

NAJVYŠŠIE PRÍPUSTNÉ HODNOTY ŽIARENIA PRI POUŽÍVANÍ LASEROVÉHO ZARIADENIA

Tab. 1 Najvyššie prípustné hodnoty (NPH) pre priame ožiarenie oka laserovým žiareniom^{a, b, c}

Čas vyžarovania t v s	10^{-13} až 10^{-11}	10^{-11} až 10^{-9}	10^{-9} až 10^{-7}	10^{-7} až $1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$ až 5×10^{-5}	5×10^{-5} až 1×10^{-3}	1×10^{-3} až 10	10 až 10^2	10^2 až 10^3	10^3 až 10^4	10^4 až 3×10^4
180 až 302,5											
302,5 až 315											
315 až 400											
400 až 700 ^d	$1,5 \times 10^{-4} C_6 J.m^{-2}$	$2,7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_6 J.m^{-2}$		$5 \times 10^{-3} C_6 J.m^{-2}$		$18 t^{0,75} C_6 J.m^{-2}$		400 až 600 nm ^d	Fotochemické nebezpečenstvo pre sietnicu $100 C_3 J.m^{-2}$ pre $\gamma_p = 11$ mrad	$1 C_3 W.m^{-2}$ pre $\gamma_p = 1,1 t^{0,5}$ mrad	$1 C_3 W.m^{-2}$ pre $\gamma_p = 110$ mrad
700 až 1050	$1,5 \times 10^{-4} C_4 C_6 J.m^{-2}$	$2,7 \times 10^{-4} t^{0,75} C_4 C_6 J.m^{-2}$		$5 \times 10^{-3} C_4 C_6 J.m^{-2}$		$18 t^{0,75} C_4 C_6 J.m^{-2}$		400 až 700 nm ^d	Tepelné nebezpečenstvo pre sietnicu $\alpha \leq 1,5$ mrad: $10 W.m^{-2}$ $\alpha > 1,5$ mrad: $18 C_6 T_2^{-0,25} W$	$(t > T_2)$ $7 \times 10^{-4} t^{0,25} C_6 J$	$(t \leq T_2)$ $\alpha \leq 1,5$ mrad: $10 W.m^{-2}$ $\alpha > 1,5$ mrad: $18 C_6 T_2^{-0,25} W.m^{-2}$
1050 až 1400	$1,5 \times 10^{-3} C_6 C_7 J.m^{-2}$	$2,7 \times 10^{-5} t^{0,75} C_6 C_7 J.m^{-2}$			$5 \times 10^{-2} C_6 C_7 J.m^{-2}$		$90 t^{0,75} C_6 C_7 J.m^{-2}$	$(t \leq T_2)$ $18 t^{0,25} J.m^{-2}$	$(t > T_2)$		
1400 až 1500		$10^{12} W.m^{-2}$				$10^3 J.m^{-2}$	$5 600 t^{0,25} J.m^{-2}$				
1500 až 1800		$10^{13} W.m^{-2}$				$10^4 J.m^{-2}$					
1800 až 2600		$10^{12} W.m^{-2}$				$10^3 J.m^{-2}$	$5 600 t^{0,25} J.m^{-2}$				
2600 až 10^6		$10^{11} W.m^{-2}$		$100 J.m^{-2}$		$5600 t^{0,25} J.m^{-2}$					

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

^b Najvyššie prípustné hodnoty pre dĺžku vyžarovania kratšiu než 10^{-13} s a vlnové dĺžky menšie než 400 nm a väčšie než 1 400 nm sú stanovené výpočtom ekvivalentnej hodnoty intenzity ožarovania z dávky ožiarenia pre 10^{-13} s. NPH pre dĺžku ožiarenia pod 10^{-13} s sú považované za rovné ekvivalentným hodnotám intenzity ožarovania pre NPH pri 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 dvoje 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 $3,9 \times 10^{-3} C_3 J$ použiteľný až do 1 s.

