

GR 12:02

Leiðbeiningar um eftirlit með geislaálagi starfsmanna sem vinna við jónandi geislun.

Guðlaugur Einarsson, eftirlitsstjóri

Máí 2012
Geislavarnir ríkisins
Rauðarárstíg 10
150 Reykjavík
sími. 440 8200 fax. 5528202
www.geislavarnir.is gr@gr.is
ISBN 978-9979-9977-0-2



GEISLAVARNIR RÍKISINS
ICELANDIC RADIATION SAFETY AUTHORITY

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit.....	2
Hlutverk Geislavarna ríkisins.....	3
Markmið eftirlitsins og háþörk geislunar.....	5
Flokkun starfsmanna og vinnusvæða	6
Tilteknar vinnuáætlaðar og starfsemi	8
Þessir þurfa einstaklingsbundið eftirliti.....	8
Þessir þurfa yfirleitt ekki einstaklingsbundið eftirliti.	9
Notkun TLD-mælihykja.....	10
Viðauki 1. Dæmi um nafnalista og niðurstöður mælinga	12
Viðauki 2. Grunnstærðir og mælieiningar geislavarna.....	13

Hlutverk Geislavarna ríkisins

Samkvæmt 13. grein laga nr. 44/2002 um geislavarnir skal við starfsemi þar sem jónandi geislun er notuð, hafa viðeigandi eftirlit með geislaálagi starfsmanna og annarra er starfseminni tengjast. Í 14. grein sömu laga og í 5. kafla reglugerðar nr. 627/2003 um háþörk geislunar starfsmanna og almennings vegna starfsemi þar sem notuð er jónandi geislun, er fjallað ítarlega um fyrirkomulag og framkvæmd slíks eftirlits og hlutverk Geislavarna ríkisins. Eftirlit með geislaálagi starfsmanna er eitt af lögbundnum verkefnum Geislavarna ríkisins

Eftirlitið byggist á því að hver starfsmaður sem eftirlitið beinist að ber einstaklings geislaæli sem mælir þá geislun sem viðkomandi starfsmaður verður fyrir vegna vinnu sinnar við geislatæki og/eða geislavirk efni. Eftirlitið nær ekki til mats á magni geislunar vegna geislavirkra efna sem berast inn í líkamann.



Eftirlit Geislavarna ríkisins með geislaálagi starfsmanna byggir á notkun TLD – geislaælihyllja, sjá mynd 1. Þessi ælihyllki tóku við af geislaælifilum og filmuhylljum um mitt árið 2012.



Mynd 1. TLD-geislaælihyllki (opíð efst), TLD-æliplata (t.v.) og innpökkuð (og áletruð) æliplata (neðst t.h.)

Til þess að meta geislaálag starfsmanna við mismunandi aðstæður mun stofnunin einnig styðjast við TLD-augngeislamæla (mynd 2), TLD-hringi (mynd 3), svokallaðar rafnálur (mynd 4), og mæla til þess að mæla nifteindageislun (mynd 5).



Mynd 2. TLD – geislamælihylki



Mynd 3. TLD–geislamælihringir



Mynd 4. Raffrænn geislamælir – rafnála



Mynd 5. Nifteindamælihylki

Markmið eftirlitsins og hámarks geislunar

Markmiðið með eftirlitinu er einkum tvíþætt. Í fyrsta lagi að staðfesta að geislunin sé ætíð eins lítil og unnt er með skynsamlegu tilliti til aðstæðna og í öðru lagi að tryggja að öll starfsemi með geislatæki og geislavirk efni fari fram með þeim hætti að geislaálag starfsmanna sé ætíð innan við þau mörk sem Alþjóðageislavarnaráðið (ICRP) hefur sett. Samkvæmt leiðbeiningum ICRP í riti nr. 103 sem út kom árið 2007 skal fylgjast með geislaálagi allra starfsmanna sem verða fyrir geislun við störf sín, nema ljóst sé að geislaálagið sé innan þeirra marka sem gilda fyrir almenning.

