

## 6. Wyznaczanie wartości MDE

Wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE) na promieniowanie optyczne zostały określone w części D załącznika 2. „Wykaz wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń fizycznych czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy” do *Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy* [4]. Wartości MDE ustalono osobno dla promieniowania nielaserowego i laserowego.

### 6.1. Nielaserowe promieniowanie optyczne

#### 6.1.1. Rodzaje rozpatrywanych zagrożeń dla zdrowia

W niniejszym rozdziale przedstawiono sposób wyznaczania wartości MDE przy ekspozycji na nielaserowe promieniowanie optyczne dla wszystkich rodzajów zagrożeń dla zdrowia powodowanych przez to promieniowanie.

#### Uwaga

Opis skutków szkodliwych dla zdrowia powodowanych przez promieniowanie optyczne można znaleźć na stronie internetowej CIOP-PIB w zakładce „Bezpieczniej”: <http://www.ciop.pl/26005.html>.

Zagrożenie nielaserowym promieniowaniem optycznym rozpatruje się dla zakresu długości fal  $180 \div 3000$  nm. W zależności od składu widmowego promieniowania emitowanego przez dane źródło ocenia się następujące potencjalne zagrożenia dla zdrowia:

- zagrożenie fotochemiczne oczu oraz skóry promieniowaniem UV z zakresu  $180 \div 400$  nm (tzw. zagrożenie aktyczne),
- zagrożenie fotochemiczne soczewki oka promieniowaniem UVA z zakresu  $315 \div 400$  nm,
- zagrożenie fotochemiczne siatkówki oka światłem niebieskim z zakresu  $300 \div 700$  nm,
- zagrożenie termiczne siatkówki oka:
  - promieniowaniem VIS i IRA z zakresu  $380 \div 1400$  nm, w przypadku gdy źródło promieniowania jest silnym bodźcem świetlnym, tj. luminancja świetlna źródła  $L \geq 10000$  cd/m<sup>2</sup> lub
  - promieniowaniem IRA z zakresu  $780 \div 1400$  nm, w przypadku gdy źródło promieniowania jest słabym bodźcem świetlnym, tj. luminancja świetlna źródła  $L < 10000$  cd/m<sup>2</sup>,
- zagrożenie termiczne rogówki i soczewki oka promieniowaniem IRA i IRB z zakresu  $780 \div 3000$  nm,
- zagrożenie termiczne skóry promieniowaniem VIS, IRA i IRB z zakresu  $380 \div 3000$  nm.

#### Uwaga

Dla danego zakresu długości fal emitowanych przez źródło może mieć zastosowanie kilka wartości MDE i zwykle jest ich **co najmniej dwie** (np. dla promienników UV). Dla źródeł emitujących promieniowanie optyczne w zakresie  $180 \div 3000$  nm maksymalnie może ich być sześć.

#### Co należy wiedzieć przy wyborze odpowiedniej wartości MDE

- Jaki jest **zakres widmowy emisji** rozpatrywanego źródła promieniowania (UV, VIS, IR)?
- Jaki jest **jednorazowy czas ekspozycji** pracownika przy wykonywaniu danej czynności w narażeniu na to promieniowanie (np. na podstawie pomiarów stoperem lub danych

technologicznych)?

- Jaki jest **całkowity czas ekspozycji** w ciągu zmiany roboczej (np. poprzez obliczenie iloczynu czasu jednorazowej ekspozycji i liczby ekspozycji w ciągu zmiany roboczej)? – Dotyczy oceny zagrożeń fotochemicznych.
- Jaki jest **kąt widzenia źródła promieniowania**? – Dotyczy tylko oceny zagrożenia fotochemicznego i termicznego siatkówki oka.

#### **Ważne**

- **Czas jednorazowej ekspozycji** stosuje się do wyznaczania MDE dla wszystkich zagrożeń termicznych oka i skóry.
- **Całkowity czas ekspozycji** stosuje się do wyznaczania MDE dla wszystkich zagrożeń fotochemicznych oka i skóry.
- **Czas ekspozycji** wyrażamy zawsze w sekundach (s).
- **Kąt widzenia źródła  $\alpha$**  wyrażamy w miliradianach (mrad).

Przypadki, kiedy należy uwzględnić (zastosować podczas oceny) poszczególne zagrożenia dla zdrowia nielaserowym promieniowaniem optycznym, w zależności od różnych zakresów tego promieniowania emitowanego przez źródło, przedstawiono w tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Zestawienie zakresu stosowalności poszczególnych zagrożeń dla różnych zakresów promieniowania optycznego

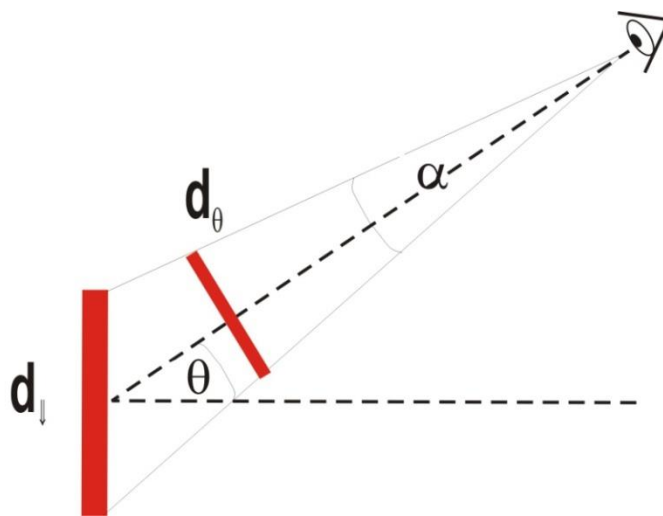
Nr	Nazwa zagrożenia	Zakres promieniowania nm	Część ciała	Uwagi	Stosowalność
1	Fotochemiczne oczu i skóry promieniowaniem UV (aktyczne)	180 ÷ 400 (UVA, UVB, UVC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• oczy (rogówka i spojówka)</li> <li>• skóra</li> </ul>	wartości poziomu ekspozycji wyznaczone są z uwzględnieniem skuteczności aktycznej $S(\lambda)$	tak, jeśli źródło emituje promieniowanie UV
2	Fotochemiczne oczu promieniowaniem UVA	315 ÷ 400 (UVA)	oczy (soczewka)	–	tak, jeśli źródło emituje promieniowanie UVA
3	Fotochemiczne siatkówki oka światłem niebieskim	300 ÷ 700 (światło niebieskie)	oczy (siatkówka)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wartości poziomu ekspozycji wyznaczone są z uwzględnieniem skuteczności aktycznej <math>B(\lambda)</math></li> <li>• konieczne jest określenie kąta widzenia źródła promieniowania (<math>\alpha</math>)</li> </ul>	tak, jeśli: <ul style="list-style-type: none"> <li>• źródło emituje światło niebieskie</li> <li>• pracownik podczas wykonywania czynności pracy widzi źródło promieniowania lub jego odbicie zwierciadlane</li> </ul>
4a	Termiczne siatkówki oka (silny bodziec świetlny)	380 ÷ 1400 (VIS i IRA)	oczy (siatkówka)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wartości poziomu ekspozycji wyznaczone są z uwzględnieniem skuteczności aktycznej <math>R(\lambda)</math></li> <li>• konieczne jest określenie kąta widzenia źródła promieniowania (<math>\alpha</math>)</li> </ul>	tak, jeśli: <ul style="list-style-type: none"> <li>• źródło emituje promieniowanie VIS i IRA</li> <li>• luminancja świetlna źródła wynosi co najmniej 10 000 cd/m<sup>2</sup></li> <li>• pracownik podczas wykonywania czynności pracy widzi źródło promieniowania lub jego odbicie zwierciadlane</li> </ul>
4b	Termiczne siatkówki oka (słaby bodziec świetlny)	780 ÷ 1 400 (IRA)			tak, jeśli: <ul style="list-style-type: none"> <li>• źródło emituje promieniowanie IRA</li> <li>• luminancja świetlna źródła jest poniżej 10 000 cd/m<sup>2</sup></li> <li>• pracownik podczas wykonywania czynności pracy widzi źródło promieniowania lub jego odbicie zwierciadlane</li> </ul>
5	Termiczne rogówki i soczewki oka	780 ÷ 3 000 (IRA, IRB)	oczy (rogówka i soczewka)	–	tak, jeśli źródło emituje promieniowanie IR
6	Termiczne skóry	380 ÷ 3 000 (VIS, IRA, IRB)	skóra	rozpatrywane dla czasów jednorazowej ekspozycji nieprzekraczających 10 s	tak, jeśli źródło emitujące promieniowanie VIS i IR wytwarza bardzo wysokie temperatury (głównie źródła przemysłowe)

