti af gæðaeftirlit staðarins til þess að skoða hvernig tökugildi og geislaskammtur breytist með tíma. Í tengslum við eftirlit og úttektir á þessum röntgentækjum eru kvarðanir á geislaskömmtum yfirfarnar.

2.2.4 Tannröntgenrannsóknir

Á árunum 1991 - 1993 var gert sérstakt mælingaráttak í tengslum við reglubundið eftirlit með tannröntgentækjum, þar sem öllum tannlæknum á landinu var sent sérstakt mælispjald og könnunareyðublað. Mælispjaldið var sett saman úr iðnaðarfilmu og á hana límdar TLD-geislaflögur (TLD = Thermo Lumeniscence Dosimeter). Tannlæknar geisluðu á þetta mælispjald með þeirri geislun sem þeir nota á "bitewing" rannsókn sem er mjög algeng rannsókn hjá tannlæknum. Þannig fengust upplýsingar um stærð geislasviðs og geislaskammt við staðlaða algenga tannröntgenrannsókn. Könnunareyðublaðið gaf síðan upplýsingar um fjölda röntgenmynda á sjúkling og fjöldi sjúklunga.

2.3 Mat á hópgeislaálagi

Hópgeislaálag (Collective effective dose, S) er mat á heildaráhættu tiltekins hóps eða þjóðfélagsins í heild af völdum geislunar. Hópgeislaálag er skilgreint sem meðalgeislaálag einstaklinga í hópnum margfaldað með heildarfjölda einstaklinga. Eining fyrir hópgeislaálag er mannsívert (manSv), sjá einnig viðauka 3.

Hópgeislaálag vegna notkunar röntgengeislunar við sjúkdómsgreiningu er reiknað í samræmi við eftirfarandi jöfnu ICRP⁽¹⁾:

$$S = \sum_i E_i \cdot N_i$$

þar sem E_i er meðalgeislaálag vegna ákveðinna rannsókna eða rannsóknaflokka og N_i er fjöldi þeirra rannsókna sem framkvæmdar eru.

Fjöldi almennra röntgenrannsókna miðast við þau gögn sem safnað var árið 1994 vegna röntgenrannsókna árið 1993 og verða þær tölur, ásamt upplýsingum um þróun á tíðni röntgenrannsókna árin þar á undan, notaðar til þess að áætla fjölda þessara rannsókna árið 1996. Fjöldi tölvusneiðmyndarannsókna og dreifing þeirra á einstakar rannsóknartegundir miðast við árið 1996. Fjöldi tannröntgenrannsókna miðast við árin 1991-1993 og er fjöldi þeirra árið 1996 áætlaður út frá þeim gögnum. Fjöldi brjóstarrannsókna miðast við árið 1996. Með því að meta meðalgeislaálag fyrir hvern flokk rannsókna og fjölda rannsókna í hverjum flokki, er hægt að áætla heildargeislaálag vegna allra röntgenrannsókna fyrir árið 1996.

3. Niðurstöður

3.1 Þróun rannsóknartíðni

3.1.1 Almennar röntgenrannsóknir

Fjöldi röntgenrannsókna hefur verið kannaður frekar óreglulega af ýmsum aðilum undanfarin rúm tuttugu ár. Fjöldun röntgenrannsókna á milli tímabila er mjög breytileg eða um 0,4 – 5,7 % á ári, á meðan hafa allar myndgreiningarrannsóknir (þ.e. röntgenrannsóknir, ísótópa-, ómunar- og segulómunarrannsóknir) aukist um 3,6% á ári á þessu tímabili⁽¹⁰⁾. Í töflu 2 er sýndur fjöldi röntgenrannsókna á tímabilinu 1977 til 1993, þar sem fram kemur hver aukning allra röntgenrannsókna á milli þessara ára er og reiknuð meðalaukning. Þá kemur fram fjöldi TS rannsókna og þróun þeirra frá því að notkun TS-tækja hófst.

Tafla 2. Fjöldi röntgenrannsókna á Íslandi 1977, 1979, 1984, 1987 og 1993*

	<i>1977</i>	<i>1979</i>	<i>1984</i>	<i>1987</i>	<i>1993</i>
Fjöldi röntgenrannsókna, án TS-rannsókna	116.600	120.781	129.766	152.002	147.399
Breyting á milli talningar tímabila		4.181	8.985	22.236	-4.603
Meðalbreyting í fjölda á ári		2.091	1.797	7.412	-767
Meðalbreyting á ári (%)		<i>1,8%</i>	<i>1,5%</i>	<i>5,7%</i>	<i>-0,5%</i>
Heildarfjöldi TS-rannsókna við hverja talningu **			4.384	5.277	13.312
Breyting í fjölda á milli tímabila				893	8.035
Meðalbreyting í fjölda á ári				298	1.339
Meðalbreyting á ári (%)				<i>6,8%</i>	<i>25,4%</i>
<i>Heildarfjöldi rannsókna</i>	116.600	120.781	134.150	157.279	160.711
Breyting á milli tímabila		4.181	13.369	23.129	3.432
Meðalbreyting á ári frá síðustu talningu		2.091	2.674	7.710	572
Meðalbreyting á ári (%)		<i>1,8%</i>	<i>2,2%</i>	<i>5,7%</i>	<i>0,4%</i>

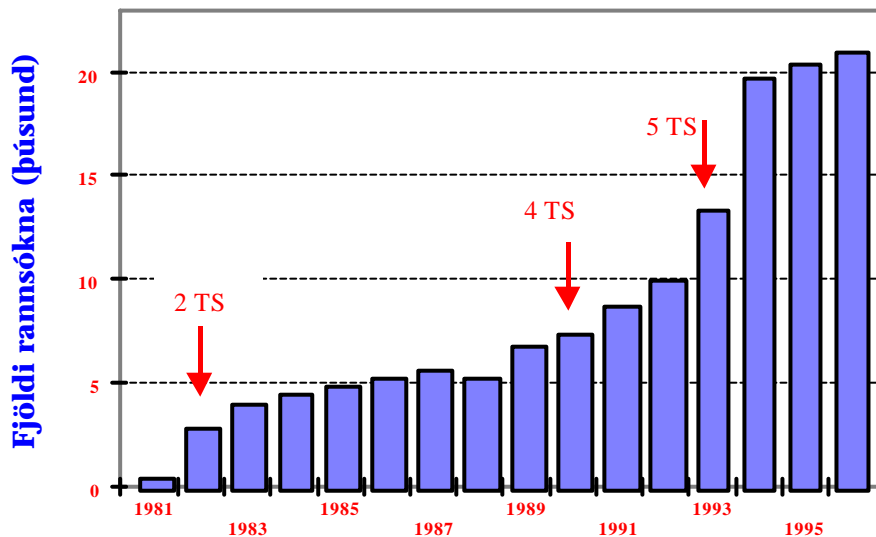
* Ekki er talinn með fjöldi vegna notkunar í tannlækningum, vegna ómunar eða vegna segulómunar

** Notkun TS-tækja hófst árið 1981

Á milli áráanna 1987 og 1993 virðist fjöldi almennra röntgenrannsókna standa í stað og þeim jafnvel fækka, á meðan mikil aukning er í fjölda TS-rannsókna. Meðalaukning TS-rannsókna á ári, á milli 1987 og 1993 eru 25,4%, en á móti kemur 0,5% fækkun almennra röntgenrannsókna á sama tímabili. Heildaraukningin er 0,4% fyrir allar röntgenrannsóknir á þessu tímabili.

3.1.2 Tölvusneiðmyndarannsóknir

Á mynd 1 má sjá þróun í rannsóknartíðni TS-rannsókna, en fjöldi rannsóknanna hefur vaxið ár frá ári á milli áráanna 1981 og 1996, en þá var fjöldi þeirra kominn í 20.747 rannsóknir.



Mynd 1. Þróun TS-rannsókna 1981-96 og fjöldi TS-tækja

Fjöldi TS-tækja á mynd 1, miðast við þau tæki sem eru í notkun á hverjum tíma. Fyrsta TS-tækið á Íslandi var sett upp haustið 1981 og ári síðar var annað. Fyrsta tækið var síðan endurnýjað árið 1988. Árið 1990 bætist þriðja tækið við (3) og ári síðar það fjórða. Tæki númer 2 (1982) var endurnýjað árið 1992 og fimmta tækið var sett upp árið 1993 (spíral-tæki). Síðan þá hafa tvö þessar tækja verið endurnýjuð. TS-rannsóknir tvöfaldast á um það bil 5 ára fresti, fyrst milli 1982 til 1986, síðan milli 1988 til 1992 og aftur milli 1992 til 1995. Á árunum 1982 til 1990 voru tvö TS-tæki í notkun en þeim fjölgaði í 4 árið 1990, 5 árið 1993 (þá kemur fyrsta spíral TS-tækið til sögunnar).

3.1.3 Brjóstarrannsóknir

Hópskoðun vegna brjóstakrabbameins hófst á Íslandi árið 1987 og í töflu 3 sést þróun á rannsóknartíðni allt til ársins 1996. Mest aukning er í upphafi hópskoðunar og fjöldi hefur verið nokkuð stöðugur allt tímabilið til 1996, um 13.800 að meðaltali. Á árinu 1993 voru framkvæmdar 13,155 rannsóknir á brjóstum hjá Fjórðungssjúkrahúsinu á Akureyri og Krabbameinsfélagi Íslands. Af þeim voru um 12,880 gerðar við hópskoðun út um allt land og 283 voru klínískar rannsóknir⁽¹³⁾.

Ár	Fjöldi rannsókna	Breyting %
1987	3.980	
1988	12.309	209
1989	14.787	20
1990	13.746	-7
1991	14.186	3
1992	14.549	3
1993	13.155	-10
1994	13.686	4
1995	13.761	1
1996	14.154	3

3.1.4 Tannröntgenrannsóknir

Upplýsingar fengust um fjölda sjúklinga og fjölda tekinna mynda fyrir 308 tannröntgentæki á árunum 1991-93 og reyndust myndatökur vera 344,960 eða 1308 myndatökur á hverja 1000 íbúa á ári. Miðað við að fjöldi tannröntgentækja hefur haldist nokkuð stöðugur frá þessu tímabili til dagsins í dag, er gert ráð fyrir því að fjöldi þessara rannsókna hafi ekki breyst umtalsvert til ársins 1996.

3.1.5 Samantekt

Í töflu 4 er sýnd skipting myndgreiningarrannsókna á Íslandi árið 1993, milli rannsóknarflokka og hlutfall hvers flokks af heildarfjöldanum. Upplýsingar um fjölda og skiptingu rannsókna í flokka voru mjög mismunandi frá einstökum stöðum og því eru um 14% rannsókna án flokkaskiptingar (óskilgreint).

Tafla 4. Skipting myndgreiningarrannsókna á Íslandi árið 1993 í flokka

<i>Rannsóknarflokkar</i>	<i>Fjöldi</i>	<i>Fjöldi rannsókna á 1000 íbúa</i>	<i>Hlutfall af öllum röntgen- rannsóknum (%)</i>
Lungnarannsóknir	39.655	150	24,7
Hryggir	10.506	40	6,5
Þvagfæri	3.999	15	2,5
Meltingarfæri	3.908	15	2,4
Kviðarholsyfirlit	2.769	11	1,7
Útlimir	49.774	189	31,0
Taugakerfi	598	2	0,4
Tölvusneiðmyndarannsóknir	13.368	51	8,3
Brjóst (Hópskoðun)	13.163	50	8,2
Óskilgreint	22.971	-	14,3
Röntgenrannsóknir samtals :	160.711	609	

Í töflu 5 er gerður samanburður á fjölda rannsókna í einstökum flokkum, á milli árána 1987 og 1993. Þar sést sú breyting sem orðið hefur í tíðni rannsókna innan einstakra flokka.

Tafla 5. Breyting á fjölda röntgenrannsókna á milli 1987 og 1993

<i>Rannsóknarflokkar</i>	<i>Fjöldi 1987</i>	<i>Fjöldi 1993</i>	<i>Breyting %</i>
Lungnarannsóknir	46.167	39.655	-14,1
Hryggir	10.155	10.506	3,5
Þvagfæri	3.734	3.999	7,1
Meltingarfæri	5.097	3.908	-23,3
Kviðarholsyfirlit	2.283	2.769	21,3
Útlimir	55.123	49.774	-9,7
Taugakerfi	528	598	13,3
Óskilgreint	24.255	22.971	-5,3
Tölvusneiðmyndir	5.277	13.368	153,3
Brjóst (Hópskoðun)	4.660	13.163	182,5
Samtals :	157.279	160.711	2,2

Við mat á geislaálagi fyrir árið 1996 verður stuðst við fjölda almennra rannsókna árið 1993 og notaðar sömu fjölda tölur, nema fyrir TS-rannsóknir og brjóstarrannsóknir þar sem sannanlega er um fjölgun að ræða í þessum rannsóknarflokkum á milli tímabila. Rannsóknarfjöldi árið 1996 er þá áætlaður samtals **169.081**, þar af voru 20.747 TS-rannsóknir í stað 13.368 árið 1993 og 14.154 brjóstarrannsóknir en 13.155 árið 1993.

