

WYTYCZNE ORGANIZACJI BEZPIECZNEGO RUCHU PIESZYCH

WYTYCZNE PRAWIDŁOWEGO OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH

CZĘŚĆ I – RAPORT Z PRZEPROWADZONYCH STUDIÓW I ANALIZ



Opracowanie wykonano na zlecenie Skarbu Państwa – Ministra Infrastruktury i Budownictwa, reprezentowanego przez Sekretariat Krajowej Rady BRD w ramach umowy nr SKR-V-126/17 z dnia 18 września 2017 r.

Wykonawca: Konsorcjum w składzie: Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej, Politechnika Gdańska oraz Instytut Badawczy Dróg i Mostów, w Partnerstwie z Politechniką Warszawską

Zespół autorski:

dr hab. inż. Kazimierz Jamroz, prof. PG – kierownik projektu, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

dr hab. inż. Piotr Tomczuk, prof. PW – autor prowadzący w zakresie oświetlenia, Wydział Transportu, Politechnika Warszawska

mgr inż. Tomasz Mackun – autor prowadzący w zakresie inżynierii drogowej, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

dr inż. Marcin Chrzanowicz – Wydział Elektryczny, Politechnika Warszawska

dr inż. Marcin Budzyński - Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

dr. inż. Wojciech Kustra - Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

dr inż. Jacek Malasek – Instytut Badawczy Dróg i Mostów

dr Jakub Zawieska – Instytut Badawczy Dróg i Mostów

mgr inż. Leszek Kornalewski – Instytut Badawczy Dróg i Mostów

mgr inż. Tomasz Krukowicz – Wydział Transportu, Politechnika Warszawska

mgr inż. Artur Rys - Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

mgr Maciej Wroński

i inni członkowie zespołu.

Autorzy współpracujący:

dr. inż. Lech Michalski - Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

dr inż. Krzysztof Tomczuk- Instytut Elektrotechniki

mgr inż. Anna Wytrykowska - Wydział Transportu, Politechnika Warszawska

mgr inż. Piotr Jaskowski - Wydział Transportu, Politechnika Warszawska

inż. Julia Słowy - Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

Spis treści:

1. WSTĘP	1
1.1 PODSTAWA OPRACOWANIA	1
1.2 CHARAKTERYSTYKA PROBLEMU	1
1.3 CEL I ZAKRES PRACY	2
2. STAN BEZPIECZEŃSTWA RUCHU NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH W POLSCE W OGRANICZONYCH WARUNKACH WIDOCZNOŚCI	4
2.1 POLSKA NA TLE INNYCH	4
2.2 ZAGROŻENIA PIESZYCH UŻYTKOWNIKÓW DRÓG W POLSCE [41]	5
2.3 GŁÓWNE CZYNNIKI ZAGROŻENIA PIESZYCH NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH	17
3. WYMAGANIA FUNKCJONALNE OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH	21
3.1 WYMAGANIA OGÓLNE	21
3.2 CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA WIDZIALNOŚĆ PIESZEGO PRZEZ KIERUJĄCEGO	23
3.3 KRYTERIA I METODY OCENY STANU OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH	47
3.4 PRZEGLĄD TYPÓW PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH	65
3.5 PRZEGLĄD TYPOWYCH ROZWIĄZAŃ OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH	72
4. WYMAGANIA FORMALNE W ZAKRESIE OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH	89
4.1 WYMAGANIA ZAGRANICZNE	89
4.2 WYMAGANIA KRAJOWE	113
5. PRZEGLĄD BADAŃ OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH	138
6. WARUNKI TECHNICZNE ORAZ STANDARDY DLA INFRASTRUKTURY OŚWIETLENIA W POLSCE	146
6.1 KONSTRUKCJE NOŚNE – WYMAGANIA TECHNICZNE	146
6.2 KONSTRUKCJE NOŚNE – ANALIZA OGRANICZEŃ WIDOCZNOŚCI	151
6.3 OPRAWY OŚWIETLENIOWE I ŹRÓDŁA ŚWIATŁA	164
6.4 INSTALACJE ELEKTRYCZNE	180
6.5 STEROWANIE OŚWIETLENIEM	192
6.6 WYBRANE ZAGADNIENIA ZASILANIA OPRAW OŚWIETLENIOWYCH LED	195
7. GŁÓWNE ZAŁOŻENIA DO PROJEKTU WYTYCZNYCH OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH	206
7.1 POTRZEBA OPRACOWANIA WYTYCZNYCH	206
7.2 GENERALNE ZASADY OŚWIETLANIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH	207
7.3 WYODRĘBNIONE NAJWAŻNIEJSZE TEZY	210
8. SZCZEGÓŁOWE ZAŁOŻENIA DO PROJEKTU WYTYCZNYCH OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH	212
8.1 USTALENIE KLASY RYZYKA „R” PIESZEGO NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH	212

8.2	SZACOWANIE EFEKTYWNOŚCI OŚWIETLANIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH	219
8.3	WPROWADZENIE NOWYCH KLAS OŚWIETLENIA (PC) DLA ROZWIĄZAŃ DEDYKOWANYCH	223
8.4	USTALENIE UWARUNKOWAŃ OGÓLNYCH – PROJEKTOWANIE NA ISTNIEJĄCYCH ODCINKACH DRÓG	227
8.5	USTALENIE KLAS OŚWIETLENIA JEZDNI – PROJEKTOWANIE NA ISTNIEJĄCYCH ODCINKACH DRÓG	230
8.6	WYBÓR ROZWIĄZANIA OŚWIETLENIOWEGO NA ISTNIEJĄCYCH ODCINKACH DRÓG I ULIC	247
8.7	WYBÓR ROZWIĄZANIA NA NOWO PROJEKTOWANYCH ODCINKACH DRÓG I ULIC	255
8.8	PROCEDURA POMIARÓW OŚWIETLENIOWYCH STOSOWANA PRZY ODBIORACH	257
9.	ZAŁOŻENIA ZASAD UTRZYMANIA OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH	265
9.1	ZALECENIA EKSPLOATACYJNE	265
9.2	BADANIA I POMIARY KONTROLNE	267
9.3	SZACUNKOWE KOSZTY PRAC UTRZYMANIOWYCH I MODERNIZACYJNYCH	276
10.	PODSUMOWANIE	279
10.1	SYNTEZA WYNIKÓW I ANALIZ	280
10.2	PROPOZYCJE ZMIAN W PRZEPISACH	281
11.	LITERATURA	282
12.	WYBRANE POJĘCIA I TERMINY	289
	ZAŁĄCZNIK 1 – REKOMENDOWANY SPRZĘT POMIAROWY	295
	ZAŁĄCZNIK 2 – PRZYKŁAD POMIARÓW OŚWIETLENIA	295
	ZAŁĄCZNIK 3 – PROCEDURA OKREŚLENIA KLASY REFLEKSYJNEJ NAWIERZCHNI JEZDNI ORAZ PRZYKŁAD WYZNACZANIA KLASY OŚWIETLENIA ULICY	295
	ZAŁĄCZNIK 4 – PRZYKŁAD DOKUMENTACJI PROJEKTOWEJ	295
	ZAŁĄCZNIK 5 – PROCEDURA ODBIORU – WZÓR KARTY POMIARU PARAMETRÓW OŚWIETLENIA	295
	ZAŁĄCZNIK 6 – PROCEDURA ODBIORU – WZÓR RAPORTU Z POMIARU PARAMETRÓW OŚWIETLENIA	295
	ZAŁĄCZNIK 7 – PROCEDURA KONTROLNA – WZÓR KARTY POMIARU PARAMETRÓW OŚWIETLENIA	295
	ZAŁĄCZNIK 8 – PROCEDURA KONTROLNA – WZÓR RAPORTU Z POMIARU PARAMETRÓW OŚWIETLENIA ...	295
	ZAŁĄCZNIK 9 – PRZEGLĄD WYBRANYCH ROZWIĄZAŃ OŚWIETLENIOWYCH	295
	ZAŁĄCZNIK 10 - KATALOG DOBRYCH I ZŁYCH PRAKTYK	295

Załączniki od nr 1 do 10 znajdują się w oddzielnym dokumencie pt. „Raport z przeprowadzonych analiz i studiów – Załączniki”

1. WSTĘP

1.1 Podstawa opracowania

Opracowanie wykonywane jest w ramach umowy nr SKR-V-126/17 z dnia 18 września 2017 r. pomiędzy Konsorcjum w składzie: Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej (FRIL), Instytut Badawczy Dróg i Mostów (IBDiM), Politechnika Gdańska – Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska (PG) w partnerstwie z Wydziałem Transportu Politechniki Warszawskiej (PW), a Skarbem Państwa – Ministerstwem Infrastruktury i Budownictwa (IBDIM), reprezentowanym przez Sekretariat Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego.

1.2 Charakterystyka problemu

W Polsce od wielu lat dochodzi do dużej liczby wypadków drogowych na przejściach dla pieszych w okresach nocnych. Jednym z rozwiązań technicznych mogących wpłynąć na poprawę tego stanu jest zastosowanie prawidłowego oświetlenia przejścia dla pieszych. Wyznaczone przejście dla pieszych powinno być widoczne w różnych warunkach atmosferycznych i porach doby. W przypadku nocnych ograniczeń widoczności powinno się stosować sztuczne oświetlenie przejść dla pieszych. Oświetlenie przejść dla pieszych powinno jednocześnie zapewniać: kierowcy właściwe warunki rozpoznania sytuacji drogowej i obserwacji sylwetki pieszego, a pieszemu właściwe warunki obserwacji otoczenia, przejścia dla pieszych i zbliżających się pojazdów.

Istnieje szereg możliwości technicznych umożliwiających oświetlenie obszaru przejścia dla pieszych (np. za pomocą opraw oświetlenia ulicznego) lub doświetlenia obszaru przejścia dla pieszych za pomocą rozwiązań dedykowanych (opraw o specjalnych cechach oświetleniowych). Każde z zastosowanych rozwiązań powinno realizować założone funkcje oświetleniowe. Wiąże się to ze zdefiniowaniem i stosowaniem wymagań formalnych, zasad dotyczących oświetlenia instalowanego w obszarze przejść dla pieszych oraz racjonalnego stosowania dostępnych rozwiązań.

Na przestrzeni lat w Polsce funkcjonowały różne normy oświetleniowe określające zasady i warunki stosowania oświetlenia ulicznego oraz oświetlenia stosowanego w obszarze przejść dla pieszych. Przepisy te definiowały ogólne zasady stosowania rozwiązań oświetleniowych aplikowanych w obszarze konfliktowym, za jakie uważane jest przejście dla pieszych. Przepisy te jednak nie precyzowały odpowiednio wymagań oraz nie uwzględniały poziomu zagrożenia niechronionych użytkowników dróg. Ponadto w ostatnim okresie nastąpił znaczący rozwój efektywnych źródeł światła, konstrukcji opraw oświetleniowych i technologii obliczeniowych pozwalających na projektowanie opraw dedykowanych do wybranych zastosowań

oświetleniowych. Współczesne narzędzia komputerowe wspomagające projektowanie oświetlenia ulicznego pozwalają już na etapie koncepcyjnym ustalić warunki oświetleniowe na nowoprojektowanej ulicy.

1.3 Cel i zakres pracy

Celem pracy jest identyfikacja i charakterystyka problemów związanych z oświetleniem przejść dla pieszych, przegląd i analiza rozwiązań dotyczących prawidłowego oświetlenia przejść dla pieszych w kraju i zagranicą oraz propozycja wytycznych oświetlenia przejść dla pieszych.

Pracę podzielono na dwie części:

CZĘŚĆ I - WYTYCZNE DOTYCZĄCE PRAWIDŁOWEGO OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH -RAPORT Z PRZEPROWADZONYCH STUDIÓW I ANALIZ

CZĘŚĆ II - WYTYCZNE DOTYCZĄCE PRAWIDŁOWEGO OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH -PROJEKT WYTYCZNYCH

Podstawowym celem Raportu z przeprowadzonych studiów i analiz jest omówienie zagadnień i przedstawienie wytycznych dotyczących prawidłowego oświetlenia przejść dla pieszych w kraju i zagranicą oraz przeglądem stosowanych rozwiązań. Raport jest uzasadnieniem przyjętych rozwiązań w Projekcie Wytycznych.

Projekt Wytycznych jest syntezą rozwiązań rekomendowanych do stosowania opracowanych w Raporcie z analiz. Dokument skierowany jest do zarządców dróg i ulic, zarządców oświetlenia, projektantów drogowych i oświetleniowych, inwestorów i wykonawców. Opracowanie ma na celu stworzenie wytycznych dla projektantów, inwestorów i wykonawców oświetlenia przejść dla pieszych w celu zapewnienia wysokich standardów oświetlenia.

Opracowanie nie stanowi aktu prawnego. Ze względu na ograniczoną objętość i charakter raportu i wytycznych, nie wszystkie zagadnienia i związane z nimi problemy zostały w nim omówione. Przedstawione w niniejszym opracowaniu rozwiązania zaczerpnięto z praktyki, badań własnych, doświadczeń krajowych i międzynarodowych. W opinii autorów konieczne jest prowadzenie dalszych prac studialnych i badawczych zgłębiających problemy omawiane w Raporcie, a pozwalające na zaprezentowanie jeszcze bardziej skutecznych i efektywnych metod i narzędzi ochrony pieszych wynikających ze stosowania rozwiązań oświetleniowych na przejściach dla pieszych.