Í reglugerð nr. 627/2003, töflu 1, kemur fram hver eru hámarks geislaálags fyrir starfsmenn, en geislaálag á allan líkamann má ekki verða meira en sem svarar 20 mSv/ári að meðaltali, þannig að fyrir 5 ára tímabil fari það ekki yfir 100 mSv og aldrei meira en 50 mSv fyrir einstakt ár. Fyrir hendur og húð er hámarkið 500 mSv/ári og 150 mSv fyrir linsu augans. Í yfirlýsingu ICRP, um áhrif geislunar á vefi líkamans (e. Statement on Tissue Reactions) sem gefin var úr í apríl 2011, kemur fram hámark á augu skuli framvegis vera 20 mSv/ári. Fyrir barnshafandi konur skulu vinnuáætlaðir vera þannig að mjög ólíklegt sé að geislaálag fósturs verði meira en 1 mSv frá þeim tíma sem þungun er tilkynnt vinnuveitanda og til loka meðgöngu.

Þess skal gætt á hverjum vinnustað að halda geislaálagi starfsfólks eins litlu og unnt er með skynsamlegu tilliti til aðstæðna. Sem dæmi má nefna, að meðalgeislaálag starfsmanna á röntgendeildum liggur undir 0,1 mSv/ári. Þó gerist það að þeir sem vinna við skyggingu verði fyrir geislun er nemur 0,5 - 1,0 mSv eða meira á ári. Geislaálag yfir 10 mSv á ári er mjög sjaldgæft, en kemur þó fyrir. Neðri mörk geislaálags sem mælist með TLD-geislaálagum um 0,1 mSv. Geislaálag neðan þessara marka er því ekki skráð.

Fyrir nemendur og lærlinga sem eru á aldrinum 16 – 18 ára er hámark geislaálagsins 6 mSv/ári að meðaltali, 150 mSv fyrir útlími og húð og 50 mSv fyrir linsu augans. Fyrir almenning eru þessi gildi 1 mSv, 50 mSv og 15 mSv á ári.

Flokkun starfsmanna og vinnusvæða

Samkvæmt 11. og 12. grein reglugerðar nr. 627/2003, skal ábyrgðarmaður með starfsemi sjá til þess að starfsmenn séu flokkaðir m.t.t. vinnusvæða, þannig að geislastarfsmenn í flokki A eru þeir starfsmenn sem vinna á lokuðum svæðum og geislastarfsmenn í flokki B eru þeir starfsmenn sem vinna á eftirlitssvæðum.

Samkvæmt 13. grein reglugerðar nr. 627/2003 er ábyrgðarmanni skylt að skipta svæðum á vinnustað þar sem unnið er með jónandi geislun í almenn svæði, eftirlitssvæði og lokuð svæði.

Lokuð svæði : “Vinnusvæði þar sem starfsmenn geta orðið fyrir árlegu geislaálagi sem nemur meira en 30% árlegra hámarka. Vinnusvæði þaðan sem geislavirk efni geta dreifst og mengað önnur svæði og þar sem gera þarf ráðstafanir til þess að hindra slíkt.” Lokað svæði er þannig vinnusvæði þar sem árleg geislun á allan líkamann getur orðið meiri en 6 mSv, meiri en 150 mSv á hendur og húð og meiri en 6 mSv á augu. Samkvæmt 14. grein reglugerðar nr. 627/2003, skulu lokuð svæði afmörkuð og aðgangur að þeim skal vera takmarkaður við þá starfsmenn sem fengið hafa viðeigandi starfshjálfun og fræðslu. Auk viðeigandi merkinga, skulu vera til staðar ítarlegar verklagsreglur og leiðbeiningar um starfsemina.

