

BILAGA 1

Gränsvärden och åtgärdsnivåer för exponering för elektromagnetiska fält

Statiska magnetfält i frekvensområdet 0–1 Hz

Gränsvärde för exponering

Gränsvärdet för exponering fastställs som extern magnetisk flödestäthet.

Tabell 1.1. Gränsvärde för exponering uttryckt som extern magnetisk flödestäthet i frekvensområdet 0–1 Hz.

Frekvensområde	Magnetisk flödestäthet mT
0–1 Hz	400

Åtgärdsnivå

Tabell 1.2. Åtgärdsnivå för magnetisk flödestäthet 0–1 Hz för förhindrande av interferens med aktiva produkter för implantation, t.ex. pacemakrar, samt för begränsande av den risk som magnetfältets dragningskraft medför.

Frekvensområde	Magnetisk flödestäthet mT
0–1 Hz	0,5

Elektromagnetiska fält i frekvensområdet 1 Hz–300 GHz

Gränsvärden för exponering

Gränsvärden för exponering fastställs som intern elektrisk fältstyrka som ett externt elektromagnetiskt fält inducerar i kroppen i frekvensområdet 1 Hz–10 MHz (tabell 1.3) och som absorberad effekt per massenhet i kroppen från ett externt elektromagnetiskt fält, dvs. som specifik absorptionshastighet (SAR) i frekvensområdet 100 kHz–6 GHz (tabell 1.4) samt som effekttäthet för ett elektromagnetiskt fält i frekvensområdet 6–300 GHz (tabell 1.5).

Tabell 1.3. Gränsvärden för exponering uttryckta som toppvärden av den elektriska fältstyrka som ett elektromagnetiskt fält inducerar i kroppen i frekvensområdet 1 Hz–10 MHz.

Frekvensområde	Huvud V/m	Andra kroppsdelar 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	$1,9 \cdot 10^{-4}f$	$1,9 \cdot 10^{-4}f$

Anmärkning: I tabell 1.3 är f frekvensen uttryckt i hertz.

Tabell 1.4. Gränsvärden för exponering uttryckta som specifik absorptionshastighet (SAR) i kroppen från ett elektromagnetiskt fält i frekvensområdet 100 kHz–6 GHz.

Frekvens-område	Medelvärde för helkroppss-SAR W/kg	Lokal SAR i huvud och bål W/kg	Lokal SAR i extremiteterna W/kg
100 kHz–6 GHz	0,08	2	4

Anmärkning 1: I tabell 1.4 beräknas SAR som ett medelvärde under en sexminutersperiod.

Anmärkning 2: I tabell 1.4 beräknas lokal SAR som ett medelvärde i en massa på 10 g vävnad.

Anmärkning 3: I tabell 1.4 är i frekvensområdet 0,3–6 GHz gränsvärdet för exponering för ett pulsat elektromagnetiskt fält uttryckt som specifik absorption orsakad av en puls med längden av mindre än 30 µs mot huvudet 2 mJ/kg beräknat som ett medelvärde i en massa på 10 g vävnad.

Tabell 1.5. Gränsvärde för exponering uttryckt som effekttäthet för ett elektromagnetiskt fält i frekvensområdet 6–300 GHz.

Frekvensområde	Effekttäthet W/m ²
6–300 GHz	10

Anmärkning 1: I tabell 1.5 beräknas effekttätheten i frekvensområdet 6–10 GHz som medelvärdet för en tidsperiod på sex minuter och i frekvensområdet 10–300 GHz som medelvärdet för en tidsperiod på $68/f^{1.05}$ minuter, där f är frekvensen uttryckt i gigahertz.

Anmärkning 2: I tabell 1.5 beräknas effekttätheten som medelvärdet på en 20 cm² stor yta.

Anmärkning 3: I tabell 1.5 får den lokala effekttätheten som beräknas som medelvärdet på en 1 cm² stor yta inte vara högre än 200 W/m².

Åtgärdsnivåer

Åtgärdsnivåerna anges som effektivvärden av extern elektrisk och magnetisk fältstyrka och extern magnetisk flödestäthet i frekvensområdet 1 Hz–10 MHz i tabell 1.6 och i frekvensområdet 10 MHz–300 GHz i tabell 1.7. Åtgärdsnivåerna anges också som ekvivalent effekttäthet för elektriska och magnetiska fält i tabell 1.8. Av åtgärdsnivåerna i tabellerna 1.6 och 1.7 tillämpas den åtgärdsnivå som är mera restriktiv i frekvensområdet 100 kHz–10 MHz.

