

## WYKAZ WARTOŚCI NAJWYŻSZYCH DOPUSZCZALNYCH NATEŻEŃ FIZYCZNYCH CZYNNIKÓW SZKODLIWYCH DLA ZDROWIA W ŚRODOWISKU PRACY

### A. Hałas i hałas ultradźwiękowy

#### 1. Hałas

- 1.1. Hałas w środowisku pracy jest charakteryzowany przez:
  - poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy i odpowiadającą mu ekspozycję dzienną lub poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy i odpowiadającą mu ekspozycję tygodniową (wyjątkowo w przypadku hałasu oddziałującego na organizm człowieka w sposób nierównomierny w poszczególnych dniach w tygodniu),
  - maksymalny poziom dźwięku A,
  - szczytowy poziom dźwięku C.
- 1.2. Dopuszczalne ze względu na ochronę słuchu wartości hałasu obowiązują jednocześnie i nie mogą przekraczać wartości podanych w pkt 1.3-1.5.
- 1.3. Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy nie może przekraczać 85 dB, a odpowiadająca mu ekspozycja dzienna nie może przekraczać wartości  $3,64 \times 10^3 \text{ Pa}^2 \times \text{s}$  lub poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy nie może przekraczać wartości 85 dB, a odpowiadająca mu ekspozycja tygodniowa nie może przekraczać wartości  $18,2 \times 10^3 \text{ Pa}^2 \times \text{s}$ .
- 1.4. Maksymalny poziom dźwięku A nie może przekraczać wartości 115 dB.
- 1.5. Szczytowy poziom dźwięku C nie może przekraczać wartości 135 dB.
- 1.6. (skreślony).
- 1.7. Wartości podane w pkt 1.3-1.5 stosuje się, jeżeli inne szczegółowe przepisy nie określają wartości niższych.
- 1.8. Definicje pojęć i metody pomiaru określają Polskie Normy.

#### 2. (uchylony).

#### 3. Hałas ultradźwiękowy

- 3.1. Hałas ultradźwiękowy na stanowiskach pracy jest charakteryzowany przez:
  - równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych od 10 do 40 kHz odniesione do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy lub równoważne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych od 10 do 40 kHz odniesione do tygodnia pracy (wyjątkowo w przypadku oddziaływania hałasu ultradźwiękowego na organizm człowieka w sposób nierównomierny w poszczególnych dniach w tygodniu),
  - maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych od 10 do 40 kHz.
- 3.2. Równoważne poziomy ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy, odniesione do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy lub tygodnia pracy, oraz maksymalny poziom ciśnienia akustycznego nie mogą przekraczać wartości podanych w tabeli 1.

Tabela 1

Częstotliwość środkowa pasm tercjowych kHz	Równoważny poziom ciśnienia akustycznego odniesiony do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy lub tygodnia pracy dB	Maksymalny poziom ciśnienia akustycznego dB
10; 12,5; 16	80	100
20	90	110
25	105	125

31,5; 40	110	130
----------	-----	-----

- 3.3. Wartości podane w tabeli 1 obowiązują jednocześnie.  
3.4. Wartości podane w tabeli 1 stosuje się, jeżeli inne szczegółowe przepisy nie określają wartości niższych.  
3.5. Definicje pojęć i metody pomiaru określają Polskie Normy.

## **B. Drgania działające na organizm człowieka przez kończyny górne i drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka**

### 1. Drgania działające na organizm człowieka przez kończyny górne

- 1.1. Drgania na stanowisku pracy działające na organizm człowieka przez kończyny górne są charakteryzowane przez:
- ekspozycję dzienną, wyrażoną w postaci równoważnej energetycznie dla 8 godzin działania sumy wektorowej skutecznych, ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań, wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych ( $a_{hwx}$ ,  $a_{hwy}$ ,  $a_{hwz}$ ),
  - ekspozycję trwającą 30 minut i krócej, wyrażoną w postaci sumy wektorowej skutecznych, ważonych częstotliwościowo przyspieszeń drgań wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych ( $a_{hwx}$ ,  $a_{hwy}$ ,  $a_{hwz}$ ).
- 1.2. Wartość ekspozycji dziennej nie może przekraczać  $2,8 \text{ m/s}^2$ .  
1.3. Wartość ekspozycji trwającej 30 minut i krócej nie może przekraczać  $11,2 \text{ m/s}^2$ .  
1.4. Wartości podane w pkt 1.2 i 1.3 stosuje się, jeżeli inne szczegółowe przepisy nie określają wartości niższych.  
1.5. Definicje pojęć i metody pomiaru określają Polskie Normy.

### 2. Drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka

- 2.1. Drgania na stanowisku pracy o ogólnym działaniu na organizm człowieka są charakteryzowane przez:
- ekspozycję dzienną, wyrażoną w postaci równoważnego energetycznie dla 8 godzin działania skutecznego, ważonego częstotliwościowo przyspieszenia drgań, dominującego wśród przyspieszeń drgań, wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych z uwzględnieniem właściwych współczynników ( $1,4a_{wx}$ ,  $1,4a_{wy}$ ,  $a_{wz}$ ),
  - ekspozycję trwającą 30 minut i krócej, wyrażoną w postaci skutecznego, ważonego częstotliwościowo przyspieszenia drgań, dominującego wśród przyspieszeń drgań, wyznaczonych dla trzech składowych kierunkowych z uwzględnieniem właściwych współczynników ( $1,4a_{wx}$ ,  $1,4a_{wy}$ ,  $a_{wz}$ ).
- 2.2. Wartość ekspozycji dziennej nie może przekraczać  $0,8 \text{ m/s}^2$ .  
2.3. Wartość ekspozycji trwającej 30 minut i krócej nie może przekraczać  $3,2 \text{ m/s}^2$ .  
2.4. Wartości podane w pkt 2.2 i 2.3 stosuje się, jeżeli inne szczegółowe przepisy nie określają wartości niższych.  
2.5. Definicje pojęć i metody pomiaru określają Polskie Normy.

