



## Spis treści

<b>1. Słownik pojęć i terminów.</b>	<b>2.</b>
<b>2. Wstęp.</b>	<b>6.</b>
<b>3. Oświetlenie drogowe.</b>	<b>7.</b>
<b>3.1. Błędy przy projektowaniu oświetlenia drogowego.</b>	<b>9.</b>
<b>4. Sterowanie oświetleniem.</b>	<b>10.</b>
<b>5. Jakość projektów i sprzętu oświetleniowego.</b>	<b>11.</b>
<b>6. Modernizacja oświetlenia.</b>	<b>14.</b>
<b>7. Podsumowanie.</b>	<b>15.</b>
<b>8. Bibliografia.</b>	<b>17.</b>



## 1. Słownik pojęć i terminów

**Strumień świetlny** – Jego wartość informuje jaki jest potencjał świetlny danego urządzenia oświetleniowego w każdym kierunku. Jednostką jest lumen [lm].

**Światłość** – określa potencjał świetlny danego urządzenia oświetleniowego w konkretnym kierunku. Jednostką jest kandela [cd].

**Temperatura barwowa** – podawana w kelwinach [K]. Określa barwę światła od ciepłej (poniżej 3300 K, np. świeczka ok. 2000 K, żarówka 2700 K) poprzez neutralną (3300 K - 5300 K) do chłodnej (powyżej 5300 K, zwanej też barwą dzienną, zimną).

**Wskaźnik oddawania barw (CRI,  $R_a$ )** – wskaźnik mówiący o tym, w jakim stopniu dane źródło światła oddaje barwę. Przyjmuje on wartości od 0 (brak jakiegokolwiek oddawania barw, np. stosowane w oświetleniu drogowym źródło sodowe niskoprężne) do 100 (np. żarówka). Za wystarczającą wartość wskaźnika oddawania barw przyjmuje się  $R_a \geq 80$ , poza pewnymi wyjątkami (np. sale operacyjne, pracownie artystyczne).

**Równomierność oświetlenia** – stosunek minimalnego natężenia oświetlenia (lub luminancji) do średniego natężenia oświetlenia (lub luminancji); dla równomierności wzdłużnej w oświetleniu drogowym jest to stosunek minimalnej do maksymalnej wartości luminancji. Przyjmuje wartości z przedziału 0-1. Informuje o tym, jak równomiernie jest oświetlona dana powierzchnia (np. czy nie występują ciemniejsze miejsca w pomieszczeniu lub czy oświetlenie drogi nie zawiera obszarów wyraźnie ciemniejszych i jaśniejszych).

**Natężenie oświetlenia** – określa ile strumienia świetlnego dociera do danej powierzchni. Jednostką jest luks [ $lx = lm/m^2$ ]. Np. poprawnie oświetlone stanowisko do pracy biurowej powinno charakteryzować się średnim natężeniem oświetlenia na poziomie min. 500 lx.

**Cylindryczne natężenie oświetlenia** – jest to średnie natężenie oświetlenia w danym punkcie dla pełnego obrotu pionowej płaszczyzny wokół osi zawierającej ten punkt. Jednostką jest luks [lx].

**Modelowanie** – określa stan równowagi pomiędzy oświetleniem kierunkowym, a rozproszonym. Jest to stosunek cylindrycznego natężenia oświetlenia do poziomego natężenia oświetlenia na tej samej wysokości, dla tego samego punktu. Wartości modelowania powinny wynosić pomiędzy 0,3 a 0,6.

**Trwałość** – trwałość tradycyjnych źródeł światła określało się jako czas, po którym połowa źródeł danej populacji światła przestanie świecić (np. dla żarówki wynosi 1000 godzin). Trwałość LED określa się parametrami L i B, np. L70B10 50 000h oznacza, że po 50 000 godzin co najmniej 90% opraw (B=100-90) zachowa 70% (L) swojego początkowego strumienia świetlnego. W praktyce oznacza to, że po pewnym czasie oprawy (lub źródła) LED należy wymienić na nowe pomimo, że jeszcze działają (świecą), lecz ich strumień świetlny jest zbyt niski, aby zapewnić wymagane zgodnie z normą poziomy oświetlenia.

**Rozsył (wykres) światłości, bryła fotometryczna** – bryła fotometryczna jest odwzorowaniem graficznym kierunków świecenia oprawy. Informuje o sposobie świecenia oprawy (źródła światła). Patrząc na bryłę fotometryczną oprawy (lub wykres światłości, który jest przekrojem tej bryły w danych płaszczyznach) możemy wywnioskować czy oprawa świeci wąsko, czy szeroko, czy świeci tak samo w każdym kierunku, czy może świeci szerzej w jednym kierunku, a bardziej wąsko w innym (np. oprawa oświetlenia drogowego).

