

# Aspekty prawne i potrzeby przedsiębiorstw w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa pracownikom narażonym na promieniowanie laserowe

**Małgorzata Okrasa, Joanna Szkudlarek**

Pracownia Ochron Oczu i Twarzy

Zakład Ochron Osobistych

Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy



# Znaczenie technologii laserowej w przemyśle



**01**

Szerokie zastosowania w produkcji  
i przetwarzaniu

---

**02**

Precyzja i efektywność procesów  
laserowych

---

**03**

Dynamiczny wzrost wykorzystania w  
różnych sektorach



**L**ight  
**A**mplification by  
**S**timulated  
**E**mission of  
**R**adiation



**Laser**, urządzenie, które stymuluje atomy lub cząsteczki do emitowania światła o określonych długościach fal i wzmacnia to światło, zwykle wytwarzając bardzo wąską wiązkę promieniowania.

## 01

### Spójność

Fale świetlne emitowane przez laser są w tej samej fazie

## 02

### Monochromatyczność

Lasery emitują światło o bardzo wąskim zakresie długości fal

## 03

### Niska rozbieżność

Wiązka laserowa jest wyjątkowo wąska i może być skupiona na bardzo małej powierzchni

## 04

### Wysoka intensywność

Lasery mogą generować światło o bardzo dużej mocy na małej powierzchni

# Zagrożenia związane z promieniowaniem laserowym

01

Uszkodzenia oczu (siatkówka, rogówka)



02

Oparzenia skóry



03

Zagrożenia dla układu oddechowego



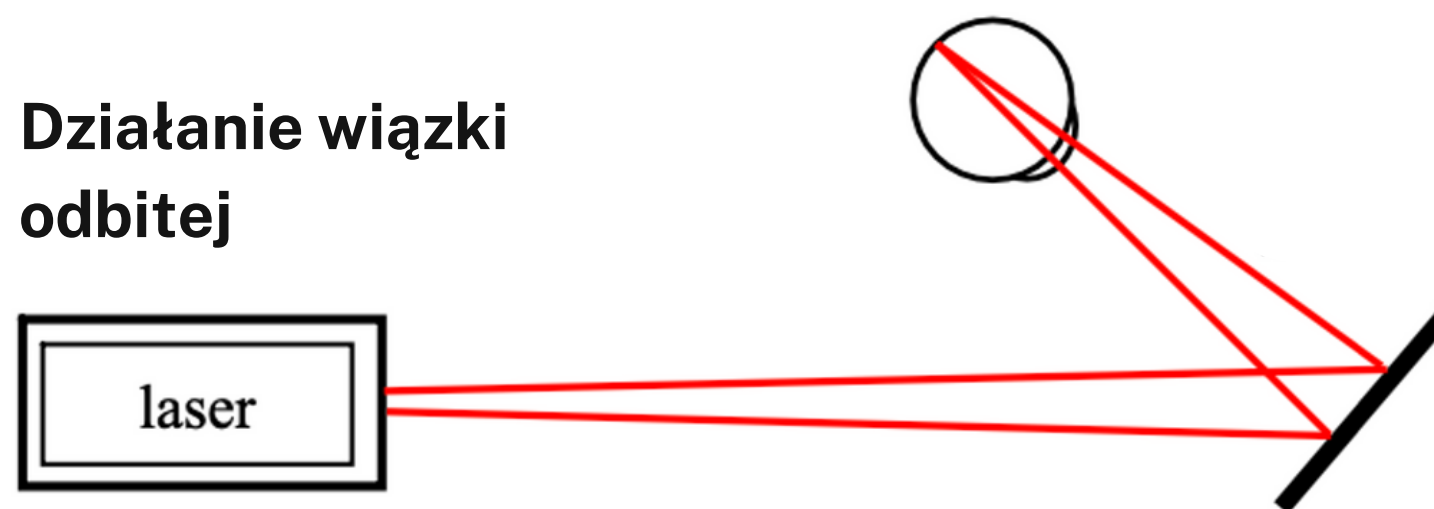
# Rodzaje ekspozycji na promieniowanie laserowe

