

Czym jest zanieczyszczenie światłem?

Zacznijmy od zdefiniowania problemu, który nosi nazwę „zanieczyszczenie światłem” (ang. light pollution). Sama nazwa wydaje się trochę dziwna - zestawienie słów „zanieczyszczenie” i „światło” wydaje się nieodpowiednie. Światło wywołuje pozytywne skojarzenia i nie przywołuje na myśl jakiegokolwiek zanieczyszczenia. No bo jak można zanieczyścić cokolwiek światłem. A jednak można zanieczyścić nocne niebo.

Samo zanieczyszczenie światłem definiuje się jako sztuczne światło produkowane i marnowane przez człowieka, zaburzające naturalny poziom jasności nocnego środowiska. Zanieczyszczenie to powoduje oświetlenie zewnętrzne, które:

- jest nieosłonięte lub nieodpowiednio osłonięte lub źle skierowane, umożliwiając ucieczkę światła poza obszar, który jest celem oświetlania;
- działa w czasie, w którym nie jest potrzebne;
- jest jaśniejsze niż jest to niezbędne.

Zanieczyszczenie światłem można podzielić na następujące kategorie:

- ucieczka światła do obszarów, które nie powinny być oświetlane lub nie są celem danego oświetlania (np: świecenie lamp ulicznych na ściany budynków i do okien);
- emisja światła w ilości większej niż jest wymagane poprzez zbyt jasne oświetlanie lub/ i oświetlanie w czasie gdy to jest zbędne;
- olśniewanie/oślepienie źródłami światła świecącymi wprost do oczu użytkowników (pieszym, kierowcom, itd.) prowadzące do powstania uczucia dyskomfortu lub nawet utrudniające korzystanie z oświetlenia;
- chaos świetlny, powodowany przez źle zaprojektowane oświetlenie, prowadzący do dezorientacji, odwracający uwagę od przeszkód;
- sztuczne rozświetlenie nocnego nieba (łuna) występujące zwłaszcza nad obszarami miejskimi, będące sumą sztucznego światła odbitego od powierzchni oświetlanych lub wyświecanego wprost w niebo a następnie rozproszonego w atmosferze ziemskiej.

Warto w tym miejscu poruszyć kwestię nazewnictwa. Najczęściej gdy mowa jest o zanieczyszczeniu światłem, pojawia się termin „ciemne niebo”. Dzieje się tak z dwóch powodów:

- po pierwsze, z oczywistych powodów o zanieczyszczeniu światłem często mówią astronomowie (amatorzy i profesjonaliści), dla których ciemne nocne niebo, mało lub wcale nie zanieczyszczone światłem jest niezbędne dla prowadzenia obserwacji.
- po drugie (i to jest nawet ważniejsze), ciemność nocnego nieba jest bardzo dobrym, łatwo dostrzegalnym wskaźnikiem jakości nocnego środowiska. Ciemniejsze niebo oznacza, że na danym obszarze mniejsze jest zanieczyszczenie światłem a zatem nocne środowisko (nocna ciemność) jest mniej zaburzone przez sztuczne światło.

Biorąc po uwagę drugi z powyższych punktów, łatwo zrozumieć, że ochrona ciemnego nieba jest równoważna z ochroną nocnego środowiska. Dlatego też możemy zamiennie używać terminów

„nocna ciemność” i „ciemne niebo” lub „ochrona nocnej ciemności” i „ochrona ciemnego nieba”

Olśnienie - warunki widzenia powstałe na skutek niewłaściwej (wysokiej) luminancji (jaskrawości) źródeł światła lub zbyt dużych kontrastów, które powodują uczucie dyskomfortu i obniżają lub uniemożliwiają rozpoznawanie szczegółów.

Olśnienie bezpośrednie - olśnienie spowodowane przez źródła światła znajdujące się w polu widzenia.

Olśnienie odbiciowe (pośrednie) - olśnienie spowodowane odbiciem światła od powierzchni.

Oślepienie - bardzo silne olśnienie powodujące przejściowy brak zdolności widzenia.

Jak zmniejszać zanieczyszczenie światłem?