**Moc bierna, współczynnik mocy ( $\cos\phi$ , PF)** – jej jednostką jest var [var]. Moc bierna urządzenia związana jest z występowaniem w urządzeniu elementów o charakterze pojemnościowym i/lub indukcyjnym. W przypadku oświetlenia tradycyjnego moc ta praktycznie nie występowała (żarówki) lub miała charakter indukcyjny (światłówki, lampy wyładowcze) i wymagała kompensacji za pomocą kondensatorów. W przypadku źródeł LED ma ona charakter pojemnościowy. Moc bierna powoduje, że odbiorca energii musi liczyć się z dodatkowymi opłatami za jej pobór (nie dotyczy gospodarstw domowych). Zazwyczaj stawki za zużycie energii biernej [kvarh] pojemnościowej są dużo większe niż za energię czynną. Należy więc zwracać uwagę na współczynnik mocy urządzenia ( $\cos\phi$ ). Im jest bliższy jedności (np.  $\cos\phi \geq 0,9$ ) tym mniejszy jest udział mocy biernej w pracy urządzenia.

**Moc czynna** – jednostką jest wat [W]. Jest to moc danego urządzenia, która odpowiada za pobór energii elektrycznej jeśli odniesiemy ją do czasu działania urządzenia (np. żarówka 100 W przez godzinę działania zużyje 0,1 kWh energii elektrycznej).

**Luminancja** – Opisuje jasność (jaskrawość) danej powierzchni. W przypadku oświetlonej powierzchni rozpraszającej zależna jest od natężenia oświetlenia tej powierzchni, wielkości tej powierzchni, współczynnika odbicia danej powierzchni, a także od kąta obserwacji. W przypadku oprawy oświetleniowej (lub źródła światła) luminancja wynika z tego, jak dużo strumienia świetlnego emitowane jest w danym kącie z danej powierzchni. Jednostką luminancji jest kandela na metra kwadratowy [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]. Np. luminancja oświetlonej jezdni powinna wynosić  $0,5 \text{ cd}/\text{m}^2 - 2 \text{ cd}/\text{m}^2$ , monitory komputerowe charakteryzują się luminancjami ok.  $100 \text{ cd}/\text{m}^2 - 300 \text{ cd}/\text{m}^2$ , a luminancja pojedynczego chipu ledowego sięga setek milionów  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

**Wskaźnik ośnienia UGR** – wskaźnik mówiący o tym, jakie jest ryzyko ośnienia pochodzącego od opraw oświetleniowych we wnętrzach. Obliczany jest za pomocą oprogramowania do projektowania oświetlenia (np. Relux, Dialux). Zależy m.in. od rozmieszczenia opraw oświetleniowych, ich luminancji i brył fotometrycznych, ale także od luminancji różnych powierzchni w pomieszczeniu (głównie ścian). Np. dla pomieszczeń biurowych wartość UGR nie może być wyższa niż 19.

**Luminancja  $L_{65}$**  – luminancja oprawy oświetleniowej w  $\text{cd/m}^2$  dla kąta  $\gamma \geq 65^\circ$ . Może zostać odczytana z tabeli luminancji oprawy dostarczonej przez producenta. W zależności od konkretnego przypadku dla pomieszczeń z monitorami komputerowymi żadna wartość luminancji od kąta  $65^\circ$  i powyżej nie powinna przekraczać wartości  $3000 \text{ cd/m}^2$ ,  $1500 \text{ cd/m}^2$  lub  $1000 \text{ cd/m}^2$ .

**Współczynnik utrzymania** – określa przewymiarowanie poziomów wymaganych w normie. Aby instalacja oświetleniowa spełniała wymagania w jak najdłuższym okresie od jej uruchomienia należy przewymiarować oświetlenie zgodnie z założonym systemem konserwacji. Na poziomy natężenia oświetlenia wpływają czynniki takie jak: zabrudzenie opraw oświetleniowych, zabrudzenie pomieszczenia (ścian, sufitu), spadek strumienia świetlnego opraw czy wygasanie źródeł światła. Projekt oświetleniowy powinien zawierać opis systemu konserwacji z interwałami zabiegów konserwacyjnych, takich jak np. czyszczenie opraw, okres odnawiania pomieszczenia czy czas, po którym należy wymienić źródła światła (lub oprawy oświetleniowe). Np. jeżeli zgodnie z wynikami obliczeń w danym pomieszczeniu średnie natężenie oświetlenia wynosi  $500 \text{ lx}$  przy współczynniku utrzymania  $0,8$  to z pomiarów, zaraz po uruchomieniu instalacji oświetleniowej, powinniśmy uzyskać  $500/0,8=625 \text{ lx}$ .

**Migotanie (flickering)** – zjawisko związane z migotaniem, pulsowaniem światła. Migotanie może być widoczne gołym okiem lub nie, natomiast w obu przypadkach jest zjawiskiem szkodliwym. Może źle wpływać na samopoczucie osób przebywających w pomieszczeniu, prowadzić do problemów z koncentracją, bólów oczu i głowy i szybszego zmęczenia wzroku. Może być zmierzone za pomocą specjalnych mierników fotometrycznych (czasami jest także widoczne po skierowaniu obiektywu aparatu cyfrowego na źródło światła).