Zagrożenie może pochodzić od wiązki laserowej skierowanej bezpośrednio na tkankę, od wiązki odbitej i/lub wiązki rozproszonej

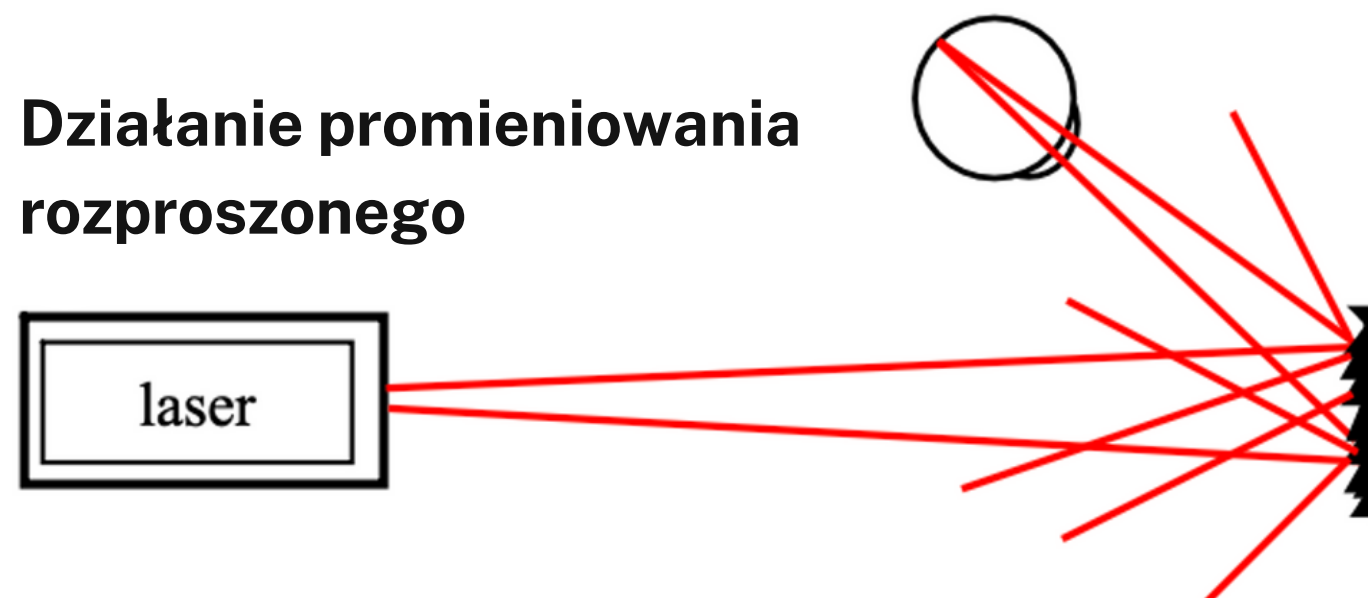
## Bezpośrednie działanie wiązki lasera



## Działanie wiązki odbitej



## Działanie promieniowania rozproszonego



# Ekspozycja oka na promieniowanie laserowe w zależności od długości fali

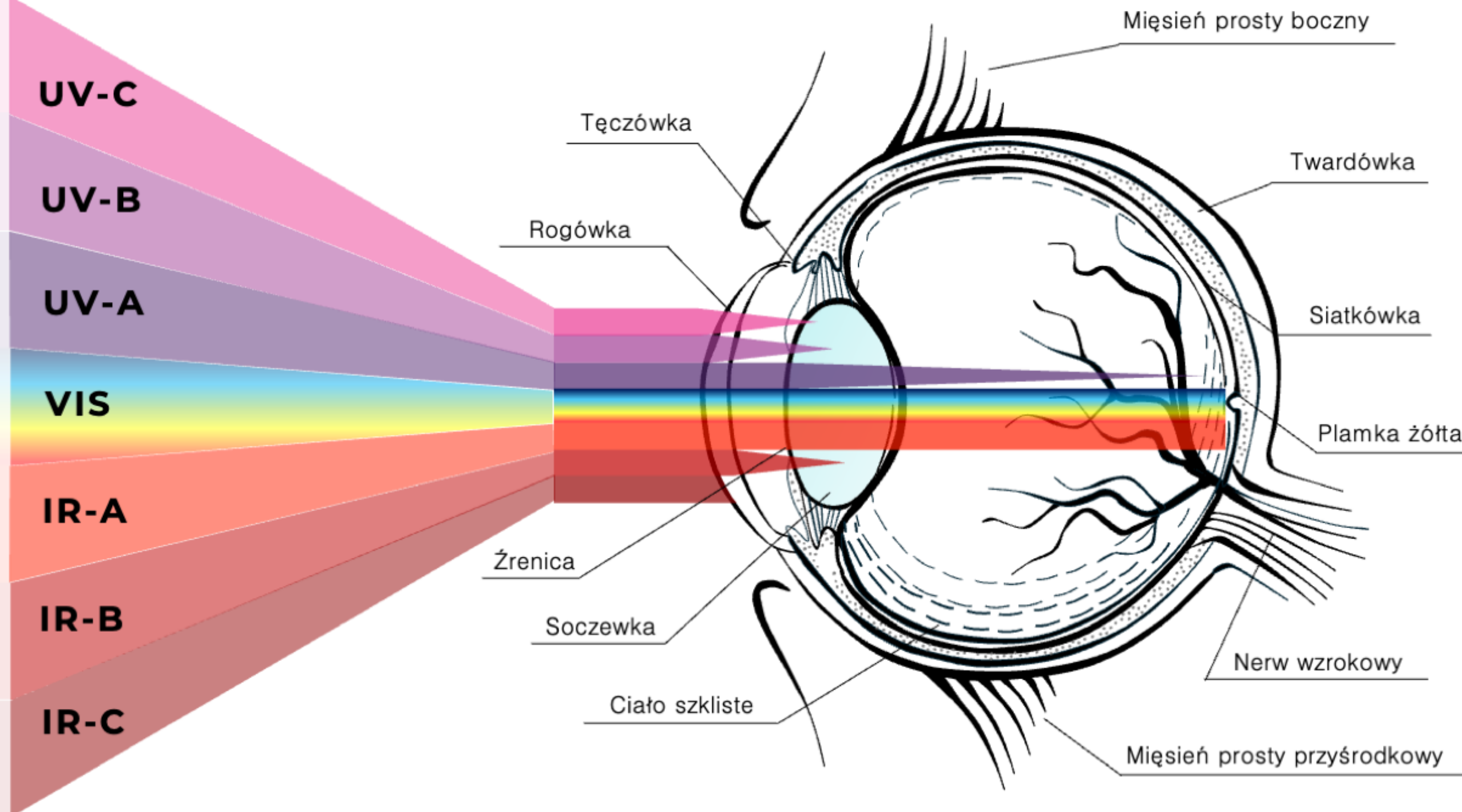
Promieniowanie UV-B i UV-C (180–315 nm) jest w pełni absorbowane przez powierzchnię rogówki, powodując fotokeratozę na skutek denaturacji białek (efekt tymczasowy, regeneracja rogówki)

Promieniowanie UV-A (315–400 nm) przenika przez rogówkę, soczewkę oraz ciecz wodnistą, przy czym soczewka jest głównym absorberem. Reakcje fotochemiczne powodują denaturację białek soczewki, co prowadzi do powstawania zaćmy.

