

PRILOGA I

Nekoherentna optična sevanja

Vrednosti izpostavljenosti optičnim sevanjem, ki so ustrezne s stališča biofizike, se lahko določijo na podlagi v nadaljevanju navedenih formul. Uporaba formul je odvisna od razpona sevanj, ki jih oddaja vir. Rezultate je treba primerjati z ustreznimi mejnimi vrednostmi izpostavljenosti, navedenimi v preglednici 1.1. Pri podanem viru optičnih sevanj lahko nastopata več kakor ena vrednost izpostavljenosti in njej relevantna mejna vrednost.

Številčenje od (a) do (n) se nanaša na ustrezne vrste v preglednici 1.1.

$$(a) H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{eff}} \text{ se uporablja samo v razponu od 180 do 400 nm})$$

$$(b) H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{UVA}} \text{ se uporablja samo v razponu od 315 do 400 nm})$$

$$(c), (\check{c}) L_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (L_B \text{ se uporablja samo v razponu od 300 do 700 nm})$$

$$(d), (e) E_B = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_B \text{ se uporablja samo v razponu od 300 do 700 nm})$$

$$(f) \text{ do } (k) L_R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{za ustrezne vrednosti } \lambda_1 \text{ in } \lambda_2 \text{ glej preglednico 1.1})$$

$$(l), (m) E_{\text{IR}} = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_{\text{IR}} \text{ se uporablja samo v razponu od 780 do 3 000 nm})$$

$$(n) H_{\text{koža}} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{koža}} \text{ se uporablja samo v razponu od 380 do 3 000 nm})$$

Za namene te uredbe se lahko prej navedene formule nadomestijo s formulami, navedenimi v nadaljevanju, in uporabijo diskretne vrednosti iz naslednjih preglednic:

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

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

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

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

$$(f) \text{ do } (k) L_R = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (\text{za ustrezne vrednosti } \lambda_1 \text{ in } \lambda_2 \text{ glej preglednico 1.1})$$

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

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

Opombe:

$E_\lambda(\lambda, t)$, E_λ *spektralna obsevanost ali spektralna gostota pretoka moči*: sevajoči tokovni vpad na enoto površine, izražen v vatih na kvadratni meter na nanometer [$\text{W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$]; vrednosti $E_\lambda(\lambda, t)$ in E_λ sta pridobljeni z meritvami ali ju zagotovi proizvajalec opreme;

E_{eff} *efektivna obsevanost (UV razpon)*: izračunana obsevanost v razponu valovnih dolžin od 180 do 400 nm, spektralno vrednotena s $S(\lambda)$, izražena v vatih na kvadratni meter [W m^{-2}];

H *izpostavljenost sevanju*: časovni integral obsevanosti, izražen v džulih na kvadratni meter [J m^{-2}];

H_{eff} *efektivna izpostavljenost sevanju*: izpostavljenost sevanju, spektralno vrednotena s $S(\lambda)$, izražena v džulih na kvadratni meter [J m^{-2}];

E_{UVA} *celotna obsevanost (UVA)*: izračunana obsevanost na območju valovnih dolžin UVA v razponu od 315 do 400 nm, izražena v vatih na kvadratni meter [W m^{-2}];

H_{UVA} *izpostavljenost sevanju*: integral časa in valovne dolžine ali seštevek obsevanosti na območju valovnih dolžin UVA v razponu od 315 do 400 nm, izražena v džulih na kvadratni meter [J m^{-2}];

$S(\lambda)$ *spektralno ponderiranje*, ki upošteva zdravstvene vplive sevanja UV na oči in kožo v odvisnosti od valovne dolžine (preglednica 1.2) [brezrazsežno];

t , Δt *čas, trajanje izpostavljenosti*, izražen v sekundah [s];

λ *valovna dolžina*, izražena v nanometrih [nm];

$\Delta\lambda$ *pasovna širina intervalov*, dobljenih z izračuni ali meritvami, izražena v nanometrih [nm];