Eftirlitssvæði: “Vinnusvæði önnur en lokuð svæði þar sem grípa þarf til aðgerða til að verja starfsmenn og aðra gegn geislun..”. Hér er um að ræða svæði þar sem geislaálag starfsmanna getur orðið meira en 1 mSv en minna en 6 mSv. Á eftirlitssvæði skulu vera merkingar sem gefa til kynna að viðkomandi svæði er eftirlitssvæði, tegund geislagjafa og til staðar skulu vera viðeigandi vinnureglur og leiðbeiningar.

Almennsvæði eru þau svæði á vinnustað sem ekki eru skilgreind sem lokuð svæði eða eftirlitssvæði. Þar eiga starfsmenn ekki að geta orðið fyrir meiri geislun en sem svarar hámarki geislaálags fyrir almenning (1 mSv/ári).

Samkvæmt 16. grein reglugerðar nr. 627/2003 skal eftirlit með geislaálagi starfsmanna í flokki A byggjast á einstaklingsbundnum mælingum (þ.e. með einstaklingsgeislaæli), en eftirlit með geislaálagi starfsmanna í flokki B, skal a.m.k. nægja til þess að staðfesta að þeir séu rétt flokkaðir.

Aðstæður eru oft þannig á vinnustöðum þar sem notuð er jónandi geislun að skýr afmörkun vinnusvæða er hvorki möguleg né hagkvæm, þannig að vinnusvæði sem ætti að flokka að hluta sem lokuð svæði og að hluta sem eftirlitssvæði renna saman í eitt. Við slíkar aðstæður þarf að meta sérstaklega með hvaða starfsmönnum er haft einstaklingsbundið eftirlit.

Á sumum vinnustöðum þar sem unnið er með jónandi geislun eru aðstæður þannig að ólíklegt er að geislaálag starfsmanna sé umfram þau mörk sem gilda fyrir almenning (1 mSv/ári). Starfsmenn við slíkar aðstæður, teljast ekki vera geislastarfsmenn og þarf því ekki að hafa eftirlit með geislaálagi þeirra.

Það eru stundum óskýr mörk á milli starfsmanna á sama vinnustað sem vinna mikið með geislaþæki og/eða geislavirk efni og þeirra sem koma lítið að slíkri vinnu eða sem eru þannig staðsettir við vinnu sína að geislaálag þeirra er mjög lítið eða hverfandi. Því er oft erfitt að meta fyrirfram hvaða starfsmenn á vinnustað eins og röntgendeild eigi að bera einstaklingsgeislaæli. Taka verður tillit til margra þátta sem snúa að starfsemi, vinnuáðstöðu og vinnubrögðum. Um er að ræða atriði eins og um hvers konar geislauppsprettu er að ræða, hve lengi viðkomandi vinnur við geislauppsprettu, hvaða skermunarfyriðkomulag er á staðnum, um hvaða fjarlægðir er að ræða og hvaða möguleikar eru á óhappi með geislalind eða geislaþæki. Meta verður þörf hvers starfsmanns miðað við starfsumhverfi hans og einnig þá reynslu sem fyrri mælingar hafa leitt í ljós.

Það er skylda ábyrgðarmanna á hverjum stað að ákveða í ljósi aðstæðna og með aðkomu Geislavarna ríkisins ef þurfa þykir, hvaða starfsmenn þurfa að bera einstaklings

geisla mæla við vinnu sína. Þá þarf hann einnig að tryggja að starfsmenn hafi aðgang að niðurstöðum slíkra mælinga.