Definiując termin „zanieczyszczenie światłem” zwróciliśmy uwagę na to, że połączenie słów „zanieczyszczenie” i „światło” wydaje się nieodpowiednie. Równie zaskakujące może być namawianie do ochrony ciemności. Nasze odczucia wynikają z głęboko zakorzenionej w nas symboliki światła i ciemności. Światło symbolizuje życie, dobro, radość, prawdę, itp, natomiast ciemność jest symbolem śmierci, zła, smutku, kłamstwa, ... Tak symbolika światła i ciemności wynika stąd, że jesteśmy gatunkiem, który od początku swego istnienia był aktywny w dzień i do takiej aktywności dobowej jesteśmy przystosowani. Nasz najważniejszy zmysł - wzrok, słabo działa w ciemności. Noc była więc dla prehistorycznego człowieka bardziej niebezpieczną porą niż dzień. W ciemności trudniej było się orientować i dostrzec niebezpieczeństwo grożące ze strony drapieżników. Zdobycie umiejętności w posługiwaniu się ogniem była ważna też dlatego, że dała człowiekowi pewną możliwość „obrony” przed niebezpieczeństwami ciemności. Późniejszy rozwój cywilizacyjny to również historia coraz doskonalszych źródeł sztucznego światła, które umożliwiły nam wydłużenie okresu aktywności na noc.

Od połowy XX wieku, dzięki lampom wyładowczym, możemy niemalże zamieniać noc w dzień, a miasta stały się wyspami światła, które łatwo z orbity dostrzec na nocnej części Ziemi. Pomimo tego, że zyskaliśmy „władzę” na ciemnością, lęk przed nią pozostał, jest on wpisany w ludzką naturę. Daje o sobie znać wtedy, gdy musimy przejść słabo oświetloną uliczką, ciemnym parkiem lub nagle gaśnie światło w naszym domu. Aby zrozumieć to, że nadmiar sztucznego światła jest szkodliwy, i że ciemność jest potrzebna, musimy choć na chwilę zapomnieć o naszym lęku przed nią i spojrzeć na problem z innej perspektywy. Od samego początku istnienia Ziemi obecne jest na niej ciągłe następowanie po sobie dnia i nocy. Życie, które powstało na naszej planecie przystosowało się do tych cyklicznych zmian, tak jak przystosowało się do obecności innych nieożywionych elementów środowiska naturalnego. Każdy z gatunków obecny na Ziemi wybierał sobie jakąś porę doby na swoją aktywność i odpoczynek. Światło i ciemność są więc takimi samymi elementami środowiska przyrodniczego jak powietrze, gleba, woda, skały, ect. Jeżeli zatem chronimy środowisko naturalne przed negatywnymi skutkami działalności człowieka, to również ochronie powinna podlegać ciemność zagrożona nieumiejętnym stosowaniem sztucznego światła.

Zrozumienie problemu zanieczyszczenia światłem prowadzi do wniosków sprzecznych z symboliką światła i ciemności: światło może być szkodliwe a ciemność jest niezbędna. Potrzebna jest więc równowaga pomiędzy światłem a ciemnością. Na szczęście możliwy jest kompromis. Można sprawić, aby noc i nocne niebo były ciemniejsze. I nie chodzi tu o to, by pograżyć miasta i wsie w ciemności. Możemy mieć jasno oświetlone ulice i jednocześnie ciemniejsze niebo nad głowami, a do tego mniejsze wydatki na oświetlenie. Aby tak było, należy przy oświetlaniu stosować kilka prostych zasad:

- Należy używać źródeł światła o jasności nie większej niż jest potrzebna. Jaśniej nie znaczy lepiej, bezpieczniej. Nie chodzi bowiem o to, aby ulice w nocy były tak jasne jak w dzień.

Istnieją ściśle normy mówiące jak jasno powinny być oświetlone różne miejsca.

Zmniejszając jasność oświetlenia do właściwego, odpowiedniego poziomu zmniejszamy też ilość światła trafiającego w niebo po odbiciu od oświetlanych powierzchni. Poza tym należy oświetlać równomiernie tak, aby nie występował efekt olśnienia przy przejściu z obszaru jaśniejszego do ciemniejszego i na odwrót.