Opracowanie składa się z następujących głównych części:

1. Wstęp
2. Stan bezpieczeństwa ruchu na przejściach dla pieszych w Polsce w ograniczonych warunkach widoczności
3. Wymagania funkcjonalne oświetlenia przejść dla pieszych
4. Wymagania formalne w zakresie oświetlenia przejść dla pieszych
5. Przegląd badań oświetlenia przejść dla pieszych
6. Warunki techniczne oraz standardy dla infrastruktury oświetlenia w Polsce
7. Główne założenia do projektu wytycznych oświetlenia przejść dla pieszych
8. Szczegółowe założenia do projektu wytycznych oświetlenia przejść dla pieszych
9. Założenia zasad utrzymania oświetlenia przejść dla pieszych
10. Podsumowanie
11. Literatura
12. Wybrane pojęcia i terminy

Opracowanie zawiera także elementy dodatkowe w postaci załączników:

Załącznik 1 – Rekomendowany sprzęt pomiarowy

Załącznik 2 – Przykład pomiarów oświetlenia

Załącznik 3 – Procedura określenia klasy refleksyjnej nawierzchnie jezdni oraz Przykład wyznaczania klasy oświetlenia ulicy

Załącznik 4 – Przykład dokumentacji projektowej

Załącznik 5 – Procedura odbioru – Wzór karty pomiaru parametrów oświetlenia

Załącznik 6 – Procedura odbioru – Wzór raportu z pomiaru parametrów oświetlenia

Załącznik 7 – Procedura kontrolna – Wzór karty pomiaru parametrów oświetlenia

Załącznik 8 – Procedura kontrolna – Wzór raportu z pomiaru parametrów oświetlenia

Załącznik 9 – Przegląd wybranych rozwiązań oświetleniowych

Załącznik 10 - Katalog dobrych i złych praktyk

2. STAN BEZPIECZEŃSTWA RUCHU NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH W POLSCE W OGRANICZONYCH WARUNKACH WIDOCZNOŚCI

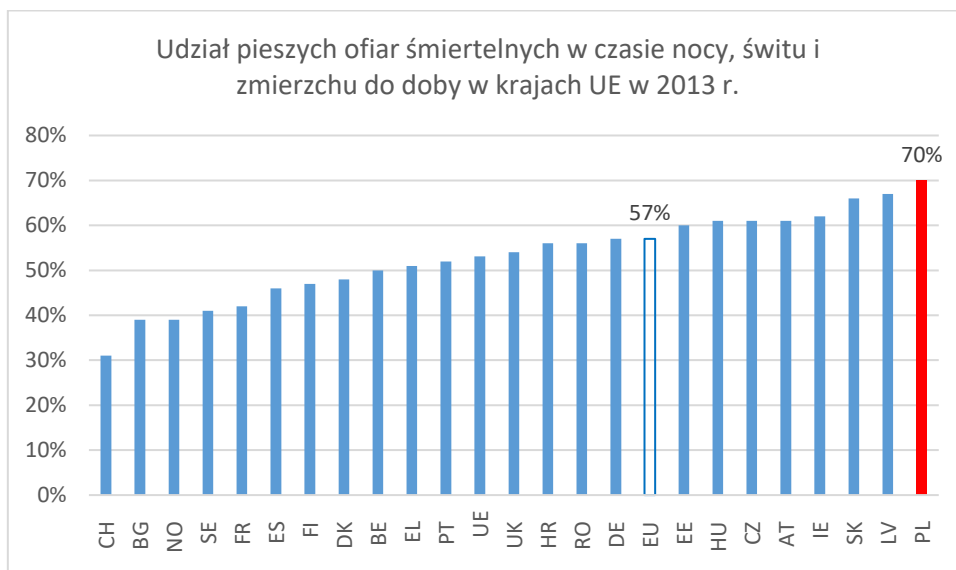
2.1 Polska na tle innych

W Polsce w okresie nocy dochodzi do ok. 31 % wypadków, w których śmierć ponosi 48 % wszystkich ofiar śmiertelnych. Na przejściach dla pieszych, w całej dobie zarejestrowano aż 10,6 % wszystkich wypadków i aż 14,1 % wszystkich ofiar śmiertelnych. W nocy na przejściach dla pieszych i przejazdach dla rowerzystów w latach 2010 - 2016 zarejestrowano 54% ofiar śmiertelnych w nocy¹ i 46 % podczas dnia.

Według raportu szwedzkiego VTI z 2009 r. w Szwecji około 29 % ofiar śmiertelnych zarejestrowano w nocy, a 10 % podczas zmerchu i świtu. W zakresie wypadków z udziałem pieszych 37,4 % miało miejsce w nocy (noc, zmierzch, świt), 47,3 % w porze dziennej, a w przypadku 15,4 % brak danych co do pory dnia. W raporcie wskazano także, że w innych krajach takich jak Wielka Brytania, Japonia, USA ciężkość wypadków jest większa w nocy niż w ciągu dnia. W Japonii 55 % ofiar śmiertelnych zarejestrowano w nocy (przy 30% udziale wypadków w nocy). W USA udział ofiar śmiertelnych w nocy wynosi 45 %.

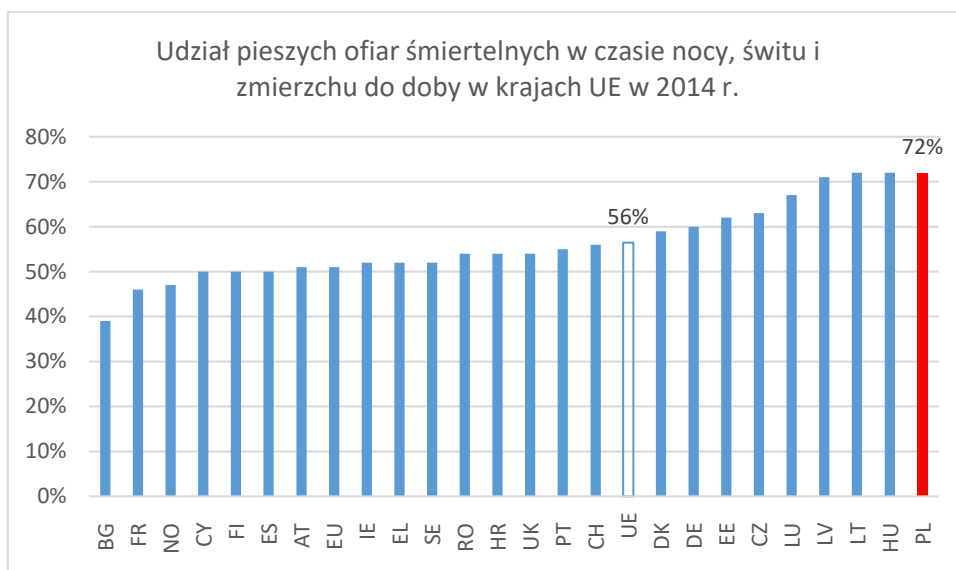
W raporcie o bezpieczeństwie pieszych opublikowanym w 2015 [101] i 2016 [104], za 2013 i 2014 rok, Europejskiego Obserwatorium Bezpieczeństwa Drogowego działającym przy Komisji Europejskiej, zestawiono udział ofiar śmiertelnych wśród pieszych w poszczególnych okresach doby względem ofiar śmiertelnych w całej dobie w krajach UE. Na rys. 2.1 i rys. 2.2 przedstawiono udział ofiar śmiertelnych wśród pieszych w okresie nocy, zmerchu i świtu, względem wszystkich ofiar śmiertelnych wśród pieszych w całej dobie. W porównaniu nie ujęto krajów, dla których dane były niepełne lub sumaryczna liczba pieszych ofiar śmiertelnych była mniejsza niż 10. Z zestawienia wynika, że wśród porównanych krajów w Polsce udział pieszych ofiar zabitych w okresach doby bez światła dziennego jest najwyższy i sięga 70%.

¹ Rozumiane wg bazy zdarzeń drogowych jako okres: nocy, zmerchu i świtu.



Rys. 2.1 Udział pieszych ofiar śmiertelnych w czasie nocy, świtu i zmierzchu do doby w krajach UE w 2013 r.

Źródło: T. Mackun na podstawie [101]



Rys. 2.2 Udział pieszych ofiar śmiertelnych w czasie nocy, świtu i zmierzchu do doby w krajach UE w 2014 r.

Źródło: T. Mackun na podstawie [104]

2.2 Zagrożenia pieszych użytkowników dróg w Polsce [41]

2.2.1 Dane ogólne

W Polsce w latach 2010-2016 zdarzyło się ponad 250 tys. wypadków drogowych. W tych wypadkach zarejestrowano ponad 24 tys. ofiar śmiertelnych, prawie 83 tys. zostało ciężko rannych, a niemalże 230 tys. osób lekko rannych. Spośród wszystkich wypadków 10,6 % miało

miejsce na przejściu dla pieszych lub przejeździe dla rowerów, w których zarejestrowano 14,1 % wszystkich ofiar śmiertelnych.

2.2.2 Wypadki w Polsce w podziale wg pory dnia

W latach 2010 – 2016 około 69 % wypadków wydarzyło się przy świetle dziennym, 14,6 % w nocy przy drodze oświetlonej, 9,3 % w nocy na drodze nieoświetlonej a 7,1 % podczas zmroku i świtu. Ogólne tendencje zmian liczby wypadków są pozytywne, prawie z każdym rokiem następuje spadek liczby wypadków. Na przestrzeni siedmiu analizowanych lat odnotowano:

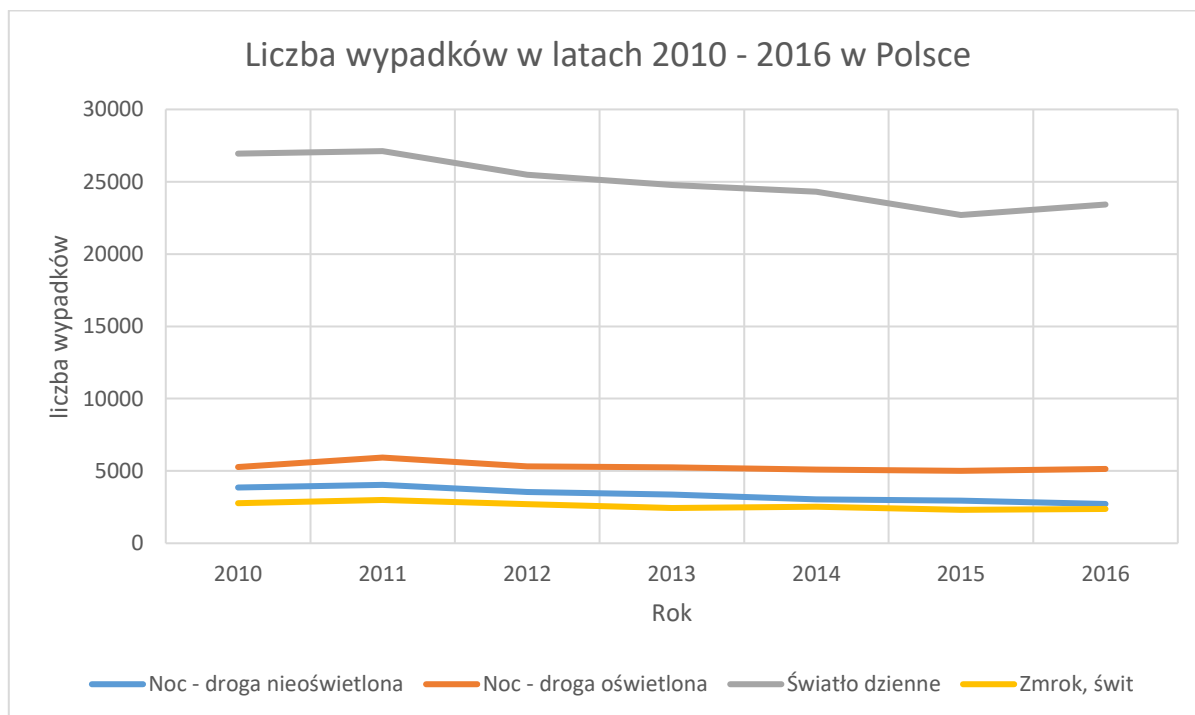
- spadek liczby wypadków o 29 % - noc droga nieoświetlona,
- spadek liczby wypadków o 2 % - noc droga oświetlona,
- spadek liczby wypadków o 29 % - światło dzienne,
- spadek liczby wypadków o 29 % - zmrok, świt.

W tab. 2.1 oraz na rys. 2.3 przedstawiono liczbę wypadków w podziale na lata oraz porę dnia (oświetlenie) w Polsce.

Tab. 2.1

Zestawienie liczby wypadków w zależności od pory dnia w latach 2010 - 2016 w Polsce [41]

Rok	Noc - droga nieoświetlona	Noc - droga oświetlona	Światło dzienne	Zmrok, świt
2010	3 845	5 273	26 935	2 778
2011	4 038	5 927	27 117	2 994
2012	3 556	5 313	25 472	2 704
2013	3 370	5 256	24 774	2 445
2014	3 047	5 089	24 303	2 529
2015	2 949	5 008	22 699	2 312
2016	2 718	5 150	23 432	2 364



Rys. 2.3 Liczba wypadków w latach 2010 - 2016 w Polsce

Źródło: T. Mackun na podstawie [41]

2.2.3 Ofiary śmiertelne w Polsce wg pory dnia

W Polsce w latach 2010 – 2016 około 52 % ofiar poniosło śmierć przy świetle dziennym, 14 % w nocy przy drodze oświetlonej, 25 % w nocy na drodze nieoświetlonej, a 9 % podczas zmroku i świtu. Wyniki pokazują, że ciężkość wypadków w nocy jest dużo wyższa niż za dnia.

Tendencje zmian liczby ofiar śmiertelnych są pozytywne, prawie z każdym rokiem następuje spadek liczby ofiar. Na przestrzeni 7 analizowanych lat odnotowano:

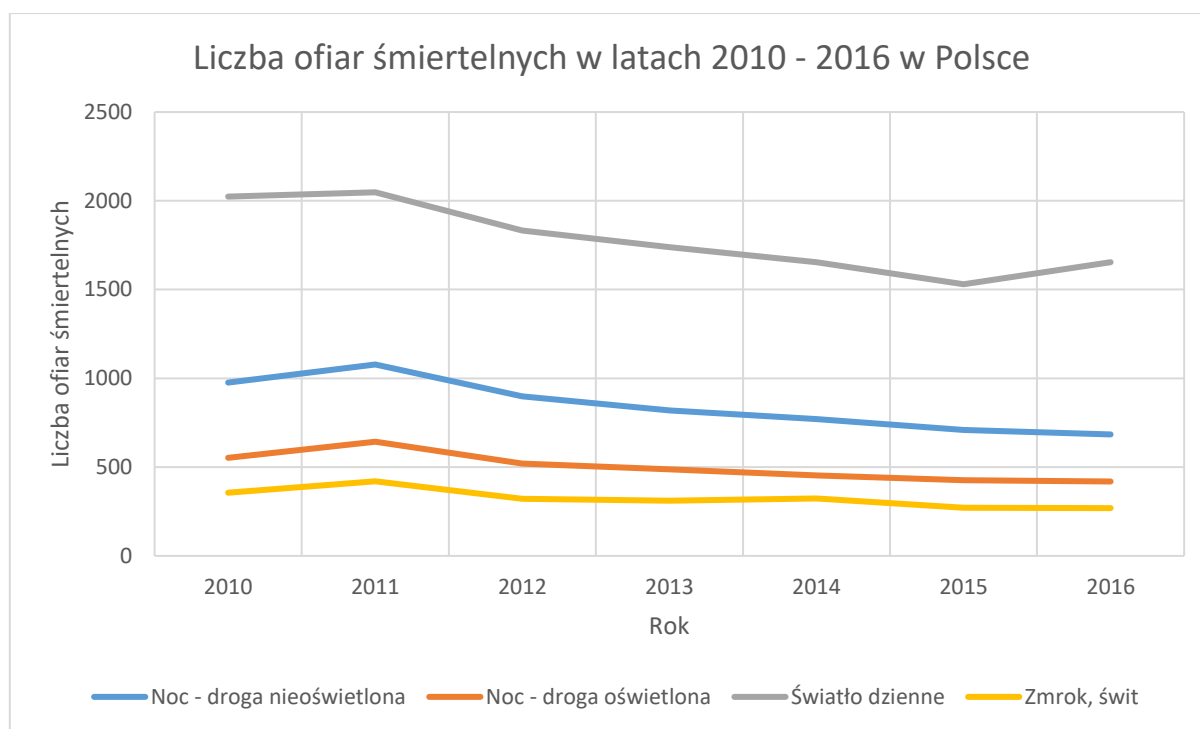
- spadek liczby ofiar śmiertelnych o 30 % - noc droga nieoświetlona,
- spadek liczby ofiar śmiertelnych o 24 % - noc droga oświetlona,
- spadek liczby ofiar śmiertelnych o 28 % - światło dzienne,
- spadek liczby ofiar śmiertelnych o 24 % - zmrok, świt.

W tab. 2.2 oraz na rys. 2.4 przedstawiono liczbę ofiar zabitych w wypadkach w podziale na lata oraz porę dnia (oświetlenie) w Polsce.

