

OŚWIETLLENIE DROGOWE

NORMA PN-EN 13201:2016 OŚWIETLLENIE DRÓG

1. WPROWADZENIE

Prowadzone w ostatnich latach prace nad unowocześnianiem oświetlenia drogowego dają lepsze, bardziej efektywne, energooszczędne oświetlenie, zapewniające komfort i jakość widzenia jego użytkowników.

Poprawnie zaprojektowane i zrealizowane oświetlenie drogowe i uliczne istotnie wpływa na bezpieczeństwo ruchu. Na drogach o dużym natężeniu ruchu nie tylko zmniejsza się liczba wypadków, ale również poprawia się orientacja kierowców, co zwiększa płynność ruchu. Zatem na takich drogach najważniejsze jest zapewnienie efektywnych warunków widzenia na drodze i w jej otoczeniu.

Na drogach lokalnych, osiedlowych, poza warunkami widzenia kierowców, rowerzystów lub pieszych, szczególnie ważne jest zapewnienie poczucia bezpieczeństwa mieszkańców oraz odpowiednie kreowanie przyjaznej atmosfery, dzięki zastosowaniu atrakcyjnych opraw oraz źródeł światła o barwie dobrej jakości.

Istotnym kryterium przy projektowaniu oświetlenia jest osiągnięcie zadowalających efektów oświetleniowych przy możliwie niskim zużyciu energii elektrycznej oraz przy niskich kosztach koniecznej konserwacji systemu.

Na energochłonność oraz na koszty inwestycji i eksploatacji przyjętych rozwiązań oświetleniowych wpływają głównie:

- starannie przeanalizowane wymagania oświetleniowe, prowadzące do doboru racjonalnych wymagań normatywnych, uwzględniających np. możliwość okresowej zmiany poziomu oświetlenia,
- wybór odpowiedniego rodzaju źródeł światła i opraw oświetleniowych, o parametrach potwierdzonych wiarygodnymi danymi, co ma wpływ na przyjęte procedury eksploatacji i konserwacji oświetlenia,
- istniejąca lub wybrana geometria rozwiązania systemu oświetlenia.

Na jezdniach przeznaczonych głównie dla ruchu samochodowego o średniej lub dużej prędkości, najważniejsze kryterium - bezpieczeństwo, związane jest głównie z zapewnieniem możliwości dostatecznie wczesnego dostrzeżenia potencjalnego zagrożenia na jezdni i w jej

otoczeniu. Najważniejszymi parametrami ilościowymi i jakościowymi oświetlenia dla tej sytuacji drogowej są:

- poziom luminancji,
- równomierność luminancji,
- ograniczenie oślnienia,
- oświetlenie otoczenia,
- prowadzenie wzrokowe.

Czynniki te wpływają na zdolność i na komfort widzenia kierowców według kryteriów przedstawionych w Tabeli 1.1.

Tab. 1.1. Kryteria jakościowe dotyczące oświetlenia drogowego

Jakość widzenia	Wymagania oświetleniowe		
	Poziom luminancji	Równomierność luminancji	Oślnienie
Wydolność wzrokowa	Średnia luminancja nawierzchni L_{sr}	Równomierność całkowita $U_0 = L_{min}/L_{sr}$	Przyrost progowy f_{TI}
Komfort widzenia		Równomierność wzdłużna $U_1 = L_{min}/L_{max}$	Wskaźnik ograniczenia oślnienia przykrego G

Dla tych obszarów ruchu samochodowego, dla których, z uwagi np. na odległość i kąta obserwacji, nie można stosować kryteriów związanych z luminancją, podstawowymi parametrami są:

- poziom natężenia oświetlenia,
- równomierność natężenia oświetlenia.

W strefach komunikacyjnych, w których głównymi uczestnikami ruchu są piesi i rowerzyści, a więc użytkownicy poruszający się stosunkowo wolno, ocena i reakcja na zagrożenia wymagają obserwacji z mniejszej odległości. Dla tej sytuacji oświetleniowej podstawowymi parametrami są:

- poziom natężenia oświetlenia,
- minimalne natężenie oświetlenia.

Podstawę projektowania i oceny parametrów oświetlenia drogowego stanowi zestaw norm europejskich, o ogólnej nazwie EN 13201 Road Lighting. W roku 2014 Komitet Techniczny 169 „Światło i oświetlenie” (CEN/TC169 „Light and lighting”) Europejskiej Komisji Normalizacyjnej opublikował pierwszą część nowej wersji dotychczas obowiązującej normy – Raport Techniczny, zawierający wytyczne i procedury doboru wymagań oświetleniowych. Pod koniec 2015 roku opublikowano pozostałe części zaktualizowanej wersji normy, łącznie z nową – piątą, dotyczącą oceny efektywności energetycznej instalacji oświetlenia drogowego.

Ogólne założenia, dotyczące zarówno procedur doboru jak i ilościowych wymagań oświetleniowych, zawarte w nowej normie, oparte są na Publikacji Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej z 2010 roku pt. „Oświetlenie dróg przeznaczonych dla ruchu motorowego i dla pieszych” [1].

Wszystkie części nowej normy europejskiej zostały w miesiącach luty-marzec 2016 roku opublikowane przez Polski Komitet Normalizacyjny. Zastępują one dotychczasową wersję normy PN-EN 13201:2007 Oświetlenie dróg. Nowa norma PN-EN 13201:2016 [2] Oświetlenie dróg składa się z pięciu części (wszystkie opublikowano w wersji angielskiej):

- PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02 Oświetlenie dróg – Część 1: Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia,
- PN-EN 13201-2:2016-03 Oświetlenie dróg Część 2: Wymagania eksploatacyjne,
- PN-EN 13201-3:2016-03 Oświetlenie dróg - Część 3: Obliczenia parametrów oświetleniowych,
- PN-EN 13201-4:2016-03 Oświetlenie dróg - Część 4: Metody pomiaru efektywności oświetlenia,
- PN-EN 13201-5:2016-03 Oświetlenie dróg - Część 5: Wskaźniki efektywności energetycznej.