## **C. Mikroklimat**

### 1. Mikroklimat gorący

- 1.1. Kryterium klasyfikacji środowiska termicznego do obszaru mikroklimatu gorącego jest wartość wskaźnika PMV (przewidywana ocena średnia) w zakresie powyżej +2,0.  
1.2. Obciążenie termiczne w mikroklimacie gorącym określa się za pomocą wskaźnika WBGT wyrażonego w stopniach Celsjusza ( $^{\circ}\text{C}$ ).  
1.3. Wartości WBGT nie mogą przekraczać w ciągu 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy wartości dopuszczalnych podanych w tabeli 2.

Tabela 2

Klasa tempa metabolizmu	Tempo metabolizmu		Wartości dopuszczalne WBGT	
	odniesienie do jednostki powierzchni	całkowite (przy średniej powierzchni)	osoba zaaklimatyzowana w środowisku gorącym	osoba niezaaklimatyzowana w środowisku gorącym

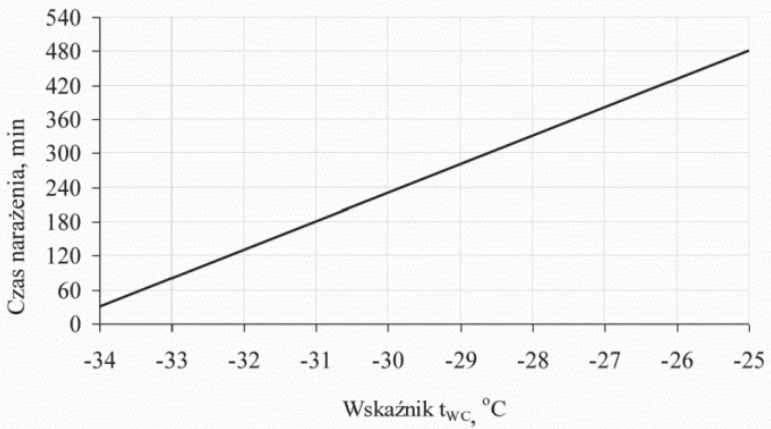
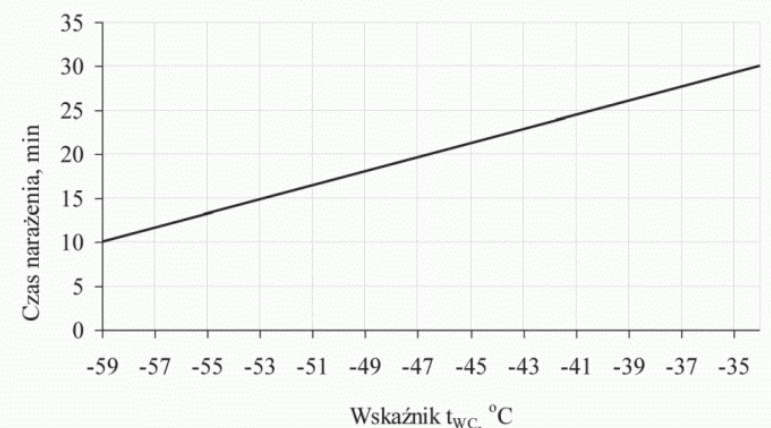
	skóry W/m <sup>2</sup>	skóry 1,8 m <sup>2</sup> ) W	°C		°C	
<b>0</b> (spoczynek)	M Ł 65	M Ł 117	33		32	
<b>1</b> (praca lekka)	65 < M Ł 130	117 < M Ł 234	30		29	
<b>2</b> (praca średnio ciężka)	130 < M Ł 200	234 < M Ł 360	28		26	
<b>3</b> (praca ciężka)	200 < M Ł 260	360 < M Ł 468	nieodczuwalny ruch powietrza 25	odczuwalny ruch powietrza 26	nieodczuwalny ruch powietrza 22	odczuwalny ruch powietrza 23
<b>4</b> (praca bardzo ciężka)	M > 260	M > 468	23	25	18	20

1.4. Definicje pojęć i metody pomiaru określają Polskie Normy.

## 2. Mikroklimat zimny

- 2.1. Mikroklimat zimny odnosi się do warunków środowiska termicznego, dla których wartość wskaźnika PMV (przewidywana ocena średnia) wynosi -2 lub mniej.
- 2.2. Dopuszczalne wychłodzenie ogólne organizmu określa wartość wskaźnika  $IREQ_{min}$  ( $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ ), która zależy od warunków środowiska termicznego, metabolizmu (wydatku energetycznego) oraz parametrów odzieży (izolacyjności i przepuszczalności powietrza).
- 2.3. Dopuszczalne wychłodzenie miejscowe organizmu określa wskaźnik  $t_{WC}$  (°C). Wartości dopuszczalne czasu narażenia w zależności od wskaźnika  $t_{WC}$  określono w tabeli 2a.

Tabela 2a. Wartości dopuszczalne wskaźnika  $t_{WC}$  w zależności od czasu narażenia

Temperatura chłodzenia powietrzem $t_{WC}$ w °C	Dozwolony czas narażenia
$t_{WC} > -24$	Ekspozycja ciągła
$-24 \geq t_{WC} > -34$	Ekspozycja skrócona 
$-34 \geq t_{WC} > -59$	Ekspozycja skrócona 
$t_{WC} \leq -59$	Ekspozycja zabroniona

2.4. Definicje pojęć oraz metod pomiaru i oceny mikroklimatu zimnego są określone w Polskich Normach.

#### D. Promieniowanie optyczne

- 1.1. Maksymalna dopuszczalna ekspozycja (MDE) - poziom promieniowania, na który w normalnych warunkach pracy mogą być ekspozowane osoby bez doznawania szkodliwych skutków dla zdrowia; wartości MDE wyrażane są wielkościami wymienionymi w pkt 1.4.
- 1.2. Wartości MDE zależą od:
  - a) długości fali promieniowania,
  - b) czasu trwania ekspozycji,
  - c) rodzaju narażonego narządu (oko lub skóra),

d) kąta widzenia źródła promieniowania (w przypadku MDE dla oka i promieniowania z zakresu 300-1400 nm).

