

BILAGA I

Icke-kohärent optisk strålning

De biofysiskt relevanta värdena för exponering för optisk strålning kan fastställas med hjälp av nedanstående formler. Vilka formler som skall användas beror på inom vilket område strålningen sänds ut från strålkällan och resultatet bör jämföras med motsvarande gränsvärden för exponering som anges i tabell 1.1. Mer än ett värde för exponering och motsvarande gränsvärde för exponering kan vara relevant för en given källa för optisk strålning.

Beteckningarna a-o hänvisar till motsvarande rader i tabell 1.1.

a)
$$H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{eff} är endast relevant i området 180-400 nm)

b)
$$H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{UVA} är endast relevant i området 315-400 nm)

c, d)
$$L_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (L_{B} är endast relevant i området 300-700 nm)

e, f)
$$E_{\text{B}} = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (E_{B} är endast relevant i området 300-700 nm)

g-l)
$$L_{\text{R}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (Se tabell 1.1 för relevanta värden på λ_1 och λ_2)

m, n)
$$E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda$$
 (E_{IR} är endast relevant i området 780-3 000 nm)

o)
$$H_{\text{skin}} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt$$
 (H_{skin} är endast relevant i området 380-3 000 nm)

För att uppnå syftet med denna förordning kan ovanstående formler ersättas med följande uttryck och användning av diskreta värden som anges i de följande tabellerna:

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

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

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

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

g-l)
$$L_{\text{R}} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$
 (Se tabell 1.1 för relevanta värden på λ_1 och λ_2)

m, n)
$$E_{\text{IR}} = \sum_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$$

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

Anmärkingar:

- $E_{\lambda}(\lambda, t)$, E_{λ} *spektral irradians eller spektral effektivitet*: 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} *effektiv irradians (UV-område)*: beräknad irradians inom UV-våglängdsområdet 180 nm och 400 nm spektralt viktat med $S(\lambda)$, uttryckt i watt per kvadratmeter [W m^{-2}].
- H *strålningsexponering*: integralen av irradiansen över tiden, uttryckt i joule per kvadratmeter [J m^{-2}].
- H_{eff} *effektiv strålningsexponering*: strålningsexponering spektralt viktad med $S(\lambda)$, uttryckt i joule per kvadratmeter [J m^{-2}].
- E_{UVA} *total irradians (UVA)*: beräknad irradians inom UVA-våglängdsområdet 315-400 nm, uttryckt i watt per kvadratmeter [W m^{-2}].
- H_{UVA} *strålningsexponering*: integralen eller summan av irradiansen över tid och våglängd inom UVA-våglängdsområdet 315 nm och 400 nm, uttryckt i joule per kvadratmeter [J m^{-2}].
- $S(\lambda)$ *spektral viktning*: hänsyn tas till att hälsoeffekterna av UV-strålning på ögon och hud är beroende av våglängden (tabell 1.2) [dimensionslös].
- $t, \Delta t$ *tid, exponeringens duration*: uttryckt i sekunder [s].
- λ *våglängd*: uttryckt i nanometer [nm].
- $\Delta \lambda$ *bandbredd*: uttryckt i nanometer [nm], av beräknings- eller mätintervallen.
- $L_{\lambda}(\lambda), L_{\lambda}$ *spektral radian*: från källan, uttryckt i watt per kvadratmeter per steradian per nanometer [$\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ nm}^{-1}$].
- $R(\lambda)$ *spektral viktning*: hänsyn tas till att den termiska skadan på ögat som orsakas av synlig strålning och IRA-strålning är beroende av våglängden (tabell 1.3) [dimensionslös].
- L_{R} *effektiv radian* (termisk skada): beräknad strålning spektralt viktad med $R(\lambda)$, uttryckt i watt per kvadratmeter per steradian [$\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$].
- $B(\lambda)$ *spektral viktning*: hänsyn tas till att den fotokemiska skadan på ögat som orsakas av strålning av blått ljus är beroende av våglängden (tabell 1.3) [dimensionslös].
- L_{B} *effektiv radian* (blått ljus): beräknad radian spektralt viktad med $B(\lambda)$, uttryckt i watt per kvadratmeter per steradian [$\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$].
- E_{B} *effektiv irradians* (blått ljus): beräknad irradians spektralt viktad med $B(\lambda)$, uttryckt i watt per kvadratmeter [W m^{-2}].
- E_{IR} *total irradians (termisk skada)*: beräknad irradians för infraröd strålning i våglängdsområdet 780 nm och 3 000 nm, uttryckt i watt per kvadratmeter [W m^{-2}].
- E_{skin} *total irradians (synlig, IRA och IRB)*: beräknad irradians för synlig och infraröd strålning i våglängdsområdet 380 nm och 3 000 nm, uttryckt i watt per kvadratmeter [W m^{-2}].
- H_{skin} *strålningsexponering*: integralen eller summan av irradiansen över tid och våglängd inom våglängdsområdet 380 nm och 3 000 nm för synlig och infraröd strålning, uttryckt i joule per kvadratmeter [J m^{-2}].
- α *infallsvinkel*: 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.