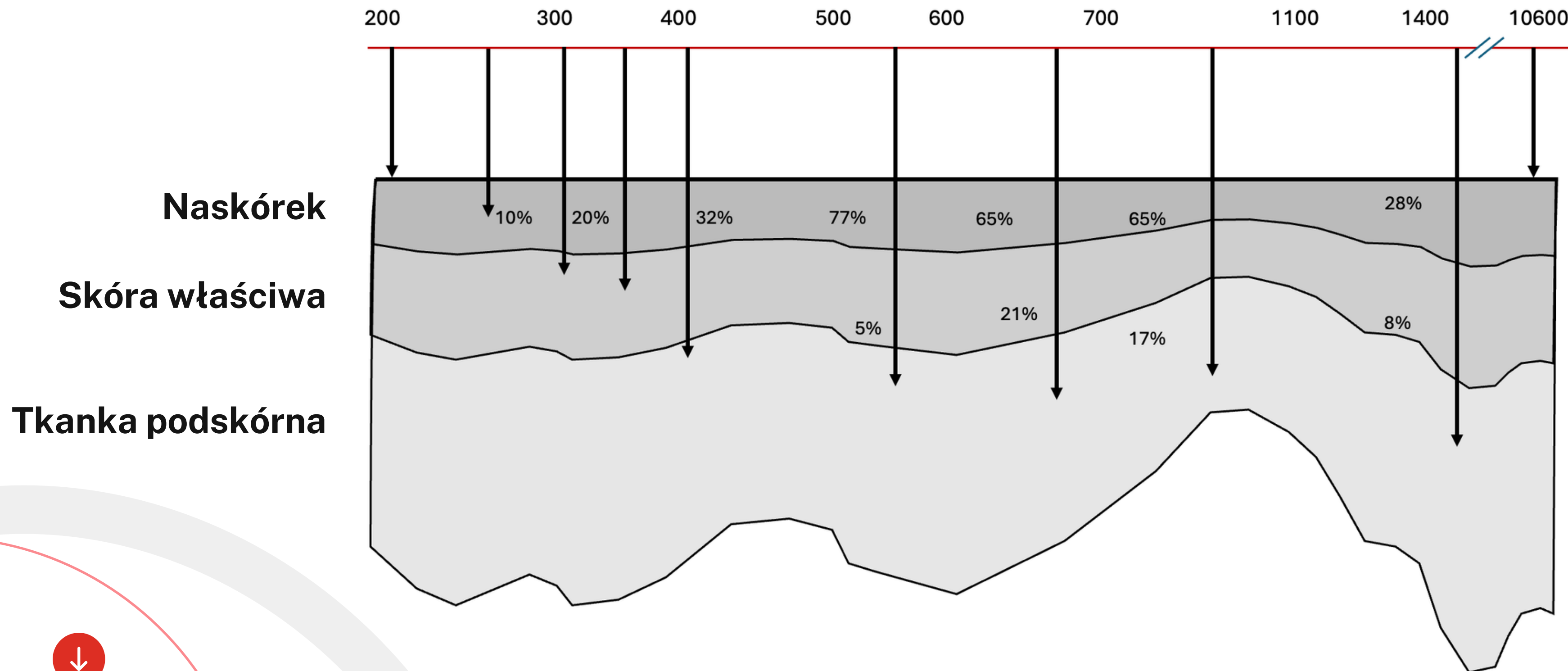
Światło widzialne (400–700 nm) przenika przez rogówkę i jest skupiane na siatkówce (plamka żółta), gdzie zachodzi kluczowy proces widzenia. Odruch awersyjny, który trwa 0,25 sekundy, może zmniejszyć ekspozycję na jasne światło, jednak intensywne lasery mogą spowodować uszkodzenie przed wystąpieniem odruchu.

Promieniowanie z zakresu bliskiej podczerwieni (700–1400 nm) jest skupiane na siatkówce, ale nie jest widzialne. Siatkówka absorbuje energię promieniowania, co może prowadzić do uszkodzeń (powstawanie pęcherzyka, który pęka, uszkadzając komórki siatkówki i wywołując słyszalne "pstryknięcie").

Promieniowanie podczerwone B i C (1400 nm do 1  $\mu$ m) jest absorbowane przez tkankę rogówki, gdzie absorpcja energii przez łyżę i wodę zawartą w tkankach powoduje wzrost temperatury, prowadząc do denaturacji białek na powierzchni rogówki i skutkując uszkodzeniami.