2. WYBÓR KLAS OŚWIETLLENIA

W poprzednio obowiązującej normie, dobór parametrów oświetleniowych wymagał określenia **sytuacji oświetleniowej**, zgodnie z kryteriami podanymi w tabeli 2.1.

Dla sytuacji oznaczonych symbolami A i B, dotyczących ruchu z wysoką i średnią prędkością, wymagania oparte były na kryteriach luminancyjnych.

Dla sytuacji oznaczonych symbolami C, D i E, dotyczących ruchu z niską prędkością, wymagania oparte były na kryteriach związanych z natężeniem oświetlenia.

Tabela 2.1. Zestawienie podstawowych sytuacji oświetleniowych wg normy 13201:2007 [2]

Sytuacja	Prędkość głównego użytkownika	Główny użytkownik	Inni dopuszczeni użytkownicy	Wykluczeni użytkownicy	Przykłady zastosowań
A1	powyżej 60 km/h	Motorowy ruch		Wolno jadące pojazdy Rowery Piesi	Autostrady, drogi szybkiego ruchu przeznaczone wyłącznie dla samochodów
A2			Wolno jadące pojazdy	Rowery Piesi	Główne drogi krajowe, możliwe osobne ścieżki rowerowe i chodniki
A3			Wolno jadące pojazdy Rowery, Piesi		Drogi krajowe o mniejszym znaczeniu
B1	30-60 km/h	Motorowy ruch Wolno jadące pojazdy	Rowery Piesi		Drogi główne, drogi łączące, drogi lokalne
B2		Motorowy ruch Wolno jadące pojazdy Rowery	Piesi		
C1	6-30 km/h	Rowery	Piesi	Motorowy ruch Wolno jadące pojazdy	Ścieżki rowerowe,
D1	6-30 km/h	Motorowy ruch Piesi		Wolno jadące pojazdy Rowery	Strefy serwisowe na autostradach
D2			Wolno jadące pojazdy Rowery		Parkingi samochodowe, dworce autobusowe
D3		Motorowy ruch Rowery	Wolno jadące pojazdy Piesi		Drogi lokalne, obszary o dopuszczalnej prędkości 30 km/h (zwykle z chodnikami)
D4		Motorowy ruch Wolno jadące pojazdy Rowery Piesi			Drogi lokalne, obszary o dopuszczalnej prędkości do 30 km/h, (najczęściej bez chodników)
E1	Prędkość marszu	Piesi		Motorowy ruch Wolno jadące pojazdy Rowery	Ciagi piesze, handlowe
E2			Motorowy ruch Wolno jadące pojazdy Rowery		Ciagi piesze, handlowe z ruchem związanym z dostawami, strefy w osiedlach mieszkalnych

Ustalenie konkretnych ilościowych i jakościowych parametrów oświetlenia danego obszaru czy strefy ruchu, czyli klasy oświetlenia, wymagało skorzystania z kolejnych tabel, przypisanych do wyznaczonej sytuacji oświetleniowej. W tabelach tych zawarta była ocena dotycząca takich kryteriów, jak:

- geometria powierzchni (np. rozdzielanie jezdni, odległości między skrzyżowaniami, strefy konfliktowe, środki uspokojenia ruchu),
- występujący rodzaj ruchu (dzienny strumień ruchu pojazdów, strumień ruchu rowerzystów i pieszych, trudność kierowania pojazdem),
- wpływ środowiska i otoczenia (złożoność pola widzenia, luminancja otoczenia, główny typ pogody).

Tabele 2.2 i 2.3 stanowią przykład zestawu kryteriów, umożliwiających dobór parametrów oświetlenia dla typowej drogi, odpowiadającej sytuacji oświetleniowej B1.

Tab.2.2. Kryteria wyboru klasy oświetlenia dla drogi o sytuacji oświetleniowej B1 [2]

Typ pogody	Środki uspokojenia ruchu	Gęstość skrzyżowań/ km	Trudność jazdy	Strumień pojazdów					
				< 7000			≥ 7000		
				—	0	—	←	0	→
Sucha	Nie	<3	Normalna	ME6	ME5	ME4b	ME5	ME4b	ME3c
			Wyższa	ME5	ME4b	ME3c	ME6	ME4b	ME3c
		≥3	Normalna	ME5	ME4b	ME3c	ME4b	ME4b	ME3c
			Wyższa	ME4b	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
	Tak			Wybór jak wyżej, ale 1 klasa niżej w tym obszarze ^{a)}					
	Mokra			Wybór jak wyżej ale z klas MEW					
a) Klasę ME można zastąpić odpowiednią klasą CE									

Tab. 2.3. c.d. Kryteria wyboru klasy oświetlenia dla drogi o sytuacji oświetleniowej B1 [2]

Obszar konfliktowy	Kompleksowość pola widzenia	Zaparkowane pojazdy	Luminancja otoczenia					
			Niska		Średnia		Wysoka	
			Natężenie ruchu rowerzystów					
			Norm.	Wys.	Norm.	Wys.	Norm.	Wys.
Nie	Norm.	Nie	—	0	—	0	0	0
		Tak	0	—	0	—	—	—
	Wys.	Nie	0	0	0	0	0	0
		Tak	0	0	—	—	—	—
Tak			— ^{a)}					
a) W strefie konfliktowej klasa ME jest zalecana, ale można ją zastąpić klasą CE.								