- Należy wyłączać oświetlenie lub zmniejszać jego jasność, gdy jest to możliwe. Przykładem może być oświetlenie parkingów przy dużych sklepach, które może być wyłączone po zamknięciu tych sklepów. Inne przykład to iluminacja obiektów zabytkowych raczej zbędna o trzeciej czy czwartej rano.
- Należy stosować obudowy lamp kierujące światło tylko w dół i tylko na obszar, który jest celem oświetlania. Nie należy świecić wprost w niebo!
- Należy używać tych typów lamp, które w najmniejszym stopniu powodują zanieczyszczanie światłem a jednocześnie mają wysoką wydajność.

Przyjrzyjmy się bliżej dwóm ostatnim punktom. Zobaczmy najpierw jakie są różnice pomiędzy dobrymi i złymi typami obudów.

- Obudowa typu kula (patrz Fig.1ab). W dzień niegroźna, może się nawet podobać, ale w nocy nie ma nic gorszego. Połowa światła wysyłana jest bezpośrednio w niebo. Lampa świeci użytkownikom do oczu powodując olśnienie a tym samym gorszą widoczność oświetlanego terenu. W sumie duże marnotrawstwo prądu i pieniędzy.
- Obudowa z wypukłym kloszem (czyli typowa krajowa latarnia uliczna; patrz Fig.2ab). Źródło światła osłonięte od góry, klosz wypukły. Światło lampy kierowane jest w dół, ale rozpraszanie na kloszu powoduje, że jego część (ok. 1/3) ucieka w niebo. Zwiększony przez to rozpraszanie kąt świecenia powoduje również olśnienie. Używanie tych obudów nie jest więc w pełni efektywne.
- Obudowa z płaskim kloszem (skierowana w dół!; patrz Fig.3ab). Źródło światła osłonięte od góry, klosz płaski. Światło kierowane jest tylko w dół i w nie za szerokim stożku, dzięki czemu zjawisko olśnienia jest minimalizowane. Brak ucieczki światła poza wyznaczony obszar i brak olśnienia dają możliwość stosowania lamp o niższej jasności dla uzyskanie podobnego efektu oświetlenia jak w poprzednich dwóch typach. Wykorzystanie tego typu obudów to lepsza widoczność oświetlonych powierzchni, większe bezpieczeństwo, większa użyteczność nocnego oświetlenia i mniejsze zużycie prądu.

Pod adresem obudów z płaskim kloszem pojawia się zarzut, że są zbyt „toporne”, nieestetyczne i nie nadają się do oświetlania np. zabytkowych centrów miast czy parków. Nie jest to jednak prawda. Ilość modeli takich lamp jest ogromna i również one mogą wyglądać estetycznie i elegancko, dobrze komponując się z otoczeniem.

Drugi pojawiający się zarzut jest taki, że obudowy z płaskim kloszem mają zbyt mały kąt świecenia przez co należy je ustawiać bliżej siebie, co oznacza więcej lamp na dany teren a tym samym większe zużycie prądu. I to nie musi być prawdą, wystarczy odpowiednio dobrać rozwartość stożka świecenia. Np. nowe lampy w takich obudowach zamontowano na autostradzie M5 w Anglii, w większych odstępach niż stare z wypukłym kloszem i to na słupach o podobnej wysokości.

Dobra obudowa to nie wszystko, potrzebna jest do niej jeszcze odpowiednia lampa. Obecnie w użyciu jest kilka typów lamp różniących się konstrukcją, wydajnością i widmem emitowanego światła. Lampy żarowe (żarówki) i fluorescencyjne (światłówki) stosowane są głównie do oświetlania wnętrz. Natomiast do oświetlania zewnętrznego wykorzystuje się następujące typy lamp:

- Lampy rtęciowe (LR) to lampy wyładowcze, w których światło powstaje dzięki wyładowaniu elektrycznemu w parach rtęci. Dają światło koloru białoniebiesko-zielonkawego o skomplikowanym widmie (patrz Fig.4). Ich wydajność wynosi 13-45 lm/W (w połowie czasu funkcjonowania). Brak w widmie składowej czerwonej powoduje słabą

rozpoznawalność kolorów - obiekty oświetlone tymi lampami mają zimne barwy. Kolejną wadą jest tych lamp jest obecność trującej rtęci i znaczna emisja UV, która musi być blokowana przez osłonę lub obudowę lampy.