# Ekspozycja skóry na promieniowanie laserowe w zależności od długości fali



# Unijne i krajowe ramy prawne



01

**Dyrektywa 2006/25/WE**

dotycząca ekspozycji na  
promieniowanie optyczne

03

**Rozporządzenie Ministra  
Rodziny, Pracy i Polityki  
Społecznej z dnia 12.06.2018 r.**

w sprawie najwyższych  
dopuszczalnych stężeń i natężeń  
czynników szkodliwych  
(Dz.U. 2018 poz. 1286)

02

**Dyrektywa 89/391/EWG**

ogólne przepisy BHP

04

**Rozporządzenie Ministra  
Pracy i Polityki Społecznej  
z dnia 27.05.2010 r.**

w sprawie BHP przy pracach  
z promieniowaniem optycznym  
(Dz.U. 2010 nr 100 poz. 643)

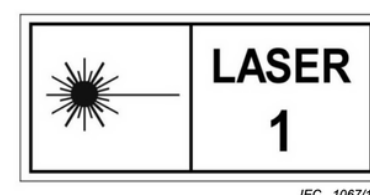


### Zakres normy

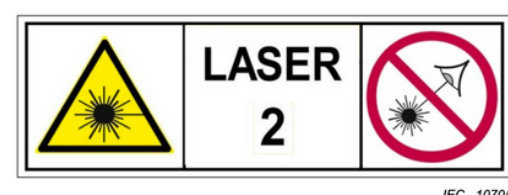
- Określa klasyfikację urządzeń laserowych na podstawie ich potencjalnego ryzyka dla zdrowia użytkowników i osób trzecich
- Wprowadza wymagania bezpieczeństwa dla projektowania, produkcji i użytkowania urządzeń laserowych
- Definiuje system etykietowania i środki ochronne, które powinny towarzyszyć laserom różnych klas



### klasa 1



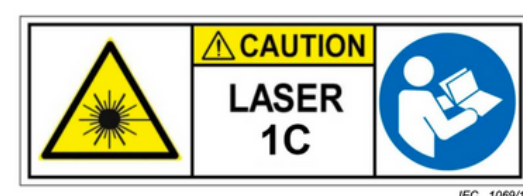
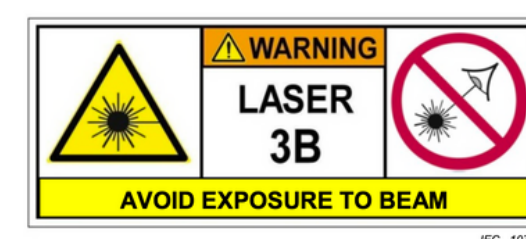
### klasa 2



### klasa 3



### klasa 4



## EN 207:2017



### **Osobiste środki ochrony oczu – Filtry i osłony chroniące przed promieniowaniem laserowym (ochrony oczu przed laserem)**

- ma zastosowanie do środków ochrony oczu chroniących przed przypadkową ekspozycją promieniowania laserowego w zakresie widmowym (180 nm - 1 mm),
- zawiera zalecenia dotyczące wyboru i sposobu stosowania środków ochrony oczu oraz filtrów do ochrony przed promieniowaniem laserowym

## EN 208:2009

### **Ochrona indywidualna oczu. Środki ochrony oczu do prac przy justowaniu laserów i układów laserowych (środki ochrony oczu do justowania laserów)**

- zawiera wymagania dotyczące filtrów i ochron oczu stosowanych do justowania laserów i układów laserowych w przypadku gdy niebezpieczne promieniowanie powstaje w widzialnym przedziale widma (400 nm - 700 nm)
- zawiera opis filtrów obniżających poziom promieniowania do wartości określonych dla laserów klasy 2





