

LIMITNÉ HODNOTY EXPOZÍCIE LASEROVÉMU ŽIARENIU

- Biofyzikálne významné hodnoty expozície laserovému žiareniu možno stanoviť pomocou nasledujúcich vzorcov. Výber vzorcov, ktoré sa majú použiť, závisí od vlnovej dĺžky a trvania žiarenia vyžiareného zdrojom a výsledky by sa mali porovnať so zodpovedajúcimi limitnými hodnotami expozície, ktoré sú uvedené v tabuľkách č. 2.2 až 2.4. Danému zdroju laserového žiarenia môže zodpovedať viac hodnôt expozície a príslušných limitných hodnôt expozície.
- Koeficienty použité na výpočty v rámci tabuliek č. 2.2 až 2.4 sú uvedené v tabuľke č. 2.5 a korekcie na opakovanú expozíciu sú uvedené v tabuľke č. 2.6.

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

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

Poznámky

dP *výkon* vyjadrený vo wattoch [W];

dA *plocha* vyjadrená v metroch štvorcových [m²];

E(t), E *ožiarenosť* alebo *hustota žiarivého toku*: žiarivý tok na jednotku plochy, obvyčajne vyjadrený vo wattoch na meter štvorcový [W·m⁻²]; hodnoty E(t), E sú z meraní alebo ich môže poskytnúť výrobca zariadenia;

H *dávka ožiarenia*, integrál ožiarenosti v čase vyjadrený v jouloch na meter štvorcový [J·m⁻²];

t *čas, doba expozície* vyjadrené v sekundách [s];

λ *vlnová dĺžka* vyjadrená v nanometroch [nm];

γ *medzný uhol zorného poľa pre meranie* vyjadrený v miliradiánoch [mrad];

γ_m *merané zorné pole* vyjadrené v miliradiánoch [mrad];

α *zorný uhol zdroja* vyjadrený v miliradiánoch [mrad];

limitujúca apertúra: plocha kruhu, v ktorom sa priemerujú ožiarenosť a dávka ožiarenia;

G *integrovaná žiara*: časový integrál žiary v čase za danú dobu expozície, vyjadrenú ako žiarivá energia na jednotku plochy žiariaceho povrchu na jednotku priestorového uhla vyžarovania v jouloch na meter štvorcový na steradián [J·m⁻² sr⁻¹].

Tabuľka č. 2.1 Riziká zo žiarenia

Vlnová dĺžka λ [nm]	Pásmo žiarenia	Postihnutý orgán	Riziko	Tabuľka limitných hodnôt expozície
180 až 400	UV	oko	fotochemické poškodenie a tepelné poškodenie	2.2, 2.3
180 až 400	UV	koža	erytém	2.4
400 až 700	viditeľné	oko	poškodenie sietnice	2.2
400 až 600	viditeľné	oko	fotochemické poškodenie	2.3
400 až 700	viditeľné	koža	tepelné poškodenie	2.4
700 až 1400	IRA	oko	tepelné poškodenie	2.2, 2.3
700 až 1400	IRA	koža	tepelné poškodenie	2.4
1400 až 2600	IRB	oko	tepelné poškodenie	2.2
2600 až 10 ⁶	IRC	oko	tepelné poškodenie	2.2
1400 až 10 ⁶	IRB, IRC	oko	tepelné poškodenie	2.3
1400 až 10 ⁶	IRB, IRC	koža	tepelné poškodenie	2.4

Tabuľka č. 2.2 Limitné hodnoty expozície oka laseru pre krátku dobu expozície < 10 s