Procedura doboru wymagań oświetleniowych, zgodnie z poprzednio obowiązującą normą, była wieloetapowa i szczególnie niepraktyczna w przypadku stosowania zmiennych w czasie poziomów oświetlenia. Brakowało również pewnego doprecyzowania kryteriów oceny dotyczących np. „luminancji otoczenia”.

Sytuacja związana z coraz częstszym wykorzystywaniem sterowania w oświetleniu drogowym, a w szczególności wprowadzenie na rynek szerokiej gamy opraw LED, wytworzyło potrzebę opracowania nowych, bardziej przyjaznych zasad, ułatwiających projektowanie systemów lepiej dostosowanych do potrzeb i możliwości oferowanych przez nowoczesny sprzęt oświetleniowy.

W Raporcie Technicznym *PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02 Oświetlenie dróg—Część 1: Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia*, przedstawiono uproszczoną procedurę wyboru klas oświetleniowych. Wyróżniono szereg najważniejszych parametrów, które charakteryzują podstawowe sytuacje oświetleniowe, tj. obszary ruchu motorowego, strefy konfliktowe oraz strefy ruchu pieszych i/lub wolno poruszających się pojazdów. Parametry te dotyczą prędkości poruszania się, natężenia i rodzaju uczestników ruchu, warunków charakteryzujących otoczenie drogi.

Wprowadzono nowe oznaczenia poszczególnych klas oświetleniowych:

- klasa M – odpowiada poprzedniej klasie ME,
- klasa C – odpowiada poprzedniej klasie CE,
- klasa P – odpowiada poprzedniej klasie S.

Ogólna zasada ustalania ilościowych wymagań oświetleniowych dla każdej z klas sprowadza się do przypisania wag poszczególnym parametrom, charakteryzującym sytuację na danym oświetlanym obszarze. Zsumowanie tych współczynników wagowych i odjęcie sumy od liczby „6”, odpowiadającej liczbie klas w każdej z kategorii, daje w rezultacie klasę oświetleniową, wymaganą na danym obszarze.

DOBÓR PARAMETRÓW OŚWIETLANIA DLA RUCHU MOTOROWEGO

Podstawowe wymagania oświetleniowe dla dróg przeznaczonych głównie dla ruchu motorowego z wysokimi i średnimi prędkościami, oparte są na kryteriach związanych z poziomem i równomiernością luminancji samej drogi, z oświetleniem jej bezpośredniego otoczenia oraz z odpowiednim ograniczeniem oślnienia.

Kryteria te odpowiadają **klasie oświetlenia M**.

Dla określenia klasy oświetlenia **M**, różnym uwzględnianym parametrom, należy przypisać odpowiednie wagi (VW). Suma (**VWS**) tych wag umożliwia wyznaczenie klasy **M** zgodnie z zależnością:

$$\text{Klasa oświetlenia } M = 6 - VWS$$

Dobór odpowiednich wartości wagowych, zestawionych w Tabeli 2.4, powinien dać w rezultacie wartości od 1 do 6. Jeśli jednak:

- suma wartości wagowych (**VWS**) < 0 – należy przyjąć wartość 0,
- wyznaczona klasa oświetlenia $M \leq 0$ – należy przyjąć klasę M1.

Tabela 2.4. Parametry dla wyboru klas oświetleniowych M [3]

Parametr	Opcje	Opis*		Wartość* wagi VW
Prędkość	Bardzo wysoka	$V \geq 100$ km/h		2
	Wysoka	$70 < v < 100$ km/h		1
	Umiarkowana	$40 < v \leq 70$ km/h		-1
	Niska	$v \leq 40$ km/h		-2
Natężenie ruchu		Autostrady, drogi wielopasmowe	Drogi dwupasmowe	
	Wysokie	> 65% max	> 45% max	1
	Umiarkowane	35% - 65% max	15% - 45% max	0
	Niskie	< 35%max	< 15% max	-1
Rodzaj ruchu	Mieszany z dużym udziałem niezmotoryzowanych			2
	Mieszany			1
	Motorowy tylko			0
Rozdzielenie jezdni	Nie			1
	Tak			0
Gęstość skrzyżowań		Gęstość skrzyżowań/km	Rozjazdy, odległość m. wiaduktami, km	
	Duża	> 3	< 3	1
	Mała	≤ 3	≥ 3	0
Zaparkowane pojazdy	Tak			1
	Nie			0
Luminancja otoczenia	Wysoka	Okna wystawowe, boiska sportowe, reklamy, obszary stacji, magazynów		1
	Średnia	normalna sytuacja		0
	Niska			-1
Prowadzenie wzrokowe	Bardzo trudne			2
	Trudne			1
	Łatwe			0
*Wartości podane w kolumnach są przykładowe. Możliwe jest przyjęcie wartości bardziej odpowiednich na poziomie krajowych wymagań.				Suma VWS

DOBÓR PARAMETRÓW OŚWIETLENIA DLA STREF KONFLIKTOWYCH

Klasy oświetleniowe C (poprzednie oznaczenie – CE) są przeznaczone do stosowania w strefach konfliktowych na jezdniach, przeznaczonych głównie dla ruchu motorowego.

Strefa konfliktowa odpowiada sytuacji, kiedy strumienie pojazdów krzyżują się lub gdy przebiegają przez obszar uczęszczany przez pieszych, rowerzystów lub innych użytkowników drogi.

Również strefy o zmiennej geometrii drogi, tj. przykładowo przy zmianie jej szerokości lub przy zredukowanej liczbie pasów, są uważane za strefy konfliktowe. Ich istnienie w efekcie stanowi potencjalne zagrożenie wystąpienia kolizji pomiędzy pojazdami, pojazdami i pieszymi, rowerzystami lub stałymi przeszkodami.

Dla stref konfliktowych zalecanym kryterium projektowym jest luminancja. Jednak, kiedy odległość obserwacji jest niewielka lub kiedy inne czynniki uniemożliwiają zastosowanie kryterium luminancyjnego, to kryterium projektowe stanowi natężenie oświetlenia.