Tab. 2 Najvyššie prípustné hodnoty pre expozíciu kože laserovým žiarením

Vl-nová dĺžka 1 nm	Doba expozicie t_s	$< 10^{-9}$	$10^{-9} \text{ až } 10^{-7}$	$10^{-7} \text{ až } 1 \times 10^{-3}$	$10^{-3} \text{ až } 10$	$10 \text{ až } 10^3$	$10^3 \text{ až } 3 \times 10^4$
180 až 302,5					30 J.m^{-2}		
302,5 až 315		$3 \times 10^{10} \text{ Wm}^{-2}$			$C_2 \text{ J.m}^{-2} (t > T_1)$		$C_2 \text{ J.m}^{-2}$
315 až 400				$C_1 \text{ J.m}^{-2} (t < T_1)$	$C_1 \text{ J.m}^{-2}$	10^4 J.m^{-2}	10 W.m^{-2}
400 až 700	$2 \times 10^{11} \text{ W.m}^{-2}$		200 J.m^{-2}		$1,1 \times 10^4 t^{0,25} \text{ J.m}^{-2}$		2000 W.m^{-2}
700 až 1400	$2 \times 10^{11} C_4 \text{ W.m}^{-2}$		$200 C_4 \text{ J.m}^{-2}$		$1,1 \times 10^4 C_4 t^{0,25} \text{ J.m}^{-2}$		2000 W.m^{-2}
1400 až 1500	10^{12} W.m^{-2}			10^3 J.m^{-2}	$5600 t^{0,25} \text{ J.m}^{-2}$		
1500 až 1800	10^{13} W.m^{-2}				10^4 J.m^{-2}		
1800 až 2600	10^{12} W.m^{-2}			10^3 J.m^{-2}	$5600 t^{0,25} \text{ J.m}^{-2}$		1000 W.m^{-2}
2600 až 10^6	10^{11} W.m^{-2}		100 J.m^{-2}		$5600 t^{0,25} \text{ J.m}^{-2}$		

Tab. 3 Hranice prípustnej 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	$2,4 \times 10^4 \text{ W}$		$(t \leq T_1)$ $7,9 \times 10^{-7} \text{ C}_1 \text{ J}$	$7,9 \times 10^{-7} \text{ C}_2 \text{ J}$				$(t > T_1)$	$7,9 \times 10^{-7} \text{ C}_2 \text{ J}$							
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 sietnicu $3,9 \times 10^{-3} \text{ C}_3 \text{ J}$ pre $\gamma_p = 11 \text{ mrad}$	$3,9 \times 10^{-3} \text{ C}_3 \text{ W}$ pre $\gamma_p = 1,1 t^{0,5} \text{ mrad}$	$3,9 \times 10^{-5} \text{ C}_3 \text{ J}$ pre $\gamma_p = 110 \text{ mrad}$	a^d				
700 až 1050	$5,8 \times 10^{-9} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ J}$	$1,0 t^{0,75} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ J}$	$2 \times 10^{-7} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ J}$	$7 \times 10^{-4} t^{0,75} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ J}$				400 až 700 nm ^d	Tepelné nebezpečenstvo pre sietnicu $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}: 3,9 \times 10^{-4} \text{ W}$ $\alpha > 1,5 \text{ mrad}: 7 \times 10^{-4} \text{ C}_6 \text{ T}_2^{-0,25} \text{ W}$	$(t \leq T_2)$ $7 \times 10^{-4} t^{0,75} \text{ C}_6 \text{ J}$	$(t > T_2)$					
1050 až 1400	$5,8 \times 10^{-8} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$	$10,4 t^{0,75} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$	$2 \times 10^{-6} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$	$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$					$\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}: 3,9 \times 10^{-4} \text{ C}_4 \text{ C}_7 \text{ W}$ $\alpha > 1,5 \text{ mrad}: 7 \times 10^{-4} \text{ C}_6 \text{ T}_2^{-0,25} \text{ W}$	$(t \leq T_2)$ $7 \times 10^{-4} t^{0,75} \text{ C}_4 \text{ C}_6 \text{ C}_7 \text{ J}$	$(t > T_2)$					
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} tJ	$1,8 \times 10^{-2} t^{0,75} \text{ J}$	$1,0 \times 10^{-2} \text{ W}$							
1500 až 1800	$8 \times 10^6 \text{ W}$		$8 \times 10^{-3} \text{ J}$			$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25} \text{ J}$	10^{-2} tJ		$1,000 \text{ w.m}^{-2}$							
1800 až 2600	$8 \times 10^5 \text{ W}$		$8 \times 10^{-4} \text{ J}$													
2600 až 4000	$8 \times 10^4 \text{ W}$		$8 \times 10^{-5} \text{ J}$	$4,4 \times 10^{-3} t^{0,25} \text{ J}$												
4000 až 10^6	10^{11} W.m^{-2}		100 J.m^{-2}	$5600 t^{0,25} \text{ J.m}^{-2}$												