Tabell 1.1
Gränsvärden för exponering för icke-koherent optisk strålning

Index	Våglängd i nm	Gränsvärde för exponering (ELV)	Enhet	Anmärkning	Kroppsdjel	Risk
a.	180-400 (UVA, UVB och UVC)	$H_{UV} = 30$ 8 timmar per dag	$J m^{-2}$		öghjärnhinna innehjinnans 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) se not 1	$L_B = \frac{10^6}{t}$ för $t \leq 10\,000$ s	$L_B: [W m^{-2} sr^{-1}]$ $t: [sekunder]$	för $\alpha \geq 11$ mrad		
d.	300-700 (Blått ljus) se not 1	$L_B = 100$ för $t > 10\,000$ s	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
e.	300-700 (Blått ljus) se not 1	$E_B = \frac{100}{t}$ för $t \leq 10\,000$ s	$E_B: [W m^{-2}]$ $t: [sekunder]$	för $\alpha < 11$ mrad se not 2	öga näthinna	fotoretinit
f.	300-700 (Blått ljus) se not 1	$E_B = 0,01$ $t > 10\,000$ s	$[W m^{-2}]$			

Index	Våglängd i nm	Gränsvärde för exponering (EIV)	Enhet	Anmärkning	Kroppsdjel	Risk
g.	380-1 400 (Synligt och IRA)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_a}$ för $t > 10$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]	$C_a = 1,7$ för $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_a = \alpha$ för $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_a = 100$ för $\alpha > 100$ mrad $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1 400$	öga näthinna	brännskada på näthinna
h.	380-1 400 (Synligt och IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a^{0,25}}$ för $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	L_R : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [sekunder]			
i.	380-1 400 (Synligt och IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ för $t < 10 \mu s$	[W m ⁻² sr ⁻¹]			
j.	780-1 400 (IRA)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_a}$ för $t > 10$ s	[W m ⁻² sr ⁻¹]	$C_a = 11$ för $\alpha \leq 11$ mrad $C_a = \alpha$ för $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_a = 100$ för $\alpha > 100$ mrad (synfält: 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1 400$	öga näthinna	brännskada på näthinna
k.	780-1 400 (IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_a^{0,25}}$ för $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	L_R : [W m ⁻² sr ⁻¹] t: [sekunder]			
l.	780-1 400 (IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_a}$ för $t < 10 \mu s$	[W m ⁻² sr ⁻¹]			
m.	780-3 000 (IRA och IRB)	$E_{IR} = 18 000 t^{0,75}$ för $t \leq 1 000$ s	E: [W m ⁻²] t: [sekunder]		öga hornhinna lins	brännskada på hornhinna katarakt
n.	780-3 000 (IRA och IRB)	$E_{IR} = 100$ för $t > 1 000$ s	[W m ⁻²]			

Index	Våglängd i nm	Gränsvärde för exponering (ELV)	Enhet	Anmärkning	Kroppsdelen	Risk
o.	380-3 000 (Synligt, IRA och IRB)	Gränsvärde för exponering (ELV) $H_{skin} = 20\ 000\ t^{0,25}$ för $t < 10\ s$	H: $[J\ m^{-2}]$ t: [sekunder]		hud	brännskada

Not 1: Området 300-700 nm täcker delar av UVB-strålning, all UVA-strålning och merparten av synlig strålning. Den associerade skadan kallas emellertid i allmänhet "Häljusskada". Blåljus i egentlig mening täcker bara ungefär området 400-490 nm.

Not 2: För stadig fixering av mycket små källor med en infallsvinkel på < 11 mrad, kan $L_{0,0}$ konverteras till $E_{0,0}$. Detta är normalt bara tillämpligt för ofthalmologiska instrument eller ett stabiliserat öga under anestesi. Den maximala tid ögat kan stirra beräknas genom: $t_{max} = 100/E_{0,0}$ med $E_{0,0}$ uttryckt i $W\ m^{-2}$. På grund av ögonrörelser under normala synuppgifter överstiger denna inte 100 s.