W nowej normie, przy ustalaniu wymagań oświetleniowych w strefie konfliktowej, równoważne klasy oświetlenia uzależniono od jasności nawierzchni. Związki pomiędzy poziomami luminancji i średnimi, poziomymi natężeniami oświetlenia, zależnie od jasności nawierzchni drogi, opisanej przez wartość średniego wskaźnika luminancji Q_0 , przedstawia Tabela 2.5.

Uwzględnienie w Raporcie jasności nawierzchni w strefach konfliktowych stanowi nowość w podejściu do projektowania oświetlenia takich obszarów.

Tabela 2.5. Klasy M i C o porównywalnych poziomach oświetlenia przy różnych wartościach Q_0 [4]

Klasa oświetlenia M			M1	M2	M3	M4	M5	M6
Średnia luminancja L [cd/m ²]			2,0	1,5	1,0	0,75	0,50	0,30
Q_0 [cd · m ⁻² · lx ⁻¹]								
Klasa C dla $Q_0 \leq 0,05$			C0	C1	C2	C3	C4	C5
Klasa C dla $0,05 < Q_0 \leq 0,08$		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Klasa C dla $Q_0 > 0,09$	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5	C5
Śr. natężenie oświetlenia E [lx]	50	30	20	15	10	7,5		

Strefa konfliktowa powinna być oświetlona na poziomie nie mniejszym, niż ten, odpowiadający najwyższej klasie oświetlenia drogi, dochodzącej do strefy konfliktowej. Zaleca się jednak, aby była oświetlona na poziomie o stopień wyższym, niż najlepiej oświetlona droga.

Przy stosowaniu w strefie konfliktowej kryterium luminancyjnego – np. zamiast klasy M3 – należy zastosować klasę oświetlenia M2. Taka zasada nie jest możliwa do spełnienia w przypadku drogi o klasie M1 – wtedy obszar konfliktowy należy oświetlić na poziomie odpowiadającym klasie M1.

W tabeli 2.5 podano **równoważne poziomy oświetlenia**, odpowiadające klasom M oraz klasom C. Oznacza to, że dla oświetlenia strefy konfliktowej w praktyce należy przyjąć klasę C o jeden poziom wyższą, niż wyznaczona na podstawie tabeli 3.

W pewnych strefach konfliktowych, np. w centrach miast, dla określenia klas oświetleniowych C można wykorzystać kryteria, podane w Tabeli 2.6.

Również w sytuacji, kiedy nie ma oświetlenia na drodze lub na drogach, dochodzących do strefy konfliktowej, można Tabelę 6 wykorzystać do określenia poziomu oświetlenia w tej strefie. Z braku innych wymagań, może to być szczególnie przydatne w doborze oświetlenia np. przejść dla pieszych, zlokalizowanych poza obszarami zamieszkałymi (problem oświetlenia przejść dla pieszych przedstawiono w osobnym punkcie).

Jeśli wykorzystuje się Tabelę 2.6 dla określenia klasy oświetlenia C, różnym uwzględnianym parametrom należy przypisać odpowiednie wagi (VW). Suma tych wag (VWS) umożliwia wyznaczenie klasy C zgodnie z zależnością:

$$\text{Klasa oświetlenia } C = 6 - VWS$$

Dobór odpowiednich wartości wagowych, zestawionych w Tabeli 2.6, powinien dać w rezultacie wartości od 0 do 5.

Jeśli jednak:

- suma wartości wagowych (VWS) ≤ 0 - należy przyjąć wartość 1,
- wyznaczona klasa oświetlenia $C < 0$ - należy przyjąć klasę C0.

Tabela 2.6. Parametry dla wyboru klas oświetleniowych C [3]

Parametr	Opcje	Opis*	Wartość * wagi VW
Prędkość	Bardzo wysoka	$V \geq 100 \text{ km/h}$	3
	Wysoka	$70 < v < 100 \text{ km/h}$	2
	Umiarkowana	$40 < v \leq 70 \text{ km/h}$	0
	Niska	$v \leq 40 \text{ km/h}$	-1
Natężenie ruchu	Wysokie		1
	Umiarkowane		0
	Niskie		-1
Rodzaj ruchu	Mieszany z dużym udziałem niezmotoryzowanych		2
	Mieszany		1
	Motorowy tylko		0
Rozdzielenie jezdni	Nie		1
	Tak		0
Zaparkowane pojazdy	Tak		1
	Nie		0
Luminancja otoczenia	Wysoka	Okna wystawowe, boiska sportowe, reklamy, obszary stacji, magazynów	1
	Średnia	normalna sytuacja	0
	Niska		-1
Prowadzenie wzrokowe	Bardzo trudne		2
	Trudne		1
	Łatwe		0
*Wartości podane w kolumnach są przykładowe. Możliwe jest przyjęcie wartości bardziej odpowiednich na poziomie krajowych wymagań.			Suma VWS

DOBÓR PARAMETRÓW OŚWIETLENIA DLA RUCHU PIESZEGO – KLASY P

Klasy oświetleniowe P (w poprzedniej wersji normy – S) przeznaczone są głównie do stosowania w strefach ruchu pieszych i rowerzystów (czyli na chodnikach i ścieżkach rowerowych), w strefach ruchu motorowego z niewielką prędkością na drogach osiedlowych oraz w strefach postoju i parkowania. Zadania wzrokowe oraz potrzeby pieszych zasadniczo różnią się od tych, które odpowiadają kierowcom pojazdów mechanicznych. Prędkość poruszania się jest wyraźnie mniejsza, a obserwacja obiektów odbywa się ze znacznie mniejszej odległości. Odzwierciedleniem tych różnic są kryteria prowadzące do wyboru klas oświetlenia P dla pieszych lub dla stref o niskiej prędkości poruszania się głównych

uczestników ruchu, przedstawione w Tabeli 2.7. Dla określenia klasy oświetlenia P, różnym uwzględnianym parametrom, należy przypisać odpowiednie wagi. Suma (VWS) tych wag umożliwia wyznaczenie klasy P zgodnie z zależnością:

$$\text{Klasa oświetlenia } P = 6 - \text{VWS}$$

Dobór odpowiednich wartości wagowych, zestawionych w Tabeli 2.7, powinien dać w rezultacie wartości od 1 do 6. Jeśli jednak:

- suma wartości wagowych (VWS) < 0 - należy przyjąć wartość 0,
- wyznaczona klasa oświetlenia P = 0 - należy przyjąć klasę P1.

