**Bezpieczeństwo przy użytkowaniu laserów – akty prawne**

Ekspozycja na promieniowanie laserowe (zarówno bezpośrednie, jak i rozproszone) może mieć negatywne skutki dla zdrowia. Z raportów wynika, że znaczna część wypadków przy pracy z urządzeniami, które emitują ten rodzaj promieniowania, dotyczy uszkodzeń oczu i skóry.  Z tego powodu, przy pracy z laserami, bezwzględnie należy przestrze-gać przepisów BHP. Pracodawca natomiast musi spełnić szereg wymagań, aby w miejscu pracy można było wykorzystywać lasery. Wymogi określone są m.in. w następu-jących aktach prawnych:

* Polska Norma PN-EN 60825-1:2010 Bezpieczeństwo urządzeń laserowych – Część 1. Klasyfikacja sprzętu i wymagania.
* [Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. ( z późn. zmianami)w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy](http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20022171833).
* [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](http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20101000643).
* [Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2006/25/WE z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (sztucznym promieniowaniem optycznym).](https://publications.europa.eu/pl/publication-detail/-/publication/63b45333-75f5-4c80-b480-89d959b9ee88/language-pl)

**Promieniowanie laserowe** nie występuje w sposób naturalny w środowisku, lecz wytwarzane jest przez specjalnie do tego celu skonstruowane urządzenia nazywane laserami (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

**Lasery** są to generatory promieniowania elektromagnetyczne-go, najczęściej o długościach fali w zakresie promieniowania optycznego od 100 nm do 1 mm, w których wykorzystywane jest zjawisko emisji wymuszonej promieniowania.

Promieniowanie laserowe znacząco różni się własnościami fizycznymi od promieniowania optycznego emitowanego przez konwencjonalne źródła takie jak promienniki nadfioletu, podczerwieni czy źródła światła stosowane do celów oświetleniowych. Mnogość urządzeń i sposobów wytwarzania wiązki laserowej sprawia, że lasery są urządzeniami bardzo zróżnicowanymi, które łączą jedynie pewne cechy emitowanego promieniowania.

Lasery mają stosunkowo krótką historię liczącą zaledwie pół wieku. W 1960 roku fizyk amerykański Theodore Maiman i współpracownicy zbudowali pierwszy laser rubinowy. Zapoczątkowało to bardzo dynamiczny rozwój laserów i technologii z nimi związanej.

Promieniowanie laserowe stosuje się w różnych procesach technologicznych w przemyśle (np. cięcie, spawanie czy znakowanie laserowe), w medycynie (chirurgia laserowa, lasery biostymulacyjne), nauce oraz wojsku (śledzenie laserowe) i kosmetyce.

Należy tu również wspomnieć o powszechnym wykorzystaniu laserów w przemyśle komputerowym oraz filmowym i fono-graficznym (drukarki laserowe, odtwarzacze i nagrywarki CD i DVD). Urządzenia telekomunikacyjne coraz częściej wyko-rzystują światłowody, którymi przenoszone są informacje zakodowane w modulowanej wiązce laserowej.

Z promieniowaniem laserowym można również zetknąć się podczas projekcji i widowisk, w których wykorzystuje się lasery do osiągnięcia spektakularnych efektów wizualnych.

Podstawą działania lasera jest emisja wymuszona kwantów energii w ośrodku wzmacniającym (nazywanym również substancją laserującą lub ośrodkiem optycznie czynnym). Działanie lasera polega na wzbudzeniu ośrodka optycznie czynnego a następnie wyzwoleniu energii w postaci kwantu promieniowania spójnego.

Promieniowanie laserowe charakteryzuje się wysokim stopniem spójności, monochromatyczności i ukierunkowania a kąt rozbieżności wiązki zwykle nie przekracza kilku miliradianów. Oprócz możliwości skupienia całej energii promieniowania lasera w nadzwyczaj małym paśmie widma i małym kącie bryłowym, można ten sam efekt uzyskać w odniesieniu do czasu. Istotną cecha lasera jest również to, że w większości jego aplikacji można uzyskać generację promieniowania tylko o określonym stanie polaryzacji.

Szeroki zakres zastosowań laserów wiąże się z ich bogatym asortymentem i parametrami, które muszą być ściśle dobrane do potrzeb użytkownika. Laser emituje promieniowanie zazwyczaj o jednej lub kilku długości fal i określonym zakresie mocy przystosowanym do danego zastosowania.