3.2 Meðalgeislaálag

3.2.1 Almennar röntgenrannsóknir

Í töflu 6 er sýnt meðalgeislaálag þeirra röntgenrannsókna þar sem mæld var flatargeislun, ásamt upplýsingum um meðalfjölda mynda í hverri rannsókn, meðalháspennu (stillta), meðalflatargeislun og breytistuðull fyrir geislaálag. Um er að ræða vegið meðalgeislaálag, sem byggist á mælingum á flatargeislun við þessar rannsóknir. Mælingarnar voru gerða á 14 röntgendeildum og náðu til 28 mismunandi röntgentækja (sjá einnig töflu 1). Einnig er sýnt svið (range) flatargeislunar og sést þar hvað mikil dreifing er á flatargeislun fyrir sömu rannsóknina. Taflan er röðuð eftir meðalgeislaálagi.

Tafla 6. Meðalgeislaálag röntgenrannsóknna, ásamt upplýsingum um stillta háspennu, fjölda mynda, meðalflatargeislun, svið og breytistuðul fyrir geislaálag

Rannsókn	Meðal- háspenna (kV)	Meðal- fjöldi mynda	Meðal- flatargeislun Gycm ²	Svið (Range) Gycm ²		Breyti- stuðull mSv/Gycm ²	Meðal- geislaálag (mSv)
				Min.	Max		
Ristill - tvíkontrast	99,1	15,4	56,6	1,50	204,70	0,21	11,88
MUCG	74,3	11,0	34,5	2,30	51,90	0,31	10,70
Ristill - einkontrast	115	13,0	35,2	11,15	87,48	0,23	8,10
Magi - passage	106,2	14,4	37,8	0,64	187,59	0,20	7,56
Vél.-magi-skeifugörn	105,3	9,8	28,9	6,10	105,90	0,20	5,78
Magi - skeifugörn	103	9,0	24,0	3,10	66,20	0,20	4,80
Lumbal-Myelografía	80,8	14,0	29,8	7,14	91,71	0,16	4,72
ERCP	79,5	7,5	22,1	0,10	100,60	0,20	4,41
Æðapræðingar			21,1	6,70	122,00	0,20	4,20
Nýrnarannsókn	71,9	11,2	18,2	0,77	64,80	0,19	3,50
Cystografía	72,5	9,0	9,9	6,80	13,10	0,31	3,08
Grindarmál	82,9	2,1	8,6	0,35	39,10	0,30	2,59
Salphingografía	70,7	5,0	7,7	3,80	14,00	0,31	2,40
Th - Lumbal -Sacral	73,4	6,9	15,2	2,00	85,95	0,15	2,23
Mjóhryggur	72,9	4,6	12,9	0,20	97,57	0,16	2,04
Vélinda	101,3	8,5	7,9	0,90	21,10	0,20	1,58
Kviðarholsyfirlit	76,1	3,2	6,1	0,15	40,02	0,220	1,35
Þvagfærayfirlit	72,5	3,8	6,3	0,37	34,63	0,21	1,33
Phlebografía	76,6	10,1	24,6	0,00	0,00	0,03	0,74
Mjaðmagrind	73,7	1,4	3,4	0,10	24,60	0,21	0,72
Brjósthryggur	70,6	2,9	5,2	0,29	18,54	0,14	0,71
Báðar mjaðmir	70,8	4,4	3,7	0,40	8,50	0,17	0,65
H. eða V. mjöðm	70,6	2,6	2,5	0,04	12,40	0,17	0,43
Arthrografía af öxl	67,9	13,9	4,8	2,09	8,92	0,04	0,17
Háls hryggur	69	5,8	1,0	0,05	3,60	0,16	0,17
Arthrografía af hné	62	19,0	3,5	1,30	8,40	0,05	0,15
Lungu	121,8	2,2	0,6	0,01	5,44	0,18	0,10
Lærleggur	69,6	3,2	2,6	0,30	9,10	0,03	0,08
Höfuðkúpa	71,6	3,8	2,0	0,20	4,32	0,028	0,050
Höfuð-Annað	63,3	3,7	1,7	0,30	3,30	0,028	0,050
Viðbein/Rif/Bringubein	72,3	2,5	1,3	0,15	4,90	0,033	0,044
Sínusar	70,9	3,3	1,4	0,10	7,30	0,028	0,040
Öxl / upphandleggur	64,4	3,9	1,0	0,02	7,01	0,035	0,033
Hné / Fótleggur	57,6	4,0	0,6	0,01	4,30	0,020	0,012
Olnbogi / handleggur	52,8	2,7	0,1	0,01	0,40	0,020	0,003
Ökkli	56,3	3,5	0,2	0,01	1,19	0,010	0,002
Fætur-Tær	51,4	3,3	0,2	0,01	1,60	0,004	0,001
Úlnliður - Hendi	48,3	3,0	0,1	0,01	1,70	0,010	0,001

3.2.2 Tölvusneiðmyndarannsóknir

Í töflu 7 er sýnt meðalgeislaálag einstakra flokka TS-rannsókna á hverjum stað og vegið meðalgeislaálag fyrir hvern flokk, þ.e. meðalgeislaálag miðað við fjölda framkvæmdra rannsókna á hverjum stað.

Tafla 7. Meðalgeislaálag við einstakar TS-rannsóknir á Íslandi 1996

<i>Rannsóknarflokkur</i>	<i>TS-Tæki #1</i>	<i>TS-tæki #2</i>	<i>TS-tæki #3</i>	<i>TS-tæki #4</i>	<i>TS-tæki #5</i>	<i>Meðalgeislaálag (mSv)*</i>
Höfuð/Heili	2.5	1.31	1,3	0,4	1.1	1,34
Andlitsbein/Sinusar	1.6	1.2	0,7	0,13	0.6	1,0
Háls (mjúkartar)	4.6	7.7	4,4	3.6	3.6	4,0
Lungu/Hjarta	14.6	5.5	4,4	5.6	7.7	8,47
Lumbal hryggur	7.5	8.2	3,5	2.1	3.2	3,25
Nýru	7.3	2.8	-	2.8	6.9	5,25
Kviðarhol (allt)	19.4	8.1	11,1	9.2	8.9	13,2
Kviðarhol (efri hluti)	9.7	4.3	5,0	2.5	9.0	5,83
Kviðarhol (neðri hluti)	9.7	4.6	6,0	2.8	5.4	6,06
Meðalgeislaálag á rannsókn (mSv) fyrir hvert TS-tæki	9.6	3.3	3,0	3.0	5.6	

* Vegið meðalgeislaálag miðað við fjölda framkvæmdra rannsókna á hverjum stað

3.2.3 Brjóstarrannsóknir

Meðalgeislaskammtur brjóstvefs (average glandular tissue dose) við hverja röntgenmyndatöku, var metinn um 1,8 mGy/mynd. Í brjóstarrannsókn í hópskoðuninni eru teknar fjórar myndir, tvær af hvoru brjósti (framanfrá mynd og skámynd). Geislaálag sjúklings er summan af geislaskammti einstakra líffæra í líkamanum sem fá á sig geislun, margfaldað með vægisstuðli þeirra, samkvæmt eftirfarandi jöfnu frá ICRP⁽¹⁾:

$$E = \sum w_T \cdot H_T$$

þar sem \mathbf{W}_T er vægisstuðull líffæris og \mathbf{H}_T er geislaskammtur líffæris (T=tissue). Gert er ráð fyrir því, við brjóstamyndatöku að önnur líffæri fá ekki á sig geislun og því er meðalgeislaálag (E) vegna einnar brjóstarröntgenmyndar: $E = 0.05 \text{ mSv/mGy} \times 1.8 \text{ mGy}$, sem gefur 0.09 mSv. Ein brjóstarrannsókn með 4 myndum hefur þá meðalgeislaálag 0,36 mSv.

3.2.4 Tannröntgenrannsóknir

Við pósteftirlitið 1991 til 1993 var notað mælispjald sem gaf upplýsingar um stærð geislasviðs og TLD-flögur gáfu upplýsingar um meðalgeislaskammt sem reyndist vera um 6 μSv á hverja tannröntgenmynd. Sérstakar mælingar voru einnig gerðar á andlitsbeina- og kjálkasneiðmyndataekjum (cephalostat- og orthopantomograph-tækjum) á árinu 1996. Meðalgeislaálag var 70 μSv fyrir orthopantomogramrannsóknir og 150 μSv fyrir cephalostat-rannsóknir.

3.3 Hópgeislaálag

3.3.1 Almennar röntgenrannsóknir

Niðurstöður um tíðni röntgenrannsókna (annarra en TS-rannsókna), sýna að fjöldi þeirra hefur dregist saman eða staðið í stað á milli árána 1987 og 1993, en aukning hefur orðið í fjölda TS-rannsókna. Til þess að áætla hópgeislaálag fyrir röntgenrannsóknir (annarra en TS-rannsókna) fyrir árið 1996 er gert ráð fyrir því að fjöldi almennra röntgenrannsókna sé sá sami árið 1996 og fékkst í könnuninni fyrir árið 1993 og að skipting milli einstakra rannsóknarflokka sé það sama.

Í töflu 8 er rannsóknnum skipt í flokka og sýnt meðalgeislaálag einstakra rannsóknargerða innan viðkomandi flokks, sem síðan er margfaldað með fjölda framkvæmdra röntgenrannsókna í viðkomandi flokki. Upplýsingar um fjölda rannsókna leyfir ekki nákvæmari sundurliðun í rannsóknartegundir en hér kemur fram.

Tafla 8. Hópgeislaálag vegna röntgenrannsókna 1996

Rannsóknar-flokkar	Rannsóknir	Fjöldi mælinga	Meðal-geislaálag mSv	Meðal-geislaálag flokka mSv*	Fjöldi rannsóknna	Hóp-geislaálag manSv
<i>Thorax/Lungu</i>	Lungu	1186	0,10	0,10	47.846	4,81
<i>Hryggur</i>	Hálshryggur	126	0,17		3.169	
	Th - Lumbal -Sacral	70	2,23			
	Brjósthryggur	60	0,81		2.535	
	Mjóhryggur	263	2,04		6.338	
	Báðar mjaðmir	76	0,65			
	H. eða V. mjöðm	118	0,43			
	Mjaðmagrind	70	0,72	1,17		14,1
<i>Þvagfæri</i>	Þvagfærayfirlit	86	1,33			
	Cystografía	2	3,08			
	MUCG	3	10,70			
	Salpingografía	9	2,40			
	Nýrnarannsókn	226	3,50	2,96	4.825	14,30
<i>Meltingarfæri</i>	Vélinda	15	1,58			
	Vél.-magi-skeifugörn	8	5,78			
	Magi - skeifugörn	9	4,80			
	Magi - passage	30	7,56			
	ERCP	36	4,41	5,09	472	2,40
	Ristill - einkontrast	16	8,10			
	Ristill - tvíkontrast	154	11,88	11,53	3.301	38,05
<i>Kviðarholsyfirlit</i>	Abdomen	116	1,35	1,35	3.341	4,51
	Grindarmál	10	2,59	2,59	634	1,64
<i>Úlimir</i>	Höfuðkúpa	19	0,05			
	Sinusal	187	0,04			
	Höfuð-Annað	6	0,05			
	Viðbein/Rif/Bringubein	18	0,04			
	Öxl / upphandleggur	149	0,03			
	Arthrografía af öxl	8	0,17			
	Olnbogi / handleggur	28	0,003			
	Úlnliður - Hendi	180	0,001			
	Lærleggur	24	0,08			
	Hné / Fótleggur	241	0,012			
	Arthrografía af hné	20	0,15			
	Ökkli	142	0,002			
	Fætur-Tær	85	0,001	0,02	60.055	1,31
<i>Æðapræðingar</i>	Phlebografía	80	0,74			
	Æðapræðingar	106	4,20	2,71	1.500	4,07
<i>Taugakerfi</i>	Lumbal-Myelografía	60	4,72	4,72	722	3,40
<i>Óskilgreint**</i>		546	-	-	-	-
	Samtals	4.588			134.738	88,55

* Um er að ræða vegið meðalgeislaálag einstakra rannsókna í hverjum flokki m.v. fjölda mælinga

** Mælingar sem ekki var að hægt að setja í ofangreinda flokka

3.3.2 Rannsóknir af brjóstum

Hópgeislaálag vegna brjóstarrannsókna fæst þá með því að margfalda fjölda rannsókna fyrir árið 1996 (14.154), með áætluðu meðalgeislaálagi sem er 0.36 mSv, sem gefur 5095 mSv eða 5,1 manSv. Niðurstöður sjást í töflu 10.