Tabell 1.6. Åtgärdsnivåer uttryckta som effektivvärden av elektrisk och magnetisk fältstyrka och magnetisk flödestäthet i frekvensområdet 1 Hz–10 MHz.

Frekvensområde	Elektrisk fältstyrka V/m	Magnetisk fältstyrka A/m	Magnetisk flödestäthet 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

Anmärkning 1: I tabell 1.6 är f frekvensen uttryckt i hertz.

Anmärkning 2: I tabell 1.6 får toppvärdet av den elektriska och magnetiska fältstyrkan och den magnetiska flödestätheten i frekvensområdet 1 Hz–10 MHz vara högst k gånger åtgärdsnivån. I frekvensområdet 1 Hz–100 kHz $k=\sqrt{2}$. I frekvensområdet 0,1–10 MHz $k=3,05f+1,11$, där f är frekvensen uttryckt i megahertz.

Tabell 1.7. Åtgärdsnivåer uttryckta som effektivvärden av och ekvivalent effekttäthet för elektrisk och magnetisk fältstyrka och magnetisk flödestäthet i frekvensområdet 100 kHz–300 GHz.

Frekvensområde	Elektrisk fältstyrka V/m	Magnetisk fältstyrka A/m	Magnetisk lödestäthet μT	Ekvivalent effekttäthet W/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
400–2 000 MHz	1,38f ^{1/2}	0,0037f ^{1/2}	0,0046f ^{1/2}	f/200
2–300 GHz	61	0,16	0,20	10

Anmärkning 1: I tabell 1.7 är f frekvensen uttryckt i megahertz.

Anmärkning 2: I tabell 1.7 är den ekvivalenta effekttätheten kvadraten på den elektriska fältstyrkan, dividerad med vågimpedansen (377 Ω) i fritt rum, eller kvadraten på den magnetiska fältstyrkan, multiplicerad med vågimpedansen i fritt rum.

Anmärkning 3: I tabell 1.7 beräknas kvadraten på effektivvärdet av och ekvivalent effekttäthet för elektrisk och magnetisk fältstyrka och magnetisk flödestäthet som medelvärde för en tidsperiod på sex minuter i frekvensområdet 100 kHz–10 GHz.

Anmärkning 4: I tabell 1.7 beräknas i frekvensområden över 10 GHz ekvivalent effekttäthet som medelvärde för en tidsperiod på 68/f^{1,05} minuter, där f är frekvensen uttryckt i gigahertz.

Anmärkning 5: I tabell 1.7 får toppvärdet av ekvivalent effekttäthet vara högst 1 000 gånger åtgärdsnivån för ekvivalent effekttäthet och toppvärdet av elektrisk eller magnetisk fältstyrka högst 32 gånger åtgärdsnivån för elektrisk eller magnetisk fältstyrka. Toppvärdet av magnetisk flödestäthet får vara högst 32 gånger åtgärdsnivån för magnetisk flödestäthet.

Anmärkning 6: I tabell 1.7 beräknas den ekvivalenta effekttätheten som medelvärde på en 20 cm² stor yta i frekvensområden över 6 GHz.

Anmärkning 7: I tabell 1.7 får den lokala effekttätheten som beräknas som medelvärde på en 1 cm² stor yta inte vara högre än 200 W/m² i frekvensområden över 6 GHz.

Åtgärdsnivåer för effektivvärdena av kontinuerlig kontakström och inducerad ström i en extremitet anges i tabell 1.8. En kontinuerlig kontaktström är en ström som uppstår när en person är i kontinuerlig kontakt med ett föremål i ett elektromagnetiskt fält. I inducerad ström i en extremitet är en ström som ett elektromagnetiskt fält ger upphov till extremiteten också utan kontakt med ett föremål i det elektromagnetiska fältet.

Tabell 1.8. Åtgärdsnivåer för effektivvärdena av kontinuerlig kontakström och inducerad ström i en extremitet upp till frekvensen 110 MHz.

Frekvensområde	Kontinuerlig kontaktström mA	Inducerad ström i extremitet mA
Upp till 2,5 kHz	0,5	-
2,5–100 kHz	0,2f	-
100 kHz–10 MHz	20	-
10 MHz–110 MHz	20	45

Anmärkning 1: I tabell 1.8 är f frekvensen uttryckt i kilohertz.