Vlnová dĺžka ^a [nm]		Apertúra	Doba expozície [s]											
			$10^{-13} - 10^{-11}$	$10^{-11} - 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^1$					
UVC	180 - 280	1 mm pre $t < 0,3$ s; $1,5 \cdot t^{0,375}$ pre $0,3 < t < 10$ s	$E = 3 \cdot 10^{10}$ [W.m ⁻²] Pozri poznámku ^c						H = 30 [J.m ⁻²]					
UVB	280 - 302								H = 40 [J.m ⁻²]; ak $t < 2,6 \cdot 10^{-9}$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d					
	303								H = 60 [J.m ⁻²]; ak $t < 1,3 \cdot 10^{-8}$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d					
	304								H = 100 [J.m ⁻²]; ak $t < 1,0 \cdot 10^{-7}$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d					
	305								H = 160 [J.m ⁻²]; ak $t < 6,7 \cdot 10^{-7}$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d					
	306								H = 250 [J.m ⁻²]; ak $t < 4,0 \cdot 10^{-6}$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d					
	307								H = 400 [J.m ⁻²]; ak $t < 2,6 \cdot 10^{-5}$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d					
	308								H = 630 [J.m ⁻²]; ak $t < 1,6 \cdot 10^{-4}$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d					
	309								H = 10 ³ [J.m ⁻²]; ak $t < 1,0 \cdot 10^{-3}$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d					
	310								H = 1,6 · 10 ³ [J.m ⁻²]; ak $t < 6,7 \cdot 10^{-3}$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d					
	311								H = 2,5 · 10 ³ [J.m ⁻²]; ak $t < 4,0 \cdot 10^{-2}$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d					
312	H = 4,0 · 10 ³ [J.m ⁻²]; ak $t < 2,6 \cdot 10^{-1}$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d													
313	H = 6,3 · 10 ³ [J.m ⁻²]; ak $t < 1,6 \cdot 10^0$ potom $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²] pozri poznámku ^d													
314	H = 5,6 · 10 ³ · t ^{0,25} [J.m ⁻²]													
UVA	315 - 400	H = 5,6 · 10 ³ · t ^{0,25} [J.m ⁻²]												
(Viditeľné a IRA)	400 - 700	7 mm	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot C_E$ [J.m ⁻²]	$H = 2,7 \cdot 10^4 \cdot t^{0,75} \cdot C_E$ [J.m ⁻²]	$H = 5 \cdot 10^{-3} \cdot C_E$ [J.m ⁻²]	$H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_E$ [J.m ⁻²]								
	700 - 1050		$H = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot C_A \cdot C_E$ [J.m ⁻²]	$H = 2,7 \cdot 10^4 \cdot t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E$ [J.m ⁻²]	$H = 5 \cdot 10^{-3} \cdot C_A \cdot C_E$ [J.m ⁻²]	$H = 18 \cdot t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E$ [J.m ⁻²]								
	1050 - 1400		$H = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot C_C \cdot C_E$ [J.m ⁻²]	$H = 2,7 \cdot 10^5 \cdot t^{0,75} \cdot C_C \cdot C_E$ [J.m ⁻²]	$H = 5 \cdot 10^{-2} \cdot C_C \cdot C_E$ [J.m ⁻²]		$H = 90 \cdot t^{0,75} \cdot C_C \cdot C_E$ [J.m ⁻²]							
IRB ^a IRC	1400 - 1500	Pozri poznámku ^b	$E = 10^{12}$ [W.m ⁻²] Pozri poznámku ^c		$H = 10^3$ [J.m ⁻²]		$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²]							
	1500 - 1800		$E = 10^{13}$ [W.m ⁻²] Pozri poznámku ^c		$H = 10^4$ [J.m ⁻²]									
	1800 - 2600		$E = 10^{12}$ [W.m ⁻²] Pozri poznámku ^c		$H = 10^3$ [J.m ⁻²]		$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²]							
	2600 - 10 ⁶		$E = 10^{11}$ [W.m ⁻²] Pozri poznámku ^c		$H = 100$ [J.m ⁻²]	$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J.m ⁻²]								

a Ak je vlnová dĺžka lasera pokrytá dvomi limitmi, použije sa prísnejší.

b Ak $1400 \leq \lambda < 10^5$ nm: priemer apertúry = 1 mm pre $t \leq 0,3$ s a $1,5 \cdot t^{0,375}$ mm pre $0,3 < t < 10$ s; ak $10^5 \leq \lambda < 10^6$ nm: priemer apertúry = 11 mm.