$L_\lambda(\lambda)$, L_λ *spektralna sevnost vira*, izražena v vatih na kvadratni meter na steradian na nanometer [$\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ nm}^{-1}$];

$R(\lambda)$ *spektralno ponderiranje*, ki upošteva odvisnost poškodb oči zaradi toplotnih vplivov, ki so posledica vidnih sevanj in sevanj IRA, od valovne dolžine (preglednica 1.3) [brezrazsežno];

L_R *efektivna sevnost (toplotne poškodbe)*: izračunana sevnost, spektralno ponderirana z $R(\lambda)$, izražena v vatih na kvadratni meter na steradian [$\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$];

$B(\lambda)$ *spektralno ponderiranje*, ki upošteva odvisnost fotokemičnih poškodb oči, ki so posledica sevanja modre svetlobe, od valovne dolžine (preglednica 1.3) [brezrazsežno];

L_B *efektivna sevnost (modra svetloba)*: izračunana sevnost, spektralno ponderirana z $B(\lambda)$, izražena v vatih na kvadratni meter na steradian [$\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}$];

E_B *efektivna obsevanost (modra svetloba)*: izračunana obsevanost, spektralno vrednotena z $B(\lambda)$, izražena v vatih na kvadratni meter [W m^{-2}];

E_{IR} *celotna obsevanost (toplotne poškodbe)*: izračunana obsevanost na območju infrardečih valovnih dolžin v razponu od 780 do 3 000 nm, izražena v vatih na kvadratni meter [W m^{-2}];

$E_{koža}$ *celotna obsevanost (vidno sevanje, IRA in IRB)*: izračunana obsevanost na območju vidnih in infrardečih valovnih dolžin v razponu od 380 do 3 000 nm, izražena v vatih na kvadratni meter [W m^{-2}];

$H_{koža}$ *izpostavljenost sevanju, integral časa in valovne dolžine ali vsota obsevanosti na območju vidnih in infrardečih valovnih dolžin v razponu od 380 do 3 000 nm, izražena v džulih na kvadratni meter [J m^{-2}];*

α *zorni kot*: kot, pod katerim je viden navidezni izvor iz določene točke v prostoru, izražen v miliradianih (mrad). Navidezni izvor je realni ali virtualni objekt, ki ustvari najmanjšo možno sliko na očesni mrežnici.

Preglednica 1.1: Mejne vrednosti izpostavljenosti nekoherentnim optičnim sevanjem

Indeks	Valovna dolžina nm	Mejna vrednost izpostavljenosti	Enote	Pripomba	Del telesa	Nevarnost
a.	180 - 400 (UVA, UVB in UVC)	$H_{\text{eff}} = 30$ dnevna vrednost 8 ur	$[\text{J m}^{-2}]$		oči roženica veznica leča koža	vnetje roženice vnetje očesne veznice nastanek sive mrene eritemi elastoza kožni rak
b.	315 - 400 (UVA)	$H_{\text{UVA}} = 10^4$ dnevna vrednost 8 ur	$[\text{J m}^{-2}]$		oči leča	nastanek sive mrene
c.	300 - 700 (modra svetloba) <i>glej opombo 1</i>	$L_B = \frac{10^6}{t}$ za $t \leq 10\,000$ s	$L_B: [\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ t: [sekunde]	za $\alpha \geq 11$ mrad		
č.	300 - 700 (modra svetloba) <i>glej opombo 1</i>	$L_B = 100$ za $t > 10\,000$ s	$[\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$		oči mrežnica	vnetje očesne mrežnice
d.	300 - 700 (modra svetloba) <i>glej opombo 1</i>	$E_B = \frac{100}{t}$ za $t \leq 10\,000$ s	$E_B: [\text{W m}^{-2}]$ t: [sekunde]	za $\alpha \geq 11$ mrad <i>glej opombo 2</i>		
e.	300 - 700 (modra svetloba) <i>glej opombo 1</i>	$E_B = 0.01$ t $> 10\,000$ s	$[\text{W m}^{-2}]$			
f.	380 - 1 400 (vidno in IRA sevanje)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha}$ za $t > 10$ s	$[\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$	$C_\alpha = 1,7$ za $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_\alpha = \alpha$ za $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ za $\alpha > 100$ mrad $\lambda_1 = 380; \lambda_2 = 1\,400$		
g.	380 - 1 400 (vidno in IRA sevanje)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ za $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	$L_R: [\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$ t: [sekunde]		oči mrežnica	opekline mrežnice
h.	380 - 1 400 (vidno in IRA sevanje)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ za $t < 10 \mu\text{s}$	$[\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1}]$			

