

## LIITE 1

**Altistuksen raja-arvot ja toimenpidetasot sähkömagneettisille kentille****Staatittiset magneettikentät taajuusalueella 0–1 Hz****Altistuksen raja-arvo**

Altistuksen raja-arvo määritetään ulkoisen magneettivuon tiheytenä.

**Taulukko 1.1.** Altistuksen raja-arvo ulkoisen magneettivuon tiheytenä taajuusalueella 0–1 Hz.

Taajuusalue	Magneettivuon tiheys mT
0–1 Hz	400

**Toimenpidetaso**

**Taulukko 1.2.** Toimenpidetaso 0–1 Hz:n magneettivuon tiheydelle aktiivisten implantoitujen laitteiden, esimerkiksi sydämentahdistimien, häiriintymisen estämiseksi sekä magneettikentän aiheuttaman vetovoimavaikutuksen riskin rajoittamiseksi.

Taajuusalue	Magneettivuon tiheys mT
0–1 Hz	0,5

**Sähkömagneettiset kentät taajuusalueella 1 Hz–300 GHz****Altistuksen raja-arvot**

Altistuksen raja-arvot määritetään ulkoisen sähkömagneettisen kentän kehoon indusoiman sisäisen sähkökentän voimakkuutena taajuusalueella 1 Hz–10 MHz (taulukko 1.3) ja ulkoisesta sähkömagneettisesta kentästä kehoon painoyksikköä kohti imeytyvänä tehona eli ominaisabsorptionopeutena (SAR) taajuusalueella 100 kHz–6 GHz (taulukko 1.4) sekä sähkömagneettisen kentän tehotiheytenä taajuusalueella 6–300 GHz (taulukko 1.5).

**Taulukko 1.3.** Altistuksen raja-arvot sähkömagneettisen kentän kehoon indusoiman sähkökentän voimakkuuden huippuarvoina taajuusalueella 1 Hz–10 MHz.

Taajuusalue	Pää V/m	Muut kehon osat V/m
1–10 Hz	0,14/f	0,57
10–25 Hz	0,014	0,57
25–1000 Hz	$5,7 \cdot 10^{-4}f$	0,57
1–3 kHz	0,57	0,57
3 kHz–10 MHz	$1,9 \cdot 10^{-4}f$	$1,9 \cdot 10^{-4}f$

Huomautus: Taulukossa 1.3 f on taajuus hertseinä.

**Taulukko 1.4.** Altistuksen raja-arvot sähkömagneettisen kentän kehoon aiheuttamana ominaisabsorptionopeutena (SAR) taajuusalueella 100 kHz–6 GHz.

Taajuusalue	Keskimääräinen koko kehon SAR W/kg	Paikallinen SAR päässä ja vartalossa W/kg	Paikallinen SAR raajoissa W/kg
100 kHz–6 GHz	0,08	2	4

Huomautus 1: Taulukossa 1.4 SAR määritetään keskiarvona kuuden minuutin ajanjaksoilta.

Huomautus 2: Taulukossa 1.4 paikallinen SAR määritetään keskiarvona 10 g:n kudossmassassa.

Huomautus 3: Taulukossa 1.4 taajuusalueella 0,3–6 GHz pulssimaisen sähkömagneettisen kentän altistuksen raja-arvo alle 30 µs:n pituisen pulssin päähän aiheuttamana ominaisabsorptiona on 2 mJ/kg määritettynä keskiarvona 10 g:n kudossmassassa.

**Taulukko 1.5.** Altistuksen raja-arvo sähkömagneettisen kentän tehotiheytenä taajuusalueella 6–300 GHz.

Taajuusalue	Tehotiheys W/m <sup>2</sup>
6–300 GHz	10

Huomautus 1: Taulukossa 1.5 tehotiheys määritetään taajuusalueella 6–10 GHz keskiarvona kuuden minuutin ajanjaksoilta ja taajuusalueella 10–300 GHz keskiarvona  $68/f^{1,05}$  minuutin ajanjaksoilta, missä  $f$  on taajuus gigahertseinä.

Huomautus 2: Taulukossa 1.5 tehotiheys määritetään keskiarvona 20 cm<sup>2</sup>:n pinta-alalta.

Huomautus 3: Taulukossa 1.5 paikallinen tehotiheys, joka määritetään keskiarvona 1 cm<sup>2</sup>:n pinta-alalta, ei saa olla suurempi kuin 200 W/m<sup>2</sup>.

#### Toimenpidetasot

Toimenpidetasot esitetään ulkoisen sähkö- ja magneettikentän voimakkuuden sekä ulkoisen magneettivuon tiheyden tehollisarvoina taajuusalueella 1 Hz–10 MHz taulukossa 1.6 ja taajuusalueella 10 MHz–300 GHz taulukossa 1.7. Toimenpidetasot esitetään myös sähkö- ja magneettikentän ekvivalenttisina tehotiheyksinä taulukossa 1.8. Taulukoissa 1.6 ja 1.7 annetuista toimenpidetasoista sovelletaan 100 kHz–10 MHz taajuusalueella rajoittavampaa toimenpidetasoa.

**Taulukko 1.6.** Toimenpidetasot sähkö- ja magneettikentän voimakkuuden ja magneettivuon tiheyden tehollisarvoina taajuusalueella 1 Hz–10 MHz.

Taajuusalue	Sähkökentän voimakkuus V/m	Magneettikentän voimakkuus A/m	Magneettivuon tiheys µT
1–8 Hz	5 000	$32\,000/f^2$	$40\,000/f^2$
8–25 Hz	5 000	$4\,000/f$	$5\,000/f$
25–50 Hz	5 000	160	200
50–400 Hz	$250\,000/f$	160	200
400 Hz–3 kHz	$250\,000/f$	$64\,000/f$	$80\,000/f$
3 kHz–10 MHz	83	21	27

Huomautus 1: Taulukossa 1.6  $f$  on taajuus hertseinä.