3.3.3 Tannröntgenrannsóknir

Við almennar tannröntgenrannsóknir er meðalgeislaálag áætlað sem 6 μ Sv per. hverja röntgenmynd og með því að margfalda með heildarfjölda röntgenmynda var hópgeislaálag áætlað um 1,77 manSv eða 6,8 μ Sv/íbúa⁽⁴⁾. Gerðar voru sérstakar mælingar á andlitsbeina- og kjálkasneiðmyndatækjum (cephalostat- og orthopantomographtækjum) og reyndist meðalgeislalag vegna andlitsbeinarannsóknir vera 150 μ Sv og vegna kjálkasneiðmyndarannsóknir var það 70 μ Sv. Hópgeislaálag vegna þessara tveggja rannsókna er því um 0,68 manSv eða 2,5 μ Sv / íbúa. Hópgeislaálag íslendinga vegna notkunar tannröntgentækja er því 2,45 manSv eða 9,3 μ Sv/ íbúa⁽⁵⁾. Niðurstöður sjást í töflu 10.

3.3.4 Tölvusneiðmyndarannsóknir

Í töflu 9 er sýndur fjöldi tölvusneiðmyndarannsókna árið 1996 og skipting þeirra eftir algengustu rannsóknarflokkum. Einnig kemur fram mat á meðalgeislaálagi fyrir hvern flokk sem byggist á mati á geislaálagi hvers tækis og framgangsmáta rannsókna. Hópgeislaálag er síðan margfeldi meðalgeislaálags og fjölda rannsókna í hverjum flokki.

Tafla 9. Fjöldi tölvusneiðmyndarannsókna árið 1996 og skipting þeirra í flokka, mat á geislaálagi og hópgeislaálagi (S)

<i>Rannsókn</i>	<i>Fjöldi 1996</i>	<i>Meðalgeislaálag mSv</i>	<i>Hópgeislaálag manSv</i>
Höfuð	8.910	1,34	11,97
Háls	521	3,96	2,06
Lungu	2.039	8,56	17,45
Hryggur	3.051	3,25	9,91
Nýru	354	5,25	1,86
Kviðarhol (allt)	1.851	13,25	24,45
Kviðarhol (efra)	1.773	5,83	10,34
Kviðarhol (neðra)	721	6,06	4,36
Annað	1.530	4,33	6,62
Samtals:	20.747		89,02

3.3.5 Samantekt

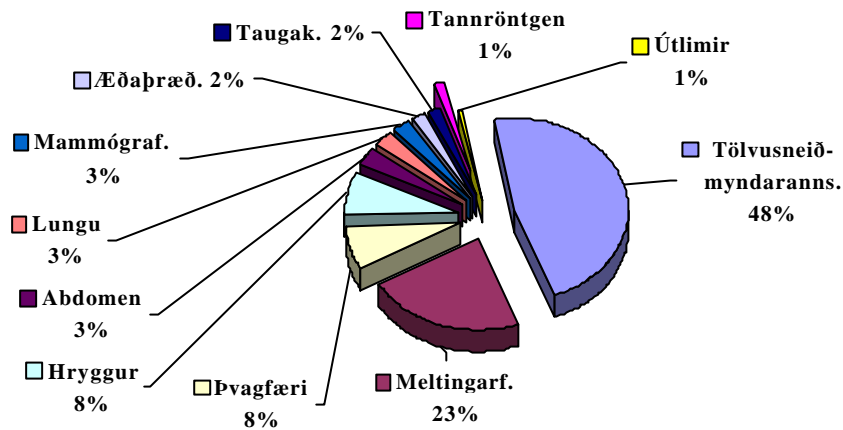
Í töflu 10 er tekið saman áætlað hópgeislaálag fyrir alla rannsóknarflokka, almennar röntgenrannsóknir, tölvusneiðmyndarannsóknir, brjóstarrannsóknir og tannröntgenrannsóknir. Einnig er reiknað meðalgeislalag miðað við íbúafjölda árið 1996.

Tafla 10. Samantekt á hópgeislaálagi fyrir árið 1996 og meðalgeislaálag miðað við íbúafjölda.

Rannsóknarflokkar	Fjöldi rannsókna	Meðal- geislaálag mSv	Hóp- geislaálag manSv
Almennar röntgenrannsóknir	134.738	0,66	88,55
Tölvusneiðmyndarannsóknir	20.747	4,3	89,02
Brjóstarrannsóknir	14.154	0,36	5,1
Tannröntgenrannsóknir	344.960	0,007	2,5
		Samtals:	185,17
Meðalgeislaálag miðað við íbúafjölda 1996: 0,7 mSv			

Mynd 2 sýnir hvernig hópgeislaálagið skiptist eftir rannsóknarflokkum miðað við niðurstöður í töflu 10 og sundurliðun í einstaka rannsóknarflokka.

Hópgeislaálag vegna allra röntgenrannsókna á Íslandi (1996)



Hópgeislaálag= 185 manSv Meðalgeislaálag á íbúa= 0,7 mSv

Mynd 2. Hópgeislaálag vegna allra röntgenrannsókna 1996

4. Umræða

4.1 Fjöldi röntgenrannsókna

Athyglisvert er að sjá í töflu 2, að röntgenrannsóknum, annarra en TS-rannsókna hefur fækkað á tímabilinu 1987 til 1993. Á sama tíma hefur tíðni TS-rannsókna tæplega þrefaldast og aukist að meðaltali um 25,4% á ári. Meðalaukning í heildarfjölda röntgenrannsókna var innan við 1% á ári á þessu tímabili. Samkvæmt töflu 4, er mest gert af útlimarannsóknum (49.774) og síðan lungnarannsóknum (39.655). Ef sérstaklega er skoðuð sú breyting sem orðið hefur á fjölda rannsókna í einstökum flokkum (sjá töflu 5), hefur mest fækkun orðið í flokki meltingarfæra, en í þeim flokki er nær eingöngu rannsóknir með skuggaefnum. Þetta virðist vera svipuð þróun og átt hefur sér stað erlendis, þar sem skuggaefnisrannsóknum á meltingarfærum hefur fækkað umtalsvert á síðustu árum, með tilkomu rannsóknaraðferða sem ekki nýta jónandi geislum, s.s. ómun og speglun⁽¹⁴⁾. Samkvæmt töflu 5 hefur lungnarannsóknum einnig fækkað, sem gæti stafað af því að á þessu tímabili virðist hópskoðunum af lungum hafa fækkað og ef til vill hefur lungnarannsóknum með TS-tækjum fjölgað. Þetta hefur þó ekki verið kannað sérstaklega. Fækkun rannsókna á útlimum er að öllum líkindum vegna þess að röntgenrannsóknir af höfuðsvæði (cranium, sinusar ofl.) eru einnig taldar í þessum flokki. Líklegt er að þeim hafi fækkað umtalsvert með tilkomu TS-tækja og segulómunar (sem hófst árið 1992). Þeir rannsóknarflokkar þar sem tíðni hefur aukist mest eru brjóstarrannsóknir og TS-rannsóknir. Mikil aukning er í brjóstarrannsóknum samkvæmt töflu 5, enda hófst hópskoðun vegna brjóstakrabbameins í nóvember 1987.

4.2 Meðalgeislaálag

Mikil breidd er í niðurstöðum mælinga á flatargeislun (sjá töflu 6), sem staðfestir að röntgenrannsóknir eru framkvæmdar með mjög mismunandi geislaálagi. Tölurnar í töflu 6 eru ekki viktaðar með tilliti til stærðar sjúklinga, en jafnvel þó þær væru samræmdar á þann hátt væri samt mikil dreifing í meðalgeislaálagi. Mikill munur í meðalgeislaálagi, bæði á milli einstakra röntgenstofa og röntgendeilda, bendir til þess að verulegt svigrúm er til þess að draga úr geislaálagi sjúklinga. Í skýrslu stofnunarinnar frá 1996, geislaálag vegna röntgenrannsókna (GR 96:07)⁽⁶⁾ eru sýndar niðurstöður 3400 flatargeislunarmælinga á 10 stöðum. Þar er bent á að margar röntgendeildir eru með herra meðalflatargeislun er mælt er með í riti norrænu geislavarnastofnananna um

viðmiðunargildi vegna geislaálags sjúklinga við röntgengreiningu⁽¹⁵⁾ (Sjá nánar viðauka 2). Í töflu 11 eru þessar niðurstöður sýndar, en mælingar fyrir einstaka rannsóknarflokka fékkst frá 6 til 10 röntgendeildum.

Tafla 11. Meðalflatargeislun nokkurra röntgenrannsókna á Íslandi (1993-1998) og fjöldi röntgendeilda þar sem meðalflatargeislun er yfir eða undir norrænu viðmiðunargeisluninni fyrir viðkomandi rannsóknir

Rannsóknir	Norrænt leiðbeiningargildi (Gy·cm ²)	Meðal flatargeislun (Gy·cm ²)	Dreifing (Gy·cm ²)	Fjöldi mælinga	Fjöldi röntgendeilda	
					undir	yfir
Lungna-rannsókn	1	0,6	0,3-1,1	888	5	1
Mjóhryggur	10	12,9	5-32	209	4	6
Ristillranns. tvíkontrast	50	56,6	13-70	133	3	4
Nýrna-rannsóknir	20	18,2	11-26	185	7	2
Pelvis yfirlit	4	3,4	0,7-7	44	5	4

Í töflu 11 sést einnig sú meðalflatargeislun sem fram kemur í töflu 6. Á nokkrum stöðum mælist meðalflatargeislunin hærri en norrænt leiðbeiningargildi og á það mest við um mjóhryggsrannsóknir þar sem slíkt á við um 6 röntgendeildir. Meðalflatargeislun fyrir tvær rannsóknartegundir eru hærri en norræna leiðbeiningargildið og er um að ræða mjóhryggsrannsóknir og ristilrannsóknir. Ristilrannsóknir eru geislaþyngstar af öllum almennum röntgenrannsóknum (sjá einnig töflu 6). Lækkun geislaálags má ná fram með margvíslegum hætti, en þó helst með bættum vinnubrögðum, gæðaeftirliti, nýrri og næmari tækjabúnaði (s.s. næmari filmu-mögnunarbýnnu samsetningar) og fræðslu til starfsmanna um þá þætti sem hafa áhrif á geislaálag sjúklinga.

Samanburður á geislaálagi einstakra röntgenrannsókna milli landa er erfiður vegna takmarkaðra upplýsinga, bæði í magni og aldri. Upplýsingar um geislaálag röntgenrannsókna í Noregi voru birtar 1997 en byggjast á eldri tölum. Sama er að segja um tölur frá Þýskalandi sem voru birtar 1995. Síðasta samantektin um geislaálag röntgenrannsókna, sem gerð var í Bretlandi er frá 1995 og byggist á eldri tölum. Frá öðrum löndum er helsta heimildin skýrsla UNSCEAR frá 1993, en flestar tölur þar eru frá því fyrir 1990⁽¹⁶⁾. Í töflu 12 er sýndur slíkur samanburður, með nýjustu erlendum tölum sem völ er á.

Tafla 12. Geislaálag valdra almennra röntgenrannsókna í nokkrum löndum Evrópu

<i>Rannsóknir</i>	<i>Meðalgeislaálag (effective dose)</i>			
	<i>mSv</i>			
	<i>Ísland⁽⁶⁾</i> <i>1993-6</i>	<i>Noregur⁽¹⁴⁾</i> <i>1983-93</i>	<i>Þýskaland⁽¹⁷⁾</i> <i>1992</i>	<i>Bretland⁽¹⁸⁾</i> <i>1993</i>
Lungu	0,11	0,14	0,3	0,017
Mjóhryggur (AP+Lat)	2,2*	0,9	2,0	1,0*
Mjaðmagrind (AP)	0,7	0,8	1,05	0,66
Kviðarholsyfirlit (AP)	1,3	1,4	1,17	0,7
Magi-skeifugörn	5,0	4,5	9,0	2,6
Ristilrannsókn (tvíko.)	12,4	12,4	18,5	7,2
Nýrnarannsókn	3,6	3,8	5,3	2,4

* Myndir af sacrum tekið með

Samanburður á tölum í töflu 12 leiðir það í ljós að meðalgeislaálag algengra röntgenrannsókna hérlendis er mjög svipað, hærra eða lægra, en í nágrannalöndum okkar í Evrópu.

Meðalgeislaálag TS-rannsókna (sbr. töflu 7) er breytilegt eftir rannsóknarstöðum og hafa nokkrir þættir þar áhrif. Tækjabúnaðurinn er misjafn, bæði hvað varðar uppbyggingu og notkun. Framkvæmd rannsókna er nokkuð breytileg, sem gerir samanburð á milli staða erfiðan. Sjúklingahópar geta verið mismunandi á milli staða, sem leiðir til þess að ábendingar fyrir rannsóknum geta verið misjafnar og þá um leið framkvæmd rannsóknar. Í töflu 13 er sýndur samanburður á meðalgeislaálagi vegna TS-rannsókna, í nágrannalöndum okkar.

