
Geislaálag starfsfólks sem vinnur við jónandi geislun á Íslandi. Yfirlit fyrir árið 2010

*Occupational Radiation Exposure in Iceland.
Overview for 2010.*

Guðlaugur Einarsson, eftirlitsstjóri

Júní 2011
Geislavarnir ríkisins
Rauðarárstíg 10
150 Reykjavík
sími: 4408200 fax: 5528202
www.geislavarnir.is
netfang: gr@gr.is

ISBN- 978-9979-9977-3-3



GEISLAVARNIR RÍKISINS

ICELANDIC RADIATION SAFETY AUTHORITY

**Geislaálag starfsfólks sem
vinnur við jónandi geislun á Íslandi
Yfirlit fyrir árið 2010**

Efnisyfirlit

EFNISYFIRLIT.....	2
SAMANTEKT.....	3
ENGLISH SUMMARY	4
BAKGRUNNUR.....	5
FRAMKVÆMD	6
NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA	8
HEIMILDIR	15
VIÐAUKI 1. DÆMI UM ÁRSNIÐURSTÖÐUR DEILDA	18
VIÐAUKI 2. GRUNNSTÆRÐIR OG MÆLIEININGAR GEISLAVARNA	19
VIÐAUKI 3. TÖFLUR UM MEÐAL-OG HEILDARGEISLAÁLAG 1998-2008	23

Samantekt

Kynnt er árleg samantekt Geislavarna ríkisins (GR) á niðurstöðum um geislaálag starfsfólks sem vann við jónandi geislun á árinu 2010. Samtals báru 433 einstaklingar geislaálag frá GR á síðasta ári og starfa þeir hjá 83 fyrirtækjum og stofnunum. Um 80% þeirra vinna við störf tengd heilbrigðisþjónustunni og rúmlega 60% starfa við læknisfræðilega myndgreiningu. Af þessum 433 einstaklingum mældist geislun hjá 149 eða 34,4 %. Meðalgeislaálag var 0,15 mSv ef miðað er við alla sem báru geislaálag, en ef eingöngu er miðað við þá starfsmenn sem geislun mældist hjá er meðalgeislaálagið 0,43 mSv. Þá voru 25 einstaklingar með geislaálag á bilinu 0,5 – 1 mSv og 19 einstaklingar voru á bilinu 1 – 6 mSv. Aðeins einn einstaklingur með hærri geislaálag en 5 mSv og er hann starfsmaður á Ísótópadeild Landspítalans.

Þannig voru 95,6% allra starfsmanna ekki með mælanlegt geislaálag eða geislaálag undir 1 mSv, sem er 1/20 af hámarks leyfilegu árlegu geislaálagi samkvæmt reglugerð [nr. 627/2003](#) um hámarks geislunar starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun. Hópgeislaálag var 0,084 mannSv, sem er örlítið lægra en á síðasta ári (0,118 mannSv) og lægra en meðaltal síðustu 10 ára (0,112 mannSv).

Þá eru einnig birtar niðurstöður á mati á geislaálagi flugáhafna á Íslandi. Niðurstöðurnar eru sem fyrr eingöngu fyrir einn flugrekanda og eru fyrir árin 2008 og 2010. Fjöldi starfsmanna með mælanlega geislun eru 849 fyrir 2010. Meðalgeislaálag þeirra var 2,31 mSv og hópgeislaálag var 1,9 mannSv. Enginn starfsmaður var með geislaálag yfir 5 mSv. Flugliðar eru lang fjölmennasti hópur geislastarfsmanna, með mun hærri meðalgeislaálag en aðrir hópar geislastarfsmanna.

English summary

This report presents the Icelandic Radiation Safety Authority's (IRSA) annual results of the individual monitoring service for occupationally exposed persons for 2010. The report is distributed to all departments and facilities where workers have carried personal dosimeters from IRSA in 2010.

A total of 433 workers carried a personal film dosimeter in 2010 at 83 different workplaces. About 80% of them work in the healthcare sector or healthcare related activities and 60% are involved with diagnostic radiology. Of these 433 workers, 34,4 % (149) received a dose above the recording level. The average effective dose (estimated by $H_p(10)$) was 0,15 mSv for all workers and 0,43 mSv for the workers that received a dose above the recording level. There were 25 workers with doses between 0,5 – 1 mSv and 19 workers with doses between 1 – 6 mSv. The highest doses was 5,3 mSv for a worker in Nuclear Medicine. Of the 150 workers with recorded doses, 5% received doses above 1 mSv and 95,6% of all monitored workers received a dose below 1 mSv or no dose at all. The annual collective effective dose was 0,084 manSv, which is slightly lower than last year (2009) 0,118 manSv and to the average of 0,112 manSv for the last 10 years.

Also reported are the occupational doses for flight crews. These are based on a report for one air carrier for the years 2010. The number of workers are 849 and the average effective dose was 2,31 mSv. No worker was above 5,0 mSv. The annual collective dose was 1,9 manSv. Flight crew personnel are the group of occupationally exposed workers that have the highest average dose and number of workers.

Bakgrunnur

Geislavarnir ríkisins (GR) starfa samkvæmt lögum [nr. 44/2002](#) um geislavarnir. Reglubundið eftirlit með geislaálagi starfsmanna sem vinna við jónandi geislun er eitt af þeim lögbundnu verkefnum sem GR annast og er mikilvægur þáttur í starfsemi stofnunarinnar. Í reglugerð [nr. 627/2003](#) er fjallað um hámarks geislunar starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun. Í reglugerðinni kemur fram að hámarks leyfilegt geislaálag, miðað við jafndreifða geislun á allan líkamann er 20mSv/ári. Við sérstakar aðstæður geta GR þó heimilað að geislaálag starfsmanns verði allt að 50 mSv einstakt ár en það má þó ekki verða meira en 100 mSv á hverju 5 ára tímabili. Til viðbótar er gerð sú krafa að þess skuli jafnframt gætt að öll geislun starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun sé eins lítil og unnt er að teknu skynsamlegu tilliti til efnahagslegra og þjóðfélagslegra aðstæðna.

Markmið eftirlitsins er að afla upplýsinga um geislaálag þeirra einstaklinga sem starfa við jónandi geislun í samræmi við ákvæði 5. gr. laga [nr. 44/2002](#) og staðfesta að vinnuaðstæður séu þannig að geislaálag starfsmanna sé innan leyfilegra marka. Einnig veitir eftirlitið mikilvægar upplýsingar um þá staði og starfsaðstæður þar sem geislaálag starfsmanna er hátt og nýtist þannig við reglubundið eftirlit á þeim stöðum.

Hjá stofnuninni eru geymdar upplýsingar um geislaálag þeirra starfsmanna sem unnið hafa við jónandi geislun á Íslandi bæði innlendra sem erlendra. Samkvæmt lögum um geislavarnir er skylt að varðveita gögn um geislaálag starfsmanna allan þann tíma sem einstaklingur starfar við jónandi geislun og allt þar til hann verður 75 ára eða hefði orðið það, en undir engum kringumstæðum skemur en í 30 ár. Hjá GR eru varðveittar mælifilmur sem notaðar hafa verið frá upphafi þessara mælinga á Íslandi eða síðan 1963. Í rafrænum gagnagrunni eru til mæliniðurstöður frá 1989.

Gagnagrunnskerfið sem notað er við skráningu og geymslu upplýsinga um geislaálag starfsmanna uppfyllir kröfur sem gerðar eru um slíka skráningu af m.a. UNSCEAR ([1](#)) og ESB ([2](#)).

Framkvæmd

[Danska geislavarnastofnunin](#) (SIS) veitir Geislavörnum ríkisins mikilvæga aðstoð við framkvæmd á eftirliti með geislaálagi starfsmanna, hvað varðar innkaup á filmum og geislun á kvörðunarfilmum. Fyrir hvert mælitímabil sendir SIS stofnuninni 4-500 mælifilmur sem og kvörðunarfilmur. Kvörðunarfilmurnar eru geislaðar hjá SIS með fyrirfram þekktum geislaskammti. Þessar filmur eru síðan framkallaðar hjá GR með mælifilum notenda samsvarandi mælitímabili. Kvörðunarfilmurnar gera það kleift að meta og reikna út þá geislun sem filmur notenda verða fyrir út frá svertu á framkölluðum filmum.

