

Na osnovu člana 25 stav 2 Zakona o zaštiti od nejonizujućih zračenja („Službeni list CG“, broj 35/13) Ministarstvo održivog razvoja i turizma, donijelo je

## **PRAVILNIK O NAČINU ODREĐIVANJA I GRANICAMA NAJVEĆEG DOPUŠTENOG NIVOA IZLAGANJA OPTIČKOM ZRAČENJU**

### **Član 1**

Ovim pravilnikom propisuje se način određivanja i granice najvećeg dopuštenog nivoa izlaganja optičkom zračenju.

### **Član 2**

Izrazi upotrijebljeni u ovom pravilniku imaju sljedeća značenja:

- 1) **efektivno ozračenje (E<sub>eff</sub>)** je ozračenje izračunato u rasponu UV talasnih dužina 180 - 400 nm pomnoženo spektralnom funkcijom  $S(\lambda)$  (jedinica:  $W\ m^{-2}$ );
- 2) **efektivna izloženost izvoru zračenja (H<sub>eff</sub>)** je izloženost izvoru zračenja pomnoženo spektralnom funkcijom  $S(\lambda)$ , izraženo u džulima po kvadratnom metru (jedinica:  $J\ m^{-2}$ );
- 3) **infracrveno zračenje** je optičko zračenje u rasponu talasnih dužina 780 nm – 1mm i dijeli se na IRA (780-1400 nm), IRB (1400-3000 nm) i IRC (3000 nm-1 mm);
- 4) **izlaganje izvoru zračenja (H)** je vremenski integral ozračivanja izražen u džulima po kvadratnom metru (jedinica:  $J\ m^{-2}$ );
- 5) **nivo** je kombinacija ozračenja, izloženosti izvoru zračenja i radijancije kojoj je izloženo profesionalno izloženo lice i/ili lice odgovorno za sprovođenje mjera zaštite od nejonizujućih zračenja;
- 6) **optičko zračenje** je bilo koje elektromagnetno zračenje u rasponu talasnih dužina 100 nm - 1 mm i čiji spektar se dijeli na ultraljubičasto, vidljivo i infracrveno zračenje;
- 7) **ozračenje (E)** je snaga optičkog zračenja koja pada na jedinicu površine ozračenog objekta (jedinica:  $W\ m^{-2}$ );
- 8) **radijancija (L)** je gustina snage zračenja koju emituje izvor optičkog zračenja u jedinični prostorni ugao u smjeru prostiranja zračenja (jedinica:  $W\ m^{-2}\ sr^{-1}$ );
- 9) **ultraljubičasto zračenje** je optičko zračenje u rasponu talasnih dužina 100 nm - 400 nm i dijeli se na UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) i UVC (100-280 nm);
- 10) **vidljivo zračenje** je optičko zračenje u rasponu talasnih dužina 380 nm-780 nm.

### **Član 3**

Granice najvećeg dopuštenog nivoa izlaganja zračenju za nekoherentno zračenje, koje nije zračenje iz prirodnih izvora optičkog zračenja i način određivanja granica dati su u Prilogu 1 koji je sastavni dio ovog pravilnika.

### **Član 4**

Granice najvećeg dopuštenog nivoa izlaganja zračenju za lasersko zračenje i način određivanja granica dati su u Prilogu 2 koji je sastavni dio ovog pravilnika.

### **Član 5**

Ovaj pravilnik objaviće se u „Službenom listu Crne Gore“, a primjenjivaće se od 1. jula 2015. godine.

Broj:10-129/48  
Podgorica, 27.decembra 2013. godine

**MINISTAR,**  
**Branimir Gvozdenović**

## Granice najvećeg dopuštenog nivoa izlaganja zračenju za nekoherentno optičko zračenje

Nivoi izlaganja optičkom zračenju određuju se formulama, koje će se odabrati u zavisnosti od ranga zračenja koje emituje izvor, a rezultati se upoređuju sa odgovarajućim najvećim dopuštenim nivoima izlaganja zračenju iz Tabele 1 ovog priloga.