Tabell 1.2

S (Å) [dimensionslös], 180 nm-400 nm

λ i nm	S (Å)	λ i nm	S (Å)	λ i nm	S (Å)	λ i nm	S (Å)	λ i nm	S (Å)
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 1.3

B (λ), R (λ) [dimensionslös], 380 nm-1 400 nm

λ i nm	B (λ)	R (λ)
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	–
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9
460	0,8	8
465	0,7	7
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,1	1
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02(450-\lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1\ 050$	–	$10^{0,002(700-\lambda)}$
$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 150$	–	0,2
$1\ 150 < \lambda \leq 1\ 200$	–	$0,2 \cdot 10^{0,02(1\ 150-\lambda)}$
$1\ 200 < \lambda \leq 1\ 400$	–	0,02

BILAGA II

Optisk strålning från laser

De biofysiskt relevanta värdena för exponering för optisk strålning kan fastställas med hjälp av nedanstående formler. Vilka formler som skall användas beror på våglängden och durationen av den strålning som sänds ut från strålkällan och resultaten bör jämföras med motsvarande gränsvärden för exponering som anges i tabellerna 2.2-2.4. Mer än ett värde för exponering och motsvarande gränsvärde för exponering kan vara tillämpligt för en given källa för optisk strålning från laser.

Koefficienter som används för beräkningarna i tabellerna 2.2-2.4 anges i tabell 2.5 och korrigeringar för upprepad exponering anges i tabell 2.6.

$$E = \frac{dP}{dA} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$$

$$H = \int_0^t E(t) \cdot dt \text{ [J m}^{-2}\text{]}$$

Anmärkningar:

dP *effekt*: uttryckt i watt [W].

dA *yta*: uttryckt i kvadratmeter [m²].

E (t), E *irradians eller effekttäthet*: effekten av den infallande strålningen på en yta per areaenhet, vanligen uttryckt i watt per kvadratmeter [W m⁻²]. Värdena på E(t), 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, duration av exponeringen*: 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.

G *integrerad radian*: integralen av radiansen över en given exponeringstid uttryckt som strålningsenergi per ytenhet av en strålande yta per rymdvinkelenhet, uttryckt i joule per kvadratmeter per steradian [J m⁻² sr⁻¹].

Tabell 2.1

Strålningsrisker

Våglängd [nm] γ	Strålnings- område	Påverkat organ	Risk	Tabell över gränsvärden för exponering
180-400	UV	öga	fotokemisk skada och termisk skada	2.2, 2.3
180-400	UV	hud	erytem	2.4
400-700	synligt	öga	skada på näthinnan	2.2
400-600	synligt	öga	fotokemisk skada	2.3
400-700	synligt	hud	termisk skada	2.4
700-1 400	IRA	öga	termisk skada	2.2, 2.3
700-1 400	IRA	hud	termisk skada	2.4
1 400-2 600	IRB	öga	termisk skada	2.2
2 600-10 ⁶	IRC	öga	termisk skada	2.2
1 400-10 ⁶	IRB, IRC	öga	termisk skada	2.3
1 400-10 ⁶	IRB, IRC	hud	termisk skada	2.4

Tabell 2.2

Gränsvärden för laserexponering av ögat – Kort exponeringstid < 10 s

Våglängd ^a [nm]	Apertur	Duration[s]				
		10 ¹¹ - 10 ¹¹	10 ¹¹ - 10 ⁹	10 ⁷ - 1,8 · 10 ⁵	1,8 · 10 ⁵ - 5 · 10 ³	5 · 10 ³ - 10 ¹
UVC	180 - 280					
	280 - 302					
UVB	303					
	304					
	305					
	306					
	307					
	308					
	309					
	310					
UVA	311					
	312					
	313					
	314					
	315 - 400					
	400 - 700					
Synligt och IRA	700 - 1 050					
	1 050 - 1 400					
	1 400 - 1 500					
IRB och IRC	1 500 - 1 800					
	1 800 - 2 600					
	2 600 - 10 ⁶					

^a Om lasers våglängd omfattas av två gränsvärden skall det mest restriktiva tillämpas
^b Om 1 400 Å < 10⁻⁶ mm -aperturdiometer = 1 mm för t ≤ 0,3 s och 1,5 t^{0,75} mm för 0,3 s < t < 10 s; om 10⁵ Å < 10⁻⁶ mm -aperturdiometer = 11 mm.
^c På grund av bristande data för dessa pulslängder rekommenderar ICNIRP användning av 1 ns som gränsvärde för irradians.
^d Tabellen ger värden för enskilda laserpulser. Om laserpulserna är flera, måste laserpulsdurationen för pulser inom ett intervall T_{min} (företekning i tabell 2.6) laggas ihop och det resulterande tidsvärdet fyllas i för t i formeln: 5,6 · 10³ · t^{0,25}.