### 6.1.2. Wyznaczanie kąta widzenia źródła promieniowania ( $\alpha$ )

Kąt widzenia źródła promieniowania ( $\alpha$ ) jest to kąt, w jakim widziane jest dane źródło promieniowania przy danej odległości oka pracownika od źródła i który jest równy kątowi wyznaczonemu przez to źródło na siatkówce oka. Wielkość kąta odzwierciedla obszar siatkówki, na którym ogniskowane jest promieniowanie źródła, które może spowodować skutki szkodliwe. Przed wyznaczeniem MDE dla zagrożenia fotochemicznego i termicznego siatkówki oka należy ww. kąt obliczyć. Na rysunku 6.1 przedstawiono graficznie kąt  $\alpha$  i kąt  $\vartheta$ .

#### Uwaga

Wyznaczanie kąta widzenia źródła  $\alpha$  powinno być poprzedzone określeniem rzeczywistych wymiarów źródła oraz kąta odchylenia linii obserwacji pracownika od normalnej do powierzchni źródła  $\vartheta$  (tzn., pod jakim kątem do powierzchni źródła jest linia obserwacji).



Rys. 6.1. Kąt widzenia źródła  $\alpha$  i kąt linii obserwacji źródła  $\vartheta$

#### Wielkość źródła – $d_{\perp}$

(w przypadku, gdy źródło jest widoczne prostopadle do jego powierzchni)

- równa średnicy koła – w przypadku źródeł okrągłych,
- wyznaczana jako średnia arytmetyczna dłuższego ( $a$ ) i krótszego ( $b$ ) boku źródła w przypadku źródeł prostokątnych [1]:

$$d_{\perp} = \frac{a + b}{2}$$

Uwaga: jest to uproszczona metoda wyznaczania tego wymiaru, wprowadzona w poradniku UE [1].

#### Wielkość widoczna źródła – $d_{\vartheta}$ (tzw. wielkość pozorna źródła)

(w przypadku, gdy źródło jest obserwowane pod kątem  $\vartheta$  – rys. 6.1)

$$d_{\vartheta} = d_{\perp} \cdot \cos \vartheta$$

#### Obliczanie kąta $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{d}{r} \quad \text{w radianach (rad)}$$

$d$  – wielkość źródła (w zależności od kąta  $\vartheta$ , będzie to  $d_{\perp}$  lub  $d_{\vartheta}$ ),  
 $r$  – odległość oka od źródła.

Uwaga: wielkości  $d$  i  $r$  muszą być wyrażone w tych samych jednostkach (metr, centymetr lub milimetr).

**Uwaga**

- Przed przystąpieniem do obliczeń wielkości źródła  $d$  i kąta widzenia  $\alpha$  trzeba określić, czy źródło jest jednorodne.
- Źródło jednorodne emituje promieniowanie w przybliżeniu jednolicie z całej swojej powierzchni. Do wyznaczania  $d$  przyjmujemy jego całą długość i szerokość. Przykładem może być świetlówka pokryta jednolicie luminoforem, oprawa z kloszem rozpraszającym.
- Źródło niejednorodne nie emituje promieniowania jednolicie z całej swej powierzchni. Do wyznaczania  $d$  przyjmujemy wymiary odnoszące się do najbardziej jaskrawej części pola świecenia. Przykładowo, najbardziej jaskrawym polem przezroczystej żarówki jest żarnik, którego wymiary przyjmujemy do obliczeń wielkości źródła.
- Jeśli źródło składa się z dwóch lub więcej identycznych emiterów, to każdy z nich można traktować jako oddzielne źródło [1]. Przykładem może być np. oprawa oświetleniowa z dwoma świetlówkami, bez klosza rozpraszającego, gdzie każdą świetlówkę traktujemy oddzielnie.

**Uwaga:**

Przykłady wyznaczania kąta widzenia źródła zawiera pełna wersja poradnika wydana przez CIOP-PIB w 2013 r.

**6.1.3. Wyznaczanie wartości maksymalnych dopuszczalnych ekspozycji (MDE)****6.1.3.1. Zagrożenie fotochemiczne oczu i skóry nadfioletem (aktyczne)**

W przypadku oceny zagrożenia fotochemicznego oczu i skóry nadfioletem nie ma potrzeby wyznaczania wartości MDE, gdyż jest ona określona liczbowo i nie zależy od parametrów dodatkowych, takich jak czas czy wielkość kąta widzenia źródła. Wartość MDE jest określona przez skuteczne napromienienie i wynosi **30 J/m<sup>2</sup>** w ciągu zmiany roboczej bez względu na długość jej trwania.

**Sposób postępowania przy ocenie zagrożenia promieniowaniem nadfioletowym:**

Krok	Czynność
1.	Wyznaczenie na podstawie pomiarów lub obliczeń <b>wartości skutecznego aktywnie natężenia napromienienia promieniowaniem nadfioletowym <math>E_s</math> eksponowanych części ciała</b> (np. skóra twarzy, oczy, skóra dłoni), zgodnie ze wzorem: $E_s = \sum_{\lambda=180nm}^{\lambda=400nm} E(\lambda) \cdot S(\lambda) \Delta\lambda$ gdzie: $E(\lambda)$ – widmowe natężenie napromienienia, w W·m <sup>-2</sup> ·nm <sup>-1</sup> $S(\lambda)$ – rozkład widmowy skuteczności wywoływania uszkodzeń oczu i skóry przez promieniowanie UV
2.	Określenie całkowitego czasu ekspozycji w ciągu zmiany roboczej $t_c$ , w sekundach
3.	Obliczenie napromienienia skutecznego $H_s$ jako iloczynu skutecznego natężenia napromienienia $E_s$ i czasu całkowitej ekspozycji $t_c$ dla poszczególnych eksponowanych części ciała: $H_s = E_s t_c$
4.	Porównanie wyznaczonych wartości $H_s$ z wartością MDE = 30 J/m <sup>2</sup> i określenie krotności MDE

**Uwaga.** Ocenę zagrożenia wykonuje się osobno dla każdej eksponowanej części ciała, gdyż mierzone wartości natężenia napromienienia dla części ciała położonych w różnych odległościach od źródła są różne. Im bliżej źródła, tym większe są wartości natężenia napromienienia.

Na rysunku 6.2. przedstawiono wyznaczone maksymalne dopuszczalne skuteczne natężenia napromienienia oczu i skóry promieniowaniem UV przy różnych czasach całkowitej ekspozycji na nadfiolet. Dysponując wartością wyznaczonego natężenia napromienienia, można na tym wykresie określić dozwolony czas ekspozycji ( $t_{doz}$ ), tj. taki, przy którym napromienienie ma wartość równą wartości MDE.