**Skuteczność świetlna** – określa jaki strumień świetlny jest uzyskiwany z jednego wata mocy czynnej pobieranej przez źródło światła (oprawę oświetleniową). Jednostką są lumeny na wat [ $\text{lm/W}$ ]. Skuteczności świetlne współczesnych ledów sięgają wartości  $200 \text{ lm/W}$ , dla porównania skuteczność świetlna żarówek to kilkanaście lumenów z wata.

**Sprawność oprawy oświetleniowej** – podawana w [%]. Jest to stosunek strumienia świetlnego oprawy oświetleniowej do strumienia świetlnego wszystkich źródeł światła w oprawie (pomnożony przez  $100\%$ ). Pojęcie sprawności oprawy odnosi się głównie do opraw z wymiennymi źródłami światła (np. oprawy świetlówkowe). Większość opraw ze źródłami LED ma sprawność  $100\%$  (nie mierzy się samego strumienia źródeł LED), stąd oceniając oprawę oświetleniową LED lepiej zwracać uwagę na jej skuteczność świetlną.

**Przyrost progowy  $f_{PI}$**  – podawany w [%]. Określa maksymalny wzrost kontrastu obiektu zapewniający jego widoczność w związku z olśnieniem pochodzącym od opraw oświetlenia drogowego. Obliczany jest za pomocą oprogramowania do projektowania oświetlenia (np. Relux, Dialux).

**Wskaźnik oświetlenia otoczenia  $R_{EI}$**  – stosunek natężenia oświetlenia na poboczu drogi do natężenia oświetlenia na sąsiadującym z nim pasie ruchu. Do obliczeń bierze się pod uwagę pobocze o szerokości takiej samej jak pas ruchu.

**Wskaźnik olśnienia  $R_{GL}$** – wskaźnik olśnienia dla oświetlenia zewnętrznego. Dopuszczalne normą wartości w zależności od typu pracy wahają się od 40-55. Obliczany jest za pomocą oprogramowania do projektowania oświetlenia (np. Relux, Dialux).

**Elipsy MacAdama (SDCM)**– Parametr ten określa jednorodność (chromatyczność) światła. W oprawach oświetleniowych, w których LEDy mają duże wartości elips MacAdama możemy zauważyć, że pojedyncze diody nie mają tej samej temperatury barwowej lub nawet dwie takie same oprawy różnią się od siebie temperaturą barwową. Parametr ten możemy spotkać także pod skrótem SDCM. Im niższa wartość tego parametru, tym diody w danej oprawie zostały dokładniej wyselekcjonowane. Za wartości nierozróżnialne gołym okiem przyjmuje się niższe bądź równe 3.



## 2. Wstęp

Oświetlenie sztuczne towarzyszy człowiekowi od wieków. Najpierw były to ogniska, pochodnie, lampy oliwne czy naftowe, aż pod koniec XIX wieku pojawiło się oświetlenie elektryczne. Od ponad stu lat było ono systematycznie rozwijane i ulepszane, pojawiały się nowe sposoby wytwarzania światła, a wraz z nimi nowe konstrukcje źródeł światła i opraw oświetleniowych. Era żarówek, świetlówek i lamp wyładowczych, które dziesiątki lat były obecne w naszym otoczeniu powoli dobiega końca. Obecnie zaczynają królować źródła w technologii LED (light emitting diode), które wypierają tradycyjne źródła światła, zarówno z rozwiązań przemysłowych jak i z naszych domów. Wraz z LED-ami pojawiło się wiele nowych możliwości oraz zagrożeń. Umiejętne i świadome wykorzystanie technologii LED w oświetleniu przynosi zyski w postaci oszczędności na zużyciu energii elektrycznej, jak i wieloletniej bezproblemowej eksploatacji tego typu urządzeń. O tym, czy ta eksploatacja rzeczywiście będzie bezproblemowa decyduje zarówno jakość sprzętu oświetleniowego, jego poprawne zamontowanie oraz dobór i rozmieszczenie opraw oświetleniowych do danych potrzeb.

Projektowanie oświetlenia jest zadaniem inżynierskim. Poza kwestiami związanymi z estetyką danego sprzętu jego dobór musi być poparty analizą parametrów technicznych danego urządzenia i wykonaniem projektu oświetlenia za pomocą specjalistycznego oprogramowania komputerowego (np. Relux, Dialux). Projekt oświetlenia jest częścią projektu elektrycznego, więc jako element dokumentacji musi zostać zatwierdzony przez osobę posiadającą odpowiednie uprawnienia. Podstawowymi wytycznymi do projektowania oświetlenia są poszczególne normy. W tym opracowaniu umówiono aspekty związane z oświetleniem drogowym (normy PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02, PN-EN 13201-2:2016-03), oświetleniem miejsc pracy we wnętrzach (PN-EN 12464-1:2012) i miejsc pracy na zewnątrz (PN-EN 12464-2:2014-05). Warto także dodać, że istnieją inne normy związane z projektowaniem oświetlenia dotyczące np. oświetlenia awaryjnego (PN-EN 1838:2013-11, PN-EN 50172:2005) czy oświetlenia w sporcie (PN-EN 12193:2019-01).