Tabell 2.3

Gränsvärden för laserexponering av ögat – Lång exponeringstid ≥ 10 s

Våglängd λ [nm]		Apertur	Duration [s]	
			$10^4 - 10^2$	$10^3 - 10^4$
UVC	180 - 280	3,5 mm	H = 30 [J m ⁻²]	
	280 - 302		H = 40 [J m ⁻²]	
	303		H = 60 [J m ⁻²]	
	304		H = 100 [J m ⁻²]	
	305		H = 160 [J m ⁻²]	
	306		H = 250 [J m ⁻²]	
	307		H = 400 [J m ⁻²]	
	308		H = 630 [J m ⁻²]	
	309		H = 1,0 · 10 ³ [J m ⁻²]	
	310		H = 1,6 · 10 ³ [J m ⁻²]	
	311		H = 2,5 · 10 ³ [J m ⁻²]	
	312		H = 4,0 · 10 ³ [J m ⁻²]	
	313		H = 6,3 · 10 ³ [J m ⁻²]	
	314		H = 10 ⁴ [J m ⁻²]	
UVB	315 - 400			
UVA	400 - 600	7 mm	E = 1 C _B [W m ⁻²]; (γ = 1,1 t ^{0,5} mrad) ^d	
	Fotokemisk skada på näthinnan		E = 100 C _B [J m ⁻²] (γ = 11 mrad) ^d	
Synligt	400 - 700	7 mm	om α < 1,5 mrad så är E = 10 [W m ⁻²] om α > 1,5 mrad och t ≤ T ₂ så är H = 18 C _A C _C t ^{0,75} [J m ⁻²] om α > 1,5 mrad och t > T ₂ så är E = 18 C _A C _C T ₂ ^{-0,25} [W m ⁻²]	
	Termisk skada på näthinnan		om α < 1,5 mrad så är E = 10 C _A C _C [W m ⁻²] om α > 1,5 mrad och t ≤ T ₂ så är E = 18 C _A C _C t ^{0,75} [J m ⁻²] om α > 1,5 mrad och t > T ₂ så är E = 18 C _A C _C T ₂ ^{-0,25} [W m ⁻²] (får inte överstiga 1 000 W m ⁻²)	
IRA	700 - 1 400	7 mm	E = 1 000 [W m ⁻²]	
IRB och IRC	1 400 - 10 ⁶	5°	E = 1 000 [W m ⁻²]	

a Om våglängden eller något annat villkor för laser omfäras av två gränsvärden skall det mest restriktiva tillämpas.
 b För små källor med en infallsvinkel på högst 1,5 mrad minskas de dubbla gränsvärdena E för synlig strålning på 400 nm - 600 nm till de termiska gränsvärdena för längre tidsperioder. För T₁ och T₂ se tabell 2.5. Gränsvärdet för fotokemiska skador på näthinnan kan också uttryckas som tidsintegrerad radians G = 106 C_B [J m⁻² sr⁻¹] för t > 10 s upp till t = 10 000 s och L = 100 C_B [W m⁻² sr⁻¹] för t > 10 000 s. För mätningen av G och L skall γ₀ användas som gemensamtligt synfält. Den officiella gränsen mellan synligt ljus och infraröd strålning är 780 nm enligt CIE:s definition. Kolumnen med beräkningar på våglängdsband är endast avsedd för att ge användaren en bättre överblick (beteckningen G används av CIE; beteckningen L₁ används av IEC och Cenelec).
 c För våglängden 1 400 - 10⁶ nm: aperturdiameter = 3,5 mm; för våglängden 10⁶ - 10⁷ nm: aperturdiameter = 11 mm.
 d För mätning av värden för exponering skall γ definieras på följande sätt: Om α (en kallas infallsvinkel) > γ (begränsande konvinkel, anges inom parentes i motsvarande kolumn) så bör mätningssynfältet γ₀ ges värden på γ. (Om ett större mätningssynfält används kommer då risken att överskattas).
 Om α < γ skall synfältet γ₀ vara tillräckligt stort för att fullständigt innesluta källan men begränsas inte för övrigt och får vara större än γ.