Tab. 2.2

Zestawienie liczby ofiar zabitych w wypadkach, w zależności od pory dnia w latach 2010 - 2016 w Polsce [41]

Rok	Noc - droga nieoświetlona	Noc - droga oświetlona	Światło dzienne	Zmrok, świt
2010	976	553	2023	356
2011	1078	643	2048	420
2012	898	520	1832	321
2013	820	488	1738	310
2014	770	454	1655	323
2015	710	426	1530	272
2016	684	419	1654	269



Rys. 2.4 Liczba ofiar śmiertelnych w latach 2010 - 2016 w Polsce

Źródło: T. Mackun na podstawie [41]

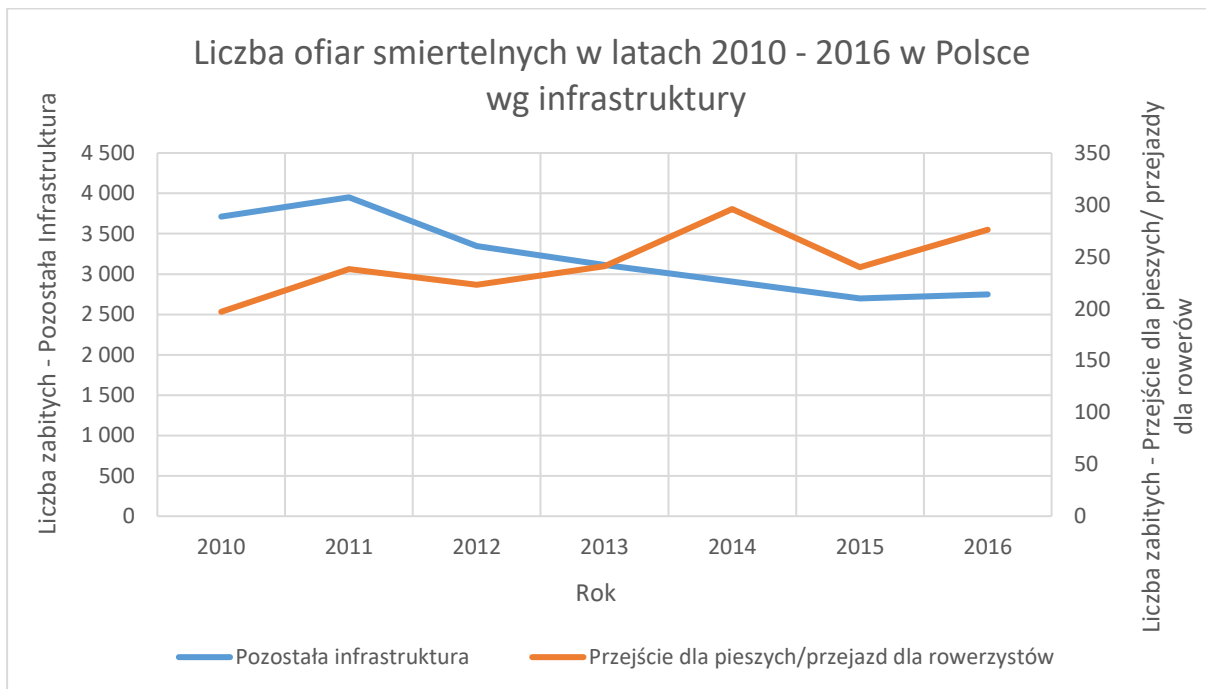
2.2.4 Ofiary śmiertelne w Polsce wg infrastruktury

Według danych, w latach 2010 - 2016 liczba ofiar śmiertelnych na „pozostałej infrastrukturze”, (inne niż przejście dla pieszych i przejazd dla rowerzystów) spadła o 24 %. Alarmujący jest fakt, że liczba ofiar śmiertelnych łącznie na przejściach dla pieszych i przejazdach dla rowerzystów, wzrosła o 40 %. W tab. 2.3 oraz na rys. 2.5 i Rys. 2.6 przedstawiono liczbę i udział ofiar śmiertelnych w podziale na lata oraz infrastrukturę w Polsce.

Tab. 2.3

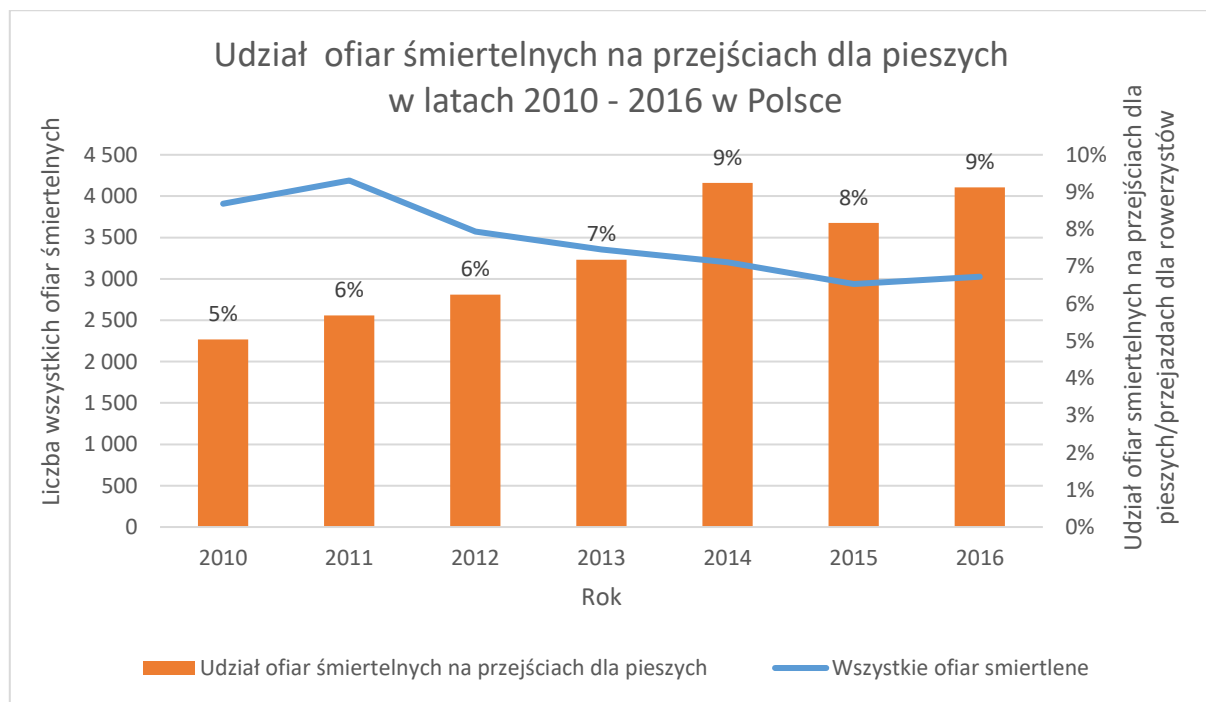
Liczba ofiar śmiertelnych w latach 2010 - 2016 w Polsce w infrastruktury [41]

Infrastruktura	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Suma
Brak danych						2		2
Chodnik, droga dla pieszych	25	19	15	39	29	16		143
Chodnik, droga dla pieszych, rowerzystów							21	21
Droga dla rowerzystów	1	3	5	7	6	6		28
Droga, pas ruchu, śluza dla rowerów							4	4
Jezdnia	3 250	3 439	2 907	2 610	2 504	2 234	2 342	19 286
Most, wiadukt, łącznica, tunel	17	13	12	18	10	10	13	93
Parking, plac	6	8	1	2	3	6		26
Parking, plac, MOP							6	6
Pas dzielący jezdnie	2	4	9	10	4	5	1	35
Pobocze	214	242	201	222	179	212	187	1 457
Przejazd dla rowerzystów							12	12
Przejazd kolejowy niestrzeżony	18	20	33	29	18	26	26	170
Przejazd kolejowy strzeżony	15	14	6	4	8	13	5	65
Przejazd tramwajowy, torowisko	20	17	14	18	12	16	11	108
Przejście dla pieszych	197	238	223	241	296	240	264	1 699
Przewiązka na drodze dwujezdniowej	2	1				2	1	6
Przystanek komunikacji publicznej	8	7	7	7	12	5	4	50
Roboty drogowe, oznakowanie tymczasowe	7	22	11	9	5	5	11	70
Skarpa, rów	104	127	109	124	96	127	104	791
Wjazd, wyjazd z posesji, pola	22	15	18	16	20	13	14	118
Suma końcowa	3 908	4 189	3 571	3 356	3 202	2 938	3 026	24 190



Rys. 2.5 Liczba ofiar śmiertelnych w latach 2010 - 2016 w Polsce wg infrastruktury

Źródło: T. Mackun na podstawie [41]



Rys. 2.6 Udział ofiar śmiertelnych na przejściach dla pieszych/przejazdach dla rowerzystów w latach 2010 - 2016 w Polsce

Źródło: T. Mackun na podstawie [41]

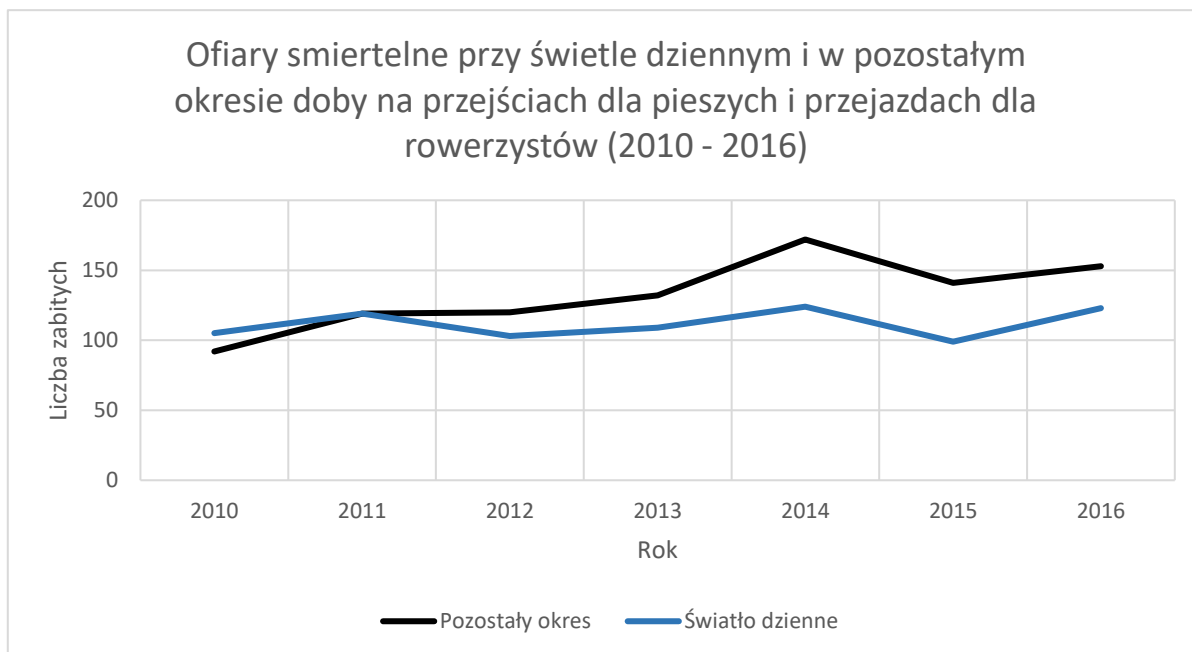
2.2.5 Ofiary śmiertelne w Polsce na przejściach dla pieszych i przejazdach dla rowerzystów

Na przejściach dla pieszych oraz na przejazdach dla rowerzystów, w latach 2010 – 2016 zanotowano 1711 ofiar śmiertelnych. Podczas okresu światła dziennego zarejestrowano 782 ofiary śmiertelne a podczas okresu nocy, świtu i zmroku aż 929 ofiary. Więcej osób poniosło śmierć w „nocy” niż za dnia, a dodatkowo trend liczby zabitych jest rosnący w kolejnych latach (tab. 2.4, Rys. 2.7). Średni roczny wzrost liczby ofiar śmiertelnych, na przejściach dla pieszych w dzień wynosi 1,3 %, a w pozostałym okresie doby wynosi 7 %. Wyniki są bardzo niepokojące, w szczególności mając na uwadze fakt, że większość ruchu drogowego i pieszego rejestruje się za dnia.

Tab. 2.4

Ofiary śmiertelne przy świetle dziennym i pozostałym okresie doby na przejściach dla pieszych i przejazdach dla rowerzystów (2010 - 2016) [41]

Rok	Pozostały okres	Światło dzienne
2010	92	105
2011	119	119
2012	120	103
2013	132	109
2014	172	124
2015	141	99
2016	153	123
Suma końcowa	929	782



Rys. 2.7 Ofiary śmiertelne przy świetle dziennym i w pozostałym okresie doby na przejściach dla pieszych i przejazdach dla rowerzystów (2010 - 2016)

Źródło: T. Mackun na podstawie [41]

2.2.6 Przyczyny wypadków ze skutkiem śmiertelnym na przejściach dla pieszych i przejazdach dla rowerzystów w nocy, podczas zmierzchu i świtu

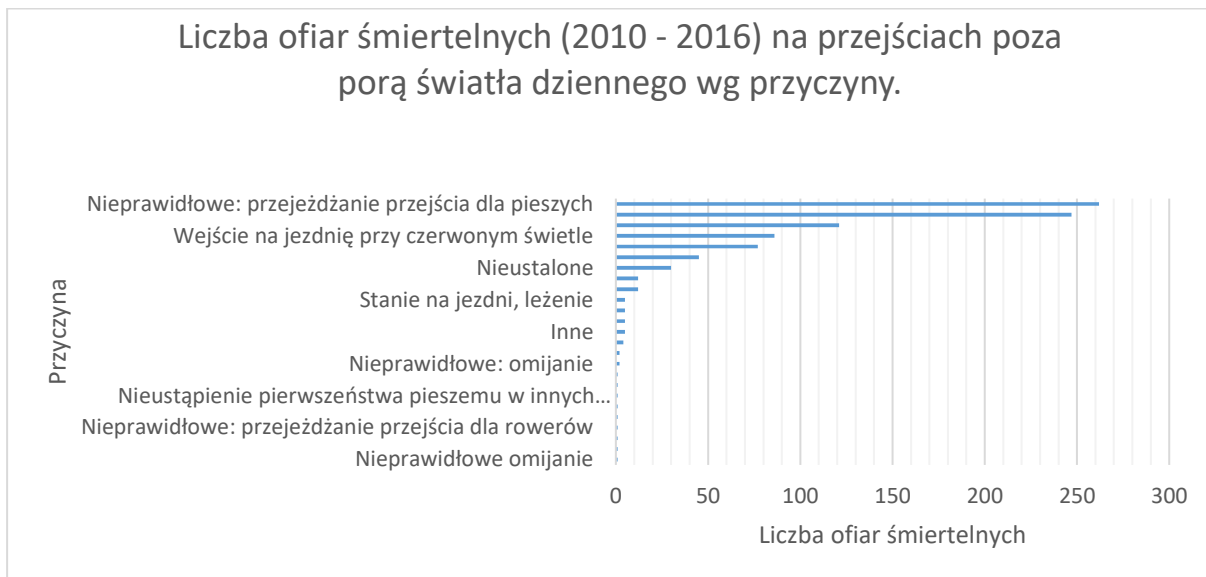
Głównymi przyczynami wypadków ze skutkiem śmiertelnym w porze nocy, zmierzchu i świtu na przejściach dla pieszych są (tab. 2.5):

- nieprawidłowe: przejeżdżanie przejścia dla pieszych – 28,2 %,
- nieudzielenie pierwszeństwa pieszemu - 26,6 %,
- nieustąpienie pierwszeństwa pieszemu na przejściu dla pieszych – 13 %,
- wejście na jezdnię przy czerwonym świetle 9,3 %,
- brak danych – 8,3 %,
- nieostrożne wejście na jezdnię przed jadącym pojazdem – 4,8 %.