Tafla 13. Meðalgeislaálag valdra TS- rannsókna í nokkrum löndum Evrópu

<i>Rannsókn</i>	<i>Ísland⁽⁷⁾ 1996</i>	<i>Noregur⁽¹⁹⁾ 1994</i>	<i>Þýskaland⁽¹⁷⁾ 1995</i>	<i>UK⁽²⁰⁾ 1993</i>
Höfuð	1,3	2,0	2,6	1,8
Háls	4,0	2,6	-	-
Lungu	8,5	11,5	20,5	7,8
Hryggur	3,3	4,5	9,0	3,3
Nýru	5,3	9,9	-	6,3
Kviðarhol (allt)	13,2	12,8	27,4	7,6
Kviðarhol (efri hluti)	5,8	11,9	-	7,2
Kviðarhol (neðr hluti)	6,1	7,2	-	7,1

Samanburður sem þessi á meðalgeislaálagi TS-rannsókna er fremur ónákvæmur þar sem ekki liggur fyrir samanburður á framkvæmd rannsókna á milli þessara landa. Þetta gefur þó einhverja hugmynd um stöðu mála. Frá því mælingar voru gerðar á geislaálagi TS-tækja árið 1997, hafa tvö ný TS-tæki hafa verið tekin í notkun (1997 og 1998). Um er að ræða staði þar sem rúmlega helmingur allra rannsókna eru framkvæmdar. Búast má við því að meðalgeislaálag vegna TS rannsókna fari lækkandi með aukinni notkun nýs búnaðar. Þá er gert ráð fyrir því geislaskynjarar nýrra tækja séu betri en skynjarar eldri tækja, þannig að hægt er að framkvæma samkonar rannsóknir með minni geislun.

4.3 Hópgeislaálag

Þau gögn sem safnað var árið 1994 fyrir fjölda framkvæmdra röntgenrannsókna árið 1993, voru að mörgu leyti ítarleg en að sumu leyti ekki. Rannsóknnum var skipt í flokka og beðið um fjölda í hverjum flokki. Eftir á að hyggja, hefði verið betra að fá upplýsingar um fjölda sem flestra rannsókna innan þessara flokka líka og hefði það einfaldað allt mat á hópgeislaálagi. Í ljós kemur að geislaálag rannsókna innan þessara flokka er mjög misjafnt og því mikilvægt að vægi þeirra í hverjum flokki sé þekkt. Könnunin á tíðni rannsókna gaf ekki upplýsingar um þetta og því er gengið út frá því, í töflu 8, að vægi rannsókna sé í hlutfalli við þann fjölda mælinga sem gerðar voru. Í flestum tilfellum endurspegladi fjöldi og tegundir rannsókna sem mældar voru það sem raunverulega var

gert á hverri stofu. Mælingarnar voru einnig framkvæmdar á það mörgum stöðum með þessum hætti að fjöldi mælinga ætti að sýna vægi rannsóknanna í hverjum flokki.

Í töflu 9 er hópgeislaálag áætlað vegna TS-rannsókna á árinu 1996, sem 89,02 manSv. Árið 1993 var fjöldi TS-rannsókna 13.368 og ef gert er ráð fyrir sömu dreifingu í fjölda rannsókna innan rannsóknarflokkanna árið 1996 og hún var árið 1993, þá má áætla að hópgeislaálagið árið 1993 hafi verið um 56 manSv. Það hefur því hækkað um 58% á þessum þremur árum eingöngu vegna aukinnar tíðni rannsókna. Árið 1993 var tíðni rannsókna, þannig að TS-rannsóknir voru 8,8% af öllum rannsóknum, en árið 1996 var þetta hlutfall 12,5%. Á þessu tímabili var ekkert TS-tæki endurnýjað og því óhætt að gera ráð fyrir sama meðalgeislaálagi á milli einstakra staða. Þetta er e.t.v. ekki mjög nákvæmur samanburður, en gefur þó vísbendingu um þá þróun sem er innan þessa flokks röntgenrannsókna.

Á árunum 1997 og 1998 voru tvö TS-tæki endurnýjuð með nýjum svokölluðum Helical-
eða Spiral-TS-tækjum. Þessi nýju tæki eru með nýjustu skynjaratækni sem þýðir að sömu myndgæði og áður nást með lægri geislun en í eldri tækjum. Þau eru mun hraðvirkari og veita einnig víðtækari rannsóknarmöguleika. Búast má við því að sú geislaálagslækkun sem fæst með nýjum tækjum skili sér ekki sem lækkun hópgeislaálags vegna fjölgunar rannsókna.

Tekin er saman í töflu 10 hlutdeild einstakra þátta röntgenmyndgerðarinnar í hópgeislaálagi íslensku þjóðarinnar vegna röntgengreiningarinnar. Sjá einnig mynd 2. Þar veða þyngst tölvusneiðmyndarannsóknir og greinilegt að þær eru helsta einstaka uppspretta geislaálagsins. Í töflu 14 er samanburður á hópgeislaálagi vegna röntgengreiningar í nokkrum löndum.

Tafla 14. Samanburðir á hópgeislaálagi og meðalgeislaálagi við önnur lönd

	Hópgeislaálag (S) manSv	Meðal- geislaálag pr. íbúa (mSv)	Fjöldi rannsókna per 1000 íbúa	Fólksfjöldi (milljónum)
Ísland (1996)	185	0,7	609	0,27
Finnland (1994) ⁽²¹⁾	2.374	0,5	-	4,75
Noregur (1993) ⁽¹⁴⁾	3.400	0,8	710	4,5
Þýskaland (1992) ⁽¹⁷⁾	115.000	1,8	1550	65
U.K. (1993) ⁽²²⁾	20.000	0,4	605	58
Japan (1990) ⁽²³⁾	290.000	2,3	1160	122

Miðað við þennan samanburð og þær upplýsingar sem birtast í UNSCEAR 1993 ⁽¹⁶⁾, er meðalgeislaálag og rannsóknartíðni á Íslandi fremur lág. Hafa ber í huga að erlendu niðurstöðurnar eru mun eldri en þær íslensku.

5. Áhættumat og samanburður við náttúrulegt geislaálag

Í leiðbeiningum ICRP⁽¹⁾ er miðað við að allri geislun fylgi ákveðin áhætta og heitir þetta áhættumat “linear non-threshold risk model”. Við röntgengreiningu er fyrst og fremst hætta á aukningu *tilviljunarkenndra skaða* (Stochastic effects). Á seinni árum hefur einnig orðið vart við *vísa skaða* (non-stochastic effects, deterministic effects) við framkvæmd einstakra inngripsrannsókna⁽²⁴⁾. Fyrir þann einstakling sem verður fyrir geislun við sjúkdómsgreiningu er lítið svo á að hagur hans af því að rannsóknin er framkvæmd sé ætíð meiri en sú áhætta sem geisluninni er samfara, ef fullnægjandi læknisfræðilegar ábendingar eru fyrir hendi. Notkun jónandi geislunar getur, samkvæmt hefðbundnu áhættumati ICRP, og því hvernig hópgeislaálag er skilgreint, valdið skaðlegum áhrifum á þjóðina í heild. Áhættan á myndun krabbameins er talin vera 5% per Sv. Ef miðað við að hópgeislaálag íslendinga vegna röntgengreiningar sé 185 manSv á ári, er hægt að segja að afleiðingar þess sé að 9-10 ný krabbameinstilfelli greinast á hverju ári⁽¹⁾. Á móti kemur mikil gagnsemi röntgengreiningarinnar, sem vegur mun þyngra. Umdeilanlegt er að nota áhættustuðla ICRP á þennan hátt, þar sem aldurs- og kyndreifing sjúklinga sem fara í röntgenrannsóknir er önnur en þjóðarinnar í heild og fleiri þættir sem ekki verða ræddir hér nánar, koma við sögu.

Þegar meta á geislaálag vegna röntgenrannsókna hefur það reynst góð viðmiðun að bera það saman við geislaálag vegna náttúrulegrar geislunar, bæði hér á landi og að meðaltali í heiminum. Slíkur samanburður birtist m.a. í riti Breska röntgenlæknafélagsins RCR⁽²⁵⁾ og miðast þær upplýsingar við náttúrulegt geislaálag í Bretlandi og röntgenrannsóknir sem þar eru framkvæmdar. Hér á Íslandi hefur náttúrulegt geislaálag verið áætlað um 1,1 mSv/ári og á heimsvísu er það að meðaltali um 2,5 mSv/ári. Í töflu 15 má sjá slíkan samanburð.

Tafla 15. Geislaálag röntgenrannsókna miðað við náttúrulegt geislaálag.

Rannsókn	Meðal-geislaálag (mSv)	Jafnast á við fjölda lungna-rannsókna	Tímalengd m.v. náttúrulegt geislaálag á Íslandi	Tímalengd m.v. náttúrulegt geislaálag á heimsvísu
Útlimir	0,02	-	7 dagar	3 dagar
Lungu (AP+Lat)	0,10	1	33 dagar	15 dagar
Brjósthryggur	0,81	8	9 mánuðir	4 mánuðir
Mjóhryggur	2,04	20	2 ár	11 mánuðir
Mjöldm	0,43	4	5 mánuðir	2 mánuðir
IVP	3,50	35	3 ár	1 ár
Ristill	11,9	112	11 ár	5 ár
TS-Höfuð	1,34	13	1 ár	7 mánuðir
TS-Lungu	8,47	85	8 ár	3 ár
TS-Kviður	13,2	132	12 ár	5 ár

6. Samantekt

Hópgeislaálag vegna röntgenrannsókna, þar með talið vegna tannröntgenrannsókna, er 185 manSv, sem þýðir að meðalgeislaálag íslendinga er um 0,7 mSv/íbúa. Hópgeislaálag hefur farið vaxandi og þá fyrst og fremst vegna aukinnar tíðni TS-rannsókna, sem hefur vaxið um 58% á milli áronna 1993 til 1996.

Í þessari skýrslu hafa niðurstöður úr rannsóknum stofnunarinnar vegna geislaálags við notkun jónandi geislunar í læknisfræðilegri myndgreiningu, verið teknar saman og lagt mat á áhrif einstakra þátta í hópgeislaálagi íslensku þjóðarinnar. Notkun jónandi geislunar er vaxandi og þar af leiðandi er geislaálag vaxandi. Samanburður við aðrar þjóðir sýnir að meðalgeislaálag og hópgeislaálag er sambærilegt og víðast hvar annars staðar. Ekki eru til sambærileg gögn frá fyrri árum hérlendis og því ekki hægt að gera sér grein fyrir því hver aukning hópgeislaálags er. Sú aukning í geislaálagi sem orðið hefur vegna TS-rannsókna á milli áronna 1993 og 1996, gefur þó einhverja vísbendingu um það. Með áframhaldandi rannsóknum á rannsóknartíðni og meðalgeislaálagi verður auðveldara að fylgjast með þessum þáttum í framtíðinni.

Grundvallarleiðbeiningar Alþjóðageislavarnaráðsins (ICRP) miðast við að ná fram tveimur meginmarkmiðum, annars vegar að koma í veg fyrir *vísa skaða* og hins vegar að takmarka líkur á *tilviljunarkenndum sköðum*, vegna notkunar jónandi geislunar í þjóðfélaginu. Ráðið setur fram þrjár meginreglur til þess að takmarka tilviljunarkennda skaða, sem taka má saman í eftirfarandi hugtök; 1) Réttlætning, 2) Bestun og 3) Takmörkun.

Með réttlætningu er átt við að öll notkun jónandi geislunar skuli vera réttlætningleg með tilliti til gagnsemi einstaklings og/eða þjóðfélags. Bestun felur í sér að ætíð skuli leitast við að halda allri geislun eins lágri og **unnt** er, með **skynsamlegu** tilliti til aðstæðna. Einnig skal leitast við að skipuleggja vinnu við geislun með þeim hætti að geislaálag starfsmanna og almennings sé eins lágt og unnt er með **skynsamlegu** tilliti til aðstæðna og aldrei hærri en þau mörk sem ráðið setur.

Sú skylda hvílir á herðum tilvísandi lækna að meta greiningar- og meðferðargildi allra rannsókna og vega gagnsemi þeirra fyrir sjúkling á móti áhættu vegna geislunar og þeim kostnaði sem samfélagið verður fyrir. Tilvísandi læknar þurfa ætíð að hafa rétt til þess að ákveða hvaða leiðir í greiningu og meðferð séu réttar og bestar fyrir sjúklinga sína. Þekking þeirra á gildi einstakra rannsókna er oft takmörkuð, ekki síst vegna þeirra öru tæknibreytinga sem hafa orðið á síðustu árum. Ein leið til þess að draga úr óþörfum röntgenrannsóknum gæti verið að tilvísandi læknar óski eftir ótilgreindum rannsóknum með tilvísun í klínískt vandamál.