Við eftirlitið eru notaðar sérstakar filmur "Kodak Type 2" sem settar eru í filmuhylki af gerðinni "AERE/RPS" (sjá mynd 1). Starfsmenn bera síðan filmur í tvo mánuði í senn og eru því 6 mælitímabil á ári. Starfsfólk við röntgengreiningu sem notar blýgúmmísvuntu við vinnu sína á að bera mælifilmuna undir henni.

Hver einstaklingur sem fær mælifilmu er skráður í geislaálags gagnagrunn (e. *dose register*) stofnunarinnar samkvæmt kennitölu, ásamt upplýsingum um vinnustað og uppsprettu geislunar á þeim stað. Þannig fær hver starfsmaður svokallaðan „starfskóða“ í samræmi við þessar upplýsingar. Sem dæmi má nefna að starfsmenn á Ísótópadeild Landspítalans við Hringbraut eru með starfskóðan 22 (sjá niðurstöðutöflur 1 og 2) en starfsmenn á öðrum ísótópadeildum eru með starfskóðan 21. Munurinn liggur í því að á Ísótópadeildinni er unnið með mun meira magn en á öðrum stöðum þar sem ísótóparannsóknir fara fram. Þá eru starfsmenn á rannsóknarstofum sem vinna með opnar geislalindir með starfskóðann 25, en þar er magn þessara efna mun minna. Sjá einnig leiðbeiningar Geislavarna ríkisins um flokkun rannsóknarstofa (GR04:02) ([3](#)).



Mynd 1. Filmuhylki
Film badges used
almost exclusively

Eitt fyrirtæki á Íslandi notar einnig mælihylki til þess að meta geislaálag starfsmanna vegna vinnu við orkuháa nifteindageislun. Geislavarnir ríkisins hafa frá því í byrjun árs 2008 keypt þessa þjónustu frá fyrirtækinu [Landauer Inc.](#) í Englandi vegna þessa. Nifteindamælihylki eru borin af starfsmönnum í 3 mánuði í senn.

Sú geislun sem lesin er af mælifilmunum og nifteindahylkjum og skráð er í gagnagrunninn, er **geislaálag** (e. *effective dose* (E)) (4). Litið er svo á að geislunin sé jöfn á allan búkinn. Í gagnagrunninum er geislaálag skráð í 0,1 mSv þrepum (e. *reporting level*) (2) og geislaálag undir 0,05 mSv er skráð sem núll. Ef einstaklingur fær >1 mSv á einu einstöku mælitímabili þá er það skoðað nánar (e. *investigation level*) (2) í samstarfi við ábyrgðarmann og/eða starfsmanninn sjálfan á viðkomandi stað.

Mikilvægt er að geislaálag mælifilma sé skilað til framköllunar og mats, strax eftir 2ja mánaða notkun. Hægt er með nægilegri nákvæmni að meta geislaálag mælifilma sem koma einu til tveimur mælitímabilum of seint til framköllunar. Mælifilmur sem koma til framköllunar meira en tveimur mælitímabilum of seint, eru framkallaðar og metnar, en niðurstöður eru ekki skráðar í gagnagrunninn. Mælifilmur sem eru orðnar 1 árs gamlar eru ekki framkallaðar eða metnar.

Notkun mælifilma er ekki takmörkuð af hálfu stofnunarinnar. Þeir sem starfa með jónandi geislun geta fengið mælifilmur hjá Geislavörnum ríkisins, sé þess óskað af ábyrgðarmanni á viðkomandi stað. Á hverju ári er innheimt sérstakt gjald fyrir hvern notanda og er miðað við fjölda filma í samræmi við gildandi gjaldskrá sem gefin er út af Heilbrigðisráðuneytinu (5). Stofnunin hefur gefið út sérstakt rit með leiðbeiningum um skilgreiningu og afmörkun vinnusvæða og flokkun starfsmanna í geislavinnu í flokki A og B, í samræmi við reglugerð [nr. 627/2003](#) um hámarksgeislun starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun (6). Þar er að finna annars vegar leiðbeinandi listi um þær vinnuaðstæður þar sem einstaklingsbundið eftirlit er nauðsynlegt og hins vegar þær vinnuaðstæður þar sem þess er ekki krafist.

Samhliða því að þessi skýrsla er send til viðskiptavina er einnig sent yfirlit um niðurstöður fyrir alla starfsmenn á hverjum stað, þar sem fram kemur fjöldi útsendra filma á hvern einstakling, geislaálag fyrir hvert tímabil og meðalgeislaálag ársins fyrir hvern starfsmann. Innig koma fram svokölluð „afdrif“ filma, þ.e. að filma fyrir ákveðið tímabil hafi ekki borist Geislavörnum, hvort hún hafi komið til baka ónotuð eða að ekki var hægt að meta hugsanlega geislun á henni vegna þess að filman hafi blotnað á notkunartímabilinu (t.d. farið í þvott með fötum starfsmanns) eða vegna þess að hún kemur of seint til baka. Sjá dæmi um slíkt yfirlit í [Viðauka 1](#).

Niðurstöður og umræða

Í geislaálagsgagnagrunni stofnunarinnar eru nú upplýsingar um geislaálag fyrir rúmlega 2000 einstaklinga sem starfað hafa við jónandi geislun frá árinu 1989. Á árinu 2010 báru 433 starfsmenn mælifilmur frá stofnuninni og starfa þeir hjá 84 fyrirtækjum og stofnunum. Stærstur hluti þeirra eða um 80% vinna störf sem tengjast heilbrigðisþjónustunni og 60% starfa við notkun jónandi geislunar í læknisfræðilegri myndgreiningu. Starfsmenn við notkun tannröntgentækja eru 8,3% og starfsmenn við dýralækningar eru um 6,9%. Um 6,0% unnu við geislameðferð og tæplega 13% unnu með geislavirk efni á rannsóknarstofum og sjúkrahúsum.

Á árinu 2010 voru sendar út til notenda 2415 filmur fyrir sex mælitímabil. Um 6% af útsendum filmum skiluðu sér ekki til framköllunar og mats á geislaálagi af ýmsum ástæðum. Þegar reiknað er út hópgeislaálag (mannSv) (4) er hugsanlegt geislaálag á óendurheimtum filmum áætlað inn í niðurstöðurnar. Af þeim 2268 filmum sem skiluðu sér voru 2,1% ónotaðar og var þeim eytt úr kerfinu.

Í Töflu 1 er sýnt meðal- og hópgeislaálag fyrir alla hópa starfsmanna flokkað eftir tegund starfa (þ.e. eftir starfskóða). Fram kemur að meðalársgeislaálag allra starfsmanna er 0,15 mSv, en ef eingöngu er litið til þeirra starfsmanna sem eru með mælanlega geislun er meðalársgeislaálag þeirra 0,43 mSv. Til samanburðar má geta þess að samsvarandi meðalgeislaálag í Danmörku árið 2009 var 0,13 mSv og 0,66 mSv (7). Í Noregi árið 2009 var það 0,33 mSv og 2,6 mSv, en þar verður að taka með í reikninginn að þar eru filmuhylki borin fyrir utan blýsvuntu, þar sem það á við og raunverulegt geislaálag er því um 10-40% af þessum tölum (um 0,13 og 1,0 mSv) (8). Einnig kemur fram í Töflu 1 að samanlagt hópgeislaálag er 0,066 mannSv, en þá á eftir að leggja við áætlað geislaálag vegna filma sem ekki skiluðu sér (10 mSv) og vegna filma sem bárust of seint til framköllunar (10 mSv). Samtals verður hópgeislaálagið því 0,084 mannSv.

Í Töflu 1 kemur einnig fram að hæsta meðalársgeislaálag starfsmanna, er hjá starfsmönnum á rannsóknastofu í flokki B (1 vinnustaður) 1,51 mSv. Þar á eftir eru starfsmenn við hjartapræðingar (1 vinnustaður) með 0,90 mSv. Ef eingöngu er litið á meðalársgeislaálag þeirra einstaklinga sem voru með mælanlega geislun er um sömu vinnustaði að ræða, starfsmenn á rannsóknarstofu í flokki B eru hæstir með 2,27 mSv (4 starfsmenn), á meðan starfsmenn við hjartapræðingar eru næstir með 1,04 mSv (27 starfsmenn). Hæsta geislaálag starfsmanns er 5,3 mSv fyrir allt árið

og er um að ræða starfsmann á rannsóknastofu í flokki B. Meðalársgeislaálag á röntgendeildum er 0,11 mSv og 0,23 mSv.