Anmärkning 2: I tabell 1.8 beräknas kvadraten på effektivvärdet av kontinuerlig kontaktström som medelvärde under en tidsperiod på en sekund.

Anmärkning 3: I tabell 1.8 beräknas kvadraten på effektivvärdet av inducerad ström i en extremitet som medelvärde under en tidsperiod på sex minuter.

BILAGA 2

Gränsvärden och åtgärdsnivåer för exponering för optisk strålning

Icke-koherent optisk strålning

Gränsvärdena för exponering för optisk strålning fastställs med hjälp av nedanstående formler. Vilka formler som ska användas beror på inom vilket område strålningen sänds ut från strålkällan och resultatet bör jämföras med motsvarande gränsvärden för exponering som anges i tabell 2.1. Mer än ett gränsvärde för exponering kan vara relevant för en given källa för optisk strålning.

Definitioner:

$E_{\lambda}(\lambda, t), E_{\lambda}$	<i>spektral irradians eller spektral effekttäthet</i> : effekten av den infallande strålningen på en yta per areaenhet, uttryckt i watt per kvadratmeter per nanometer [$\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$]; värdena på $E_{\lambda}(\lambda, t)$ och E_{λ} kommer från mätningar eller kan tillhandahållas av tillverkaren av utrustningen
E_{eff}	<i>effektiv irradians (UV-området)</i> : beräknad irradians inom UV-våglängdsområdet 180–400 nm spektralt viktat med $S(\lambda)$, uttryckt i watt per kvadratmeter [W m^{-2}]
H	<i>strålningsexponering</i> : integralen av irradiansen över tiden, uttryckt i joule per kvadratmeter [J m^{-2}]
H_{eff}	<i>effektiv strålningsexponering</i> : strålningsexponering spektralt viktad med $S(\lambda)$, uttryckt i joule per kvadratmeter [J m^{-2}]
E_{UVA}	<i>total irradians (UVA)</i> : beräknad irradians inom UVA-våglängdsområdet 315–400 nm, uttryckt i watt per kvadratmeter [W m^{-2}]
H_{UVA}	<i>strålningsexponering (UVA)</i> : integralen eller summan av irradiansen över tid och våglängd inom UVA-våglängdsområdet 315–400 nm, uttryckt i joule per kvadratmeter [J m^{-2}]
$S(\lambda)$	<i>spektral viktning</i> : hänsyn tas till att hälsoeffekterna av UV-strålning på ögon och hud är beroende av våglängden (tabell 2.2) [dimensionslös]
$t, \Delta t$	<i>tid, exponeringens duration</i> : uttryckt i sekunder [s]
λ	<i>våglängd</i> : uttryckt i nanometer [nm]
$\Delta\lambda$	<i>bandbredd</i> : uttryckt i nanometer [nm], av beräknings- eller mättingsintervallen
$L_{\lambda}(\lambda), L_{\lambda}$	<i>spektral radians</i> : från källan, uttryckt i watt per kvadratmeter per steradian per nanometer [$\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ nm}^{-1}$]
$B(\lambda)$	<i>spektral viktning</i> : hänsyn tas till att den fotokemiska skadan på ögat som orsakas av strålning av blått ljus är beroende av våglängden (tabell 2.3) [dimensionslös]
L_B	<i>effektiv radians (blått ljus)</i> : beräknad radians spektralt viktad med $B(\lambda)$, uttryckt i watt per kvadratmeter per steradian [$\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$]

