

WPŁYW ZANIECZYSZCZENIA ŚWIATŁEM NA ZDROWIE PSYCHICZNE

Moduł 1: Podstawy: światło i zdrowie

Cele:

- Wprowadzenie pojęcia światła jako czynnika środowiskowego oraz jego naturalnych i sztucznych form.
- Wprowadzenie pojęcia zanieczyszczenia światłem oraz jego głównych źródeł.
- Wyjaśnienie podstawowych mechanizmów biologicznych, poprzez które światło wpływa na fizjologię człowieka.

Treści dla uczniów:

- Wprowadzenie do zanieczyszczenia światłem: omówienie widma elektromagnetycznego, ze szczególnym uwzględnieniem światła widzialnego i jego cech (natężenie, temperatura barwowa, skład spektralny).
- Badania dotyczące wpływu sztucznego światła na zdrowie człowieka.
- Podstawy fizjologii: wprowadzenie do niewizualnego systemu wykrywania światła w oku, ze szczególnym uwzględnieniem ipRGC (intrinsically photosensitive retinal ganglion cells – wewnętrznie światłoczułych komórek zwojowych siatkówki) oraz roli hormonu melatoniny.

Efekty uczenia się:

Po ukończeniu modułu uczeń będzie potrafił:

- zdefiniować zanieczyszczenie światłem i wskazać jego główne typy oraz źródła,
- wyjaśnić drogę, jaką niewizualna informacja świetlna przemieszcza się z oka do zegara biologicznego w mózgu,
- odróżnić naturalną ekspozycję na światło od zaburzającej ekspozycji na sztuczne światło.



Współfinansowane przez
Unię Europejską

1.1. Wprowadzenie do zanieczyszczenia światłem

W tej części zostanie zdefiniowane zanieczyszczenie światłem oraz jego różne formy, takie jak poświata nieba, przenikanie światła i olśnienie. Omówiony zostanie również historyczny kontekst sztucznego oświetlenia oraz rosnąca skala zanieczyszczenia światłem w środowiskach miejskich.

Zanieczyszczenie światłem to nadmierne, niewłaściwie ukierunkowane lub uciążliwe wykorzystanie sztucznego światła. Jest ono niezamierzoną konsekwencją rozwoju cywilizacji przemysłowej. Obejmuje kilka odrębnych form:

- **Poświata nieba** (skyglow): rozproszona, jasna łuna nad obszarami miejskimi, powstająca wskutek odbijania się światła miasta od cząsteczek znajdujących się w atmosferze. To właśnie dlatego w mieście nie można dostrzec wielu gwiazd.
- **Światło niepożądane** (light trespass): światło docierające tam, gdzie nie jest pożądanego, na przykład światło z lampy bezpieczeństwa sąsiada świecące do okna sypialni.
- **Olśnienie** (glare): nadmierna jasność powodująca dyskomfort wzrokowy, często wynikająca z niewłaściwie osłoniętych źródeł światła.
- **Nadmiar oświetlenia** (clutter): nadmierne i chaotyczne skupiska jasnych światel, często spotykane w strefach handlowych.

Historycznie ludzie polegali na naturalnych źródłach światła, takich jak Słońce, Księżyc czy ogień. Wynalezienie żarówki elektrycznej pod koniec XIX wieku zasadniczo zmieniło tę sytuację, umożliwiając prowadzenie aktywności także w godzinach nocnych. Choć przyniosło to bezprecedensowe korzyści w zakresie produktywności i bezpieczeństwa, zapoczątkowało również współczesne zanieczyszczenie światłem. Rosnąca liczba obszarów miejskich oraz powszechne stosowanie silnych, często nieosłoniętych opraw oświetleniowych dodatkowo pogłębiły problem. Obecnie problem dotyczy nie tylko intensywności światła, ale także jego **widma** — lampy LED, bogate w fale światła niebieskiego, budzą szczególne obawy biologiczne. Zanieczyszczenie światłem jest dziś uznawane za globalny problem środowiskowy, wpływający nie tylko na obserwacje astronomiczne, ale również na zdrowie człowieka i ekosystemy.



Współfinansowane przez
Unię Europejską

1.2. Badania nad wpływem sztucznego światła na zdrowie człowieka

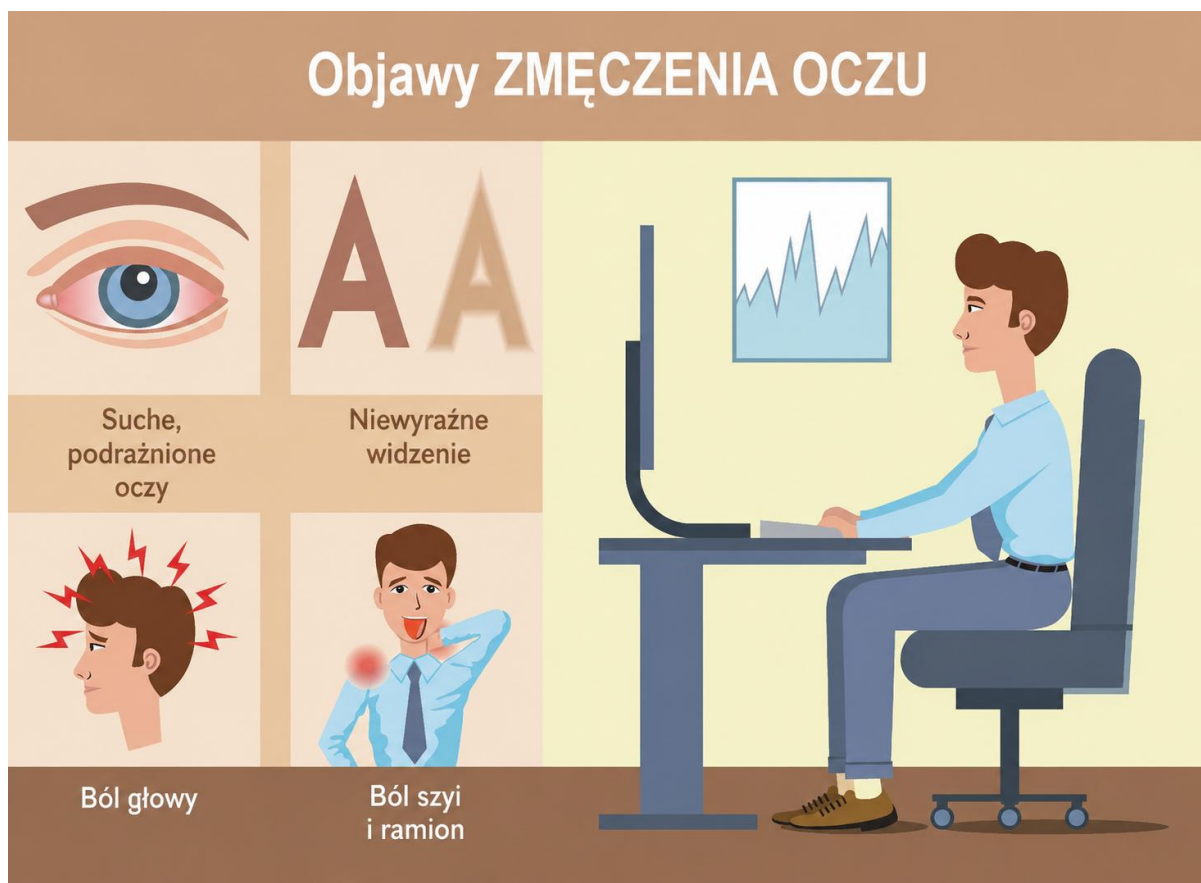
Ta część będzie dotyczyć fizjologicznych skutków ekspozycji na sztuczne światło. Omówiony zostanie wpływ na wzrok, w tym problemy takie jak zmęczenie oczu i zaburzenia widzenia związane z olśnieniem. Przedstawiony zostanie również związek między zanieczyszczeniem światłem a „chorobami cywilizacyjnymi”, takimi jak otyłość i choroby układu sercowo-naczyniowego, a także mechanizmy, poprzez które światło nocne może zakłócać procesy metaboliczne. Moduł obejmie również rosnącą liczbę badań łączących ekspozycję na światło w nocy ze zwiększonym ryzykiem nowotworów, szczególnie raka piersi i raka prostaty, poprzez omówienie roli melatoniny jako hormonu hamującego rozwój nowotworów.