**Uwaga**

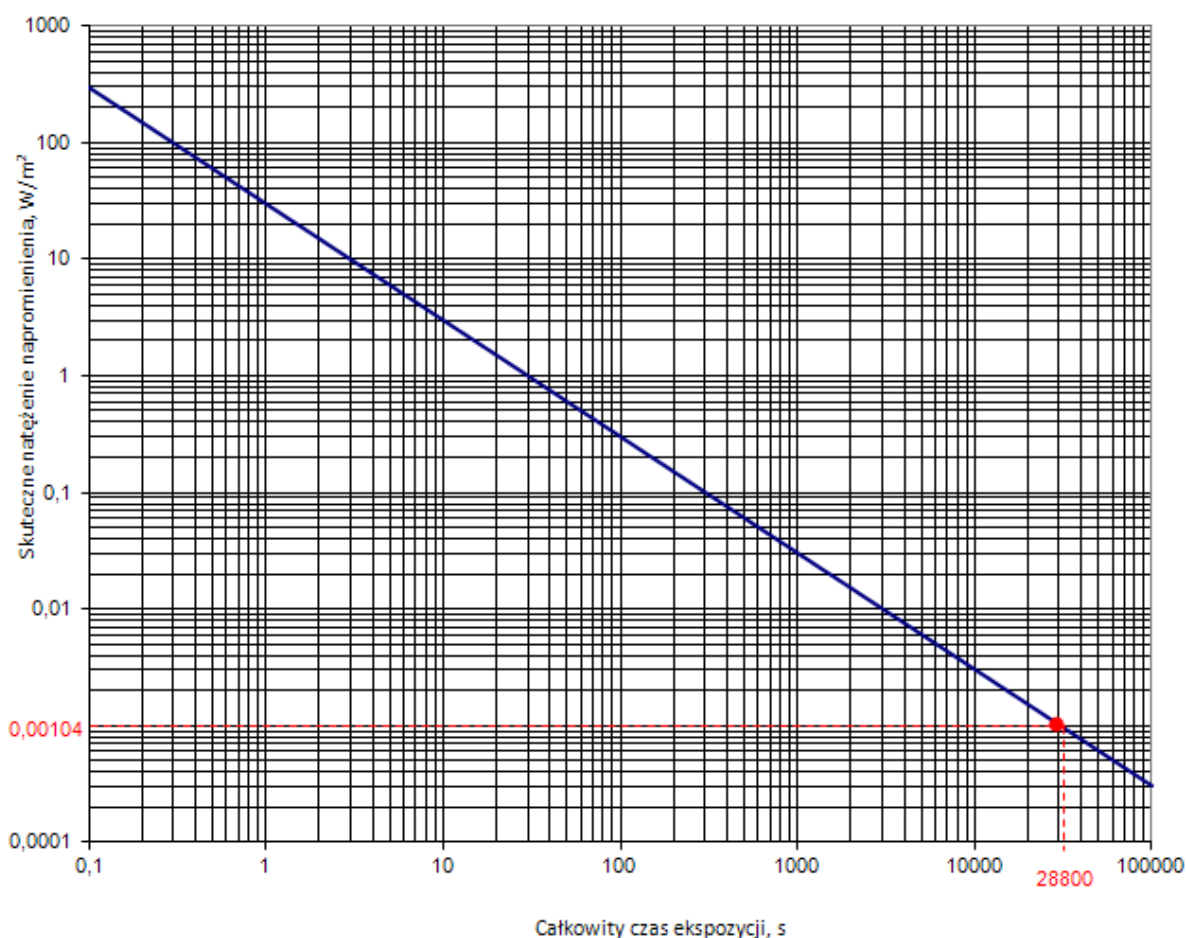
Dozwolony czas ekspozycji  $t_{doz}$  wyznacza się jako iloraz wartości MDE = 30 J/m<sup>2</sup> oraz wyznaczonej (z pomiarów lub obliczeń) wartości skutecznego natężenia napromienienia  $E_s$ :

$$t_{doz} = \frac{H_{MDE}}{E_s} = \frac{30}{E_s}$$

Można też na tym wykresie określić maksymalną dopuszczalną wartość skutecznego natężenia napromienienia dla dowolnie przyjętego czasu ekspozycji. Na rysunku 6.2 zaznaczono wartość maksymalnego skutecznego natężenia napromienienia  $E_s = 0,00104$  W/m<sup>2</sup> dla czasu ekspozycji równego 8 godzin = 28 800 s.

**Uwaga**

Jeśli wyznaczone skuteczne natężenie napromienienia eksponowanej tkanki **nie przekracza 0,00104 W/m<sup>2</sup> = 1,04 mW/m<sup>2</sup>**, to w czasie ekspozycji wynoszącym 8 godzin nie będzie przekroczona wartość MDE = 30 J/m<sup>2</sup>.



**Rys. 6.2.** Maksymalne dopuszczalne skuteczne natężenie napromienienia oczu i skóry promieniowaniem UV przy różnych czasach całkowitej ekspozycji.

### 6.1.3.2. Zagrożenie fotochemiczne oczu (soczewki) promieniowaniem UVA

W przypadku oceny zagrożenia fotochemicznego oczu promieniowaniem UVA nie ma potrzeby wyznaczania wartości MDE, gdyż jest ona określona liczbowo i nie zależy od parametrów dodatkowych, takich jak czas czy wielkość kąta widzenia źródła. Wartość MDE określona jest przez skuteczne napromienienie i wynosi **10 000 J/m<sup>2</sup>** w ciągu zmiany roboczej bez względu na długość jej trwania.

#### Sposób postępowania przy ocenie zagrożenia fotochemicznego oczu promieniowaniem UVA:

Krok	Czynność
1.	<p>Wyznaczenie na podstawie pomiarów lub obliczeń <b>wartości natężenia napromienienia promieniowaniem nadfioletowym <math>E_{UVA}</math> oczu</b> zgodnie ze wzorem:</p> $E_{UVA} = \sum_{\lambda=315nm}^{\lambda=400nm} E(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ <p>gdzie:</p>

	$E(\lambda)$ – widmowe natężenie napromienienia, w $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$
2.	Określenie całkowitego czasu ekspozycji w ciągu zmiany roboczej $t_c$ , w sekundach
3.	Obliczenie napromienienia skutecznego $H_{\text{UVA}}$ jako iloczynu skutecznego natężenia napromienienia $E_{\text{UVA}}$ i czasu całkowitej ekspozycji $t_c$ dla poszczególnych eksponowanych części ciała: $H_{\text{UVA}} = E_{\text{UVA}} t_c$
4.	Porównanie wyznaczonych wartości $H_{\text{UVA}}$ z wartością $\text{MDE} = 10\,000 \text{ J/m}^2$ i określenie krotności MDE

Na rysunku 6.3 wersji pełnej poradnika wydanego przez CIOP-PIB w 2013 r. przedstawiono wyznaczone maksymalne dopuszczalne natężenia napromienienia oczu promieniowaniem UVA przy różnych czasach całkowitej ekspozycji na nadfiolet. Dysponując wartością wyznaczonego natężenia napromienienia można na tym wykresie określić dozwolony czas ekspozycji ( $t_{\text{doz}}$ ), tj. taki, przy którym występuje napromienienie równe wartości MDE.

#### Uwaga

Dozwolony czas ekspozycji  $t_{\text{doz}}$  wyznacza się jako iloraz wartości  $\text{MDE} = 10\,000 \text{ J/m}^2$  oraz wyznaczonej (z pomiarów lub obliczeń) wartości natężenia napromienienia  $E_{\text{UVA}}$ :

$$t_{\text{doz}} = \frac{H_{\text{MDE}}}{E_{\text{UVA}}} = \frac{10000}{E_{\text{UVA}}}$$

Więcej informacji na omawiany w tym rozdziale temat można znaleźć w pełnej wersji poradnika wydanej przez CIOP-PIB w 2013 r.