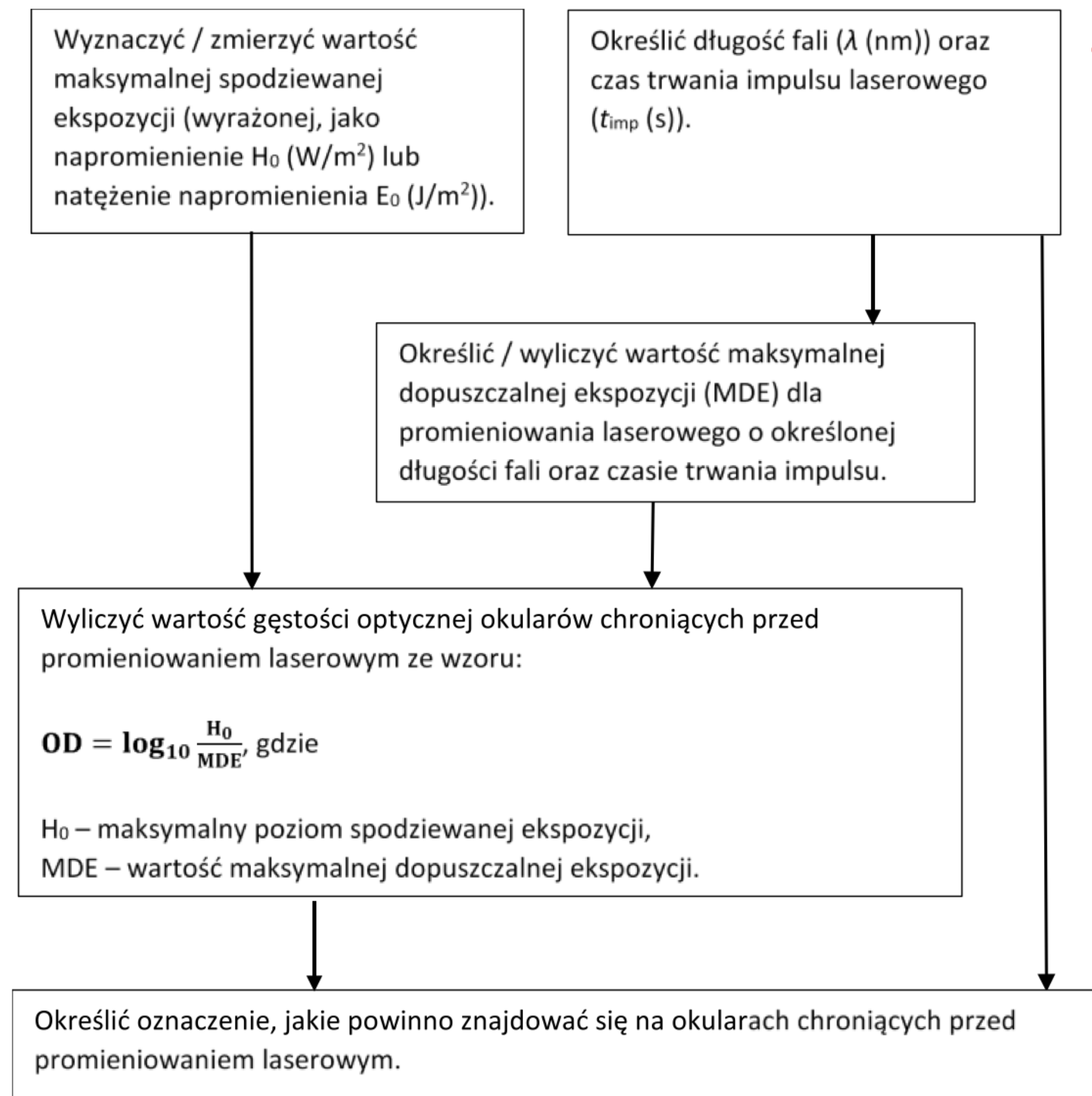
# Okulary/gogle chroniące przed promieniowaniem laserowym