Tačke (a) do (o) odnose se na odgovarajuće redove u Tabeli 1.

$$a) H_{eff} = \int_0^t \int_{\lambda=180nm}^{\lambda=400nm} E_{\lambda}(\lambda, t) S(\lambda) d\lambda dt, H_{eff} \text{ je relevantan u rasponu } 180\text{-}400 \text{ nm};$$

$$b) H_{UVA} = \int_0^t \int_{\lambda=315nm}^{\lambda=400nm} E_{\lambda}(\lambda, t) d\lambda dt, H_{UVA} \text{ je relevantan u rasponu } 315\text{-}400 \text{ nm};$$

c),

$$d) L_B = \int_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} L_{\lambda}(\lambda) B(\lambda) d\lambda, L_B \text{ je relevantan u rasponu } 300\text{-}700 \text{ nm};$$

e),

$$f) E_B = \int_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} L_{\lambda}(\lambda) B(\lambda) d\lambda, E_B \text{ je relevantan u rasponu } 300\text{-}700 \text{ nm};$$

g) do

$$l) L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) R(\lambda) d\lambda, \text{ prema odgovarajućim vrijednostima } \lambda_1 \text{ i } \lambda_2, \text{ datim u Tabeli 1 ovog priloga};$$

m),

$$n) E_{IR} = \int_{\lambda=780nm}^{\lambda=3000nm} E_{\lambda}(\lambda) d\lambda, E_{IR} \text{ je relevantan u rasponu } 780\text{-}3000 \text{ nm};$$

$$o) H_{skin} = \int_0^t \int_{\lambda=380nm}^{\lambda=3000nm} E_{\lambda}(\lambda, t) d\lambda dt, H_{skin} \text{ je relevantan u rasponu } 380\text{-}3000 \text{ nm};$$

Upotrebom diskretnih vrijednosti, formule iz stava 1 tač. (a) do (o) ovog priloga mogu se zamijeniti sljedećim formulama:

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

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

c),

$$d) L_B = \sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} L_{\lambda} B(\lambda) \Delta\lambda;$$

e),

$$f) E_B = \sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} E_{\lambda} B(\lambda) \Delta\lambda;$$

g) do

$$l) L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} R(\lambda) \Delta\lambda, \text{ prema odgovarajućim vrijednostima } \lambda_1 \text{ i } \lambda_2, \text{ datim u Tabeli 1 ovog priloga;}$$

m),

$$n) E_{IR} = \sum_{\lambda=780nm}^{\lambda=3000nm} E_{\lambda} \Delta\lambda;$$

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

gdje je:

1.  $E_{\lambda}(\lambda, t)$ ,  $E_{\lambda}$  je spektralno ozračenje ili gustina spektralne snage odnosno snaga izvora zračenja koja pada na jedinicu površine ozračenog objekta (jedinica:  $W m^{-2} nm^{-1}$ ). Vrijednosti  $E_{\lambda}(\lambda, t)$  i  $E_{\lambda}$  su dobijene mjerenjem ili ih obezbjeđuje proizvođač opreme;
2.  $E_{UVA}$  totalno ozračenje (UVA) je izračunato ozračenje unutar raspona UVA talasne dužine 315 do 400 nm (jedinica:  $W m^{-2}$ );
3.  $H_{UVA}$  izloženost izvoru zračenja je integral vremena i talasne dužine ili suma ozračenja unutar raspona talasne dužine UVA 315 do 400 nm (jedinica:  $J m^{-2}$ );
4.  $S(\lambda)$  spektralna funkcija koja uzima u obzir odnos između talasne dužine i efekata po zdravlje UV zračenja na oko i kožu (Tabela 2);
5.  $L_{\lambda}(\lambda)$ ,  $L_{\lambda}$  spektralna radijancija izvora (jedinica:  $W m^{-2} sr^{-1} nm^{-1}$ );
6.  $R(\lambda)$  spektralna funkcija koja uzima u obzir odnos između talasne dužine i toplotne povrede oka prouzrokovane vidljivim i IRA zračenjem (Tabela 3);
7.  $L_R$  efektivna radijancija je izračunata radijancija pomnožena spektralnom funkcijom  $R(\lambda)$ , (jedinica:  $J m^{-2}$ );
8.  $B(\lambda)$  spektralna funkcija koja uzima u obzir odnos između talasne dužine i fotohemijske povrede oka prouzrokovane zračenjem plavog svijetla (Tabela 3);
9.  $L_B$  efektivna radijancija (plavo svijetlo) je izračunata radijancija pomnožena spektralnom funkcijom  $B(\lambda)$  (jedinica:  $W m^{-2} sr^{-1}$ );
10.  $E_B$  efektivno ozračenje (plavo svijetlo) je izračunano ozračenje koje je spektralno ograničeno sa  $B(\lambda)$  (jedinica:  $W m^{-2}$ );
11.  $E_{IR}$  ukupno ozračenje je izračunano ozračenje unutar raspona infracrvenih talasnih dužina 780 nm -3 000 nm (jedinica:  $W m^{-2}$ );
12.  $E_{skin}$  ukupno ozračenje (vidljivo, IRA i IRB) je izračunato ozračenje unutar raspona vidljivih i infracrvenih talasnih dužina od 380 nm do 3 000 nm (jedinica:  $W m^{-2}$ );
13.  $H_{skin}$  izloženost izvoru zračenja je integral vremena i talasne dužine ili suma ozračenja unutar raspona vidljivih i infracrvenih talasnih dužina 380 -3 000 nm (jedinica:  $J m^{-2}$ );
14.  $\alpha$  ugao posmatranja izvora (angular subtense) je ugao formiran iz vidljivog izvora, posmatran iz neke tačke u prostoru (mrad). Vidljivi izvor je stvaran ili virtuelan objekat koji stvara najmanju moguću sliku na mrežnjači;
15.  $t$ ,  $\Delta t$  vrijeme, trajanje izloženosti, izraženo u sekundama (s);
16.  $\lambda$  je talasna dužina, izražena u nanometrima (nm);
17.  $\Delta\lambda$  je širina pojasa, izražena u nanometrima (nm), koji je izračunat ili izmjeran.

**Tabela 1: Granice najvećeg dopuštenog nivoa izlaganja optičkom nekoherentnom zračenju**

Indeks	Talasna dužina nm	Granična vrijednost izloženosti zračenju	Jedinice	Komentar	Dio tijela	Štetnost
a.	180-400 (UVA, UVB i UVC)	$H_{\text{eff}} = 30$ dnevni nivo 8 sati	$[\text{J m}^{-2}]$		rožnjača oka konjunktiva sočivo koža	- fotokeratitis - konjunktivitis - nastanak sive mreže - eritema - elastoza - karcinom kože
b.	315-400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ dnevni nivo 8 sati	$[\text{J m}^{-2}]$		očno sočivo	nastanak sive mreže
c.	300-700 (plavo svjetlo) <b>vidjeti</b> <sup>1</sup>	$L_B = 10^6/t$ za $t \leq 10\,000$ s	$L_B: [\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ t: [sekunda]	za $\alpha \geq 11$ mrad	mrežnjača oka	fotoretinitis
d.	300-700 (plavo svjetlo) <b>vidjeti</b> <sup>1</sup>	$L_B = 100$ za $t > 10\,000$ s	$[\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$			
e.	300-700 (plavo svjetlo) <b>vidjeti</b> <sup>1</sup>	$E_B = 100/t$ za $t \leq 10\,000$ s	$E_B: [\text{W m}^{-2}]$ t:[sekunda]	za $\alpha < 11$ mrad <b>vidjeti</b> <sup>2</sup>		
f.	300-700 (plavo svjetlo) <b>vidjeti</b> <sup>1</sup>	$E_B = 0,01$ t > 10 000 s	$[\text{W m}^{-2}]$			
g.	380-1400 (vidljivo i IRA)	$L_R = (2,8 \cdot 10^7)/C\alpha$ za $t > 10$ s	$[\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$	$C\alpha = 1,7$ za $\alpha \leq 1,7$ mrad	mrežnjača oka	opekotina mrežnjače
h.	380-1400 (vidljivo i IRA)	$L_R = (5 \cdot 10^7)/C\alpha t^{0,25}$ za $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	$L_R: [\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ t:[sekunda]	$C\alpha = \alpha$ za $1,7 \leq \alpha \leq 10$		

<sup>1</sup> Raspon od 300-700 nm obuhvata djelove UVB, kompletno UVA i većinu vidljivog zračenja međutim, povezana štetnost je štetnost „plavog svjetla”. Plavo svjetlo obuhvata samo raspon od približno 400-490nm.