### 3. Oświetlenie drogowe

Rolą oświetlenia drogowego jest zapewnienie odpowiedniej widoczności po zmroku dla wszystkich użytkowników ruchu drogowego (kierowcy, rowerzyści, piesi), ale także stworzenie poczucia bezpieczeństwa. Aby oświetlenie drogowe spełniało dobrze swoją rolę musi zapewniać odpowiednie poziomy luminancji czy natężenia oświetlenia, cechować się odpowiednią równomiernością i nie oślepić użytkowników. Na oświetlenie drogowe, poza oświetleniem samej jezdni, składa się także oświetlenie pobocza, chodników, skrzyżowań, przejść dla pieszych czy ścieżek rowerowych. Każdy z tych elementów wymaga osobnego rozpatrzenia zgodnie z obowiązującą normą.

Projekt oświetlenia jezdni powinien zaczynać się od określenia klasy oświetlenia. Na podstawie tabeli 1 zamieszczonej w normie PN-EN 13201-1:2016 projektant określa klasę oświetlenia (M1-M6). Wybór klasy oświetlenia zależy m.in. od projektowanej prędkości drogi, natężenia ruchu czy jasności otoczenia. Poszczególne klasy różnią się od siebie wymaganiami, np. średnia luminancja nawierzchni jezdni w klasie M1 powinna wynosić co najmniej  $2 \text{ cd/m}^2$ , a dla klasy M6 -  $0,30 \text{ cd/m}^2$ . W praktyce przekłada się to na moc zainstalowanych opraw oświetleniowych czy gęstość rozmieszczenia słupów z oprawami. Bez względu na to czy mamy do czynienia z nową instalacją oświetleniową, czy z modernizacją oświetlenia to każda złożona oferta na oprawy oświetleniowe powinna być poparta obliczeniami. W pierwszym przypadku projekt powinien być zoptymalizowany pod względem jak najrzadszego rozmieszczenia słupów z oprawami, co przekłada się na oszczędności inwestycyjne. W drugim przypadku oprawy oświetleniowe powinny być dopasowane do rozstawienia słupów pod kątem jak najniższej mocy, która gwarantuje spełnienie wymagań normatywnych, co z kolei przełoży się na oszczędności eksploatacyjne. Parametrami, które muszą być spełnione jeśli chodzi o oświetlenie jezdni są:

- średnia luminancja nawierzchni jezdni  $L$ ,
- równomierność ogólna  $U_0$
- równomierność wzdłużna  $U_1$ ,
- przyrost progowy  $f_{TI}$ ,
- wskaźnik oświetlenia otoczenia  $R_{EI}$ .

Warto dodać, że w przypadku średniej luminancji, równomierności i wskaźnika oświetlenia pobocza norma mówi o wartościach minimalnych, a w przypadku przyrostu progowego o maksymalnych.

Jak zostało już wcześniej wspomniane oświetlenie skrzyżowań (ogólnie stref konfliktowych, w tym skrzyżowań ze ścieżkami rowerowymi czy z ruchem pieszym, miejsc niebezpiecznych takich jak np. kończący się pas ruchu na jezdni wielopasmowej), powinno zostać potraktowane jako osobne zagadnienie. Podobnie jak w przypadku jezdni na podstawie normy należy dobrać odpowiednią klasę (C0-C5) i bazując na wymaganiach danej klasy zapewnić odpowiedni poziom średniego natężenia oświetlenia  $\bar{E}$  i równomierności oświetlenia  $U_0$  na skrzyżowaniu.

Oświetlenie chodników i ścieżek rowerowych podlega pod kolejną klasę oświetlenia. Ponownie na podstawie normy należy określić do której klasy oświetlenia P (P1-P7) należy nasza ścieżka rowerowa czy chodnik. Klasa oświetlenia P może również zostać zastosowana do uliczek osiedlowych, gdzie pojazdy poruszają się z niskimi prędkościami ( $\leq 40$  km/h). Zgodnie z wymaganiami tej klasy powinien zostać zapewniony odpowiedni poziom średniego natężenia oświetlenia  $\bar{E}$  i minimalnego natężenia oświetlenia  $E_{\min}$ .