1.3. Wartości MDE na nielaserowe promieniowanie optyczne określa tabela 4.

1.4. Wielkości przyjęte do określania wartości MDE:

$H_s$  - skuteczne napromienienie (dla oka i skóry w zakresie długości fali 180-400 nm);

$H_{UVA}$  - napromienienie (dla oka w zakresie długości fali 315-400 nm);

$L_B$  - skuteczna luminancja energetyczna (dla oka w zakresie długości fali 300-700 nm);

$E_B$  - skuteczne natężenie napromienienia (dla oka w zakresie długości fali 300-700 nm);

$L_R$  - skuteczna luminancja energetyczna (dla oka w zakresie długości fali 380-1400 nm);

$E_{IR}$  - natężenie napromienienia (dla oka w zakresie długości fali 780-3000 nm);

$H_{skóra}$  - napromienienie (dla skóry w zakresie długości fali 380-3000 nm).

Definicje wyżej wymienionych pojęć oraz wzory przeliczeniowe wielkości występujących w tabeli 4 określają przepisy w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne.

1.5. Określenie czasu trwania ekspozycji:

a) w przypadku zagrożenia fotochemicznego (lp. 1-6 w tabeli 4) należy określić całkowity czas ekspozycji w ciągu zmiany roboczej, bez względu na długość jej trwania,

b) w przypadku zagrożenia termicznego (lp. 7-15 w tabeli 4) należy określić czas jednorazowej ekspozycji.

Definicje pojęć i metody wyznaczania czasu trwania ekspozycji określają Polskie Normy PN-T-05687 lub PN-T-06589.

Tabela 4. Wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE) na nielaserowe promieniowanie optyczne

Lp.	Długość fali $\lambda$ [nm]	Wartości MDE	Czas ekspozycji do wyznaczenia wartości MDE t[s]	Kąt widzenia $\alpha$ [mrad] albo współcz. $C_\alpha$ [bezwymiarowy]	Narząd	Rozpatrywane zagrożenie
1	180÷400 (UVA, UVB i UVC)	$H_s = 30 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	całkowity czas ekspozycji	-	Oko (rogówka, spojówka, soczewka) Skóra	Oddziaływanie fotochemiczne
2	315 ÷ 400 (UVA)	$H_{UVA} = 10^4 \text{ [J m}^{-2}\text{]}$		-	Oko (soczewka)	
3	300÷700 (Światło niebieskie) <sup>1)</sup>	$L_B = \frac{10^6}{t} \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}\text{]}$	dla $t \leq 10\,000$ t - całkowity czas ekspozycji	$\alpha \leq 11$	Oko (siatkówka)	
4			$L_B = 100 \text{ [W m}^{-2} \text{ sr}^{-1}\text{]}$			
5		$E_B = \frac{100}{t} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	dla $t \leq 10\,000$ t - całkowity czas ekspozycji	$\alpha < 11^{2)}$		
6			$E_B = 0,01 \text{ [W m}^{-2}\text{]}$			

			t - całkowity czas ekspozycji		
7	380÷1 400 (VIS i IRA)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha} [\text{W m}^{-2}]$	dla $t > 10$ t - jednorazowy czas ekspozycji	$C_\alpha = 1,7$ dla $\alpha \leq 1,7$ $C_\alpha = \alpha$ dla $1,7 < \alpha < 100$ $C_\alpha = 100$ dla $\alpha > 100$	
8		$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}} [\text{W m}^{-2}]$	dla $10^{-6} \leq t \leq 10$ t - jednorazowy czas ekspozycji		
9		$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha} [\text{W m}^{-2}]$	dla $t < 10^{-6}$ t - jednorazowy czas ekspozycji		
10	780÷1 400 (IRA)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha} [\text{W m}^{-2}]$	dla $t > 10$ s t - jednorazowy czas ekspozycji	$C_\alpha = 11$ dla $\alpha \leq 11$ $C_\alpha = \alpha$ dla $11 < \alpha < 100$ $C_\alpha = 100$ dla $\alpha > 100$ (pomiarowe pole widzenia: 11 mrad) <sup>3)</sup>	Oko (siatkówka)
11		$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}} [\text{W m}^{-2}]$	dla $10^{-6} \leq t \leq 10$ t - jednorazowy czas ekspozycji		
12		$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha} [\text{W m}^{-2}]$	dla $t < 10^{-6}$ t - jednorazowy czas ekspozycji		
13	780÷3 000 (IRA i IRB)	$E_{IR} = 18\,000 t^{-0,75} [\text{W m}^{-2}]$	dla $t \leq 1\,000$ t - jednorazowy czas ekspozycji	-	Oko (rogówka, soczewka)
14		$E_{IR} = 100 [\text{W m}^{-2}]$	dla $t > 1\,000$ t - jednorazowy czas ekspozycji		
15	380÷3 000 (VIS, IRA i IRB)	$H_{skóra} = 20\,000 t^{0,25} [\text{J m}^{-2}]$	dla $t < 10$ t - jednorazowy czas ekspozycji	-	Skóra

1) Zakres od 300 do 700 nm obejmuje część promieniowania UVB, całe promieniowanie UVA i większość promieniowania widzialnego, jednakże związane z nim zagrożenie określa się powszechnie mianem zagrożenia

"światłem niebieskim". Światło niebieskie w wąskim znaczeniu obejmuje jedynie zakres w przybliżeniu od 400 do 490 nm.