c Pre nedostatok údajov o týchto dĺžkach impulzov ICNIRP odporúča použiť limity pre dobu ožiarosti 1 ns.

d Tabuľka stanovuje hodnoty pre jednoduché laserové impulzy. V prípade viacerých laserových impulzov, trvania laserových impulzov, ktoré patria do intervalu T_{\min} (uvedené v tabuľke 2.6) sa musia spočítavať a výsledná hodnota času sa musí doplniť namiesto t vo vzorci: $5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$.

Tabuľka č. 2.3 Limitné hodnoty expozície oka laseru pre dlhú dobu expozície ≥ 10 s

Vlnová dĺžka ^a [nm]		Apertúra	Doba expozície [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 ⁻²]		
	280 - 302				
UVB	303		H = 40 [J.m ⁻²]		
	304		H = 60 [J.m ⁻²]		
	305		H = 100 [J.m ⁻²]		
	306		H = 160 [J.m ⁻²]		
	307		H = 250 [J.m ⁻²]		
	308		H = 400 [J.m ⁻²]		
	309		H = 630 [J.m ⁻²]		
	310		H = 1,0.10 ³ [J.m ⁻²]		
	311		H = 1,6.10 ³ [J.m ⁻²]		
	312		H = 2,5.10 ³ [J.m ⁻²]		
313	H = 4,0.10 ³ [J.m ⁻²]				
314	H = 6,3.10 ³ [J.m ⁻²]				
UVA	315 - 400		H = 10 ⁴ [J.m ⁻²]		
Viditeľné 400 - 700	400 - 600 fotochemické ^b poškodenie sietnice	H = 100 . C _B [J.m ⁻²] ($\gamma = 11$ mrad) ^d	E = 1 . C _B [W.m ⁻²]; ($\gamma = 1,1 \cdot t^{0.5}$ mrad) ^d		E = 1 C _B [W.m ⁻²] ($\gamma = 110$ mrad) ^d
	400 -700 tepelné ^b poškodenie sietnice	ak $\alpha < 1.5$ mrad potom E = 10 [W.m ⁻²] ak $\alpha > 1.5$ mrad a $t \leq T_2$ potom H = 18 . C _E . t ^{0.75} [J.m ⁻²] ak $\alpha > 1.5$ mrad a $t > T_2$ potom E = 18 . C _E . T ₂ ^{-0.25} [W.m ⁻²]			
IRA	700 - 1400	7 mm	ak $\alpha < 1.5$ mrad potom E = 10 . C _A . C _C [W.m ⁻²] ak $\alpha > 1.5$ mrad a $t \leq T_2$ potom H = 18 . C _A . C _C . C _E . t ^{0.75} [J.m ⁻²] ak $\alpha > 1.5$ mrad a $t > T_2$ potom E = 18 . C _A . C _C . C _E . T ₂ ^{-0.25} [W.m ⁻²] (nesmie prekročiť 1 000 W.m ⁻²)		
IRB a IRC	1400 - 10 ⁶	pozri ^c	E = 1000 [W.m ⁻²]		