Oświetlenie przejść dla pieszych wymaga wyjątkowo szczegółowego omówienia. Jest to strefa konfliktowa, gdzie bardzo często dochodzi do wypadków. Poprawne oświetlenie przejść dla pieszych jest zagadnieniem dosyć złożonym ze względu na swoją specyfikę. Niestety w naszym otoczeniu możemy zaobserwować wiele stosunkowo nowych instalacji oświetleniowych przy przejściach dla pieszych, które są wykonane niepoprawnie. Aby odpowiedzieć sobie na pytanie, jak poprawnie oświetlić przejście dla pieszych trzeba spojrzeć na nie: nie z pozycji pieszego, lecz z pozycji kierowcy. W przypadku przejść dla pieszych rolą oświetlenia nie jest rozświetlenie powierzchni jezdni w miejscu, gdzie to przejście się znajduje lecz oświetlenie samego pieszego tak aby był jak najlepiej widoczny dla kierowców. Duża część instalacji oświetleniowych ogranicza się do świecenia centralnie z góry na przejście dla pieszych. W takiej sytuacji światło nie ma szansy oświetlić pieszego od boku, pieszy pozostaje ciemną sylwetką na tle ciemnej drogi. Uzyskujemy wówczas bardzo niski kontrast pomiędzy pieszym a jezdnią, a to właśnie kontrast decyduje o tym, czy kierowca dostrzeże pieszego. Aby ten kontrast zwiększyć należy stosować oprawy oświetleniowe o optyce asymetrycznej. Wówczas dla drogi dwukierunkowej powinniśmy zastosować dwie oddzielne oprawy oświetleniowe zamontowane w niewielkiej odległości od przejścia dla pieszych od strony nadjeżdżających pojazdów i świecące w tym samym kierunku, w którym poruszają się pojazdy. Zapewni to zwiększenie kontrastu, pieszy stanie się jasną sylwetką na ciemnym tle i będzie znacznie łatwiej dostrzegalny. Kolejną ważną kwestią jest również oświetlenie strefy oczekiwania przed przejściem. Pieszy nie może stać w mroku ani z niego wchodzić na przejście, gdyż istnieje duża szansa, że kierowca nie dostrzeże w porę osoby, która chce przejść na drugą stronę ulicy. Wielu producentów ma w swojej ofercie oprawy oświetleniowe dedykowane do oświetlenia przejść dla pieszych i warto z takich rozwiązań korzystać, jednak zawsze wcześniej wykonując odpowiednie symulacje oświetlenia dla danego przypadku.



### **3. 1. Błędy przy projektowaniu oświetlenia drogowego:**

- zły dobór klasy oświetlenia;
- oświetlenie przejść dla pieszych prostopadle z góry;
- niewłaściwy dobór bryły fotometrycznej (brak optymalizacji);
- niewłaściwie dobrany system konserwacji.



#### 4. Sterowanie oświetleniem

Oświetlenie drogowe może być sterowane na kilka sposobów. Wiele instalacji oświetlenia drogowego korzysta z 1) **czujników zmierzchowych**, które jeśli wykryją odpowiednio niskie natężenie oświetlenia załączają obwody oświetleniowe. Popularne jest również wykorzystanie 2) **zegarów astronomicznych**, które mają w swojej pamięci godziny zmierzchu i świtu na każdy z dni osobno i o odpowiedniej porze załączają i wyłączają oświetlenie. **Ściemnianie oświetlenia** drogowego również może odbywać się na kilka sposobów. Norma oświetlenia drogowego dopuszcza obniżenie klasy oświetlenia drogi, jeśli zmieniają się na niej warunki drogowe (np. zmniejszony ruch w późniejszych porach nocnych). Można zatem zastosować **ściemnianie stopniowe** – o danej godzinie oprawy oświetleniowe zostają ściemnione o konkretną wartość. Inne systemy bazują, podobnie jak w oświetleniu wewnętrznym, na **wykrywaniu ruchu**. Oświetlenie jest włączone na minimalną wartość mocy (np. 10%), a po wykryciu ruchu moc zostaje podniesiona do ustalonego poziomu (np. 100% do godziny 23.00 a później do 50%). Istnieje również system oświetlenia zwany **oświetleniem nadążnym**. Działa podobnie do pisanego wcześniej systemu, lecz rozświetla on tylko kilka opraw oświetleniowych przed i za uczestnikiem ruchu drogowego (np. samochodem, pieszym, rowerzystą), utrzymując resztę opraw w stanie czuwania. Sprowadza się to w pewien sposób do „śledzenia” uczestników ruchu i zapewniania odpowiednich poziomów oświetlenia tylko tam, gdzie jest to aktualnie potrzebne.

Opisane wcześniej systemy sterowania oświetleniem drogowym miały na celu poprawę jakości oświetlenia i zmniejszenie zużycia energii.