- Lampy metalohalogenkowe to lampy wyładowcze, w których światło powstaje dzięki wyładowaniu elektrycznemu w mieszaninie par rtęci, argonu oraz halogenków metali. Dają światło białe lub białoniebieskie o skomplikowanym widmie, ze wszystkimi barwami składowymi (patrz Fig.4). Dzięki temu umożliwiają dobrą rozpoznawalność barw. Ich wydajność wynosi średnio 38-75 lm/W (w połowie czasu funkcjonowania). Wadą jest obecność UV w widmie, która musi być należycie odfiltrowana i obecność rtęci.
- Lampy sodowe wysokoprężne to lampy wyładowcze, w których światło powstaje poprzez wyładowania elektryczne w parach sodu z dodatkiem rtęci będących pod ciśnieniem $\frac{1}{4}$ ciśnienia atmosferycznego. Dają światło jasnożółte. W widmie dominuje składowa żółta (sód), ale są też obecne inne linie (w części krótko falowej) (patrz Fig.4). Rozpoznawalność barw w świetle tych lamp jest średnia, gorsza niż dla LMH. Zaletą jest natomiast wyższa wydajność: 72-115 lm/W. Problemem jest tak jak poprzednio obecność rtęci.
- Lampy sodowe niskoprężne to lampy wyładowcze, w których światło powstaje poprzez wyładowania elektryczne w parach sodu będących pod ciśnieniem 6×10^{-6} ciśnienia atmosferycznego. Dają one światło żółte, praktycznie monochromatyczne (około 589 nm) (patrz Fig.4). Stąd też wynika największa wada tych lamp - w ich świetle nie można rozpoznawać barw. Drugą wadą jest ich większy w porównaniu z innymi typami, rozmiar, co wymaga większych obudów. Zaletą jest natomiast wysoka wydajność 100-183 lm/W (w połowie czasu funkcjonowania) - najwyższa ze wszystkich typów lamp.

Biorąc pod uwagę wydajność (tym samym energochłonność), trwałość i stabilność, najlepsze są oba typy lamp sodowych i dlatego ze względów ekonomicznych (ekologicznych) powinny być używane do oświetlania zewnętrznego wszędzie, gdzie to jest możliwe. Lampy rtęciowe powinny wyjść z eksploatacji całkowicie, ponieważ ich użytkowanie jest marnotrawstwem energii i pieniędzy. Stosowanie lamp metalohalogenkowych należy ograniczyć do miejsc, gdzie wymagane jest wysoka zdolność rozpoznawania barw.

Lampy sodowe są też lepsze od pozostałych typów pod względem wpływu na zanieczyszczenie światłem. Sztuczne rozświetlenie nieba (łuna) powstaje wskutek rozpraszania światła w atmosferze (tego wyświecanego wprost w niebo i odbitego od powierzchni oświetlanych). Rozpraszanie w atmosferze ma tę własność, że silnie zależy od długości fali (rozpraszanie Rayleigha) i światło niebieskie jest rozpraszane znacznie silniej niż czerwone (stąd niebieski kolor dziennego nieba). Uwzględniając ten fakt widzimy, że lampy sodowe mające słabą składową niebieską mniej wpływają na powstawanie łuny niż LR i LMH.

Z punktu widzenia astronomii spośród przedstawionych typów lamp najlepsze są LSNP. Ich widmo zawiera praktycznie tylko linie sodu na 589 nm, a pozostała część widma jest czysta. Takie zanieczyszczenie łatwo usunąć podczas obserwacji nieba, wystarczy bowiem filtr sodowy, blokujący światło LSNP i mamy praktycznie czyste niebo. Pozostałe typy lamp mają zbyt złożone widmo, aby ich wpływ można było tak prosto usunąć. Z tego powodu w najbliższym otoczeniu obserwatoriów astronomicznych powinny być używane LSNP.