^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 dvoje 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. 4 Hranice prípustnej emisie pre zdroje laserového žiarenia triedy 2 a 2M

Vlnová dĺžka nm	Doba emisie t s		Trieda 2 a 2M To isté ako pri triede 1a 1M AEL $C_6 \times 10^{-3} W^*$
	$t < 0,25$	$t \geq 0,25$	
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. 5 Hranice prípustnej emisie pre zdroje laserového žiarenia triedy 3R^{a, b}

Vlnová dĺžka λ v nm	Čas vyžarovania t v s	10^{-13} až 10^{-11}	10^{-11} až 10^{-9}	10^{-9} až 10^{-7}	10^{-7} až $1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$ až 5×10^{-5}	5×10^{-5} až 1×10^{-3}	1×10^{-3} až 0,35	0,35 až 10	10 až 10^3	10^3 až 3×10^4
180 až 302,5	nevihodné									nevihodné	
302,5 až 315	1,5 x 105 W $(t \leq T_1)$ $4,0 \times 10^{-6} C_2 J$									$4,0 \times 10^{-6} C_2 J$ $(t > T_1)$	$4,0 \times 10^{-6} C_2 J$
315 až 400	4,0 x $10^{-6} C_1 J$									$4,0 \times 10^{-2} J$	$4,0 \times 10^{-5} W$
400 až 700 ^d	$2,8 \times 10^{-8} C_6 J$	$5,0 t^{0,75} C_6 J$	$1 \times 10^{-6} C_6 J$	$5 \times 10^{-3} C_6 W$ $(t \geq 0,25 s)$ $3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_6 J$			$5,0 \times 10^{-3}$ $C_6 W$	$5,0 \times 10^{-3} C_6 W$			
700 až 1050	$2,9 \times 10^{-8} C_4 C_6 J$	$5,0 t^{0,75} C_4 C_6 J$	$1 \times 10^{-6} C_4 C_6 J$	$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_4 C_6 J$			$\alpha \leq 1,5$ mrad: $2,0 \times 10^{-3} C_4 C_7 W$ $\alpha > 1,5$ mrad: $3,5 \times 10^{-3} C_4 C_6 C_7 T_2^{-0,25} W$ $(t > T_2)$				
1050 až 1400	$2,9 \times 10^{-7} C_6 C_7 J$	$5,2 t^{0,75} C_4 C_6 J$	$1 \times 10^{-5} C_6 C_7 J$			$1,8 \times 10^{-2} t^{0,75} C_6 C_7 J$	$3,5 \times 10^{-3} t^{0,75} C_4 C_6 C_7 J$				
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	$4 \times 10^6 W$		$4 \times 10^{-3} J$		$2,2 \times 10^{-2} t^{0,25} J$	$5 \times 10^{-2} t J$					
2600 až 4000	$4 \times 10^5 W$	$4 \times 10^{-4} J$	$2,2 \times 10^{-2} t^{0,25} J$		$2,8 \times 10^{-1} t^{0,25} J.m^{-2}$						
4000 až 10^6	$5 \times 10^{11} W.m^{-2}$	$500 J.m^{-2}$					$5 000 W.m^{-2}$				

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

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

Tab. 6 Hranice prípustnej 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 x 10⁴
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.				