Tilteknar vinnuaðstæður og starfsemi

Einstaklingsbundið eftirliti nauðsynlegt

1. Starfsmenn sem vinna við læknisfræðilega geislun, þ.e. aðstoða við eða framkvæma röntgenrannsóknir að minnsta kosti tvisvar í viku. Hér er t.d. um að ræða starfsmenn á röntgen- eða myndgreiningardeildum og hjarta- og æðapræðingastofum. Einnig starfsmenn á speglunar-, skurð- og röntgenstofum þar sem notuð eru föst röntgentæki. Undanþegnir eru starfsmenn sem starfa skemur en í þrjá mánuði og starfa eingöngu á eftirlitssvæðum. Einnig eru undanþegnir starfsmenn sem eingöngu vinna með beinþéttimælíbúnað.
2. Starfsmenn sem vinna við uppsetningar, viðgerðir og viðhald á röntgentækjum og öðrum geislunarbúnaði.
3. Starfsmenn hjá kírópröktum (hnykkjum) sem aðstoða við eða framkvæma röntgenrannsóknir að minnsta kosti tvisvar í viku þó ekki færri en einn starfsmaður fyrir hvert röntgentæki óháð notkun. Undanþegnir eru starfsmenn sem starfa skemur en í þrjá mánuði og starfa eingöngu á eftirlitssvæðum.
4. Starfsmenn við dýralækningar, sem aðstoða við eða framkvæma röntgenrannsóknir að minnsta kosti tvisvar í viku þó ekki færri en einn starfsmaður fyrir hvert röntgentæki óháð notkun. Undanþegnir eru starfsmenn sem starfa skemur en í þrjá mánuði.
5. Starfsmenn sem vinna við geislalækningar og framkvæma eða aðstoða við framkvæmd geislunar á sjúklinga. Einnig starfsmenn sem vinna við framkvæmd gæðaeftirlits og eftirlitsmælingar með geislalækningabúnaði.
6. Starfsmenn sem vinna með opnar geislalindir til sjúkdómsgreiningar, rannsókna og við geislalækningar,
 - a. ef styrkur þeirra gammageislandi efna sem meðhöndluð eru í hvert sinni er meiri en 100 MBq

- b. ef styrkur þeirra betageislandi efna, með meira en 300keV orku, sem meðhöndluð eru í hvert sinn er meiri en 10MBq

Undanþegnir eru starfsmenn sem vinna eingöngu með geislavirk efni sem gefa frá sér orkulitla betageislun eins og trítíum (H-3), kolefni 14 (C-14) og brennistein (S-35).

7. Starfsmenn sem vinna við röntgenbúnað við efnisprófanir í iðnaði (e. Non Destructive Testing, NDT), hvort sem unnið er við opna eða lokaða aðstöðu.
8. Starfsmenn sem vinna við röntgenbúnað til efnagreiningar (diffraction, fluroescence) eða sambærilegan búnað og þar sem frumgeisli röntgenlampa er aðgengilegur.
9. Starfsmenn sem vinna við uppsetningar, viðgerðir og viðhald á búnaði sem inniheldur sterkar geislalindir eða geislalindir með háan geislunarstyrk.
10. Starfsmenn sem vinna með gamma- og/eða nifteindageislalindir, s.s. við rannsóknir á/í borholum. Einnig þarf að meta hvort starfsmenn þurfi að bera geislaþæmi sem eru sérstaklega hannaðir til þess að nema nifteindageislun.
11. Við aðra starfsemi með geislalindir þar sem einstaklingsbundið eftirlit er skilyrt í leyfi til notkunar eða samkvæmt öðrum gögnum.

Einstaklingsbundið eftirliti ekki nauðsynlegt

1. Röntgenmyndgerð þar sem starfsmaður er ávallt í aðskildu stjórnherbergi sem er vel skermað og hefur hvorki verið skilgreint sem lokað svæði né sem eftirlitssvæði.
2. Við röntgenmyndgerð í tannlækningum, þ.e. við notkun á almennum tannröntgenbúnaði.
3. Vinna við röntgenbúnað sem notaður er við skoðun á pósti eða farangri og efnagreiningarbúnað þar sem ekki er mögulegur beinn aðgangur að frumgeisla tækisins.
4. Vinna á svæðum nálægt vel vörðum geislalindum þar sem ekki er hægt að setja líkamann eða einhvern hluta líkamans í frumgeisla eða verða fyrir frumgeislun á annan hátt. Hér er t.d. um að ræða vinnu nálægt hæðarmælum í iðnaði.
5. Vinna með beta-geislandi efni sem hafa lægri orku en 300keV.