- 2) W odniesieniu do stałej obserwacji bardzo małych źródeł, których kąt widzenia  $< 11$  mrad, można przekształcić skuteczną luminancję energetyczną  $L_B$  na skuteczne natężenie napromienienia  $E_B$ . Zwykle dotyczy to jedynie sytuacji stosowania narzędzi okulistycznych lub unieruchomienia oka podczas znieczulenia. Maksymalny "czas patrzenia" oblicza się za pomocą wzoru:  $t_{\max} = 100/E_B$ , gdzie  $E_B$  wyrażone jest w  $W\ m^{-2}$ . Ze względu na ruch oczu podczas wykonywania zwykłych zadań wzrokowych wartość ta nie przekracza 100 s.
  - 3) Pomiarowe pole widzenia - kąt przestrzenny widziany przez detektor (kąt odbioru), taki jak radiometr/spektrometr, z którego detektor odbiera promieniowanie, wyrażany w steradianach [sr], którego nie należy mylić z kątem widzenia  $\alpha$  (rozmiarem kątowym źródła obserwowanego). Do opisu kąta przestrzennego pola widzenia o symetrii kołowej stosuje się nieraz kąt płaski [mrad].
- 2.1. Maksymalna dopuszczalna ekspozycja (MDE) - poziom promieniowania laserowego, na który w normalnych warunkach pracy urządzenia laserowego mogą być ekspozycjonowane osoby bez doznawania szkodliwych skutków; wartości MDE wyrażane są jako natężenie napromienienia (E) albo napromienienie (H).
  - 2.2. Wartości MDE zależą od:
    - a) długości fali promieniowania laserowego,
    - b) czasu trwania ekspozycji lub impulsu,
    - c) rodzaju narażonego narządu (oko, skóra),
    - d) kąta widzenia źródła promieniowania (w przypadku MDE dla oka i promieniowania z zakresu 400-1400 nm).
  - 2.3. Wartości MDE dla:
    - a) oka i skóry na promieniowanie laserowe z zakresu 180-400 nm określa tabela 5,
    - b) oka na promieniowanie laserowe z zakresu 400-1400 nm dla czasów trwania ekspozycji  $< 10$  s określa tabela 6,
    - c) oka na promieniowanie laserowe z zakresu 400-1400 nm dla czasów trwania ekspozycji  $\geq 10$  s określa tabela 7,
    - d) skóry na promieniowanie laserowe z zakresu 400-1400 nm określa tabela 8,
    - e) oka i skóry na promieniowanie laserowe z zakresu 1400-10<sup>6</sup> nm określa tabela 9.
  - 2.4. Jeżeli dla danej długości fali promieniowania laserowego istnieje więcej niż jedna wartość MDE, stosuje się wartość bardziej restrykcyjną.
  - 2.5. Określenie czasu trwania ekspozycji. W zależności od analizowanego zagrożenia i trybu pracy lasera jest to: czas trwania impulsu, czas jednorazowej ekspozycji (dla zagrożenia termicznego) lub całkowity czas ekspozycji w ciągu zmiany roboczej (dla zagrożenia fotochemicznego).
  - 2.6. Mierzone wartości napromienienia lub natężenia napromienienia powinny być uśredniane w kołowej aperturze ograniczającej zgodnie z aperturami ograniczającymi określonymi w tabeli 10. Definicje pojęć i metody pomiaru określają odpowiednie Polskie Normy.
  - 2.7. Wartości stosowanych współczynników korekcyjnych i innych parametrów obliczeniowych określa tabela 11.
  - 2.8. W przypadku źródeł laserowych emitujących promieniowanie impulsowe powtarzalne niezależnie od długości fali, należy określić wartości MDE oka i skóry dla każdego z poniższych warunków:
    - a) zagrożenie pojedynczym impulsem: należy określić MDE na pojedynczy impuls promieniowania (MDE<sub>poj</sub>). Ekspozycja na dowolny pojedynczy impuls w ciągu impulsów nie może przekraczać MDE<sub>poj</sub> o tym czasie trwania impulsu,
    - b) zagrożenie ciągiem impulsów w czasie trwania ekspozycji: należy określić MDE na ciąg impulsów w czasie trwania ekspozycji. Ekspozycja na dowolną grupę (lub podgrupę impulsów w ciągu impulsów) dostarczonych w czasie trwania ekspozycji nie może przekraczać MDE dla tego czasu trwania ekspozycji,
    - c) zagrożenie termiczne ciągiem impulsów, których oddziaływanie ma charakter addytywny:
      - należy określić wartość skumulowanego termicznego współczynnika korekcyjnego  $C_p = N^{-0,25}$ , gdzie N oznacza liczbę impulsów w czasie trwania ekspozycji, a następnie przemnożyć przez wyznaczoną wartość MDE dla pojedynczego impulsu MDE<sub>poj</sub> i do analizy przyjąć wartość wynikową nowego MDE<sub>T</sub>

$$MDE_T = C_p \cdot MDE_{poj}$$

- dla danej długości fali rozpatrywanego promieniowania laserowego, gdy czas trwania pojedynczego

impulsu jest krótszy od czasu  $T_{\min}$  określonego w tabeli 12, należy do obliczeń MDE przyjąć czas trwania impulsu równy  $T_{\min}$ , natomiast gdy czas trwania pojedynczego impulsu jest dłuższy od  $T_{\min}$ , należy do obliczeń przyjąć rzeczywisty czas trwania impulsu.

Tabela 5. Wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (natężenia napromienienia E lub napromienienia H) oka oraz skóry na promieniowanie laserowe z zakresu 180–400 nm

Tabela 5. Wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (natężenia napromienienia E lub napromienienia H) oka oraz skóry na promieniowanie laserowe z zakresu 180–400 nm

Długość fali [nm]	Czas trwania ekspozycji [s]										
	$< 1,3 \cdot 10^{-4}$	$< 1,0 \cdot 10^{-3}$	$< 1,0 \cdot 10^{-2}$	$< 6,7 \cdot 10^{-2}$	$< 4,0 \cdot 10^{-1}$	$< 2,6 \cdot 10^0$	$< 1,6 \cdot 10^1$	$< 1,0 \cdot 10^2$	$< 6,7 \cdot 10^2$	$< 4,0 \cdot 10^3$	$< 2,6 \cdot 10^4$
UV-C	$10^{13} \cdot 10^{-9}$										
180 - 280											
280 - 302											
303											
304											
305											
306											
307											
UV-B											
308											
309											
310											
311											
312											
313											
314											
UV-A											
315 - 400											

<sup>1)</sup> Wartości napromienienia określone dla pojedynczych impulsów laserowych. W przypadku ciągu impulsów, z których każdy charakteryzuje się czasem trwania impulsu mniejszym od  $T_{\min}$  (wymienione w tabeli 12), przy wyznaczaniu MDE należy dodać wartości czasów trwania impulsów, a będącą wynikiem wartość czasu należy podstawić w miejsce  $t$  we wzorze:  $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ .



- 1) Wartości napromienienia określone dla pojedynczych impulsów laserowych. W przypadku ciągu impulsów, z których każdy charakteryzuje się czasem trwania impulsu mniejszym od  $T_{\min}$  (wymienione w tabeli 12), przy wyznaczaniu MDE należy dodać wartości czasów trwania impulsów, a będącą wynikiem wartość czasu należy podstawić w miejsce  $t$  we wzorze:  $5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$ .

Tabela 6. Wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (napromienienia  $H$ ) oka na promieniowanie laserowe - czas trwania ekspozycji  $< 10$  s

Długość fali [nm]		Czas trwania ekspozycji $t$ [s]				
		$10^{-13} \div 10^{-11}$	$10^{-11} \div 10^{-9}$	$10^{-9} \div 1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5} \div 10^1$
Widzialne i IRA	400 ÷ 1 050	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_A C_E$ [J m <sup>-2</sup> ]	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_A C_E$ [J m <sup>-2</sup> ]	$H = 5 \cdot 10^{-3} C_A C_E$ [J m <sup>-2</sup> ]	$H = 18 \cdot t^{0,75} C_A C_E$ [J m <sup>-2</sup> ]	
	1 050 ÷ 1 400	$H = 1,5 \cdot 10^{-3} C_C C_E$ [J m <sup>-2</sup> ]	$H = 2,7 \cdot 10^5 t^{0,75} C_C C_E$ [J m <sup>-2</sup> ]	$H = 5 \cdot 10^{-2} C_C C_E$ [J m <sup>-2</sup> ]		$H = 90 \cdot t^{0,75} C_C C_E$ [J m <sup>-2</sup> ]
Wartości współczynników korekcyjnych $C_A, C_C, C_E$ podano w tabeli 11.						

Tabela 7. Wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (natężenia napromienienia  $E$  lub napromienienia  $H$ ) oka na promieniowanie laserowe - czas trwania ekspozycji  $\geq 10$  s

Długość fali [nm]		Czas trwania ekspozycji $t$ [s]		
		$10^1 \div 10^2$	$10^2 \div 10^4$	$10^4 \div 3 \cdot 10^4$
Widzialne 400 ÷ 700 <sup>1)</sup>	400 ÷ 600 Fotochemiczne uszkodzenie siatkówki <sup>3)</sup>	$H = 100 C_B$ [J m <sup>-2</sup> ] ( $\gamma = 11$ mrad)	$E = 1 C_B$ [W m <sup>-2</sup> ]; ( $\gamma = 1,1 t^{0,5}$ mrad)	$E = 1 C^B$ [W m <sup>-2</sup> ] ( $\gamma = 110$ mrad)
	400 ÷ 700 Termiczne uszkodzenie siatkówki		jeżeli $\alpha < 1,5$ mrad, to $E = 10$ [W m <sup>-2</sup> ] jeżeli $\alpha > 1,5$ mrad i $t \leq T_2$ , to $H = 18 C_E t^{0,75}$ [J m <sup>-2</sup> ] jeżeli $\alpha > 1,5$ mrad i $t > T_2$ , to $E = 18 C_E T_2^{-0,25}$ [W m <sup>-2</sup> ]	
IRA <sup>2)</sup>	700 ÷ 1 400		jeżeli $\alpha < 1,5$ mrad, to $E = 10 C_A C_C$ [W m <sup>-2</sup> ] jeżeli $\alpha > 1,5$ mrad i $t \leq T_2$ , to $H = 18 C_A C_C C_E t^{0,75}$ [J m <sup>-2</sup> ] jeżeli $\alpha > 1,5$ mrad i $t > T_2$ , to $E = 18 C_A C_C C_E T_2^{-0,25}$ [W m <sup>-2</sup> ] (maksymalnie 1 000 W m <sup>-2</sup> )	
Wartości współczynników korekcyjnych $C_A, C_B, C_C, C_E$ parametrów $T_1$ i $T_2$ kąta widzenia źródła promieniowania $\alpha$ oraz kąta odbioru $\gamma$ podano w tabeli 11. Uwaga: MDE dla zagrożenia fotochemicznego siatkówki oka może być wyrażone również poprzez zintegrowaną luminancję energetyczną $G = 10^6 C_B$ [J m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] dla $t > 10$ s do $t = 10000$ s oraz poprzez luminancję energetyczną $L = 100 C_B$ [W m <sup>-2</sup> sr <sup>-1</sup> ] dla $t > 10000$ s.				

- 1) Dla małych źródeł, których kąt widzenia wynosi co najwyżej 1,5 mrad, podwójne wartości MDE od 400 nm do

600 nm ograniczają się do termicznych wartości granicznych dla  $10 \text{ s} \leq t < T_1$  oraz do fotochemicznych wartości granicznych dla dłuższych czasów.

- 2) Oficjalna granica między promieniowaniem widzialnym a podczerwonym wynosi 780 nm, jak określa CIE (Międzynarodowy Komitet Oświetleniowy). Kolumna zawierająca nazwy zakresów długości fali ma jedynie zapewnić użytkownikowi lepszy ogólny przegląd.
- 3) Dla pomiaru wartości ekspozycji uwzględnienie  $\gamma$  określone jest w następujący sposób: jeżeli  $\alpha$  (kąt widzenia źródła)  $> \gamma$  (stożkowy kąt ograniczający pomiarowe pole widzenia, wskazany w nawiasie w odpowiedniej kolumnie), to pomiarowe pole widzenia  $\gamma_m$  powinno przyjmować wartość  $\gamma$ . Przy użyciu większego pomiarowego pola widzenia zagrożenie byłoby przeszacowane. Jeżeli  $\alpha < \gamma$ , to pomiarowe pole widzenia  $\gamma_m$  musi być wystarczająco duże, by całkowicie obejmować źródło, ale nie jest ograniczone w żaden inny sposób i może być większe niż  $\gamma$ .

Tabela 8. Wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (natężenia napromienienia E lub napromienienia H) skóry na promieniowanie laserowe z zakresu 400-1400 nm

Długość fali [nm]		Czas trwania ekspozycji t [s]			
		$10^{-13} \div 10^{-9}$	$10^{-9} \div 10^{-7}$	$10^{-7} \div 10^1$	$10^1 \div 3 \cdot 10^4$
Widzialne i IRA	400 ÷ 1 400	$E = 2 \cdot 10^{11} C_A$ [W m <sup>-2</sup> ]	$H = 200 C_A$ [J m <sup>-2</sup> ]	$H = 1,1 \cdot 10^4 C_A t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ]	$E = 2 \cdot 10^3 C_A$ [W m <sup>-2</sup> ]
Wartości współczynnika korekcyjnego $C_A$ podano w tabeli 11.					