D_B	<i>effektiv radiansdos (blått ljus)</i> : integralen av radiansen över tiden spektralt viktad med $B(\lambda)$, uttryckt i joule per kvadratmeter per steradian [$\text{J m}^{-2} \text{sr}^{-1}$]
E_B	<i>effektiv radiansdos (blått ljus)</i> : integralen av radiansen över tiden spektralt viktad med $B(\lambda)$, uttryckt i joule per kvadratmeter per steradian [W m^{-2}]
H_B	<i>effektiv strålningsexponering (blått ljus)</i> : strålningsexponering spektralt viktad med $B(\lambda)$, uttryckt i joule per kvadratmeter [J m^{-2}]
$R(\lambda)$	<i>spektral viktning</i> : hänsyn tas till att den termiska skadan på ögat som orsakas av synlig strålning och IRA-strålning är beroende av våglängden (tabell 2.3) [dimensionslös]
L_R	<i>effektiv radians (termisk skada)</i> : beräknad radians spektralt viktad med $R(\lambda)$, uttryckt i watt per kvadratmeter per steradian [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$]
D_R	<i>effektiv radiansdos (termisk skada)</i> : integralen av radiansen över tiden spektralt viktad med $R(\lambda)$, uttryckt i joule per kvadratmeter per steradian [$\text{J m}^{-2} \text{sr}^{-1}$]
E_{IR}	<i>total irradians (termisk skada)</i> : beräknad irradians för infraröd strålning i våglängdsområdet 780–3 000 nm, uttryckt i watt per kvadratmeter [W m^{-2}]
E_{iho}	<i>total irradians (synlig, IRA och IRB)</i> : beräknad irradians för synlig och infraröd strålning i våglängdsområdet 380–3 000 nm, uttryckt i watt per kvadratmeter [W m^{-2}]
H_{iho}	<i>strålningsexponering</i> : integralen eller summan av irradiansen över tid och våglängd i våglängdsområdet 380–3 000 nm för synlig och infraröd strålning, uttryckt i joule per kvadratmeter [J m^{-2}]
α	<i>infallsvinkel</i> : infallsvinkeln från en strålkälla, betraktad från en punkt i rummet, uttryckt i milliradianer (mrad); en strålkälla är det verkliga eller virtuella föremål som ger minsta möjliga bild på näthinnan
γ_{ph}	<i>mottagningsvinkel</i> : en vid mätning av radiansen använd vinkel som begränsar strålningskäglan, som är beroende av exponeringstiden. Uttrycks i milliradianer [mrad].

För följande punkter a–n anges gränsvärdena för exponering i tabell 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} är endast relevant i området 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} är endast relevant i området 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 är endast relevant i området 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 är endast relevant i området 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 är endast relevant i området 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 är endast relevant i området 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 är endast relevant i området 380–1 400 nm)
- g, j, k)
$$L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (Se tabell 2.1 för relevanta värden på λ_1 och λ_2)
- 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} är endast relevant i området 780–3 000 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} är endast relevant i området 380–3 000 nm)

I stället för formlerna ovan kan även följande summaformler och värden i tabellerna 2.1–2.3 användas:

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

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

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

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

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

(Se tabell 2.1 för relevanta värden på λ_1 och λ_2)

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

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

Tabell 2.1. Gränsvärden för exponering för icke-koherent optisk strålning.

Index	Våglängd [nm]	Gränsvärde för exponering	Enhet	Anmärkning	Kroppsdelen	Risk
a.	180–400 (UVA, UVB och UVC)	$H_{eff} = 30$ 8 timmar per dag	[J m ⁻²]		öga hornhinna bindhinna hud	fotokeratit konjunktivit kataraktogenes erytem elastos hudcancer
b.	315–400 (UVA)	$H_{UVA} = 10^4$ 8 timmar per dag	[J m ⁻²]		öga lins	kataraktogenes
c.	300–700 (blått ljus) <i>se not 1</i>	$D_B = 10^6$ $t \leq 10\,000$ s	D_B : [J m ⁻² sr ⁻¹] t : [sekunder]	för $\alpha \geq \gamma_{ph}$, $\gamma_{ph} = 11$ mrad, för $t < 100$ s, $\gamma_{ph} = 1,1 \cdot t^{0,5}$ mrad, för $100 \leq t \leq 10\,000$ s, $\gamma_{ph} = 110$ mrad, för $t > 10\,000$ s,	öga näthinna	fotoretinit
d.	300–700 (blått ljus) <i>se not 1</i>	$L_B = 100$ $t > 10\,000$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]			
e.	300–700 (blått ljus) <i>se not 1</i>	$H_B = 100$ $t < 100$ s	H_B : [J m ⁻²] t : [sekunder]	för $\alpha < \gamma_{ph}$,		
f.	300–700 (blått ljus) <i>se not 1</i>	$E_B = 1$ $t \geq 100$ s	[W m ⁻²]			
g.	380–1 400 (Synligt och IRA)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha}$ för $t \geq 0,25$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]	$C_\alpha = 1,5$, för $\alpha \leq 1,5$ mrad $C_\alpha = \alpha$, för $1,5 < \alpha \leq \alpha_{max}$ $C_\alpha = \alpha_{max}$, för $\alpha > \alpha_{max}$ $\alpha_{max} = 5$ mrad,	öga näthinna	brännskada på näthinna
h.	380–1 400 (Synligt och IRA)	$D_R = \frac{2,0 \cdot 10^7 \cdot t^{0,75}}{C_\alpha}$ för 10^{-6} s $\leq t < 0,25$ s	D_R : [J m ⁻² sr ⁻¹] t : [sekunder]	för $t < 625 \cdot 10^{-6}$ s $\alpha_{max} = 200 \cdot t^{0,5}$ mrad, för 625×10^{-6} s $\leq t < 0,25$ s $\alpha_{max} = 100$ mrad, för $t \geq 0,25$ s $\lambda_1 = 380$ nm, $\lambda_2 = 1\,400$ nm		
i.	380–1 400 (Synligt och IRA)	$D_R = \frac{630}{C_\alpha}$ för $t < 10^{-6}$ s	[J m ⁻² sr ⁻¹]			