- **Wpływ na wzrok i widzenie**

Najbardziej bezpośrednim i natychmiastowym skutkiem działania sztucznego światła jest jego wpływ na układ wzrokowy. Długotrwała ekspozycja na oświetlenie niskiej jakości może prowadzić do zmęczenia oczu — powszechnej dolegliwości charakteryzującej się uczuciem zmęczenia, bólu i swędzenia oczu, niewyraźnym widzeniem oraz bólami głowy. Problem ten jest często nasilany przez olśnienie, czyli nadmierną jasność zakłócającą prawidłowe widzenie.



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**



Rys. 1. Objawy zmęczenia oczu

Olśnienie może być bezpośrednie (pochodzące ze źródła światła) lub odbite (od błyszczącej powierzchni) i znacząco obniża komfort oraz jakość widzenia. Nowoczesne oświetlenie LED, szczególnie to o wysokiej zawartości światła niebieskiego, może być istotnym źródłem olśnienia i jest wiązane ze zwiększonym ryzykiem długotrwałych uszkodzeń siatkówki.

- **Zanieczyszczenie światłem a „choroby cywilizacyjne”**

Poza wpływem na wzrok, **sztuczne światło w nocy** (ALAN – Artificial Light at Night) jest coraz częściej uznawane za czynnik przyczyniający się do rozwoju różnych chorób przewlekłych, określanych mianem „chorób cywilizacyjnych”, czyli schorzeń związanych ze stylem życia, powszechnych w krajach rozwiniętych.

- **Otyłość i zaburzenia metaboliczne:** Badania wykazały silną zależność między ekspozycją na światło w nocy a wyższym wskaźnikiem masy ciała (BMI). Mechanizm tego zjawiska związany jest z zakłóceniem procesów metabolicznych. Metabolizm organizmu jest zsynchronizowany z rytmem okołodobowym; na przykład wątroba i trzustka funkcjonują zgodnie z 24-godzinnym cyklem. Gdy sztuczne



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

światło nocne hamuje wydzielanie melatoniny i zaburza działanie zegara biologicznego, może prowadzić do insulinooporności, zaburzonej kontroli poziomu glukozy oraz zmian w hormonach regulujących apetyt. Wszystkie te czynniki sprzyjają przyrostowi masy ciała i zwiększają ryzyko rozwoju cukrzycy typu 2.

- **Choroby układu sercowo-naczyniowego:** To samo zakłócenie rytmu okołodobowego może również negatywnie wpływać na zdrowie układu krążenia. Badania wykazały związek między ekspozycją na światło nocne a podwyższonym ciśnieniem krwi i przyspieszonym tętnem. Uważa się, że wynika to z przewlekłego stanu zwiększonej aktywności współczulnego układu nerwowego („reakcji walki lub ucieczki”), która podczas odpoczynku powinna naturalnie się obniżać.

- **Zwiększone ryzyko nowotworów i rola melatoniny**

Szczególnie niepokojącym obszarem badań jest związek między ekspozycją na światło w nocy a podwyższonym ryzykiem występowania niektórych nowotworów, przede wszystkim raka piersi i raka prostaty. Kluczowym mechanizmem biologicznym łączącym te zjawiska jest hormon melatonina.

Melatonina, często nazywana „hormonem ciemności”, jest silnym przeciwutleniaczem i posiada właściwości onkostatyczne (hamujące rozwój nowotworów). Pomaga regulować wzrost komórek, apoptozę (programowaną śmierć komórek) oraz chroni DNA przed uszkodzeniami. Jej produkcja jest bezpośrednio związana z cyklem światła i ciemności — szyszynka wydziela melatoninę jedynie przy braku światła.

Kiedy jesteśmy narażeni na działanie sztucznego światła w nocy, szczególnie światła bogatego w niebieskie fale emitowanego przez ekrany i oświetlenie LED, sygnał melatoninowy zostaje zahamowany. To przewlekłe zahamowanie prowadzi do:

- **zmniejszonej ochrony antyoksydacyjnej:** organizm traci część swojej naturalnej ochrony przed uszkodzeniami DNA i stresem oksydacyjnym.
- **osłabionego nadzoru immunologicznego:** melatonina odgrywa rolę w regulacji funkcjonowania układu odpornościowego, a jej zahamowanie może osłabiać zdolność organizmu do wykrywania i niszczenia komórek nowotworowych.
- **sprzyjania rozwojowi nowotworów hormonozależnych:** w przypadku raka piersi i raka prostaty, które często są nowotworami hormonozależnymi, uważa się, że zaburzenie wydzielania melatoniny (mogące wpływać na poziom hormonów płciowych) tworzy bardziej sprzyjające warunki dla wzrostu nowotworu..

Rosnąca liczba badań epidemiologicznych oraz eksperymentów laboratoryjnych wyraźnie wskazuje, że powszechne stosowanie sztucznego oświetlenia w nocy stanowi niedostatecznie dostrzegany środowiskowy czynnik ryzyka rozwoju tych poważnych schorzeń.



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

1.3 Rytm okołodobowy człowieka, sen i produkcja melatoniny

W tej części wyjaśniono pojęcie **rytmu dobowego**, czyli wewnętrznego, 24-godzinnego zegara organizmu, który reguluje różne procesy fizjologiczne. Zostanie szczegółowo omówiona rola jądra nadskrzyżowaniowego (SCN) w podwzgórzu jako głównego zegara biologicznego. Następnie skupimy się na kluczowej zależności między światłem, SCN a produkcją melatoniny przez szyszynkę. Omówimy, w jaki sposób ekspozycja na sztuczne światło w nocy, szczególnie światło niebieskie, hamuje wydzielanie melatoniny, zaburzając tym samym cykl snu i czuwania.

Rytm dobowy to wewnętrzny, biologiczny zegar naszego organizmu o cyklu 24-godzinnym. Koordynuje on szeroki zakres procesów fizjologicznych — od cykli snu i czuwania oraz wydzielania hormonów, po temperaturę ciała i metabolizm. Rytm ten jest synchronizowany przede wszystkim przez sygnały zewnętrzne, z których światło jest najsilniejszym.