Tabela 9. Wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (natężenia napromienienia E lub napromienienia H) oka i skóry na promieniowanie laserowe z zakresu 1400-10<sup>6</sup> nm

Długość fali [nm]		Czas trwania ekspozycji t [s]				
		$10^{-13} \div 10^{-9}$	$10^{-9} \div 10^{-7}$	$10^{-7} \div 10^{-3}$	$10^{-3} \div 10^1$	$10^1 \div 3 \cdot 10^4$
IRB	1 400 ÷ 1 500	$E = 10^{12}$ [W m <sup>-2</sup> ]	$H = 10^3$ [J m <sup>-2</sup> ]		$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ]	$E = 1 000$ [W m <sup>-2</sup> ]
i	1 500 ÷ 1 800	$E = 10^{13}$ [W m <sup>-2</sup> ]	$H = 10^4$ [J m <sup>-2</sup> ]			
IRC	1 800 ÷ 2 600	$E = 10^{12}$ [W m <sup>-2</sup> ]	$H = 10^3$ [J m <sup>-2</sup> ]		$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ]	
	2 600 ÷ 10 <sup>6</sup>	$E = 10^{11}$ [W m <sup>-2</sup> ]	$H = 100$ [J m <sup>-2</sup> ]		$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [J m <sup>-2</sup> ]	

Tabela 10. Wartości średnicy apertury ograniczającej w poszczególnych zakresach widmowych dla zagrożenia oka oraz skóry

Długość fali	Średnica apertury ograniczającej przy pomiarze	
	oko	skóra
	1 mm	dla t $\leq$ 0,3 s

180 ÷ 400 nm	1,5 · t <sup>0,375</sup> mm 3,5 mm	dla 0,3 s < t < 10 s dla t ≥ 10 s	3,5 mm
400 ÷ 1400 nm	7 mm		3,5 mm
1400 ÷ 10 <sup>5</sup> nm	1 mm 1,5 · t <sup>0,375</sup> nm 3,5 mm	dla t ≤ 0,3 s dla 0,3 s < t < 10 s dla t ≥ 10 s	3,5 mm
10 <sup>5</sup> ÷ 10 <sup>6</sup> nm	11 mm		3,5 mm

Tabela 11. Wartości stosowanych współczynników korekcyjnych i innych parametrów obliczeniowych

Parametr	Obowiązujący zakres widmowy (nm)	Wartość
C <sub>A</sub>	$\lambda < 700$	C <sub>A</sub> = 1,0
	700 ÷ 1 050	C <sub>A</sub> = 10 <sup>0,002(λ - 700)</sup>
	1 050 ÷ 1 400	C <sub>A</sub> = 5,0
C <sub>B</sub>	400 ÷ 450	C <sub>B</sub> = 1,0
	450 ÷ 700	C <sub>B</sub> = 10 <sup>0,02(λ - 450)</sup>
C <sub>C</sub>	700 ÷ 1 150	C <sub>C</sub> = 1,0
	1 150 ÷ 1 200	C <sub>C</sub> = 10 <sup>0,018(λ - 1 150)</sup>
	1 200 ÷ 1 400	C <sub>C</sub> = 8,0
T <sub>1</sub>	$\lambda < 450$	T <sub>1</sub> = 10 s
	450 ÷ 500	T <sub>1</sub> = 10 · [10 <sup>0,02(λ - 450)</sup> ] s
	$\lambda > 500$	T <sub>1</sub> = 100 s
Parametr	Obowiązujący zakres kątowy (mrad)	Wartość
C <sub>E</sub>	$\alpha < 1,5$	C <sub>E</sub> = 1,0
	1,5 < α < 100	C <sub>E</sub> = α / 1,5
	α > 100	C <sub>E</sub> = α <sup>2</sup> / 150 mrad
T <sub>2</sub>	α < 1,5	T <sub>2</sub> = 10 s
	1,5 < α < 100	T <sub>2</sub> = 10 · [10 <sup>(α - 1,5)/98,5</sup> ] s

	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$
Parametr	Obowiązujący zakres czasu trwania ekspozycji (s)	Wartość
$\gamma$	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$

gdzie:

- $C_A$  - współczynnik korekcyjny ze względu na absorpcję promieniowania w melaninie (uwzględnia zmianę wartości widmowego współczynnika absorpcji promieniowania z zakresu 400-1400 nm w melaninie) - zwiększa wartość MDE oka i skóry wraz ze wzrostem długości fali,
- $C_B$  - współczynnik korekcyjny ze względu na zagrożenie fotochemiczne siatkówki oka światłem niebieskim - zwiększa wartość MDE oka na promieniowanie z zakresu 400-700 nm. W praktyce współczynnik  $C_B$  stosowany jest w zakresie 400-600 nm,
- $C_C$  - współczynnik korekcyjny ze względu na absorpcję promieniowania z zakresu długości fal 700-1400 nm w rogówce - zwiększa wartość MDE oka na promieniowanie o długości fali powyżej 1150 nm,
- $C_E$  - współczynnik korekcyjny dla źródeł rozciągniętych emitujących promieniowanie z zakresu długości fal 400-1400 nm - zwiększa wartość MDE oka dla kątów widzenia źródła promieniowania  $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ ,
- $T_1$  - parametr określający wartości czasów trwania ekspozycji, powyżej których MDE dla zagrożenia fotochemicznego oka jest bardziej restrykcyjne (mniejsze wartości MDE) od MDE dla zagrożenia termicznego oka, stosowany jest w zakresie długości fal 400-600 nm. Dotyczy czasów trwania ekspozycji  $t \leq 10 \text{ s}$  i punktowych źródeł promieniowania laserowego,
- $T_2$  - parametr decydujący o wyborze MDE oka dla źródeł rozciągniętych (stosowany dla zakresu długości fal 400-1400 nm) w zależności od spełnienia warunku  $t > T_2$ ; w przypadku spełnienia warunku należy przy wyznaczaniu MDE korzystać z wartości czasu  $T_2$ , natomiast w przypadku niespełnienia ( $t \leq T_2$ ) należy korzystać z czasu trwania ekspozycji  $t$ ,
- $\gamma$  - kąt płaski, zazwyczaj liczony w radianach, w obrębie którego detektor odbiera promieniowanie optyczne.