#### 6.1.3.3. Zagrożenie fotochemiczne siatkówki oka

W przypadku oceny zagrożenia fotochemicznego oczu światłem niebieskim wyznaczana wartość MDE zależy od parametrów dodatkowych, takich jak całkowity czas ekspozycji i wielkość kąta widzenia źródła  $\alpha$ . Wartości MDE przedstawiono w tabeli 6.2.

**Tabela 6.2.** Wartości MDE dla zagrożenia fotochemicznego siatkówki [2]

Maksymalne dopuszczalne ekspozycje (MDE)		Czas ekspozycji (całkowity) s
duże źródła, $\alpha \geq 11 \text{ mrad}$ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$	małe źródła, $\alpha < 11 \text{ mrad}$ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	
$L_B = 10^6 / t_c$	$E_B = 100 / t_c$	$t_c \leq 10\,000$
$L_B = 100$	$E_B = 0,01$	$t_c > 10\,000$

#### Sposób postępowania przy wyznaczaniu MDE dla zagrożenia fotochemicznego siatkówki oka:

Krok	Czynność
1.	Wyznaczenie kąta $\alpha$ w miliradianach i określenie, czy dane źródło można zaliczyć do małych czy dużych (zgodnie z warunkiem w tabeli 6.2)
2.	Określenie całkowitego czasu ekspozycji w ciągu zmiany roboczej $t_c$ , w sekundach i sprawdzenie, czy przekracza 10 000 s



3a.	W przypadku czasu całkowitej ekspozycji do 10 000 s obliczenie MDE zgodnie z tabelą 6.2, gdzie w mianowniku wstawia się wartość $t_c$
3b.	W przypadku czasu całkowitej ekspozycji powyżej 10 000 s przyjęcie wartości MDE zgodnie z tabelą 6.2
<b>Uwaga.</b> Małe źródła występują bardzo rzadko. Wyjątkiem jest łuk spawalniczy, który przy zazwyczaj występujących odległościach oczu spawacza od łuku (ok. 50 cm) może być traktowany jako źródło małe.	

#### Sposób postępowania przy ocenie zagrożenia fotochemicznego siatkówki oka:

Krok	Czynność
1a.	<p>W przypadku źródeł małych – wyznaczenie na podstawie pomiarów lub obliczeń <b>wartości skutecznej natężenia napromienienia światłem niebieskim <math>E_B</math> oczu</b> zgodnie ze wzorem:</p> $E_B = \sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} E(\lambda) \cdot B(\lambda) \Delta\lambda$ <p>gdzie:  <math>E(\lambda)</math> – widmowe natężenie napromienienia, w <math>W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}</math>  <math>B(\lambda)</math> – rozkład widmowy skuteczności wywoływania uszkodzeń fotochemicznych siatkówki oka światłem niebieskim</p>
1b.	<p>W przypadku źródeł dużych – wyznaczenie na podstawie pomiarów lub obliczeń <b>wartości skutecznej luminancji energetycznej źródła <math>L_B</math></b> zgodnie ze wzorem:</p> $L_B = \sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} L(\lambda) \cdot B(\lambda) \Delta\lambda$ <p>gdzie:  <math>L(\lambda)</math> – widmowa luminancja energetyczna, w <math>W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot nm^{-1}</math>  <math>B(\lambda)</math> – rozkład widmowy skuteczności wywoływania uszkodzeń fotochemicznych siatkówki oka światłem niebieskim</p>
2	Porównanie wyznaczonych wartości $E_B$ lub $L_B$ z wartością MDE i określenie jej krotności

#### Uwaga:

**Sposób przeliczania kątów wyrażonych w stopniach na radiany i odwrotnie zawiera pełna wersja poradnika wydana przez CIOP-PIB w 2013 r.**

Na rysunkach 6.4 i 6.5. pełnej wersji poradnika wydanego przez CIOP-PIB w 2013 r. przedstawiono wyznaczone maksymalne dopuszczalne skuteczne natężenia napromienienia oczu światłem niebieskim przy różnych czasach całkowitej ekspozycji, przy obserwacji małych źródeł promieniowania ( $\alpha < 11$  mrad) i dużych źródłach promieniowania ( $\alpha \geq 11$  mrad).

W przypadku małych źródeł promieniowania dysponując wartością wyznaczonego skutecznego natężenia napromienienia, korzystając z wykresu można określić dozwolony czas ekspozycji ( $t_{doz}$ ). Czas ten określa się tylko dla ekspozycji do 10 000 s, gdyż przy dłuższych czasach wartość MDE nie zależy od czasu i wynosi  $0,01 W/m^2$ .

Uwaga:

Dozwolony czas ekspozycji  $t_{doz}$  wyznacza się ze wzoru:

$$t_{doz} = \frac{100}{E_B}$$

$E_B$  wyznaczona z pomiarów lub obliczeń) wartość skuteczna natężenia napromienienia w  $W/m^2$

W przypadku dużych źródeł promieniowania dysponując wartością wyznaczonej skutecznej luminancji energetycznej można na wykresie określić dozwolony czas ekspozycji ( $t_{doz}$ ). Czas ten określa się tylko dla ekspozycji do 10 000 s, gdyż przy dłuższych czasach wartość MDE nie zależy od czasu i wynosi  $100 W/(m^2 \cdot sr)$ .

Uwaga:

Dozwolony czas ekspozycji  $t_{doz}$  wyznacza się ze wzoru:

$$t_{doz} = \frac{10^6}{L_B}$$

$L_B$  wyznaczona z pomiarów lub obliczeń wartość skuteczna luminancji energetycznej w  $W/(m^2 \cdot sr)$

Uwaga:

Więcej informacji na omawiany w tym rozdziale temat można znaleźć w pełnej wersji poradnika wydanej przez CIOP-PIB w 2013 r.

#### 6.1.3.4. Zagrożenie termiczne siatkówki oka

W przypadku oceny zagrożenia termicznego siatkówki oka wyznaczana wartość MDE zależy od:

- luminancji świetlnej źródła promieniowania, która determinuje, czy źródło można uznać za słaby bodziec świetlny czy silny bodziec świetlny,
- jednorazowego czasu ekspozycji  $t_i$ ,
- wielkości kąta widzenia źródła  $\alpha$ .

Wartości MDE w odniesieniu do źródła uznanego za silny bodziec świetlny zostały przedstawione w tabeli 6.4, a uznanego za słaby bodziec świetlny – w tabeli 6.5.

#### Silny bodziec świetlny – rozpatrywany zakres promieniowania 380 ÷ 1400 nm

**Tabela 6.4.** Wartości MDE przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki oka promieniowaniem z zakresu VIS i IRA (silny bodziec świetlny,  $L \geq 10\,000\text{ cd/m}^2$ ) [2]

Maksymalne dopuszczalne ekspozycje (MDE) $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	Czas ekspozycji (jednorazowy), s	Bezwymiarowy współczynnik $C_\alpha$
$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha}$	$t_i > 10$	$C_\alpha = 1,7$ dla $\alpha < 1,7$ mrad $C_\alpha = \alpha$ dla $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ dla $\alpha > 100$ mrad
$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha \cdot t_i^{0,25}}$	$10^{-6} \text{ s} \leq t_i \leq 10$	
$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$	$t_i < 10^{-6}$	

Graficzną prezentację wartości MDE wyznaczonych dla kilku wybranych kątów  $\alpha$ , poczynawszy od kąta 1,7 mrad do kąta 100 mrad przedstawiono na rys. 6.6 w pełnej wersji poradnika wydanego przez CIOP-PIB w 2013 r.