Í **Töflu 2** sést dreifing geislaálags í stærðarflokkum og er flokkað eftir tegund starfa. Í heild eru 433 notendur mælifilma og þar af eru 283 ekki með mælanlegt geislaálag ($E=0$). Samtals eru 18 starfsmenn með geislaálag á bilinu 1 – 5 mSv og einn starfsmaður með hærri geislun (5,3 mSv). Enginn starfsmaður var yfir 10 mSv. Þá eru 95% starfsmanna ekki með mælanlegt geislaálag eða með geislaálag sem er undir 1 mSv (1/20 af leyfilegu hámarks geislaálagi).

Tafla 1. Meðal- og hópgeislaálag fyrir 2010, flokkun eftir tegund starfa.

Accumulated annual average doses and collective doses for 2010 grouped according to designated activity codes.

	Starfs- kóði (Activity code)	Fjöldi starfs- manna (No. of workers)	Fjöldi starfsmanna með E = 0 (No. workers with E=0)	Hlutfall starfsmanna með E > 0 (Workers with E>0) (%)	Meðal- ársgeislaálag (Average annual dose) (mSv)	Meðalársgeisla- álag f. starfsm. með E > 0 (Average annual dose f. workers with E>0) (mSv)	Heildarárs- geislaálag (Total effective dose) (mSv)
Almenn röntgengreining (<i>Diagnostic imaging</i>)	1	197	101	49	0,11	0,23	22,13
Hjartaþræðingar (<i>Cardiology</i>)	2	31	4	87	0,90	1,04	27,99
Brjóstamyndatökur (<i>Mammography</i>)	3	4	3	25	0,01	0,02	0,02
Röntgengreining á skurðstofum (<i>Surgery</i>)	4	15	8	47	0,08	0,18	1,27
Röntgengreining hjá tannlæknum (<i>Dentistry</i>)	5	36	36	0	0	0	0
Röntgengreining hjá dýralæknum (<i>Veterinary</i>)	6	30	26	13	0,01	0,06	0,23
Geislalækningar (<i>Radiation Therapy</i>)	10	26	21	19	0,06	0,33	1,64
Rannsóknarstofa tegund C (<i>Labt. level C</i>)	21	4	3	25	0,03	0,11	0,11
Rannsóknarstofa tegund B (<i>Labt. level B</i>)	22	6	2	67	1,51	2,27	9,08
Rannsóknarstofa tegund D (<i>Labt. level D</i>)	25	18	18	0	0	0	0
Færanleg tæki (iðnaðarröntgen) (<i>NDT mobile</i>)	32	6	3	50	0,12	0,25	0,74
Hreyfanlegar lokaðar lindir (<i>Mobile sealed s.</i>)	42	29	29	0	0	0	0
"X-ray diffraction" tæki (<i>Diffraction eq.</i>)	55	5	5	0	0	0	0
Öryggi og eftirlit (<i>Safety and inspection</i>)	82	26	24	8	0,02	0,45	0,45
Læknisfræðileg myndgreining (Medical Imaging)		313	178	43	0,17	0,38	51,64
Geislalækningar (Radiation Therapy)		26	21	19	0,06	0,33	1,64
Opnar geislalindir í lækningum (Unsealed sources in medicine)		28	23	18	0,33	1,84	9,19
Efnisrannsóknir / öryggi (NDT and safety)		66	62	6	0,02	0,3	3,69
Samtals (Total)		433	284	34	0,15	0,43	66,66

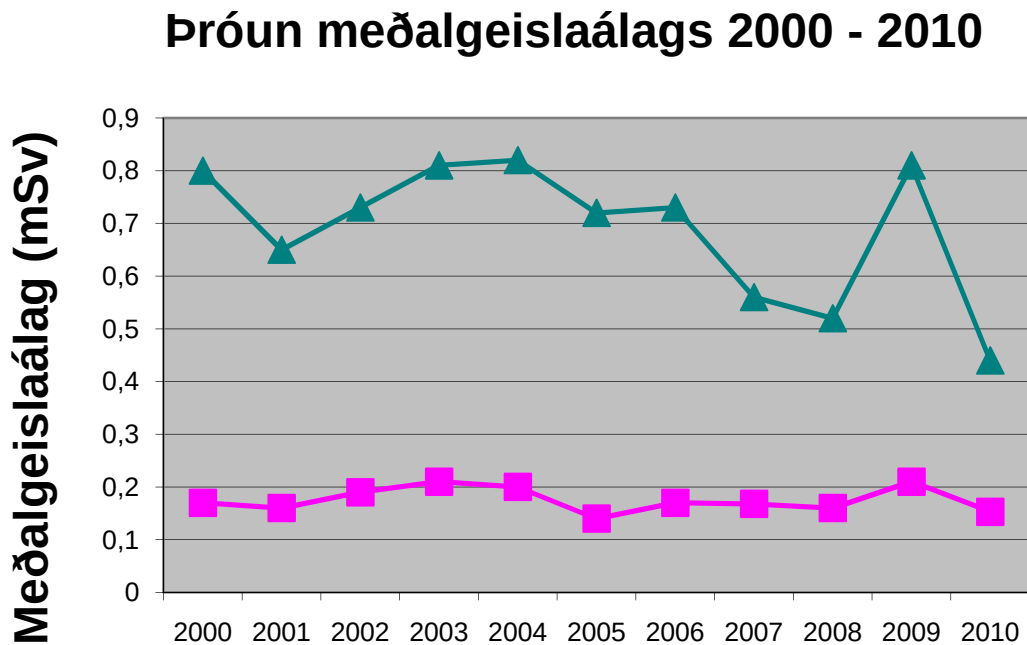
Ath. E stendur fyrir geislaálag í þessari töflu.

Tafla 2. Dreifing geislaálags árið 2008 flokkun eftir tegund starfa
Distribution of doses according to size and activity codes (same as in table 1)

Fjöldi starfsmanna / ársgeislaálag í stærðarflokkum																
	Starfs- kóði	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5- 0,6	0,7- 0,9	1,0- 1,9	2,0- 2,9	3,0- 3,9	4,0- 4,9	5,0- 6,9*	7,0- 9,9	>10,0	Heild. fjöldi
Almenn röntgengreining	1	99	63	13	6	5	6	3	2							197
Hjartaþræðingar	2	4	8	2	1	1	1	1	9	3	1					31
Brjóstamyndatökur	3	3	1													4
Röntgengr. á skurðstofum	4	8	3	3	1											15
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	36														36
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	26	4													30
Geislalækningar	10	21	3	1					1							26
Rannsóknastofa tegund C	21	3	1													4
Rannsóknastofa tegund B	22	2				1			2				1			6
Rannsóknastofa tegund D	25	18														18
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	3	1		1	1										6
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	29														29
"X-ray diffraction" tæki	55	5														5
Öryggi og eftirlit	82	24				1										26
Læknisfræðileg myndgreining		176	79	17	9	6	7	4	11	3	1	0	0	0	0	313
Geislalækningar		21	3	1		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	26
Opnar geislalindir í lækningum		23	1	0		1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	28
Efnisrannsóknir, "x-ray diffr."		62	1	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	66
Samtals		282	84	18	10	9	7	4	14	4	1	0	1	0	0	433