Tab. 2.5

Przyczyny wypadków ze skutkiem śmiertelnym w porze nocy, zmierzchu i świtu, na przejściach dla pieszych w latach 2010 – 2016 w Polsce [41]

Przyczyna	Ofiary śmiertelne	Udział [%]
Nieprawidłowe omijanie	1	0,1
Nieprawidłowe przejeżdżanie przejazdu dla rowerzystów	1	0,1
Nieprawidłowe: cofanie	1	0,1
Nieprawidłowe: przejeżdżanie przejścia dla rowerów	1	0,1
Nieprawidłowe: wyprzedzanie	1	0,1
Nieustąpienie pierwszeństwa pieszemu przy skręcaniu w drogę poprzeczną	1	0,1
Nieustąpienie pierwszeństwa pieszemu w innych okolicznościach	1	0,1
Przekraczanie jezdni w miejscu niedozwolonym	1	0,1
Zatrzymanie, cofnięcie się	1	0,1
Nieprawidłowe: omijanie	2	0,2
Wjazd przy czerwonym świetle	2	0,2
Niestosowanie się do sygnalizacji świetlnej	4	0,4
Inne	5	0,5
Inne/Nieustalone	5	0,5
Nieudzielenie pierwszeństwa przejazdu	5	0,5
Stanie na jezdni, leżenie	5	0,5
Niedostosowanie prędkości do warunków ruchu	12	1,3
Współwina	12	1,3
Nieustalone	30	3,2
Nieostrożne wejście na jezdnię: przed jadącym pojazdem	45	4,8
Brak danych	77	8,3
Wejście na jezdnię przy czerwonym świetle	86	9,3
Nieustąpienie pierwszeństwa pieszemu na przejściu dla pieszych	121	13,0
Nieudzielenie pierwszeństwa pieszemu	247	26,6
Nieprawidłowe: przejeżdżanie przejścia dla pieszych	262	28,2
Suma	929	100,0%



Rys. 2.8 Przyczyny wypadków ze skutkiem śmiertelnym w porze nocy, zmierzchu i świtu, na przejściach dla pieszych w latach 2010 – 2016 w Polsce

Źródło: T. Mackun na podstawie [41]

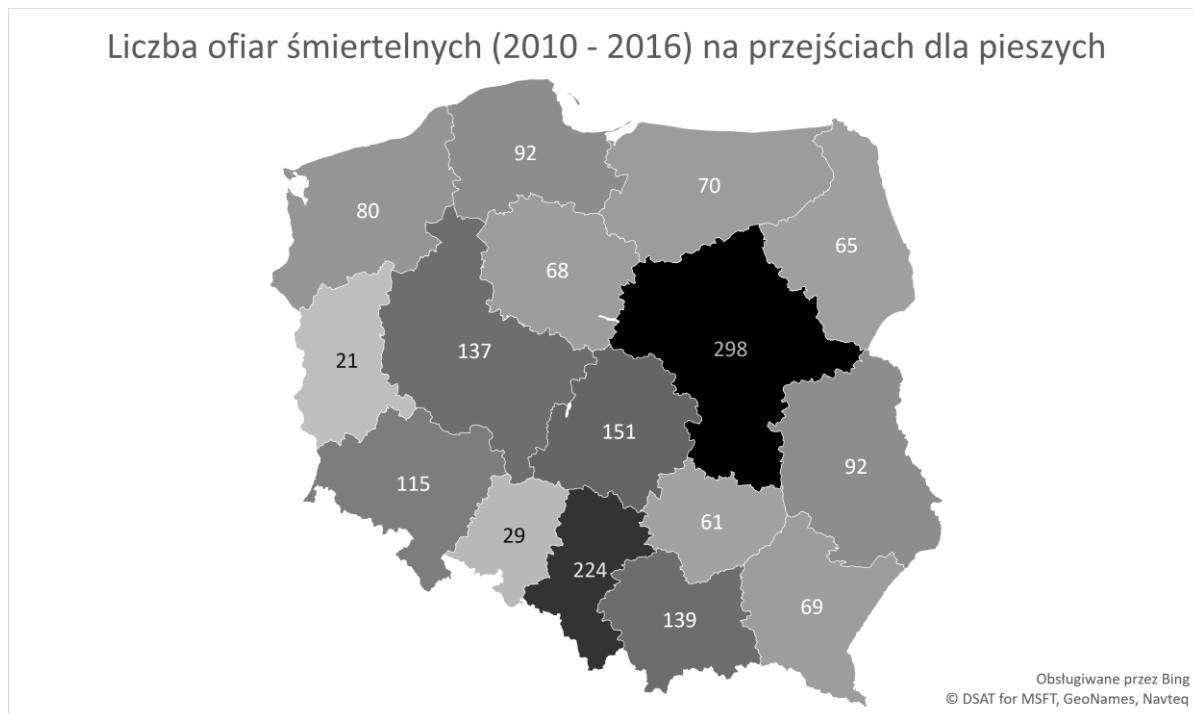
2.2.7 Liczby oraz wskaźniki demograficzne dla w województwach

W tab. 2.6, rys. 2.9, rys. 2.10 przedstawiono liczbę oraz wskaźniki demograficzne liczby ofiar śmiertelnych dla województw, na przejściach dla pieszych w okresie całej doby. Najbardziej niebezpieczne województwa to Łódzkie, Mazowieckie i Podlaskie. Najbezpieczniejsze województwa to Lubuskie, Opolskie i Podkarpackie.

Tab. 2.6

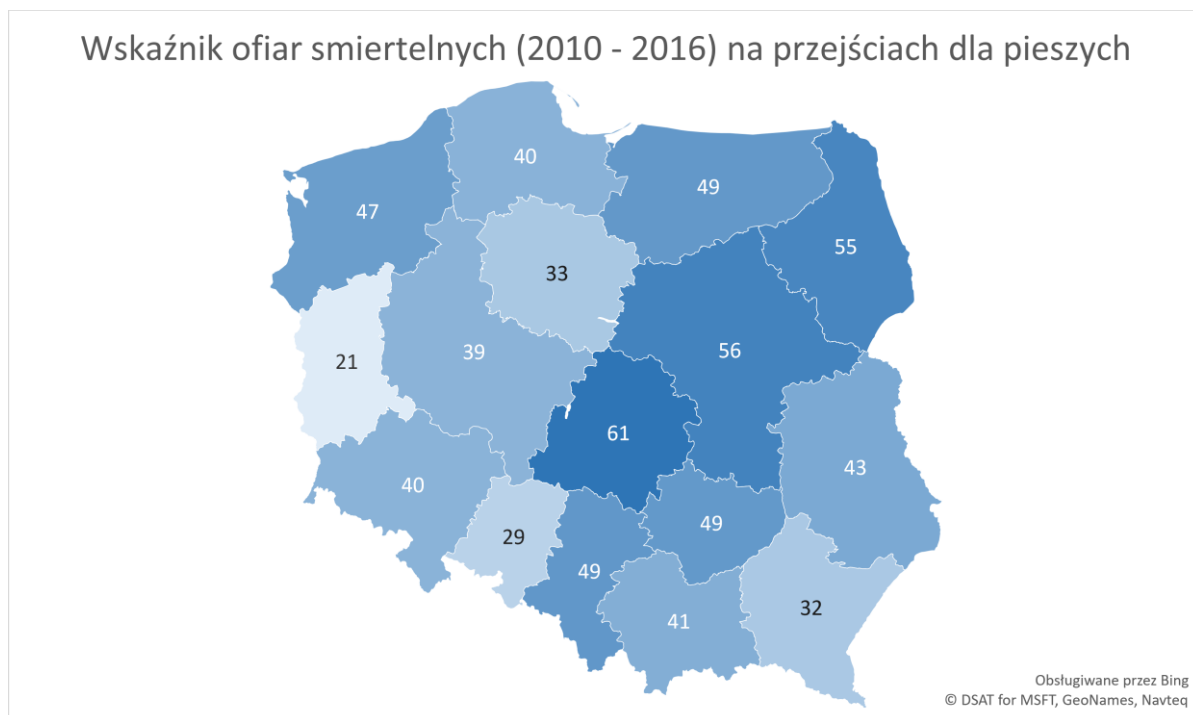
Liczba i wskaźnik zabitych (2010 - 2016) na przejściach dla pieszych w dobie wg województw [41]

Województwo	Of. śmiertelne	Liczba mieszkańców	L.Z. / 1 mln m.
ŁÓDZKIE	151	2 493 603	61
MAZOWIECKIE	298	5 349 114	56
PODLASKIE	65	1 188 800	55
ŚLĄSKIE	224	4 570 849	49
WARMIŃSKO-MAZURSKIE	70	1 439 675	49
ŚWIĘTOKRZYSKIE	61	1 257 179	49
ZACHODNIOPOMORSKIE	80	1 710 482	47
LUBELSKIE	92	2 139 726	43
MAŁOPOLSKIE	139	3 372 618	41
POMORSKIE	92	2 307 710	40
DOLNOŚLĄSKIE	115	2 904 207	40
WIELKOPOLSKIE	137	3 475 323	39
KUJAWSKO-POMORSKIE	68	2 086 210	33
PODKARPACKIE	69	2 127 657	32
OPOLSKIE	29	996 011	29
LUBUSKIE	21	1 018 075	21
Suma końcowa	1711		



Rys. 2.9 Liczba zabitych (2010 - 2016) na przejściach dla pieszych w dzień wg województw

Źródło: T. Mackun na podstawie [41]



Rys. 2.10 Wskaźnik zabitych (2010 - 2016) na przejściach dla pieszych w dzień wg województw na 1 mln mieszkańców

Źródło: T. Mackun na podstawie [41]

2.2.8 Liczby oraz wskaźniki demograficzne ofiar śmiertelnych, na przejściach dla pieszych poza porą światła dziennego w województwach

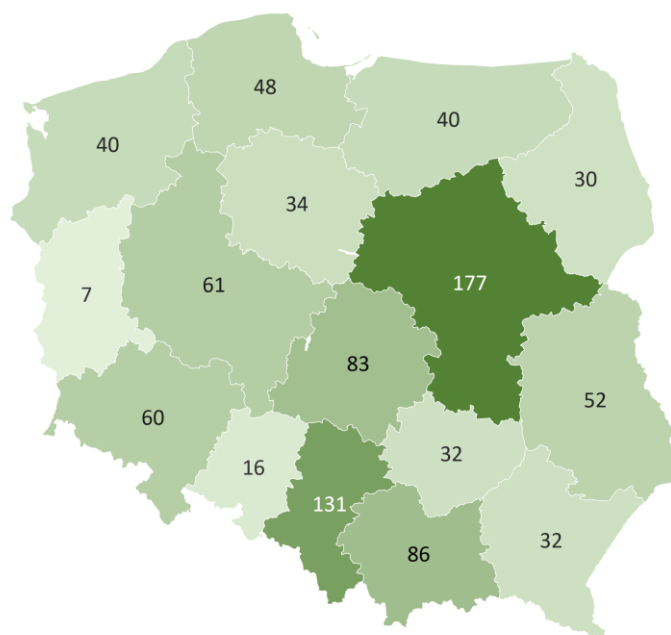
W tab. 2.7, rys. 2.11 oraz na rys. 2.12 przedstawiono liczbę oraz wskaźniki demograficzne liczby ofiar śmiertelnych dla województw, na przejściach dla pieszych w okresie nocy, zmierzchu i świtu. Najbardziej niebezpieczne województwa to Łódzkie, Mazowieckie i Śląskie. Najbezpieczniejsze województwa to Lubuskie, Podkarpackie i Opolskie.

Tab. 2.7

Liczba i wskaźnik zabitych (2010 - 2016) na przejściach dla pieszych poza porą światła dziennego w województw [41]

Województwo	Of. śmiertelne	Liczba mieszkańców	L.z. / 1 mln m.
ŁÓDZKIE	83	2 493 603	33
MAZOWIECKIE	177	5 349 114	33
ŚLĄSKIE	131	4 570 849	29
WARMIŃSKO-MAZURSKIE	40	1 439 675	28
MAŁOPOLSKIE	86	3 372 618	25
ŚWIĘTOKRZYSKIE	32	1 257 179	25
PODLASKIE	30	1 188 800	25
LUBELSKIE	52	2 139 726	24
ZACHODNIOPOMORSKIE	40	1 710 482	23
POMORSKIE	48	2 307 710	21
DOLNOŚLĄSKIE	60	2 904 207	21
WIELKOPOLSKIE	61	3 475 323	18
KUJAWSKO-POMORSKIE	34	2 086 210	16
OPOLSKIE	16	996 011	16
PODKARPACKIE	32	2 127 657	15
LUBUSKIE	7	1 018 075	7
Suma końcowa	1711		

Liczba ofiar śmiertelnych (2010 - 2016) na przejściach dla pieszych poza porą światła dziennego

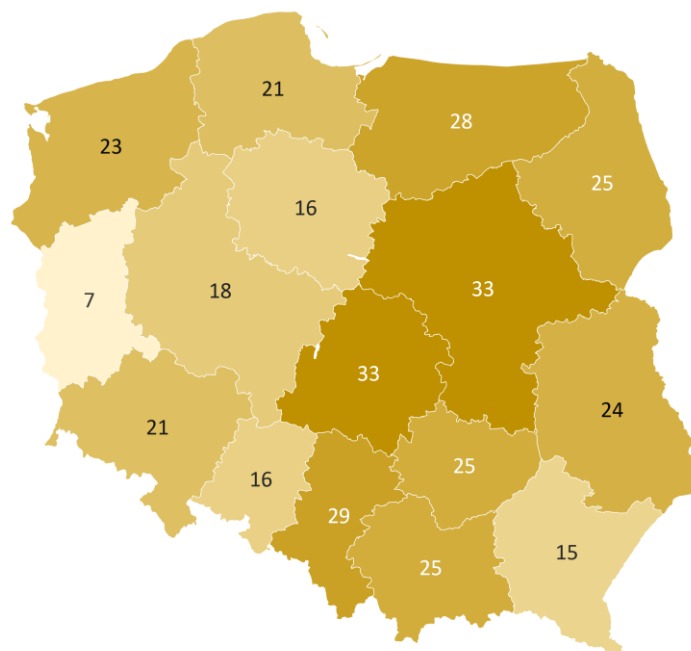


Obsługiwane przez Bing
© DSAT for MSFT, GeoNames, Navteq

Rys. 2.11 Liczba ofiar śmiertelnych (2010 - 2016) na przejściach dla pieszych poza porą światła dziennego wg województw

Źródło: T. Mackun na podstawie [41]

Wskaźnik ofiar śmiertelnych (2010 - 2016) na przejściach poza porą światła dziennego



Obsługiwane przez Bing
© DSAT for MSFT, GeoNames, Navteq

Rys. 2.12 Wskaźnik ofiar śmiertelnych (2010 - 2016) na przejściach dla pieszych poza porą światła dziennego na 1 mln mieszkańców

Źródło: T. Mackun na podstawie [41]

2.3 Główne czynniki zagrożenia pieszych na przejściach dla pieszych

Do głównych czynników zagrożenia pieszych uczestników ruchu na przejściach dla pieszych można zaliczyć [38]:

- duży ruch pojazdów i pieszych,
- niebezpieczna prędkość potoku pojazdów,
- niebezpieczne, niepoprawne lub niezamierzone zachowania kierowców,
- niebezpieczne, niepoprawne lub niezamierzone zachowania pieszych,
- ograniczona widoczność pieszych i kierujących pojazdami,
- błędy i braki infrastruktury drogowej i otoczenia drogi,
- błędy i usterki związane z urządzeniami dla ruchu pieszego oraz infrastrukturą w obszarach przejść dla pieszych.