Koma þarf á samstarfi á milli þeirra aðila sem vinna á þessu sviði, til þess m.a. að útbúa leiðbeiningar um val á rannsóknum. Erlendis hefur mikið verk verið unnið á þessu sviði og nægir í því sambandi að benda á rit RCR⁽²⁵⁾ í Bretlandi; “Making the best use of a Department of Radiology. Guidelines for Doctors”.

Geislavarnir ríkisins hafa lagt fram tillögur að slíku samstarfi og óskað eftir fjárstuðningi frá Heilbrigðis- og tryggingamálaráðuneytinu. Gert er ráð fyrir samstarfi þeirra sem koma að læknisfræðilegri myndgreiningu, þar sem unnið yrði að samræmdum leiðbeiningum um val á rannsóknum, með upplýsingum um ábendingar, fráþendingar, framkvæmd rannsókna, undirbúning og kostnað. Lagt er til að gerðar verði kröfur til þeirra sem

framkvæma myndgreiningarrannsóknir, að þeir uppfylli ákveðna staðla hvað varðar myndgæði og geislaálag og verður þá miðað við m.a. leiðbeiningar og tilskipanir frá ESB. Lögð verður áhersla á fræðslu til allra heilbrigðisstétta sem koma að myndgreiningu.

Þakkir

Geislavarnir ríkisins vilja koma á framfæri þökkum til allra þeirra stofnana og fyrirtækja, þar sem mælingar hafa farið fram og þeirra starfsmanna sem hafa aðstoðað við mælingar og öflun annarra gagna. Án hins góða samstarfs sem er á milli stofnunarinnar og þessara aðila, hefði þetta verkefni verið óframkvæmanlegt.

Tilvísanir og heimildir

1. ICRP. *Annals of the ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60, 1990
2. Commission of the European Communities. *Council Directive 97/43/Euratom of 30. June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure, and repealing Directive 84/466/Euratom*. Luxembourg 1997.
3. Geislavarnir ríkisins. *Geislaskammtar við brjóstamyndatökur*, GR 93:01.
4. Geislavarnir ríkisins. *Póstefirlit með tannröntgentækjum 1991- 93*, GR 94:05
5. Geislavarnir ríkisins. *Geislaálag vegna notkunar sérhæfðra tannröntgentækja*, GR 96:05.
6. Geislavarnir ríkisins. *Geislaálag vegna notkunar röntgengeislunar við sjúkdómsgreiningu*, GR 96:07.
7. Geislavarnir ríkisins. *Geislaálag vegna notkunar tölvusneiðmyndataekja við sjúkdómsgreiningu*, GR 97:02
8. Geislavarnir ríkisins. *Röntgenbúnaður og geislavarnir hjá tannlæknum*. Rit Geislavarna ríkisins, 1972.
9. Sigurður M. Magnússon og Ásmundur Brekkan, *Geislaskammtar til sjúklinga við röntgenrannsóknir á Íslandi – Forrannsóknir*. Læknablaðið 69, 202-206, 1983.
10. Guðlaugur Einarsson og Ásmundur Brekkan. *Röntgen- og aðrar myndgreiningarrannsóknir á Íslandi 1993. Yfirlit og samanburður við fyrri ár*. Læknablaðið 1995; 81: 790-797. Læknafélag Íslands.
11. Hart, D., Jones, D.G., and Wall, B.F., *Estimation of effective dose in diagnostic radiology from entrance surface dose and dose-area product measurements*. Chilton, NRPB-R262 (1994), London HMSO.
12. W. Leitz, B. Axelson and G. Szendrő, *Computed Tomography Dose Assessment - A Practical Approach*. Radiation Protection Dosimetry, Vol. 57, Nos 1-4, pp. 377-380 (1995)
13. Krabbameinsfélag Íslands. Skýrsla 1997. Ársskýrsla Krabbameinsfélags Íslands, lögð fram á aðalfundi 2. maí 1997.

14. Olerud H.M. and Saxebøl G., *Diagnostic Radiology in Norway from 1983 to 1993 – Examination Frequency and Collective Effective Dose to Patients*. Radiation Protection Dosimetry, Vol. 74, No. 4, pp 247-260 (1997)
15. The Radiation Protection Authorities in the Nordic Countries, *Nordic Guidance Levels for Patient Doses in Diagnostic Radiology*, Report on Nordic Radiation Protection Co-operation, GR 05:1996.
16. UNSCEAR 1993, Report: *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. United Nations, New York 1993.
17. Bernhard, J., Veit, R. and Bauer, B., *Erhebungen zur Strahlennexposition der Patienten bei der Röntgendiagnostik*. Z. Med.Phys. 5, 33-39 (1995)
18. Huges J.S. and O'Riordan M.C., *Radiation Exposure of the UK Population - 1993 Review*. NRPB - R263. National Radiological Protection Board, UK.
19. Olerud H.M., Finne I.E., *Computer-tomografi ved norske sykehus*. Stråleverns Rapport 1995: II. Østerås: Statens Strålevern, 1995
20. NRPB, *Protection of the Patient in X-ray Computed Tomography*. Documents of the NRPB (Volume 3, No 4, 1992). National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxen OX11 ORQ, UK.
21. Rannikko S., Karila K.T.K., Toivonen M., *Patient and Population Doses of X-ray Diagnostics in Finland*. STUK A144. Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland 1997
22. Hart, D., Hillier, M.C., Wall, B.F., Shrimpton P.C. and Bungay D., *Doses to Patients from Medical X-ray Examinations in the UK – 1995 Review*. Chilton, NRPB-R289 (1996), London HMSO.
23. Mauyama T., et al. *Determinations of organ or tissue doses and collective effective dose equivalent from diagnostic x-ray examinations in Japan*. Rad.Pro.Dos. Vol. 43 No 1/4 pp. 213-216 (1992).
24. Food and Drug Administration (USA). Important Information for Physicians and Other Health Care Professionals. *Avoidance of Serious X-ray-Induced Skin Injuries To Patients During Fluoroscopically-Guided Procedures*. FDA, september 9, 1994.
25. RCR. *Making the Best Use of a Department of Radiology. Guidelines for Doctors*, 3d edition 1995. The Royal College of Radiologist, London, UK.

Viðauki 1. Um flatargeislun

Um flatargeislun (Kerma Area Product - KAP)

1. Inngangur

Til þess að hægt sé að gera nákvæma úttekt á vegnu geislaálagi sjúklinga við röntgenrannsóknir þurfa upplýsingar um meðalgeislaskammta á einstök líffæri að liggja fyrir (ICRP, 1990). Þar sem mjög erfitt er að mæla geislaskammta á einstök líffæri beint, hafa einfaldari aðferðir verið þróaðar og eru tvær helstar.

Sú fyrri er að mæla geislaskammt í lofti við yfirborð sjúklings og hafa upplýsingar um stærð geislasviðs. Til eru töflur frá mælingum á fantómum og Monte Carlo útreikningar sem tengja slíkar mælingar við vegið geislaálag (Jones og Wall, 1985, Hart et al., 1994).

Síðari aðferðin er að mæla geislaskammt í lofti margfaldaðan með stærð geislaðs svæðis, svokölluð flatargeislun, þ.e. ein stærð með einingunni $Gy \cdot m^2$ eða $Gy \cdot cm^2$. Notaðir eru stuðlar úr töflum til að áætla gleypa orku, meðalgeislaskammt og vegið geislaálag (Carlsson, 1963, Shrimpton og Wall, 1982, Persliden og Alm Carlsson, 1984, Alm Carlsson et al., 1984, Alm Carlsson og Carlsson, 1986, Olerud, 1987, Saxeböl et al., 1988, Hart et al., 1994).

Geislavarnir ríkisins hafa valið síðari aðferðina, þ.e. að mæla flatargeislun og verða helstu þættir þeirrar mæliaðferðar lýst hér á eftir, ásamt mati á geislaálagi sjúklinga við röntgengreiningu.

2. Skilgreining. Mæliaðferðir

Flatargeislun er skilgreind með eftirfarandi jöfnu (1):

$$F = \int_A \mathbf{K}_A \cdot d\mathbf{A}$$

þar sem \mathbf{A} er stærð geislaðs svæðis og \mathbf{K}_A er geislaskammtur í lofti. Ef \mathbf{K}_A er fasti, þ.e. geislunin er einsleit í plani hornrétt á geislustefnuna, einfaldast jafnan í (2):

$$F = K_A \cdot A$$

Flatargeislun er því oft nefnt margfeldi geislaskammts í lofti og stærð geislaðs svæðis (Kerma-Area Product). Strangt tiltekið gildir síðari jafnan ekki, aðallega vegna hælhrifa í röntgensviðinu. Hún er hins vegar það góð nálgun að hún er notuð við kvörðun á jónunarhylkjum sem notuð eru til að mæla flatargeislun.

Ef fjarlægð frá uppsprettu geislunar breytist, gildir eftirfarandi fyrir flatarmálið, \mathbf{A} , og styrk geislunar, \mathbf{I} :

$$A_2 = \frac{l_2^2}{l_1^2} A_1 \quad \text{og} \quad I_2 = \frac{l_1^2}{l_2^2} I_1$$

þar sem l_1 og l_2 er mismunandi fjarlægð frá uppsprettu geislunar. Samkvæmt ofangreindu er flatargeislun því að mestu óháð fjarlægð frá röntgenlampanum og auðvelt að mæla hana beint með stóru jónunarhylki (parallell plate), sem staðsett er við blönduop röntgenlampans og sem nær yfir allt geislasviðið.

3. Umreikningur í gleypta orku. Meðalgeislaskammtur sjúklings

Hægt er að tengja flatargeislun við gleypta orku og áætla þannig meðalgeislaskammt sjúklings. Sambandið á milli flatargeislunar og þeirrar orku sem gleyptist í vefjum sjúklings er fundið með hjálp Monte Carlo útreikninga og við mælingar á fantómum. Algengt er að nota stuðla frá Alm Carlsson *et. al.*, 1984, sjá töflu 1.

Table 1.

Tube potential (kV)	Total filtration	HVT _{K_{max}} (mm Al)	$(\mu_{en}/\rho)_{air}$ (m ² kg ⁻¹)	IF				$e/[A K_{c,air} dA]$ (kg m ⁻²)			
				100 mm	150 mm	200 mm	300 mm	100 mm	150 mm	200 mm	300 mm
40	2 mm Al	0.87	0.0311	0.861	0.891	0.897	0.901	27.7	28.6	28.8	29.0
	4 mm Al	1.5	0.0201	0.829	0.869	0.882	0.883	41.2	43.2	43.9	43.9
	2 mm Al + 0.1 mm Cu	1.75	0.0174	0.815	0.863	0.874	0.876	46.8	49.6	50.2	50.3
	2 mm Al + 0.5 mm Cu	2.9	0.0110	0.732	0.824	0.844	0.854	68.4	74.9	76.7	77.6
70	2 mm Al	1.5	0.0131	0.675	0.768	0.805	0.827	51.5	58.6	61.5	63.1
	4 mm Al	2.75	0.00845	0.631	0.736	0.781	0.807	74.7	87.1	92.4	95.5
	2 mm Al + 0.1 mm Cu	3.4	0.00717	0.608	0.719	0.768	0.800	84.8	100.3	107.1	111.6
	2 mm Al + 0.5 mm Cu	6.25	0.00430	0.525	0.658	0.723	0.768	122.1	153.0	168.1	178.6
100	2 mm Al	2.1	0.00818	0.567	0.682	0.741	0.783	69.3	83.4	90.6	95.7
	4 mm Al	3.8	0.00558	0.530	0.655	0.719	0.766	95.0	117.4	128.9	132.5
	2 mm Al + 0.1 mm Cu	4.8	0.00485	0.512	0.641	0.711	0.758	105.6	132.2	146.6	150.0
	2 mm Al + 0.5 mm Cu	8.5	0.00321	0.447	0.592	0.672	0.736	138.2	183.3	208.0	227.9
130	2 mm Al	2.8	0.00622	0.512	0.637	0.706	0.763	82.3	102.4	113.5	122.7
	4 mm Al	5.0	0.00452	0.481	0.614	0.689	0.753	106.4	135.8	152.4	166.6
	2 mm Al + 0.1 mm Cu	6.0	0.00402	0.467	0.603	0.681	0.745	116.2	150.0	169.4	185.3
	2 mm Al + 0.5 mm Cu	9.9	0.00292	0.418	0.561	0.649	0.726	143.2	192.1	222.3	248.6

Tafla 1. Hlutfall heildarorku sem gleyptist í fantómi (IF - imparted fraction), og sambandið á milli flatargeislunar og gleyptar orku, gefið fyrir 4 mismunandi fantóm þykktir og við mismunandi röntgenróf. Frá Alm Carlsson *et al.* 1984.