<sup>2</sup> Za tačno fiksiranje vrlo malih izvora sa uglom posmatranja izvora < 11 mrad,  $L_B$  se može konvertovati u  $E_B$ , što se obično primjenjuje samo na oftalmološke instrumente ili na stabilizovano oko tokom anestezije. Maksimalno „vrijeme zurenja” pronalazi se pomoću:  $t_{\text{max}} = 100/E_B$  gdje je  $E_B$  izraženo  $\text{W m}^{-2}$ . Zbog pokreta oka tokom normalnih vizuelnih zadataka to ne prelazi 100 s.

i.	380-1400 (vidljivo i IRA)	$L_R=(8,89 \cdot 10^8)/C\alpha$ za $t < 10\mu s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$	0 mrad  $C\alpha = 100$ za  $\alpha > 100$ mrad  $\lambda_1=380;$ $\lambda_2=1400$		
j.	780-1400 (IRA)	$L_R=(6 \cdot 10^6)/C\alpha$ za $t > 10s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$	$C\alpha = 11$ za	mrežnjača oka	opekotina mrežnjače
k.	780-1400 (IRA)	$L_R=(5 \cdot 10^7)/C\alpha t^{0,25}$ za $10\mu s \leq t \leq 10s$	$L_R:[W m^{-2} sr^{-1}]$ t:[sekunda]	$\alpha \leq 11$ mrad  $C\alpha = \alpha$ za		
l.	780-1400 (IRA)	$L_R=(8,89 \cdot 10^8)/C\alpha$ za $t < 10\mu s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$	$11 \leq \alpha \leq 100$ mrad  $C\alpha = 100$ za  $\alpha > 100$ mrad (mjerjenje vidnog polja: 11mrad)  $\lambda_1 = 780;$ $\lambda_2 = 1400$		
m.	780-3000 (IRA i IRB)	$E_{IR} = 18000$ $t^{-0,75}$ za $t \leq 1000s$	E: $[W m^{-2}]$ t:[sekunda]		rožnjača oka	opekotina rožnjače
n.	780-3000 (IRA i IRB)	$E_{IR} = 100$ za $t > 1000s$	$[W m^{-2}]$		sočivo	nastanak sive mrežnjače
o.	380-3000 (vidljivo, IRA i IRB)	$H_{skin} = 20000$ $t^{0,25}$ za $t < 10 s$	H: $[J m^{-2}]$ t:[sekunda]		koža	opekotina

**Tabela 2: S ( $\lambda$ ) (bez dimenzije), 180 nm do 400 nm**

$\lambda$ (nm)	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ (nm)	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ (nm)	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ (nm)	S ( $\lambda$ )	$\lambda$ (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	260	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	261	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		

**Tabela 3: B ( $\lambda$ ), R ( $\lambda$ ) (bez dimenzije), 380 nm do 1400 nm**

$\lambda$ (nm)	B ( $\lambda$ )	R ( $\lambda$ )
$300 \leq \lambda < 380$	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
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1050$	-	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1050 < \lambda \leq 1150$	-	0,2
$1150 < \lambda \leq 1200$	-	$0,2 \times 10^{0,02 \cdot (1150 - \lambda)}$
$1200 < \lambda \leq 1400$	-	0,02



## Granice najvećeg dopuštenog nivoa izlaganja zračenju za lasersko zračenje

Najveće dopušteni nivoi izlaganja optičkom zračenju mogu se odrediti na osnovu sljedećih formula. Formula se bira u zavisnosti od talasne dužine i trajanja zračenja koje emituje izvor, a rezultati se upoređuju sa odgovarajućim najvećim dopuštenim nivoima izlaganja zračenju iz Tab. od 2 do 4 ovog priloga.