- **Główny zegar: jądro nadskrzyżowaniowe (SCN)**

W centrum tego systemu znajduje się jądro nadskrzyżowaniowe (SCN), niewielka grupa neuronów zlokalizowana w podwzgórzu mózgu. SCN jest uznawane za „główny zegar” organizmu, ponieważ bezpośrednio odbiera i przetwarza sygnały świetlne pochodzące z oczu. Dokładniej, wyspecjalizowane fotoreceptory w siatkówce, zwane wewnętrznymi światłoczułymi komórkami zwojowymi siatkówki (ipRGC), wykrywają światło i przekazują te informacje do SCN.

To umożliwia SCN dostosowanie wewnętrznego zegara organizmu do środowiska zewnętrznego, zapewniając, że nasze procesy biologiczne zachodzą o odpowiedniej porze dnia.

- Szlak światło–SCN–melatonina

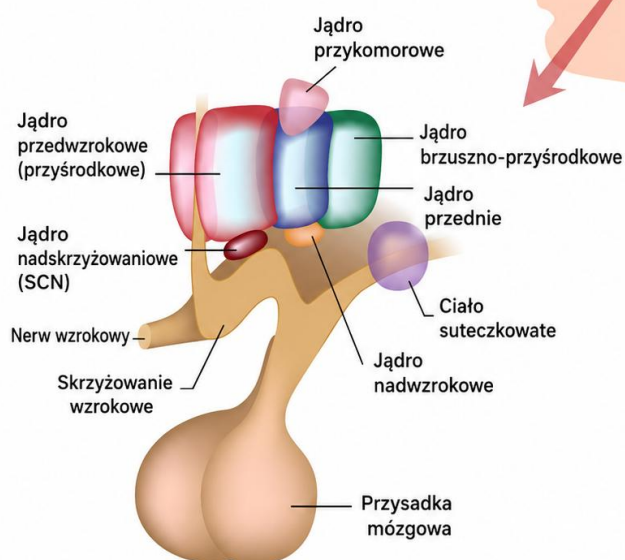
Relacja między światłem, SCN a szyszynką stanowi kluczową pętlę sprzężenia zwrotnego, która reguluje nasz cykl snu i czuwania. Szyszynka to niewielki gruczoł dokrewny zlokalizowany głęboko w mózgu. Jej podstawową funkcją jest produkcja i wydzielanie hormonu melatoniny.

- **Ciemność a produkcja melatoniny:** W okresach ciemności SCN sygnalizuje szyszynce zwiększenie produkcji melatoniny. Melatonina krąży następnie w całym organizmie, sygnalizując, że nadszedł czas snu i wprowadzając organizm w stan fizjologicznego odpoczynku.
- **Światło a hamowanie melatoniny:** Gdy światło pada na siatkówkę, komórki ipRGC wysyłają silny sygnał do SCN. SCN z kolei hamuje produkcję melatoniny przez szyszynkę. To hamowanie „hormonu snu” jest kluczowym mechanizmem wybudzania organizmu i utrzymywania czujności w ciągu dnia.



Współfinansowane przez
Unię Europejską

Podwzgórze



Rys. 2. Główny zegar: SCN

- **Rola sztucznego światła i światła niebieskiego**

Pojawienie się nowoczesnego oświetlenia sztucznego w znacznym stopniu zaburzyło ten naturalny system. Ekspozycja na sztuczne światło w nocy (ALAN), szczególnie światło bogate w zakres **fal niebieskich** (emitowane powszechnie przez smartfony, tablety, komputery oraz nowoczesne oświetlenie LED), jest wyjątkowo skuteczna w hamowaniu produkcji melatoniny. Wynika to z faktu, że komórki ipRGC w oku są najbardziej wrażliwe na światło niebieskie. Nawet niewielka ekspozycja na niebieskie światło wieczorem może „oszukać” SCN, sprawiając, że interpretuje on sytuację jako dzień, co prowadzi do znaczącego i natychmiastowego spadku poziomu melatoniny. To zaburzenie opóźnia zasypianie, pogarsza jakość snu oraz może prowadzić do przewlekłego rozregulowania wewnętrznego zegara biologicznego względem rzeczywistego rytmu snu — stanu znanego jako zaburzenie rytmu dobowego.



Współfinansowane przez
Unię Europejską

Moduł 2: Rytm dobowy a zdrowie psychiczne

Cele:

- Szczegółowe przedstawienie centralnej roli rytmu dobowego w regulacji procesów fizjologicznych człowieka.
- Analiza specyficznych negatywnych skutków zanieczyszczenia światłem dla snu, nastroju oraz funkcji poznawczych.
- Bezpośrednie powiązanie zaburzeń rytmu dobowego z różnymi problemami zdrowia psychicznego i fizycznego.

Treści dla uczniów:

- **Główny zegar organizmu:** omówienie jądra nadskrzyżowaniowego (SCN) i jego roli jako centralnego rozrusznika rytmu dobowego, regulowanego przez cykl światło–ciemność.
- **Wpływ na sen:** Analiza tego, w jaki sposób ekspozycja na bogate w niebieskie światło sztuczne oświetlenie nocą hamuje wydzielanie melatoniny, prowadząc do bezsenności przy zasypianiu, skrócenia fazy REM oraz pogorszenia jakości snu.
- **Konsekwencje dla zdrowia psychicznego:** Omówienie związku między przewlekłym rozregulowaniem rytmu dobowego (spowodowanym zanieczyszczeniem światłem) a zwiększonym ryzykiem depresji, lęków, zaburzeń nastroju oraz pogorszenia funkcji poznawczych (np. pamięci i uwagi).

Efekty uczenia się:

Po ukończeniu modułu uczeń będzie potrafił:

- Opisać funkcję SCN oraz sposób, w jaki czas ekspozycji na światło synchronizuje zegar biologiczny człowieka.
- Wyjaśnić, jak nocna ekspozycja na światło negatywnie wpływa na jakość i ilość snu.
- Podsumować dowody łączące zaburzenia rytmu dobowego wynikające z zanieczyszczenia światłem z powszechnymi problemami zdrowia psychicznego.



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

2.1. Badania nad rytmem dobowym – Nagroda Nobla w dziedzinie medycyny 2017

Ten fragment stanowi szczegółowe omówienie przełomowych badań, które przyniosły Jeffreyowi C. Hallowi, Michaelowi Rosbashowi oraz Michaelowi W. Youngowi Nagrodę Nobla w 2017 roku. Przedstawione zostanie odkrycie przez nich molekularnych mechanizmów kontrolujących rytm dobowy, w szczególności genu oraz białek, które ten gen produkuje. Dostarczy to solidnych podstaw naukowych do zrozumienia, dlaczego zaburzenia rytmu mają tak istotny wpływ na organizm.

Nagroda Nobla w dziedzinie fizjologii lub medycyny w 2017 roku została przyznana Jeffreyowi C. Hallowi, Michaelowi Rosbashowi oraz Michaelowi W. Youngowi za ich przełomowe odkrycia dotyczące molekularnych mechanizmów kontrolujących rytm dobowy. Ich prace, prowadzone głównie na muszce owocowej (*Drosophila melanogaster*), dostarczyły jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, które od dawna fascynowało biologów: „W jaki sposób organizmy wewnętrznie synchronizują swoją fizjologię z regularnym cyklem 24-godzinnej doby?”