Tab. 7 Priemer limitného otvoru používaneho na meranie intenzity ožarovania a dávky ožiarenia

Rozsah vlnových dĺžok nm	Priemer pre	
	oko mm	kožu mm
180 až 400	1	3,5
≥ 400 až 1 400	7	3,5
$\geq 1 400$ až 10^5	1 pre $t \leq 10$ s $1,5t^{3/8}$ pre $0,35 s < t < 10$ s $3,5$ pre $t \geq 10$ s	3,5
$\geq 10^5$ až 10^6	11	11

POZNÁMKY k tabuľkám 3 a 6

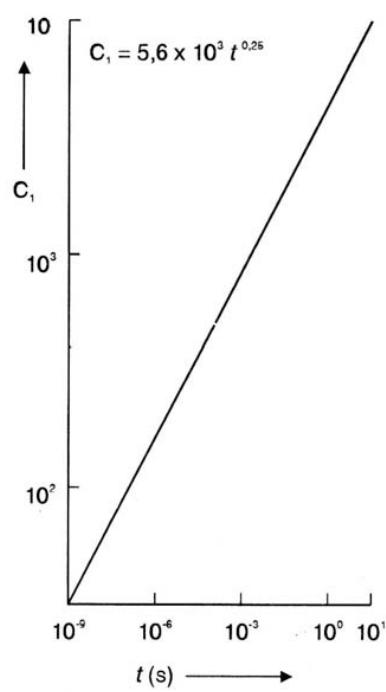
POZNÁMKA 1: O vplyve ožiareni krátsich než 10^{-9} s pre vlnové dĺžky menšie ako 400 nm a väčšie ako 1 400 nm existuje len obmezené množstvo informácií. Hranice prípustnej emisie pre tieto dĺžky ožiarenia a vlnové dĺžky boli stanovené výpočtom ekvivalentného žiarivého výkonu alebo intenzity ožiarenia zo žiarivého výkonu alebo intenzity ožiarenia použitých pre 10^{-9} s a vlnovej dĺžky menšej ako 400 nm a väčšej ako 1 400 nm.

POZNÁMKA 2: Korekčné faktory C_1 až C_7 a body zlomu T_1 a T_2 použité v tabuľkách 3 až 6 sú definované nasledujúcimi výrazmi a sú znázornené na obrázkoch 1 až 8.

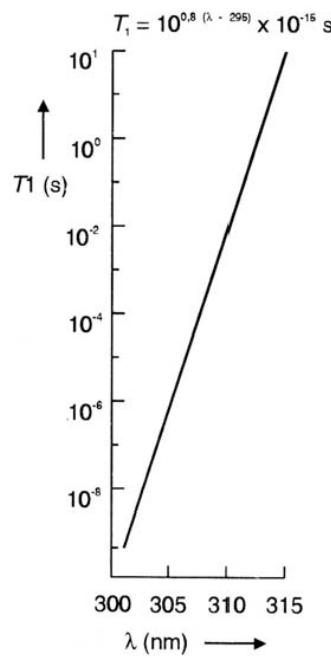
Parameter	Rozsah vlnových dĺžok nm	Obrázky
$C_1 = 5,6 \times 10^3 t^{0,25}$	302,5 až 400	1
$T_1 = 10^{0,8(\bar{e}-295)} \times 10^{-15} s$	302,5 až 315	2
$C_2 = 10^{0,2(\bar{e}-295)}$	302,5 až 315	3
$T_2 = 10 \times 10^{(\bar{A}/98,5)} s^a$	400 až 1 400	4
$C_3 = 1,0$	400 až 450	5
$C_3 = 10^{0,02(\bar{e}-450)}$	450 až 600	5
$C_4 = 10^{0,002(\bar{e}-700)}$	700 až 1 050	6
$C_4 = 5$	1 050 až 1 400	6
$C_5 = N^{-1/4} b$	400 až 10^6	7
$C_6 = 1$ pre $\bar{a} \leq \bar{a}_{min}$	400 až 1 400	c
$C_6 = \bar{a}/\bar{a}_{min}$ pre $\bar{a}_{min} < \bar{a} \leq \bar{a}_{max}$	400 až 1 400	c
$C_6 = \bar{a}_{max}/\bar{a}_{min} = 66,7$ pre $\bar{a} > \bar{a}_{max}^d$	400 až 1 400	c
$C_7 = 1$	700 až 1 150	8
$C_7 = 10^{0,018(\bar{e}-1 150)}$	1 150 až 1 200	8
$C_7 = 8$	1 200 až 1 400	8