Ze względów praktycznych, czyli najlepszą wydajność, trwałość i stabilność LSNP mogą (i powinny) być stosowane też tam, gdzie rozpoznawanie barw nie jest najważniejsze, a ważne jest dobre oświetlenie terenu (np. autostrady). Istnieje też rozwiązanie pozwalające na stosowanie LSNP w miejscach, gdzie percepcja barw jest „mile widziana”. Konstrukcja oświetlenia mieszanego LSNP + lampa fluorescencyjna (tzw. świetlówka) w proporcjach 9:1 daje dobrą rozpoznawalność kolorów (podobną do LMH) a przy tym zachowuje zalety lamp sodowych niskoprężnych.

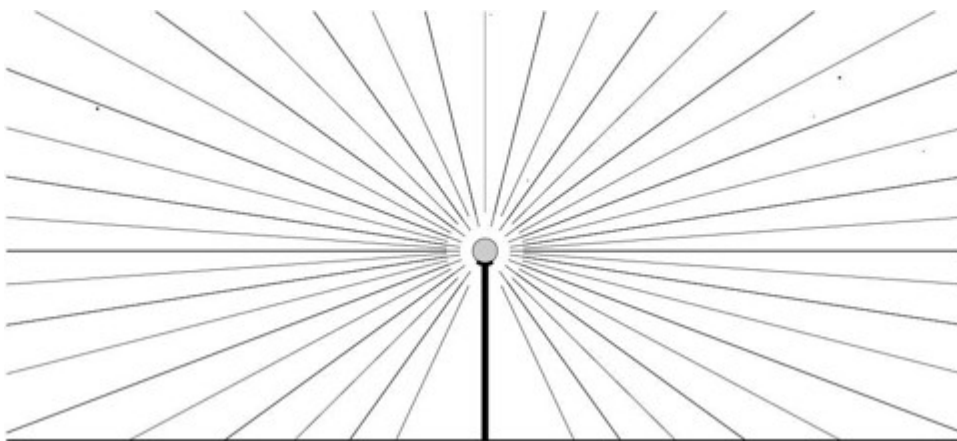


Fig.1a. Obudowa typu kula. Światło umieszczonej wewnątrz lampy w połowie kierowane jest w niebo. (autor: Jan Hollan, Obserwatorium astronomiczne i planetarium w Brnie)



Fig.1b. Przykład obudowy typu kula. Lampa oświetla nie tylko teren pomiędzy budynkami, ale również „pięknie iluminuje” ściany budynków. (autor: Jan Kondziolka)

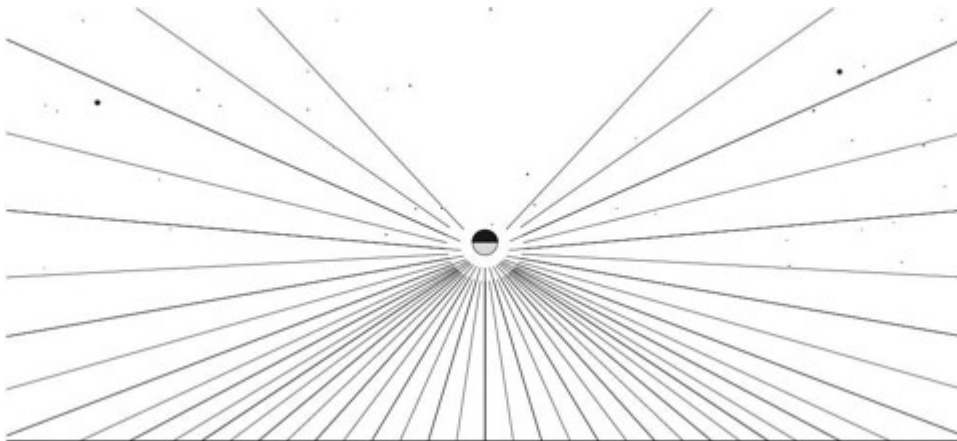


Fig.2a. Obudowa z wypukłym kloszem. Wskutek rozpraszania światła na kloszo około 1/3 emitowanego światła kierowana jest w tam gdzie nie jest użyteczna. (autor: Jan Hollan,