Powyższe czynniki zostały omówione w podręczniku Ochrona Pieszych [38]. W podręczniku nie podjęto szczegółowych analiz w zakresie zagrożeń pieszych w warunkach nocnych a dokładniej mówiąc w warunkach ograniczonej widzialności. Ograniczona widzialność to czas od zachodu do wschodu słońca, ale także okres świtu i zmierzchu. Dodatkowo są to okresy w dobie, trudno mierzalne i niezależne od pozycji słońca na niebie, a zależne od warunków atmosferycznych, takich jak zachmurzenie, opady, mgły.

OGRANICZENIA WZAJEMNEJ OBSERWACJI MOGĄ POWODOWAĆ BARDZO GROŹNE W SKUTKACH SYTUACJE NA DRODZE. KIERUJĄCY ZBLIŻAJĄCY SIĘ DO PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH MUSZĄ MIEĆ MOŻLIWOŚĆ DOSTRZEGANIA PIESZYCH, ZBLIŻAJĄCYCH SIĘ DO PRZEJŚCIA I JEDNOCZEŚNIE PIESI MUSZĄ MIEĆ MOŻLIWOŚĆ OBSERWACJI POTOKÓW RUCHU. KIEROWCA ORAZ PIESZY MAJĄ SWOJE PRAWA I OBOWIĄZKI. KIEROWCA POWINIEN DOSTOSOWAĆ PRĘDKOŚĆ, ABY ZATRZYMAĆ SIĘ W PRZYPADKU, GDY PIESZY WKROCY NA PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH. PIESZY NATOMIAST POWINIEN UPEWNIĆ SIĘ, ŻE MOŻE PRZEKRACZAĆ PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH. W SYTUACJI, GDY WYSTĘPUJĄ OGRANICZENIA WZAJEMNEGO POSTRZEGANIA, KIEROWCA I PIESZY NIE SĄ W STANIE ZREALIZOWAĆ SWOICH OBOWIĄZKÓW W ZAKRESIE DOSTOSOWANIA DYNAMIKI RUCHU I UPEWNIENIA SIĘ CO DO MOŻLIWOŚCI DALSZEGO PRZEMIESZCZANIA. PIESZY WIDZĄC PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH MA WRAŻENIE, ŻE JEST BEZPIECZNY I CZĘSTO WKRACZA NA JEZDNIĘ, NATOMIAST KIERUJĄCY NIE MAJĄ SZANSY NA DOSTRZEŻENIE PIESZYCH Z ODPOWIEDNIM WYPRZEDZENIEM.

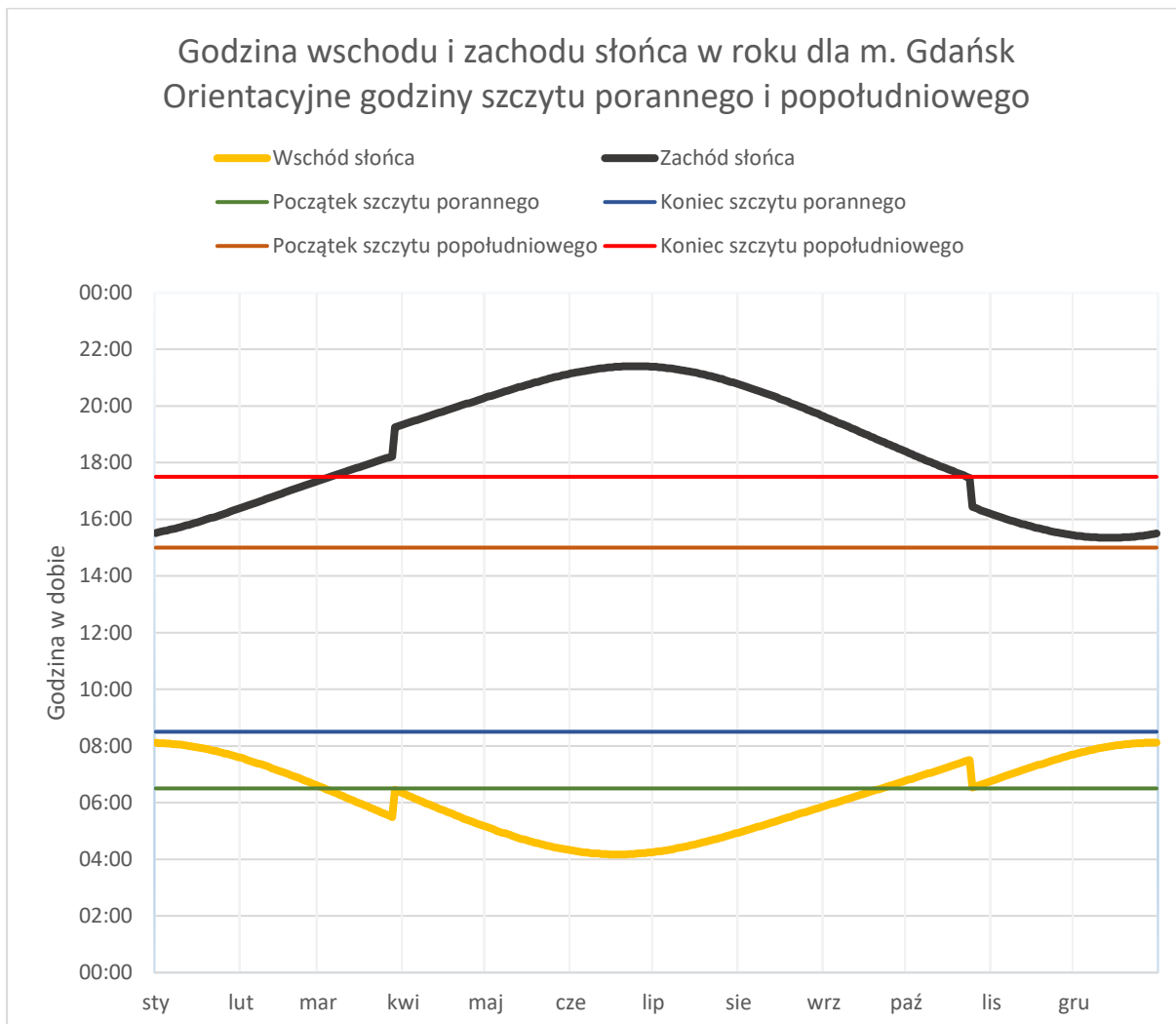
2.3.1 Oświetlenie naturalne w roku

Noc kojarzona jest z okresem snu, ograniczonych czynności, mniejszą liczbą osób aktywnych poza domem i niewielkim ruchem drogowym. Nie jest to jednak prawda w naszym położeniu geograficznym, jeśli określimy noc w kontekście oświetlenia naturalnego. Wydaje się także, że w ciągu roku światła dziennego jest znacznie więcej niż okresu po zachodzie słońca. Na rys. 2.13 w rozkładzie rocznym (dla m. Gdańsk) naniesiono linie, które charakteryzują w rozkładzie rocznym:

- godzinę wschodu słońca,
- godzinę zachodu słońca,
- początek i koniec szczytu ruchu porannego,
- początek i koniec szczytu ruchu popołudniowego.

Przetawione dane pozwalają obliczyć, że proporcje długości dnia do nocy to ok. 51 do 49 %. Mitem jest stwierdzenie, że okres o ograniczonym oświetleniu przypada, gdy aktywność ludzi jest marginalna. W pięciu z dwunastu miesięcy (I, II, X, XI, XII) znaczna część szczytu (porannego i popołudniowego) ruchu drogowego i pieszego wypada już po zachodzie lub przed wschodem słońca. Dla analizowanego roku od 07.11 do 20.01 słońce zachodzi przed godziną 16:00. Od 25.10 do 19.02 słońce zachodzi przed godziną 17:00. Podobnie jest rano, od 15.12 do 14.01 słońce wschodzi po godzinie 8:00, od 07.11 do 19.02 słońce wschodzi po godzinie 7:00. Do okresów, gdy naturalnego światła jest mało a obserwacja otoczenia jest utrudniona należy doliczyć okres zmierzchu i świtu a także okresy dużego zachmurzenia, opadów i mgieł.

SZTUCZNE OŚWIETLENIE DRÓG I ULIC NIEZBĘDNE JEST NIE TYLKO W OKRESACH NOCY (W POTOCZNYM ROZUMIENIU SŁOWA NOC), LECZ W OKRESACH OD ZACHODU DO WSCHODU SŁOŃCA, KTÓRY CZĘSTO ZBIEGA SIĘ ZE SZCZYTAMI NATĘŻEŃ PRZEMIESZCZANIA SIĘ OSÓB I TOWARÓW. SZTUCZNE OŚWIETLENIE POWINNO WSPOMAGAĆ W POSTRZEGANIU UŻYTKOWNIKÓW DRÓG I ULIC TAKŻE W OKRESIE PRZEJŚCIOWYM (ŚWIT, ZMIERZCH) ORAZ PODCZAS ZŁYCH WARUNKÓW ATMOSFERYCZNYCH.



Rys. 2.13 Godzina wschodu i zachodu słońca w roku dla m. Gdańsk. Orientacyjne godziny szczytu porannego i popołudniowego w transporcie

Źródło: T. Mackun

2.3.2 Główne czynniki zagrożenia pieszych na przejściach dla pieszych poza okresem oświetlenia naturalnego

Zagrożenia pieszych na przejściach dla pieszych w okresie złej widzialności są, co do zasady bardzo podobne, jak w okresie dobrej widzialności. Należy tak samo mieć na uwadze natężenie ruchu pojazdów i pieszych, prędkość, błędy użytkowników, błędy infrastruktury oraz ograniczoną widoczność wzajemną kierowcy i pieszego. Istotne jest jednak to, że w okresie nocy, wpływ tych czynników na zagrożenie pieszego może być istotnie większy. Jest to związane z tym, że użytkownicy nie widzą się wzajemnie aż do momentu zderzenia (częsty przypadek) lub dostrzegają się dopiero krótką chwilę przed uderzeniem. Powoduje to, że do zderzenia dochodzi przy wyższej prędkości, a ciężkość wypadków jest większa, co wykazano w rozdziale 2.2.3.

CO CZWARTY KIEROWCA, KTÓRY POTRAFIŁ PIESZEGO, BYŁ TEGO ŚWIADOM DOPIERO W MOMENCIE UDERZENIA, CO ŚWIADCZY O BRAKU DOSTRZEGALNOŚCI PIESZYCH [82]

Istnieje jednak wiele dodatkowych aspektów potęgujących zagrożenie pieszych na przejściach dla pieszych. Część z nich związanych jest z samym kierowcą, które przy świetle dziennym nie wystąpią lub wystąpią z mniejszym natężeniem. Zaliczyć do nich można:

- zmęczenie, znużenie, senność,
- obniżenie koncentracji,
- wady wzroku, utrudniające obserwacje po zmroku,
- akomodacja oka do zmian natężenia oświetlenia, (pełna może trwać nawet godzinę),
- inne.

Są jednak czynniki wpływające na poziom zagrożenia pieszych na przejściach dla pieszych, które występują tylko w okresach niewystarczającego oświetlenia naturalnego i uzależnione są od oświetlenia sztucznego, pochodzącego od oświetlenia drogowego i ulicznego bądź z reflektorów pojazdów. Należy zaliczyć do nich:

- olśnienie pieszego i kierującego (czas powrotu oka do funkcji widzenia po olśnieniu trwa $1 \div 4$ s), dodatkowo kierowca olśniony światłami pojazdu z przeciwnego kierunku może nie dostrzec, że zbliża się do przejścia dla pieszych,
- problem z oszacowaniem rzeczywistej odległości i prędkości pojazdu przez pieszego,
- ograniczona (wąska) strefa oświetlenia otoczenia drogi (pieszy wyłania się z mroku i jest późno dostrzegany przez kierowcę),
- niedostateczne oświetlenie przejścia dla pieszych (nadal jest zbyt ciemno),
- nieprawidłowe oświetlenie przejścia dla pieszych (brak wyraźnego, wysokiego kontrastu luminancji sylwetki pieszego z tłem), bardzo niebezpieczne zjawisko, gdy pieszy widząc oświetlone przejście dla pieszych odnosi wrażenie wysokiego poziomu bezpieczeństwa i wkracza na „zebrę” tracąc czujność, podczas gdy kierujący nie jest w stanie go dostrzec.

3. WYMAGANIA FUNKCJONALNE OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH

3.1 Wymagania ogólne

Głównym celem stosowania stacjonarnego oświetlenia dróg, w tym oświetlenia przejść dla pieszych jest zwiększenie widzialności dla kierowców, pieszych i innych użytkowników ruchu drogowego. Widzialność obiektu znajdującego się w polu widzenia kierowcy (np. sylwetki pieszego) zależy od wieku i charakterystyki wzrokowej obserwatora, czasu trwania obserwacji, luminancji i wielkości kątowej obiektu, luminancji tła, na jakim znajduje się obiekt, wartości i polaryzacji kontrastu (dodatni lub ujemny), czasu obserwacji obiektu, oślnienia i adaptacji obserwatora.

Oświetlenie dróg ma znaczący wpływ na komfort i bezpieczeństwo ruchu drogowego. Wszyscy uczestnicy ruchu drogowego, kierowcy pojazdów, rowerzyści i piesi powinni korzystać z warunków oświetleniowych ułatwiających realizację zadań wzrokowych. Cała droga wraz z otoczeniem powinna być zawsze dobrze widoczna. Zarówno kierowcy, rowerzyści, jak i piesi powinni widzieć wszystkie przeszkody na drodze i być w stanie prawidłowo określić intencje innych uczestników ruchu. Niezawodność wzrokowa kierowców powinna być odpowiednio wysoka, aby umożliwić im odpowiednio szybkie rozpoznanie pieszych, rowerzystów i innych przeszkód na ich pasie ruchu, a także w otoczeniu drogi. Aby zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznych sytuacji lub wypadków drogowych, prawidłowo powinno być interpretowane także oznakowanie w bezpośrednim otoczeniu kierowcy poruszającego się po drodze.