## 5. Jakość projektów i sprzętu oświetleniowego

**Nawet najlepszy sprzęt oświetleniowy bez odpowiedniego projektu i nawet najlepszy projekt bez odpowiedniego sprzętu same w sobie nie zagwarantują dobrej jakości oświetlenia.** Rolą projektanta jest umiejętne dobranie i rozmieszczenie sprzętu oświetleniowego, który nie tylko spełni wymagania normatywne, ale pozwoli na długą i bezproblemową eksploatację. Jak zatem rozpoznać dobry projekt oświetlenia i dobry jakościowo sprzęt oświetleniowy?

Projekt oświetlenia drogowego zaczyna się od analizy drogi:

- określenia liczby pasów jezdni,
- występowania ścieżek rowerowych, chodników, stref konfliktowych, zakrętów czy wzniesień terenu.

Istotny jest także współczynnik odbicia jezdni, gdyż wpływa on na wynikową luminancję. Powinna zostać przeprowadzona także analiza ograniczeń związanych np. z umiejscowieniem czy maksymalną wysokością słupów oświetleniowych. Następnie na podstawie normy PN-EN 13201-1:2016 należy dobrać odpowiednie klasy oświetlenia dla każdego z elementów drogi i związane z nimi wymagania oświetleniowe znajdujące się w normie PN-EN 13201-2:2016. Dla klasy oświetlenia jezdni M należy określić wymaganą średnią luminancję i równomierność ogólną i wzdłużną, wskaźnik oświetlenia otoczenia i maksymalny dopuszczalny przyrost progowy. Dla klasy oświetlenia chodników i ścieżek rowerowych P wymagane jest spełnienie wymagań oświetleniowych dotyczących średniego i minimalnego natężenia oświetlenia, dla stref konfliktowych (klasy C) będzie to średnie natężenia oświetlenia i równomierność. Wymagane jest także wyliczenie współczynnika utrzymania i przedstawienie systemu konserwacji oświetlenia tak, jak w oświetleniu zewnętrznym. Rozmieszczenie opraw oświetleniowych powinno być uzupełnione o informacje takie jak: wysokość ich zamocowania, długość wysięgnika, nawis czy odchylenie od poziomu. Ponownie na końcu projektu powinno pojawić się zestawienie użytego sprzętu oświetleniowego wraz z jego specyfikacją techniczną i porównanie wyników z wymaganiami normatywnymi.

Projekt oświetleniowy jest tworzony na konkretnym sprzęcie. Użyte w projekcie oprawy oświetleniowe cechują się konkretnym strumieniem świetlnym, bryłą fotometryczną czy innymi właściwościami. Dlatego też w przypadku propozycji zamiennej dla takiego projektu obliczenia powinny być wykonane od nowa, aby mieć pewność, że zostaną spełnione wszystkie wymagania normatywne. Powinna również zostać przeprowadzona analiza, czy rozwiązania zamienne są tożsame z założeniami projektowymi w zakresie np. szczelności konstrukcji oprawy (IP), możliwości montażu czy wyglądu i kolorystyki sprzętu. Bez względu na to czy będzie realizowany projekt oryginalny, czy zamienny realizacja taka powinna zostać zakończona pomiarami oświetleniowymi. Pomiary powinny być dokonane za pomocą wywzorcowanych przyrządów pomiarowych takich jak luksomierz czy miernik luminancji. Przy pomiarach należy zadbać o to, żeby punkty pomiarowe pokrywały się z punktami siatki obliczeniowej ujętymi w wynikach obliczeń. Należy też pamiętać, że zmierzone wartości powinny zostać pomnożone przez obliczony w projekcie współczynnik utrzymania, aby można je było porównać z wynikami z projektu.

Mnogość dostępnego na rynku sprzętu oświetleniowego powoduje, że dla osoby spoza branży oświetleniowej zorientowanie się w parametrach czy jakości danych urządzeń może przysporzyć wiele trudności. Często osoba decyzyjna w postaci inwestora zmuszona jest wybrać danego dostawcę sprzętu bez świadomości na co powinna zwrócić uwagę. Jakich danych zatem szukać w kartach katalogowych producentów sprzętu? Jeśli chodzi o dane fotometryczne będzie to na pewno skuteczność świetlna, która decyduje o wydajności oprawy oświetleniowej. Im wyższa skuteczność świetlna oprawy tym mniej mocy potrzeba na wygenerowanie tego samego strumienia świetlnego. Ważnym parametrem jest wskaźnik oddawania barw. W oświetleniu wnętrzowym praktycznie nie powinno stosować się opraw oświetleniowych o  $R_a < 80$ . Im wyższe  $R_a$  tym barwy będą oddawane naturalniej. Do oceny