- a Ak je vlnová dĺžka lasera alebo iná charakteristika lasera pokrytá dvomi limitmi, použije sa prísnejší.
- b Pre malé zdroje, ktoré tvoria uhol 1,5 mrad alebo menej, sa dva limity E pre viditeľné žiarenie 400 až 600 nm redukujú na tepelné limity $10 \text{ s} \leq t < T_1$ a na fotochemické limity pre dlhšie obdobie. K hodnotám T_1 a T_2 pozri tabuľku 2.5. Limit pre fotochemické poškodenie sietnice sa môže tiež vyjadriť ako integrál žiary v čase $G = 10^6 \cdot C_B [\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$ pre $t > 10 \text{ s}$ až do $t = 10\,000 \text{ s}$ a $L = 100 \cdot C_B [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$ pre $t > 10\,000 \text{ s}$. Na meranie G a L sa musí ako priemerné zorné pole použiť γ_m . Oficiálna hranica medzi viditeľným a infračerveným žiarením je podľa definície CIE 780 nm. Stĺpec s názvami pásiem vlnovej dĺžky slúži len na lepší prehľad pre používateľa. (Symbol G používa CEN; symbol L_t používa CIE; symbol L_p používajú IEC a CENELEC.)
- c Pre vlnovú dĺžku 1400 - 10^5 nm : priemer apertúry = 3,5 mm; pre vlnovú dĺžku 10^5 - 10^6 nm : priemer apertúry = 11 mm.
- d Pre meranie hodnoty expozície sa γ definuje takto: Ak α (zorný uhol zdroja) $> \gamma$ (ohraničujúci priestorový uhol, vyznačený v zátvorkách v príslušnom stĺpci), meracie zorné pole γ_m má mať danú hodnotu γ . (Ak sa použije väčšie meracie zorné pole, riziko bude nadhodnotené).
Ak $\alpha < \gamma$, merané zorné pole γ_m musí byť dostatočne veľké, aby úplne zahrnulo zdroj, ale inak nie je obmedzené a môže byť väčšie ako γ .

Tabuľka č. 2.4 Limitné hodnoty expozície kože laseru

Vlnová dĺžka ^a [nm]		Apertúra	Doba expozície [s]					
			< 10 ⁻⁹	10 ⁻⁹ – 10 ⁻⁷	10 ⁻⁷ – 10 ⁻³	10 ⁻³ – 10 ¹	10 ¹ – 10 ³	10 ³ – 3.10 ⁴
UV (A, B, C)	180 – 400	3,5 mm	E = 3.10 ¹⁰ [W.m ⁻²]	Rovnaké ako limity expozície oka				
Viditeľné a IRA	400 – 700	3,5 mm	E = 2.10 ¹¹ [W.m ⁻²]	H = 200 . C _A [J.m ⁻²]	H = 1,1.10 ⁴ . C _A . t ^{0.25} [J.m ⁻²]	E = 2 . 10 ³ C _A [W . m ⁻²]		
	700 – 1400		E = 2.10 ¹¹ . C _A [W.m ⁻²]					
IRB a IRC	1 400 – 1500		E = 10 ¹² [W.m ⁻²]	Rovnaké ako limity expozície oka				
	1500 – 1800		E = 10 ¹³ [W.m ⁻²]					
	1800 – 2600		E = 10 ¹² [W.m ⁻²]					
	2600 – 10 ⁶		E = 10 ¹¹ [W.m ⁻²]					

^a Ak je vlnová dĺžka lasera alebo iná charakteristika lasera pokrytá dvomi limitmi, použije sa prísnejší.

Tabuľka č. 2.5 Použité opravné faktory a iné výpočtové parametre

Parameter uvedený v ICNIRP	Platná spektrálna oblasť [nm]	Hodnota
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	$T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
Parameter uvedený v ICNIRP	Platný pre biologický účinok	Hodnota
α_{\min}	Všetky tepelné účinky	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parameter uvedený v ICNIRP	Platný uhlový rozsah (mrad)	Hodnota
C_E	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ [mrad]}$ kde $\alpha_{\max} = 100 \text{ [mrad]}$
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 uvedený v ICNIRP	Platný časový rozsah expozície [s]	Hodnota
γ	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 \cdot t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$

Opakované expozície

Pri všetkých opakovaných expozíciách, ku ktorým dochádza pri opakovane pulzujúcich alebo skenovacích laserových systémoch, by sa malo uplatňovať každé z nasledujúcich troch všeobecných pravidiel

1. ožiarenie akýmkoľvek jedným impulzom v slede impulzov nesmie prekročiť limitnú hodnotu expozície pre jeden impulz s dobou trvania takéhoto impulzu.
2. ožiarenie akoukoľvek skupinou impulzov (alebo podskupinou súsledných impulzov) vyžiarených v čase t nesmie prekročiť limitnú hodnotu expozície pre čas t .
3. ožiarenie akýmkoľvek jedným impulzom v rámci skupiny impulzov nesmie prekročiť limitnú hodnotu expozície pre jeden impulz vynásobenú faktorom kumulatívnej tepelnej korekcie $C_p = N^{-0.25}$, kde N je počet impulzov. Toto pravidlo sa vzťahuje len na limity expozície na ochranu proti tepelnému poškodeniu, kde sa všetky impulzy vyžiarené v intervale menšom ako T_{\min} považujú za jeden impulz.