Koeficijenti korišćeni za izračunavanje u Tab. 1 do 4 ovog priloga dati su u Tabeli 5 ovog priloga, a korekcije za ponovljenu izloženost u Tabeli 6 ovog priloga.

$$E = \frac{dP}{dA} [Wm^{-2}]$$

$$H = \int_0^t E(t) dt [Jm^{-2}]$$

gdje je:

dP je snaga [W];

dA je površina [m<sup>2</sup>];

E(t), E ozračenje ili gustina snage odnosno snaga izvora zračenja koja pada na jedinicu površine, [W m<sup>-2</sup>]. Vrijednosti E(t), E su dobijene mjerenjem ili ih obezbjeđuje proizvođač opreme;

H je izloženost izvoru zračenja (ozračenost) izražena u džulima po kvadratnom metru [J m<sup>-2</sup>];

t je vrijeme, odnosno trajanje izloženosti, izraženo u sekundama [s];

λ je talasna dužina, izražena u nanometrima [nm].

γ - ograničavajući konusni ugao mjerenja vidnog polja [mrad];

γ<sub>m</sub> mjerenje vidnog polja [mrad];

α ugao posmatranja izvora [mrad];

*ograničavajući otvor* - kružna površina po kojoj je usrednjeno ozračenje i izloženost izvoru zračenja;

G integrisana radijancija-integral radijancije po zadatom vremenu izloženosti izražen kao energija zračenja po jedinici površine radijacionog objekta po jediničnom uglu emisije [J m<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup>].

**Tabela 1: Štetnost zračenja**

Talasna dužina [nm] $\lambda$	Raspon zračenja	Izloženi organ	Štetnost	Tabela graničnih vrijednosti izloženosti
180 do 400	UV	oko	fotohemijsko oštećenje i toplotno oštećenje	2, 3
180 do 400	UV	koža	eritema	4
400 do 700	vidljivo	oko	oštećenje mrežnjače	2
400 do 600	vidljivo	oko	fotohemijsko oštećenje	3
400 do 700	vidljivo	koža	toplotno oštećenje	4
700 do 1400	IRA	oko	toplotno oštećenje	2, 3
700 do 1400	IRA	koža	toplotno oštećenje	4
1400 do 2600	IRB	oko	toplotno oštećenje	2
2600 do $10^6$	IRC	oko	toplotno oštećenje	2
1400 do $10^6$	IRB, IRC	oko	toplotno oštećenje	3
1400 do $10^6$	IRB, IRC	koža	toplotno oštećenje	4

**Tabela 2: Granične vrijednosti izloženosti oka laserskom zračenju - Kratko trajanje izloženosti < 10 s**

Talasna dužina [nm] vidjeti <sup>3</sup>		Trajanje [s]								
		otvor	$10^{-13} - 10^{-11}$	$10^{-11} - 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^1$		
UVC	180-280	1 mm za $t < 0,3$ s; $1,5 \cdot t^{0,375}$ za $0,3 < t < 10$ s	$E = 3 \cdot 10^{10} \cdot [W m^{-2}]$ <b>Vidjeti <sup>4</sup></b>	H = 30 [J m <sup>-2</sup> ]						
UVB	280-302									
	303			H = 40 [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 2,6 \cdot 10^{-9}$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>						
	304			H = 60 [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 1,3 \cdot 10^{-8}$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>						
	305			H = 100 [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 1,0 \cdot 10^{-7}$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>						
	306			H = 160 [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 6,7 \cdot 10^{-7}$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>						
	307			H = 250 [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 4,0 \cdot 10^{-6}$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>						
	308			H = 400 [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 2,6 \cdot 10^{-5}$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>						
	309			H = 630 [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 1,6 \cdot 10^{-4}$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>						
	310			H = 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 1,0 \cdot 10^{-3}$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>						
	311			H = $1,6 \cdot 10^3$ [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 6,7 \cdot 10^{-3}$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>						
312	H = $2,5 \cdot 10^3$ [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 4,0 \cdot 10^{-2}$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>									
313	H = $4,0 \cdot 10^3$ [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 2,6 \cdot 10^{-1}$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>									
314	H = $6,3 \cdot 10^3$ [J m <sup>-2</sup> ]: ako je $t < 1,6 \cdot 10^0$ onda H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ] <b>vidjeti <sup>5</sup></b>									
UVA	315-400			H = $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ]						

<sup>3</sup> Ako je talasna dužina lasera obuhvaćena sa dva nivoa ograničenja, primjenjuje se ona koja je restriktivnija

<sup>4</sup> Zbog nepostojanja podataka za ove impulsne dužine, ICNIRP preporučuju upotrebu 1 ns ograničenja radijancije.