Huomautus 2: Taulukossa 1.6 sähkö- ja magneettikentän voimakkuuden ja magneettivuon tiheyden huippuarvo taajuusalueella 1 Hz–10 MHz saa olla korkeintaan  $k$  kertaa toimenpidetaso. Taajuusalueella 1 Hz–100 kHz  $k = \sqrt{2}$ . Taajuusalueella 0,1–10 MHz  $k = 3,05f + 1,11$ , missä  $f$  on taajuus megahertseinä.

**Taulukko 1.7.** Toimenpidetasot sähkö- ja magneettikentän voimakkuuden, magneettivuon tiheyden tehollisarvoina ja ekvivalenttisina tehotiheyksinä taajuusalueella 100 kHz–300 GHz.

Taajuusalue	Sähkökentän voimakkuus V/m	Magneettikentän voimakkuus A/m	Magneettivuon tiheys $\mu\text{T}$	Ekvivalenttinen tehotiheys $\text{W}/\text{m}^2$
0,1–0,15 MHz	87	5	6,25	-
0,15–1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
1–10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
10–400 MHz	28	0,073	0,092	2
400–2000 MHz	$1,38f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	$0,0046f^{1/2}$	$f/200$
2–300 GHz	61	0,16	0,20	10

Huomautus 1: Taulukossa 1.7 f on taajuus megahertseinä.

Huomautus 2: Taulukossa 1.7 ekvivalenttinen tehotiheys on sähkökentän voimakkuuden neliö jaettuna vapaan tilan aaltoimpedanssilla ( $377 \Omega$ ) tai magneettikentän voimakkuuden neliö kerrottuna vapaan tilan aaltoimpedanssilla.

Huomautus 3: Taulukossa 1.7 sähkö- ja magneettikentän voimakkuuden, magneettivuon tiheyden tehollisarvon neliö ja ekvivalenttinen tehotiheys määritetään keskiarvona kuuden minuutin ajanjaksoilta taajuusalueella 100 kHz–10 GHz.

Huomautus 4: Taulukossa 1.7 yli 10 GHz:n taajuuksilla ekvivalenttinen tehotiheys määritetään keskiarvona  $68/f^{0.05}$  minuutin ajanjaksoilta, missä f on taajuus gigahertseinä.

Huomautus 5: Taulukossa 1.7 ekvivalenttisen tehotiheyden huippuarvo saa olla enintään 1 000 kertaa ekvivalenttisen tehotiheyden toimenpidetaso ja sähkökentän tai magneettikentän voimakkuuden huippuarvo korkeintaan 32 kertaa sähkökentän tai magneettikentän voimakkuuden toimenpidetaso. Magneettivuon tiheyden huippuarvo saa olla enintään 32 kertaa magneettivuon tiheyden toimenpidetaso.

Huomautus 6: Taulukossa 1.7 ekvivalenttinen tehotiheys määritetään yli 6 GHz:n taajuuksilla keskiarvona  $20 \text{ cm}^2$ :n pinta-alalta.

Huomautus 7: Taulukossa 1.7 paikallinen tehotiheys, joka määritetään keskiarvona  $1 \text{ cm}^2$ :n pinta-alalta, ei saa olla yli 6 GHz:n taajuuksilla suurempi kuin  $200 \text{ W}/\text{m}^2$ .

Jatkuvan kontaktivirran ja raajaan indusoituvan virran tehollisarvojen toimenpidetasot esitetään taulukossa 1.8. Jatkuva kontaktivirta on virta, joka syntyy henkilön jatkuvasti koskettaessa sähkömagneettisessa kentässä olevaa kappaletta. Raajaan indusoituva virta on virta, jonka sähkömagneettinen kenttä synnyttää raajaan myös ilman kosketusta sähkömagneettisessa kentässä olevaan kappaleeseen.

**Taulukko 1.8.** Toimenpidetasot jatkuvan kontaktivirran ja raajaan indusoituvan virran tehollisarvoille enintään 110 MHz:n taajuuteen asti.

Taajuusalue	Jatkuva kontaktivirta mA	Raajaan indusoituva virta mA
Enintään 2,5 kHz	0,5	-
2,5–100 kHz	$0,2f$	-
100 kHz–10 MHz	20	-
10 MHz–110 MHz	20	45

Huomautus 1: Taulukossa 1.8 f on taajuus kilohertseinä.

Huomautus 2: Taulukossa 1.8 jatkuvan kontaktivirran tehollisarvon neliö määritetään keskiarvona sekunnin ajanjaksoilta.

Huomautus 3: Taulukossa 1.8 raajaan indusoituvan virran tehollisarvon neliö määritetään keskiarvona kuuden minuutin ajanjaksoilta.

## LIITE 2

## Altistuksen raja-arvot ja toimenpidetasot optiselle säteilylle

## Epäkoherentti optinen säteily

Optisen säteilyn altistuksen raja-arvot määritellään alla esitettyjen kaavojen avulla. Tietyn kaavan käyttö riippuu kulloisestakin lähteestä tulevan säteilyn alueesta, ja tuloksia olisi verrattava vastaaviin altistuksen raja-arvoihin, jotka on esitetty taulukossa 2.1. Joihinkin optisen säteilyn lähteisiin voidaan soveltaa useampaa kuin yhtä altistuksen raja-arvoa.