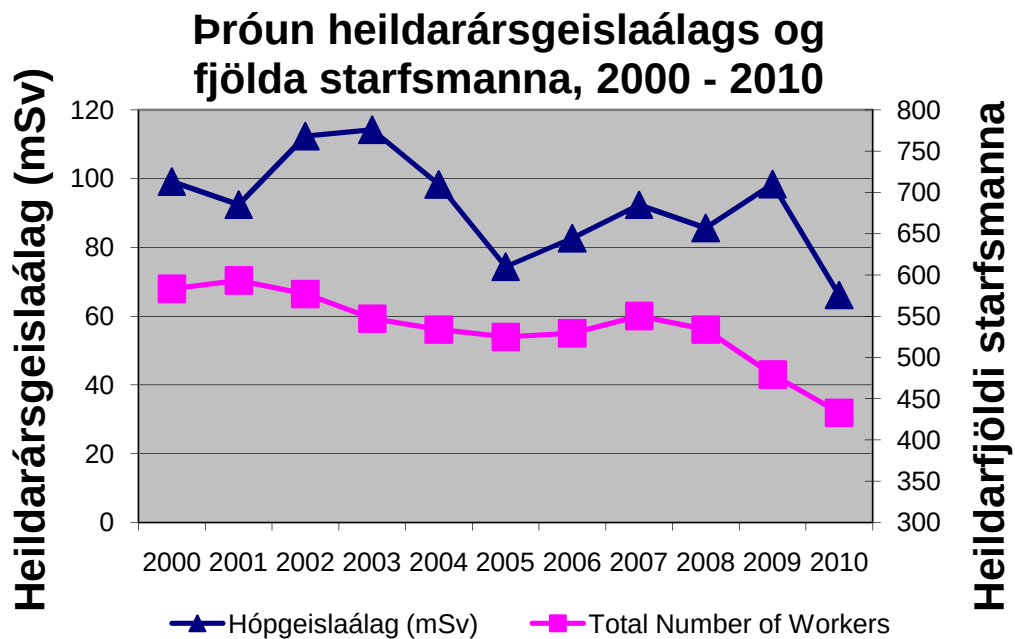
* Hámarks gildi var 5,3 mSv

Þróun meðalgeislaálags starfsmanna er sýnt á Mynd 2 frá árinu 1999. Annars vegar er um að ræða meðalgeislaálag miðað við alla sem báru filmur (neðri línan) og hins vegar miðað eingöngu við þá starfsmenn sem voru með mælanlega geislun á hverjum tíma ($E > 0$) (efri línan).



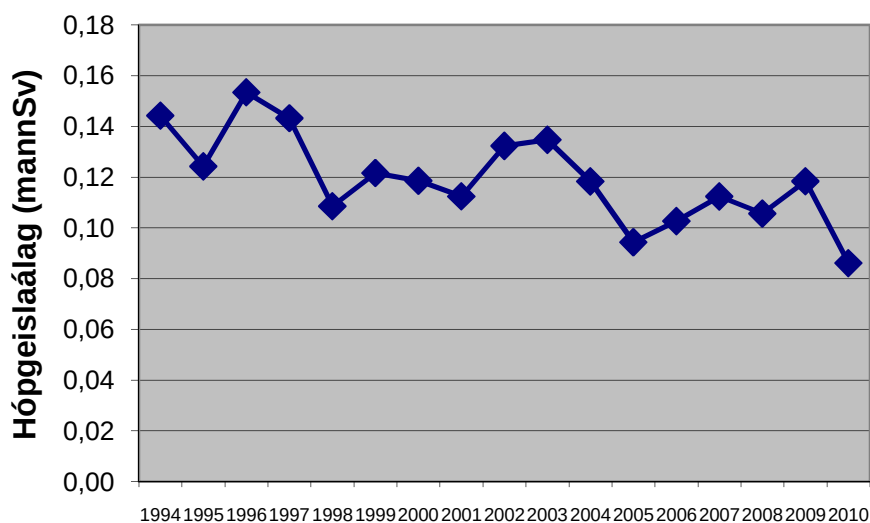
Mynd 2. Þróun meðalgeislaálags 2000-2010. *Annual effective dose for the past 10 years, for all monitored workers (lower line) and workers with $E > 0$ (upper line).*

Á Mynd 3 er sýnd þróun heildarársgeislaálags (allir geislaskammtar lagðir saman) fyrir sama tímabil, ásamt fjölda einstaklinga hverju sinni. Miklar sveiflur í meðalgeislaálagi á milli ára stafa fyrst og fremst af miklum áhrifum af háu geislaálagi einstakra starfsmanna.



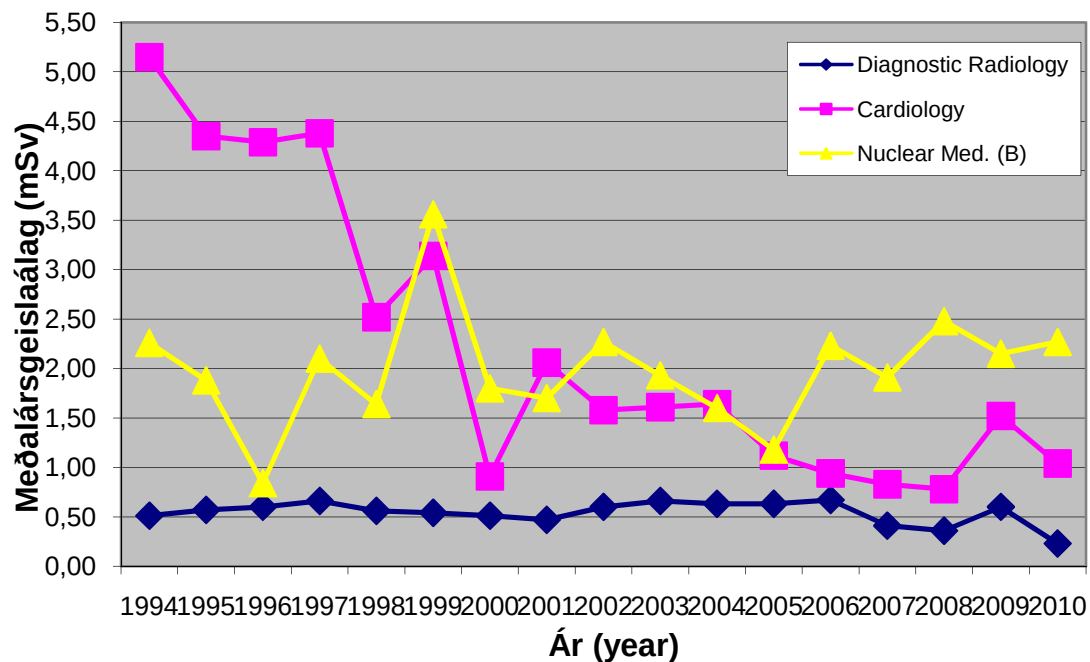
Mynd 3. Þróun heildarársgeislaálags og fjöldi starfsmanna með mælifilmur á árunum 2000-2010. Total Effective Dose and the number of workers monitored in 2000-2010

Á Mynd 4 er sýnd þróun hópgeislaálags (e. *collective effective dose* (CED)) fyrir sama tímabil (mannSv er skilgreind mælieining fyrir hópgeislaálág, sjá [viðauka 2](#)) og er þá búið að bæta við áætluðu geislaálagi vegna týndra filma, filma sem bárust of seint og geislunar undir greiningarmörkum.



Mynd 4. Þróun hópgeislaálags síðustu 15 ár. Trend in CED (corrected for lost and late dosimeters and for doses below detection limit) over the last 17 years .

Á Mynd 5 er sýnd þróun í meðalgeislaálagi fyrir nokkur starfssvið á tímabilinu 1994-2010 og starfsmenn sem eru með mælanlega geislun. Greinileg og stöðug lækkun var hjá starfsmönnum við hjartaþræðingar (e. *cardiology*), sem skýrist m.a. af því að í þessum flokki hefur starfsmönnum fjölgað umtalsvert.



Mynd 5. Þróun meðalgeislaálags á þremur starfssviðum síðustu 17 ár. *Trend in average Effective Dose for selected worker categories and workers with $E>0$, over the last 17 years.*

Geislaálag flugáhafna

Inngangur

Í 13. grein laga nr. 44/2002 um geislavarnir segir: "Við starfsemi sem hefur í för með sér aukna náttúrulega jónandi geislun skal gripið til viðeigandi aðgerða til þess að verja starfsfólk gegn slíkri geislun". Í reglugerð nr. 627/2003 um háþörf geislunar starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun, eru nánari ákvæði um þau háþörf geislunar sem starfsmenn sem vinna við jónandi geislun mega verða fyrir. Fylgst skal með geislaálagi á starfsmenn sem geta orðið fyrir meiri geislun en svarar til 1 mSv á ári, þar á meðal vegna aukinnar náttúrulegrar geislunar sem fylgir starfi.