Przykłady zastosowań wybranych typów laserów zapreze-ntowano w tabeli 1.

**Zastosowanie laserów**

Biorąc pod uwagę kilka zalet promieniowania laserowego takich jak wysoka spójność, monochromatyczność, kierunkowość rozchodzenia się wiązki możliwość uzyskania bardzo dużych gęstości mocy wiązki laserowej, które przekraczają o wiele rzędów wielkości gęstości mocy osiąganych w konwencjo-nalnych źródłach można dojść do stwierdzenia, że lasery mają bardzo duże zastosowanie w dziedzinach techniki i medycyny.

Najczęściej urządzenia laserowe stosowane w przemyśle wykorzystywane są w procesach technologicznych takich jak spawanie, cięcie, wiercenie. Można je również wykorzystać jako przyrządy pomiarowe do wyznaczenia prostej linii, pomiaru odległości oraz przechowywania i odczytu danych.

W medycynie natomiast lasery wykorzystywane są między innymi w tak zwanej mikrochirurgii, chirurgii w postaci skalpeli, w okulistyce do przyklejania siatkówki oka jako urządzenie spawające.

W informatyce i telekomunikacji lasery wykorzystuje się do w systemach naprowadzania i śledzenia obiektów, w światło- wodach jako medium przenoszące informacje wewnątrz światłowodu oraz w głowicach odczytujących i zapisujących w napędach optycznych CD i DVD.

Lasery można grupować wg ich różnych cech jak np. typ rezonatora, układ pompujący, ośrodek wzmacniający czy rodzaj (reżim) pracy. Z punktu widzenia rezonatora można mówić o laserach z rezonatorem stabilnym lub niestabilnym, liniowym lub pierścieniowym. Układy pompowania mogą wykorzystywać przepływ prądu, naświetlanie fotonami, reakcje chemiczne. Lasery mogą być o działaniu ciągłym lub impulsowym, a te ostatnie z repetycją impulsów. Rozpatrując sposób i rodzaje przejść elektronów między poziomami ośrodka laserującego mówimy o laserach np. trójpoziomowych lub czteropo-ziomowych. Jednak najczęściej stosowanym i najbardziej ogólnym kryterium podziału laserów jest stan skupienia ośrodków optycznie czynnych. Wyróżniamy tu lasery stałe (kryształ lub szkło jako osnowa), półprzewodnikowe (złączowe), cieczowe (barwnikowe), gazowe (atomowe, jonowe, molekularne). Najpopularniejsze w zastosowaniach technologicznych są lasery CO2, Nd: YAG i excimerowe.  
  