Tabela 2.7. Parametry dla wyboru klas oświetleniowych P [3]

Parametr	Wariant	Opis*	Wartość* wagi VW
Prędkość poruszania	Niska	$V \leq 40 \text{ km/h}$	1
	Bardzo niska (ruch pieszy)	prędkość ruchu pieszego	0
Natężenie ruchu	Wysokie		1
	Normalne		0
	Niskie		-1
Rodzaj ruchu	Piesi, rowerzyści, ruch motorowy		2
	Piesi, ruch motorowy		1
	Piesi, rowerzyści		1
	Piesi		0
	Rowerzyści		0
Zaparkowane pojazdy	Tak		1
	Nie		0
Luminancja otoczenia	Wysoka	okna wystawowe, boiska sportowe, reklamy, obszary stacji, magazynów	1
	Średnia	normalna sytuacja	0
	Niska		-1
Rozpoznanie twarzy	Konieczne		Dodatkowe wymagania**
	Niekonieczne		-
*Wartości podane w kolumnach są przykładowe. Możliwe jest przyjęcie wartości bardziej odpowiednich na poziomie krajowych wymagań. ** Wymagania dotyczące kryterium rozpoznawalności twarzy określone są na poziomie wymagań krajowych			Suma VWS

W tej wersji Raportu nie podano szczegółowych zasad stosowania i doboru dodatkowych klas oświetleniowych, uzupełniających klasy oświetlenia P, a dotyczących natężenia oświetlenia:

- **ES- półcyldrycznego**, ważnego w strefach, w których konieczna jest rozpoznawalność twarzy,

- **EV – pionowego**, pożądanego w strefach, w których informacje, poprawiające ogólną orientację w otoczeniu, wymagają zapewnienia odpowiedniego poziomu oświetlenia na płaszczyznach pionowych.

Zaznaczono w Raporcie, że stosowanie dodatkowych klas oświetleniowych podlega regulacjom krajowym.

3. WYMAGANIA EKSPLOATACYJNE - PARAMETRY OŚWIETLLENIA

Dotychczas obowiązująca norma PN-EN1320-2:2007 Część 2: Wymagania oświetleniowe została zastąpiona przez normę PN-EN 13201-2:2016-03 Oświetlenie dróg Część 2: Wymagania eksploatacyjne. W porównaniu z poprzednią wersją wprowadzono następujące najważniejsze zmiany:

- zmieniono niektóre terminy i definicje,
- wprowadzono nowe kombinacje różnych klas,
- określono nową dokładność obliczeń,
- oznaczenie wskaźnika przyrostu progowego TI zastąpiono przez symbol f_{TI} ,

Najważniejsze zmiany, zawarte w nowej wersji tej części normy, dotyczą podstawowych ilościowych wymagań oświetleniowych, odpowiadających głównym klasom oświetleniowym M, C i P (poprzednio ME, CE i S).

KLASY OŚWIETLIENIOWE M (poprzednio ME)

Wymagania dotychczas obowiązującej normy, odpowiadające klasom ME, mającym zastosowanie w strefach ruchu o średniej i wysokiej prędkości, zawarto w tabeli 3.1. Zestaw wymagań, odpowiadających w nowej wersji normy klasom M, przedstawiono w tabeli 3.2.

Tab.3.1. Klasy oświetleniowe ME [2]

Klasa	Luminancja jezdni suchej			Przyrost progowy	Oświetlenie otoczenia
	L _{4m} [cd/m ²] (min)	U ₀ (min)	U _l (min)	TI w % (max)	SR (min)
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5				
ME3a	1,0			15	
ME3b			0,6		
ME3c			0,5		
ME4a			0,6		
ME4b	0,5				
ME5	0,5	0,35	0,4		
ME6	0,3				

gdzie: L_{sr} – średnia, eksploatacyjna luminancja powierzchni drogi,
 U_0 – równomierność całkowita (luminancji),
 U_l – równomierność wzdłużna (luminancji jezdni – min. dla pasów ruchu),
 TI – przyrost wartości progowej,
 SR – współczynnik oświetlenia poboczy jezdni.

Tab. 3.2. Klasy oświetleniowe M [4]

Klasa	Parametry oświetlenia drogi			Ośnienie przeszkadzające	Oświetlenie otoczenia
	Warunki suche				
	Lśr [ekspł. min] [cd/m2]	Uo [min]	Ul [min]	fTl [max] [%]	REl [min]
M1	2,00	0,40	0,70	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	20	0,30

gdzie: f_{TI} – przyrost wartości progowej,
 R_{EI} – współczynnik oświetlenia poboczy jezdni.

Uwaga: W tabelach 3.1 i 3.2 pominięto, zawarte w normie, wymagania dla warunków „mokrych”.

Należy podkreślić wprowadzenie szeregu istotnych zmian:

- nie ma podziału klas M3 i M4 na podklasy (poprzednio ME3a, ME3b, itd.)
- określono nową dokładność obliczeń podstawowych parametrów,
- obniżono wymagania dotyczące ograniczenia ośnienia dla klasy M6,
- obniżono, dla wszystkich klas, wymagania dotyczące oświetlenia bezpośredniego otoczenia drogi, jednocześnie zmieniając zasady obliczania tego parametru.