Indeks	Valovna dolžina nm	Mejna vrednost izpostavljenosti	Enote	Pripomba	Del telesa	Nevarnost
i.	780 - 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha}$ za $t > 10$ s	$[W m^{-2} sr^{-1}]$	$C_\alpha = 11$ za $\alpha \leq 11$ mrad $C_\alpha = \alpha$ za $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ za $\alpha > 100$ mrad (meritve vidnega polja: 11 mrad) $\lambda_1 = 780; \lambda_2 = 1 400$	oči mrežnica	opekline mrežnice
j.	780 - 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0.25}}$ za $10 \mu s \leq t \leq 10$ s	$L_R [W m^{-2} sr^{-1}]$ t: [sekunde]			
k.	780 - 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ za $t < 10 \mu s$	$[W m^{-2} sr^{-1}]$			
l.	780 - 3 000 (IRA in IRB)	$E_{IR} = 18 000 t^{-0.75}$ za $t \leq 1 000$ s	E: $[W m^{-2}]$ t: [sekunde]		oči roženica leča	opeklina roženice nastanek sive mreže
m.	780 - 3 000 (IRA in IRB)	$E_{IR} = 100$ za $t > 1 000$ s	$[W m^{-2}]$			
n.	380 - 3 000 (vidno, IRA in IRB sevanje)	$H_{koža} = 20 000 t^{0.25}$ za $t < 10$ s	H: $[J m^{-2}]$ t: [sekunde]		koža	opekline

Opomba 1: Razpon od 300 do 700 nm pokriva del UVB, celotno UVA in večino vidnega sevanja, s tem povezano nevarnost pa navadno imenujemo nevarnost "modre svetlobe". V natančnem pomenu besede modra svetloba pokriva razpon približno od 400 do 490 nm.

Opomba 2: Če se pogled upira v zelo male vire z zornim kotom < 11 mrad, se lahko L_B pretvori v E_B . To se navadno nanaša na oftalmološke instrumente ali na stabilizirano oko med anestezijo. Najdaljše trajanje "strmenja" se določi z naslednjo formulo: $t_{max} = 100 / E_B \cdot E_B$, izraženo v $[W m^{-2}]$. Zaradi premikanja oči pri normalnem gledanju ta čas ne presega 100 s.

Preglednica 1.2: S (λ) [brezrazsežno], od 180 nm do 400 nm

λ v nm	S (λ)	λ v nm	S (λ)	λ v nm	S (λ)	λ v nm	S (λ)	λ v nm	S (λ)
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		

Preglednica 1.3: B (λ), R (λ) [brezrazsežno], od 380 nm do 1400 nm

λ v 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
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1050$	—	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1050 < \lambda \leq 1150$	—	0,2
$1150 < \lambda \leq 1200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150 - \lambda)}$
$1200 < \lambda \leq 1400$	—	0,02

PRILOGA II

Laserska optična sevanja

Vrednosti izpostavljenosti optičnim sevanjem, ki so ustrezne s stališča biofizike, se lahko določijo na podlagi v nadaljevanju navedenih formul. Uporaba formul je odvisna od valovne dolžine in trajanja sevanja, ki ga oddaja vir. Rezultate je treba primerjati z ustreznimi mejnimi vrednostmi izpostavljenosti, navedenimi v preglednicah 2.2—2.4. Pri podanem viru laserskih optičnih sevanj je lahko več kakor ena vrednost izpostavljenosti in njej relevantna mejna vrednost.