Ich badania wykazały, że wewnętrzny zegar biologiczny jest kontrolowany przez samopodtrzymujący się mechanizm sprzężenia zwrotnego, obejmujący określone geny i białka, które te geny kodują. Historia odkrycia rozpoczęła się w latach 80. XX wieku, kiedy Hall i Rosbash, pracując wspólnie na Uniwersytecie Brandeis, zdołali wyizolować gen nazwany **period**. Wykazali, że gen ten odgrywa kluczową rolę w regulacji rytmu dobowego u muchy. Kilka lat później Michael W. Young, pracujący niezależnie na Uniwersytecie Rockefellera, również wniósł istotny wkład, izolując i charakteryzując kolejny ważny gen – **timeless**.

Centralnym odkryciem trójki laureatów był elegancki, a jednocześnie złożony mechanizm molekularny, który sprawia, że zegar biologiczny „tyka”. Gen **period** (*per*) zawiera instrukcje do produkcji białka zwanego PER. Podobnie gen **timeless** (*tim*) dostarcza informacji potrzebnych do wytworzenia białka TIM. W ciągu dnia, na początku nowego cyklu, gen **per** jest aktywowany, co prowadzi do stopniowego gromadzenia się białka PER w komórce. Jednak do wyjaśnienia cykliczności tego procesu potrzebny był dodatkowy mechanizm.

Klucz do oscylacji tkwi w interakcji białek PER i TIM. Oba białka mogą łączyć się ze sobą, tworząc kompleks. Gdy stężenie kompleksu PER–TIM osiąga określony próg, zachodzi kluczowe zdarzenie: kompleks ten może przedostać się do jądra komórkowego. Po wejściu do jądra działa on jako regulator negatywny, skutecznie wyłączając gen, który go wytworzył – gen **per**. Ten mechanizm ujemnego sprzężenia zwrotnego sprawia, że wraz ze wzrostem



Współfinansowane przez
Unię Europejską

poziomu PER białko to ostatecznie hamuje własną produkcję, co prowadzi do ponownego spadku jego stężenia.

W miarę jak kompleks PER–TIM jest stopniowo degradowany przez komórkę, jego hamujący wpływ na gen *per* słabnie. Dzięki temu gen *per* ponownie staje się aktywny, co uruchamia cały cykl od nowa. Ten złożony, samoregulujący się mechanizm wyjaśnia, w jaki sposób rytm dobowy jest generowany wewnętrznie i utrzymywany z niezwykłą precyzją. Cały proces trwa około 24 godzin, idealnie dostosowując się do ruchu obrotowego Ziemi.

Głębokiego znaczenia tych badań nie sposób przecenić. Odkrywając fundamentalne molekularne podstawy zegara biologicznego, Hall, Rosbash i Young stworzyli naukowy fundament do zrozumienia, w jaki sposób rytm ten wpływa praktycznie na każdy aspekt naszej fizjologii. Zaburzenia tego wysoce zsynchronizowanego systemu, wynikające z pracy zmianowej, jet lagu czy współczesnego stylu życia, nie są już postrzegane jedynie jako drobne niedogodności. Obecnie możemy rozumieć na poziomie molekularnym, jak takie zakłócenia wpływają na procesy metaboliczne, funkcje poznawcze oraz – jak omawiano w innych częściach tego modułu – znacząco oddziałują na zdrowie psychiczne, zaburzając delikatną równowagę układów neurologicznych i hormonalnych kontrolowanych przez wewnętrzny zegar organizmu.

2.2. Wpływ zaburzeń rytmu dobowego na bezsenność i zdrowie psychiczne

Nawiązując do poprzedniego modułu, ta część bezpośrednio łączy zaburzenia rytmu dobowego z bezsennością. Omówimy, w jaki sposób przewlekły brak snu oraz jego niska jakość przyczyniają się do szeregu problemów zdrowia psychicznego. Główny nacisk zostanie położony na silną korelację między zaburzeniami rytmu dobowego a zwiększonym ryzykiem rozwoju takich schorzeń jak depresja, lęk, choroba afektywna dwubiegunowa oraz sezonowe zaburzenie afektywne (SAD). Zostaną także omówione szlaki neuronalne i układy neuroprzekaźników (np. serotonina), które są zaburzane przez nieprawidłowy sen i rozregulowany rytm biologiczny.

Nawiązując do podstaw przedstawionych w badaniach nagrodzonych Nagrodą Nobla, możemy teraz bezpośrednio powiązać zaburzenia rytmu dobowego z jednym z ich najczęstszych przejawów: bezsennością. Zaburzenie rytmu dobowego, czyli stan, w którym wewnętrzny zegar organizmu nie jest zsynchronizowany z bodźcami zewnętrznymi, jest jednym z głównych czynników przewlekłej bezsenności. Rozregulowany rytm wysyła do mózgu sprzeczne sygnały dotyczące snu i czuwania, co utrudnia zasypianie, utrzymanie snu oraz osiągnięcie snu o charakterze regeneracyjnym. Taki przewlekły niedobór snu i jego niska jakość nie są jedynie problemem fizycznym — w istotny sposób przyczyniają się do rozwoju licznych zaburzeń psychicznych.



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

Związek między zaburzeniami rytmu dobowego a zdrowiem psychicznym jest dobrze udokumentowany w badaniach naukowych, które wskazują na silną korelację między tymi zaburzeniami a zwiększonym ryzykiem wystąpienia depresji, lęków, choroby afektywnej dwubiegunowej oraz sezonowego zaburzenia afektywnego (SAD). Szlaki neuronalne oraz układy neuroprzekaźników odpowiedzialne za regulację nastroju i funkcji poznawczych są wyjątkowo wrażliwe na zakłócenia cyklu sen–czuwanie. Na przykład synteza i regulacja kluczowych neuroprzekaźników, takich jak serotonina — często określana jako „hormon szczęścia” — są silnie uzależnione od rytmu dobowego. Gdy rytm ten jest zaburzony, poziom serotoniny może ulegać niestabilnym wahaniom, co prowadzi do wahań nastroju i zwiększonej podatności na epizody depresyjne.

Ponadto zaburzenia rytmu dobowego wpływają również na produkcję innych hormonów, takich jak melatonina, która sygnalizuje organizmowi, że nadszedł czas snu. Oprócz regulacji snu melatonina wykazuje także działanie neuroprotekcyjne, a jej rozregulowanie jest związane z zaburzeniami nastroju. Hormon stresu — kortyzol, który fizjologicznie powinien być niski w nocy — może być uwalniany w nieodpowiednich porach, co dodatkowo zaburza sen oraz nasila reakcje lękowe i stresowe. Ostatecznie złożone mechanizmy biologiczne rytmu dobowego są głęboko powiązane z delikatną równowagą neurochemiczną mózgu, a każde długotrwałe zaburzenie może mieć poważne i trwałe konsekwencje dla zdrowia psychicznego i emocjonalnego człowieka.