Tabell 2.4

Gränsvärden för laserexponering av hud

Våglängd ^a [nm]	Apertur	Duration [s]				
		<10 ⁹	10 ⁹ - 10 ⁷	10 ⁷ - 10 ⁵	10 ⁵ - 10 ³	10 ³ - 10 ¹
UV (A, B, C) 180 - 400	3, 5mm	E = 3 · 10 ¹⁰ [W m ⁻²]				
Synligt och IRA 400 - 700 700 - 1 400	3, 5mm	E = 2 · 10 ¹¹ [W m ⁻²]				
		E = 2 · 10 ¹¹ C _A [W m ⁻²]				
IRB och IRC 1 400 - 1 500 1 500 - 1 800 1 800 - 2 600 2 600 - 10 ⁶	3, 5mm	H=200 C _A [J m ⁻²]			H = 1,1 · 10 ⁴ C _A t ^{0,25} [J m ⁻²]	
		E = 10 ¹² [W m ⁻²]			E = 2 · 10 ³ C _A [W m ⁻²]	
		E = 10 ¹³ [W m ⁻²]				
		E = 10 ¹² [W m ⁻²]				
		E = 10 ¹¹ [W m ⁻²]				
		Samma gränsvärden som för exponering av ögat				
		Samma gränsvärden som för exponering av ögat				

a Om våglängden eller något annat villkor för lasern omfattas av två gränsvärden skall det mest restriktiva tillämpas.

Tabell 2.5

Tillämpade korrektionsfaktorer och andra beräkningsparametrar

Parameter enligt ICNIRP	Giltigt spektralområde (nm)	Värde
C _A	$\lambda < 700$	C _A = 1,0
	700-1 050	C _A = 10 ^{0,002(λ - 700)}
	1 050-1 400	C _A = 5,0
C _B	400-450	C _B = 1,0
	450-700	C _B = 10 ^{0,02(λ - 450)}
C _C	700-1 150	C _C = 1,0
	1 150-1 200	C _C = 10 ^{0,018(λ - 1 150)}
	1 200-1 400	C _C = 8,0
T ₁	$\lambda < 450$	T ₁ = 10 s
	450-500	T ₁ = 10 · [10 ^{0,02(λ - 450)}] s
	$\lambda > 500$	T ₁ = 100 s
Parameter enligt ICNIRP	Giltigt för biologisk effekt	Värde
α _{min}	alla termiska effekter	α _{min} = 1,5 mrad
Parameter enligt ICNIRP	Giltigt vinkelområde (mrad)	Värde
C _E	$\alpha < \alpha_{\min}$	C _E = 1,0
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	C _E = α/α _{min}
	$\alpha > 100$	C _E = α ² /(α _{min} · α _{max}) mrad med α _{max} = 100 mrad
T ₂	$\alpha < 1,5$	T ₂ = 10 s
	$1,5 < \alpha < 100$	T ₂ = 10 · [10 ^{(α - 1,5)/98,5}] s
	$\alpha > 100$	T ₂ = 100 s

Parameter enligt ICNIRP	Giltigt tidsintervall för exponering (s)	Värde
γ	$t \leq 100$	$\gamma = 11$ [mrad]
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5}$ [mrad]
	$t > 10^4$	$\gamma = 110$ [mrad]

Tabell 2.6

Korrektion 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 $C_p = N^{-0,25}$, där N är antalet pulser. Denna regel gäller endast gränsvärden för exponering i syfte att skydda mot termiska skador, där alla pulser under kortare tid än T_{\min} behandlas som en enda puls.

Parameter	Giltigt spektralområde (nm)	Värde
T_{\min}	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{\min} = 10^{-9}$ s (= 1 ns)
	$400 < \lambda \leq 1\ 050$	$T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6}$ s (= 18 μ s)
	$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6}$ s (= 50 μ s)
	$1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$	$T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$	$T_{\min} = 10$ s
	$1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$	$T_{\min} = 10^{-3}$ s (= 1 ms)
	$2\ 600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{\min} = 10^{-7}$ s (= 100 ns)

UTGIVARE: JUSTITIEMINISTERIET

Nr 145—146, 2 ½ ark