jednorodności barwy światła stosuje się elipsy MacAdama. Im niższa wartość (krok) tego parametru, tym światło jest bardziej jednorodne. Do jakościowych parametrów elektrycznych oprawy możemy zaliczyć współczynnik mocy. Niskie wartości tego współczynnika ( $\cos\phi$ ) mogą oznaczać duży pobór mocy biernej, która jest w stanie wygenerować duże rachunki za energię elektryczną pomimo stosunkowo niskiej mocy czynnej oprawy oświetleniowej. W niektórych układach zasilających współczynnik mocy może szybko maleć przy ściemnianiu opraw, więc jeśli planowany jest system sterowania ze ściemnianiem warto poprosić producenta o przedstawienie odpowiedniego wykresu, gdyż oprawa ściemniona może generować wyższe rachunki niż ta, świecąca na 100% swojej mocy. Od jakości układu zasilającego zależy też, czy oprawa będzie migotała. Zjawisko **flickeringu** jest zjawiskiem niepożądanym i również może nasilać się wraz ze ściemnianiem oprawy oświetleniowej, stąd warto stosować oprawy oświetleniowe, w których używane są zasilacze eliminujące ten efekt. Prąd rozruchowy oprawy oświetleniowej jest to maksymalny prąd, jaki pobiera ona przy włączeniu. Wartości tego prądu mogą być wielokrotnie wyższe niż prąd znamionowy, który płynie przez obwód elektryczny oprawy przy jej ustabilizowanej pracy. Zbyt wysoki prąd

rozruchowy może powodować, że aparatura zabezpieczeniowa będzie wyłączać dany obwód. Producent powinien podać informację ile maksymalnie danych opraw oświetleniowych może znaleźć się na jednym obwodzie elektrycznym dla danego zabezpieczenia prądowego (np. B16). Jeśli chodzi o właściwości fizyczne oprawy to powinna ona cechować się odpowiednią szczelnością. Tam, gdzie oprawy pracują w warunkach dużej wilgotności czy zapylenia powinny być odporne na wnikanie pyłów i wilgoci do środka. Oprawa oświetleniowa powinna mieć zatem odpowiednią klasę szczelności IP. Tam, gdzie sprzęt oświetleniowy jest narażony na fizyczne uszkodzenia wymagana będzie wyższa klasa odporności IK (np. sale sportowe). Jeśli instalacja oświetleniowa pracuje w niskich lub wysokich temperaturach warto zwrócić uwagę dla jakiego zakresu temperatur jest przystosowana dana oprawa oświetleniowa. Istnieją też oprawy oświetleniowe, które są w stanie pracować w szczególnie trudnych warunkach np. w agresywnym środowisku oparów chemicznych czy soli morskiej. Ważnym parametrem jest przede wszystkim trwałość oprawy oświetleniowej. Warto zwrócić uwagę nie tylko na to, na ile tysięcy godzin producent określa trwałość oprawy, ale też dla jakich parametrów L i B ta trwałość jest podawana.

Każda oprawa oświetleniowa powinna posiadać deklarację zgodności CE, w której producent deklaruje zgodność oprawy oświetleniowej z obowiązującymi normami i dyrektywami europejskimi. Ponadto niektóre oprawy oświetleniowe mogą posiadać dodatkowe atesty i certyfikaty. Tam, gdzie mamy do czynienia z podwyższonymi wymaganiami odnośnie czystości (np. szpitale, produkcja żywności) zazwyczaj oczekiwane jest, aby oprawy oświetleniowe posiadały atest PZH. Oprawy oświetlenia awaryjnego muszą posiadać dopuszczenie CNBOP, a oprawy przeciwwybuchowe w wyższych strefach muszą posiadać potwierdzenie certyfikacji ATEX. Niektórzy producenci dodatkowo certyfikują swoje oprawy w niezależnych jednostkach certyfikujących, aby potwierdzić ich jakość. Warto więc zainteresować się sprzętem, który posiada certyfikaty m.in takie jak. ENEC, ENEC+, IECEE

czy UL. Istotną kwestią jest też to, jaką gwarancję (lub rękojmię) producent oferuje na swój produkt. Zazwyczaj gwarancja 5 lat lub dłuższa oznacza, że komponenty zastosowane w oprawie oświetleniowej będą lepszej jakości niż w tych z gwarancją dwuletnią.