Index	Våglängd [nm]	Gränsvärde för exponering	Enhet	Anmärkning	Kroppsdelen	Risk
j.	780–1 400 (IRA)	$L_R = \frac{2 \cdot 10^7 \cdot t^{-0,25}}{C_\alpha}$ för $0,25 < t < 100$ s	L_R : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [sekunder]	$C_\alpha = 11$, för $\alpha \leq 11$ mrad $C_\alpha = \alpha$, för $11 < \alpha \leq 100$ $C_\alpha = \alpha_{\max}$, för $\alpha > 100$ mrad mottagningsvinkel $\gamma_{ph} = 11$ mrad $\lambda_1 = 780$ nm, $\lambda_2 = 1\,400$ nm	öga näthinna	brännskada på näthinna
k.	780–1 400 (IRA)	$L_R = \frac{6,3 \cdot 10^6}{C_\alpha}$ för $t \geq 100$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]			
l.	780–3 000 (IRA och IRB)	$E_{IR} = 18\,000\, t^{0,75}$ för $t < 1\,000$ s	E_{IR} : [W m ⁻²] t: [sekunder]		öga hornhinna lins	brännskada på hornhinna kataraktogenes
m.	780–3 000 (IRA och IRB)	$E_{IR} = 100$ för $t \geq 1\,000$ s	[W m ⁻²]		hud	brännskada
n.	380–3 000 (Synligt, IRA och IRB)	$H_{lho} = 20\,000\, t^{0,25}$ för $t \leq 10$ s	H_{lho} : [J m ⁻²] t: [sekunder]			

Anmärkning 1: I tabell 2.1 täcker området 300–700 nm delar av UVB-strålning, all UVA-strålning och merparten av synlig ljus. Den associerade skadan kallas emellertid i allmänhet "blåljusskada". Blåljus i egentlig mening täcker bara ungefär området 400–490 nm.

Tabell 2.2. Spektral viktning vid UV-strålning.

$\lambda(\text{nm})$	$S(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$S(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$S(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$S(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$S(\lambda)$
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		

Tabell 2.3. Spektral viktning för fotokemisk effekt och termisk skada vid optisk strålning på ögat.

λ (nm)	B(λ)	R(λ)
$300 \leq \lambda < 380$	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

Laserstrålning

Gränsvärdena för exponering för laserstrålning fastställs med hjälp av nedanstående formler. Vilka formler som ska användas beror på våglängden och durationen av strålningen från laserkällan. Resultaten ska jämföras med motsvarande gränsvärden för exponering som anges i tabellerna 2.4–2.5. Mer än ett gränsvärde för exponering är tillämpligt för en given källa för laserstrålning.

De koefficienter som används för beräkningarna i tabellerna 2.4–2.5 anges i tabell 2.6. Arean av aperturen som används vid bedömningen av exponeringen anges i tabell 2.7. Korrektionsfaktorerna vid upprepad exponering anges i tabell 2.9.