^a $T_2 = 10 s$ pre $\bar{a} < 1,5$ mrad a $T_2 = 100 s$ pre $\bar{a} > 100$ mrad
 $\bar{A}\bar{a} = \bar{a} - \bar{a}_{min}$
^b C_5 je použiteľný len pre pulz kratší ako 0,25 s
^c C_6 je použiteľný len pre pulzné lasery a lasery s kontinuálnym vyžarovaním, pri ktorých prevažuje nebezpečenstvo tepelného poškodenia (pozri tabuľku 3)
^d Limitný uhol dopadu \bar{a}_p musí byť rovný \bar{a}_{max}
 $\bar{a}_{min} = 1,5$ mrad
 $\bar{a}_{max} = 10$ mrad
 A je počet pulzov počas použiteľného trvania ožiarenia

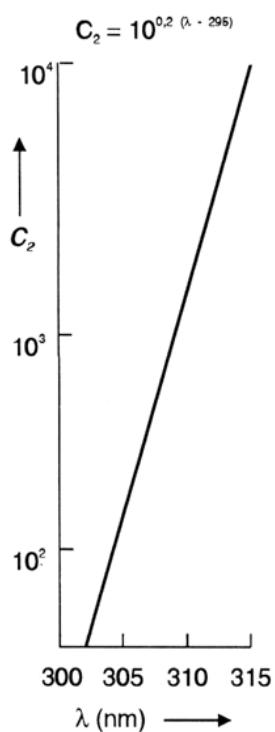
POZNÁMKA 3: Vo vzorcoch v tabuľkách 3 až 6 a v týchto poznámkach boli vlnové dĺžky vyjadrené v nanometroch, doba trvania vyžarovania t bola vyjadrená v sekundách a uhol \bar{a} bol vyjadrený v miliradiánoch.



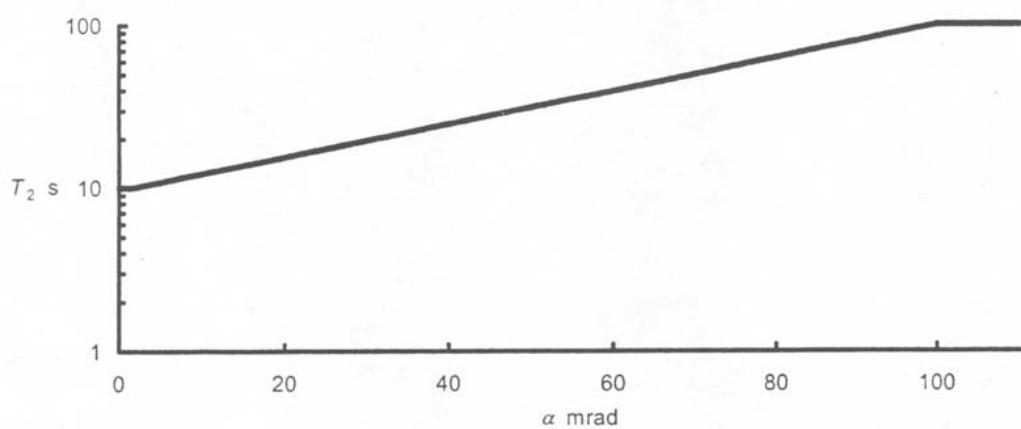
Obr. 1 Korekčný faktor C_1 pre emisie od 10^{-9} s do 10 s