Koeficienti, uporabljeni za izračun v preglednicah 2.2—2.4, so navedeni v preglednici 2.5, korekcije za ponavljajočo se izpostavljenost pa v preglednici 2.6.

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

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

Opombe:

dP moč, izražena v vatih [W];

dA površina, izražena v kvadratnih metrih [m²];

$E(t)$, E obsevanost, iradianca ali gostota pretoka moči: sevajoči tokovni vpad, ki vpada na enoto površine, v splošnem izražen v vatih na kvadratni meter [W m⁻²]; vrednosti $E(t)$, E sta pridobljeni z meritvami ali ju zagotovi proizvajalec opreme;

H izpostavljenost sevanju, časovni integral obsevanosti, izražen v džulih na kvadratni meter [J m⁻²];

t čas, trajanje izpostavljenosti, izražen v sekundah [s];

λ valovna dolžina, izražena v nanometrih [nm];

γ mejni kot stožca pri meritvah vidnega polja, izražen v miliradianih [mrad];

γ_m meritve vidnega polja, izražene v miliradianih [mrad];

α zorni kot vira, izražen v miliradianih [mrad];

mejna odprtina: krožno območje, uporabljeno za izračun povprečne obsevanosti in izpostavljenosti sevanju;

G integrirana sevnost (radianca): integral sevnosti v določenem času izpostavljenosti, izražen kot sevalna energija na enoto sevajoče površine na enoto prostorskega kota emisije, v džulih na kvadratni meter na steradian [J m⁻² sr⁻¹].

Preglednica 2.1: Nevarnosti sevanja

Valovna dolžina [nm] λ	Vrsta sevanja	Prizadeti organ	Nevarnost	Preglednica mejnih vrednosti izpostavljenosti
180 do 400	UV	oči	fotokemične in toplotne poškodbe	2.2, 2.3
180 do 400	UV	koža	eritemi (rdeči kožni madeži)	2.4
400 do 700	vidno sevanje	oči	poškodbe mrežnice	2.2
400 do 600	vidno sevanje	oči	fotokemične poškodbe	2.3
400 do 700	vidno sevanje	koža	toplotne poškodbe	2.4
700 do 1 400	IRA	oči	toplotne poškodbe	2.2, 2.3
700 do 1 400	IRA	koža	toplotne poškodbe	2.4
1 400 do 2 600	IRB	oči	toplotne poškodbe	2.2
2 600 do 10^6	IRC	oči	toplotne poškodbe	2.2
1 400 do 10^6	IRB, IRC	oči	toplotne poškodbe	2.3
1 400 do 10^6	IRB, IRC	koža	toplotne poškodbe	2.4

Preglednica 2.2:

Mejne vrednosti za izpostavljenost oči laserskemu sevanju — kratka izpostavljenost v trajanju < 10 s