Määritelmät:

$E_e(\lambda, t), E_\lambda$	<i>spektrinen irradianssi</i> tai <i>spektrinen tehotiheys</i> : tietylle pinnalle kohdistuva säteilyteho pinta-alayksikköä kohti, joka ilmaistaan watteina neliometriä ja nanometriä kohti [ $\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$ ], $E_e(\lambda, t)$ :n ja $E_\lambda$ :n arvot tulevat mittauksista tai laitteiston valmistaja voi toimittaa ne
$E_{\text{eff}}$	<i>efektiivinen irradianssi (UV-alue)</i> : $S(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu laskettu irradianssi UV-aallonpituusalueella 180–400 nm, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti [ $\text{W m}^{-2}$ ]
$H$	<i>energiatiheys</i> : irradianssin aikaintegraali, joka ilmaistaan jouleina neliometriä kohti [ $\text{J m}^{-2}$ ]
$H_{\text{eff}}$	<i>efektiivinen energiatiheys</i> : $S(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu säteilyaltistuminen, joka ilmaistaan jouleina neliometriä kohti [ $\text{J m}^{-2}$ ]
$E_{\text{UVA}}$	<i>kokonaisirradianssi (UVA)</i> : laskettu irradianssi UVA-aallonpituusalueella 315–400 nm, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti [ $\text{W m}^{-2}$ ]
$H_{\text{UVA}}$	<i>energiatiheys (UVA)</i> : irradianssin integraali ajan ja aallonpituuden suhteen UVA-aallonpituusalueella 315–400 nm, joka ilmaistaan jouleina neliometriä kohti [ $\text{J m}^{-2}$ ]
$S(\lambda)$	<i>spektrinen painotus</i> , jossa otetaan huomioon UV-säteilyn silmiin ja ihoon kohdistuvien terveysvaikutusten aallonpituusriippuvuus, (taulukko 2.2) [dimensioton]
$t, \Delta t$	<i>aika, altistumisen kesto</i> , joka ilmaistaan sekunteina [s]
$\lambda$	<i>aallonpituus</i> , joka ilmaistaan nanometreinä [nm]
$\Delta\lambda$	<i>kaistanleveys</i> , joka ilmaistaan nanometreinä [nm], laskelma- tai mittaussväli
$L_e(\lambda), L_\lambda$	<i>lähteen spektrinen radianssi</i> , joka ilmaistaan watteina neliometriä, steradiaania ja nanometriä kohti [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{nm}^{-1}$ ]
$B(\lambda)$	<i>spektrinen painotus</i> , jossa otetaan huomioon sinisen valon silmälle aiheuttaman fotokemiallisen vaurion aallonpituusriippuvuus (taulukko 2.3) [dimensioton]
$L_B$	<i>efektiivinen radianssi (sininen valo)</i> : $B(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu laskettu radianssi, joka ilmaistaan watteina neliometriä ja steradiaania kohti [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ]

$D_B$	<i>efektiivinen radianssiannos (sininen valo):</i> $B(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu radianssin aikaintegraali, joka ilmaistaan jouleina neliometriä ja steradiaania kohti [ $\text{J m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ]
$E_B$	<i>efektiivinen irradianssi (sininen valo):</i> $B(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu laskettu irradianssi, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti [ $\text{W m}^{-2}$ ]
$H_B$	<i>efektiivinen energiatiheys (sininen valo):</i> $B(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu säteilyaltistuminen, joka ilmaistaan jouleina neliometriä kohti [ $\text{J m}^{-2}$ ]
$R(\lambda)$	<i>spektrinen painotus,</i> jossa otetaan huomioon näkyvän ja IRA-säteilyn silmälle aiheuttaman lämpöaurion aallonpituusriippuvuus (taulukko 2.3) [dimensioton]
$L_R$	<i>efektiivinen radianssi (lämpöaurio):</i> $R(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu laskettu radianssi, joka ilmaistaan watteina neliometriä ja steradiaania kohti [ $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ]
$D_R$	<i>efektiivinen radianssiannos (lämpöaurio):</i> $R(\lambda)$ :lla spektrisesti painotettu radianssin aikaintegraali, joka ilmaistaan jouleina neliometriä ja steradiaania kohti [ $\text{J m}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ]
$E_{IR}$	<i>kokonaisirradianssi (lämpöaurio):</i> laskettu infrapunasäteilyn irradianssi aallonpituusalueella 780 nm–3000 nm, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti [ $\text{W m}^{-2}$ ]
$E_{tho}$	<i>kokonaisirradianssi (näkyvä, IRA ja IRB):</i> laskettu näkyvän ja infrapunasäteilyn irradianssi aallonpituusalueella 380 nm–3 000 nm, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti [ $\text{W m}^{-2}$ ]
$H_{tho}$	<i>energiatiheys:</i> irradianssin aika- ja aallonpituusintegraali näkyvän ja infrapunasäteilyn aallonpituusalueella 380–3000 nm, joka ilmaistaan jouleina neliometriä kohti [ $\text{J m}^{-2}$ ]
$\alpha$	<i>kulmakoko:</i> näkyvän lähteen tietyllä katseluetäisyydellä rajaama kulma, joka ilmaistaan milliradiaaneina (mrad). Näkyvä lähde on todellinen tai virtuaalinen kohde, joka muodostaa pienimmän mahdollisen kuvan verkkokalvolle
$\gamma_{ph}$	<i>vastaanottokulma:</i> radianssin mittauksessa käytetty säteilykeilan rajaava kulma, joka riippuu altistumisajasta. Ilmaistaan milliradiaaneina [mrad].

Altistuksen raja-arvot seuraaville a–n kohdille esitetään taulukossa 2.1.