- **Główna funkcja** - tłumienie szkodliwego promieniowania optycznego emitowanego przez laser
- **Zasada działania** - przepuszczenie światła przez filtr w sposób bezpieczny dla oka
- **Gęstość optyczna (OD)** – wskaźnik tłumienia promieniowania laserowego

$$OD = \log_{10} \left( \frac{1}{\tau(\lambda)} \right)$$

# Dobór okularów/gogli chroniących przed promieniowaniem laserowym



# Zidentyfikowane potrzeby pracodawców



## Pomiary na stanowiskach pracy

Brak standaryzowanych metod oceny oddziaływania promieniowania rozproszonego

---

## Potrzeba szkoleń

Istnieje konieczność regularnego szkolenia pracowników w zakresie bezpieczeństwa pracy z użyciem laserów

---

## Dostęp do ŚOI o potwierdzonych właściwościach ochronnych

Pracodawcy oczekują ekonomicznych rozwiązań w zakresie ochrony indywidualnej, które jednocześnie spełniają wysokie standardy ochrony i bezpieczeństwa



# Szkolenia z użyciem narzędzi rzeczywistości wirtualnej

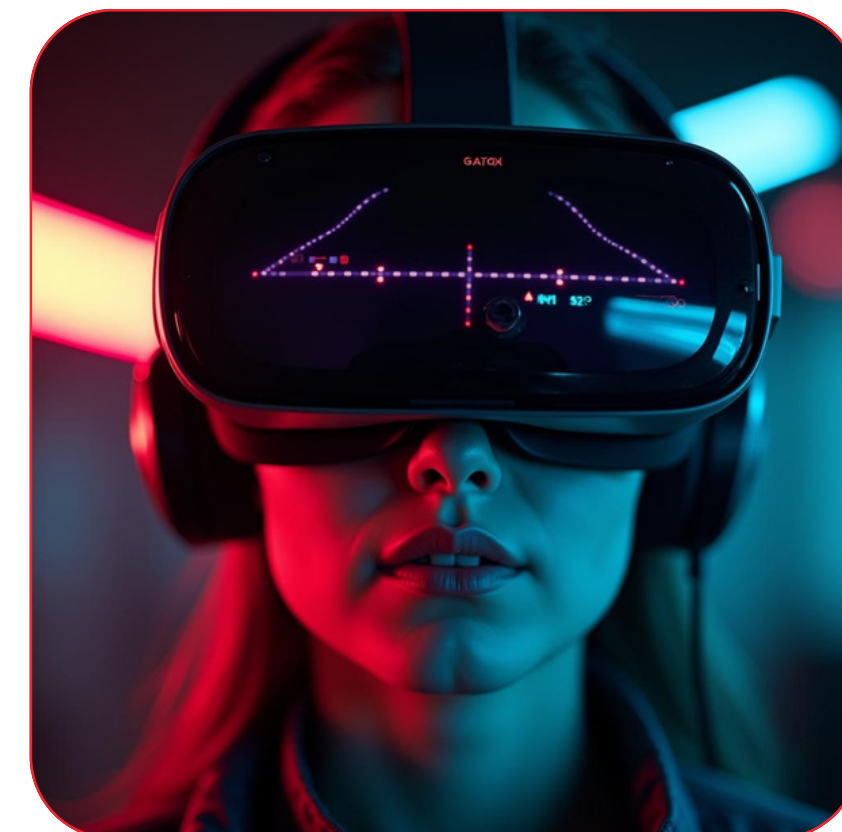


## Dedykowana aplikacja VR symulująca rzeczywiste środowiska laserowe

Opracowana aplikacja VR pozwala na symulację stanowisk pracy z wieloma urządzeniami laserowymi, umożliwiając użytkownikom wybór odpowiednich środków ochrony wzroku na podstawie charakterystyki zagrożeń laserowych.