Valovna dolžina ^a [nm]	Odpirtina	Trajanje [s]			
		$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 1.8 \cdot 10^{-5}$	$1.8 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5} - 10^{-3}$
UVC		$10^{13} - 10^{11}$	$10^{11} - 10^9$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-3} - 10^1$
UVB	180 - 280	$E = 3 \cdot 10^{10} [W m^{-2}]$ glej opombo ^c	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_E [J m^{-2}]$	$H = 30 [J m^{-2}]$	$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e
	280 - 302			$H = 40 [J m^{-2}]$; če je $t < 2,6 \cdot 10^{-9}$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	303			$H = 60 [J m^{-2}]$; če je $t < 1,3 \cdot 10^{-8}$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	304			$H = 100 [J m^{-2}]$; če je $t < 1,0 \cdot 10^{-7}$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	305			$H = 160 [J m^{-2}]$; če je $t < 6,7 \cdot 10^{-7}$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	306			$H = 250 [J m^{-2}]$; če je $t < 4,0 \cdot 10^{-6}$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	307			$H = 400 [J m^{-2}]$; če je $t < 2,6 \cdot 10^{-5}$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	308			$H = 630 [J m^{-2}]$; če je $t < 1,6 \cdot 10^{-4}$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	309			$H = 10^3 [J m^{-2}]$; če je $t < 1,0 \cdot 10^{-3}$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	310			$H = 1,6 \cdot 10^3 [J m^{-2}]$; če je $t < 6,7 \cdot 10^{-3}$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	311			$H = 2,5 \cdot 10^3 [J m^{-2}]$; če je $t < 4,0 \cdot 10^{-2}$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	312			$H = 4,0 \cdot 10^3 [J m^{-2}]$; če je $t < 2,6 \cdot 10^{-1}$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	313			$H = 6,3 \cdot 10^3 [J m^{-2}]$; če je $t < 1,6 \cdot 10^0$, potem je $H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$ glej opombo ^e	
	314			$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$	
UVA				$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$	
Vidna sevanja & IRA	400 - 700	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_E [J m^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_E [J m^{-2}]$	$H = 5 \cdot 10^{-3} C_E [J m^{-2}]$	$H = 18 \cdot t^{0,75} C_E [J m^{-2}]$
	700 - 1 050	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_A C_E [J m^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_A C_E [J m^{-2}]$	$H = 5 \cdot 10^{-3} C_A C_E [J m^{-2}]$	$H = 18 \cdot t^{0,75} C_A C_E [J m^{-2}]$
	1 050 - 1 400	$H = 1,5 \cdot 10^{-3} C_C C_E [J m^{-2}]$	$H = 2,7 \cdot 10^5 t^{0,75} C_C C_E [J m^{-2}]$	$H = 5 \cdot 10^{-2} C_C C_E [J m^{-2}]$	$H = 90 \cdot t^{0,75} C_C C_E [J m^{-2}]$
IRB & IRC	1 400 - 1 500	$E = 10^{12} [W m^{-2}]$	Glej opombo ^c	$H = 10^3 [J m^{-2}]$	$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$
	1 500 - 1 800	$E = 10^{13} [W m^{-2}]$	Glej opombo ^c	$H = 10^4 [J m^{-2}]$	
	1 800 - 2 600	$E = 10^{12} [W m^{-2}]$	Glej opombo ^c	$H = 10^3 [J m^{-2}]$	$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$
	2 600 - 10 ⁶	$E = 10^{11} [W m^{-2}]$	Glej opombo ^c	$H = 100 [J m^{-2}]$	$H = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25} [J m^{-2}]$

^a Če se na valovno dolžino laserja nanašata dve mejni vrednosti, se uporablja strožja.

^b Kadar je $1400 \text{ nm} < \lambda < 10^5 \text{ nm}$: premer odprtine = 1 mm za $t \leq 0,3$ s in $1,5 t^{0,375}$ mm za $0,3 \text{ s} < t < 10$ s; kadar je $10^5 \text{ nm} < \lambda < 10^6$ nm: premer odprtine = 11 mm.

^c Zaradi pomanjkjivih podatkov na teh impulznih dolžinah ICNIRP* priporoča uporabo meje obsevanosti I_{ns}.

^č Preglednica daje vrednosti za enojne laserske impulze. Pri večkratnih laserskih impulzih je treba sešteti trajanja laserskih impulzov znotraj intervala T_{min} (navedeno v preglednici 2.6) ter vpisati dobljeno časovno vrednost, in sicer kot t v formuli: $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$.

*ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Mednarodna komisija za varstvo pred neionizirimi sevanji)

Preglednica 2.3

Mejne vrednosti za izpostavljenost oči laserskemu sevanju — daljša izpostavljenost v trajanju ≥ 10 s

Valovna dolžina ^a [nm]		Odpirtina	Trajanje [s]	
			$10^1 - 10^2$	$10^3 - 3 \cdot 10^4$
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	$H = 1,0 \cdot 10^3$ [$J m^{-2}$]			
310	$H = 1,6 \cdot 10^3$ [$J m^{-2}$]			
311	$H = 2,5 \cdot 10^3$ [$J m^{-2}$]			
312	$H = 4,0 \cdot 10^3$ [$J m^{-2}$]			
313	$H = 6,3 \cdot 10^3$ [$J m^{-2}$]			
314	$H = 10^4$ [$J m^{-2}$]			
UVA	315 - 400			
Vidno sevanje 400 - 700	400 - 600 Fotokemične ^b poškodbe mrežnice	7 mm	$H = 100 C_B$ [$J m^{-2}$] ($\gamma = 11$ mrad) ^c	$E = 1 C_B$ [$W m^{-2}$]; ($\gamma = 1,1 t^{0,5}$ mrad) ^c
	400 - 700 Toplotne ^b poškodbe mrežnice		če je $\alpha < 1,5$ mrad, potem je $E = 10$ [$W m^{-2}$] če je $\alpha > 1,5$ mrad in $t \leq T_2$, potem je $H = 18 C_E t^{0,75}$ [$J m^{-2}$] če je $\alpha > 1,5$ mrad in $t > T_2$, potem je $E = 18 C_E T_2^{-0,25}$ [$W m^{-2}$] če je $\alpha < 1,5$ mrad, potem je $E = 10 C_A C_C$ [$W m^{-2}$] če je $\alpha > 1,5$ mrad in $t \leq T_2$, potem je $H = 18 C_A C_C C_E t^{0,75}$ [$J m^{-2}$] če je $\alpha > 1,5$ mrad in $t > T_2$, potem je $E = 18 C_A C_C C_E T_2^{-0,25}$ [$W m^{-2}$] (ne sme presežati 1 000 $W m^{-2}$)	
IRA	700 - 1 400	7 mm		
IRB & IRC	1 400 - 10 ⁶	glej ^e		$E = 1 000$ [$W m^{-2}$]

^a Če se na valovno dolžino ali druge pogoje laserja nanašata dve mejni vrednosti, se uporablja strožja.

^b Pri malih virih pod kotom, enakim ali manjšim od 1,5 mrad, se vidni mejni vrednosti E od 400 nm zmanjšata na toplotne mejne vrednosti za $10s \leq t < T_1$ in na fotokemične mejne vrednosti za daljše trajanje. Za T_1 in T_2 - glej preglednico 2.5. Mejna vrednost nevarnih fotokemičnih dejavnikov za mrežnico je prav tako lahko izražena kot časovno integrirana sevnost $G =$

$10^6 \cdot C_B [J m^{-2} sr^{-1}]$ za $t > 10$ s, do $t = 10\ 000$ s in $L = 100\ C_B [W m^{-2} sr^{-1}]$ za $t > 10\ 000$ s. Pri meritvah G in L se uporablja γ_m kot povprečno vidno polje. Uradna meja med vidnim in infrardečim sevanjem, kakor jo je določila CIE, je $780\ nm$. Stolpec z imeni posameznih območij valovnih dolžin je namenjen samo temu, da uporabniku zagotovi boljše preglednost. (oznako G uporablja CEN; oznako L_t uporablja CIE; oznako L_p uporabljata IEC in CENELEC*.)

c Za valovne dolžine $1\ 400 - 10^5\ nm$: premer odprtine = $3,5\ mm$, za valovne dolžine $10^5 - 10^6\ nm$: premer odprtine = $11\ mm$.