## 6. Modernizacja oświetlenia

Do tej pory omówione zostały ogólne wytyczne dotyczące oświetlenia dróg, a także przedstawiono główne cechy dobrego projektu i sprzętu oświetleniowego. Modernizacja oświetlenia z tradycyjnych źródeł światła na LED-y również wpisuje się w te zasady, natomiast na inwestora mogą czekać pewne pułapki i pojawić się pytania odnośnie rzeczywistej możliwości zwrotu takiej inwestycji. Powoduje to, że nierzadko sięga się po rozwiązania najtańsze, które przeważnie nie spełniają swojego zadania. Do modernizacji oświetlenia należy podejść jak do każdego innego projektu. Należy wykonać projekt oświetlenia od początku stosując nowe oprawy oświetleniowe. Dodatkowo projektant powinien posiadać wiedzę na temat dotychczasowego rozmieszczenia punktów świetlnych tak, aby mógł ewentualnie zaproponować rozwiązanie niewymagające zmiany instalacji elektrycznej. Na rynku możemy spotkać źródła LED, które są „zamiennikami” tradycyjnych źródeł takich jak np. lampa sodowa czy świetlówka. Źródła te (tzw. retrofity) w założeniu mają zastąpić źródła tradycyjne i służyć do modernizacji oświetlenia. W praktyce wygląda to tak, że źródła takie zamontowane w oprawie oświetleniowej powodują zmianę jej bryły fotometrycznej i efekt świecenia jest trudny do przewidzenia. Oprawy oświetleniowe, które do tej pory gwarantowały spełnienie wymagań normatywnych po zmianie źródeł na źródła LED mogą nie doświetlać odpowiednio pomieszczenia lub drogi, czy generować duże ośnienia. Mogą wystąpić też inne zjawiska takie jak powstawanie ciemnych prążków, multi-cieni czy przyspieszone starzenie się (np. żółknięcie) materiałów z których wykonana jest oprawa oświetleniowa. Samo zastosowanie retrofitów może również wiązać się z koniecznością ingerencji w układ zasilający oprawy oświetleniowej. Określanie więc takich źródeł światła jako zamienników może być zbyt dużym uproszczeniem.

Przeprowadzenie kalkulacji czasu zwrotu modernizacji oświetlenia należy oprzeć na pewnych założeniach. Poza samym kosztem źródła światła koszt wymiany może zostać znacznie zwiększony, np. w przypadku konieczności użycia podnośnika przy oświetleniu drogowym. Jeśli zmodernizowane oświetlenie będzie ponadto posiadało system sterowania czas zwrotu inwestycji może jeszcze znacznie się skrócić.



## Podsumowanie

Pomimo, że oświetlenie sztuczne towarzyszy każdemu z nas codziennie to w dalszym ciągu dobór odpowiedniego oświetlenia może okazać się problematyczny. Szybki rozwój źródeł LED spowodował, że pojawiło się wiele różnych i niespotykanych dotąd rozwiązań. Nowe źródła cechują się szeregiem parametrów decydujących o ich możliwych zastosowaniach czy jakości. Napływ wielu produktów o niskiej jakości mógł zniechęcić konsumentów i inwestorów do inwestycji w modernizację oświetlenia, gdyż nie posiadali oni odpowiedniej wiedzy czy wytycznych, jakich produktów powinni szukać, a jakich unikać. Podsumowując najważniejsze aspekty tego artykułu można nakreślić kilka podstawowych zasad, które pomogą podjąć decyzję o wyborze dostawcy oświetlenia:

- każda oferta na sprzęt oświetleniowy powinna zostać poparta obliczeniami,
- projekt oświetlenia powinien być kompletny, zawierać obliczenia dotyczące każdego z wymagań normatywnych, nie można traktować pewnych wymagań wybiórczo,
- dokumentacja techniczna proponowanego sprzętu oświetleniowego powinna zawierać wszystkie najważniejsze opisane wcześniej dane fotometryczne, elektryczne i fizyczne, aby na ich podstawie można było ocenić jego jakość,
- proponowany sprzęt oświetleniowy powinien być dostosowany do warunków w jakich będzie pracował, posiadać odpowiednią szczelność, zakres temperatur pracy czy wymagane atesty i certyfikaty,
- niezalecane jest stosowanie zamienników tradycyjnych źródeł światła w postaci źródeł LED bez analizy ich wpływu na właściwe działanie oprawy oświetleniowej, w której zostaną zainstalowane,
- brak dodatkowych certyfikatów potwierdzających jakość sprzętu oświetleniowego i jego zgodność z normami nie oznacza, że sprzęt jest złej jakości, certyfikat taki jest jednak ich gwarancją,
- cena sprzętu oświetleniowego nie powinna być głównym kryterium jego wyboru,
- systemy sterowania podwyższają zazwyczaj koszt inwestycyjny, który jednak z czasem zwraca się w postaci oszczędności na zużyciu energii elektrycznej.



Ten krótki biuletyn miał za zadanie streścić obszerny temat oświetlenia. Może być on wskazówką dla inwestorów czy decydentów, jakich danych powinni oczekiwać od oferentów i na jakie parametry zwrócić uwagę porównując różne oferty tak, aby cena nie była jednym kryterium wyboru. W razie wątpliwości i pytań związanych z oświetleniem Pol-lighting służy radą i pomocą: **biuro@pollighting.pl**.





## Bibliografia

1. PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02, Oświetlenie dróg -- Część 1: Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia, PKN, Warszawa, 2016
2. PN-EN 13201-2:2016-03, Oświetlenie dróg -- Część 2: Wymagania eksploatacyjne, PKN, Warszawa, 2016
3. Żagan W. „Podstawy techniki świetlnej”, OWPW, Warszawa, 2005
4. Wiśniewski A. „Źródła światła”, SEP COSiW, Warszawa, 2013