Tabuľka č. 2.6 Korekcia na opakované expozície

Parameter	Platná vlnová dĺžka [nm]	Hodnota
T_{\min}	$315 < \lambda \leq 400$	$T_{\min} = 10^{-9} \text{ s (= 1 ns)}$
	$400 < \lambda \leq 1050$	$T_{\min} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ s (= 18 } \mu\text{s)}$
	$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$	$T_{\min} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ s (= 50 } \mu\text{s)}$
	$1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$	$T_{\min} = 10^{-3} \text{ s (= 1 ms)}$
	$1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$	$T_{\min} = 10 \text{ s}$
	$1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$	$T_{\min} = 10^{-3} \text{ s (= 1 ms)}$
	$2600 < \lambda \leq 10^6$	$T_{\min} = 10^{-7} \text{ s (= 100 ns)}$

Tab. 2.7 Hranice dovolenej emisie pre zdroje laserového žiarenia triedy 1 a 1M^{a, b, c}

Čas vyžarovania t v s	10^{-13}	10^{-11}	10^{-9}	10^{-7}	$1,8 \times 10^{-5}$	5×10^{-5}	1×10^{-3}	0,35	10	10^2	10^3	10^4
Vlnová dĺžka λ v nm	až 10^{-11}	až 10^{-9}	až 10^{-7}	až $1,8 \times 10^{-5}$	až 5×10^{-5}	až 1×10^{-3}	až 0,35	až 10	až 10^2	až 10^3	až 10^4	až 3×10^4
180 až 302,5	$3 \times 10^{10} \text{ W.m}^2$		30 J.m^2									
302,5 až 315	$2,4 \times 10^4 \text{ W}$		$(t \leq T_1)$ $7,9 \times 10^{-7} \text{ C}_1 \text{ J}$					$(t > T_1)$ $7,9 \times 10^{-7} \text{ C}_2 \text{ J}$		$7,9 \times 10^{-7} \text{ C}_2 \text{ J}$		
315 až 400			$7,9 \times 10^{-7} \text{ C}_1 \text{ J}$					$7,9 \times 10^{-3} \text{ J}$		$7,9 \times 10^{-6} \text{ J}$		
400 až 700 ^d	$5,8 \times 10^{-9} \text{ C}_6 \text{ J}$	$1,0 t^{0,75} \text{ C}_6 \text{ J}$	$2 \times 10^{-7} \text{ C}_6 \text{ J}$	$7 \times 10^{-7} t^{0,75} \text{ C}_6 \text{ J}$	400 až 600 nm ^d			Fotochemické nebezpečenstvo pre sieťnicu				
					$3,9 \times 10^{-3} \text{ C}_3 \text{ J}$	$3,9 \times 10^{-5} \text{ C}_3 \text{ W}$	$3,9 \times 10^{-5} \text{ C}_3 \text{ J}$	pre $\gamma_p = 11 \text{ mrad}$	pre $\gamma_p = 1,1 t^{0,5} \text{ mrad}$	pre $\gamma_p = 110 \text{ mrad}$		
					400 až 700 nm ^d			Tepelné nebezpečenstvo pre sieťnicu				
					$(t \leq T_2)$ $7 \times 10^{-4} t^{0,75} \text{ C}_6 \text{ J}$			$\alpha < 1,5 \text{ mrad}: 3,9 \times 10^{-4} \text{ W}$ $\alpha > 1,5 \text{ mrad}: 7 \times 10^{-4} \text{ C}_6 T_2^{-0,25} \text{ W}$ $(t > T_2)$				
700 až 1050	$5,8 \times 10^{-9} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ J}$	$1,0 t^{0,75} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ J}$	$2 \times 10^{-7} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ J}$	$7 \times 10^{-4} t^{0,75} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ J}$			$\alpha < 1,5 \text{ mrad}: 3,9 \times 10^{-4} \text{ C}_4 \text{ C}_7 \text{ W}$ $\alpha > 1,5 \text{ mrad}: 7 \times 10^{-4} \text{ C}_6 T_2^{-0,25} \text{ W}$ $(t > T_2)$					
1050 až 1400	$5,8 \times 10^{-8} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$	$10,4 t^{0,75} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$	$2 \times 10^{-6} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$	$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$			$(t \leq T_2)$ $7 \times 10^{-4} t^{0,75} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$					
1400 až 1500	$8 \times 10^5 \text{ W}$		$8 \times 10^4 \text{ J}$			$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25} \text{ J}$	$10^{-2} t \text{ J}$					
1500 až 1800	$8 \times 10^6 \text{ W}$		$8 \times 10^3 \text{ J}$			$1,8 \times 10^{-2} t^{0,75} \text{ J}$	$1,0 \times 10^{-2} \text{ W}$					
1800 až 2600	$8 \times 10^5 \text{ W}$		$8 \times 10^4 \text{ J}$			$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25} \text{ J}$						
2600 až 4000	$8 \times 10^4 \text{ W}$		$8 \times 10^{-5} \text{ J}$	$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25} \text{ J}$			$10^{-2} t \text{ J}$					
4000 až 10^6	10^{11} W.m^2		100 J.m^{-2}	$5600 t^{0,25} \text{ J.m}^{-2}$			1000 w.m^2					