Wyznaczone wartości MDE dla poszczególnych trzech przedziałów czasowych wskazują, że:

- najwyższe wartości MDE występują dla źródeł bardzo małych punktowych ( $\alpha \leq 1,7$  mrad),
- najniższe wartości MDE występują dla źródeł dużych ( $\alpha \geq 100$  mrad),
- przy czasach jednorazowej ekspozycji powyżej 10 s wartości MDE nie zależą od czasu i są takie same dla 10 s jak i dla 8 h,
- przy czasach jednorazowej ekspozycji poniżej  $10^{-6}$  s wartości MDE nie zależą od czasu i są takie same bez względu na czas trwania impulsu z tego przedziału,
- przy czasach jednorazowej ekspozycji z przedziału  $10^{-6} \div 10$  s wartości MDE zależą od czasu i maleją wraz ze wzrostem czasu jednorazowej ekspozycji.

Dysponując wartością wyznaczonej skutecznej luminancji energetycznej, można na wykresie określić dozwolony czas ekspozycji ( $t_{doz}$ ). Czas ten określa się tylko dla ekspozycji w zakresie do 10 s, gdyż przy dłuższych czasach wartość MDE nie zależy od czasu, tylko od kąta  $\alpha$ . Minimalna wartość MDE wynosi 280 000 W/(m<sup>2</sup>·sr) dla kątów  $\alpha \geq 100$  mrad.

#### Sposób postępowania przy wyznaczaniu MDE dla zagrożenia termicznego siatkówki oka przy silnych bodźcach świetlnych:

Krok	Czynność
1.	Wyznaczenie kąta widzenia źródła $\alpha$ , w miliradianach
2.	Wyznaczenie wartości $C_\alpha$ na podstawie kąta $\alpha$ , zgodnie z tabelą 6.4
3.	Określenie jednorazowego czasu ekspozycji $t_i$ , w sekundach
4.	W zależności od wyznaczonej wartości czasu $t_i$ obliczenie MDE zgodnie odpowiednim wzorem w tabeli 6.4
<b>Uwaga.</b> Czasy jednorazowej ekspozycji poniżej $10^{-6}$ s dotyczą źródeł impulsowych.	

#### Sposób postępowania przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki oka:

Krok	Czynność
1.	Wyznaczenie na podstawie pomiarów lub obliczeń <b>wartości skutecznej luminancji energetycznej <math>L_R</math> oczu</b> zgodnie ze wzorem: $L_R = \sum_{\lambda=380nm}^{\lambda=1400nm} L(\lambda) \cdot R(\lambda) \Delta\lambda$ <p>gdzie:</p> <p><math>L(\lambda)</math> – widmowa luminancja energetyczna, w W·m<sup>-2</sup>·sr<sup>-1</sup> nm<sup>-1</sup></p> <p><math>R(\lambda)</math> – rozkład widmowy skuteczności wywoływania uszkodzeń termicznych siatkówki oka</p>
2.	Porównanie wyznaczonej wartości $L_R$ z wartością MDE i określenie krotności MDE

#### Slaby bodziec świetlny – rozpatrywany zakres promieniowania 780 ÷ 1400 nm

Wartości MDE przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki oka promieniowaniem z zakresu IRA przedstawiono w tabeli 6.5.

**Tabela 6.5.** Wartości MDE przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki oka promieniowaniem z zakresu IRA (słaby bodziec świetlny,  $L < 10\ 000\ \text{cd/m}^2$ ) [2]

Maksymalne dopuszczalne ekspozycje (MDE) $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	Czas ekspozycji (jednorazowy), s	Bezwymiarowy współczynnik $C_\alpha$
$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha}$	$t_i > 10$	$C_\alpha = 11$ dla $\alpha < 11$ mrad $C_\alpha = \alpha$ dla $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ dla $\alpha > 100$ mrad
$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha \cdot t_i^{0,25}}$	$10^{-6} \text{s} \leq t_i \leq 10$	
$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$	$t_i < 10^{-6}$	

Graficzną prezentację wartości MDE wyznaczonych dla kilku wybranych kątów  $\alpha$ , począwszy od kąta 11 mrad do kąta 100 mrad przedstawiono na rys. 6.7 w pełnej wersji poradnika wydanego przez CIOP-PIB w 2013 r.

Wyznaczone wartości MDE dla poszczególnych trzech przedziałów czasowych wskazują, że:

- najwyższe wartości MDE występują dla źródeł bardzo małych punktowych ( $\alpha \leq 11$  mrad),
- najniższe wartości MDE występują dla źródeł dużych ( $\alpha \geq 100$  mrad),
- przy czasach jednorazowej ekspozycji powyżej 10 s wartości MDE nie zależą od czasu i są takie same dla 10 s jak i dla 8 h,
- przy czasach jednorazowej ekspozycji poniżej  $10^{-6}$  s wartości MDE nie zależą od czasu i są takie same bez względu na czas trwania impulsu z tego przedziału,
- przy czasach jednorazowej ekspozycji z przedziału  $10^{-6} \div 10$  s wartości MDE zależą od czasu i maleją wraz ze wzrostem czasu jednorazowej ekspozycji.

Dysponując wartością wyznaczonej skutecznej luminancji energetycznej można na wykresie określić dozwolony czas ekspozycji ( $t_{\text{doz}}$ ). Czas ten określa się tylko dla ekspozycji do 10 s, gdyż przy dłuższych czasach wartość MDE nie zależy od czasu, tylko od kąta  $\alpha$ . Minimalna wartość MDE wynosi  $60\ 000\ \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr})$  dla kątów  $\alpha \geq 100$  mrad.

**Sposób postępowania przy wyznaczaniu MDE dla zagrożenia termicznego siatkówki oka przy słabych bodźcach świetlnych:**

Krok	Czynność
1.	Wyznaczenie kąta widzenia źródła $\alpha$ , w miliradianach
2.	Wyznaczenie wartości $C_\alpha$ na podstawie kąta $\alpha$ , zgodnie z tabelą 6.5
3.	Określenie jednorazowego czasu ekspozycji $t_i$ , w sekundach
4.	W zależności od wyznaczonej wartości czasu $t_i$ obliczenie MDE zgodnie z odpowiednim wzorem w tabeli 6.5

**Uwaga.** Czasy jednorazowej ekspozycji poniżej  $10^{-6}$  s dotyczą źródeł impulsowych.

### Sposób postępowania przy ocenie zagrożenia termicznego siatkówki:

Krok	Czynność
1.	Wyznaczenie na podstawie pomiarów lub obliczeń <b>wartości skutecznej luminancji energetycznej <math>L_R</math> oczu</b> zgodnie ze wzorem: $L_R = \sum_{\lambda=780nm}^{\lambda=1400nm} L(\lambda) \cdot R(\lambda) \Delta\lambda$ gdzie: $L(\lambda)$ – widmowa luminancja energetyczna, w $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot nm^{-1}$ $R(\lambda)$ – rozkład widmowy skuteczności wywoływania uszkodzeń termicznych siatkówki oka
2.	Porównanie wyznaczonej wartości $L_R$ z wartością MDE i określenie krotności MDE

Więcej informacji na omawiany w tym rozdziale temat można znaleźć w pełnej wersji poradnika wydanej przez CIOP-PIB w 2013 r.

#### 6.1.3.5. Zagrożenie termiczne rogówki i soczewki oka

W przypadku oceny zagrożenia termicznego rogówki i soczewki oczu wyznaczana wartość MDE zależy od jednorazowego czasu ekspozycji  $t_i$ . Wartość MDE określona jest przez natężenie napromienienia pasmem z zakresu 780 ÷ 3000 nm. Wartości MDE przy ocenie zagrożenia termicznego rogówki i soczewki oka przedstawiono w tabeli 6.6.