- a) 
$$H_{eff} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $H_{eff}$  on merkityksellinen vain välillä 180–400 nm)
- b) 
$$H_{UVA} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $H_{UVA}$  on merkityksellinen vain välillä 315–400 nm)
- c) 
$$D_B = \int_0^t \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda, t) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $D_B$  on merkityksellinen vain välillä 300–700 nm)
- d) 
$$L_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 ( $L_B$  on merkityksellinen vain välillä 300–700 nm)
- e) 
$$H_B = \int_0^t \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $H_B$  on merkityksellinen vain välillä 300–700 nm)
- f) 
$$E_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 ( $E_B$  on merkityksellinen vain välillä 300–700 nm)
- h, i) 
$$D_R = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=1400 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda, t) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $D_R$  on merkityksellinen vain välillä 380–1400 nm)
- g, j, k) 
$$L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$$
 ( $\lambda_1$  ja  $\lambda_2$ : katso asianmukaiset arvot taulukosta 2.1)
- l, m) 
$$E_{IR} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=1000 \text{ nm}} 0,3 \cdot E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda + \int_{\lambda=1000 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$$
 ( $E_{IR}$  on merkityksellinen vain välillä 780–3000 nm)
- n) 
$$H_{iho} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 ( $H_{iho}$  on merkityksellinen vain välillä 380–3000 nm)

Edellä esitettyjen kaavojen sijaan voidaan käyttää myös seuraavia summalausekkeita ja taulukoissa 2.1–2.3 esitettyjä arvoja:

$$\text{a)} \quad E_{\text{eff}} = \sum_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad \text{ja } H_{\text{eff}} = E_{\text{eff}} \cdot \Delta t$$

$$\text{b)} \quad E_{\text{UVA}} = \sum_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{ja } H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} \cdot \Delta t$$

$$\text{c, d)} \quad L_B = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad \text{ja } D_B = L_B \cdot \Delta t$$

$$\text{e, f)} \quad E_B = \sum_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad \text{ja } H_B = E_B \cdot \Delta t$$

$$\text{g-k)} \quad L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad \text{ja } D_R = L_R \cdot \Delta t$$

( $\lambda_1$  ja  $\lambda_2$  : katso asianmukaiset arvot taulukosta 2.1)

$$\text{l, m)} \quad E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=1000 \text{ nm}} 0,3 \cdot E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda + \sum_{\lambda=1000 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

$$\text{n)} \quad E_{\text{iho}} = \sum_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{ja } H_{\text{iho}} = E_{\text{iho}} \cdot \Delta t$$

Taulukko 2.1. Altistuksen raja-arvot epäkoherentille optiselle säteilylle.

Kohta	Aallonpituus [nm]	Altistuksen raja-arvo	Yksiköt	Huomautus	Kehonosa	Vaurio
a.	180-400 (UVA, UVB ja UVC)	$H_{eff} = 30$ päivittäinen arvo (8 h)	[J m <sup>-2</sup> ]		silmän sarveiskalvo sidekalvomykiö iho	sarveiskalvotulehdus sidekalvontulehdus harmaakaihi eryteema elastoosi ihosyöpä harmaakaihi
b.	315-400 (UVA)	$H_{UVA} = 10^4$ päivittäinen arvo (8 h)	[J m <sup>-2</sup> ]		silmän mykiö	harmaakaihi
c.	300-700 (sininen valo) <i>huom.1</i>	$D_{\beta} = 10^6$ $t \leq 10\,000$ s	$D_{\beta}$ : [J m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [sekuntia]	kun $\alpha \geq \gamma_{ph}$ $\gamma_{ph} = 11$ mrad, kun $t < 100$ s, $\gamma_{ph} = 1.1 \cdot \varphi^{0.5}$ mrad, kun $100 \leq t \leq 10\,000$ s, $\gamma_{ph} = 110$ mrad, kun $t > 10\,000$ s,	silmän verkkokalvo	verkkokalvorappeuma
d.	300-700 (sininen valo) <i>huom.1</i>	$L_{\beta} = 100$ $t > 10\,000$ s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]			
e.	300-700 (sininen valo) <i>huom.1</i>	$H_{\beta} = 100$ $t < 100$ s	$H_{\beta}$ : [J m <sup>-2</sup> ] t: [sekuntia]	kun $\alpha < \gamma_{ph}$ ,		
f.	300-700 (sininen valo) <i>huom.1</i>	$E_{\beta} = 1$ $t \geq 100$ s	[W m <sup>-2</sup> ]			
g.	380-1 400 (näkyvä ja IRA)	$L_R = \frac{2.8 \cdot 10^7}{C_{\alpha}}$ kun $t \geq 0.25$ s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	$C_{\alpha} = 1.5$ , kun $\alpha \leq 1.5$ mrad $C_{\alpha} = \alpha$ ,	silmän verkkokalvo	verkkokalvon palovamma
h.	380-1 400 (näkyvä ja IRA)	$D_k = \frac{2.0 \cdot 10^7 \cdot t^{0.75}}{C_{\alpha}}$ kun $10^{-6} \text{ s} \leq t < 0.25$ s	$D_k$ : [J m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [sekuntia]	kun $1.5 < \alpha \leq \alpha_{max}$ $C_{\alpha} = \alpha_{max}$ , kun $\alpha > \alpha_{max}$ $\alpha_{max} = 5$ mrad,		
i.	380-1 400 (näkyvä ja IRA)	$D_k = \frac{630}{C_{\alpha}}$ kun $t < 10^{-6}$ s	[J m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	kun $t < 625 \cdot 10^{-6}$ s $\alpha_{max} = 200 \cdot \varphi^{0.5}$ mrad, kun $625 \times 10^{-6} \text{ s} \leq t < 0.25$ s $\alpha_{max} = 100$ mrad, kun $t \geq 0.25$ s $\lambda_1 = 380$ nm, $\lambda_2 = 1400$ nm		