Tabela 1  Zestawienie przykładowych zastosowań wybranych typów laserów

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Typ lasera** | **Długość fali, nm** | **Rodzaj pracy, czas trwania impulsu** | **Sprawność** | **Przykładowe zastosowanie** |
| Rubinowy AlaO3:Cr3+ | 694,3 | Impulsowa, od kilku do kilkunastu µs | 0,1 – 0,5 % | Spawanie, topienie wiercenie, stomatologia,    impulsowa holografia, biologia, pomiar odległości |
| Neodymowy Nd3+: YAG | 1064,6       1300, 1400 | Ciągła lub impulsowa od kilku ps do kilkunastu ms | 0,1-10% (zależy od rodzaju pompy – wieksza przy    pompie diodowej) | Telekomunikacja, laserowe układy śledzące,    kontrolowane reakcje jądrowe, chirurgia, mikroobróbka, cięcie, pomiar    odległości |
| Neodymowy na szkle       Nd: Szkło | 1050-1060 | Ciągła lub impulsowa | 1 – 5% (przy pompie lampowej) | Wzmacniacz optyczny do uzyskiwania impulsów o    mocach GW, inicjowanie kontrolowanej reakcji jądrowej, cięcie, mikrosynteza |
| Półprzewodnkowy       GaINAsP, GaAs, ALGaAS | 800-1600 | Ciągła lub impulsowa | 60-75 % | Telekomunikacja światłowodowa, geodezja,    poligrafia (pośrednio jako pompa do nacinania matryc), nagrywanie i    odczytywanie płyt CD i DVD |
| Tytanowy       Al2O3: Ti3+ | Przestrajalna: 665-1130 | Ciągła lub impulsowa od kilku fs | 0,01 –0,1% (zależy od pompy) | Do określania poziomu skażenia atmosfery (system    LIDAR), separacja izotopów, badania biomedyczne |
| He-Ne | 632,8 | Ciągła | 0,1% | Metrologia, holografia, interferometria |
| Ne-Cu (laser na parach miedzi) | 510,6 i 578,2 | Impulsowa | Do 3% | Precyzyjna obróbka materiałów, dermatologia |
| Azotowy N2 | 337,1 | Impulsowa 10 ns | 20% | Spektroskopia, reakcje fotochemiczne |
| CO2 | Najczęściej 10600 | Ciągła lub impulsowa | 30% | Obróbka materiałów, cięcie, spawanie, chirurgia,    stomatologia, laserowe układy sledzące, kontrolowane reakcje jądrowe, rozdzielanie    izotopów |
| Aleksandrytowy | Przestrajalna: 710-820 | Ciągła lub impulsowa | 0,3% | Do określania poziomu skażenia atmosfery (LIDAR),    medycyna, spektroskopia |
| Excimerowy       KrCl, ArF, KrF, XeCl, XeF | 157, 193, 248, 308, 351 | Impulsowa | 1-2% | Chirurgia (okulistyka, kardiochirurgia), mechanika    precyzyjna, znakowanie, wykonywanie otworów |
| Erbowy na szkle       Er: Szkło | 1540 | Impulsowa | 0,2% | Pomiar odległości bezpieczny dla oka |
| Erbowy       Er: YAG | 2940 | Impulsowa | 1,5% | Medycyna, badania biomedyczne |

**Zagrożenie promieniowaniem laserowym** dla zdrowia człowieka odnosi się do oczu i skóry. Uszkodzenie tych tkanek zachodzi zazwyczaj na skutek reakcji termicznych w wyniku absorpcji dużej ilości energii przenoszonej przez promienio-wanie laserowe.

Najbardziej zagrożone promieniowaniem laserowym są oczy [2]. W zależności od długości fali zagrożone są różne elementy składowe oka. Nadfiolet daleki UVC z zakresu 200- 215 nm i podczerwień o długościach fal powyżej 1400 nm pochłaniane są przez rogówką. Bliski nadfiolet UVA oraz częściowo podczerwień IRA i IRB pochłaniane są przez soczewkę. Natomiast promieniowanie widzialne i bliska podczerwień IRA są przepuszczane do siatkówki. Specjalną uwagę zwraca się na uszkodzenie siatkówki promieniowaniem z zakresu 400 – 1400 nm, które może być szczególnie szkodliwe. Wiąże się to z faktem, że wiązka laserowa o średnicy kilku milimetrów może być skupiona na siatkówce oka do małej plamki o średnicy 10 µm. Oznacza to, że natężenie napromienienia wiązki wchodzącej do oka o wartości 1 mW/cm2 jest efektywnie zwiększone do wartości 100 W/cm2 na siatkówce oka. W rezultacie docierające do siatkówki promieniowanie jest wystarczająco duże aby spowodować uszkodzenie siatkówki. W zależności od miejsca na siatkówce, gdzie skupiane jest promieniowanie laserowe stopień uszkodzenia jest różny. Uszkodzenie w obrębie dołka środkowego może spowodować w rezultacie stałą ślepotę. Skóra jest największym organem ciała człowieka, a ryzyko jej uszkodzenia przez wiązkę lase-rową jest bardzo duże.

Najbardziej zagrożona jest skóra rąk, głowy i ramion. Jednak do wywołania uszkodzeń skóry promieniowaniem laserowym potrzebne są znacznie większe dawki niż w przypadku oka. Promieniowanie laserów pracujących w zakresie widzialnym oraz podczerwonym może wywołać łagodną postać rumienia, jak również przy odpowiednio dużej dawce, być przyczyną poparzeń. Krótkotrwałe impulsy laserowe o dużej mocy szczytowej mogą powodować zwęglenie tkanek.