Chociaż dotychczasowe próby zidentyfikowania wymiernego związku między parametrami ilościowymi i jakościowymi oświetlenia drogowego, takimi jak luminancja drogowa (oświetlenie), równomierność podłużna, współczynnik przestrzenny, wartość granicznego oślnienia i współczynnik wypadków drogowych nie powiodły się, to jednak liczne projekty badawcze [76][25][15][4] potwierdziły znacznie mniejszą liczbę wypadków na oświetlanych drogach w porównaniu z warunkami, w których nie ma stałego oświetlenia drogowego lub gdy oświetlenie jest wyłączone albo jego projekt jest wadliwy. Badania wykazały, że wskaźnik wypadkowości w porze nocnej jest od 1,5 do 2 razy wyższy niż w ciągu dnia. W przypadku wypadków śmiertelnych wskaźnik jest trzykrotnie wyższy w ciemności niż w świetle dziennym. Ogólnie rzecz biorąc, zainstalowanie oświetlenia drogowego redukuje liczbę wypadków nocnych o 20-40% [10]. Na podstawie kilku badań można stwierdzić, że średni efekt redukcji skutków wypadków w ciemności wynosi około 30% dla wszystkich wypadków, 60% dla wszystkich wypadków śmiertelnych, 45% dla wypadków z udziałem pieszych, 35% dla wypadków z obrażeniami na skrzyżowaniach poza obszarem zabudowanym i 50%

dla wypadków z obrażeniami na autostradach [10]. Duża część kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych sprzętu oświetleniowego dróg przekłada się na oszczędności dla społeczeństwa, ponieważ skutecznie zapobiega się wielu wypadkom i ponoszonym przez społeczeństwo kosztom.

Przejście dla pieszych jest jednym z elementów infrastruktury transportowej, wymagającym szczególnej uwagi. Według definicji [75] pod pojęciem „przejście dla pieszych” kryje się powierzchnia jezdni lub torowiska, przeznaczona do przechodzenia przez pieszych, oznaczona odpowiednimi znakami drogowymi. Jest to miejsce, gdzie dochodzi do skrzyżowania minimum dwóch potoków ruchu różnych rodzajów uczestników ruchu drogowego np.: pieszych, pojazdów samochodowych lub szynowych.

Przejście dla pieszych z punktu widzenia wymagań oświetleniowych zaliczane jest do miejsc niebezpiecznych [58], gdzie krzyżują się minimum dwa potoki uczestników ruchu drogowego (w tym przypadku o różnych prędkościach przemieszczania się). Ze względu na niski poziom ochrony przed skutkami wypadku osób pieszych powinny być zachowane wysokie wymagania dotyczące oświetlenia przestrzeni przejścia dla pieszych, łącznie ze strefą oczekiwania.

Bezspornym priorytetem przy podejmowaniu decyzji o instalacji, a później eksploatacji oświetlenia drogowego, szczególnie w obszarach silnie zurbanizowanych, gdzie występuje wzmożony ruch pieszych, jest ograniczenie liczby wypadków w porze nocnej [10][52][67]. Badania wykazują, że dobre oświetlenie zmniejsza liczbę wypadków w nocy o 30 ÷ 45 % [31][8].

Można wyróżnić trzy czynniki, które należy uwzględnić, projektując oświetlenie przejścia dla pieszych [80][66][72][65][78][81][83]:

- wyróżnienie obszaru przejścia spośród przestrzeni drogowej obserwowanej przez kierowcę,
- zapewnienie kierowcy odpowiednich warunków obserwacji pieszego znajdującego się bezpośrednio na przejściu oraz w strefie oczekiwania,
- zapewnienie pieszemu odpowiednich warunków obserwacji pojazdu zbliżającego się do przejścia dla pieszych.

W celu realizacji tych wymagań stosuje się oświetlenie uliczne lub dodatkowe oświetlenie usytuowane w pobliżu przejścia dla pieszych [83][28][1][7]. W przypadku kierowców poruszających się po nieoświetlonych drogach nie należy zapominać o oświetleniu zainstalowanym na pojeździe samochodowym. Aby zapewnić w porze nocnej kierowcy pojazdu pełne rozpoznanie geometrii przejścia i możliwość pewnego rozpoznania sytuacji drogowej, w tym sylwetki pieszego, należy zastosować rozwiązania techniczne pozwalające

zagwarantować wysoką klasę oświetlenia ulicznego lub uzupełnić instalację oświetleniową o oprawy posiadające odpowiednio ukształtowaną bryłę światłości.

W ujęciu ogólnym zainstalowane na przejściu dla pieszych oświetlenie powinno jednocześnie zapewnić [6]:

- **kierowcy** – właściwe warunki rozpoznania sytuacji drogowej i obserwacji sylwetki pieszego znajdującego się w polu widzenia kierowcy,
- **pieszemu** – właściwe warunki obserwacji otoczenia przejścia dla pieszych i zbliżających się pojazdów.

3.2 Czynniki wpływające na widzialność pieszego przez kierującego

Kierowanie pojazdem samochodowym nieodłącznie związane jest z obserwacją drogi i jej otoczenia. Postrzeganie obiektów na drodze (np. pieszego, rowerzysty oraz innych uczestników ruchu drogowego) zawsze odbywa się w określonych warunkach oświetleniowych, zmiennych w czasie i przestrzeni.

Na oświetlenie drogi przed pojazdem mają wpływ:

- warunki oświetleniowe wytworzone przez naturalne źródła światła (słońce w porze dziennej, księżyc w porze nocnej),
- światła pełniące funkcje oświetleniowe zainstalowane na pojeździe samochodowym,
- oświetlenie uliczne zainstalowane w otoczeniu dróg,
- źródła światła w otoczeniu przejścia dla pieszych, pochodzące od obiektów znajdujących się w otoczeniu drogi i innych uczestników ruchu drogowego.

Kierowca obserwując drogę przed pojazdem otrzymuje bodźce wizualne, związane z jaskrawością obserwowanych powierzchni i obiektów znajdujących się przed nim. Rozpoznanie obiektów na drodze realizowane jest na podstawie występującej różnicy pomiędzy jaskrawością obserwowanego obiektu a jaskrawością tła, na jakim znajduje się obiekt. Fizycznym reprezentantem jaskrawości jest parametr luminancji (L) opisany jednostką [cd/m^2] (kandele na metr kwadratowy).

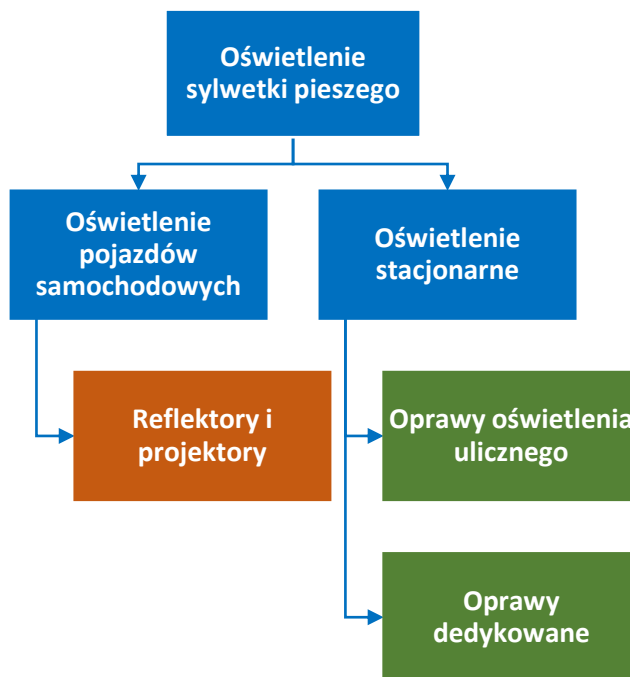
Luminancja sylwetki pieszego (obektu) obserwowanego przez kierowcę z pojazdu zależy od:

- rozsyłów światłości reflektorów lub projektorów samochodowych (świeateł mijania i drogowych),
- rozsyłów światłości opraw oświetleniowych zainstalowanych stacjonarnie,
- oddziaływania innych źródeł światła w otoczeniu pieszego,
- charakterystyki odbiciowej ubrania, w jaki jest ubrany pieszy,

- rozmiaru powierzchni pozornej sylwetki pieszego, związanej z jego wymiarami i odległością oraz kątem obserwacji z miejsca kierowcy.

3.2.1 Podstawowe uwarunkowania

Oświetlenie sylwetki pieszego znajdującego się na przejściu dla pieszych może być realizowane za pomocą świateł zainstalowanych na pojeździe samochodowym oraz oświetlenia stacjonarnego dróg (rys. 3.1).



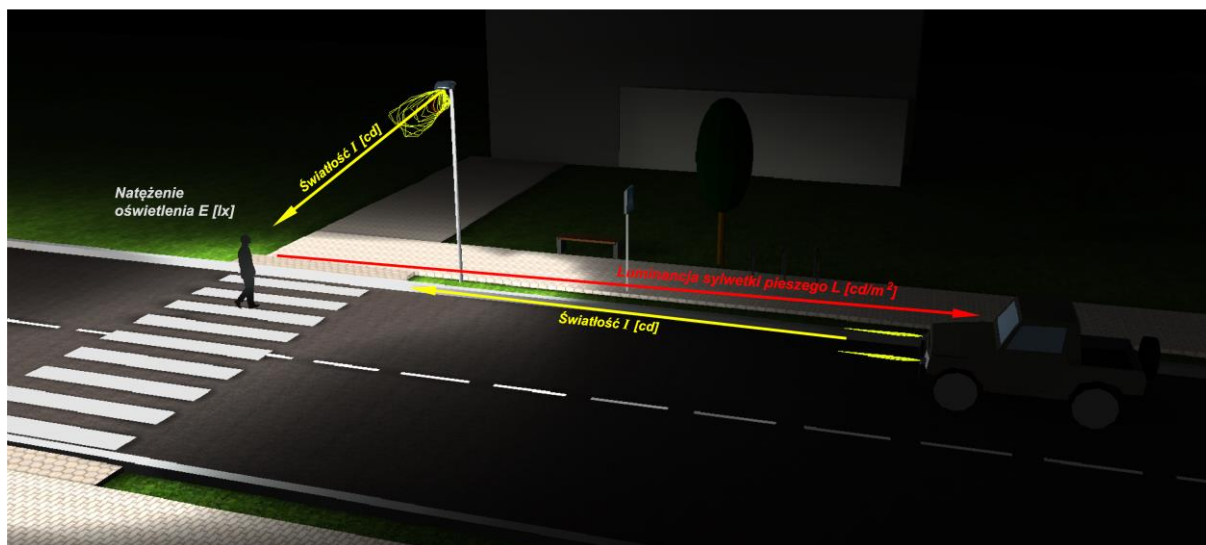
Rys. 3.1 Podstawowe wymagania funkcjonalne - oświetlenie pieszego

Źródło: P. Tomczuk

Autorzy niniejszego opracowania są świadomi faktu istnienia mnogości sytuacji drogowych i związanych z nimi stosowanych rozwiązań oświetleniowych. Jednakże przedstawione w niniejszym opracowaniu zagadnienia dotyczyć będą najczęściej spotykanych rozwiązań oświetlenia przejść dla pieszych, stosowanych w Polsce oraz przykłady z innych krajów. Zaprezentowane w pracy zagadnienia nie wyczerpują całego spektrum zagadnień związanych z bezpieczeństwem i oświetleniem przejść dla pieszych. Autorzy świadomie skupili się na opracowaniu wytycznych organizacji bezpiecznego ruchu pieszych związanymi z wytycznymi dotyczącymi prawidłowego oświetlenia przejść dla pieszych. Podjęte w niniejszym opracowaniu zagadnienia zmierzają do opracowania metodyki oceny stanu oświetlenia przestrzeni przejścia dla pieszych w celu zapewnienia kierowcy właściwych warunków oświetleniowych, umożliwiających dostrzeżenie pieszego znajdującego się na przejściu.

3.2.1.1 Luminancja sylwetki pieszego

Natężenia oświetlenia wytworzone na sylwetce pieszego zostanie częściowo pochłonięte, a częściowo odbite, także w kierunku kierowcy (rys. 3.2). Zależy to od cech odbiciowych powierzchni obiektu (np. barwy i stopnia chropowatości materiału, w jaki jest ubrany pieszy) oraz pola powierzchni pozornej obserwowanego obiektu (pieszego) z perspektywy kierowcy. W niniejszych rozważaniach nie uwzględnia się stanu przedniej szyby pojazdu oraz warunków atmosferycznych, w jakich zachodzi obserwacja (np. w przypadku występowania mgieł i opadów).



Rys. 3.2 Wytworzenie luminancji sylwetki pieszego w warunkach oświetlenia ulicznego

Źródło: P. Tomczuk

Światło wprowadzane na sylwetkę pieszego, znajdującego się w polu widzenia kierowcy podczas jazdy po nieoświetlonych odcinkach dróg, pochodzi głównie z reflektorów lub projektorów samochodowych lub w przypadku dróg oświetlonych, od opraw oświetleniowych.

Wartość luminancji sylwetki pieszego (L_o) można wyznaczyć na podstawie następującej zależności:

$$L_o = \frac{\rho \cdot E_v}{\pi} \quad (3.1)$$

gdzie:

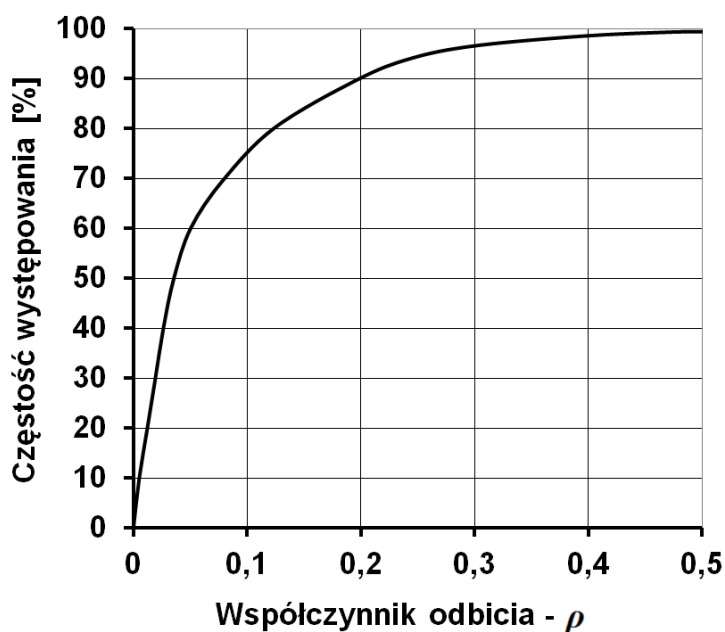
ρ - całkowity współczynnik odbicia materiału w jaki ubrany jest pieszy.

E_v - wartość składowej pionowej natężenia oświetlenia na sylwetce pieszego [lx],

L_o - luminancja obiektu (pieszego) [cd/m²].

Wytworzona w ten sposób luminancja sylwetki pieszego zależy w głównej mierze od wytworzonego natężenia oświetlenia na sylwetce pieszego oraz parametrów odbiciowych materiału, w jaki ubrany jest pieszy.