Kohta	Aallonpituus [nm]	Altistuksen raja-arvo	Yksiköt	Huomautus	Kehonosa	Vaurio
j.	780–1 400 (IRA)	$L_R = \frac{2 \cdot 10^7 \cdot t^{-0,25}}{C_\alpha}$ kun $0,25 < t < 100$ s	$L_{Rt}$ [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] t: [sekuntia]	$C_\alpha = 11$ , kun $\alpha \leq 11$ mrad $C_\alpha = \alpha$ , kun $11 < \alpha \leq 100$ $C_\alpha = \alpha_{max}$ , kun $\alpha > 100$ mrad	silmän verkkokalvo	verkkokalvon palovamma
k.	780–1 400 (IRA)	$L_R = \frac{6,3 \cdot 10^6}{C_\alpha}$ kun $t \geq 100$ s	[W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ]	vastaanottokulma $\gamma_{oh} = 11$ mrad $\lambda_1 = 780$ nm, $\lambda_2 = 1 400$ nm		
l.	780–3 000 (IRA ja IRB)	$E_{IR} = 18 000 t^{0,75}$ kun $t < 1 000$ s	$E_{IR}$ [W m <sup>-2</sup> ] t: [sekuntia]		silmä	sarveiskalvon palovamma
m.	780–3 000 (IRA ja IRB)	$E_{IR} = 100$ kun $t \geq 1 000$ s	[W m <sup>-2</sup> ]		sarveiskalvo mykiö	harmaakaihi
n.	380–3 000 (Näkyvä, IRA ja IRB)	$H_{IR} = 20 000 t^{0,25}$ kun $t \leq 10$ s	$H_{IR}$ : [J m <sup>-2</sup> ] t: [sekuntia]		iho	palovamma

Huomautus 1: Taulukossa 2.1 alue 300–700 nm kattaa osan UVB-säteilystä, UVA-säteilyn kokonaan ja suurimman osan näkyvästä valosta. Näihin liittyvään riskiin viitataan kuitenkin yleisesti ilmauksella "sivinen valo". Tarkasti ottaen sivinen valo kattaa ainoastaan noin 400–490 nm:n alueen.

Taulukko 2.2. UV-säteilyn spektrinen painotus.

$\lambda(\text{nm})$	$S(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$S(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$S(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$S(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$S(\lambda)$
180	0,0120	228	0,1737	276	0,9434	324	0,000520	372	0,000086
181	0,0126	229	0,1819	277	0,9272	325	0,000500	373	0,000083
182	0,0132	230	0,1900	278	0,9112	326	0,000479	374	0,000080
183	0,0138	231	0,1995	279	0,8954	327	0,000459	375	0,000077
184	0,0144	232	0,2089	280	0,8800	328	0,000440	376	0,000074
185	0,0151	233	0,2188	281	0,8568	329	0,000425	377	0,000072
186	0,0158	234	0,2292	282	0,8342	330	0,000410	378	0,000069
187	0,0166	235	0,2400	283	0,8122	331	0,000396	379	0,000066
188	0,0173	236	0,2510	284	0,7908	332	0,000383	380	0,000064
189	0,0181	237	0,2624	285	0,7700	333	0,000370	381	0,000062
190	0,0190	238	0,2744	286	0,7420	334	0,000355	382	0,000059
191	0,0199	239	0,2869	287	0,7151	335	0,000340	383	0,000057
192	0,0208	240	0,3000	288	0,6891	336	0,000327	384	0,000055
193	0,0218	241	0,3111	289	0,6641	337	0,000315	385	0,000053
194	0,0228	242	0,3227	290	0,6400	338	0,000303	386	0,000051
195	0,0239	243	0,3347	291	0,6186	339	0,000291	387	0,000049
196	0,0250	244	0,3471	292	0,5980	340	0,000280	388	0,000047
197	0,0262	245	0,3600	293	0,5780	341	0,000271	389	0,000046
198	0,0274	246	0,3730	294	0,5587	342	0,000263	390	0,000044
199	0,0287	247	0,3865	295	0,5400	343	0,000255	391	0,000042
200	0,0300	248	0,4005	296	0,4984	344	0,000248	392	0,000041
201	0,0334	249	0,4150	297	0,4600	345	0,000240	393	0,000039
202	0,0371	250	0,4300	298	0,3989	346	0,000231	394	0,000037
203	0,0412	251	0,4465	299	0,3459	347	0,000223	395	0,000036
204	0,0459	252	0,4637	300	0,3000	348	0,000215	396	0,000035
205	0,0510	253	0,4815	301	0,2210	349	0,000207	397	0,000033
206	0,0551	254	0,5000	302	0,1629	350	0,000200	398	0,000032
207	0,0595	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000191	399	0,000031
208	0,0643	256	0,5437	304	0,0849	352	0,000183	400	0,000030
209	0,0694	257	0,5685	305	0,0600	353	0,000175		
210	0,0750	258	0,5945	306	0,0454	354	0,000167		
211	0,0786	259	0,6216	307	0,0344	355	0,000160		
212	0,0824	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000153		
213	0,0864	261	0,6792	309	0,0197	357	0,000147		
214	0,0906	262	0,7098	310	0,0150	358	0,000141		
215	0,0950	263	0,7417	311	0,0111	359	0,000136		
216	0,0995	264	0,7751	312	0,0081	360	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1093	266	0,8449	314	0,0042	362	0,000122		
219	0,1145	267	0,8812	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9192	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1257	269	0,9587	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1316	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000106		
223	0,1378	271	0,9919	319	0,0012	367	0,000103		
224	0,1444	272	0,9838	320	0,0010	368	0,000099		
225	0,1500	273	0,9758	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1583	274	0,9679	322	0,000670	370	0,000093		
227	0,1658	275	0,9600	323	0,000540	371	0,000090		

**Taulukko 2.3.** Silmään kohdistuvan optisen säteilyn spektrin painotus fotokemialliselle vaikutukselle ja lämpövauriolle.