Jakkolwiek urządzenia laserowe posiadają specjalne osłony oraz wyposażone są w instrukcje bezpiecznego ich użytkowania to zdarzają się przy ich obsłudze wypadki przy pracy, z czego aż 44% wiąże się z ekspozycją na promieniowanie laserowe [3]. Dlatego istotna jest znajomość klasy bezpieczeństwa lasera, które odzwierciedlają stopień szkodliwości danego urządzenia laserowego. W związku z faktem, że promieniowanie laserowe o zróżnicowanych długościach fal i mocach może wywołać różne skutki, podczas oddziaływania z tkanką biologiczną lasery podzielono na siedem klas (wg PN-EN 60825-1: 2000) 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B, 4. Wcześniejszy podział dzielił lasery na pięć klas (1, 2, 3A, 3B, 4). W związku z powyższym producenci są zobligowani do umieszczenia na urządzeniu laserowym informacji o klasie bezpieczeństwa, do której należy dany laser. Dzięki temu użytkownicy tych urządzeń wiedzą, jakie środki bezpieczeństwa mają przedsięwziąć. W tabeli 2 przedstawiono charakterystykę klas laserów.

Tabela 2. Podział laserów i urządzeń laserowych na klasy (PN-EN 60825-1: 2000) [4]

|  |  |
| --- | --- |
| **Klasa** | **Charakterystyka** |
| 1 | Lasery,    które są bezpieczne w racjonalnych warunkach pracy |
| 1M | Lasery    emitujące promieniowanie w zakresie długości fal do 302,5 nm do 4000 nm,    które są bezpieczne w racjonalnych warunkach pracy, ale mogą być    niebezpieczne podczas patrzenia w wiązkę przez przyrządy optyczne |
| 2 | Lasery    emitujące promieniowanie widzialne w przedziale długości fal od 700. Ochrona    oka jest zapewniona w sposób naturalny przez instynktowne reakcje obronne. |
| 2M | Lasery    emitujące promieniowanie widzialne w przedziale długości fal od 700. Ochrona    oka jest zapewniona w sposób naturalny przez instynktowne reakcje obronne,    ale mogą być niebezpieczne podczas patrzenia w wiązkę przez przyrządy    optyczne. |
| 3R | Lasery    emitujące promieniowanie w zakresie długości fal do 302,5 nm do 106    nm, dla których bezpośrednie patrzenie w wiązkę jest potencjalnie    niebezpieczne. |
| 3B | Lasery,    które są niebezpieczne podczas bezpośredniej ekspozycji promieniowania.    Patrzenie na odbicia rozproszone są zwykle bezpieczne. |
| 4 | Lasery,    które wytwarzają niebezpieczne odbicia rozproszone. Mogą one powodować    uszkodzenie skóry oraz stwarzają zagrożenie pożarem. Podczas obsługi laserów    klasy 4 należy zachować szczególną ostrożność. |

Poza urządzeniami klasy 1 użytkowanie laserów niesie za sobą możliwość wystąpienia zagrożeń ich promieniowaniem dla oczu i skóry człowieka. Najniebezpieczniejsze urządzenia laserowe należą do klasy 4. Ich przykładem są lasery wykorzystywane przy cięciu spawaniu i znakowaniu oraz niektóre z laserów stosowanych w medycynie (np. lance laserowe). Przy obsłudze tych laserów konieczne jest zachowanie daleko idących środków bezpieczeństwa.

Każdy stosowany na stanowisku laser musi mieć przypisaną klasę, która wiąże się z koniecznością stosowania odpowie-dnich środków ochronnych przed promieniowaniem laserowym bezpośrednim, natomiast może istnieć potrzeba zabezpieczenia oczu pracownika przed promieniowaniem odbitym i rozpro-szonym. Promieniowanie to często jest również niebezpieczne dla ludzi i powinno być uwzględnione przy projektowaniu bezpiecznego stanowiska z urządzeniem laserowym.  
Najwyższy poziom promieniowania laserowego, który nie powoduje obrażeń oczu i skóry określany jest w odpowiednich aktach prawnych: na poziomie krajowym w rozporządzeniu, a na poziomie Unii Europejskiej – Dyrektywie (2006/25/EU) [5]. W Polsce określa go rozporządzenie  w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, jako maksymalną dopuszczalną ekspozycję MDE (Dz.U. nr 217) [6[. Ustalone wartości graniczne odnoszą się do przypadkowych, krótkotrwałych ekspozycji człowieka na to promieniowanie, a nie do zamierzonych ekspozycji do celów medycznych, rehabilitacyjnych, czy optycznej tomografii komputerowej.