<sup>5</sup> Tabela navodi nivoe za jedan impuls lasera. U slučaju višestrukih impulsa, trajanje impulsa lasera koji je u okviru intervala Tmin (u Tabeli 6) moraju se sabrati tako da se dobijene vrijednosti za vrijeme moraju uvrstiti za t u formulu:  $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ .

vidljivo i IRA	400-700	7 mm	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_E [\text{J m}^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_E [\text{J m}^{-2}]$	$H = 5 \cdot 10^{-3} C_E [\text{J m}^{-2}]$	$H = 18 t^{0,75} C_E [\text{J m}^{-2}]$	
	700-1 050		$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_A C_E [\text{J m}^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_A C_E [\text{J m}^{-2}]$	$H = 5 \cdot 10^{-3} C_A C_E [\text{J m}^{-2}]$	$H = 18 t^{0,75} C_A C_E [\text{J m}^{-2}]$	
	1 050-1 400		$H = 1,5 \cdot 10^{-3} C_C C_E [\text{J m}^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^5 t^{0,75} C_C C_E [\text{J m}^{-2}]$	$H = 5 \cdot 10^{-2} C_C C_E [\text{J m}^{-2}]$		$H = 90 \cdot t^{0,75} C_C C_E [\text{J m}^{-2}]$
IRB i IRC	1 400-1 500	vidjeti napomenu <sup>6</sup>	$E = 10^{12} [\text{W m}^{-2}], \text{vidjeti napomenu } ^4$		$H = 10^3 [\text{J m}^{-2}]$		$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [\text{J m}^{-2}]$
	1 500-1 800		$E = 10^{13} [\text{W m}^{-2}], \text{vidjeti napomenu } ^4$		$H = 10^4 [\text{J m}^{-2}]$		
	1 800-2 600		$E = 10^{12} [\text{W m}^{-2}], \text{vidjeti napomenu } ^4$		$H = 10^3 [\text{J m}^{-2}]$		$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [\text{J m}^{-2}]$
	2 600-10 <sup>6</sup>		$E = 10^{11} [\text{W m}^{-2}], \text{vidjeti napomenu } ^4$		$H = 100 [\text{J m}^{-2}]$	$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [\text{J m}^{-2}]$	

<sup>6</sup> Ako je  $1\,400 \leq \lambda < 10^5$  nm; prečnik (dijametar) otvora = 1 mm za  $t \leq 0,3$  s i  $1,5 t^{0,375}$  mm za  $0,3 \text{ s} < t < 10$  s; kada je  $10^5 \leq \lambda < 10^6$  nm: prečnik (dijametar) otvora = 11 mm.

**Tabela 3: Granične vrijednosti izloženosti oka laserskom zračenju - Dugo trajanje izloženosti  $\geq 10$  s**

Talasna dužina [nm] vidjeti <sup>7</sup>		otvor	Trajanje [s]		
			$10^1-10^2$	$10^2-10^4$	$10^4 - 3 \cdot 10^4$
UVC	180-280	3,5 mm	H = 30 [J m <sup>-2</sup> ]		
UVB	280-302		H = 30 [J m <sup>-2</sup> ]		
	303		H = 40 [J m <sup>-2</sup> ]		
	304		H = 60 [J m <sup>-2</sup> ]		
	305		H = 100 [J m <sup>-2</sup> ]		
	306		H = 160 [J m <sup>-2</sup> ]		
	307		H = 250 [J m <sup>-2</sup> ]		
	308		H = 400 [J m <sup>-2</sup> ]		
	309		H = 630 [J m <sup>-2</sup> ]		
	310		H = 1,0 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
	311		H = 1,6 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
312	H = 2,5 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]				
313	H = 4,0 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]				
314	H = 6,3 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]				
UVA	315-400		H = 10 <sup>4</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		

<sup>7</sup> Ako je talasna dužina ili druga karakteristika lasera obuhvaćena sa dva nivoa ograničenja, primjenjuje se ona koja je restriktivnija.