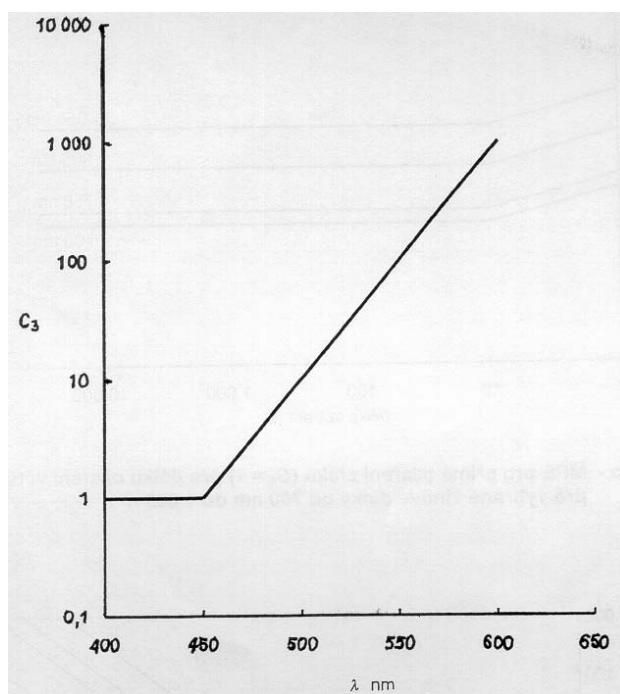
Obr. 2 Premenná hodnota T_1 pre $\lambda = 302,5$ až 315 nm



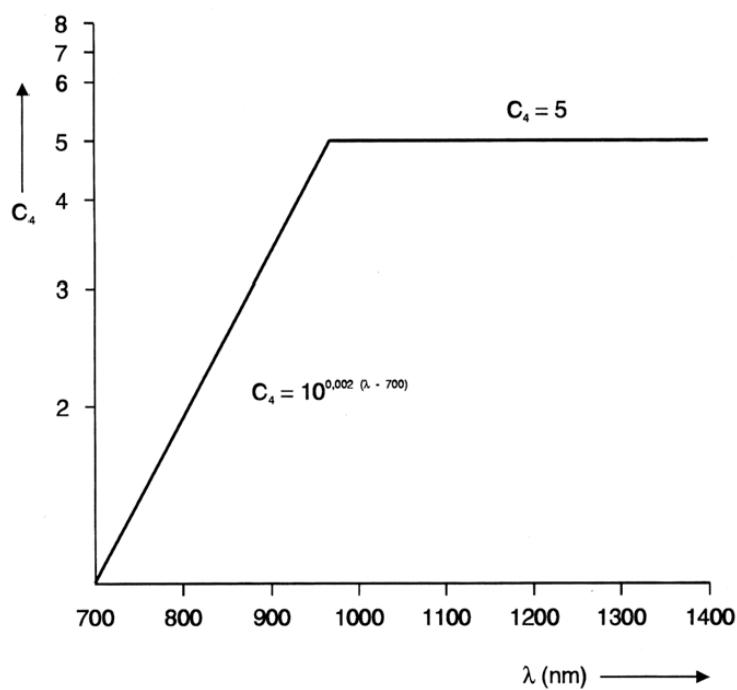
Obr. 3 Korekčný faktor C_2 pre $\lambda = 302,5$ až 315 nm