Geislavarnir ríkisins og Flugmálastjórn vinna saman að útfærslu eftirlits með geislaálagi flugáhafna í millilandaflugi á grundvelli ofangreindra ákvæða og á grundvelli norrænar yfirlýsingar um þetta efni (9). Ekki er þörf á einstaklingsbundnum mælingum til þess að meta geislaálag hvers og eins, heldur er stuðst við reiknilíkan og hugbúnað sem áætla geislaálagið út frá flugleiðum, flughæð, flugtíma og fleiri þáttum. Reglugerð vegna framkvæmdarinnar er ennþá í smíðum en gert er ráð fyrir því að allir flugrekendur héraðs skipuleggi vinnu flugliða og flugleiðir með það að markmiði að geislaálag flugliða haldist undir 6 mSv á ári og fari ekki yfir 1 mSv hjá konum eftir að þær tilkynna að þær séu barnshafandi.

Einnig er gert ráð fyrir að flugrekendur sjái til þess að upplýsingum um geislaálag flugáhafna í millilandaflugi sé safnað og niðurstöður tilkynntar Geislavörnum ríkisins árlega. Flugliðar í millilandaflugi eiga einnig að fá upplýsingar um eigið geislaálag árlega.

Niðurstöður og umræða

Þrátt fyrir að reglugerðin hafi ekki verið sett hefur stofnuninni borist upplýsingar um geislaálag flugáhafna á Íslandi fyrir árin 2008 til 2010 frá einum flugrekanda (Icelandair) sem birtar eru hérna, sjá töflu 3. Niðurstöður fyrir 2008 og 2009 voru fyrst birtar á síðasta ári.

Tafla 3. Geislaálag flugáhafna 2008 - 2010. *Occupational doses for flight crews in 2008 to 2010.*

Ár	Fjöldi flugrek- enda	Fjöldi áhafnar meðlima	Fjöldi einstaklinga / geislaálag í stærðarflokkum (mSv)						Hóp-geislaálag (mannSv)	Meðal-geislaálag (mSv)
			< 1	1<2	2<3	3<4	4<5	5<6		
2008	1	1084	230	279	233	257	85	0	2,33	2,15
2009	1	892	208	228	180	188	88	0	1,90	2,13
2010	1	849	125	215	232	220	56	1	1,97	2,31

Í Töflu 3 sést að flugliðar eru stærsti einstaki hópur geislastarfsmanna og um leið sá hópur sem verður fyrir mestri geislun á Íslandi. Hópgeislaálag fyrir þennan hóp hefur aukist lítillega frá 2008, var samtals 2,33 og er 1,97 mannSv 2010, á meðan hópgeislaálag annarra geislastarfsmanna var tæplega 0,1 mannSv.

Allir flugliðar voru með geislaálag undir 5 mSv, hæsta geislaálag einstaklings var 5,1 mSv. Meðalgeislaálag flugáhafna er jafnhátt og hjá þeim starfmönnum sem bera einstaklingsgeislaæla frá GR og eru hæstir, þ.e. starfsmenn sem vinna á rannsóknarstofu í flokki B, Ísótópastofa á Landspítala. Meðalgeislaálagið er 2,15 og 2,13 mSv, en til samanburðar má benda á að meðalgeislaálag flugáhafna í Danmörku var 2,2 mSv árið 2008 og 1,8 mSv 2009 (7).

Heimildir

1. UNSCEAR, 1982, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. 1982 Report to the General Assembly*, UN Publication. Sales No. E.82IX.8 06300P (New York: UN). (www.unscear.org)
2. European Commission. Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation. [Radiation Protection no. 160](#). Directorate-General for Energy and Transport. Nuclear Energy, Unit H.4 – Radiation Protection 2009. (http://ec.europa.eu/energy/nuclear/index_en.htm)
3. Geislavarnir ríkisins, GR 04:02. Leiðbeiningar um flokkun rannsóknarstofa þar sem unnið er með opnar geislalindir. [Geislavarnir ríkisins 2004](#). (<http://www.gr.is/vidskiptavinir/leidbeiningar/>)
4. International Commission on Radiological Protection, *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, [Publication 103](#), Pergamon Press, Oxford (2007). (www.icrp.org)
5. [Gjaldskrá Geislavarna ríkisins fyrir árið 2010](#). (<http://www.geislavarnir.is/vidskiptavinir/gjaldskra>)
6. Geislavarnir ríkisins, GR04:09. Leiðbeiningar um eftirlit með geislaálagi starfsmanna sem vinnur við jónandi geislun. Flokkun starfsmanna og vinnusvæða. [Geislavarnir ríkisins, 2004](#). (<http://www.gr.is/vidskiptavinir/leidbeiningar/>)
7. Sundhedsstyrelsen, Statens Institut for Strålehygiejne, Dosisovervågning av stråleudsatte arbejdstagere, [Resultater for 2009](#) Septemberi 2010. (www.sst.dk)
8. Statens Strålevern, Årsrapport fra Persondosemetritjensten ved Statens strålevern, 2008-2009. [Rapport 2010:09](#). (www.nrpa.no)
9. Sameiginlega afstaða norrænna geislavarna-og flugmálastjórna um framkvæmd eftirlits með geislaálagi flugáhafna. (http://www.gr.is/media/fraedsluefni/Sameiginleg_tulkun_08.pdf)

Viðauki 1. Dæmi um ársniðurstöður deilda

Geislaálag starfsfólks ársyfirlit

Yfirlit fyrir árið: 2004

Geislavarnir ríkisins
Eftirlitssvið
Brynjar Örn Ragnarsson
Rauðarárstíg 10
150 Reykjavík - Ríkisstofnanir

Nafn	Fd. mán	Starfskoði	Jan - feb	Mars - apr	Maj - júní	Júlí - ágúst	Sept - okt	Nóv - des	Árs- geislaálag mSv.	Fjöldi filma
Brynjar Örn Ragnarsson	0101	82				0,0	0,0	0,0	0,0	3
Guðlaugur Einarsson	0611	82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6
Jon Gitz Holler	2302	82				0,0	Ath 7		0,0	2
Jóna Gréta Einarisdóttir	0711	82	0,0	0,0	0,0	Ath 7	Ath 7		0,0	5
Kjartan Guðnason	2511	82	0,0	Ath 7	0,0	Ath 7	0,0	0,0	0,0	6
Magnús Sigurgeirsson	1110	82	Ath 7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6
Sigurður Emil Pálsson	1606	82	0,0	Ath 7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6
Þorgeir Sigurðsson	1401	82	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6
Þórdís Ósk Helgadóttir	2301	82			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5

Mæligildi undir 0,05 mSv eru skráð sem 0

Ath 7: filma ónotuð

Ath 4: filma ónýt v/ raka
Ath 6: filma ónýt vegna aldurs

Ath 1: filma hefur ekki borist til aflestrar
Ath 2: filma biður aflestrar

Viðauki 2. Grunnstærðir og mælieiningar geislavarna

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 (alþjóðlegt í sviga) SI grunn-einingar
Virkni, 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), $1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C / kg}$

Virgni, geislavirgni (activity)

Virgni 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:

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

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

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

$$\text{vefsins, } D_T = \frac{\epsilon_T}{m_T}$$

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 τ frá geislavirku efni sem berst inn í líkamann.

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

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

$$e(\tau) = \frac{E(\tau)}{A}$$

(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:

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 geislaamengunar 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 megí 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).

Viðauki 3. Tölur um meðal- og heildargeislaálag 1998 - 2009

Tafla 1. Meðal- og hópgeislaálag fyrir 2009, flokkun eftir tegund starfa.

Accumulated annual average doses and collective doses for 2009 grouped according to designated activity codes.