**Tabela 6.6.** Wartości MDE dla zagrożenia termicznego rogówki i soczewki

Maksymalne dopuszczalne ekspozycje (MDE) $W/m^2$	Czas ekspozycji (jednorazowy), s
$E_{IR} = 18000 \cdot t_i^{-0,75}$	$t_i < 1000$
$E_{IR} = 100$	$t_i \geq 1000$

Graficzną prezentację wartości MDE przedstawiono na rys. 6.8 w pełnej wersji poradnika wydanego przez CIOP-PIB w 2013 r.

Wyznaczone wartości MDE wskazują, że:

- w przedziale czasu jednorazowej ekspozycji do 1000 s wartości MDE maleją wraz ze wzrostem czasu jednorazowej ekspozycji,
- przy czasach jednorazowej ekspozycji powyżej 1000 s wartość MDE nie zależy od czasu i wynosi 100  $W/m^2$  dla 1000s jak i dla 8 h.

Dysponując wartością wyznaczonego natężenia napromienienia można na wykresie na rysunku 6.8 określić dozwolony czas ekspozycji ( $t_{doz}$ ). Czas ten określa się tylko dla ekspozycji do 1000 s, gdyż przy dłuższych czasach wartość MDE nie zależy od czasu i wynosi 100  $W/m^2$ .

#### Sposób postępowania przy wyznaczaniu MDE dla zagrożenia termicznego rogówki i soczewki oka:

Krok	Czynność
1.	Określenie jednorazowego czasu ekspozycji $t_i$ , w sekundach, i sprawdzenie, czy przekracza 1000 s
2.	W przypadku czasu jednorazowej ekspozycji do 1000 s obliczenie MDE zgodnie z tabelą 6.6, gdzie we wzorze wstawia się wartość $t_i$
3.	W przypadku czasu jednorazowej ekspozycji powyżej 100 s przyjęcie wartości MDE = 100 $W/m^2$ , zgodnie z tabelą 6.6

### Sposób postępowania przy ocenie zagrożenia termicznego rogówki i soczewki oka:

Krok	Czynność
1.	Wyznaczenie na podstawie pomiarów lub obliczeń <b>wartości natężenia napromienienia promieniowaniem IRA i IRB <math>E_{IR}</math> oczu</b> , zgodnie ze wzorem: $E_{IR} = \sum_{\lambda=780nm}^{\lambda=3000nm} E(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ gdzie: $E(\lambda)$ – widmowe natężenie napromienienia, w $W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$
2.	Porównanie wyznaczonych wartości $E_{IR}$ z wartością MDE i określenie krotności MDE

Więcej informacji na omawiany w tym rozdziale temat można znaleźć w pełnej wersji poradnika wydanej przez CIOP-PIB w 2013 r.

#### 6.1.3.6. Zagrożenie termiczne skóry

W przypadku oceny zagrożenia termicznego skóry wyznaczana wartość MDE zależy od jednorazowego czasu ekspozycji  $t_i$ . Wartość czasu jednorazowej ekspozycji, który uwzględnia się przy ocenie zagrożenia termicznego skóry, ograniczona jest do 10 s. Powyżej tego czasu określa się obciążenie termiczne organizmu i wyznacza wskaźnik WBGT.

Wartość MDE określona jest przez napromienienie pasmem z zakresu 380-3000 nm. Wartości MDE przy ocenie zagrożenia termicznego określa wzór:

$$H_{skóra} = 20\,000 \cdot t_i^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$$

Graficzną prezentację wartości MDE przedstawiono na rys. 6.9 a zależność maksymalnego natężenia napromienienia skóry od czasu jednorazowej ekspozycji przedstawiono na rys. 6.10 w pełnej wersji poradnika wydanego przez CIOP-PIB w 2013 r.

Wyznaczone wartości MDE wskazują, że wraz ze wzrostem czasu jednorazowej ekspozycji wartości MDE rosną.

#### Sposób postępowania przy wyznaczaniu MDE dla zagrożenia termicznego skóry:

Krok	Czynność
1.	Określenie jednorazowego czasu ekspozycji $t_i$ , w sekundach, nieprzekraczającego 10 s
2.	Obliczenie MDE zgodnie ze wzorem, w którym wstawia się wartość $t_i$

### Sposób postępowania przy ocenie zagrożenia termicznego rogówki i soczewki:

Krok	Czynność
1.	Wyznaczenie na podstawie pomiarów lub obliczeń <b>wartości natężenia napromienienia promieniowaniem VIS, IRA i IRB</b> $E_{skóry}$ zgodnie ze wzorem: $E_{skóry} = \sum_{\lambda=380nm}^{\lambda=3000nm} E(\lambda) \cdot \Delta\lambda$ gdzie: $E(\lambda)$ – widmowe natężenie napromienienia, w $W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$
2.	Obliczenie napromienienia $H_{skóra}$ jako iloczynu natężenia napromienienia $E_{skóra}$ i czasu jednorazowej ekspozycji $t_i$ dla poszczególnych eksponowanych części ciała pokrytych skórą (twarz, ręce itp.), zgodnie ze wzorem: $H_{skóra} = E_{skóra} t_i$
3.	Porównanie wyznaczonych wartości $H_{skóra}$ z wartością MDE i określenie krotności MDE

Więcej informacji na omawiany w tym rozdziale temat można znaleźć w pełnej wersji poradnika wydanej przez CIOP-PIB w 2013 r.

#### 6.2. Promieniowanie laserowe

Zagrożenie promieniowaniem laserowym rozpatruje się dla urządzeń laserowych emitujących promieniowanie z zakresu długości fal  $180 \div 10^6$  nm ( $180$  nm  $\div$   $1$  mm). Wartości MDE dla promieniowania laserowego jest łatwiej określać niż dla promieniowania nielaserowego, gdyż emitowane promieniowanie laserowe ma jedną długość fali. Jednakże prawidłowe obliczenie wartości MDE często nie jest proste. Najbardziej skomplikowane jest wyznaczanie wartości MDE oka na promieniowanie o długościach fal  $400 \div 1400$  nm, czyli z zakresu niebezpiecznego dla siatkówki oka. Sprawa dodatkowo się komplikuje, jeśli mamy do czynienia z laserem pracującym w trybie impulsowym, kiedy należy sprawdzać zarówno zagrożenie pojedynczym impulsem jak i grupą impulsów w obrębie czasu ekspozycji.

Pełna analiza zagrożenia promieniowaniem laserowym jest dość złożona i może się okazać niezbędne zwrócenie o pomoc do kompetentnego eksperta. W niniejszym poradniku przedstawiono jedynie informacje, które umożliwią pracodawcy stwierdzenie, czy może samodzielnie wykonać ocenę ryzyka, czy też powinien szukać pomocy specjalistów.

W odróżnieniu od promieniowania nielaserowego, promieniowanie laserowe bez względu na długość fali z zakresu  $180$  nm  $\div$   $1$  mm może zainicjować reakcje termiczne w tkance biologicznej i wywołać uszkodzenie termiczne. Promieniowanie laserowe może skutecznie doprowadzić do obszaru oddziaływania z tkanką, niespotykane przy innych źródłach promieniowania, duże moce chwilowe wiązki i tym samym wywołać reakcje termiczne bez względu na długość fali promieniowania. Przyjmuje się, że promieniowanie laserowe może wywoływać uszkodzenia fotochemiczne w zakresie  $180 \div 600$  nm. W przypadku skóry zasadnicze znaczenie ma przede wszystkim promieniowanie z zakresu  $180 \div 400$  nm (nadfiolet). W tabeli 6.7 przedstawiono rodzaje zagrożeń dla oka i skóry związane z ekspozycją na promieniowanie laserowe, które należy uwzględnić podczas oceny zagrożenia promieniowaniem laserowym o długości fali z poszczególnych zakresów.