Ekspozycji na promieniowanie laserowe, którego parametry przekraczają ustalone wartości MDE wskazuje na duże ryzyko zawodowe, co jest równoznaczne ze szkodliwym skutkiem dla zdrowia. Dlatego pomiary odpowiednich parametrów promienio-wania laserowego na stanowiskach pracy powinny być wykonywane zgodnie z obowiązującymi przepisami dotyczącymi badań czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. nr 73) [7]. Na ich podstawie powinna być dokonana ocena ryzyka zawodowego, zgodnie z przyjętymi kryteriami oceny zagrożenia (Dz.U. nr 217).

Prawidłowo i bezpiecznie zorganizowane stanowisko laserowe wymaga szczegółowej oceny wszystkich zagrożeń wynikających z jego funkcjonowania. Można przyjąć zasadę, że rozważa się trzy podstawowe elementy, tzn. potencjał zagrożeń spowodowany samym układem laserowym, środowisko, w którym umiejscowiony jest układ oraz stopień świadomości personelu obsługującego.

Podczas pracy z urządzeniami laserowymi należy zachować szczególną ostrożność ze względu na właściwości emitowanego promieniowania, charakteryzującego się znaczną gęstością mocy w porównaniu z promieniowaniem otrzymy-wanym ze źródeł klasycznych. Niebezpieczeństwo wywołane przez urządzenia laserowe nie ogranicza się jedynie do promieniowania emitowanych wiązek laserowych.

Z uwagi na konstrukcję i sposób pracy urządzeń laserowych należy również brać pod uwagę takie źródła zagrożeń jak:

|  |
| --- |
| * zagrożenia elektryczne, * zagrożenia pochodzące od par i gazów (np. w chirurgii dymy powstające na skutek termicznego cięcia tkanek), * zagrożenia pożarowe i wybuchowe (np. zapalenie się materiałów palnych na skutek oddziaływania promienio-wania laserowego dużej mocy), * zagrożenia promieniowaniem towarzyszącym (nielasero-wym) (np. zagrożenia promieniowaniem wysokiej często-tliwości lub rentgenowskim pochodzącym z laserów). |
|  |

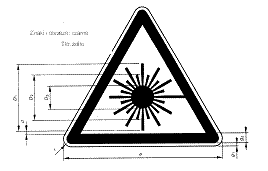
Wszystkie wymienione czynniki stanowią więc potencjał zagrożeń spowodowany samym układem laserowym.

Umiejscowienie układu laserowego odgrywa bardzo ważne znaczenie z punktu widzenia efektywności pracy lasera, jak również bezpieczeństwa. Bardzo ważnymi elementami bezpieczeństwa laserowego jest również zastosowanie odpowiednich blokad bezpieczeństwa oraz środków ochrony indywidualnej i zbiorowej a także szkolenie pracowników. Szkolenie personelu obsługującego urządzenie laserowe powinno obejmować:

|  |
| --- |
| * procedury eksploatacji urządzeń laserowych, * sposób właściwego użycia procedur kontroli zagrożenia, znaków ostrzegawczych, itp., procedury zgłaszania wypadku, * zagadnienia związane ze skutkami biologicznymi   oddziaływania promieniowania laserowego na oczy i   skórę. |

W pomieszczeniach, w których znajdują są urządzenia laserowe, mogące emitować nieosłonięte wiązki promieniowa-nia, należy zapewnić:

|  |
| --- |
| * a) oświetlenie elektryczne o odpowiednio wysokim poziomie   natężenia, gdyż w takich warunkach źrenice oczu są   znacznie mniej rozszerzone niż w miejscach ciemnych i   słabo oświetlonych. Przy mniej rozszerzonej źrenicy, mniej   promieniowania laserowego może wniknąć do oka i a tym   samy skutki szkodliwe są też mniejsze, * b) matowe wykończenie ścian, aby uniknąć przypadkowych   niebezpiecznych odbić zwierciadlanych, * c) odpowiednie zabezpieczenie okien, aby promieniowanie   laserowe nie mogło przedostać się na zewnątrz pomie-  szczenia, * d) odpowiednio oznakowanie wejścia do miejsca, w którym   pracuje laser tak, aby informować o potencjalnym zagrożeniu * Wzór etykiety ostrzegawczej przedstawiono na rysunku 1. |