Fig.2b. Przykład obudowy z wypukłym kloszem. Szeroki kąt w jakim emitowane jest światło lampy w tej obudowie powoduje, że dociera ono daleko od źródła do miejsc, w których jej światło nie jest już użyteczne a dodatkowo powoduje większe zjawisko olśnienia (dalekie lampy widoczne są jako jasne, męczące oko źródła).

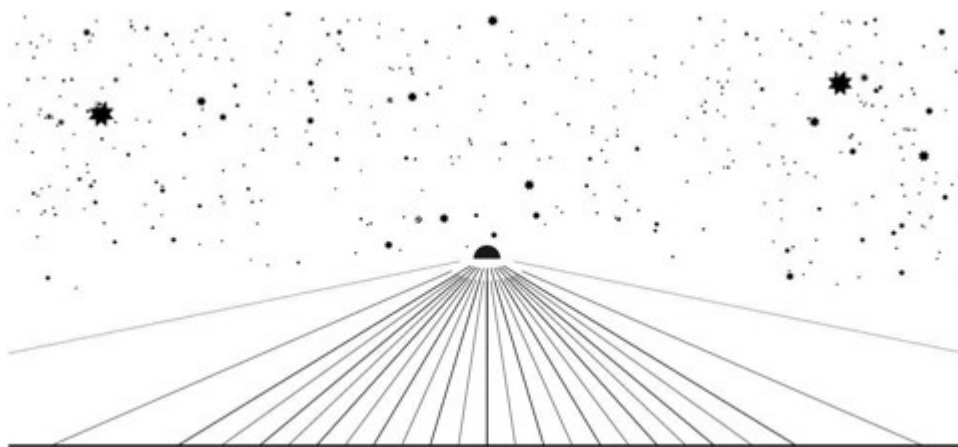


Fig.3a. Obudowa z płaskim kloszem. Światło lampy kierowane jest tylko tam, gdzie jest potrzebne a efekt olśnienia jest minimalizowany. (autor: Jan Hollan, Obserwatorium astronomiczne i planetarium w Brnie)



Fig.3b. Przykład obudowy z płaskim kloszem. Światło lampy emitowane jest w tylko w dół i w odpowiednio szerokim kącie, tak aby trafiało tylko tam, gdzie jest potrzebne. Dalekie lampy są słabo widoczne co oznacza znacznie mniejsze olśnienie (autor:)