KLASY OŚWIETLIENIOWE C (poprzednio CE) - Strefy konfliktowe

Klasy oświetleniowe C (poprzednio CE) przeznaczone są do stosowania tam, gdzie krzyżują się strumienie ruchu motorowego, występują strefy konfliktowe (np. deptaki handlowe), skomplikowane skrzyżowania, ronda itp. Klasy te mogą być również stosowane w strefach ruchu pieszych i rowerzystów, np. w przejściach podziemnych.

Klasy oświetleniowe C są również przeznaczone do stosowania gdy typowe obliczenia luminancji są nie do zastosowania lub są niepraktyczne. To może mieć miejsce, gdy odległość obserwacji jest mniejsza niż 60m oraz gdy należy brać pod uwagę różne pozycje obserwatora.

Jeśli drogi prowadzące do strefy konfliktowej nie są oświetlone, to należy je oświetlić, zgodnie z wybraną klasą, na długości wyznaczonej przez czas przejazdu z oczekiwaną prędkością, równemu 5 sekund [1].

Wymagania oświetleniowe dla klas C, zestawione w tabeli 3.3, nie różnią się od poprzednio obowiązujących, zestawionych w tabeli 3.4. Doprecyzowano jedynie pożądaną dokładność wyznaczania parametrów oświetleniowych.

Tab. 3.3. Klasy oświetleniowe CE wg normy 13201:2007 [2]

Klasa	E_{sr} [lx]	U_0 [$E_{\text{min}}/E_{\text{sr}}$] [lx]
CE 0	50	0,4
CE 1	30	0,4
CE 2	20	0,4
CE 3	15	0,4
CE 4	10	0,4
CE 5	7,5	0,4

Tab. 3.4. Klasy oświetleniowe C wg normy PN-EN 13201:2016[4]

Klasa	Poziołe natężenie oświetlenia	
	E_{sr} [eksp. min] [lx]	U_0 [min]
C0	50	0,40
C1	30	0,40
C2	20,0	0,40
C3	15,0	0,40
C4	10,0	0,40
C5	7,50	0,40

gdzie: E_{sr} – średnie, eksploatacyjne natężenie oświetlenia,
 U_0 – równomierność całkowita (natężenia oświetlenia).

KLASY OŚWIETLENIOWE P (poprzednio S)

Klasy oświetleniowe P, zastępujące poprzednio obowiązujące klasy S), są przeznaczone dla pieszych i rowerzystów, korzystających z chodników, ścieżek rowerowych, pasów postojowych i innych powierzchni drogi, oddzielonych lub leżących wzdłuż jezdni, dla dróg osiedlowych, deptaków, parkingów, szkolnych dziedzińców, itp.

Wymagania oświetleniowe zestawione dla klas S w tabeli 3.5 oraz dla klas P w tabeli 3.6, mogą dotyczyć całej powierzchni drogi, tj. jezdni na drogach osiedlowych i pasów rozdzielających między jezdniami, chodnikami i ścieżkami rowerowymi.

Tab.3.5. Zalecane parametry oświetleniowe dla klas S wg normy 13201:2007 [2]

Klasa	$E_{sr,min}$ [lx]	E_{min} [lx]
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6
S7	nie określa się	nie określa się

Tab. 3.6. Klasy oświetleniowe P wg normy PN-EN 13201:2016 [4]

Klasa	Poziome natężenie oświetlenia		Wymagania dodatkowe jeśli rozpoznawalność twarzy jest konieczna	
	E^*_{sr} [eksp. min] [lx]	E_{min} [eksp.] [lx]	$E_{v,min}$ [eksp.] [lx]	$E_{sc,min}$ [eksp.] [lx]
P1	15,0	3,00	5,0	5,0
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P3	7,50	1,50	2,5	1,5
P4	5,00	1,00	1,5	1,0
P5	3,00	0,60	1,0	0,6
P6	2,00	0,40	0,6	0,2
P7	brak wymagań	brak wymagań		

*Dla zapewnienia odpowiedniej równomierności, rzeczywista wartość średniego natężenia oświetlenia nie może przekraczać 1,5-krotnej wartości E_{sr} dla danej klasy

gdzie: E_{sr} – średnie, eksploatacyjne natężenie oświetlenia,
 E_{min} – minimalne, eksploatacyjne natężenie oświetlenia),
 $E_{v,min}$ – minimalne, pionowe, eksploatacyjne natężenie oświetlenia,
 $E_{sc,min}$ – minimalne, półcyldryczne, eksploatacyjne natężenie oświetlenia.

W nowej normie zestaw wymagań oświetleniowych dla klas P, w porównaniu do poprzednio obowiązujących dla klas S, uzupełniono o ilościowe kryteria wpływające na lepszą identyfikację otoczenia (E_v) oraz osób (E_{sc}). Wprowadzono również stałą proporcję pomiędzy wymaganą wartością minimalnego i średniego natężenia oświetlenia, co ułatwia stosowanie zmiennych poziomów oświetlenia.

W uwagach zaznaczono, że wysoki wskaźnik oddawania barw poprawia rozpoznawalność twarzy.

4. ZMIENNE POZIOMY OŚWIETLLENIA - PRZYKŁADY

Szereg parametrów, uwzględnianych przy wyborze wymagań oświetleniowych, ulega okresowym zmianom, zależnie od pory dnia i nocy. Zaproponowane tabele, zestawiające i wartościujące poszczególne kryteria, ułatwiają dobór programu sterowania oświetleniem, zależnie od zmieniających się uwarunkowań, np. rodzaju i natężenia ruchu, prędkości poruszania się pojazdów, występowania zaparkowanych pojazdów, jasności otoczenia, itp.