Notkun TLD-mælihyllkjja

Geislaálagsmælingar með TLD-mælihyllkjum er hagkvæm leið til eftirlits með geislaálagi starfsmanna sem verða fyrir ytri geislun við störf sín. Því ættu starfsmenn sem vinna við jónandi geislun að bera slíkan geislaæli nema ljóst sé að geislaálag þeirra vegna ytri geislunar er vel innan þeirra marka sem tiltekin eru fyrir lokuð svæði.

Leiðbeiningar um notkun

Ný TLD-mæliplata er lögð þannig í hylkið að nafn notandans sjáist í glugga á framhlið.

Mælitímabilið er þrjú mánuðir og fyrir byrjun hvers tímabils senda Geislavarnir ríkisins nýja mæliplötu, þannig að hægt sé að skipta um í byrjun þess tímabils.



Upplýsingar um geislun á TLD geislaælium dofna lítillga með tímanum og því mikilvægt að þeir séu ekki notaðir lengur en gert er ráð fyrir. Í byrjun hvers tímabils skal mæliplötum fyrra tímabils safnað saman og þær sendar tímanlega, þannig að þær berist til



Geislavarna ríkisins innan 15 daga. Mæliplötur sem berst seinna en 6 mánuðum útsendingu gefa ekki eins nákvæma upplýsingar um geislun starfsmanns. Mæliplötur sem ekki hafa borist innan 9 mánaða frá útsendingu verður litið á sem týndar og kostnaður vegna þeirra innheimtur hjá notenda. Vinsamlegast farið varlega með TLD-hylkin og munið að TLD-mæliplöturnar þola ekki þvott frekar en filmurnar gerðu. Látið GR vita ef TLD-mælihylki lendir í þvottavélinni. Hreinsa má TLD-hylkið sjálft með sápu og vatni og spritta ef nauðsyn krefur.

Einstaklingsgeislaæli skal bera framan á líkama í mittis- eða brjósthæð. Við vinnu á ísótóparannsóknarstofum ætti að bera æli í brjósthæð, þar sem meiri líkur eru á að efri hluti líkamans verði fyrir geislun við vinnu með geislavirk efni. Þegar notuð er blýsvunta á að setja filmuhylkið undir svuntuna.

Viðauki 1. Dæmi um nafnalista og niðurstöður mælinga



GEISLAVARNIR RÍKISINS
ICELANDIC RADIATION PROTECTION INSTITUTE

Geislavarnir ríkisins
Eftirlitssvið
Jóna Gréta Einarsdóttir
Rauðarárstíg 10
150 Reykjavík - Ríkisstofnanir

Eftirlit með geislaálagi starfsfólks,
sem starfar við jónandi geislun

MÆLINIÐURSTÖÐUR

Tímabilið: maí-júní 2003

Nafn	Fd. mán	GEISLAÁLAG mSv		Athugasemdir (TLDdós)
		Hp10	Hp007	
Guðlaugur Einarsson	0611	0,0		
Jóna Gréta Einarsdóttir	0711	0,0		
Kjartan Guðnason	2511	0,0		
Magnús Sigurgeirsson	1110	0,0		
Sigurður Emil Pálsson	1606	0,0		
Þorgeir Sigurðsson	1401	0,0		

Viðauki 2. Grunnstærðir og mælieiningar geislavarna

Alþjóðleg hugtök í geislavörnum hafa einkum verið mótuð af alþjóðlegri nefnd vísindamanna, Alþjóðageislavarnaráðinu, 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:

$$\text{Heildarorkuaukning vefs (eða líffæris) vegna jónandi geislunar, deilt með massa vefsins, } D_T = \frac{\epsilon_T}{m_T}$$

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 $1 R = 2,58 \cdot 10^{-4} C / kg$

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 $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$

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 $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$

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 tákni: *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:

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

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).