Definitioner:

dP *effekt*: uttryckt i watt [W]

dA *yta*: uttryckt i kvadratmeter [m^2]

$E(t)$, E *irradians* eller *effekttäthet*: effekten av den infallande strålningen på en yta per areaenhet, uttryckt i watt per kvadratmeter [W m^{-2}]; värdena på $E(t)$ och E kommer från mätningar eller kan tillhandahållas av tillverkaren av utrustningen

H *strålningsexponering*: integralen av irradiansen över tiden, uttryckt i joule per kvadratmeter [J m^{-2}]

t *tid, exponeringens duration*: uttryckt i sekunder [s]

λ *våglängd*: uttryckt i nanometer [nm]

γ *begränsande konvinkel för synfält*: uttryckt i milliradianer [mrad]

γ_m *synfält*: uttryckt i milliradianer [mrad]

α *infallsvinkel för en källa*: uttryckt i milliradianer [mrad]

begränsande apertur: cirkulär yta inom vilken genomsnittlig exponering för irradians och strålning beräknas.

Gränsvärdena för exponering för laserstrålning fastställs som följer:

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

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

Tabell 2.4. Gränsvärden för laserexponering av ögat.

Våglängd [nm]		Exponeringstid [s]							
		$10^{13} - 10^{11}$	$10^{-11} - 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6} - 13 \cdot 10^{-6}$	$13 \cdot 10^{-6} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-10}$	$10^{-10} - 10^{-4}$
UVC och UVB	180–302,5	$3 \cdot 10^{10} \text{ Wm}^{-2}$							
	302,5–315	om $t \leq T_1$, så är $C_1 \text{ Jm}^{-2}$ om $t > T_1$, så är $C_2 \text{ Jm}^{-2}$							
UVA	315–400	$C_1 \text{ Jm}^{-2}$							
Synligt	400–600	$10^3 \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$	$2 \cdot 10^{-3} \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$	$18 \cdot t^{0,75} \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$					
	400–700								Fotokemisk skada på näthinnan (400–600 nm)
						$100 \cdot C_3 \text{ Jm}^{-2}$ ($\gamma = 11 \text{ mrad}$)	$C_3 \text{ Wm}^{-2}$ ($\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ mrad}$)	$C_3 \text{ Wm}^{-2}$ ($\gamma = 110 \text{ mrad}$)	
						Termisk skada på näthinnan 400 nm–700 nm			
						om $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$, så är 10 Wm^{-2}			
						om $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t \leq T_2$, så är $18 \cdot t^{0,75} \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$			
						om $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ja $t > T_2$, så är $18 \cdot T_2^{-0,25} \cdot C_6 \text{ Wm}^{-2}$			
IRA	700–1 050	$10^3 \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$	$2 \cdot 10^{-3} \cdot C_4 \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$	$18 \cdot t^{0,75} \cdot C_4 \cdot C_6 \text{ Jm}^{-2}$					
	1 050–1 400	$10^3 \cdot C_6 \cdot C_7 \text{ Jm}^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2} \cdot C_6 \cdot C_7 \text{ Jm}^{-2}$			$90 \cdot t^{0,75} \cdot C_6 \cdot C_7 \text{ Jm}^{-2}$			
IRB och IRC	1 400–1 500	10^{12} Wm^{-2}	$1\,000 \text{ Jm}^{-2}$			$5\,600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$			
	1 500–1 800	10^{13} Wm^{-2}	$10\,000 \text{ Jm}^{-2}$						
	1 800–2 600	10^{12} Wm^{-2}	$1\,000 \text{ Jm}^{-2}$			$5\,600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$			
		10^{11} Wm^{-2}	100 Jm^{-2}			$5\,600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$			
*) Vid våglängder över 1 250 nm kan gränsvärdena för laserexponering av huden vara lägre än gränsvärdena för laserexponering av ögat enligt tabellen. I dessa fall tillämpas gränsvärdena för laserexponering av hud. Om endast ögonen är exponerade för laserstrålning används de dubbla gränsvärdena för laserexponering av hud när de är lägre än gränsvärdena för laserexponering av ögat.									

Tabell 2.5. Gränsvärden för lasere exponering av hud.