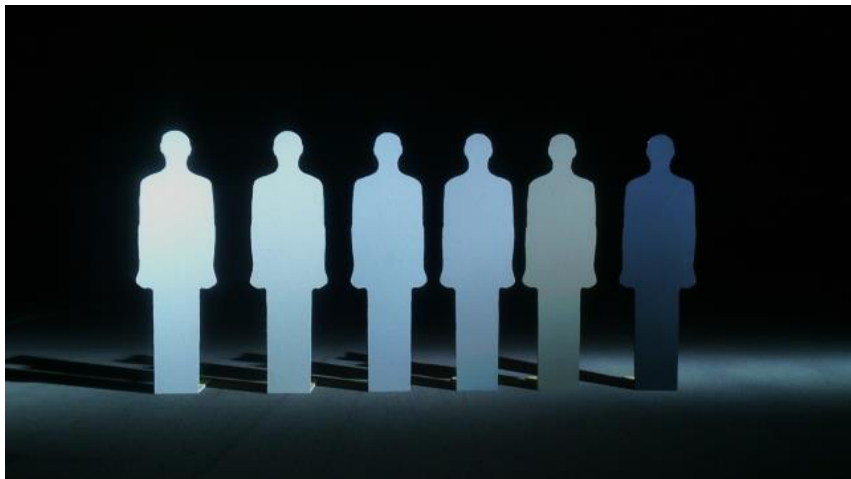
Z badań prowadzonych na świecie [6][32] wynika, że piesi ubierają się głównie w materiały o niskim współczynniku odbicia. Na rys. 3.3 przedstawiono graficznie częstość względną skumulowaną zmienności występowania współczynnika odbicia ubrań noszonych przez pieszych.



Rys. 3.3 Krzywa częstości względnej skumulowanej zmienności występowania współczynników odbicia ubrań noszonych przez pieszych

Źródło: P. Tomczuk, na podstawie [6][32]

W zależności od współczynnika odbicia obiektu (ubrania, w jakie ubrany jest pieszy) kierowca będzie odbierał różne bodźce wzrokowe. Przykład wrażenia wzrokowego wywołanego różnymi współczynnikami odbicia materiałów przedstawia rys. 3.4.



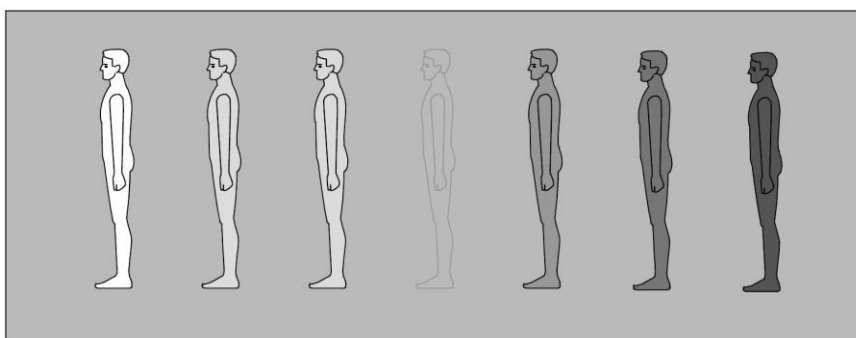
Rys. 3.4 Przykład luminancji sylwetki pieszego uzależniony od współczynnika odbicia materiału (odpowiednio od lewej: $\rho = 0,98$; $\rho = 0,76$; $\rho = 0,56$; $\rho = 0,36$; $\rho = 0,19$; $\rho = 0,02$)

Źródło: P. Lewandowski, P. Tomczuk

3.2.1.2 Kontrast luminancji sylwetki pieszego

Aby kierowca mógł zaobserwować jakikolwiek obiekt przed pojazdem, musi wystąpić różnica luminancji lub barwy. W porze nocnej kontrast barwny odgrywa drugorzędną rolę. Kierowca może dostrzec obiekt na drodze lub w jej otoczeniu tylko wtedy, gdy kontrast tworzony przez obiekt (np. pieszego) z tłem (droga lub jej otoczenie) przekracza wartość progową kontrastu.

Praktycznie niemożliwe jest rozróżnienie sylwetek pieszych, których luminancje są zbliżone do luminancji tła (rys. 3.5). W miarę wzrostu różnicy luminancji warunki obserwacji kierowcy ulegają poprawie.



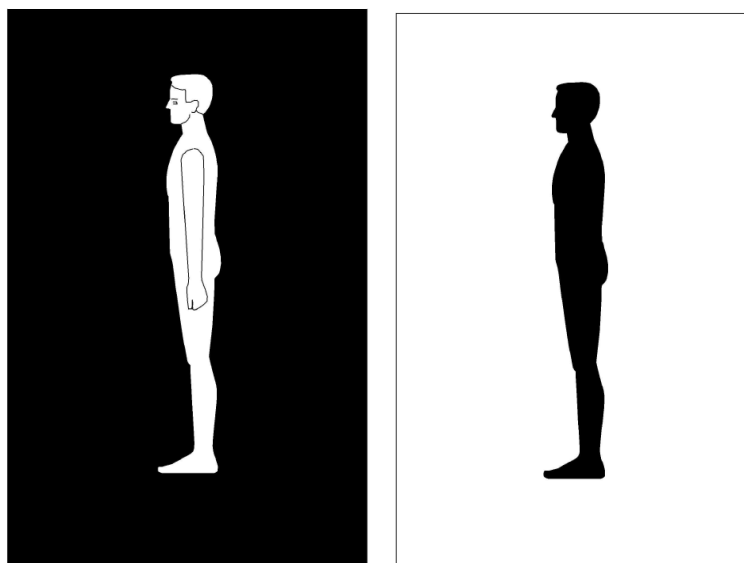
Rys. 3.5 Przykład zmiany kontrastu luminancji sylwetki pieszego. Trzy sylwetki po lewej stronie – kontrast dodatni, sylwetka w środku – brak kontrastu, trzy sylwetki po prawej stronie – kontrast ujemny.

Źródło: P. Tomczuk

Z punktu widzenia kierowcy najgorsza jest sytuacja, gdy zarówno sylwetka człowieka, jak i tło, na którym jest obserwowana, mają zbliżone wartości luminancji. Aby zapobiec tej sytuacji dąży

się do istotnego zróżnicowania poziomów luminancji sylwetki człowieka i tła – zwiększenia kontrastu luminancji. W tym celu należy rozróżnić dwie sytuacje (rys. 3.6), które są pożądane na przejściach dla pieszych:

- sylwetka pieszego jest zdecydowanie jaśniejsza od tła, na jakim jest obserwowana przez kierowcę, (kontrast dodatni: jasna sylwetka pieszego, ciemne tło – rys. 3.7),
- sylwetka pieszego jest zdecydowanie ciemniejsza od tła, na jakim jest obserwowana przez kierowcę. (kontrast ujemny: ciemna sylwetka pieszego, jasne tło – Rys. 3.8).



Rys. 3.6 Kontrast luminancji – po lewej wysoki kontrast dodatni, po prawej wysoki kontrast ujemny

Źródło: P. Tomczuk

Kontrast luminancji charakteryzuje względną różnicę luminancji przedmiotu zadania wzrokowego L_o (luminancję sylwetki pieszego) oraz luminancji tła (jezdni za pieszym) albo większej części pola widzenia (otoczenia przejścia dla pieszych) L_T .

<p>Oczy - miejsce obserwacji</p> <p>Kontrast dodatni (pozytywny)</p>	<p>Oczy - miejsce obserwacji</p> <p>Kontrast ujemny (negatywny)</p>
<p>Rys. 3.7 Dodatni kontrast luminancji sylwetki pieszego z tłem, (zakres od 0 do ∞)</p> <p>Źródło: P. Tomczuk</p>	<p>Rys. 3.8 Ujemny kontrast luminancji sylwetki pieszego z tłem, (zakres do 0 do -1)</p> <p>Źródło: P. Tomczuk</p>

Dla powierzchni postrzeganych jednocześnie (kontrast równoczesny luminancji) kontrast luminancji C można zdefiniować w sposób następujący:

$$C = \frac{L_O - L_T}{L_T} \quad (3.2)$$

gdzie:

C – kontrast,

L_O – luminancja obiektu [cd/m^2],

L_T – luminancja tła [cd/m^2].

Uwzględniając współczynnik odbicia materiału, w który ubrany jest pieszy można zapisać:

$$C = \frac{\left(\frac{\rho \cdot E_v}{\pi} - L_T \right)}{L_T} \quad (3.3)$$

gdzie:

ρ - całkowity współczynnik odbicia (ubrania w które ubrany jest pieszy),

E_v – natężenie oświetlenia na sylwetce pieszego [lx],

L_T – luminancja tła [cd/m²].

Kontrast luminancji sylwetki człowieka (pieszego) zależy od:

- wartości natężenia oświetlenia wytworzonego łącznie (od świateł pojazdu i od oświetlenia ulicznego) na sylwetce pieszego (w płaszczyźnie pionowej),
- współczynnika odbicia materiału, w jaki jest ubrany pieszy,
- luminancji tła (drogi i jej otoczenia), na jakiej pieszy jest obserwowany przez kierowcę.

Aby poprawnie scharakteryzować kontrast, należy podać jego wartość i znak. Jeżeli luminancja obiektu jest wyższa od luminancji tła, to występuje kontrast dodatni, który przyjmuje wartość w zakresie od 0 do ∞ , w przeciwnym razie mamy odczynienia z kontrastem ujemnym, który przyjmuje wartości w zakresie od -1 do 0.

W tab. 3.1 zastawiono obliczone na podstawie wzoru 3.2. przykładowe wartości kontrastu luminancji.

Tab. 3.1

Przykład wyliczenia kontrastu luminancji

Przykład	Luminancja pieszego L_o (cd/m ²)	Luminancja tła L_T (cd/m ²)	Kontrast
Wysoki kontrast dodatni	7,25	0,17	41,65
Niski kontrast dodatni	0,21	0,11	0,91
Wysoki kontrast ujemny	0,15	2,21	-0,93
Niski kontrast ujemny	0,11	0,12	-0,08
Kontrast zerowy	0,16	0,16	0,00

3.2.2 Oświetlenie dróg i ulic oraz z pojazdu

Oświetlenie instalowane w otoczeniu ulicy lub drogi oraz zainstalowane w pojazdach samochodowych ma zadanie umożliwić kierowcy kierowanie pojazdem po zmroku.

3.2.2.1 Klasyfikacja oświetlenia drogowego

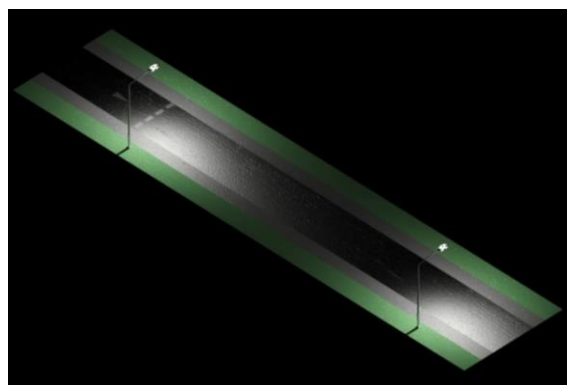
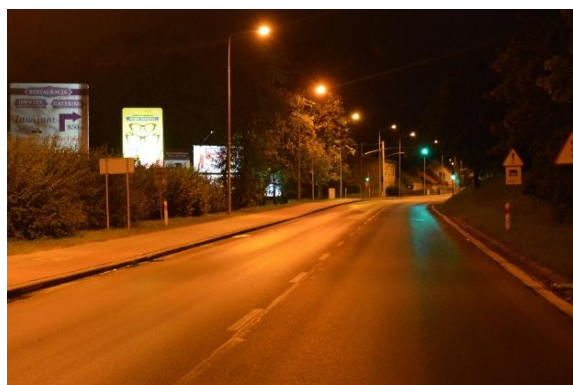
Wymaganie funkcjonalne w stosunku do oświetlenia przejścia dla pieszych jest następujące: zapewnić widzialność pieszego na przejściu oraz w strefie oczekiwania. Należy podkreślić, że obiektem wyróżnionym z otoczenia oraz dobrze widzianym przez kierowcę ma być pieszy, a nie infrastruktura przejścia dla pieszych. Na sposób postrzegania rejonu przejścia niewątpliwym wpływ ma zainstalowana instalacja oświetlenia drogowego lub jej brak w otoczeniu miejsca przekraczania jezdni przez niechronionych użytkowników ruchu. Przez otoczenie rejonu przejścia należy rozumieć obszar minimum 150 m przed i za. Stacjonarne oświetlenie dróg i ulic ma znaczący wpływ na dobór konkretnego rozwiązania i sposobu oświetlenia przejścia dla pieszych. Klasa oświetlenia oraz wybór systemu oświetleniowego powinien być ściśle zależny od zastanej lub projektowanej instalacji oświetlenia drogowego lub ulicznego, na której dochodzi do przecięcia się potoku ruchu odmiennej grupy użytkowników. Systemy oświetlenia ulicznego zestawiono w tab. 3.2 i przedstawiono na rys. 3.9 - rys. 3.15.

Tab. 3.2

Typy systemów oświetlenia ulicznego wraz z charakterystycznymi cechami

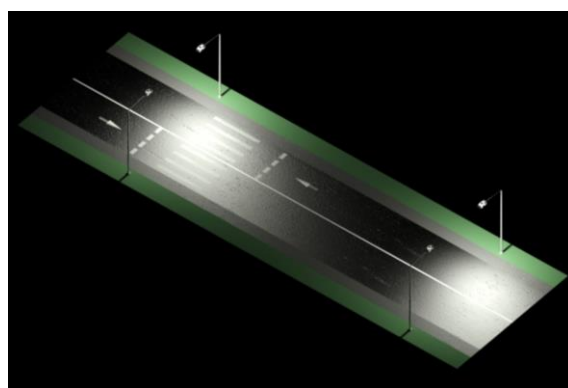
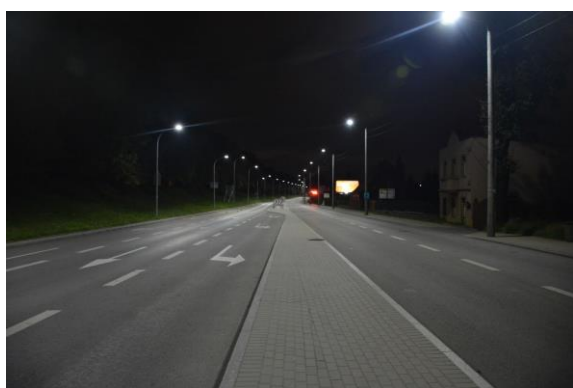
System rozmieszczenia latarni	Główne cechy	zastosowanie	wady	zalety	Nr rysunku
jednostronny	Latarnie po jednej stronie drogi. System najczęściej spotykany.	Ulice o wąskich jezdniach (7-9m)	mała równomierność oświetlenia. Prawidłowe oświetlenie chodnika po stronie latarni	Niskie koszty inwestycyjne (zasilanie po jednej stronie, oszczędność słupów itp.)	Rys. 3.9
naprzeciwległy	Latarnie naprzeciwko siebie po dwóch stronach drogi	Ulice jednojezdniowe o znacznych szerokościach (9 – 12 m). Dwujezdniowe wewnątrz aglomeracji miejskiej (chodniki)	Słabsze oświetlenie najszybszego pasa ruchu (lewego). Duże nakłady inwestycyjne (instalacja po dwóch stronach drogi, słupy itp.)	Lepsza równomierność oświetlenia. Chodniki po obu stronach dobrze oświetlone.	Rys. 3.10
naprzemianległy	Latarnie po przeciwnych stronach ale przesunięte względem siebie	Ulice o szerokiej jezdni, gdzie system jednostronny nie zapewniłby równomierności.	Mniejsza równomierność (niż naprzeciwległy).	Lepszy niż jednostronny. Tańszy niż naprzeciwległy. Kompromis pomiędzy jakością a	Rys. 3.11