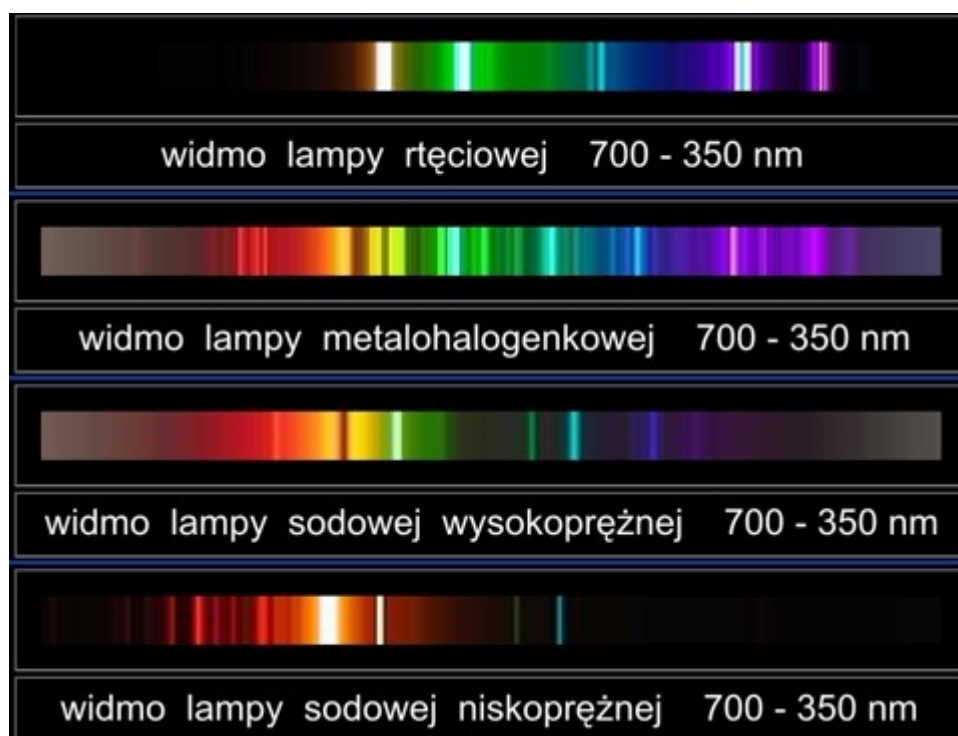


Fig.4. Widma lamp wyładowczych używanych w oświetleniu zewnętrznym. (źródło: IDA)

Dlaczego jest ono szkodliwe?

Współczesna cywilizacja ma już na swoim koncie mnóstwo różnych problemów ekologicznych, ekonomicznych i politycznych. Chcąc dołożyć następny musimy uzasadnić, że zanieczyszczenie światłem jest rzeczywiście ważnym problemem, którego rozwiązaniem trzeba się zająć. Zaczęliśmy nasze rozważania od widoku nocnego nieba. Gdyby pozostać tylko przy tym, to z punktu widzenia ogółu społeczeństwa, całą sprawę można by zlekceważyć stwierdzając, że jeśli chodzi tu tylko o to czy widać w miastach na nocnym niebie 100 czy 1000 gwiazd, to nie jest to żaden problem. Przecież jasno oświetlone ludzkie osady są symbolem postępu, rozwoju cywilizacyjnego, a łunę na miastami możemy uważać za drobny efekt uboczny. To, że widzimy na niebie mniej gwiazd, jest niewielką ceną za jasne, bezpieczne ulice.

Niestety, nie chodzi tu tylko o ciemne niebo, a łuna, jak się zaraz przekonamy, jest takim samym symbolem postępu jak gęsty dym unoszący się z fabrycznych kominów i rzeki "wzbożacone" ściekami. Skutki zanieczyszczenia światłem przejawiają się w kilku dziedzinach życia. Odpowiedzmy więc na pytanie komu i dlaczego zanieczyszczenie światłem szkodzi.

- [bezpieczeństwo] Lampy świecące do oczu powodują zjawisko olśniewania. Zjawisko to wynika z dużego kontrastu pomiędzy jasnym źródłem światła a ciemniejszym otoczeniem. Olśnienie sprawia, że oko nie może dostosować się do różnic w jasności. Efektem tego jest uczucie dyskomfortu mniejsza możliwość widzenia ciemniejszych obszarów. Nadmierne, nierównomierne i oślepiające oświetlenie drogowe może zmniejszać też zdolność widzenia uczestnikom ruchu drogowego oraz odwracać ich uwagę od przeszkód, przyczyniając się do powstawania wypadków. Złe oświetlenie jest szczególnie utrudnieniem, a nawet zagrożeniem, dla osób z niektórymi chorobami wzroku. Złe zaprojektowane oświetlenie uliczne w pobliżu lotnisk może być mylące dla pilotów, a tym samym niebezpieczne.
- [ekologia] Brak ciemności w nocy wpływa na wiele aspektów zachowań flory i fauny, zaburzając naturalne cykle światła i ciemności (dobowe, miesięczne, roczne). Zanieczyszczenie światłem może zakłócać orientację przestrzenną zwierząt, zmieniać wzajemne zależności pomiędzy różnymi gatunkami i wpływać na psychologię, zdobywanie pożywienia, rozmnażanie, komunikację oraz inne istotne zachowania zwierząt.
- [zdrowie] Podobnie jak w przypadku zwierząt, zanieczyszczenie światłem ma również wpływ na ludzi. Nadmiar sztucznego światła w nocy zmienia nasz naturalny cykl dobowy. Wpływ zanieczyszczenia światłem na zdrowie może przejawiać się jako: częstsze bóle głowy, zmęczenie, stres, odczucie niepokoju, bezsenność. Wyniki badań medycznych wskazują, że nocne sztuczne oświetlenie może być czynnikiem powodującym raka piersi, poprzez zmniejszanie ilości wytwarzanego nocą hormonu melatoniny.