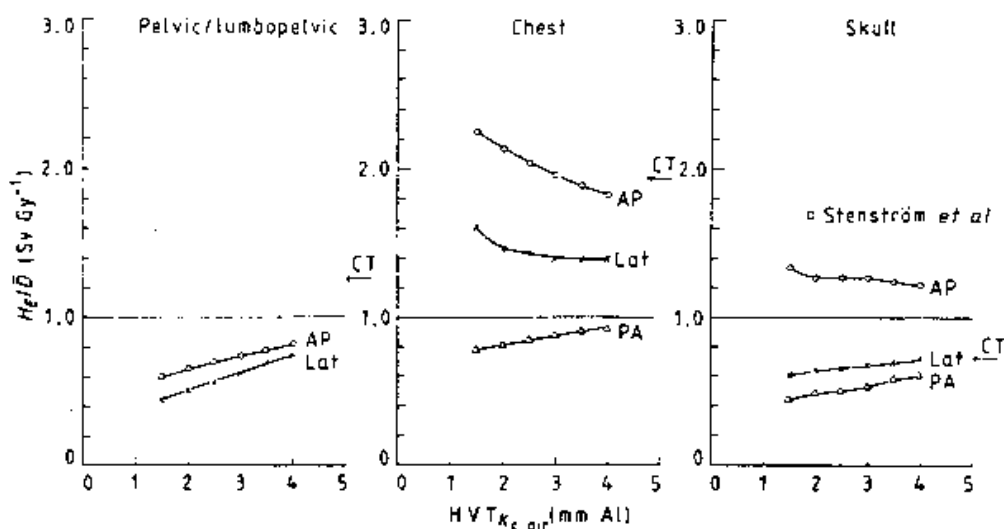
Meðalgeislaskammt sjúklings er þá hægt að áætla út frá skilgreiningu á geislaskammti:

$$D = \frac{e}{M}$$

þar sem **M** er massi sjúklings og **e** er gleypt orka.

4. Umreikningur í vegið geislaálag

Hægt er að tengja flatargeislun við vegið geislaálag og er um tvær aðferðir að ræða. Fyrri aðferðin nýtir sambandið á milli flatargeislunar og meðalgeislaskammts sjúklings. Ef um jafndreifða geislun á allan líkamann er að ræða gildir, samkvæmt skilgreiningunni fyrir vegið geislaálag, H_E (ICRP, 1977), að $H_E/D = 1 \text{ Sv Gy}^{-1}$ óháð M (massi sjúklings), á meðan H_E/ϵ er samkvæmt jöfnu (3) jafnt og $1/M \text{ Sv J}^{-1}$. Ef ekki er um jafndreifða geislun að ræða mun H_E/D sveiflast um 1 Sv Gy^{-1} , vegna breytinga á geislaskammti í rými og mismunandi staðsetningu geislanæmra líffæra. Rannsóknir hafa sýnt að H_E/D er á bilinu $0.44 - 2.8 \text{ Sv Gy}^{-1}$ fyrir algengar röntgenrannsóknir, þar sem stór hluti geislanæmra líffæra er í geislasviðinu (Alm Carlsson og Carlsson, 1986), sjá mynd 1.



Mynd 1. Gildi fyrir H_E/D sem fall af helmingunargildi fyrir 3 mismunandi röntgenrannsóknir. Frá Alm Carlsson og Carlsson, 1986.

Stærstu frávikin eru fyrir rannsóknir á þeim hlutum líkamans sem ekki eru sérstaklega geislanæmir (útlimir) eða ef um er að ræða mjög geislanæm líffæri. Í brjóstamyndatöku er t.d. $H_E/D \sim 25 \text{ Sv Gy}^{-1}$ (Alm Carlsson og Carlsson, 1986). Ef reiknað er með að $H_E/D = 1 \text{ Sv Gy}^{-1}$ og að meðalþyngd sjúklinga sé 70 kg fæst $H_E/\epsilon = 14.3 \text{ mSv/J}$.

Dæmi. Lungnamyndataka PA.

Stillt háspenna	=	100 kV _p
Deyfing röntgenlampa	=	4 mm Al
Þyngd sjúklings	=	70 kg
Þykkt sjúklings	=	300 mm (áætlað)

$$\begin{aligned} \text{Mæld flatargeislun} &= 50 \text{ cGy cm}^2 = 0.05 \text{ mGy m}^2 \\ \text{Hlutfall á milli gleyþra orku og flatargeislunar skm. töflu 1} &= 137.3 \text{ kg m}^{-2} \\ \text{Gleypt orka} &= 0.05 \text{ mGy m}^2 \cdot 137.3 \text{ kg m}^{-2} = 6.9 \text{ mJ} \\ \text{Vegið geislaálag (H}_E/\epsilon = 14.3 \text{ mSv/J)} &= 14.3 \text{ mSv/J} \cdot 0.0069 \text{ J} = 0.099 \text{ mSv} \end{aligned}$$

Önnur aðferð er að nota stuðla sem tengja flatargeislun beint við vegið geislaálag frá ICRP 60 (Hart et al., 1994). Stuðlarnir eru fundnir með hjálp Monte Carlo útreikninga á stærðfræðilegu fantómi (Le Heron, 1992), fyrir mismunandi röntgenrannsóknir og geislastefnur, sjá töflu 2

Applied potential (kV)	Filtration (mm Al)	Chest			Heart			Oesophagus				
		AP	PA	LAT	AP	PA	LAT	LAO	RAO	RAO	LPO	LAO
90	2	0.211	0.133	0.101	0.131	0.148	0.178	0.179	0.199	0.132	0.209	0.132
	2.5	0.227	0.145	0.109	0.144	0.162	0.194	0.194	0.216	0.145	0.224	0.144
	3	0.241	0.155	0.117	0.155	0.175	0.208	0.207	0.231	0.155	0.237	0.155
	4	0.264	0.173	0.130	0.175	0.197	0.232	0.229	0.257	0.174	0.258	0.174
	5	0.282	0.187	0.140	0.191	0.215	0.251	0.247	0.277	0.189	0.276	0.189
100	2	0.231	0.149	0.112	0.150	0.169	0.199	0.199	0.222	0.150	0.228	0.150
	2.5	0.246	0.161	0.121	0.163	0.184	0.215	0.214	0.239	0.162	0.243	0.163
	3	0.260	0.172	0.129	0.174	0.197	0.229	0.227	0.254	0.173	0.256	0.174
	4	0.283	0.190	0.142	0.194	0.219	0.253	0.249	0.279	0.192	0.277	0.193
	5	0.301	0.204	0.152	0.210	0.237	0.272	0.267	0.300	0.207	0.294	0.208
110	2	0.248	0.164	0.123	0.166	0.189	0.219	0.217	0.242	0.166	0.245	0.167
	2.5	0.264	0.176	0.132	0.179	0.203	0.234	0.232	0.259	0.178	0.260	0.179
	3	0.277	0.187	0.139	0.191	0.216	0.248	0.245	0.274	0.189	0.272	0.190
	4	0.299	0.204	0.152	0.210	0.239	0.272	0.267	0.299	0.208	0.293	0.209
	5	0.316	0.219	0.162	0.226	0.257	0.290	0.284	0.318	0.223	0.310	0.224
120	2	0.264	0.178	0.133	0.181	0.207	0.236	0.234	0.261	0.181	0.281	0.182
	2.5	0.279	0.190	0.141	0.194	0.221	0.251	0.249	0.277	0.193	0.275	0.194
	3	0.292	0.200	0.149	0.205	0.234	0.265	0.261	0.292	0.203	0.287	0.205
	4	0.313	0.217	0.161	0.224	0.256	0.287	0.282	0.315	0.221	0.307	0.223
	5	0.329	0.231	0.171	0.240	0.274	0.305	0.299	0.334	0.236	0.323	0.238

Tafla 2. Umreikningsstuðlar frá flatargeislun í vegið geislaálag ($\text{mSv Gy}^{-1} \text{cm}^2$).
Frá Hart *et al.*, 1994.

Dæmi. Lungnamyndataka PA.

$$\begin{aligned} \text{Stíllt háspenna} &= 100 \text{ kV}_p \\ \text{Deyfing röntgenlampa} &= 4 \text{ mm Al} \\ \text{Vikt sjúklings} &= 70 \text{ kg (ICRP's reference man)} \\ \text{Mæld flatargeislun} &= 50 \text{ cGy cm}^2 = 0.5 \text{ Gy cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Vegið geislaálag skm. töflu 2} = 0.190 \text{ mSv Gy}^{-1} \text{cm}^2 \cdot 0.5 \text{ Gy cm}^2 = 0.095 \text{ mSv}$$

5. Nákvæmni í mælingum. Kvörðun mælibúnaðar

Hjá Geislavörnum ríkisins er notaður Diamentor M2 mælibúnaður frá PTW Freiburg sem samanstendur af jónunarhyllkjum og rafeindamæli. Jónunarhyllkin eru kvörðuð hjá verksmiðjunni og er gerð málamiðlun á milli uppsetningar jónunarhyllkis á undirborðs- og yfirborðslampa.

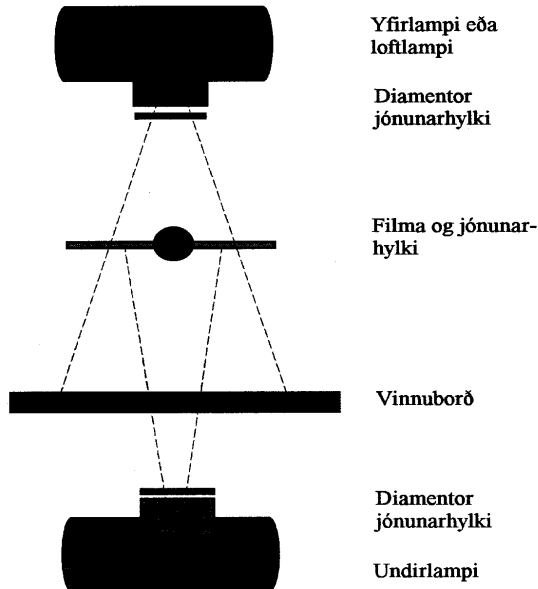
Búið er að gera úttekt á nákvæmni í mælingu á flatargeislun með Diamentor (Shrimpton og Wall, 1982). Fram kemur að eftirfarandi þættir hafa einkum áhrif á svörun mælibúnaðarins með tilliti til flatargeislunar:

1. Stærð geislaðs svæðis. Hællrif verða meira áberandi þegar geislað svæði stækkar. Fyrir dæmigert röntgentæki og 35x35 cm geislasvið í 90 cm FHF breytist geislunarstyrkurinn frá 80% á anóðuhlið til 105% á katóðuhlið miðað við geislunarstyrkinn í miðju sviðinu. Fyrir 43x43 cm geislasvið verður geislunarstyrkurinn á anóðuhliðinu aðeins 40% af geislunarstyrknum í miðsvæðinu.
2. Mismunandi svörun á milli undirborðs- og yfirborðslampa. Jónunarhyllkið er staðsett við blenduop röntgenlampans. Vegna gleypni geislunar í vinnuborði röntgentækis er ekki sama svörun við undir- og yfirlampa.
3. Mismunandi svörun vegna dreifigeislunar. Fjarlægð jónunarhyllkis frá sjúklingi hefur mikil áhrif á það hvað dreifigeislun er mikil. Dreifigeislun er mismundi mikil fyrir undir- eða yfirborðslampa.
4. Mismunandi svörun vegna mismunandi fókus stærðar. Oftast er sama fókus stærð notuð fyrir allar myndir í hverri rannsókn en nokkur tæki skipta sjálfvirkt um fókus við mismunandi álag, svo sem við skyggingu og myndatöku.

Með tilliti til ofangreinds er ráðlagt er að framkvæma kvörðun á hverju hylki fyrir hvern stað sem það er sett upp á. Slík kvörðunin er framkvæmd í tveimur áföngum. Fyrst er geislaskammtur í lofti mældur á ákveðnum stað í geislasviðinu með kvörðuðum geislamæli og um leið er lesið af Diamentor mælinum. Þar næst er flatarmál geislaðs svæðis fundið með því að geisla á filmu sem staðsett er á sama stað í geislasviðinu (sjá mynd 2) og flatargeislunin er síðan reiknuð út samkvæmt jöfnu 2. Á mynd 3 er dæmi um niðurstöður kvörðunar.

Reiknað er með 5% óvissu í kvörðuninni, miðað við kvarðað jónunarhyllki (Shrimpton og Wall, 1983, Olerud, 1987). Í kvörðuninni er notaður Digi-X mælir með flötu jónunarhyllki

frá PTW Freiburg. Mælirinn er með kvörðun frá PTB í Þýskalandi, frá 1990, og var óvissan gefinn upp sem 1.3%. Heildaróvissan er því áætluð innan við 7%.



Mynd 2. Uppstilling vegna kvörðunar mælibúnaðar.