Tabela 12. Wartości czasu  $T_{\min}$  dla poszczególnych zakresów widmowych

Zakres widmowy (nm)	Wartość $T_{\min}$
$315 < \lambda \leq 400$	$10^{-9} \text{ s} (= 1 \text{ ns})$
$400 < \lambda \leq 1\ 050$	$18 \cdot 10^{-6} \text{ s} (= 18 \text{ } \mu\text{s})$
$1\ 050 < \lambda \leq 1\ 400$	$50 \cdot 10^{-6} \text{ s} (= 50 \text{ } \mu\text{s})$
$1\ 400 < \lambda \leq 1\ 500$	$10^{-3} \text{ s} (= 1 \text{ ms})$
$1\ 500 < \lambda \leq 1\ 800$	10 s
$1\ 800 < \lambda \leq 2\ 600$	$10^{-3} \text{ s} (= 1 \text{ ms})$
$2\ 600 < \lambda \leq 10^6$	$10^{-7} \text{ s} (= 100 \text{ ns})$

$T_{\min}$  - minimalny czas trwania impulsu przyjmowany do obliczeń.

## E. Pola i promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu częstotliwości 0 Hz-300 GHz

1. Pola i promieniowanie elektromagnetyczne na stanowiskach pracy charakteryzowane są jednocześnie przez następujące wielkości normatywne:

- widmo częstotliwości,  $f$  w Hz,
- natężenie pola magnetycznego o ogólnym działaniu na organizm człowieka (w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 3 GHz),  $H$  w A/m,
- natężenie pola elektrycznego o ogólnym działaniu na organizm człowieka (w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz),  $E$  w V/m,
- natężenie pola magnetycznego o działaniu miejscowym na kończyny pracownika - ręce do łokci i nogi do kolan (w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 800 kHz),  $H$  w A/m,
- doza rzeczywista pola magnetycznego strefy zagrożenia, o ogólnym działaniu na organizm człowieka,  $D_H$  w  $(A/m)^2h$ ,
- doza rzeczywista pola elektrycznego strefy zagrożenia, o ogólnym działaniu na organizm człowieka,  $D_E$  w  $(V/m)^2h$ ,
- wskaźnik ekspozycji dla dozy rzeczywistej pola elektrycznego i dozy rzeczywistej pola magnetycznego w strefie zagrożenia,  $W$ .

2.1. W otoczeniu źródeł pól elektromagnetycznych należy wyznaczyć i oznakować, zgodnie z Polską Normą, obszary występowania silnych pól elektromagnetycznych jako zasięg trzech stref ochronnych:

- niebezpiecznej - rozumianej jako obszar, w którym przebywanie pracowników jest zabronione,
- zagrożenia - rozumianej jako obszar, w którym dopuszczone jest przebywanie pracowników zatrudnionych przy źródłach przez czas ograniczony zgodnie z zasadami podanymi w pkt 4,
- pośredniej - rozumianej jako obszar, w którym dopuszczone jest przebywanie pracowników zatrudnionych przy źródłach w ciągu całej zmiany roboczej.

2.2. Obszar poza zasięgiem stref ochronnych jest obszarem strefy bezpiecznej.

3.1. Wyróżnia się trzy graniczne wartości natężenia pola elektrycznego  $E_0(f)$ ,  $E_1(f)$ ,  $E_2(f)$  i magnetycznego  $H_0(f)$ ,  $H_1(f)$ ,  $H_2(f)$ , o ogólnym działaniu na organizm człowieka, określone w poszczególnych zakresach częstotliwości (tabele 8 i 9):

- $E_0(f)$  i  $H_0(f)$  - natężenia pól o częstotliwości  $f$ , rozgraniczające strefę pośrednią od strefy bezpiecznej,
- $E_1(f)$  i  $H_1(f)$  - natężenia pól o częstotliwości  $f$ , rozgraniczające strefę zagrożenia od strefy pośredniej,
- $E_2(f)$  i  $H_2(f)$  - natężenia pól o częstotliwości  $f$ , rozgraniczające strefę niebezpieczną od strefy zagrożenia.

3.2. Pomędzy wartościami granicznymi obowiązują następujące zależności:

$$E_2(f) = 10 E_1(f); E_0(f) = E_1(f)/3; H_2(f) = 10 H_1(f); H_0(f) = H_1(f)/3,$$

z wyjątkiem pól elektrycznych o częstotliwościach od 0 Hz do 300 Hz, dla których:

$$E_2 = 2 E_1(f), \text{ a } E_0(f) = E_1(f)/2.$$

4. W strefie zagrożenia ekspozycja ma spełniać jednocześnie następujące warunki:

- $D_E(f) < Dd_E(f)$ ,
- $D_H(f) < Dd_H(f)$ ,
- $W < 1$ ,

gdzie:

$D_E(f)$  - doza rzeczywista pola elektrycznego o częstotliwości  $f$ , w przypadku ekspozycji quasi-stacjonarnej na pole elektryczne o częstotliwości  $f$  i natężeniu  $E(f)$ , które występuje w czasie  $t$ , wyrażona wzorem:  $D_E(f) = [E(f)]^2 t$ ;

$D_H(f)$  - doza rzeczywista pola magnetycznego o częstotliwości  $f$ , w przypadku ekspozycji stacjonarnej na pole magnetyczne o częstotliwości  $f$  i natężeniu  $H(f)$ , które występuje w czasie  $t$ , wyrażona wzorem:  $D_H(f) = [H(f)]^2 t$ ;

$Dd_E(f)$  i  $Dd_H(f)$  - doza dopuszczalna pola elektrycznego i magnetycznego o częstotliwości  $f$  (tabele 8 i 9);