$\lambda$ (nm)	B( $\lambda$ )	R( $\lambda$ )
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	-
380	0,01	0,01
385	0,0125	0,0125
390	0,025	0,025
395	0,05	0,05
400	0,1	0,1
405	0,2	0,2
410	0,4	0,4
415	0,8	0,8
420	0,9	0,9
425	0,95	0,95
430	0,98	0,98
435	1	1
440	1	1
445	0,97	1
450	0,94	1
455	0,9	1
460	0,8	1
465	0,7	1
470	0,62	1
475	0,55	1
480	0,45	1
485	0,4	1
490	0,22	1
495	0,16	1
500	0,1	1
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02 \cdot (450-\lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1\ 050$	-	$10^{0,002 \cdot (700-\lambda)}$
$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 150$	-	0,2
$1\ 150 < \lambda \leq 1\ 200$	-	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150-\lambda)}$
$1\ 200 < \lambda \leq 1\ 400$	-	0,02

**Lasersäteily**

Lasersäteilyn altistuksen raja-arvot määritellään jäljempänä esitettyjen kaavojen avulla. Käytettävän kaavan valintaan vaikuttavat lasersäteilyn lähteestä tulevan säteilyn aallonpituus ja altistusaika. Määrityksen tuloksia on verrattava vastaaviin altistuksen raja-arvoihin, jotka on esitetty taulukoissa 2.4–2.5. Joitakin lasersäteilyn lähteitä koskee useampi kuin yksi altistuksen raja-arvo.

Taulukoissa 2.4–2.5 laskennassa käytettävät kertoimet esitetään taulukossa 2.6. Altistuksen arviointiin käytettävän mittausaukon koko esitetään taulukossa 2.7. Toistuvan altistuksen määrittämiseen käytettävät korjauskertoimet esitetään taulukossa 2.9.

Määritelmät:

$dP$  *teho*, joka ilmoitetaan watteina [W]

$dA$  *pinta-ala*, joka ilmaistaan neliömetreinä [m<sup>2</sup>]

$E(t), E$  *irradianssi* tai *tehotiheys*: tietylle pinnalle kohdistuva säteilyteho pinta-alayksikköä kohti, joka ilmaistaan watteina neliometriä kohti [W m<sup>-2</sup>],  $E(t)$ :n ja  $E$ :n arvot tulevat mittauksista tai laitteiston valmistaja voi toimittaa ne

$H$  *energiatiheys*: irradianssin aikaintegraali, ilmaistaan jouleina neliometriä kohti [J m<sup>-2</sup>]

$t$  *aika*, altistuksen kesto, joka ilmaistaan sekunteina [s]

$\lambda$  *aallonpituus*, joka ilmaistaan nanometreinä [nm]

$\gamma$  *mittausnäkökentän rajaava kartiokulma*, joka ilmaistaan milliradiaaneina [mrad]

$\gamma_m$  *mittausnäkökenttä*, joka ilmaistaan milliradiaaneina [mrad]

$\alpha$  *lähteen kulmakoko*, joka ilmaistaan milliradiaaneina [mrad]

*rajaava aukko*, ympyränmuotoinen alue, jolta irradianssin ja energiatiheyden keskiarvot lasketaan.

Lasersäteilyn altistuksen raja-arvot määritellään seuraavasti:

$$E = \frac{dP}{dA}$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt$$

Taulukko 2.4. Silmään kohdistuvan lasersäteilyn altistuksen raja-arvot.

Aallonpituus [nm]	Altistusajka [s]										
	$10^{-13}$ – $10^{-11}$	$10^{-11}$ – $10^{-9}$	$10^{-9}$ – $10^{-7}$	$10^{-7}$ – $5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$ – $13 \cdot 10^{-2}$	$13 \cdot 10^{-2}$ – $10^3$	$10^3$ – $10^4$	100–1 000	$1 000$ – $10^4$	$10^4$ – $3 \cdot 10^4$	
UVC ja UVB	$3 \cdot 10^{16} \text{ Wm}^{-2}$	$30 \text{ Jm}^{-2}$ jos $t \leq T_1$ , niin $C_1 \text{ Jm}^{-2}$ jos $t > T_1$ , niin $C_2 \text{ Jm}^{-2}$ $C_2 \text{ Jm}^{-2}$									
UVA		$2 \cdot 10^{-3} \cdot C_4 \text{ Jm}^{-2}$									
näkkyvä		$10^3 \cdot C_4 \text{ Jm}^{-2}$									
					$18 \cdot t^{0,35} \cdot C_4 \text{ Jm}^{-2}$						
IRA	700–1 050 1 050–1 400 <sup>1)</sup>	$10^3 \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$ $10^3 \cdot C_6 \cdot C_7$ $10^{12} \text{ Wm}^{-2}$	$2 \cdot 10^3 \cdot C_4 \cdot C_7 \text{ Jm}^{-2}$ $2 \cdot 10^2 \cdot C_4 \cdot C_7 \text{ Jm}^{-2}$								
IRB ja IRC	1 400–1 500 1 500–1 800 1 800–2 600	$10^{12} \text{ Wm}^{-2}$ $10^{13} \text{ Wm}^{-2}$ $10^{13} \text{ Wm}^{-2}$	$1 000 \text{ Jm}^{-2}$ $10 000 \text{ Jm}^{-2}$ $1 000 \text{ Jm}^{-2}$								
	2 600– $10^5$	$10^{11} \text{ Wm}^{-2}$	$100 \text{ Jm}^{-2}$	$5 600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$							

<sup>1)</sup> Yli 1 250 nm aallonpituuksilla ihoon kohdistuvan lasersäteilyn altistuksen raja-arvot voivat olla pienempiä kuin ta ulukon altistuksen raja-arvot silmälle. Tällöin sovelletaan ihoon kohdistuvan lasersäteilyn altistuksen raja-arvoja. Jos ainoastaan silmät altistuvat lasersäteilylle, käytetään kaksinkertaisia ihoon kohdistuvan lasersäteilyn altistuksen raja-arvoja silloin, kun ne ovat pienemmät kuin silmään kohdistuvan lasersäteilyn altistuksen raja-arvot.