Staður: Landspítalinn, stofa 4

Háspennustilling: 80 kVp

	Loflampi, nr bykkir 721228		Undirlampi, nr bykkir 725492	
	Mælgildi frá Digi-X (nC)	Mælgildi frá Diamentor	Mælgildi frá Digi-X (nC)	Mælgildi frá Diamentor
1	1.46	50	1.86	82
2	1.68	51	1.93	85
3	1.68	51	1.74	77
Mæling gjafi	1.67	50.7	1.84	81.3
Flæsmátt (cm ²)	371.3		406.0	

Loflampi

Mælgildi frá Digi-X (nC)	Digi-X kvörðunarskili (nC/nC)	Góðmálaráttur (10%) (n/n)	Flæsmáttur (cm ²)	Mælgildi frá Diamentor	Kvörðunarskili
1.67	0.0953	0.159	59.0	50.7	1.16

Undirlampi

Mælgildi frá Digi-X (nC)	Digi-X kvörðunarskili (n/n)	Góðmálaráttur (10%) (n/n)	Flæsmáttur (cm ²)	Mælgildi frá Diamentor	Kvörðunarskili
1.84	0.0953	0.175	71.1	81.3	0.88

Mynd 3. Dæmi um kvörðun mælibúnaðar.

6. Nákvæmni við umreikning í vegið geislaálag

Eins og fram kom á undan eru til tvær aðferðir til að áætla vegið geislaálag þegar flatargeislun rannsóknarinnar er þekkt. Fyrri aðferðin sem notfærir sér gleypta orku, er ekki eins nákvæm og sú síðari sem reiknar vegið geislaálag beint frá flatargeislun. Ástæðan er að þrátt fyrir að gleypta orku sé hægt að áætla með óvissu innan við 10% (Alm Carlsson et al., 1984), er ekki til gott safn stuðla sem tengja vegið geislaálag við gleypta orku. Algennt hefur verið að nota $H_E = 14.3 \text{ mSv/J}$, en miðað við raunverulega dreifingu þessa stuðuls (6 - 40 mSv/J) er klárt að óvissan verður mjög mikil.

Með síðari aðferðinni er óvissan talsvert minni. Óvissan í stuðlinum sjálfum er innan við 2% (Hart et al., 1994), ef ekki er tekið tillit til frávika frá skilgreindum stillingum svo sem orkuróf röntgengeislans, stærð og staðsetningu geislaðs svæðis, frávik sjúklings frá reiknilíkaninu o.s.fr. Lang stærstu áhrifin hefur breytingin í háspennuninni og er áætlað að $\pm 10 \text{ kV}_p$ breyting leiði af sér hátt í $\pm 25\%$ breytingu í reiknistuðlinum. Reiknað er með því að þetta sé óvissan þegar um er að ræða stakar myndatökur.

Reiknistuðlar hafa einnig verið áætlaðir fyrir stærri og flóknari röntgenrannsóknir, með því að vikta og leggja saman stuðlana frá myndatökunni og skyggingunni sem rannsóknin samanstendur af. Framkvæmd stærri rannsókna er hins vegar mjög mismunandi á milli lækna og röntgendeilda, sem endurspeglast í enn stærri óvissu í þessum reiknistuðlum. Dreifing á framkvæmd röntgenrannsókna og áhrifa þeirra á heildar reiknistuðla hefur verið könnuð í Bretlandi, og fram kemur að óvissan er innan við 50%.

7. Heimildir

Alm Carlsson G., Carlsson C.A. og Persliden J., *Energy imparted to the patient in diagnostic radiology: calculation of conversion factors for determining the energy imparted from measurements of the air collision kerma integrated over beam area*, Phys. Med. Biol., Vol. 29, No. 11, 1329-1341, (1984).

Alm Carlsson G. og Carlsson C.A., *Relations between effective dose equivalent and mean absorbed dose (energy imparted) to patients in diagnostic radiology*, Phys. Med. Biol., Vol. 31, No. 8, 911-921, (1986).

Carlsson C., *Determination of Integral Absorbed Dose from Exposure Measurements*, Acta Radiologica. Vol.1:6, Therapy, (1963).

Hart D., Jones D.G. og Wall B.F., *Estimation of Effective Dose in Diagnostic Radiology from Entrance Surface Dose and Dose-Area Product Measurements*, NRPB-R262, (National Radiological Protection Board), (1994).

ICRP (International Commission on Radiological Protection), *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Publication 26, Pergamon Press, Oxford, (1977).

ICRP (International Commission on Radiological Protection), *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Publication 60, Pergamon Press, Oxford, (1990).

Jones D.G. og Wall B.F., *Organ Doses from Medical X-ray Examinations Calculated Using MonteCarlo Techniques*, NRPB-R186, (National Radiological Protection Board), (1985).

Olerud H.M., *Strålehygienisk analyse av medisinsk virksomhet i Norge. Hovedoppgave i biofysikk. Integrert dose; Et grunnlag for beregning av konsekvens ved røntgenundersøkelser*, SIS rapport 1987:4, Statens Strålevern, (1987).

Persliden J. og Alm Carlsson G., *Energy imparted to water slabs by photons in the energy range 5-300 keV. Calculations using Monte Carlo photon transport model*, Phys. Med. Biol., Vol. 29, No. 9, 1075-1088, (1984).

Saxebøl G., Olerud H.M. og Lundgren L.E., *Strålehygienisk analyse av medisinsk virksomhet i Norge. Status 1/1-1988: Stråledoser til pasienter i röntgendiagnostikk*, SIS rapport 1988:6, Statens Strålevern, (1988).

Shrimpton P.C. og Wall B.F., *An evaluation of the Diamentor transmission ionisation chamber in indicating exposure-area product ($R\text{ cm}^2$) during diagnostic radiological examinations*, Phys. Med. Biol., Vol. 27, No. 6, 871-878, (1982).

Viðauki 2. Viðmiðunargildi flatargeislunar

Árið 1990 gaf Alþjóða geislavarnaráðið (ICRP) út nýjar almennar leiðbeiningar um geislavarnir, ICRP 60. Eins og í fyrri leiðbeiningum eru ekki sett takmörkun vegna geislaskammta sjúklinga við læknisfræðilega notkun jónandi geislunar. Reiknað er með því að engin vafi leiki á um réttlætingu notkunarinnar og að ávinningur sjúklingsins er ætíð meiri en áhættan vegna geislunarinnar.

Hins vegar eru settar fram tillögur um að tekin verði upp notkun svokallaðra geislunarmarka (dose constraints) sem verkfæri til þess að skipuleggja geislavarnir og lækka geislaskammta í röntgengreiningu. Um er að ræða að setja ákveðið hámark til viðmiðunar á þann hluta geislaálags einstaklings sem kemur frá gefinni uppsprettu, t.d. röntgentæki eða röntgendeild. Lögð er áhersla á að geislunarmörk séu leiðbeinandi og að við ákvörðun þeirra sé tekið tillit til aðstæðna.

Árið 1996 kom út á vegum norrænu geislavarnastofnananna rit um norræn viðmiðunargildi vegna geislaálags sjúklinga í röntgengreiningu (Report on Nordic Radiation Protection Co-operation, no 5. Nordic Guidance Levels for Patient Doses in Diagnostic Radiology (1996)). Í þessu riti er valin sú leið að nota viðmiðunargildi (Guidance level) flatargeislunar sem verkfæri við bestun (optimization) röntgenrannsóknna.

Viðmiðunargildi fyrir myndgreiningarrannsóknir er hugsað sem þröskuldsgildi fyrir könnun sem fram ætti að fara á viðkomandi röntgendeildum á þeim möguleika að framkvæmd rannsóknna sé almennt slök og hefði í för með sér hærra geislaálag en nauðsynlegt væri. Þessi viðmiðunargildi eru sett sem auðmælanleg geislaskammtsgildi sem gefa vísbendingu um það geislaálag sem sjúklingar fá á viðkomandi deild við algengar rannsóknir. Þeim er þó ætlað að vera sveigjanleg og gera ráð fyrir því að í sumum tilfellum þurfi að nota hærra geislaálag til þess að ná viðunandi greiningarupplýsingum. Ef viðkomandi rannsóknir eru framkvæmdar með geislaálagi sem að meðaltali er fyrir ofan viðmiðunarmörkin, þá á að taka viðeigandi skref til þess að draga úr geislaálaginu og getur það falist í því að breyta vinnubrögðum, þjálfa starfsfólk, lagfæra og/eða endurnýja tækjabúnað og fl..

Þar sem geislaálag er í mörgum tilfellum mjög háð stærð sjúklinga, eru viðmiðunarmörkin miðuð við framkvæmd viðkomandi rannsóknar á venjulegan, staðlaðan hátt og á marktæku safni sjúklinga með dæmigerða samsetningu. Ekki er rétt að beita viðmiðunarmörkum gagnvart rannsókn á einstökum sjúklingum. Ráðlegt er að nota 10-20 mælingar til að áætla stöðu röntgendeildar eða röntgenstofu með tilliti til viðmiðunargilda.

Í ofangreindu riti norrænu geislavarnastofnana frá 1996 (no 5) eru sett viðmiðunargildi fyrir 5 rannsóknir, bæði flatargeislun og húðgeislaskammtur fyrir einstaka þætti þriggja þessara rannsókna, sjá töflu 1.

Tafla 1. Norræn viðmiðunargildi flatargeislunar

<i>Rannsókn</i>	<i>Flatargeislun</i> <i>(Gy cm²)</i>	<i>Húðgeislaskammtur</i>
		<i>(Entrace Surface Dose)</i> <i>(mGy)</i>
Lungnamyndataka	1	0,2 PA 0,5 Lat
Pelvis	4	5,0 AP
Lumbal-sacral hryggur	10	6,0 AP
Nýrnarannsókn (Urografía)	20	
Baríum rannsókn (Magi-skeifugörn)	30	
Ristill með/án lofts (Barium enema)	50	

Viðauki 3. Grunnstærðir og mælieiningar í Geislavörnum

Alþjóðleg hugtök í geislavörnum hafa einkum verið mótuð af alþjóðlegri nefnd vísindamanna, Alþjóða geislavarnaráðinu, ICRP (*International Commission on Radiological Protection*). Árið 1991 gaf ráðið út nýjar meginleiðbeiningar um geislavarnir í ritinu ICRP-60 og var þar heitum ýmissa stærða breytt, heiti mælieininga breyttust hins vegar ekki. Flest lönd og öll alþjóðasamtök nota nú SI-einingar við stærðir tengdar geislavörnum. Eldri einingar eru þó víða enn notaðar (t.d. í Bandaríkjunum) og þær er að finna í mörgum ritum og töflum.

Í eftirfarandi samantekt eru nokkrar grunnstærðir geislavarna tilgreindar og mælieiningar þeirra. Ensk (alþjóðleg) heiti á stærðum og mælieiningum eru gefin, bæði þau nýju og gömlu. Jafnframt er gefin einföld skilgreining eða skýring á viðkomandi stærð. Fæst íslensku heitanna hafa unnið sér sess í tungunni og verður því tíminn að skera úr um hversu vel þau reynast.

Stærð		Mælieining		
Heiti	Tákn	Tákn	Íslenskt heiti SI (alþjóðlegt í einingar sviga)	grunn-
Virgni, geislavirkni (<i>activity</i>)	A	Bq	bekerel (becquerel)	1 / s
Raffræðilegur geislaskammtur (<i>exposure</i>)	X	(R)	(röntgen)	C / kg
Geislaskammtur (<i>absorbed dose, tissue dose</i>)	D	Gy	grei (gray)	J / kg
Hlutálag, hlutgeislaálag (<i>equivalent dose</i>)	H _T	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Geislaálag (<i>effective dose</i>)	E	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Geislabyrði (<i>committed effective dose</i>)	E(τ)	Sv	sívert (sievert)	J / kg
Eðlisbyrði, eðlisgeislabyrði (<i>dose coefficient</i>)	e(τ)	Sv / Bq		J / kg . s
Hópálag, hópgeislaálag (<i>collective effective dose</i>)	S	manSv	mannsívert (mansievert)	J / kg

Hér koma nánari skilgreiningar á ofangreindum stærðum. Ensk (alþjóðleg) heiti eru gefin í sviga. Þar eru einnig gefin eldri heiti stærða og eininga, sem enn eru í notkun sums staðar, t.d. í Bandaríkjunum. Einingin „röntgen“ er ekki hluti hins alþjóðlega einingakerfis (SI), $1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} C / kg$

Virkni, geislavirkni (*activity*)

Virkni kjarntegundar er:

$$\text{Meðalfjöldi kjarnbreytinga á tímaeiningu, } A = \frac{dN}{dt}$$

SI-eining: bekerel (becquerel), Bq

Eldri eining: kúrí (curie), Ci, $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

Geislaskammtur (*absorbed dose, tissue dose*)

Geislaskammtur jónandi geislunar í efni er:

$$\text{Meðalorkuaukning efnis á massaeiningu vegna jónandi geislunar, } D = \frac{d\bar{e}}{dm}$$

Geislaskammtur jónandi geislunar í tilteknum vef eða líffæri (sem auðkennt er með T) er:

Heildarorkuaukning vefs (eða líffæris) vegna jónandi geislunar, deilt með

$$\text{massa vefsins, } D_T = \frac{e_T}{m_T}$$

SI-eining: grei (gray), Gy

Eldri eining: rad, $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy}$

(Stundum er einingin „cGy“ notuð. Í reynd er þá verið að halda í gömlu eininguna „rad“ því $1 \text{ cGy} = 1 \text{ rad}$)

Raffræðilegur geislaskammtur (*exposure*)

Raffræðilegur geislaskammtur er:

Sá skammtur röntgen- eða gammageisla sem leiðir til myndunar einingarskammts af jónum af hvoru formerki fyrir sig (+ og -) í massaeiningu af lofti.