^a Korekčné činitele a jednotky pozri „Poznámky k tabuľkám 3 až 6“.

^b Hodnoty hranice prípustnej emisie AEL pre dĺžku vyžarovania kratšiu než 10^{13} s sú stanovené ako ekvivalentné hodnoty výkonu alebo intenzity ožarovania AEL pre 10^{13} s.

^c Uhol γ_p je limitný uhol dopadu pre merací prístroj.

^d V rozsahu vlnových dĺžok 400 nm až 600 nm platia dvojce limity a žiarenie zariadenia nesmie prekročiť limity priradenej triedy. Ak použijeme expozičné časy medzi 1 s a 10 s, pre vlnové dĺžky od 400 nm do 484 nm a pre veľkosť zdanlivého zdroja od 1,5 mrad do 82 mrad, je duálny limit fotochemického nebezpečenstva $3,9 \times 10^{-3} \text{ C}_3 \text{ J}$ použiteľný až do 1 s.

Tab. 2.8 Hranice dovolenej emisie pre zdroje laserového žiarenia triedy 2 a 2M

Vlnová dĺžka nm	Doba emisie t s	Trieda 2 a 2M
400 až 700	$t < 0,25$ $t \geq 0,25$	To isté ako pri triede 1a 1M AEL $C_6 \times 10^{-3} W^*$

* Korekčné faktory a jednotky pozri „Poznámky k tabuľkám 3 až 6“.

Tab. 2.9 Hranice dovolenej emisie pre zdroje laserového žiarenia triedy 3R^{a, b}.