	Starfs- kóði (Activity code)	Fjöldi starfs- manna (No. of workers)	Fjöldi starfsmanna með E = 0 (No. workers with E=0)	Hlutfall starfsmanna með E > 0 (Workers with E>0) (%)	Meðal- ársgeislaálag (Average annual dose) (mSv)	Meðalársgeisla- álag f. starfsm. með E > 0 (Average annual dose f. workers with E>0) (mSv)	Heildarárs- geislaálag (Total effective dose) (mSv)
Almenn röntgengreining (<i>Diagnostic imaging</i>)	1	209	131	36,8	0,22	0,60	46,26
Hjartaþræðingar (<i>Cardiology</i>)	2	31	6	80,7	1,22	1,52	37,90
Brjóstamyndatökur (<i>Mammography</i>)	3	12	11	8,3	0,01	0,10	0,10
Röntgengreining á skurðstofum (<i>Surgery</i>)	4	15	11	26,7	0,03	0,10	0,40
Röntgengreining hjá tannlæknum (<i>Dentistry</i>)	5	39	39	0,0	0,00	0,00	0,00
Röntgengreining hjá dýralæknum (<i>Veterinary</i>)	6	35	35	0,0	0,00	0,00	0,00
Geislalækningar (<i>Radiation Therapy</i>)	10	32	27	15,6	0,04	0,28	1,40
Rannsóknarstofa tegund C (<i>Labt. level C</i>)	21	4	2	50,0	0,45	0,90	1,80
Rannsóknarstofa tegund B (<i>Labt. level B</i>)	22	8	4	50,0	1,07	2,15	8,60
Rannsóknarstofa tegund D (<i>Labt. level D</i>)	25	18	18	0,0	0,00	0,00	0
Færanleg tæki (iðnaðarröntgen) (<i>NDT mobile</i>)	32	5	3	40,0	0,20	0,50	1,00
Hreyfanlegar lokaðar lindir (<i>Mobile sealed s.</i>)	42	40	39	2,5	0,02	0,90	0,90
"X-ray diffraction" tæki (<i>Diffraction eq.</i>)	55	4	4	0,0	0,00	0,00	0
Öryggi og eftirlit (<i>Safety and inspection</i>)	82	27	27	0,0	0,00	0,00	0
Læknisfræðileg myndgreining (Medical Imaging)		341	234	31,4	0,25	0,79	84,66
Geislalækningar (Radiation Therapy)		32	27	15,6	0,04	0,28	1,40
Opnar geislalindir í lækningum (Unsealed sources in medicine)		30	24	20,0	0,35	1,73	10,40
Efnisrannsóknir / öryggi (NDT and safety)		76	73	4,0	0,02	0,60	1,9
Samtals (Total)		479	358	25,3	0,21	0,81	98,36

Ath. E stendur fyrir geislaálag í heccari töflu

Tafla 1. Meðal- og hópgeislaálag fyrir 2008, flokkun eftir tegund starfa.

Accumulated annual average doses and collective doses for 2008 grouped according to designated activity codes.

	Starfs- kóði (Activity code)	Fjöldi starfs- manna (No. of workers)	Fjöldi starfsmanna með E = 0 (No. workers with E=0)	Hlutfall starfsmanna með E > 0 (Workers with E>0) (%)	Meðal- ársgeislaálag (Average annual dose) (mSv)	Meðalársgeisla- álag f. starfsm. með E > 0 (Average annual dose f. workers with E>0) (mSv)	Heildarárs- geislaálag (Total effective dose) (mSv)
Almenn röntgengreining (<i>Diagnostic imaging</i>)	1	229	126	45,0	0,16	0,36	37,43
Hjartaþræðingar (<i>Cardiology</i>)	2	32	4	87,5	0,68	0,78	21,88
Brjóstamyndatökur (<i>Mammography</i>)	3	14	9	35,7	0,02	0,05	0,26
Röntgengreining á skurðstofum (<i>Surgery</i>)	4	26	16	38,5	0,13	0,33	3,27
Röntgengreining hjá tannlæknum (<i>Dentistry</i>)	5	46	45	2,2	0,00	0,12	0,12
Röntgengreining hjá dýralæknum (<i>Vetenary</i>)	6	32	31	3,1	0,00	0,05	0,5
Geislalækningar (<i>Radiation Therapy</i>)	10	31	29	6,5	0,02	0,26	0,52
Rannsóknarstofa tegund C (<i>Labt. level C</i>)	21	8	4	50,0	1,24	2,48	9,91
Rannsóknarstofa tegund B (<i>Labt. level D</i>)	22	6	3	66,7	1,26	1,89	7,58
Rannsóknarstofa tegund D (<i>Labt. level D</i>)	25	21	21	0,0	0,00	0,00	0
Færanleg tæki (iðnaðarröntgen) (<i>NDT mobile</i>)	32	7	4	42,9	0,31	0,72	2,16
Hreyfanlegar lokaðar lindir (<i>Mobile sealed s.</i>)	42	55	49	10,9	0,04	0,40	2,40
"X-ray diffraction" tæki (<i>Diffraction eq.</i>)	55	6	6	0,0	0,00	0,00	0
Öryggi og eftirlit (<i>Safety and inspection</i>)	82	21	21	0,0	0,00	0,00	0
Læknisfræðileg myndgreining (Medical Imaging)		379	231	39,1	0,17	0,43	63,02
Geislalækningar (Radiation Therapy)		31	29	6,5	0,02	0,26	0,52
Opnar geislalindir í lækningum (Unsealed sources in medicine)		35	27	22,9	0,50	2,19	17,49
Efnisrannsóknir / öryggi (NDT and safety)		89	80	10,1	0,05	0,51	4,56
Samtals (Total)		534	367	31,3	0,16	0,51	85,59

Ath. E stendur fyrir geislaálag í þessari töflu.

Tafla 1. Meðal- og hópgeislaálag fyrir 2007, flokkun eftir tegund starfa.

Accumulated annual average doses and collective doses for 2007 grouped according to designated activity codes.

	Starfs kóði (Activity code)	Fjöldi starfs- manna (No. of workers)	Fjöldi starfsmanna með E = 0 (No. workers with E=0)	Hlutfall starfsmanna með E > 0 (Workers with E>0) (%)	Meðal- ársgeislaálag (Average annual dose) (mSv)	Meðalársgeisla- álag f. starfsm. með E > 0 (Average annual dose f. workers with E>0) (mSv)	Heildarárs- geislaálag (Total effective dose) (mSv)
Almenn röntgengreining (<i>Diagnostic imaging</i>)	1	243	144	40,7	0,17	0,41	40,35
Hjartaþræðingar (<i>Cardiology</i>)	2	30	6	80,0	0,66	0,83	19,92
Brjóstamyndatökur (<i>Mammography</i>)	3	11	9	18,2	0,02	0,13	0,27
Röntgengreining á skurðstofum (<i>Surgery</i>)	4	29	16	44,8	0,28	0,62	8,1
Röntgengreining hjá tannlæknum (<i>Dentistry</i>)	5	43	42	2,3	0,00	0,01	0,01
Röntgengreining hjá dýralæknum (<i>Vetenary</i>)	6	27	27	0,0	0,00	0,0	0
Geislalækningar (<i>Radiation Therapy</i>)	10	29	22	24,1	0,07	0,28	1,97
Rannsóknarstofa tegund B (<i>Labt. level B</i>)	22	7	2	71,4	0,77	1,07	5,36
Rannsóknarstofa tegund C (<i>Labt. level C</i>)	21	10	4	60,0	1,15	1,91	11,46
Rannsóknarstofa tegund D (<i>Labt. level D</i>)	25	28	27	3,6	0,00	0,01	0,01
Færanleg tæki (iðnaðarröntgen) (<i>NDT mobile</i>)	32	7	4	42,9	0,11	0,26	0,77
Hreyfanlegar lokaðar lindir (<i>Mobile sealed s.</i>)	42	60	57	5,0	0,07	1,3	3,9
"X-ray diffraction" tæki (<i>Diffraction eq.</i>)	55	7	7	0,0	0,00	0,0	0
Öryggi og eftirlit (<i>Safety and inspection</i>)	82	19	17	10,5	0,01	0,13	0,25
Læknisfræðileg myndgreining (Medical Imaging)		383	244	36,29	0,179	0,49	68,65
Geislalækningar (Radiation Therapy)		29	22	24,14	0,068	0,28	1,97
Opnar geislalindir í lækningum (Unsealed sources in medicine)		45	33	26,67	0,374	1,4	16,83
Efnisrannsóknir / öryggi (NDT and safety)		93	85	8,60	0,053	0,61	4,92
Samtals (Total)		550	384	30,18	0,168	0,56	92,37

Ath. E stendur fyrir geislaálag í þessari töflu.

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2006, flokkun eftir tegund starfa.

Accumulated annual average doses and collective doses for 2006, grouped according to designated activity codes.