č Pri merjenju vrednosti izpostavljenosti se γ upošteva na naslednji način: če je α (zorni kot vira) $> \gamma$ (mejni kot stožca, naveden v oklepajih v ustreznem stolpcu), potem mora biti velikost vidnega polja γ_m dana vrednost γ . (Če bi bila uporabljena večja velikost vidnega polja, bi bila nevarnost precejšena).

Če je $\alpha < \gamma$, potem mora biti velikost vidnega polja γ_m dovolj velika, da popolnoma zajame vire, sicer pa ni omejena in je lahko večja kakor γ .

*CENELEC- Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (Evropski komite za elektrotehniško standardizacijo)

Preglednica 2.4: Mejne vrednosti za izpostavljenost kože laserskemu sevanju

Valovna dolžina ^a [nm]		Opomba	Trajanje [s]				
			$< 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^1$	$10^1 - 10^3$
UV (A, B, C)	180 - 400	3,5mm	Iste mejne vrednosti izpostavljenosti kakor za oči				
vidno sevanje & IRA	400 - 700	3,5mm	Iste mejne vrednosti izpostavljenosti kakor za oči				
	700 - 1 400						
	1 400 - 1 500						
	1 500 - 1 800						
	1 800 - 2 600						
2 600 - 10 ⁶							
IRB & IRC			$H = 200 C_A \text{ [J m}^{-2}\text{]}$				
			$H = 1.1 \cdot 10^4 C_A t^{0.25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$				
			$E = 2 \cdot 10^3 C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$				
			Iste mejne vrednosti izpostavljenosti kakor za oči				

^a Če se na valovno dolžino ali druge pogoje laserja nanašata dve mejni vrednosti, se uporablja strožja.

Preglednica 2.5:

Uporabljeni korekcijski faktorji in drugi parametri izračuna

Parameter, kakor je naveden v ICNIRP	Veljavni spektralni obseg (nm)	Vrednost
C_A	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	700 - 1 050	$C_A = 10^{0,002(\lambda - 700)}$
	1 050 - 1 400	$C_A = 5,0$
C_B	400 - 450	$C_B = 1,0$
	450 - 700	$C_B = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
C_C	700 - 1 150	$C_C = 1,0$
	1 150 - 1 200	$C_C = 10^{0,018(\lambda - 1 150)}$
	1 200 - 1 400	$C_C = 8,0$
T_1	$\lambda < 450$	$T_1 = 10 \text{ s}$
	450 - 500	$T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
Parameter, kakor je naveden v ICNIRP	Veljavnost za biološke vplive	Vrednost
α_{\min}	vsi toplotni vplivi	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parameter, kakor je naveden v ICNIRP	Veljavni kotni obseg (mrad)	Vrednost
C_E	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad}$ z $\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$
T_2	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$
Parameter, kakor je naveden v ICNIRP	Veljavni časovni obseg izpostavljenosti (s)	Vrednost
γ	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$

Preglednica 2.6: Korekcije za ponavljajočo se izpostavljenost

Vsa tri v nadaljevanju navedena splošna pravila se uporabljajo za vse ponavljajoče se izpostavljenosti, ki izhajajo iz ponavljajočih se pulznih ali skenirnih laserskih sistemov:

1. Izpostavljenost posameznemu impulzu v vrsti impulzov ne sme presegati mejne vrednosti izpostavljenosti trajanja posameznega impulza.
2. Izpostavljenost posamezni skupini impulzov (ali podskupini impulzov v vrsti) v določenem času t ne sme presegati mejne vrednosti izpostavljenosti za čas t .
3. Izpostavljenost posameznemu impulzu v vrsti impulzov ne sme presegati mejne vrednosti izpostavljenosti za posamezni impulz, pomnožene s kumulativno-toplotnim korekcijskim faktorjem $C_p = N^{0.25}$, pri čemer je N število impulzov. To pravilo se nanaša samo na mejne vrednosti izpostavljenosti za varovanje pred toplotnimi poškodbami, kjer so vsi impulzi, oddani v času, krajšem od T_{min} , obravnavani kot en sam impulz.

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