Rys. 1 Etykieta ostrzegawcza – znak zagrożenia (PN-EN 60825-1: 2000)

**znak informacyjny**



**W tabeli 3 wymieniono podstawowe wymagania i zalecenia dla użytkowników urządzeń laserowych**.

Tabela 3 Podstawowe wymagania i zalecenia dla użytkowników urządzeń laserowych

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Wymagania  i zalecenia | Klasa  lasera | | | | | | |
| Klasa 1 | Klasa 1M | Klasa 2 | Klasa 2M | Klasa 3R | Klasa 3B | Klasa 4 |
| Mianowanie    inspektora do spraw bezpieczeństwa laserowego |  |  |  |  | +1) | + | + |
| Zastosowanie    łącznika zdalnej blokady |  |  |  |  |  | + | + |
| Uruchamianie    kluczem |  |  |  |  |  | + | + |
| Zastosowanie    ogranicznika lub tłumika wiązki laserowej |  |  |  |  |  | + | + |
| Urządzenie    sygnalizujące emisję promieniowania |  |  |  |  | +1) | + | + |
| Zastosowanie    znaków ostrzegawczych |  |  |  |  |  | + | + |
| Osłonięcie    wiązek laserowych |  |  |  |  | + | + | + |
| Unikanie    odbić zwierciadlanych |  |  |  |  | + | + | + |
| Zastosowanie    środków ochrony oczu |  |  |  |  |  | +2) | +2) |
| Zastosowanie    odzieży ochronnej |  |  |  |  |  | +3) | +3) |
| Szkolenie    pracowników w zakresie bezpiecznej pracy z laserami |  |  |  |  | + | + | + |

1) Wymagane tylko podczas emisji promieniowania spoza zakresu widzialnego  
2) Wymagane jeśli w obszarze oddziaływania promieniowania laserowego przekroczone są wartości MDE  
3) Wymagane jeśli promieniowanie laserowe stwarza potencjalne zagrożenie

**Do ochrony przed promieniowaniem laserowym stosowane są**[gogle i okulary wyposażone w odpowiednie filtry optyczne.](https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?_nfpb=true&_pageLabel=P17600564961351869251623&html_tresc_root_id=12125&html_tresc_id=12271&html_klucz=12125&html_klucz_spis=)

**Działanie biologiczne promieniowania laserowego na tkanki:**

1. wzrost syntezy ATP,
2. wzrost syntezy białek,
3. zmiany w błonach biologicznych,
4. zwiększenie aktywności niektórych enzymów i prostoglandyn,
5. wpływ na fagocytozę,
6. wpływ na odporność,
7. wpływ na rozmnażanie i ruchliwość komórek,
8. wzrost mikrokrążenia,
9. stymulacja procesu powstawania nowych naczyń krwio-nośnych,
10. zwiększenie stężenia adrenaliny, noradrenaliny, serotoniny,
11. pobudzenie syntezy miocytów,
12. regeneracja nerwów,
13. zwiększenie stężenia endorfin,
14. zmniejszenie przewodnictwa nerwowego w nerwach czu- ciowych,
15. działanie przeciwbólowe,
16. działanie przeciwobrzękowe i przeciwzapalne,
17. stymuluje regeneracje tkanek.

**Wskazania do zastosowania terapii laserowej nisko-energetycznej:**

1. rany pooperacyjne,
2. owrzodzenia,
3. przeszczepy skóry,
4. choroby narządu ruchu,
5. choroby reumatyczne,
6. choroby skóry,
7. choroby przyzębia.

**Przeciwwskazania do zastosowania terapii laserowej:**

1. ciąża,
2. obecność metalowych implantów,
3. ciężkie infekcje bakteryjne, wirusowe i grzybicze,
4. stany gorączkowe,
5. ogólny stan wyniszczenia organizmu,
6. padaczka,
7. uczulenie na światło,
8. nowotwory,
9. mastopatia włóknista sutka,
10. nadczynność gruczołów dokrewnych,
11. niewyrównana cukrzyca,
12. uszkodzenie skóry przez UV, RTG, promienie jonizujące,
13. inna przeciwwskazania do stosowania IR i promieniowania   
     widzialnego.

Fale elektromagnetyczne – film

<https://www.youtube.com/watch?v=x8tJGv8sNQA>