	Starfs- kúði (Activity code)	Fjöldi starfs- manna (No. of workers)	Fjöldi starfsmanna með E = 0 (No. workers with E=0)	Hlutfall starfsmanna með E > 0 (Workers with E>0) (%)	Meðal- ársgeislaálag (Average annual dose) (mSv)	Meðalársgeisla- álag f. starfsm. með E > 0 (Average annual dose f. workers with E>0) (mSv)	Heildarárs- geislaálag (Total effective dose) (mSv)
Almenn röntgengreining (Diagnostic imaging)	1	261	194	25,7	0,17	0,67	44,86
Hjartapræðingar (Cardiology)	2	30	9	70,0	0,66	0,94	19,69
Brjóstamyndatökur (Mammography)	3	12	9	25,0	0,01	0,18	0,51
Röntgengreining á skurðstofum (Surgery)	4	10	5	50,0	0,09	0,18	0,90
Röntgengreining hjá tannlæknum (Dentistry)	5	46	46	0,0	0,00	0,00	0,00
Röntgengreining hjá dýralæknum (Veterinary)	6	21	21	0,0	0,00	0,00	0,00
Geislalækningar (Radiation Therapy)	10	26	23	11,5	0,05	0,47	1,40
Rannsóknarstofa tegund B (Labt. level B)	22	7	2	71,4	1,59	2,23	11,13
Rannsóknarstofa tegund C (Labt. level C)	21	6	2	66,7	0,38	0,56	2,30
Rannsóknarstofa tegund D (Labt. level D)	25	28	28	0,0	0,00	0,00	0,00
Færanleg tæki (iðnaðarröntgen) (NDT mobile)	32	14	13	7,1	0,04	0,60	0,60
Hreyfanlegar lokaðar lindir (Mobile sealed s.)	42	57	53	7,0	0,02	0,30	1,20
"X-ray diffraction" tæki (Diffraction eq.)	55	4	4	0,0	0,00	0,00	0,00
Öryggi og eftirlit (Safety and inspection)	82	7	7	0,0	0,00	0,00	0,00
Læknisfræðileg myndgreining (Medical Imaging)		380	284	25,3	0,17	0,69	65,99
Geislalækningar (Radiation Therapy)		26	23	11,5	0,05	0,47	1,40
Opnar geislalindir í lækningum (Unsealed sources in medicine)		41	32	21,9	0,33	1,49	13,44
Efnisrannsóknir (NDT and safety)		82	77	6,1	0,02	0,36	1,80
Samtals (Total)		529	416	21,4	0,16	0,73	82,63

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2005, flokkun eftir tegund starfa.

Accumulated annual average doses and collective doses for 2005, grouped according to designated activity codes.

	Starfs- kóði (Activity code)	Fjöldi starfsmanna (No. of workers)	Fjöldi starfsmanna með E = 0 (No. workers with E=0)	Hlutfall starfsmanna með E > 0 (Workers with E>0) (%)	Meðal- ársgeislaá- lag (Average annual dose) (mSv)	Meðalársgeisla- álag f. starfsm. með E > 0 (Average annual dose f. workers with E>0) (mSv)	Heildarárs- geislaálag (Total effective dose) (mSv)
Almenn röntgengreining (<i>Diagnostic imaging</i>)	1	261	201	23,0	0,140	0,630	37,76
Hjartahæðingar (<i>Cardiology</i>)	2	31	12	61,3	0,690	1,120	21,32
Brjóstamyndatökur (<i>Mammography</i>)	3	14	11	21,4	0,030	0,140	0,43
Röntgengreining á skurðstofum (<i>Surgery</i>)	4	19	16	15,8	0,020	0,130	0,40
Röntgengreining hjá tannlæknum (<i>Dentistry</i>)	5	48	47	2,1	0,010	0,600	0,60
Röntgengreining hjá dýralæknum (<i>Veterinary</i>)	6	20	20	0,00	0,000	0,000	0,00
Geislalækningar (<i>Radiation Therapy</i>)	10	25	23	8,00	0,090	1,060	2,13
Rannsóknarstofa tegund B (<i>Labt. level B</i>)	22	3	2	33,3	0,100	0,300	0,30
Rannsóknarstofa tegund C (<i>Labt. level C</i>)	21	11	6	45,5	0,540	1,180	5,91
Rannsóknarstofa tegund D (<i>Labt. level D</i>)	25	35	33	5,7	0,010	0,200	0,40
Færanleg tæki (iðnaðarröntgen) (<i>NDI mobile</i>)	32	15	14	6,7	0,070	1,100	1,10
Hreyfanlegar lokaðar lindir (<i>Mobile sealed s.</i>)	42	31	25	19,5	0,130	0,670	4,00
"X-ray diffraction" tæki (<i>Diffraction eq.</i>)	55	3	3	0,00	0,000	0,000	0,00
Öryggi og eftirlit (<i>Safety and inspection</i>)	82	8	8	0,00	0,000	0,000	0,00
Læknisfræðileg myndgreining (<i>Medical Imaging</i>)		393	307	21,9	0,154	0,700	60,51
Geislalækningar (<i>Radiation Therapy</i>)		25	23	8,00	0,085	1,060	2,13
Opnar geislalindir í lækningum (<i>Unsealed sources in medicine</i>)		49	41	16,3	0,135	0,830	6,61
Efnisrannsóknir (<i>NDT and safety</i>)		57	50	12,3	0,089	0,730	5,10
Samtals (<i>Total</i>)		524	421	19,7	0,142	0,720	74,35

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2004, flokkun eftir tegund starfa

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalársgeislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildarárs- geislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	281	195	30,60	0,19	0,63	54,18
Hjartaþræðingar	2	27	12	55,56	0,91	1,64	24,57
Brjóstamyndatökur	3	12	9	25,00	0,04	0,17	0,52
Röntgengreining á skurðstofum	4	23	21	8,70	0,01	0,10	0,20
Röntgengreining hjá tannlæknum	5	36	36	0,00	0,00	0,00	0,00
Röntgengreining hjá dýralæknum	6	20	20	0,00	0,00	0,00	0,00
Geislalækningar	10	24	22	8,33	0,01	0,15	0,30
Rannsóknarstofa tegund B	22	10	2	80,00	1,28	1,60	12,79
Rannsóknarstofa tegund C	21	3	2	33,33	0,10	0,30	0,30
Rannsóknarstofa tegund D	25	42	42	0,00	0,00	0,00	0,00
Færanleg tæki (iðnaðartg.)	32	14	13	7,14	0,24	3,40	3,40
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	32	30	6,25	0,07	1,05	2,10
"X-ray diffraction" tæki	55	2	2	0,00	0,00	0,00	0,00
Öryggi og eftirlit	82	9	9	0,00	0,00	0,00	0,00
Læknisfræðileg myndgreining		399	293	26,57	0,20	0,75	79,47
Geislalækningar		23	21	8,70	0,01	0,15	0,30
Opnar geislalindir í lækningum		57	48	16,36	0,23	1,45	13,09
Efnisrannsóknir		57	54	5,26	0,10	1,83	5,50
Samtals		536	416	22,43	0,18	0,82	98,36

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2003, flokkun eftir tegund starfa.

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildar- ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	288	194	32,64	0,21	0,66	61,88
Hjartaþræðingar	2	29	9	68,97	1,11	1,61	32,22
Brjóstamyndatökur	3	9	4	55,56	0,10	0,19	0,94
Röntgengr. á skurðstofum	4	33	31	6,06	0,01	0,20	0,40
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	43	43	0,00	0,00	0,00	0,00
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	11	11	0,00	0,00	0,00	0,00
Geislalækningar	10	24	22	8,33	0,01	0,10	0,20
Rannsóknarstofa tegund C	21	3	0	100,00	0,30	0,30	0,90
Rannsóknarstofa tegund B	22	8	1	87,50	1,69	1,93	13,50
Rannsóknarstofa tegund D	25	57	56	1,75	0,01	0,30	0,30
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	15	12	20,00	0,23	1,14	3,43
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	19	15	21,05	0,02	0,10	0,40
"X-ray diffraction" tæki	55	2	2	0,00	0,00	0,00	0,00
Öryggi og eftirlit	82	6	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Læknisfræðileg myndgreining		413	292	29,30	0,23	0,79	95,44
Geislalækningar		24	22	8,33	0,01	0,10	0,20
Opnar geislalindir í lækningum		68	57	16,18	0,22	1,34	14,70
Efnisrannsóknir		42	35	16,67	0,09	0,55	3,83
Samtals		547	406	25,78	0,21	0,81	114,17