Þessari mælistærð hefur ekki verið gefin sérstök eining í SI-kerfinu. Reynt hefur verið að láta mælistærðina *geislaskammt* koma í stað *raffræðilegs geislaskammts*. Stærðirnar meta mismunandi áhrif jónunar á massaeiningu:

Geislaskammtur: Meðalorkuaukning á massaeiningu

Raffræðilegur geislaskammtur: Magn jónunar í massaeiningu

Mælistærðin *raffræðilegur geislaskammtur* er engu að síður enn mikið notuð, enda lýsir hún beint því sem mörg mælitæki mæla.

Eining í gamla kerfinu: röntgen, R $1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C / kg}$

Hlutálag, hlutgeislaálag (*equivalent dose*)

Hlutálag geislunar í ákveðnum vef (eða líffæri), auðkenndum með tákni T , er:

Geislaskammtur líffæris T margfaldaður með vægisstuðli viðkomandi geislunar,

$$H_T = w_R \cdot D_T$$

Vægisstuðull geislunar, w_R , miðast við líffræðilega virkni hennar. Þessi stuðull er 1 fyrir fótónur og rafeindir (beta-geislun), en 20 fyrir alfa-geislun.

SI-eining: sívert (sievert), Sv

Eldra heiti á ensku: *dose equivalent*

Eldri eining: rem 1 rem = 0,01 Sv

Áður var vægisstuðull „Q“ notaður í stað „ w_R “. Töluleg gildi voru þau sömu.

Geislaálag (*effective dose*)

Geislaálag gefur beint mat á áhættu einstaklings vegna jónandi geislunar í lágum skömmtum. Geislaálag er reiknað sem:

Vegið meðaltal hlutgeislaálags líffæra líkamans, þar sem hvert líffæri hefur vægisstuðul í samræmi við hlut þess í heildaráhættu líkamans,

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

Eldra heiti á ensku og tákn: *Effective dose equivalent, H_E .*

SI-eining: sívert (sievert), Sv (sama og fyrir *geislaskammtsjafngildi*)

Eldri eining: rem 1 rem = 0,01 Sv

Geislabyrði (*committed effective dose*)

Geislavirkt efni sem berst inn í líkama getur valdið geislaálagi löngu eftir inntökuna.

Geislabyrði er:

Heildargeislaálag af völdum allrar geislunar á gefnu tímabili t frá geislavirku efni sem berst inn í líkamann.

$$E(t) = \int_0^t \dot{E}(t) dt$$

Almennt er miðað við 50 ára tímabil fyrir starfsfólk sem vinnur við geislavirk efni. Geislabyrði er þá táknuð $E(50)$. Fyrir aðra er almennt miðað við geislaálag til 70 ára aldurs. Geislabyrði af völdum geislavirks efnis er háð því með hvaða hætti það berst

inn í líkamann (um öndunar- eða meltingarveg). Það getur einnig verið háð efnafræðilegum eiginleikum þess efnasambands sem geislavirka efnið er bundið í. Sé viðmiðunartímabil ekki tilgreint, þá hefur venjulega verið miðað við 50 ár.

Geislabyrði hefur einnig verið nefnd: *Eftirfylgjandi geislaálag*

Eldra heiti á ensku og tákn: *Committed effective dose equivalent, $H_{E,50}$*

SI-eining: sívert (sievert), Sv (sama og fyrir geislaálag)

Eðlisbyrði, eðlisgeislabyrði (*dose coefficient* eða *committed effective dose per unit intake*)

Eðlisbyrði af völdum kjarntegundar í tilteknu efnasambandi er:

Geislabyrði af völdum einingarskammts af kjarntegund, sem berst með tilteknum hætti inn í líkamann

$$e(\mathbf{t}) = \frac{E(\mathbf{t})}{A}$$

(Hér táknar A virkni kjarntegundarinnar)

SI-eining: sívert/bekerel, Sv/Bq

Hópálag, hópgeislaálag (*collective effective dose*)

Hópálag er mat á heildaráhættu hóps af völdum geislunar. Hópálag er:

$$\text{Meðalgeislaálag einstaklinga í hópi margfaldað með fjölda þeirra } S = \bar{E} \cdot N$$

Með svipuðum hætti má skilgreina hópbyrði (meðalgeislabyrði í hópi margfaldað með fjölda í honum). Venjulega þarf einnig að tiltaka viðmiðunarhóp og sé um hópbyrði að ræða, þá þarf að tiltaka tímabilið. Einstaklingarnir í hópnum þurfa ekki að vera uppi á sama tíma. Við mat á umhverfisáhrifum geislaálagunar er oft miðað við hópbyrði í tíu þúsund ár. Oft er ekki gerður greinarmunur á hvort um hópálag eða hópbyrði er að ræða, sérstaklega ef reiknað er með báðum þáttum.

Eining: mannsívert (manSv)

Eldra heiti á ensku: *Collective effective dose equivalent, S_E*

Algengur misskilningur er að skilgreina megi hópálag sem summu geislaálags einstaklinganna í hópnum. Geislaálag er eðlislæg (á ensku *intrinsic*) stærð eins og hiti, þrýstingur og eðlismassi. Merkingarlaust er að reikna samtölu eðlislægra stærða fyrir hóp (t.d. að finna heildarhita ákveðins hóps einstaklinga). Meðalgildi eðlislægra stærða eru hins vegar vel skilgreind (samanber meðalhiti).

Ritaskrá Geislavarna ríkisins

útgáfuár	merki	heiti / höfundar
1972		Geislaælingar á röntgenrannsóknardeild
1972		Röntgenbúnaður og geislavarnir hjá tannlæknum
1986	86:01	Eftirlit með tannröntgentækjum árið 1985. Skýrsla um ástand og samanburður við fyrri ár.
1986	86:02	Notkun geislavirkra efna við kennslu. Leiðbeiningar um geislavarnir.
1986	86:03	Rannsóknir á geislavirkni í umhverfi. Maí 1986.
1987	87:01	Skýrsla um eftirlit með röntgentækjum.
1987	87:02	Geislavarna reglur við notkun færanlegra öryggisröntgentækja.
1987	87:03	Geislavarnareglur vegna notkunar mælitækja af gerðinni TROXLER.
1987	87:04	Reglur vegna geislatækja við hæðar- og eðlismassamælingar í iðnaði.
1988	88:01	Reglur um útbúnað og notkun tannröntgentækja (<i>fallið úr gildi</i>)
1988	88:02	Reglur vegna notkunar opinna geislalinda á rannsóknarst. og sjúkrahúsum. (<i>fallið úr gildi</i>)
1988	88:03	Leiðbeiningar varðandi notkun opinna geislalinda á rannsóknarstofum og sjúkrahúsum.
1990	90:01	Reglur um geislavarnir vegna starfrækslu röntgent. við sjúkdómsgreiningu. (<i>fallið úr gildi</i>)
1990	90:02	Yfirlit yfir röntgentæki og ástand þeirra eftir skoðun 1989. Febrúar 1990.
1990	90:03	Gæðatrygging á myndgreiningardeild. Úrkastgreining á röntgendeild Bsp. Apríl 1990.
1991	91:01	Reglur um geislavarnir vegna starfrækslu tannröntgentækja. (<i>fallið úr gildi</i>)
1991	91:02	Röntgenframköllun og fáar filmur.
1991	91:03	Skýrsla um röntgenbúnað Sjúkrahúss Suðurlands Selfossi.
1991	91:04	Geislaskammtamælingar í Mammógrafi. Lýsing á og áætlun um framkvæmd.
1992	92:01	Cesín-137 í sjó, þangi og sjávarfangi. Summis áfangaskýrsla. Maí 1992.
1993	93:01	Geislaskammtar við brjóstamyndatökur. Febrúar 1993.
1993	93:02	Myndgæði í brjóstamyndatöku. Lýsing á og áætlun um framkvæmd rannsókna á myndgæðum á röntgendeild Krabbameinsfélags Íslands.
1994	94:01	Tilfærsla 137Cs úr jarðvegi og gróðri í hreindýr. Niðurstöður rannsókna árin 1990-93.
1994	94:02	Leiðbeiningar um geislavarnir sjúklinga við röntgengreiningu.
1994	94:03	Eftirlit með framköllunarvélum á röntgendeildum 1991-93.
1994	94:04	Pósteftirlit með tannröntgentækjum 1991-93.
1994	94:05	Mælingar á geislaálagi í hafinu umhverfis Ísland og þróun nýrra mæliaðferða.
1995	95:01	Eftirlit með framköllunarvélum - Leiðbeiningar.
1995	95:02	Eftirlit með röntgentækjum tannlækna - Verklagsreglur.
1995	95:03	Geislaskammtar starfsfólks sem vinnur við jónandi geislun. Yfirlit fyrir árið 1994.
1995	95:05	Breyting á eftirliti með röntgenbúnaði í heilbrigðiskerfinu.
1996	96:01	Reglur um geislavarnir vegna starfrækslu tannröntgentækja
1996	96:02	Reglur vegna notkunar á lokuðum geislalindum.
1996	96:03	Geislaskammtar starfsfólks sem vinnur við jónandi geislun. Yfirlit fyrir árið 1995
1996	96:04	Leiðbeiningar um innra eftirlit með röntgenbúnaði
1996	96:05	Geislaálag vegna notkunar sérhæfðra tannröntgentækja.
1996	96:06	Röntgenreglur. Reglur um geislavarnir vegna starfrækslu röntgentækja við sjúkdómsgreiningu
1996	96:07	Geislaálag vegna notkunar röntgengeislunar við sjúkdómsgreiningu
1996	96:08	Reglur vegna notkunar á opnum geislalindum á rannsóknarstofum
1996	96:09	A Reconnaissance of Geological Scenarios for the Disposal of Radioactive Waste in Iceland. Jóhann Helgason PhD
1997	97:01	Geislaálag starfsfólks sem vinnur við jónandi geislun. Yfirlit fyrir árið 1996

1997	97:02	Geislaálag vegna notkunar tölvusneiðmyndataekja við sjúkdómsgreiningu
1998	98:01	Geislaálag starfsfólks sem vinnur við jónandi geislun. Yfirlit fyrir árið 1997
1999	99:01	Geislaálag starfsfólks sem vinnur við jónandi geislun. Yfirlit fyrir árið 1998
1999	99:02	Sjúkdómsgreining með röntgengeislun. Heildargeislaálag 1996.
2000	00:01	Geislaálag starfsfólks sem vinnur við jónandi geislun. Yfirlit fyrir árið 1999

Norræn geislavarna rit

útgáfuár - "Fána-bækur"

1977	Report on the Application of International Radiation Protection. Recommendations in the Nordic Countries
1979	Application in the Nordic Countries of ICRP Publication 26.
1983	Radiation Protection Information. Naturally Occurring Radiation in the Nordic Countries - Levels
1986	Naturally Occurring Radiation in the Nordic Countries - Recommendations.
1986.	Application in the Nordic Countries of International Radioactive Waste Recommendations
1987	Nordic Recommendations on Radiation Protection in Industrial Radiography.
1989	Nordic Recommendations on Protection of the Embryo and Foetus in Xray Diagnostics
1989	Disposal of High Level Radioactive Waste. Consideration of Some Basic Criteria. A Consultative Document
1992	Nordic Recommendations on Radiation Protection for Radionuclide Gauges for Permanent Installation
1993	Disposal of High Level Radioactive Waste. Consideration of Some Basic Criteria.

Report on Nordic Radiation Protection Co-Operation.

Nordisk rapportserie i Ståleskyddsfrågor

01:1990	Mammography. (Om Mammografi. Kvalitetssikring vid Mammografi - Prestanda- och Konstanskontroller)
02:1994	Shielding of Gonads. Protection of Patients in X-ray Diagnostics.
03:1994	Kvalitetskontrol og Tilsyn med Medicinsk Røntgendiagnostisk Udstyr. En Oversigt.
04:1995	Glandular Tissue Dose in Film-Screen Mammography
05:1996	Nordic Guidance Levels for Patient Doses in Diagnostic Radiology
06:1996	Radiograf uddanningen i Norden - innhold av realfag og strålehygiene.
07:1999	A Quality Control Program for Radiodiagnostic Equipment: Acceptance Tests