**Taulukko 2.5.** Ihoon kohdistuvan lasersäteilyn altistuksen raja-arvot.

Aallonpituus [nm]		Altistusaika [s]				
		$< 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10$	$10 - 3 \cdot 10^4$
UVC ja UVB	180–302,5	$3 \cdot 10^{10} \text{ Wm}^{-2}$	$30 \text{ Jm}^{-2}$			$C_2 \text{ Jm}^{-2}$
	302,5–315		jos $t \leq T_1$ , niin $C_1 \text{ Jm}^{-2}$ jos $t > T_1$ , niin $C_2 \text{ Jm}^{-2}$			
UVA	315–400		$C_1 \text{ Jm}^{-2}$			$10^4 \text{ Jm}^{-2}$
Näkyvä	400–700	$2 \cdot 10^{11} \text{ Wm}^{-2}$	$200 \text{ Jm}^{-2}$	$1,1 \cdot 10^4 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$		$2\,000 \text{ Wm}^{-2}$
IRA	700–1 400	$2 \cdot 10^{11} \cdot C_4 \text{ Wm}^{-2}$	$200 \cdot C_4 \text{ Jm}^{-2}$	$1,1 \cdot 10^4 \cdot t^{0,25} \cdot C_4 \text{ Jm}^{-2}$		$2\,000 \cdot C_4 \text{ Wm}^{-2}$
IRB ja IRC	1 400–1 500	$10^{12} \text{ Wm}^{-2}$	$1\,000 \text{ Jm}^{-2}$		$5\,600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$	$1\,000 \text{ Wm}^{-2}$
	1 500–1 800	$10^{13} \text{ Wm}^{-2}$	$10\,000 \text{ Jm}^{-2}$			
	1 800–2 600	$10^{12} \text{ Wm}^{-2}$	$1\,000 \text{ Jm}^{-2}$		$5\,600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$	
	$2\,600 - 10^6$	$10^{11} \text{ Wm}^{-2}$	$100 \text{ Jm}^{-2}$	$5\,600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$		

**Taulukko 2.6.** Altistuksen arvioinnissa käytettävät rajaavat aukot.

Aallonpituusalue		Rajoittavan aukon halkaisija	
		Silmä	Iho
UV	180 nm–400 nm	1 mm, kun $t \leq 0,35 \text{ s}$ $1,5 \cdot t^{0,375}$ , kun $0,35 \text{ s} < t \leq 10 \text{ s}$ 3,5 mm kun $t > 10 \text{ s}$	3,5 mm
Näkyvä	400 nm–700 nm	7 mm	3,5 mm
IRA	700 nm–1 400 nm	7 mm	3,5 mm
IRB ja IRC	1 400 nm–100 000 nm	1 mm, kun $t \leq 0,35 \text{ s}$ $1,5 t^{0,375}$ , kun $0,35 \text{ s} < t \leq 10 \text{ s}$ 3,5 mm, kun $t > 10 \text{ s}$	3,5 mm
	0,1 mm–1 mm	11 mm	11 mm

**Taulukko 2.7.** Sovellettavat korjauskertoimet ja muut laskentaparametrit.

Korjauskerroin	Aallonpituusalue [nm]	Arvo
$C_1$	302,5–400	$C_1 = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$
$C_2$	302,5–315	$C_2 = 10^{0,2 \cdot (\lambda - 295)}$
$T_1$	302,5–315	$T_1 = 10^{0,8 \cdot (\lambda - 295)} \cdot 10^{-15} \text{ s}$
$C_6$	400–1 400	jos $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$ , niin $C_6 = 1$ jos $1,5 \text{ mrad} < \alpha \leq \alpha_{\text{max}}$ , niin $C_6 = \alpha / 1,5 \text{ mrad}$ jos $\alpha > \alpha_{\text{max}}$ , niin $C_6 = \alpha_{\text{max}} / 1,5 \text{ mrad}$ , $\alpha_{\text{max}} = 5 \text{ mrad}$ , kun $t < 625 \mu\text{s}$ $\alpha_{\text{max}} = 200 \cdot t^{0,5} \text{ mrad}$ , kun $625 \mu\text{s} \leq t \leq 0,25 \text{ s}$ $\alpha_{\text{max}} = 100 \text{ mrad}$ , kun $t > 0,25 \text{ s}$
$C_3$	400–600	jos $400 \text{ nm} \leq \lambda < 450 \text{ nm}$ , niin $C_3 = 1$ jos $450 \text{ nm} \leq \lambda \leq 600 \text{ nm}$ , niin $C_3 = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
$T_2$	400–1 400	jos $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$ , niin $T_2 = 10 \text{ s}$ jos $1,5 \text{ mrad} \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$ , niin $T_2 = 10 \cdot 10^{[(\alpha - 1,5)/98,5]}$ jos $\alpha > 100 \text{ mrad}$ , niin $T_2 = 100 \text{ s}$
$C_4$	700–1 400	jos $700 \text{ nm} \leq \lambda < 1\,050 \text{ nm}$ , niin $C_4 = 10^{0,002(\lambda - 700)}$ jos $1\,050 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1\,400 \text{ nm}$ , niin $C_4 = 5$
$C_7$	700–1 400	jos $700 \text{ nm} \leq \lambda < 1\,150 \text{ nm}$ , niin $C_7 = 1$ jos $1\,150 \text{ nm} \leq \lambda < 1\,200 \text{ nm}$ , niin $C_7 = 10^{0,018(\lambda - 1150)}$ jos $1\,200 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1\,400 \text{ nm}$ , niin $C_7 = 8 + 10^{0,04(\lambda - 1250)}$

**Korjauskertoimet toistuvaa altistusta varten**

Kaikkia kolmea alla olevaa yleissääntöä tulee soveltaa peräkkäisiä pulsseja lähettävien tai skannaavien laserjärjestelmien aiheuttamaan toistuvaan altistukseen:

1. Pulssijonon yksittäisestä pulssista aiheutuva altistus ei saa ylittää kyseisen pulssinpituisen yksittäisen pulssin altistuksen raja-arvoa.
2. Minkään ajan  $t$  kestoisen pulssijoukon (tai pulssijonon osan) aiheuttama altistus ei saa ylittää aikaa  $t$  vastaavaa altistuksen raja-arvoa.
3. Minkään pulssijoukon yksittäisen pulssin aiheuttama altistus ei saa ylittää yksittäisen pulssin altistuksen raja-arvoa kerrottuna kumulatiivisella lämpökorjauskertoimella  $C_p$ . Kerroin  $C_p$  riippuu pulssien lukumäärästä  $N$ . Tätä sääntöä sovelletaan ainoastaan lämpövaurioilta suojaaviin altistuksen raja-arvoihin, jolloin kaikkia alle  $T_{min}$  aikana tulevia pulsseja pidetään yksittäisenä pulssina. Pulssin kesto on tällöin  $T_{min}$  ja energia ajan  $T_{min}$  kuluessa kertyneiden pulssien energia.