Ath. E stendur fyrir geislaálag í þessari og næstu töflum

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2002

	Starfs kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildar- ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	294	194	34,0	0,20	0,60	60,4
Hjartapræðingar	2	31	14	54,8	0,86	1,58	26,7
Brjóstamyndatökur	3	9	5	44,5	0,21	0,47	1,8
Röntgengr. á skurðstofum	4	35	34	3,0	0,01	0,20	0,2
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	37	36	3,0	0,00	0,10	0,1
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	11	11	0,0	0,00	0,00	0,0
Geislalækningar	10	23	18	21,8	0,04	0,16	0,8
Rannsóknarstofa tegund C	21	2	0	0,0	1,45	1,45	2,9
Rannsóknarstofa tegund B	22	8	1	87,5	1,99	2,27	15,9
Rannsóknarstofa tegund D	25	74	62	16,0	0,02	0,14	1,6
Fast tæki (rontgen)	31	3	3	0,0	0,00	0,00	0,0
Færanleg tæki (iðnaðartg.)	32	16	13	18,7	0,11	0,56	1,7
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	18	17	5,5	0,01	0,20	0,2
"X-ray diffraction" tæki	55	2	2	0,0	0,00	0,00	0,0
Öryggi og eftirlit	82	14	14	0,0	0,00	0,00	0,0
Læknisfræðileg myndgreining		417	294	29,50	0,21	0,78	89,2
Geislalækningar		23	18	21,74	0,03	,45	0,8
Opnar geislalindir í lækningum		84	63	25,00	0,24	1,16	20,4
Etnisrannsóknir		53	49	7,55	0,04	0,45	1,9
Samtals		577	424	26,52	0,19	0,73	112,3

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2001

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildar- ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	304	213	30	0,14	0,47	42,8
Hjartaþræðingar	2	23	11	52	1,07	2,06	24,7
Brjóstamyndalökur	3	9	3	67	0,27	0,40	2,4
Röntgengr. á skurðstofum	4	45	35	22	0,06	0,26	2,6
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	37	36	3	0,00	0,10	0,1
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	9	9	0	0,00	0,00	0,0
Geislalækningar	10	24	22	8	0,04	0,45	0,9
Rannsóknarstofa tegund C	21	3	1	67	0,30	0,45	0,9
Rannsóknarstofa tegund B	22	9	1	89	1,51	1,70	13,6
Rannsóknarstofa tegund D	25	92	88	4	0,02	0,45	1,8
Föst tæki (röntgen)	31	2	2	0	0,00	0,00	0,0
Færanleg tæki (lónaðarrtg.)	32	8	6	25	0,27	1,10	2,2
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	18	17	6	0,02	0,20	0,1
"X-ray diffraction" tæki	55	2	2	0	0,00	0,00	0,0
Öryggi og etíttit	82	8	8	0	0,00	0,00	0,0
Læknisfræðileg myndgreining		427	307	28	0,17	0,59	72,6
Geislalækningar		24	22	8	0,04	0,45	0,9
Opnar geislalindir í lækningum		104	90	13	0,16	1,16	16,3
Efnisrannsóknir		38	35	8	0,07	0,45	2,6
Samtals		593	454	23	0,16	0,65	92,4

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 2000

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildar ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	292	210	28	0,14	0,51	41,2
I hjartaþræðingar	2	23	11	52	0,47	0,91	10,9
Brjóstamyndatökur	3	9	5	44	0,30	0,69	2,7
Röntgengr. á skurðstofum	4	44	36	18	0,46	2,25	20,4
Röntgengr. hjá lammilæknum	5	43	43	0	0,00	0,00	0,0
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	11	11	0	0,00	0,00	0,0
Geislalækningar	10	20	18	10	0,14	1,35	2,7
Rannsóknarstofa tegund C	21	2	0	100	0,40	0,40	0,8
Rannsóknarstofa tegund B	22	0	1	00	1,50	1,00	12,6
Rannsóknarstofa tegund D	25	91	91	3	0,05	1,70	5,1
Fósti tæki (róntgen)	31	8	6	25	0,20	0,80	1,6
Færanleg tæki (iðnaðarrtg.)	32	2	2	0	0,03	0,00	0,0
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	19	18	5	0,00	0,50	0,5
"X-ray diffraction" tæki	55	2	2	0	0,00	0,00	0,0
Öryggi og eftirlit	82	6	6	0	0,00	0,00	0,0
Læknistræðileg myndgreining		422	316	25	0,18	0,71	75,2
Geislalækningar		20	18	10	0,14	1,35	2,7
Opnar geislalindir í lækningum		104	92	12	0,18	1,54	18,5
Efnisrannsóknir		37	34	8	0,06	0,70	2,1
Samtals		583	460	21	0,17	0,80	98,5

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 1999

	Starfs kóði	Fjöldi starfsm	Fjöldi starfsm. með F = 0	Í hlutfall (%) starfsmanna með F > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með F > 0 (mSv)	Í heildar- ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	277	199	28	0,15	0,54	42,1
Hjartaþræðingar	2	21	11	48	1,50	3,14	31,4
Brjóstamyndatökur	3	8	6	25	0,10	0,40	0,8
Röntgengr. á skurðstofum	4	52	45	13	0,09	0,67	4,7
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	40	40	0	0,00	0,00	0,0
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	10	10	0	0,00	0,00	0,0
Geislalækningar	10	18	16	11	0,15	1,35	2,7
Rannsóknarstofa tegund C	21	80	80	0	0,40	0,00	0,0
Rannsóknarstofa tegund D	22	0	3	63	2,23	3,56	17,0
Rannsóknarstofa tegund D	25	0	0		0,00	0,00	0,0
Föst tæki (röntgen)	31	0	0		0,00	0,00	0,0
Færanleg tæki (iðnaðarrtg)	32	19	16	16	0,11	0,67	2,0
Í freyfanlegar lokaðar lindir	42	0	0		0,00	0,00	0,0
"X-ray diffraction" tæki	55	12	11	8	0,01	0,10	0,1
Öryggi og efirlit	82	0	0		0,00	0,00	0,0
Læknisfræðileg myndgreining		408	311	24	0,19	0,81	79,0
Geislalækningar		18	16	11	0,15	1,35	2,7
Opnar geislalindir í lækningum		88	83	6	0,20	3,56	17,8
Efnisrannsóknir		31	27	13	0,07	0,42	2,1
Samtals		545	437	20	0,19	0,94	101,6

Meðal- og heildarársgeislaálag fyrir 1998

	Starfs- kóði	Fjöldi starfsm.	Fjöldi starfsm. með E = 0	Hlutfall (%) starfsmanna með E > 0	Meðal- ársgeislaálag (mSv)	Meðalárs- geislaálag f. starfsmenn með E > 0 (mSv)	Heildar- ársgeislaálag (mSv)
Almenn röntgengreining	1	287	207	28	0,15	0,56	44,4
Hjartaþræðingar	2	20	11	45	1,14	2,52	22,7
Bljóstamyndalökur	3	12	7	42	0,14	0,34	1,7
Röntgengr. á skurðstofum	4	49	46	6	0,03	0,50	1,5
Röntgengr. hjá tannlæknum	5	38	38	0	0,00	0,00	0,0
Röntgengr. hjá dýralæknum	6	13	13	0	0,00	0,00	0,0
Geislalækningar	10	21	20	5	0,12	2,60	2,6
Rannsóknarstofa tegund C	21	86	86	0	0,00	0,00	0,0
Rannsóknarstofa tegund B	22	9	2	78	1,28	1,64	11,5
Rannsóknarstofa tegund D	25	0	0		0,00	0,00	0,0
Föst tæki (röntgen)	31	0	0		0,00	0,00	0,0
Færanleg tæki (íónaðarrtg.)	32	30	28	7	0,14	2,05	4,1
Hreyfanlegar lokaðar lindir	42	0	0		0,00	0,00	0,0
"X-ray diffraction" tæki	55	12	12	0	0,00	0,00	0,0
Öryggi og eftirlit	82	0	0		0,00	0,00	0,0
Læknisfræðileg myndgreining		419	322	23	0,17	0,72	70,3
Geislalækningar		21	20	5	0,12	2,60	2,6
Opnar geislalindir í lækningum		95	88	7	0,12	1,64	11,5
Efnisrannsóknir		42	40	5	0,10	2,05	4,1
Samtals		577	470	19	0,15	0,83	88,5