Przykład 1 - wykorzystania procedury doboru zmiennych wymagań oświetleniowych dla wybranej drogi (rys.4.1), przedstawiono w Tabeli 4.1.



Rys.4.1. Droga dwupasmowa – ul. Lechicka

Tabela 4.1. Parametry dla wyboru klas oświetleniowych M [3]

Parametr	Opcje	Opis*		Wartość* wagi VW	Wartość wagi VW w godz.:	
					6:00-22:00	22:00-6:00
Prędkość	Bardzo wysoka	$V \geq 100$ km/h		2		
	Wysoka	$70 < v < 100$ km/h		1		1
	Umiarkowana	$40 < v \leq 70$ km/h		-1	1	
	Niska	$v \leq 40$ km/h		-2		
Natężenie ruchu		Autostrady, drogi wielopasmowe	Drogi dwupasmowe			
	Wysokie	> 65% max	> 45% max	1	1	
	Umiarkowane	35% - 65% max	15% - 45% max	0		
	Niskie	< 35%max	< 15% max	-1		-1
Rodzaj ruchu	Mieszany z dużym udziałem niezmotygowanych			2		
	Mieszany			1		
	Motorowy tylko			0	0	0
Rozdzielenie jezdni	Nie			1		
	Tak			0	0	0
Gęstość skrzyżowań		Gęstość skrzyżowań/km	Rozjazdy, odległość m. wiaduktami, km			
	Duża	> 3	< 3	1	1	1
	Mała	≤ 3	≥ 3	0		
Zaparkowane pojazdy	Tak			1		
	Nie			0	0	0
Luminancja otoczenia	Wysoka	Okna wystawowe, boiska sportowe, reklamy, obszary stacji, magazynów		1	1	1
	Średnia	normalna sytuacja		0		
	Niska			-1		
Prowadzenie wzrokowe	Bardzo trudne			2		
	Trudne			1	1	1
	Łatwe			0		
*Wartości podane w kolumnach są przykładowe. Możliwe jest przyjęcie wartości bardziej odpowiednich na poziomie krajowych wymagań.				Suma VWS	4	3

Z tabeli 4.1 wynika, że:

- podstawową klasą oświetlenia drogi jest: $M = 6 - 4 = M2$
- obniżone wymagania, odpowiadają klasie: $M = 6 - 3 = M3$

Tab. 4.2. Klasy oświetleniowe M dla ulicy Lechickiej [4]

Klasa	Parametry oświetlenia drogi			Olśnienie przeszkadzające	Oświetlenie otoczenia
	Warunki suche				
	Lśr [eksp. min] [cd/m2]	Uo [min]	Ul [min]	f _η [max] [%]	R _{EI} [min]
M2	1,50	0,40	0,70	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,70	10	0,35

Uwaga: obniżony poziom dotyczy TYLKO średniej luminancji, a nie pozostałych parametrów oświetlenia (Uo, Ul, f_η, R_{EI} – jak w klasie podstawowej)

Z tabeli 4.2. wynika, że przy obniżeniu klasy oświetlenia z M2 na M3 uzyskuje się redukcję poziomu oświetlenia, a więc redukcję zużycia energii elektrycznej o ok. 33%.

Przykład 2 - wykorzystania procedury doboru zmiennych wymagań oświetleniowych dla wybranej ulicy (rys.4.2), przedstawiono w Tabeli 4.3. Ulica (rys.4.2) zlokalizowana jest wzdłuż kompleksu budynków Politechniki Poznańskiej. Przyjęte zasady funkcjonowania uczelni (brak możliwości przebywania na uczelni po godzinie 22:00) istotnie wpływają na rodzaj ruchu na tej ulicy.



Rys.4.3. Ulica przed Politechniką Poznańską

Tabela 4.3. Parametry dla wyboru klas oświetleniowych M [3]

Parametr	Opcje	Opis*	Wartość* wagi VW	Wartość wagi VW w godz.:	
				6:00-22:00	22:00-6:00
Prędkość	Bardzo wysoka	$V \geq 100$ km/h	2		
	Wysoka	$70 < v < 100$ km/h	1		
	Umiarkowana	$40 < v \leq 70$ km/h	-1		1
	Niska	$v \leq 40$ km/h	-2	-2	
Natężenie ruchu		Autostrady, drogi wielopasmowe			
		Drogi dwupasmowe			
	Wysokie	> 65% max	> 45% max	1	1
	Umiarkowane	35% - 65% max	15% - 45% max	0	
	Niskie	< 35% max	< 15% max	-1	-1
Rodzaj ruchu	Mieszany z dużym udziałem niezmotoryzowanych		2	2	
	Mieszany		1		1
	Motorowy tylko		0		
Rozdzielenie jezdni	Nie		1	1	1
	Tak		0		
Gęstość skrzyżowań		Gęstość skrzyżowań/km	Rozjazdy, odległość m. wiaduktami, km		
	Duża	> 3	< 3	1	1
	Miała	≤ 3	≥ 3	0	
Zaparkowane pojazdy	Tak		1	1	
	Nie		0		0
Luminancja otoczenia	Wysoka	Okna wystawowe, boiska sportowe, reklamy, obszary stacji, magazynów	1		
	Średnia	normalna sytuacja	0	0	0
	Niska		-1		
Prowadzenie wzrokowe	Bardzo trudne		2		
	Trudne		1		
	Łatwe		0	0	0
*Wartości podane w kolumnach są przykładowe. Możliwe jest przyjęcie wartości bardziej odpowiednich na poziomie krajowych wymagań.			Suma VWS	4	3

Z tabeli 4.3 wynika, że:

- podstawową klasą oświetlenia drogi jest: $M = 6 - 4 = M2$
- obniżone wymagania, odpowiadają klasie: $M = 6 - 3 = M3$

Tab. 4.4. Klasy oświetleniowe M dla ulicy Piotrowo przy PP [4]

Klasa	Parametry oświetlenia drogi			Olśnienie przeszkadzające	Oświetlenie otoczenia
	Warunki suche				
	Lśr [ekspł. min] [cd/m2]	Uo [min]	Ul [min]	f _n [max] [%]	R _{EI} [min]
M2	1,50	0,40	0,70	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,70	10	0,35

Uwaga: obniżony poziom dotyczy TYLKO średniej luminancji, a nie pozostałych parametrów oświetlenia (Uo, Ul, f_n, R_{ei} – jak w klasie podstawowej)

Z tabeli 4.3. wynika, że przy obniżeniu klasy oświetlenia z M2 na M3 uzyskuje się redukcję poziomu oświetlenia, a więc redukcję zużycia energii elektrycznej o ok. 33%.

Przykład 3 - wykorzystania procedury doboru zmiennych wymagań oświetleniowych dla wybranego parkingu, zlokalizowanego na terenie szkoły wyższej (rys.4.3), przedstawiono w Tabeli 4.5. Parking jest wykorzystywany przez pracowników Politechniki od godziny 6:00 rano do godziny 22:00. W pobliżu parkingu, pomiędzy akademikami, znajduje się oświetlone boisko sportowe, przeznaczone dla studentów.



Rys.4.3. Parking na terenie Politechniki Poznańskiej

Tabela 4.5. Wybór klas oświetleniowych P dla parkingu PP wg [3]

Parametr	Wariant		VW	Wartość wagi VW w godz.:	
				6:00-22:00	22:00-6:00
Prędkość poruszania	Niska	$V \leq 40$ km/h	1		
	Bardzo niska (ruch pieszy)	prędkość ruchu pieszego	0	0	0
Natężenie ruchu	Wysokie		1		
	Normalne		0	0	
	Niskie		-1		-1
Rodzaj ruchu	Piesi, rowerzyści, ruch motorowy		2	2	
	Piesi, ruch motorowy		1		1
	Piesi, rowerzyści		1		
	Piesi		0		
	Rowerzyści		0		
Zaparkowane pojazdy	Tak		1	1	
	Nie		0		0
Luminancja otoczenia	Wysoka	boiska sportowe	1	1	
	Średnia	normalna sytuacja	0		0
	Niska		-1		
Suma VWS				4	0

Z tabeli 4.5 wynika, że:

- podstawową klasą oświetlenia parkingu jest: $P = 6 - 4 = P2$
- obniżone wymagania, odpowiadają klasie: $P = 6 - 0 = P6$

Tab. 4.6. Klasy oświetleniowe P dla parkingu Politechniki [4]

Klasa	Poziome natężenie oświetlenia		Wymagania dodatkowe jeśli rozpoznawalność twarzy jest konieczna	
	E_{av} [eksp. min] [lx]	E_{min} [eksp.] [lx]	$E_{v,min}$ [eksp.] [lx]	$E_{sc,min}$ [eksp.] [lx]
P2	10,0	2,00	3,0	2,0
P6	2,00	0,40	0,6	0,2

Oznacza to możliwość zastosowania 80% redukcji poziomu oświetlenia, a więc uzyskania istotnego obniżenia zużycia energii elektrycznej.

Jak wynika z przedstawionych przykładów, nowe procedury doboru wymagań oświetleniowych ułatwiają projektowanie i wdrażanie w praktyce bardziej zaawansowanych systemów eksploatacji oświetlenia drogowego, lepiej dostosowanych do rzeczywistych, zmieniających się w czasie potrzeb. Przyczyniają się również do ograniczenia, czy wręcz wyeliminowania, tak często stosowanego automatyzmu w przyjmowaniu poziomów redukcji oświetlenia.

Należy podkreślić, że kryteria ujęte w tabelach doboru klas oświetlenia mogą być korygowane lub uzupełniane na zasadzie uzgodnień, uwzględniających określoną specyfikę obszaru, dla którego wykonywany jest projekt oświetlenia. Dotyczy to szczególnie stref niebezpiecznych, ale również takich, w których istotna jest jakość światła – barwa i oddawanie barw, potrzeba lub konieczność doświetlenia pionowych powierzchni, jak również bezpośredniego otoczenia drogi w celu poprawy bezpieczeństwa i orientacji – zarówno pieszych jak i kierowców.

Uwaga:

Przy doborze stopni redukcji poziomów oświetlenia na wybranych drogach i ulicach należy uwzględnić konieczność zapewnienia odpowiednich warunków adaptacyjnych.

Jeśli redukcja poziomu oświetlenia dotyczy pojedynczych dróg, dochodzących do dróg o znacząco wyższych poziomach oświetlenia, wtedy należy:

- albo ograniczyć stopień redukcji poziomu oświetlenia,
- albo zastosować strefy przejściowe, o długościach np. odpowiadających „regule 5s”.

LITERATURA

- [1] CIE 115-2010. Lighting of Roads for motor and pedestrian traffic, 2010.
- [2] PN-EN 13201:2007. Oświetlenie dróg
- [3] PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02 Oświetlenie dróg – Część 1: Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia.
- [4] PN-EN 13201-2:2016-03. Oświetlenie dróg. Część 2: Wymagania eksploatacyjne.

Małgorzata Górczewska
Politechnika Poznańska, Zakład Techniki Świetlnej i Elektrotermii
60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3a,
tel. 605 408 388,
e-mail: luxel@hot.pl

PIERWSZY WICEPREZYDENT
INSTYTUTU
Bogumił Sobuła

NACZELNIK
WYDZIAŁU BUDYNKÓW I DRÓG

Roman Buła