1. Depresja (duże zaburzenie depresyjne, MDD))

Aspekt	Opis
Mechanizm	Główny związek polega na rozregulowaniu układów neuroprzekaźników (takich jak serotonina, dopamina i noradrenalina) oraz rytmów hormonalnych (np. melatoniny i kortyzolu), które są kontrolowane przez zegar biologiczny. Tłumienie wydzielania melatoniny przez zanieczyszczenie światłem jest kluczowym czynnikiem, ponieważ niski lub nieprawidłowo zsynchronizowany poziom melatoniny wiąże się ze zwiększonym nasileniem objawów depresyjnych. Przewlekłe rozregulowanie rytmu może również prowadzić do neurozapalenia, które odgrywa rolę w patofizjologii depresji.
Wpływ	Badania pokazują, że osoby mieszkające na obszarach o wyższym poziomie zewnętrznego sztucznego światła nocą (ALAN) wykazują większą częstość występowania objawów depresyjnych, a w



Współfinansowane przez
Unię Europejską

Aspekt	Opis
	niektórych przypadkach także zachowań samobójczych. Objawy często obejmują:
	- Zaburzenia snu: bezsenność lub nadmierna senność, co jest cechą charakterystyczną MDD
	- Wahania dobowe: objawy (szczególnie nastrój) często wykazują rytm dobowy, nasilając się rano lub wieczorem, co odzwierciedla rozregulowanie zegara biologicznego.
	- Korelacja nasilenia: stopień rozregulowania rytmu często koreluje z ciężkością objawów depresyjnych.
Dowody	Chronoterapie, takie jak terapia jasnym światłem (stosowana w odpowiednim czasie, zwykle rano w celu resetu zegara biologicznego), są skuteczne w leczeniu niektórych typów depresji, co dodatkowo potwierdza centralną rolę układu dobowego.

2. Lęk i zaburzenia nastroju (w tym choroba afektywna dwubiegunowa)

Aspekt	Opis
Mechanizm	Podobnie jak w depresji, lęk i inne zaburzenia nastroju są związane z zaburzeniem rytmicznej kontroli procesów fizjologicznych. Zaburzenia rytmu dobowego prowadzą do nieprawidłowej regulacji odpowiedzi stresowej, w szczególności osi podwzgórze–przysadka–nadnercza (HPA) oraz rytmu kortyzolu. W warunkach prawidłowych kortyzol osiąga szczyt rano i spada w nocy; jego rozregulowanie może spłaszczać lub przesuwąć ten rytm, zwiększając podatność na stres i lęk.



Współfinansowane przez
Unię Europejską

Aspekt	Opis
Wpływ lęku	Zwiększona ekspozycja na sztuczne światło nocą (ALAN) wiąże się z wyższym ryzykiem objawów lękowych. Często jest to pośredniczone przez zaburzenia snu, ponieważ przewlekła niska jakość snu jest istotnym czynnikiem ryzyka zaburzeń lękowych.
Wpływ na zaburzenia nastroju	W chorobie afektywnej dwubiegunowej (ChAD) zaburzenia rytmu dobowego są uznawane za cechę kluczową. ALAN oraz zaburzenia snu często stanowią czynniki wyzwalające epizody maniakalne lub hipomaniakalne albo zmiany faz choroby. Rozregulowanie może nasilać genetyczną podatność na te zaburzenia poprzez destabilizację wewnętrznej rytmiczności mózgu. U osób z zaburzeniami nastroju obserwowano także zmiany w genach zegara biologicznego (takich jak CLOCK i BMAL1).

3. Osłabiona sprawność poznawcza (pamięć i uwaga)

Aspekt	Opis
Mechanizm	Funkcje poznawcze — takie jak konsolidacja pamięci, utrzymanie uwagi oraz funkcje wykonawcze — nie są stałe, lecz podlegają wyraźnym rytmom dobowym, z najwyższą wydajnością zazwyczaj w ciągu dnia. Przewlekłe rozregulowanie rytmu zmusza mózg do wykonywania złożonych zadań w „biologicznej nocy”, czyli okresie, w którym jest on naturalnie przystosowany do odpoczynku i procesów naprawczych.
Uwaga i czujność	Wydajność w zadaniach wymagających stałej uwagi i czujności jest istotnie obniżona. Rozregulowanie rytmu prowadzi do zwiększonej senności subiektywnej oraz spadku ogólnej czujności, co skutkuje wolniejszym czasem reakcji i większą liczbą błędów, szczególnie we wczesnych godzinach porannych (tzw. minimum rytmu dobowego).



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

Aspekt	Opis
Pamięć	Proces konsolidacji pamięci — czyli przenoszenia nowych informacji do pamięci długotrwałej — zachodzi w dużej mierze podczas snu. Rozregulowanie rytmu dobowego, poprzez powodowanie fragmentarycznego i nieregenerującego snu, zakłóca niezbędną aktywność neuronalną (np. sen wolnofalowy) potrzebną do tego procesu. Przewlekłe zaburzenia mogą prowadzić do pogorszenia uczenia się oraz trudności w zakresie pamięci roboczej.
Dowody	Badania symulujące przewlekłe rozregulowanie rytmu dobowego (np. u pracowników zmianowych) konsekwentnie wykazują istotny spadek wydajności poznawczej, szybkości przetwarzania informacji oraz ogólnej efektywności, co ma poważne konsekwencje dla bezpieczeństwa pracy i wyników edukacyjnych.



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

Moduł 3: Wpływ i strategie ograniczania

Cele:

- Analiza szerszych konsekwencji zdrowotnych i środowiskowych zanieczyszczenia światłem.
- Przegląd praktycznych, interdyscyplinarnych rozwiązań ograniczających zanieczyszczenie światłem i jego skutki zdrowotne.
- Omówienie aktualnych trendów badawczych oraz kierunków przyszłych badań w chronobiologii i zdrowiu środowiskowym.

Treści dla ucznia:

- Szersze skutki: Krótkie omówienie wpływu zanieczyszczenia światłem na faunę (ekochronobiologia) oraz marnotrawstwo energii.
- Strategie ograniczania (projektowanie i polityka): Przegląd skutecznych praktyk oświetleniowych (np. ciepła temperatura barwowa, pełne ekranowanie opraw, niższa intensywność, światło stosowane tylko wtedy, gdy jest potrzebne) oraz roli polityki publicznej (np. inicjatywy Dark Sky, planowanie urbanistyczne).
- Strategie zdrowotne indywidualne: Praktyczne wskazówki dla uczestników dotyczące ograniczania ekspozycji na światło (np. okulary z filtrem bursztynowym, filtry ekranów, optymalizacja zaciemnienia sypialni) oraz zmian behawioralnych.
- Badania przyszłości: Omówienie trwających badań nad wpływem światła na metabolizm, choroby przewlekłe (np. cukrzyca, choroby sercowo-naczyniowe) oraz długoterminowe funkcje neurokognitywne.

Efekty uczenia się:

Po ukończeniu modułu uczeń będzie potrafił:

- Zaproponować i uzasadnić skuteczne zasady projektowania oświetlenia (4 zasady: pełne ekranowanie, odpowiednie widmo, właściwa intensywność, tylko wtedy, gdy potrzebne) w celu redukcji zanieczyszczenia światłem.
- Wskazać co najmniej trzy działania indywidualne i trzy działania na poziomie polityki publicznej, które mogą ograniczać negatywne skutki zdrowotne sztucznego światła nocą.
- Powiązać wpływ zanieczyszczenia światłem na zdrowie człowieka z jego szerszym kontekstem środowiskowym i zdrowia publicznego.