**Taulukko 2.8.** Pulssin minimikesto  $T_{min}$  taulukossa 2.9 esitettyä kumulatiivista lämpökorjauskerrointa varten.

Aallonpituus [nm]	Pulssin minimikesto $T_{min}$ [s]	Pulssien kertymisaika [s]
$400 \leq \lambda < 700$	$5 \cdot 10^{-6}$	0,25 s tai $T_2$ *)
$700 \leq \lambda < 1\ 400$	$5 \cdot 10^{-6}$	$T_2$
$1\ 050 \leq \lambda < 1\ 400$	$13 \cdot 10^{-6}$	$T_2$
$1\ 400 \leq \lambda < 1\ 500$	$10^{-3}$	10
$1\ 500 \leq \lambda < 1\ 800$	10	10
$1\ 800 \leq \lambda < 2\ 600$	$10^{-3}$	10
$2\ 600 \leq \lambda \leq 10^6$	$10^{-7}$	10

\*) jos altistusta pitkitetään tietoisesti, niin käytetään pulssien kertymisaikana aikaa  $T_2$ .

**Taulukko 2.9.** Kumulatiivinen lämpökorjauskerroin  $C_p$ .

Pulssin kesto $t$	Kumulatiivinen korjauskerroin $C_p$
$t \leq T_{min}$	jos pulssien kertymisaika $\leq 0,25$ s, $C_p = 1$ jos pulssien kertymisaika $> 0,25$ s, $N \leq 600$ , niin $C_p = 1$ $600 < N \leq 24414$ , niin $C_p = 5 \cdot N^{-0,25}$ $N > 24414$ , niin $C_p = 0,4$
$t > T_{min}$	jos $\alpha \leq 5$ mrad, niin $C_p = 1$ jos $5$ mrad $< \alpha \leq \alpha_{max}$ , $C_p = N^{-0,25}$ , kun $N \leq 40$ $C_p = 0,4$ , kun $N > 40$ jos $\alpha > \alpha_{max}$ hiin $C_p = N^{-0,25}$ , kun $N \leq 625$ $C_p = 0,2$ , kun $N > 625$ jos $\alpha > 100$ mrad, niin $C_p = 1$

Lasersäteily voi aiheuttaa taulukossa 2.10 esitettyjä säteilyvaurioita.

**Taulukko 2.10.** Lasersäteilyn aiheuttamat säteilyvauriot.

Aallonpituus [nm] $\lambda$	Säteilyalue	Kohteena oleva elin	Vaurio
180–400	UV	silmä	fotokemiallinen vaurio ja lämpövaurio
180–400	UV	iho	eryteema
400–700	Näkyvä	silmä	verkkokalvon vaurio
400–600	Näkyvä	silmä	valokemiallinen vaurio
400–700	Näkyvä	iho	lämpövaurio
700–1 400	IRA	silmä	lämpövaurio
700–1 400	IRA	iho	lämpövaurio
1 400–10 <sup>6</sup>	IRB, IRC	silmä	lämpövaurio
1 400–10 <sup>6</sup>	IRB, IRC	iho	lämpövaurio



## LIITE 3

## Altistuksen raja-arvot ultraäänelle

**Taulukko 3.1.** Altistuksen raja-arvot ilmajäliteisen ultraäänien äänenpaineen tasolle (SPL). Raja-arvot on ilmaistu desibeliskaalalla käyttäen referenssitasona äänenpainetta 20 µPa. Taajuudet on ilmaistu 1/3-oktaavin keskitaajuuksina.

1/3-oktaavin keskitaajuus [kHz]	Ultraäänien äänenpaineen taso (SPL) [dB]
20	70
25	100
31,5	100
40	100
50	100
63	100
80	100
100	100

**Taulukko 3.2.** Altistuksen raja-arvot, kun ultraääni johdetaan kehoon ihokontaktin tai ultraäänien energiaa kehoon tehokkaasti siirtävän väliaineen kautta. Raja-arvot on ilmoitettu ultraäänien intensiteetille sekä mekaaniselle (MI) ja termiselle (TI) indeksille.

Kehon osa	Ultraäänien intensiteetti [W/cm <sup>2</sup> ]	Mekaaninen indeksi (MI)	Terminen indeksi (TI)
Silmät	0,05	0,2	0,7
Muut osat	0,1	0,4	

Huomautus 1: Taulukossa 3.2 altistus ei saa olla altistuksen raja-arvoa suurempi minkään suureen osalta.

Huomautus 2: Taulukossa 3.2 standardin IEC 62359, "Ultrasonics - Field characterization - Test methods for the determination of thermal and mechanical indices related to medical diagnostic ultrasonic fields" mukaan mekaaninen indeksi (MI) määritellään kaavalla:

$$MI = \frac{\text{negatiivinen huippupaine (MPa)}}{\sqrt{\text{pulsin keskitaajuus (MHz)}}}$$

ja terminen indeksi (TI) kaavalla:

$$TI = \frac{\text{lähettimen ulostuloteho (W)}}{\text{teho, joka vaaditaan aineen 1°C lämpötilan nousuun (W)}}$$