**Tabela 6.7.** Rodzaje zagrożeń dla oka i skóry związane z ekspozycją na promieniowanie laserowe (na podstawie [3])

Długość fali, nm	Zakres	Narząd	Rodzaj zagrożenia
180 ÷ 400	UV	oko	uszkodzenie fotochemiczne lub termiczne rogówki, spojówki lub soczewki
		skóra	rumień, uszkodzenie fotochemiczne lub termiczne
400 ÷ 600	VIS	oko	uszkodzenie fotochemiczne siatkówki
400 ÷ 700	VIS	oko	uszkodzenie termiczne siatkówki
		skóra	uszkodzenie termiczne lub fotochemiczne
700 ÷ 1400	IRA	oko	uszkodzenie termiczne siatkówki
		skóra	uszkodzenie termiczne
1400 ÷ 2600	IRB	oko	uszkodzenie termiczne rogówki i soczewki
2600 ÷ 10 <sup>6</sup>	IRB, IRC	oko	uszkodzenie termiczne rogówki
1400 ÷ 10 <sup>6</sup>	IRB, IRC	skóra	uszkodzenie termiczne

#### Uwaga

Dla danego urządzenia laserowego może mieć zastosowanie jedna lub kilka wartości MDE. W przypadku laserów pracy ciągłej emitujących z zakresu IRB lub IRC (1400 nm ÷ 1 mm) przyjmowana jest **jedna wartość MDE**, gdyż rozpatrujemy tylko zagrożenie termiczne w czasie jednorazowej ekspozycji, a wartości MDE dla oczu i skóry są takie same. Dla laserów impulsowych emitujących promieniowanie o długości fali 400 ÷ 600 nm **może być maksymalnie sześć** wartości MDE.

#### Co należy wiedzieć przy wyborze MDE dla promieniowania laserowego

- Jaka jest **długość fali promieniowania**?
- Jaki jest reżim pracy lasera (ciągły, impulsowy)?
- Jaki jest czas trwania pojedynczego impulsu i częstotliwość repetycji promieniowania? – Dotyczy tylko laserów impulsowych.
- Jaki jest **jednorazowy czas ekspozycji** pracownika przy wykonywaniu danej czynności w narażeniu na to promieniowanie (np. na podstawie pomiarów stoperem lub danych technologicznych)?
- Jaki jest **całkowity czas ekspozycji** w ciągu zmiany roboczej (np. poprzez obliczenie iloczynu czasu jednorazowej ekspozycji i liczby ekspozycji w ciągu zmiany roboczej)? – Dotyczy oceny zagrożeń fotochemicznych, tj. dla długości fal z zakresu 180 ÷ 600 nm.
- **Jaki jest rozmiar obrazu źródła promieniowania na siatkówce oka (kąt  $\alpha$ )?** – Dotyczy tylko oceny zagrożenia fotochemicznego i termicznego siatkówki oka, tj. dla  $\lambda = 400 \div 1400$  nm.

### .2.1. Wartości MDE oka i skóry przy ekspozycji na promieniowanie laserowe z zakresu

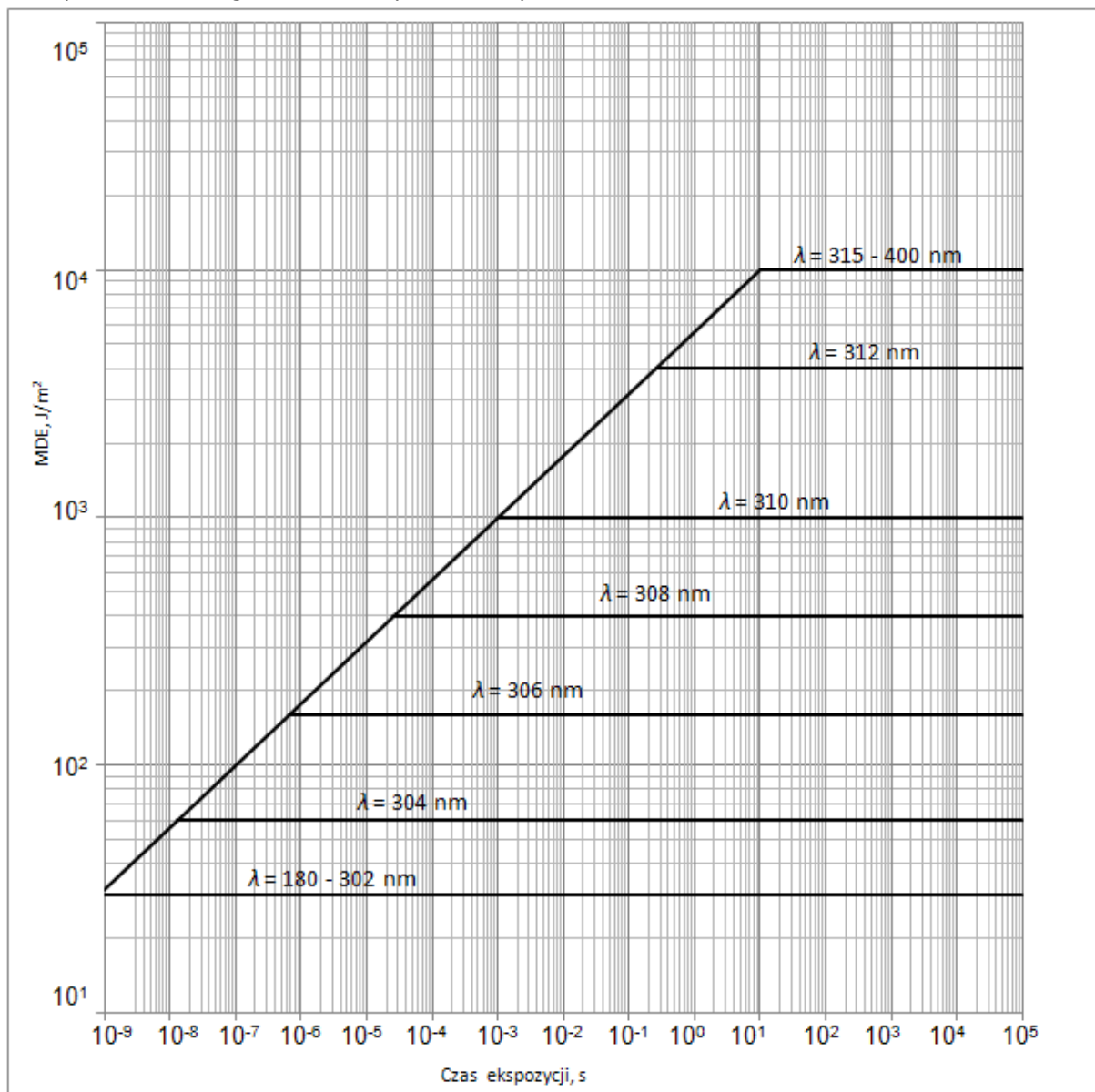
#### 180 ÷ 400 nm

Wartości MDE oka i skóry przy ekspozycji na promieniowanie laserowe z zakresu nadfioletu zawarte są w tabeli 5. *Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r.* [4]. Oceniając zagrożenie fotochemiczne lub termiczne oczu i skóry nadfioletem, w części przypadków nie trzeba wyznaczać wartości MDE, gdyż jest ona określona liczbowo i nie zależy od parametrów



dodatkowych, takich jak czas czy wielkość kąta widzenia źródła. W pozostałych przypadkach (przy czasach ekspozycji poniżej 10 s) wyznacza się je ze wzoru, gdzie wstawia się wartość czasu ekspozycji. W zakresie czasów ekspozycji powyżej 10<sup>-9</sup>s wartości MDE wyrażone są napromienieniem ( $H$ , w J/m<sup>2</sup>). Przy czasach ekspozycji poniżej 10<sup>-9</sup>s wartości MDE wyrażone są natężeniem napromienienia ( $E$ , w W/m<sup>2</sup>).