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

3.1 Szersze skutki (wymiar prawny)

Ten moduł obejmuje prawny wymiar problemu. Przeanalizujemy istniejące oraz potencjalne ramy prawne regulujące zanieczyszczenie światłem, w tym przepisy dotyczące zagospodarowania przestrzennego (zoning ordinances), prawo o uciążliwości publicznej (public nuisance laws) oraz międzynarodowe wytyczne. Część ta uwzględnia również prawo jednostki do zdrowego środowiska oraz sekcję przeznaczoną dla odbiorców zainteresowanych kwestiami prawnymi, łącząc ustalenia naukowe z praktycznymi zastosowaniami prawnymi.

- **Istniejące i potencjalne ramy prawne**

Reakcje prawne na zanieczyszczenie światłem funkcjonują zazwyczaj na poziomie lokalnym, krajowym i międzynarodowym, wykorzystując kombinację szczegółowych regulacji oraz ogólnych przepisów dotyczących ochrony środowiska i uciążliwości.

Przepisy dotyczące zagospodarowania przestrzennego

Przepisy te to lokalne regulacje miejskie określające sposób użytkowania terenu oraz standardy zabudowy. Stanowią jedno z głównych narzędzi kontroli zanieczyszczenia światłem, ponieważ określają wymagania dotyczące rozmieszczenia, rodzaju i intensywności oświetlenia zewnętrznego w określonych strefach (np. mieszkaniowych, komercyjnych, przemysłowych).

Często zawierają wymagania „przyjazne dla ciemnego nieba” (Dark-Sky Friendly), takie jak obowiązek stosowania w pełni ekranowanych opraw oświetleniowych (kierujących światło wyłącznie w dół) oraz ograniczenia temperatury barwowej światła (np. ciepłe białe światło poniżej 3000K).

Przepisy budowlane

Przepisy budowlane regulują projektowanie, budowę i modernizację obiektów. Choć tradycyjnie koncentrują się na bezpieczeństwie i stabilności konstrukcji, coraz częściej uwzględniają także efektywność energetyczną oraz ograniczanie zanieczyszczenia światłem.

Kluczowym elementem jest wymaganie stosowania określonych rozwiązań technicznych, takich jak oprawy typu full cut-off (całkowicie odcinające emisję światła w górę), oraz limity mocy (waty) lub strumienia świetlnego (lumenów) na jednostkę powierzchni w nowych budynkach i przy większych modernizacjach, aby zapobiegać nadmiernej emisji światła.



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

Prawo o uciążliwości publicznej

Są to przepisy cywilne i karne dotyczące działań zakłócających korzystanie przez społeczeństwo z zasobów wspólnych lub pogarszających jakość życia. W kontekście zanieczyszczenia światłem odnoszą się one do problemu „niepożądanego światła” (light trespass) lub nadmiernego ośnienia.

Osoby fizyczne mogą wykorzystywać te przepisy do prawnego kwestionowania lub dochodzenia roszczeń w przypadkach, gdy nieprawidłowo skierowane sztuczne światło w sposób nieuzasadniony narusza ich prawa własności lub wpływa negatywnie na zdrowie publiczne.

Ustawy o ochronie środowiska

Są to krajowe lub regionalne akty prawne mające na celu ochronę środowiska naturalnego. Kluczowym elementem jest uznanie zanieczyszczenia światłem za formę degradacji środowiska, którą należy ograniczać.

Choć historycznie koncentrowały się na jakości powietrza i wody, mogą być również stosowane do ochrony fauny, w tym ptaków migrujących, owadów oraz zwierząt nocnych. W ten sposób problem zostaje ujęty w szerszym kontekście ekologicznym.

Wytyczne międzynarodowe

Są to niewiążące prawnie traktaty, rekomendacje lub dokumenty dobrych praktyk opracowywane przez organizacje takie jak Organizacja Narodów Zjednoczonych lub International Dark-Sky Association (IDA). Ich celem jest wspieranie globalnej współpracy oraz wyznaczanie standardów dla krajowych regulacji.

Szczególnie istotne są w kontekście tworzenia obszarów ochrony ciemnego nieba (np. rezerwatów astronomicznych) oraz przeciwdziałania transgranicznym skutkom zanieczyszczenia światłem.

The Right to a Healthy Environment

Fundamentalnym pojęciem w regulacji zanieczyszczenia światłem jest uznanie prawa jednostki lub społeczności do zdrowego środowiska.

W wielu jurysdykcjach prawo to jest bezpośrednio zapisane w konstytucji, co może stanowić silną podstawę prawną do kwestionowania bezczynności władz lub wspierania bardziej restrykcyjnych regulacji dotyczących oświetlenia.



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

„Prawo do gwiazd”: Choć nie jest powszechnie uznanym prawem formalnym, koncepcja ta odnosi się do prawa do środowiska wolnego od uciążliwego sztucznego światła, umożliwiającego naturalną ciemność i widoczność nocnego nieba.

Argumenty prawne mogą przedstawiać zanieczyszczenie światłem jako naruszenie interesów estetycznych, kulturowych i środowiskowych.

Coraz częściej argumentacja prawna łączy zanieczyszczenie światłem z udokumentowanymi skutkami zdrowotnymi (zaburzenia rytmu dobowego), traktując regulacje nie tylko jako ochronę środowiska, ale również jako konieczne środki ochrony zdrowia publicznego.

□ Zanieczyszczenie światłem jako wyzwanie interdyscyplinarne

Zanieczyszczenie światłem jest wyzwaniem interdyscyplinarnym, wpływającym nie tylko na ludzki układ rytmu dobowego.

Wpływ ekologiczny (eko-chronobiologia)

Zanieczyszczenie światłem działa jako silny czynnik stresowy dla ekosystemów, zakłócając naturalny cykl ciemności, od którego zależy wiele organizmów.

- **Zakłócenia funkcjonowania dzikiej przyrody:** Sztuczne światło nocą (ALAN – Artificial Light at Night) wpływa na kluczowe procesy życiowe regulowane przez naturalny cykl światło–ciemność, takie jak migracja, rozmnażanie i żerowanie.
 - **Owady:** Ćmy i inne nocne owady są przyciągane przez sztuczne światło, co prowadzi do wyczerpania, zwiększonej presji drapieżniczej oraz lokalnych spadków populacji. Zaburza to również łańcuch pokarmowy organizmów owadożernych.
 - **Ptaki:** Ptaki migrujące, które nawigują przy użyciu gwiazd oraz pola magnetycznego Ziemi, mogą ulegać dezorientacji przez światła miejskie, co prowadzi do śmiertelnych kolizji z budynkami.
 - **Żółwie morskie:** Młode żółwie instynktownie kierują się w stronę najjaśniejszego horyzontu (naturalnie jest to odbicie Księżyca lub oceanu). Sztuczne oświetlenie przybrzeżne powoduje jednak, że kierują się w stronę lądu, co prowadzi do śmierci z odwodnienia lub padają ofiarą drapieżników.
- **Rośliny:** ALAN może zaburzać u niektórych gatunków roślin rytm sezonowy, w tym moment pączkowania oraz zrzućcia liści, co wpływa na funkcjonowanie całych ekosystemów.



Współfinansowane przez
Unię Europejską

➤ **Marnotrawstwo energii i koszty ekonomiczne**

Zanieczyszczenie światłem oznacza znaczące straty energii. Światło emitowane w górę lub na boki (tzw. poświata nieba lub światło „wyciekające”) nie spełnia swojej funkcji użytkowej i stanowi bezpośrednią stratę energii elektrycznej.