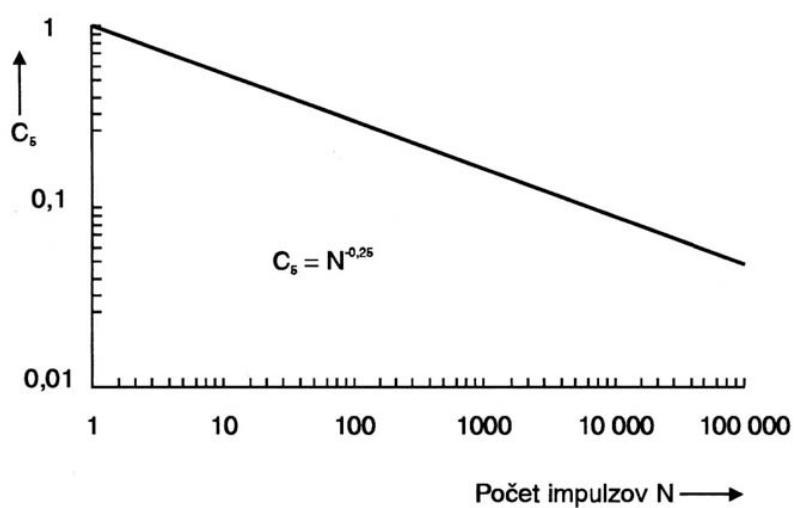
Obr. 4 Bod zlomu T_2 pre veľkosť zdroja α v rozsahu od 0 mrad do viac ako 100 mrad



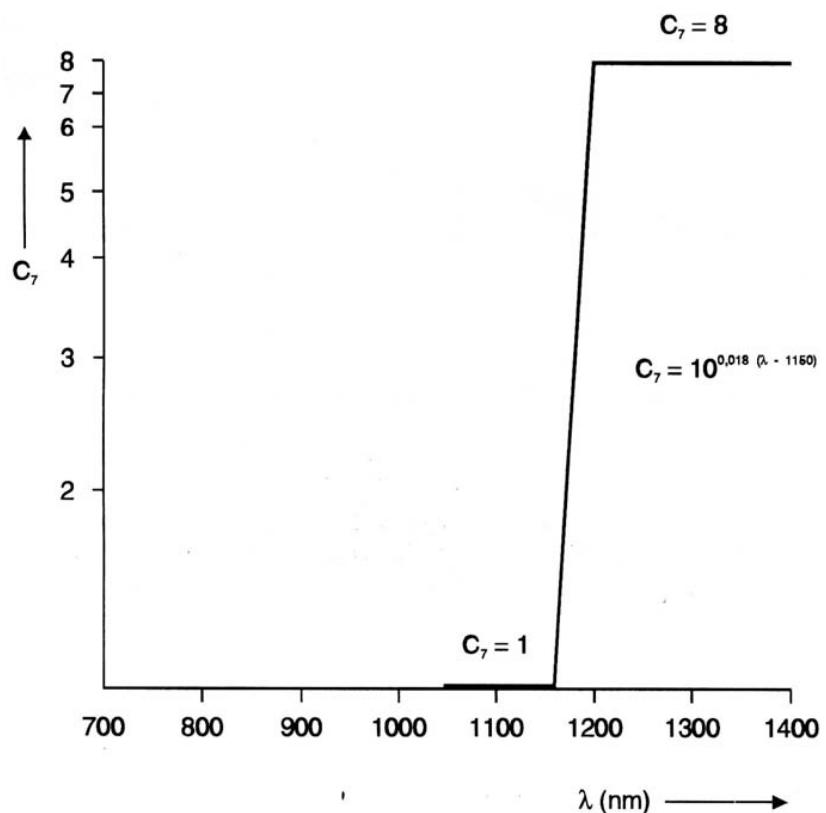
Obr. 5 Korekčný činitel C_3 pre $\tilde{\epsilon} = 400$ nm až 600 nm



Obr. 6 Korekčný faktor C_4 pre $\lambda = 700$ nm až 1 400 nm



Obr. 7 Korekčný faktor C_6 zobrazuje N (počet impulzov) medzi 1 a 100 000



Obr. 8 Korekčný faktor C_7 pre λ = od 1 150 nm do 1 400 nm