Våglängd [nm]		Exponeringstid [s]				
		$< 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10$	$10 - 3 \cdot 10^4$
UVC och UVB	180–302,5	$3 \cdot 10^{10} \text{ Wm}^{-2}$	30 Jm^{-2}			
	302,5–315		om $t \leq T_1$, niin $C_1 \text{ Jm}^{-2}$ om $t > T_1$, niin $C_2 \text{ Jm}^{-2}$			$C_2 \text{ Jm}^{-2}$
UVA	315–400		$C_1 \text{ Jm}^{-2}$			10^4 Jm^{-2}
Synligt	400–700	$2 \cdot 10^{11} \text{ Wm}^{-2}$	200 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 och IRC	1 400–1 500	10^{12} 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} Wm^{-2}	$10\,000 \text{ Jm}^{-2}$			
	1 800–2 600	10^{12} Wm^{-2}	$1\,000 \text{ Jm}^{-2}$		$5\,600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$	
	2 600–10 ⁶	10^{11} Wm^{-2}	100 Jm^{-2}	$5\,600 \cdot t^{0,25} \text{ Jm}^{-2}$		

Tabell 2.6. Begränsande apertur vid bedömning av exponering.

Våglängdsområde		Aperturdiameter	
		Öga	Hud
UV	180 nm–400 nm	1 mm, för $t \leq 0,35 \text{ s}$ $1,5 \cdot t^{0,375}$, för $0,35 \text{ s} < t \leq 10 \text{ s}$ 3,5 mm för $t > 10 \text{ s}$	3,5 mm
Synligt	400 nm–700 nm	7 mm	3,5 mm
IRA	700 nm–1 400 nm	7 mm	3,5 mm
IRB och IRC	1 400 nm–100 000 nm	1 mm, för $t \leq 0,35 \text{ s}$ $1,5 \cdot t^{0,375}$, för $0,35 \text{ s} < t \leq 10 \text{ s}$ 3,5 mm, för $t > 10 \text{ s}$	3,5 mm
	0,1 mm–1 mm	11 mm	11 mm

Tabell 2.7. Tillämpade korrektionsfaktorer och andra beräkningsparametrar.

Korrektions-faktor	Våglängdsområde [nm]	Värde
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	om $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$, så är $C_6 = 1$ om $1,5 \text{ mrad} < \alpha \leq \alpha_{\max}$, så är $C_6 = \alpha / 1,5 \text{ mrad}$ om $\alpha > \alpha_{\max}$, så är $C_6 = \alpha_{\max} / 1,5 \text{ mrad}$, $\alpha_{\max} = 5 \text{ mrad}$, för $t < 625 \mu\text{s}$ $\alpha_{\max} = 200 \cdot t^{0,5} \text{ mrad}$, för $625 \mu\text{s} \leq t \leq 0,25 \text{ s}$ $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$, för $t > 0,25 \text{ s}$
C_3	400–600	om $400 \text{ nm} \leq \lambda < 450 \text{ nm}$, så är $C_3 = 1$ om $450 \text{ nm} \leq \lambda \leq 600 \text{ nm}$, så är $C_3 = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
T_2	400–1 400	om $\alpha < 1,5 \text{ mrad}$, så är $T_2 = 10 \text{ s}$ om $1,5 \text{ mrad} \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$, så är $T_2 = 10 \cdot 10^{[(\alpha - 1,5)/98,5]} \text{ s}$ om $\alpha > 100 \text{ mrad}$, så är $T_2 = 100 \text{ s}$
C_4	700–1 400	om $700 \leq \lambda < 1\,050 \text{ nm}$, så är $C_4 = 10^{0,002(\lambda - 700)}$ om $1\,050 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1\,400 \text{ nm}$, så är $C_4 = 5$
C_7	700–1 400	om $700 \text{ nm} \leq \lambda < 1\,150 \text{ nm}$, så är $C_7 = 1$ om $1\,150 \text{ nm} \leq \lambda < 1\,200 \text{ nm}$, så är $C_7 = 10^{0,018(\lambda - 1150)}$ om $1\,200 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1\,400 \text{ nm}$, så är $C_7 = 8 + 10^{0,04(\lambda - 1250)}$

Korrektionsfaktorer vid upprepad exponering

Var och en av följande tre allmänna regler bör tillämpas på all upprepad exponering från lasersystem med upprepade pulser eller scanning:

1. Exponeringen för en enskilda puls i en följd av pulser får inte överstiga gränsvärdet för exponering för en enskilda puls av den pulsdurationen.
2. Exponeringen för en grupp av pulser (eller en undergrupp av pulser i en följd av pulser) under tiden t får inte överstiga gränsvärdet för exponering för tiden t .
3. Exponeringen för en enskilda puls inom en grupp av pulser får inte överstiga gränsvärdet för exponering för en enskilda puls multiplicerat med en kumulativ-termal korrigeringsfaktor C_p . Faktorn C_p är beroende av antalet pulser N . Denna regel gäller endast gränsvärdena för exponering i syfte att skydda mot termiska skador, där alla pulser under kortare tid än T_{min} behandlas som en enda puls. Pulsbredden är då T_{min} och energin är energin för de pulser som ackumulerats under tiden T_{min} .