- **Straty energii:** Szacuje się, że istotna część energii zużywanej na oświetlenie zewnętrzne jest marnowana z powodu nieefektywnych opraw i niewłaściwej instalacji, co niepotrzebnie zwiększa emisję gazów cieplarnianych i przyczynia się do zmian klimatu..
- **Obciążenie ekonomiczne:** Marnowana energia przekłada się na miliardy dolarów zbędnych kosztów energii elektrycznej rocznie w skali globalnej.

3.2. Strategie ograniczania: projektowanie i rozwiązania

Skuteczne ograniczanie zanieczyszczenia światłem wymaga praktycznego, interdyscyplinarnego podejścia łączącego odpowiedzialne projektowanie z odpowiednimi politykami publicznymi.

4 zasady odpowiedzialnego oświetlenia

Cztery zasady projektowania oświetlenia są stosowane przez specjalistów ds. oświetlenia i organizacje chroniące ciemne niebo jako podstawowe wytyczne ograniczania negatywnego wpływu ALAN:

1. Pełne ekranowanie (osłony)

Stosowanie opraw, które nie emitują światła powyżej płaszczyzny poziomej (pełne odcięcie). Eliminuje to olśnienie, „ucieczkę” światła na sąsiednie tereny oraz poświatę nieba.

2. Odpowiednie widmo (ciepła temperatura barwowa)

Ograniczenie stosowania światła bogatego w niebieskie widmo w nocy. Zalecane są ciepłe barwy światła lub światło bursztynowe (najlepiej $\leq 3000\text{K}$). Minimalizuje to hamowanie wydzielania melatoniny u człowieka oraz ogranicza zaburzenia SCN (biologicznego zegara) i wpływ na faunę.

3. Odpowiednia intensywność (niższy poziom światła)



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

Stosowanie najniższego poziomu oświetlenia, który nadal zapewnia bezpieczeństwo i funkcjonalność (zgodnie z normami lub realną potrzebą). Redukuje to zużycie energii oraz ogranicza wpływ biologiczny i ekologiczny nadmiernej jasności.

4. Tylko wtedy, gdy potrzebne (strategiczne sterowanie czasowe)

Wykorzystanie timerów, czujników ruchu i systemów ściemniania, aby światło działało tylko wtedy i tam, gdzie jest konieczne. Pozwala to oszczędzać energię, utrzymywać ciemność w kluczowych godzinach biologicznych oraz zwiększać bezpieczeństwo poprzez lepsze wykrywanie ruchu.



Rys. 3. Cztery zasady skutecznego projektowania oświetlenia



Współfinansowane przez
Unię Europejską

Strategie zdrowotne indywidualne i zmiany behawioralne

Strategia	Działanie	Uzasadnienie
Optymalizacja ciemności w sypialni	Stosowanie zasłon zaciemniających oraz eliminacja wszystkich źródeł światła (diody LED, kontrolki ładowarek itp.).	Nawet bardzo słabe źródła światła mogą być rejestrowane przez komórki ipRGCs i zaburzać utrzymanie snu.
Zarządzanie ekranami	Stosowanie filtrów światła niebieskiego (ustawienia systemowe typu Night Shift / Night Light) lub używanie specjalnych okularów blokujących niebieskie światło (bursztynowe) w 1–2 godziny przed snem.	Blokuje zakres długości fali światła najbardziej efektywny w hamowaniu wydzielania melatoniny.
Dostosowanie oświetlenia wewnętrznego	Zmiana oświetlenia na przyciemnione, ciepłobiałe żarówki (poniżej 2700K) po zachodzie słońca.	Naśladuje naturalne przejście do słabego, bardziej czerwonego światła (historycznie: ogień, świeca).
Stalość behawioralna	Utrzymywanie stałych godzin snu i pobudki, także w weekendy (ograniczanie „społecznego jet lagu”).	Wzmacnia 24-godzinny rytm SCN, czyniąc go mniej podatnym na drobne zakłócenia świetlne.



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

• Ćwiczenie praktyczne: obserwacja rytmu dobowego

Ćwiczenie pozwala uczestnikom działać jak chronobiolodzy poprzez monitorowanie indywidualnej ekspozycji na światło i ciemność oraz korelowanie tych wzorców z kluczowymi wskaźnikami rytmu dobowego (sen i czujność).

Cele:

- Monitorowanie osobistej ekspozycji na światło, szczególnie w krytycznych godzinach wieczornych i porannych.
- Obliczenie indywidualnych miar rozregulowania rytmu dobowego (np. „społeczny jet lag”).
- Powiązanie codziennych wzorców ekspozycji na światło (szczególnie światło bogate w niebieskie widmo nocą) z subiektywną oceną jakości snu, poziomu czujności i nastroju.

Część 1: Zbieranie danych

Należy zebrać 7-dniowe dane dotyczące monitorowania własnego rytmu dobowego.

Pora dnia	Mierzony parametr	Uzasadnienie
Poranek	Godzina pobudki i ekspozycja na jasne światło	Należy zanotować dokładną godzinę pobudki oraz moment pierwszej ekspozycji na jasne światło (np. odsłonięcie zasłon, wyjście na zewnątrz, włączenie jasnego oświetlenia sufitowego).
Wieczór	Ostatnia ekspozycja na światło niebieskie	Należy zanotować ostatni moment korzystania z urządzeń emitujących światło bogate w niebieskie widmo (telefon, tablet, komputer) przed snem.
Noc	Czas snu	Należy zapisywać godzinę zaśnięcia oraz pobudki przez wszystkie 7 nocy.
Dzień	Subiektywny poziom nastroju	Ocena ogólnego nastroju i czujności w skali od 1 (bardzo niski) do 5 (bardzo wysoki).



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

Część 2: Analiza danych

Po 7 dniach monitoringu uczestnicy wykonują trzy proste obliczenia pozwalające ocenić rozregulowanie rytmu dobowego.

1. Obliczenie środka snu

Środek snu to matematyczny punkt środkowy okresu snu.

Należy obliczyć osobno dla:

- dni roboczych (poniedziałek–czwartek)
- weekendu (piątek–niedziela).

$$\text{Środek snu} = \text{godzina zaśnięcia} + (\text{całkowity czas snu} \div 2)$$

2. Obliczenie społecznego jet lagu (Social Jet Lag, SJL)

Społeczny jet lag to miara rozbieżności między wewnętrznym zegarem biologicznym (rytm snu w weekend) a wymuszonym harmonogramem społecznym (rytm snu w dni robocze).

$$\text{SJL} = \text{środek snu w weekend} - \text{środek snu w dni robocze}$$

Wartość SJL powyżej 1 godziny uznaje się za istotną i wskazującą na przewlekłe rozregulowanie rytmu dobowego.

3. Analiza braku melatoniny

Porównaj średni czas: ostatniej ekspozycji na światło niebieskie z średnią godziną zaśnięcia.

Im mniejsza różnica (poniżej 1 godziny), tym większe prawdopodobieństwo, że światło niebieskie hamuje wydzielanie melatoniny blisko pory snu, co utrudnia zasypianie.