Vlnová dĺžka λ v nm	Čas vyžarovania t v s	10^{-13}	10^{-11}	10^{-9}	10^{-7}	$1,8 \times 10^{-5}$	5×10^{-5}	1×10^{-3}	0,35	10	10^3
		až 10^{-11}	až 10^{-9}	až 10^{-7}	až $1,8 \times 10^{-5}$	až 5×10^{-5}	až 1×10^{-3}	až 0,35	až 10	až 10^3	až 3×10^4
180 až 302,5		nevhodné		nevhodné							
302,5 až 315		$1,5 \times 10^5 W$		$(t \leq T_1)$ $4,0 \times 10^{-6} C_1 J$				$4,0 \times 10^{-6} C_2 J$ $(t > T_1)$		$4,0 \times 10^{-6} C_2 J$	
315 až 400				$4,0 \times 10^{-6} C_1 J$						$4,0 \times 10^{-2} J$	$4,0 \times 10^{-5} W$
400 až 700 ^d		$2,8 \times 10^{-3} C_6 J$	$5,0 t^{0,75} C_6 J$	$1 \times 10^{-6} C_6 J$	$(t < 0,25 s)$ $3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_6 J$		$5 \times 10^{-3} C_6 W$ $(t \geq 0,25 s)$		$5,0 \times 10^{-3} C_6 W$	$5,0 \times 10^{-3} C_6 W$	
700 až 1050		$2,9 \times 10^{-8} C_4 C_6 J$	$5,0 t^{0,75} C_4 C_6 J$	$1 \times 10^{-6} C_4 C_6 J$	$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_4 C_6 J$						
1050 až 1400		$2,9 \times 10^{-7} C_6 C_7 J$	$5,2 t^{0,75} C_4 C_6 J$	$1 \times 10^{-5} C_6 C_7 J$			$1,8 \times 10^{-2} t^{0,75} C_6 C_7 J$			$(t \leq T_2)$ $3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_4 C_6 C_7 J$	
1400 až 1500		$4 \times 10^6 W$		$4 \times 10^{-3} J$			$2,2 \times 10^{-2} t^{0,25} J$	$5 \times 10^{-2} t J$		$5,0 \times 10^{-2} W$	
1500 až 1800		$4 \times 10^7 W$		$4 \times 10^{-2} J$			$9 \times 10^{-2} t^{0,25} J$				
1800 až 2600		$4 \times 10^6 W$		$4 \times 10^{-3} J$			$2,2 \times 10^{-2} t^{0,25} J$				
2600 až 4000		$4 \times 10^5 W$		$4 \times 10^{-4} J$	$2,2 \times 10^{-2} t^{0,25} J$			$5 \times 10^{-2} t J$		$5\ 000 W \cdot m^{-2}$	
4000 až 10^6		$5 \times 10^{11} W \cdot m^{-2}$		$500 J \cdot m^{-2}$	$2,8 \times 10 t^{0,25} J \cdot m^{-2}$						

^a Korekčné činitele a jednotky pozri „Poznámky k tabuľkám 3 až 6“.

^b Hodnoty hranice prípustnej emisie AEL pre dĺžku vyžarovania kratšiu ako 10^{13} s sú stanovené ako ekvivalentné hodnoty výkonu alebo intenzity ožarovania AEL pre 10^{13} s.

Tab. 2.10 Hranice dovolenej emisie pre zdroje laserového žiarenia triedy 3B

Vlnová dĺžka λ nm	Doba emisie t s		
	$<10^{-9}$	10^{-9} do 0,25	0,25 do 3×10^4
180 do 302,5	$3,8 \times 10^5$ W	$3,8 \times 10^4$ J	$1,5 \times 10^{-3}$ W
302,5 do 315	$1,25 \times 10^4 C_2$ W	$1,25 \times 10^{-5} C_2$ J	$5 \times 10^{-5} C_2$ W
315 do 400	$1,25 \times 10^8$ W	0,125 J	0,5 W
400 do 700	3×10^7 W	0,03 J pre $t < 0,06$ s 0,5 W pre $t \geq 0,06$ s	0,5 W
700 do 1 050	$3 \times 10^7 C_4$ W	0,03 C_4 J pre $t < 0,06 C_4$ s 0,5 W pre $t \geq 0,06 C_4$ s	0,5 W
1 050 do 1 400	$1,5 \times 10^8$ W	0,15 J	0,5 W
1 400 do 10^6	$1,25 \times 10^8$ W	0,125	0,5 W
Korekčné faktory a jednotky pozri v tabuľkách 3 až 6			