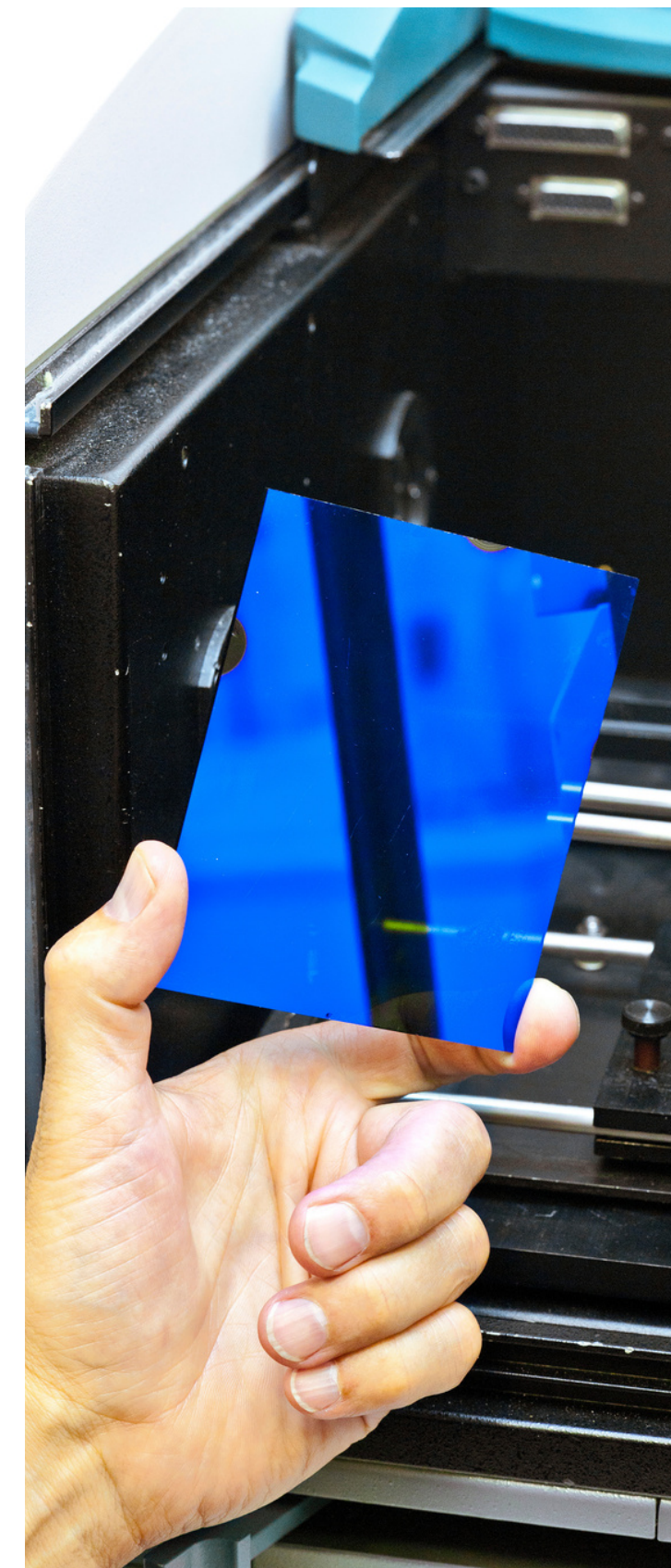
## Specjalistyczne szkolenia

Specjalistyczne szkolenia z zakresu bezpieczeństwa w obsłudze urządzeń laserowych, skierowane do pracowników służby BHP, osób obsługujących urządzenia laserowe oraz grup zawodowych z przemysłu, medycyny, wojska, nauki i dydaktyki.



# Optyczne filtry ochronne do zastosowań w warunkach narażenia na promieniowanie laserowe w przemyśle, medycynie oraz sektorze wojskowym

Obecnie wyzwaniem stanowi zaprojektowanie filtrów optycznych tak, aby tłumiły szkodliwe promieniowanie laserowe przy jednoczesnym zachowaniu optymalnej przepuszczalności światła





# Dziękuję za uwagę

Opracowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. projekt nr I.PN.04 Optyczne filtry ochronne do zastosowań w warunkach narażenia na promieniowanie laserowe w przemyśle, medycynie oraz sektorze wojskowym.

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

**[maokr@ciop.lodz.pl](mailto:maokr@ciop.lodz.pl)**