Część 3: Refleksja własna

- Jaki był Twój obliczony Social Jet Lag (SJL)? W jaki sposób to rozregulowanie może wpływać na Twój nastrój lub funkcjonowanie w poniedziałek rano?
- *Autokorekta:* Jeśli Twój SJL jest wysoki, jakie zmiany możesz wprowadzić w weekendowej rutynie, aby go zmniejszyć?
- Czy Twoje zasypianie było wyraźnie opóźnione po wieczorach z długą ekspozycją na światło niebieskie? Wyjaśnij biologiczny mechanizm tego efektu (odwołując się do melatoniny i SCN – jądra nadskrzyżowaniowego).



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

- *Mitigacja:* Wskaż trzy konkretne działania (np. używanie okularów bursztynowych, przyciemnianie światła), które możesz zastosować w ciągu dwóch godzin przed snem, aby zmniejszyć negatywny wpływ światła.
- Przeanalizuj zależność między nocami najlepszego/najdłuższego snu a Twoim wynikiem nastroju i czujności w kolejnym dniu.
- Na podstawie danych wyjaśnij, w jaki sposób zanieczyszczenie światłem w miastach (ALAN – sztuczne światło nocą) może przyczyniać się na poziomie populacyjnym do wzrostu zaburzeń nastroju i pogorszenia funkcji poznawczych.

Wnioski:

Niniejsza lekcja wykazała, że sztuczne światło nocą (ALAN), czyli zanieczyszczenie światłem, nie jest jedynie problemem estetycznym, lecz fundamentalnym zanieczyszczeniem środowiskowym o istotnych i mierzalnych konsekwencjach dla zdrowia człowieka i ekosystemów.

Wykazano, że światło jest silnym sygnałem niewizualnym, przekazywanym przez wyspecjalizowane komórki siatkówki (ipRGCs) do mózgowego zegara nadrzędnego — jądra nadskrzyżowaniowego (SCN). System ten reguluje funkcjonowanie całego organizmu. Kluczowym zaburzeniem wywoływanym przez zanieczyszczenie światłem jest hamowanie wydzielania melatoniny — hormonu sygnalizującego początek nocy biologicznej. Efekt ten jest szczególnie silny w przypadku ekspozycji na światło bogate w niebieskie widmo w godzinach wieczornych.

Omówiono również, że przewlekła ekspozycja na ALAN prowadzi do rozregulowania rytmu dobowego, zmuszając organizm do funkcjonowania poza jego naturalnym 24-godzinnym cyklem. Zaburzenie to wykracza poza zwykły niedobór snu i jest silnie powiązane ze zwiększonym ryzykiem poważnych problemów zdrowotnych:

- Rozregulowanie systemu rytmu dobowego destabilizuje rytmy neuroprzekaźników (np. serotoniny) oraz hormonów (np. kortyzolu), zwiększając podatność na depresję, lęk oraz nasilenie cykliczności w chorobie afektywnej dwubiegunowej.
- Niska jakość snu i nieprawidłowe fazy czuwania pogarszają zdolność mózgu do optymalnego funkcjonowania, prowadząc do osłabienia pamięci, wolniejszej uwagi oraz obniżonej wydajności poznawczej.



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

Podsumowując, zanieczyszczenie światłem jest kryzysem interdyscyplinarnym wymagającym kompleksowych rozwiązań. Omówiliśmy jego szersze konsekwencje:

- ALAN (sztuczne światło nocą) jest istotnym czynnikiem stresowym w eko-chronobiologii, zakłócającym cykle migracji, żerowania i rozmnażania wielu gatunków — od owadów po żółwie morskie.
- Rozwiązanie opiera się na przestrzeganiu Czterech Zasad Oświetlenia: pełne ekranowanie, odpowiednie widmo, właściwa intensywność oraz stosowanie światła tylko wtedy, gdy jest potrzebne. Poprzez wdrażanie tych zasad w ramach lepszych przepisów zagospodarowania przestrzennego oraz wprowadzanie zmian w indywidualnych nawykach (np. ograniczenie wieczornego korzystania z ekranów), możliwe jest skuteczne ograniczenie skutków zanieczyszczenia światłem.

Przejęcie na energooszczędne oświetlenie LED, mimo że korzystne z punktu widzenia zmian klimatycznych, może stanowić nowe wyzwanie dla zdrowia publicznego, jeśli nie jest stosowane w sposób odpowiedzialny. Nasze opracowanie pokazuje, że ciemność jest zasobem — równie istotnym dla zdrowia jak czyste powietrze i woda. Zrozumienie biologicznej roli rytmu dobowego umożliwia podejmowanie bardziej świadomych decyzji dotyczących oświetlenia, które przynoszą korzyści nie tylko zdrowiu jednostki, ale także globalnemu ekosystemowi i gospodarce publicznej. Celem nie jest eliminacja światła, lecz stosowanie właściwego światła, we właściwym czasie i we właściwym miejscu.



**Współfinansowane przez
Unię Europejską**

Bibliografia:

- Cajochen, C., Münch, M., Knoblauch, V., Blatter, K., & Wirz-Justice, A. (2005). *Alerting effects of light are sensitive to the timing of its administration*. Journal of Sleep Research, 14(4), 439–445.
- Lockley, S. W., Brainard, G. C., & Czeisler, C. A. (2003). *High sensitivity of the human circadian melatonin rhythm to resetting by short-wavelength light*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 88(9), 4502–4505.
- Hattar, S., Lucas, R. J., Mrosovsky, A., Thompson, S., Hatori, M., & Edgar, D. M. (2012). *Melanopsin-containing retinal ganglion cells: Architecture, projections, and intrinsic photosensitivity*. Science, 337(6091), 163–175.
- Toh, K. L. (2008). *Increased risk of cancer among shift workers: evidence and mechanisms*. Journal of Biological Rhythms, 23(4), 360–370.
- Bedrosian, T. A., & Nelson, R. J. (2017). *Artificial light at night: introducing light as an obesity/diabetes risk factor*. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 313(6), R647–R651.
- Monk, T. H. (1990). *Shift work and the circadian rhythm of the performance capacity*. Human Factors, 32(1), 17–28.
- Bourgin, P., & Turek, F. W. (2008). *Circadian rhythms and depression: the molecular link*. Molecular Psychiatry, 13(10), 897–905.
- Gaston, K. J., Bennie, J., Davies, T. W., & Hopkins, J. (2017). *The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic synthesis*. Ecology Letters, 20(10), 1214–1226.
- Longcore, T., & Rich, C. (2004). *Ecological light pollution*. Frontiers in Ecology and the Environment, 2(4), 191–198.
- DarkSky International (IDA) and Illuminating Engineering Society (IES). (Ongoing). Materiały dotyczące zasad odpowiedzialnego oświetlenia zewnętrznego.
- Illuminating Engineering Society (IES). (2020). *Recommended Practice: Light and the Visual Environment for Outdoors (RP-33-20)*.
- Kloog, I., Haim, A., & Portnov, B. A. (2009). *Artificial light at night and risk of prostate cancer*. Chronobiology International, 26(1), 102–113.
- National Cancer Institute: <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/circadian-rhythm>
- <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8729113/>
- National Park Service: <https://www.nps.gov/subjects/nightskies/lightpollution.htm>
- Wikipedia – Light pollution: https://en.wikipedia.org/wiki/Light_pollution
- James Madison University Planetarium: <https://www.jmu.edu/planetarium/light-pollution.shtml>
- National Conference of State Legislatures (NCSL): <https://www.ncsl.org/environment-and-natural-resources/states-shut-out-light-pollution>



Współfinansowane przez
Unię Europejską