Tabell 2.8. Pulsens minimibredd T_{min} för den kumulativ-termala korrigeringsfaktor som anges i tabell 2.9.

Våglängd [nm]	Pulsens minimibredd T_{min} [s]	Pulsens minimibredd [s]
$400 \leq \lambda < 700$	$5 \cdot 10^{-6}$	0,25 s eller 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

*) Om exponeringen avsiktligt förlängs används tiden T_2 som pulsernas ackumuleringsstid.

Tabell 2.9. Kumulativ-termal korrigeringsfaktor C_p .

Pulsbredd t	Kumulativ korrigeringsfaktor C_p
$t \leq T_{min}$	om pulsernas ackumuleringsstid $\leq 0,25$ s, $C_p = 1$ om pulsernas ackumuleringsstid $> 0,25$ s, $N \leq 600$, så är $C_p = 1$ $600 < N \leq 24414$, så är $C_p = 5 \cdot N^{-0,25}$ $N > 24414$, så är $C_p = 0,4$
$t > T_{min}$	om $\alpha \leq 5$ mrad, så är $C_p = 1$ om $5 \text{ mrad} < \alpha \leq \alpha_{max}$, $C_p = N^{-0,25}$, för $N \leq 40$ $C_p = 0,4$, för $N > 40$ om $\alpha > \alpha_{max}$, så är $C_p = N^{-0,25}$, för $N \leq 625$ $C_p = 0,2$, för $N > 625$ om $\alpha > 100$ mrad, så är $C_p = 1$

Laserstrålning kan medföra i tabell 2.10 angivna strålningsrisker.

Tabell 2.10. Strålningsrisker vid laserstrålning.

Våglängd [nm] λ	Strålnings- område	Påverkat organ	Risk
180–400	UV	öga	fotokemisk skada och termisk skada
180– 400	UV	hud	erytem
400–700	Synligt	öga	skada på näthinnan
400–600	Synligt	öga	fotokemisk skada
400–700	Synligt	hud	termisk skada
700–1 400	IRA	öga	termisk skada
700–1 400	IRA	hud	termisk skada
1 400–10 ⁶	IRB, IRC	öga	termisk skada
1 400–10 ⁶	IRB, IRC	hud	termisk skada

BILAGA 3

Gränsvärden för exponering för ultraljud

Tabell 3.1. Gränsvärden för exponering för nivån på ljudtrycket (SPL) från luftburet ultraljud. Gränsvärdena har uttryckts på en decibelskala med ljudtrycket 20 µPa som referensnivå. Frekvenserna uttrycks som mittfrekvenser på 1/3 oktavband.

Mittfrekvens på 1/3 oktavband [kHz]	Nivå på ljudtrycket (SPL) från ultraljud [dB]
20	70
25	100
31,5	100
40	100
50	100
63	100
80	100
100	100

Tabell 3.2. Gränsvärden för exponering när ultraljud leds in i kroppen via hudkontakt eller ett medium som effektivt överför ultraljudets energi till kroppen. Gränsvärdena har angetts för ultraljudets intensitet samt mekaniska (MI) och termiska (TI) index.

Kroppsdelen	Ultraljudets intensitet [W/cm²]	Mekaniskt index (MI)	Termiskt index (TI)
Ögon	0,05	0,2	0,7
Andra delar	0,1	0,4	

Anmärkning 1: I tabell 3.2 exponeringen får inte vara större än gränsvärdet för exponering för någon storhet.

Anmärkning 2: I tabell 3.2 enligt standard IEC 62359, "Ultrasonics - Field characterization - Test methods for the determination of thermal and mechanical indices related to medical diagnostic ultrasonic fields" definieras mekaniskt index (MI) enligt formeln:

$$MI = \frac{\text{negativt topptryck (MPa)}}{\sqrt{\text{pulsens mittfrekvens (MHz)}}}$$

och termiskt index (TI) enligt formeln:

$$TI = \frac{\text{sändarens uteffekt (W)}}{\text{effekt som krävs för att höja temperaturen med 1°C (W)}}$$