vidljivo 400-700	400-600 <b>vidjeti</b> <sup>8</sup> fotohemijsko  oštećenje mrežnjače	7 mm	$H = 100 C_B [J m^{-2}]$ ( $\gamma = 11$ mrad) <b>vidjeti</b> <sup>9</sup>	$E = 1 C_B [W m^{-2}]$ : ( $\gamma = 1,1 t^{0,5}$ mrad) <b>vidjeti</b> <sup>9</sup>	$E = 1 C_B [W m^{-2}]$ : ( $\gamma = 110$ mrad) <b>vidjeti</b> <sup>9</sup>
	400-700 <b>vidjeti</b> <sup>8</sup> termičko  oštećenje mrežnjače		ako je $\alpha < 1,5$ mrad onda $E = 10 [W m^{-2}]$ ako je $\alpha > 1,5$ mrad i $t \leq T_2$ onda $H = 18 C_E t^{0,75} [J m^{-2}]$ ako je $\alpha > 1,5$ mrad i $t > T_2$ onda $E = 18 C_E T_2^{-0,25} [W m^{-2}]$		
IRA	700-1400	7 mm	ako je $\alpha < 1,5$ mrad ako je $\alpha > 1,5$ mrad i $t \leq T_2$ ako je $\alpha > 1,5$ mrad i $t > T_2$	onda $E = 10 C_A C_C [W m^{-2}]$ onda $H = 18 C_A C_C C_E t^{0,75} [J m^{-2}]$ onda $E = 18 C_A C_C C_E T_2^{-0,25} [W m^{-2}]$ ne smije preći $1000 W m^{-2}$	
IRB i IRC	1400 - $10^6$	vidjeti napomenu <sup>10</sup>	$E = 1000 [W m^{-2}]$		

<sup>8</sup> Za male izvore koji formiraju ugao posmatranja od 1,5 mrad ili manje vidljiva dvojna ograničenja E od 400 do 600 nm smanjuju se na termički nivo od  $10 s \leq t < T_1$  i na fotohemijska ograničenja za duža vremena. Za  $T_1$  i  $T_2$  vidjeti Tabelu 5 ovog priloga. Ograničenja za fotohemijsku štetnost po mrežnjaču mogu se izraziti i kao vremenski integrisana radijancija  $G = 10^6 C_B (J m^{-2} sr^{-1})$  za  $t > 10 s$  do  $t = 10\ 000 s$  i  $L = 100 C_B (W m^{-2} sr^{-1})$  za  $t > 10\ 000 s$ . Za izmjerene G i L  $\gamma$  mora se koristiti kao prosječno vidno polje. Službena granica između vidljivog i infracrvenog je 780 nm u skladu sa definicijom CIE. Namjena kolone sa imenima talasnih dužina služi samo u svrhu boljeg pregleda za korisnika. (Oznaku G koristi CEN; oznaku LTL koristi CIE; oznaku Lp koristi IEC i Cenelec.)

<sup>9</sup> Za mjerenje nivoa izloženosti  $\gamma$  se definiše kako slijedi: ako  $\alpha$  (ugao posmatranja izvora)  $> \gamma$  (ograničavajući konusni ugao naznačen u zgradama odgovarajuće kolone) tada mjerenje vidnog polja  $\gamma_m$  mora biti data vrijednost  $\gamma$ . Ako je  $\alpha < \gamma$ , onda izmjereno vidno polje  $\gamma_m$  mora biti dovoljno veliko da u potpunosti uključi izvor, inače nije ograničeno i može biti veće od  $\gamma$ .

<sup>10</sup> Za talasne dužine 1400- $10^5$  nm: prečnik (dijametar) otvora = 3,5 mm; za talasnu dužinu  $10^5$ - $10^6$  nm: prečnik (dijametar) otvora = 11 mm