Wartości MDE dla przykładowych długości fal z zakresu UV i przy czasach ekspozycji powyżej 10<sup>-9</sup>s przedstawiono graficznie na wykresie na rysunku 6.11.



**Rys. 6.11.** Wartości MDE dla oka i skóry przy ekspozycji na promieniowanie laserowe z zakresu nadfioletu

Analizując wykres na rysunku 6.11, można stwierdzić, że najmniejsze wartości MDE = 30 J/m<sup>2</sup> występują dla zakresu 180 ÷ 280 nm i nie zależą od czasu ekspozycji powyżej 10<sup>-9</sup> s. Przy większych długościach fal wartości MDE rosną; największe wartości MDE = 10 000 J/m<sup>2</sup> odnoszą się do UVA z zakresu 315 ÷ 400 nm dla czasu ekspozycji od 10 s. Można zauważyć, że wartości minimalne i maksymalne wartości MDE odpowiadają wartościom MDE dla nielaserowego promieniowania UV.

### **6.2.2. Wartości MDE dla oka i skóry przy ekspozycji na promieniowanie laserowe z zakresu 400 ÷ 1400 nm**

Wartości MDE dla oka przy ekspozycji na promieniowanie laserowe z zakresu 400 ÷ 1400 nm są podane w tabelach 6. i 7., natomiast MDE skóry tym promieniowaniem – w tabeli 8. *Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r.* [4].

Przy wyznaczaniu wartości MDE dla oczu promieniowaniem laserowym z zakresu 400 ÷ 1400 nm, tj. dla zagrożenia termicznego i fotochemicznego siatkówki oka, należy uwzględnić szereg warunków i współczynników przeliczeniowych zależnych od: kąta  $\alpha$ , czasu ekspozycji i długości fali promieniowania, które to uniemożliwiają ogólne graficzne przedstawienie wartości MDE. Zaleca się, aby wartości MDE dla tego zakresu promieniowania były wyznaczone przez właściwego eksperta (lub przeszkoloną w tym zakresie osobę). Prawidłowe obliczenie tych wartości wymaga zastosowania szerszej wiedzy merytorycznej i wielu różnych warunków i współczynników obliczeniowych.

#### **Uwaga**

W celu wyznaczenia wartości MDE i krotności MDE można skorzystać z programu **IRYS** (Interaktywna ocena RYZyka zawodowego przez Internet), który dostępny jest bezpłatnie na portalu CIOP-PIB pod adresem: <http://www.ciop.pl/7501.html>. Należy jednak pamiętać, że wprowadzenie w programie niewłaściwych danych, a zwłaszcza wartości kąta  $\alpha$ , może spowodować błędy w wynikach.

Wartości MDE dla skóry w odniesieniu do promieniowania z zakresu 400 ÷ 1400 nm wyznacza się w zależności od czasu ekspozycji i współczynnika przeliczeniowego  $C_A$ , zależnego od długości fali. Przykładowe wartości MDE dla wybranych długości fal z zakresu 400 ÷ 1400 nm i czasów ekspozycji  $10^{-9}$  ÷ 10 s przedstawiono graficznie na wykresie na rysunku 6.12 w pełnej wersji poradnika wydanego przez CIOP-PIB w 2013 r.

**Więcej informacji na omawiany w tym rozdziale temat można znaleźć w pełnej wersji poradnika wydanej przez CIOP-PIB w 2013 r.**

### **6.2.3. Wartości MDE dla oka i skóry przy ekspozycji na promieniowanie laserowe z zakresu 1400 nm ÷ 1 mm**

Wartości MDE dla oka i skóry przy ekspozycji na promieniowanie laserowe z zakresu IRB i IRC są podane w tabeli 9. *Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r.* [4].

Wartości MDE dla oczu i skóry przy ekspozycji na promieniowanie podczerwone z zakresu 1400 nm ÷ 1 mm (IRB i IRC) wyznacza się w zależności od długości fali i czasu ekspozycji. Wartości MDE dla oczu i skóry są takie same. Wartości MDE dla wybranych zakresów długości fal i czasów ekspozycji  $10^{-9}$  ÷ 10 s przedstawiono graficznie na rysunku 6.13 w pełnej wersji poradnika wydanego przez CIOP-PIB w 2013 r.

**Więcej informacji na omawiany w tym rozdziale temat można znaleźć w pełnej wersji poradnika wydanej przez CIOP-PIB w 2013 r.**

#### 6.2.4. Wyznaczanie wartości MDE a klasyfikacja laserów

System klasyfikacji laserów określa jednoznacznie, jakie zagrożenie dla zdrowia użytkownika może powodować dany laser. Określenie klasy lasera jest obowiązkiem producenta urządzenia laserowego i ogólnie przyjmuje się, że największe zagrożenie dla zdrowia człowieka stanowią lasery klasy 3B i 4. Jeśli niższe klasy lasera (tj. klasy 1, 1M, 2, 2M, 3R) są stosowane zgodnie z zaleceniami producenta przy ogólnie przyjętych zasadach bezpiecznej obsługi, to nie powinno występować ryzyko dla zdrowia człowieka. Jeśli jednak takie sytuacje mają miejsce, wówczas należy przeprowadzić szczegółową analizę i pomiary na stanowisku pracy, w celu określenia poziomu ekspozycji i porównania go z wartościami MDE.

Z tego w związku w *Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 maja 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne* [3] oraz *Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy* [5] znajduje się zapis, że pracodawca nie wykonuje oceny poziomu promieniowania i poziomu ekspozycji, jeżeli:

- stosuje lasery klasy 1, 1M, 2, 2M lub 3R, które pracują w warunkach określonych przez producenta urządzenia lub
- lasery klasy 3B lub 4, do których zostały zastosowane środki ochrony zbiorowej, pozwalające na zaklasyfikowanie ich do klasy 1.

#### Ważne

Jeśli w danym zakładzie stosowane są lasery **klasy 3B lub 4**, to powinna zostać wyznaczona odpowiednia osoba odpowiadająca za bezpieczeństwo ich obsługi, jak również powinna być wykonana ocena ryzyka na podstawie pomiarów lub obliczeń promieniowania laserowego, które może docierać do pracownika.

#### Uwaga

Więcej informacji odnośnie do przykładowych wartości MDE i maksymalnej mocy wiązki dla różnych długości fal, przy założonych czasach ekspozycji przedstawiono w przewodniku dla pracodawcy opracowanym przez Komisję Europejską, dostępnym do bezpłatnego skopiowania na stronie internetowej:

<http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=738&langId=en&pubId=5926&type=2&furtherPubs=no>

Przewodnik ten występuje również w wersji polskojęzycznej pt. „*Niewiążący przewodnik dobrej praktyki wdrażania dyrektywy 2006/25/WE (sztuczne promieniowanie optyczne)* [5].

#### Literatura

1. Komisja Europejska: *Niewiążący przewodnik dobrej praktyki wdrażania dyrektywy 2006/25/WE (sztuczne promieniowanie optyczne)*  
<http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=738&langId=en&pubId=5926&type=2&furtherPubs=no>

2. Wolska A.: *Nielaserowe promieniowanie optyczne*. W: Czynniki szkodliwe w środowisku pracy. Wartości dopuszczalne. Wyd. 8 zmienione. Warszawa, CIOP-PIB 2012.
3. *Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 27 maja 2010 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z ekspozycją na promieniowanie optyczne*. DzU 2010, nr 100, poz. 643; 2012, poz. 787.
4. *Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy*. DzU nr 141, poz. 950.
5. *Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy*. DzU nr 33, poz.166.