$W$  - wskaźnik ekspozycji dla dozy rzeczywistej pola elektrycznego i dozy rzeczywistej pola magnetycznego (doza pola magnetycznego dotyczy tylko zakresu częstotliwości do 3 GHz), w przypadku ekspozycji quasi-stacjonarnej, która występuje w czasie  $t$  na pole elektryczne o częstotliwości  $f$  i natężeniu  $E(f)$  oraz pole magnetyczne o częstotliwości  $f$  i natężeniu  $H(f)$ , wyrażony wzorem:

$$W = [D_E(f)/Dd_E(f)] + [D_H(f)/Dd_H(f)].$$

5.1. Gdy ekspozycja o działaniu miejscowym dotyczy wyłącznie kończyn, dopuszcza się zwiększone ich

narażenie na pola magnetyczne o natężeniach 5 razy większych, od dopuszczalnych dla całego ciała, z równoczesnym dopuszczeniem dozy dla kończyn 25 razy większej od dozy dla całego ciała (dopuszczalne zwiększenie narażenia kończyn na pole magnetyczne dotyczy tylko pola magnetycznego z zakresu częstotliwości 800 kHz).

- 5.2. Przebywanie pracowników w strefie niebezpiecznej jest dopuszczalne pod warunkiem stosowania odpowiednich środków ochrony indywidualnej.
- 5.3. Dopuszczalne wartości natężenia pola elektrycznego  $E_1(f)$  na granicy strefy zagrożenia i pośredniej oraz doza dopuszczalna pola elektrycznego  $Dd_E(f)$  określone są w tabeli 8.

Tabela 8

Lp.	Zakres częstotliwości	$E_1(f)$ [V/m]	$Dd_E(f)$
1	0 Hz $\leq$ f $\leq$ 0,5 Hz	20.000	3.200 (kV/m) <sup>2</sup> x h
2	0,5 Hz < f $\leq$ 300 Hz	10.000	800 (kV/m) <sup>2</sup> x h
3	0,3 kHz < f $\leq$ 1 kHz	100/f	0,08/f <sup>2</sup> (kV/m) <sup>2</sup> x h
4	1 kHz < f $\leq$ 3 MHz	100	0,08 (kV/m) <sup>2</sup> x h
5	3 MHz < f $\leq$ 15 MHz	300/f	0,72/f <sup>2</sup> (kV/m) <sup>2</sup> x h
6	15 MHz < f $\leq$ 3 GHz	20	3.200 (V/m) <sup>2</sup> x h
7	3 GHz < f $\leq$ 300 GHz	0,16 f + 19,5	(f/2 + 55) <sup>2</sup> (V/m) <sup>2</sup> x h

- f - częstotliwość w jednostkach podanych w kolumnie "zakres częstotliwości";
- wartości  $E_1(f)$  oznaczają natężenia pól elektrycznych charakteryzowane wielkościami:
  - wartością skuteczną natężenia pola - dla częstotliwości do 1 kHz oraz powyżej 3 MHz,
  - wartością równoważną natężenia pola - w zakresie częstotliwości od 1 kHz do 3 MHz,
  - wartością uśrednioną w okresie repetycji impulsów i kącie, w którym emitowane jest promieniowanie, w przypadku promieniowania elektromagnetycznego o zmiennym okresowo rozkładzie przestrzennym natężenia pola;
- $Dd_E(f)$  - doza dopuszczalna pola elektrycznego o częstotliwości f, dla ekspozycji w ciągu całej zmiany roboczej.

- 5.4. Gdy ekspozycja dotyczy pól impulsowych, dodatkowo powinien być spełniony warunek:

$E_{\max \text{ imp}} < 4,5$  kV/m w zakresie częstotliwości  $0,1 \text{ GHz} < f < 3 \text{ GHz}$ ;  
 $E_{\max \text{ imp}} < 0,43f + 3,2$  kV/m w zakresie częstotliwości  $3 \text{ GHz} < f < 10 \text{ GHz}$   
 oraz  $E_{\max \text{ imp}} < 7,5$  kV/m w zakresie częstotliwości  $10 \text{ GHz} < f < 300 \text{ GHz}$ ,  
 gdzie  $E_{\max \text{ imp}}$  - maksymalna wartość natężenia pola w impulsie; f w GHz.

- 5.5. Dopuszczalne wartości natężenia pola magnetycznego  $H_1(f)$  na granicy strefy zagrożenia i pośredniej oraz doza dopuszczalna pola magnetycznego  $Dd_H(f)$  określone są w tabeli 9.

Tabela 9

Lp.	Zakres częstotliwości	$H_1(f)$ [A/m]	$Dd_H(f)$
1	0 Hz $\leq$ f $\leq$ 0,5 Hz	8.000	512 (kA/m) <sup>2</sup> x h
2	0,5 Hz < f $\leq$ 50 Hz	200	0,32 (kA/m) <sup>2</sup> x h

3	0,05 kHz < f ≤ 1 kHz	10/f	800/f <sup>2</sup> (A/m) <sup>2</sup> x h
4	1 kHz < f ≤ 800 kHz	10	800 (A/m) <sup>2</sup> x h
5	0,8 MHz < f ≤ 150 MHz	8/f	512/f <sup>2</sup> (A/m) <sup>2</sup> x h
6	0,15 GHz < f ≤ 3 GHz	0,053	0,022 (A/m) <sup>2</sup> x h

- f - częstotliwość w jednostkach podanych w kolumnie "zakres częstotliwości";
- wartości  $H_1(f)$  oznaczają natężenia pól magnetycznych charakteryzowane wielkościami:
  - wartością skuteczną natężenia pola - dla częstotliwości do 1 kHz oraz powyżej 800 kHz,
  - wartością równoważną natężenia pola - w zakresie częstotliwości od 1 kHz do 800 kHz,
  - wartością uśrednioną w okresie repetycji impulsów i kącie bryłowym, w którym emitowane jest promieniowanie, w przypadku promieniowania elektromagnetycznego o zmiennym okresowo rozkładzie przestrzennym natężenia pola;
- $Dd_H(f)$  - doza dopuszczalna pola magnetycznego o częstotliwości f, dla ekspozycji w ciągu całej zmiany roboczej.

6. Definicje pojęć i metody pomiaru określają Polskie Normy.