**Tabela 4: Granične vrijednosti izloženosti kože laserskom zračenju**

Talasna dužina [nm] <b>vidjeti</b> <sup>11</sup>		otvor	Trajanje [s]				
			< 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup> -10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup> -10 <sup>3</sup>
UV (A, B, C)	180-400	3,5 mm	E = 3·10 <sup>10</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	Iste granične vrijednosti izloženosti kao za oko			
Vidljivo i IRA	400-700 700-1400	3,5 mm	E = 2·10 <sup>11</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	H = 200 C <sub>A</sub>	H = 1,1·10 <sup>4</sup> C <sub>A</sub> t <sup>0,25</sup> [J m <sup>-2</sup> ]	E = 2·10 <sup>3</sup> C <sub>A</sub> [W m <sup>-2</sup> ]	
	E = 2·10 <sup>11</sup> C <sub>A</sub> [W m <sup>-2</sup> ]		[J m <sup>-2</sup> ]				
IRB i	1400- 1500 1500-1800		E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ] E = 10 <sup>13</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	Iste granične vrijednosti izloženosti kao za oko			
IRC	1800-2600 2600-10 <sup>6</sup>		E = 10 <sup>12</sup> [W m <sup>-2</sup> ] E = 10 <sup>11</sup> [W m <sup>-2</sup> ]				

<sup>11</sup> Ako je talasna dužina ili druga karakteristika lasera obuhvaćena sa dva nivoa ograničenja, primjenjuje se ona koja je restriktivnija.

**Tabela 5: Primijenjeni faktori korekcije i drugi parametri proračuna**

Parametri kako su popisani u ICNIRP	Važeći spektralni raspon (nm)	Vrijednost
$C_A$	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	700–1050	$C_A = 10^{0,002(\lambda-700)}$
	1050–1400	$C_A = 5,0$
$C_B$	400-450	$C_B = 1,0$
	450 - 700	$C_B = 10^{0,02(\lambda-450)}$
$C_C$	700 - 1150	$C_C = 1,0$
	1150 - 1200	$C_C = 10^{0,018(\lambda-1150)}$
	1200 - 1400	$C_C = 8,0$
$T_1$	$\lambda < 450$	$T_1 = 10 \text{ s}$
	450 - 500	$T_1 = 10 \cdot 10^{0,02(\lambda-450)} \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
Parametar iz ICNIRP	za biološki efekat	vrijednost
$\alpha_{\min}$	svi termički efekti	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parametar iz ICNIRP	važeći raspon ugla (mrad)	vrijednost
$C_E$	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad s}$ $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$
$T_2$	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot 10^{(\alpha-1,5)/98,5} \text{ s}$
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$
$\gamma$	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$



**Tabela 6: Korekcije za ponovljenu izloženost**

Parametar	Važeći spektralni raspon (nm)	Vrijednost
$T_{min}$	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{min} = 10^{-9} \text{ s} (= 1 \text{ ns})$
	$400 < \lambda \leq 1050$	$T_{min} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ s} (= 18 \text{ } \mu\text{s})$
	$1050 < \lambda \leq 1400$	$T_{min} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ s} (= 50 \text{ } \mu\text{s})$
	$1400 < \lambda \leq 1500$	$T_{min} = 10^{-3} \text{ s} (= 1 \text{ ms})$
	$1500 < \lambda \leq 1800$	$T_{min} = 10 \text{ s}$
	$1800 < \lambda \leq 2600$	$T_{min} = 10^{-3} \text{ s} (= 1 \text{ ms})$
	$2600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{min} = 10^{-7} \text{ s} (= 100 \text{ ns})$

**Napomena:** Svako od tri pravila primjenjuje se na ponovljenu izloženost zračenju iz laserskih sistema ponavljajućeg impulsa ili skeniranja.

1. Izloženost svakom pojedinačnom impulsu zračenja u nizu emisija ne smije prelaziti najviši granični nivo za pojedinačan impuls takvog trajanja impulsa.
2. Izloženost svakoj grupi impulsa (ili podgrupii impulsa u nizu) izvršenom u vremenu  $t$  ne smije prelaziti granične vrijednosti izloženosti za vrijeme  $t$ .
3. Izloženost svakom pojedinačnom impulsu u grupi impulsa ne smije prelaziti granične vrijednosti za pojedinačan impuls pomnožen faktorom kumulativno-toplotne korekcije  $C_p=N^{0,25}$ , gdje je  $N$  broj impulsa. Ovo se pravilo primjenjuje samo na granične vrijednosti izloženosti za zaštitu od toplotnih povreda, kada se svi impulsi u manje od  $T_{min}$  smatraju jednim pojedinačnim impulsom.