- [ekonomia i ekologia] Złe oświetlenie oznacza marnotrawstwo prądu elektrycznego a tym samym pieniędzy (prywatnych i publicznych). Światło, które nie świeci tam gdzie trzeba, kiedy trzeba i zbyt jasno, jest tak samo użyteczne jak ciepło, które w zimie ucieka z mieszkań nieszczelnymi oknami, ogrzewając ulice i parki. Płacąc za złe lub/i zbędne oświetlenie fundujemy sobie dodatkowe zanieczyszczenie atmosfery - energia elektryczna marnowana na zbędne oświetlenie również musi być wytworzona przez elektrownie. To oznacza większą emisję zanieczyszczeń, ponieważ obecnie większość energii wytwarzana jest przez elektrownie pracujące na paliwach kopalnych (w Polsce jest to głównie węgiel).
- [kultura i estetyka] Zanieczyszczenie światłem zdecydowanie zmienia charakter krajobrazu, zubożając go o bardzo ważną składową - o ciemne, rozgwieżdżone niebo. Niebo to od niepamiętnych czasów inspirowało człowieka i kształtowało go. Było źródłem wierzeń, wpływało na sztukę, filozofię, religię, literaturę i naukę. Nadmiar sztucznego światła spowodował, że obecnie dla bardzo wielu ludzi (szczególnie dzieci) ciemne niebo ozdobione mnóstwem gwiazd jest na co dzień niedostępne. Ludzie żyjący pod sztucznie roświełtowanym nocnym niebem często nawet nie mają pojęcia o tym jak naprawdę ono wygląda. Ich obraz nieba jest mocno zdegradowany a to co widzą nocą nad swoimi głowami nie bardzo może zachwycać i inspirować tak jak prawdziwie ciemne niebo.
- [astronomia] Zanieczyszczenie nieba światłem stanowi oczywiście problem dla ludzi pragnących prowadzić obserwacje ciał niebieskich. Astronomowie zawodowi są zmuszeni budować nowoczesne obserwatoria na odludziach, gdzie jest wystarczająco ciemno. Poza tym czasami można zastosować filtry eliminujące sztuczne światło. Niektóre ze starszych obserwatoriów, położone zbyt blisko miast (lub wręcz już w ich obrębie), nie nadają się obecnie do prowadzenia profesjonalnych obserwacji (np: we Wrocławiu). Zanieczyszczenie światłem doskwiera też obserwatorom-miłośnikom. Jeżeli nie mieszkają w wystarczająco ciemnym miejscu, muszą niestety podróżować, aby znaleźć się pod nocnym niebem odpowiadającym ich potrzebom. Choć negatywny wpływ zanieczyszczenia światłem na obserwacje astronomiczne nie jest najważniejszym, ale podawany jest tu jako pierwszy z powodów historycznych. Astronomia była pierwszym miejscem, w którym zanieczyszczenie to stało uciążliwe i astronomowie jako pierwsi zaczęli zwracać uwagę społeczeństwa na ten problem. Również obecnie astronomowie (amatorzy i profesjonalści) należą do osób zaangażowanych w działania mające na celu ograniczenie zanieczyszczenia światłem

Wszystko to sprawia, że zanieczyszczenie światłem jest poważnym problemem, tak jak np. zanieczyszczenie atmosfery, wody i gleby, dziura ozonowa, efekt cieplarniany. W odróżnieniu jednak od nich nie jest on aż tak powszechnie znany. Wiele osób nie zdaje sobie sprawy z jego istnienia.