System rozmieszczenia latarni	Główne cechy	zastosowanie	wady	zalety	Nr rysunku
			Większe koszty inwestycyjne (niż jednostronny)	kosztem inwestycyjnym.	
Jednostronny w pasie dzielącym	Latarnie umieszczone w pasie dzielącym drogi. Na każdym maszcie dwie oprawy na podwójnym wysięgniku (180°)	Ulice wlotowe z miast, szybkie drogi bez chodników dla pieszych, autostrady.	Bardzo dobre możliwości oświetlenia chodników i poboczy.	Dobre oświetlenie najszybszego pasa ruchu (lewego). Zmniejszenie kosztów inwestycyjnych (jeden rząd podpor, zasilanie po jednej stronie itp.)	Rys. 3.12
masztowy	Kilka opraw montowanych na wysokim (16 – 25 m) maszcie.	Rejony rozległych skrzyżowań, place, estakady, wiadukty (wielopoziomowe).	Utrudnione zabiegi konserwacyjne (duża wysokość montażu opraw).	Duża równomierność oświetlenia na obszarze drogi. Względnie niskie koszty inwestycyjne.	Rys. 3.13
łańcuchowy	Oprawy zamontowane na linii w pasie dzielącym drogi.	Długie odcinki dróg pozamiejskich, drogi szybkiego ruchu, autostrady.	Podatność na działanie wiatru (zmiana warunków oświetleniowych)	Redukcja kosztów inwestycyjnych (kilka opraw na linii pomiędzy podporami)	Rys. 3.14
przewieszkowy	Oprawy zamontowane poprzecznie do jezdni na rozpiętej linii.	Tam, gdzie nie ma możliwości instalacji słupów. Wąskie uliczki miast, centra miast, zabytkowe rejony, wąskie chodniki lub ich brak.	Pozyskanie zgód na montaż na elewacjach budynku.	Ekonomiczne i efektywne energetycznie rozwiązanie.	Rys. 3.15
poręczowy	Oprawy montowane na bardzo małej wysokości.	Tam, gdzie przeciwwskazania do montażu latarni (pasy startowe, teren podmokły itp.)	Niskie położenie źródła może powodować oślnienie.	Jedyna możliwość oświetlenia pewnych obszarów.	-



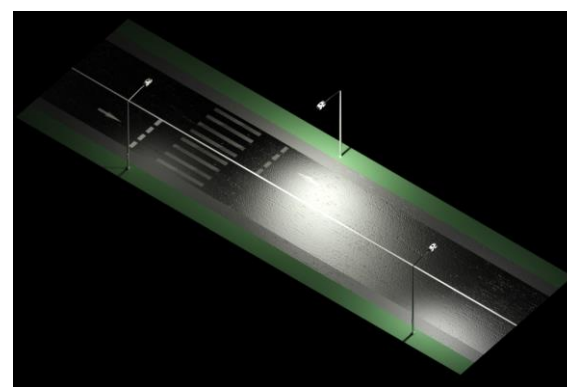
Rys. 3.9 Jednostronny system rozmieszczenia latarni

Źródło: M. Chrzanowicz



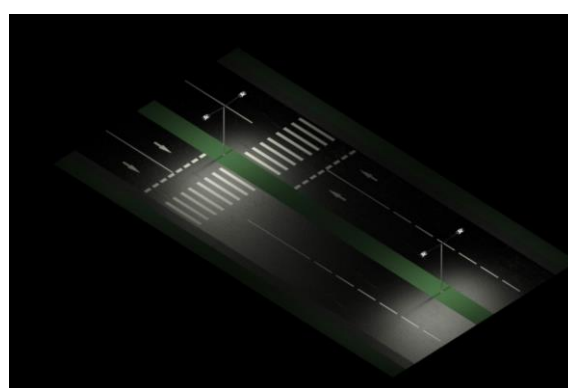
Rys. 3.10 Naprzeciwległy system rozmieszczenia latarni

Źródło: M. Chrzanowicz



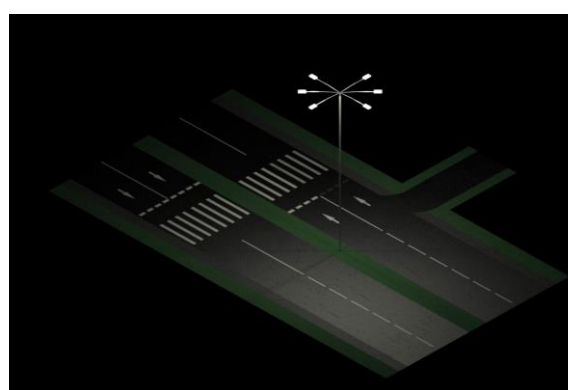
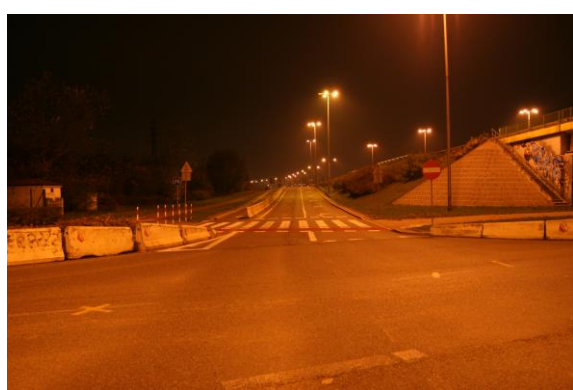
Rys. 3.11 Naprzemianległy system rozmieszczenia latarni

Źródło: M. Chrzanowicz



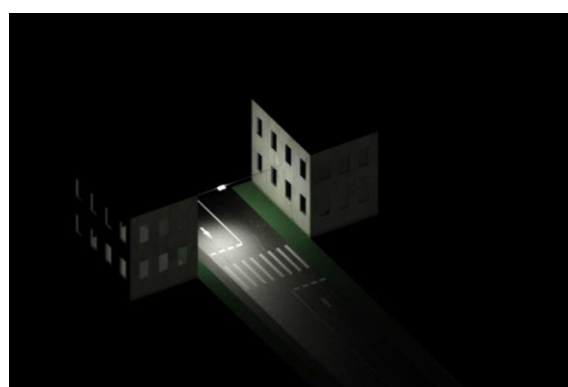
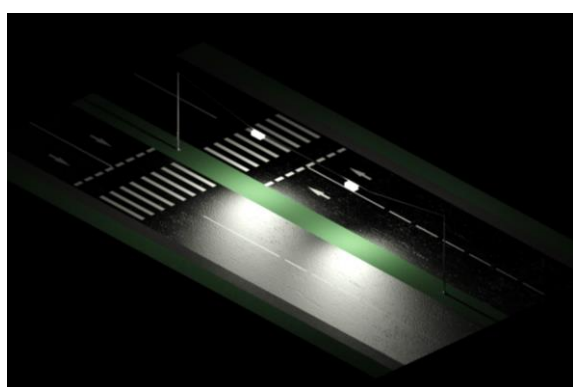
Rys. 3.12 System jednostronny w pasie dzielącym

Źródło: M. Chrzanowicz



Rys. 3.13 System masztowy rozmieszczenia latarni

Źródło: M. Chrzanowicz



Rys. 3.14 Łańcuchowy system

Źródło: M. Chrzanowicz

Rys. 3.15 Przewieszkowy system rozmieszczenia latarni

Źródło: M. Chrzanowicz

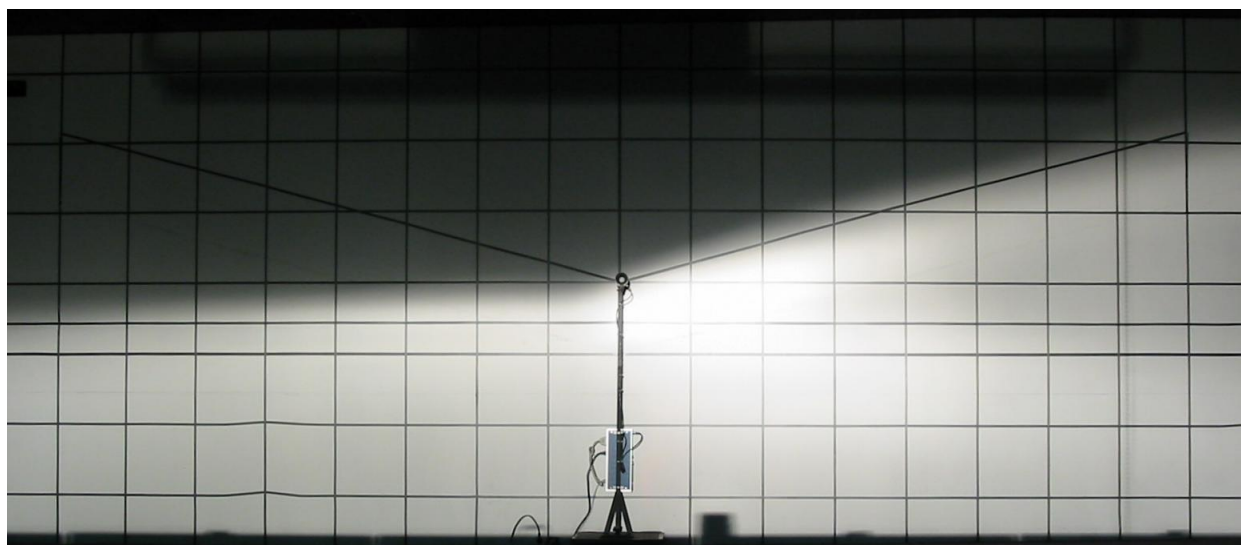
3.2.3 Warunki obserwacji przejścia dla pieszych przez kierującego

3.2.3.1 Oświetlenie pieszego z pojazdu

Każdy pojazd samochodowy jest wyposażony między innymi w dwie podstawowe wiązki świetlne świateł głównych, których cechy są ważne w ujęciu oświetlenia sylwetki pieszego znajdującego się na przejściu dla pieszych.

Światła mijania

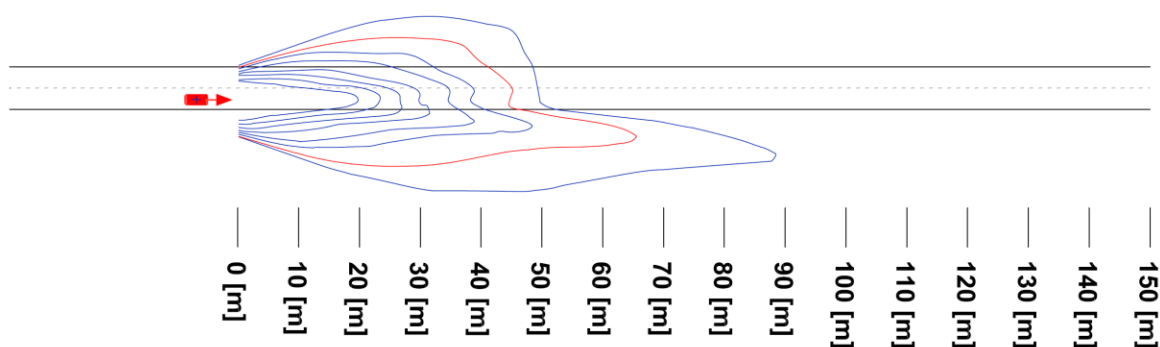
Stosowane są obowiązkowo w terenie zabudowanym oraz w trakcie jazdy poza terenem zabudowanym, w sytuacji mijania pojazdu jadącego z naprzeciwka lub jazdy za innym pojazdem. Istnieją regulacje prawne określające w sposób bezpośredni wymagania stawiane każdemu rodzajowi oświetlenia stosowanego w pojazdach samochodowych. Jednak w ogólnym ujęciu wiązka światła mijania charakteryzuje się asymetrią (rys. 3.16) wynikającą z potrzeby ograniczenia olśnienia innych uczestników ruchu drogowego poruszających się z naprzeciwka.



Rys. 3.16 Przykładowa plama świetlna wiązki światła mijania na ekranie fotometrycznym

Źródło: P. Tomczuk

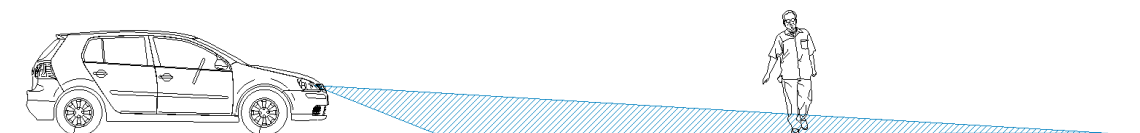
Rzeczywisty zasięg świateł mijania ograniczony jest do ok 45 m przed pojazdem, przy czym prawa strona drogi doświetlona jest o kilkanaście metrów dalej. Ma to za zadanie doświetlenie obszaru, w którym potencjalnie może poruszać się pieszy. Zastosowanie lamp wyładowczych wpłynęło na poprawę zarówno zasięgu, jak i szerokości rozsyłu wiązki świetlnej. Jednak każdy pojazd będzie miał odmienną wartość tych parametrów wynikającą z zastosowania różnorodnych źródeł światła, odmiennego układu optycznego oraz położenia świateł na pojeździe. Przykładową dystrybucję wiązki światła mijania na jezdni przedstawiono na rys. 3.17



Rys. 3.17 Teoretyczny zasięg wiązki światła mijania – kolorem czerwony: wartość 1 lx

Źródło: P. Lewandowski

Pieszy znajdujący się na przejściu dla pieszych z perspektywy kierowcy jest obserwowany jako obiekt o rozmiarach kątowych w zakresie od ok 0,2° w odległości 250 m, do ok 3,5° w odległości 25 m, w zależności od parametrów osobniczych sylwetki bocznej pieszego. Ze względu na swoją specyfikę wiązka światła mijania nie jest w stanie oświetlić całej płaszczyzny pieszego w sposób jednakowy. Kierowca zbliżając się do pieszego w pierwszej kolejności rozpoznaje dolną partię ciała, następnie jest w stanie dostrzec tułów pieszego. Część górna pieszego – głowa i kłata piersiowa nie są dostatecznie dobrze oświetlone i z reguły pozostają ciemne (rys. 3.18).



Rys. 3.18 Oświetlenie sylwetki pieszego za pomocą światła mijania

Źródło: P. Lewandowski

Rys. 3.19 przedstawia sytuację zbliżania się pojazdu wyposażonego w światła mijania do przejścia dla pieszych w ciemnym otoczeniu (obszar bez oświetlenia ulicznego). Kierowca jest w stanie rozróżnić jedynie dolne partie ciała pieszych.



Rys. 3.19 Symulacja obserwacji sylwetek pieszych z perspektywy kierowcy w porze nocnej przy wykorzystaniu światła mijania w odległości 45 m od osi przejścia dla pieszych

Źródło: P. Tomczuk

Ograniczony zasięg wiązki świetlnej światła mijania i jej asymetryczność powodują ograniczenie możliwości doświetlenia sylwetek pieszych znajdujących się na przejściu dla pieszych. Rozpoznanie sylwetki pieszego przez kierowcę pojazdu z odległości np. ok 25 m (rys. 3.20), w szczególności przy prędkościach dozwolonych poza terenem zabudowanym nie gwarantuje wytworzenia odpowiednich warunków pozwalających na uniknięcie sytuacji niebezpiecznej.



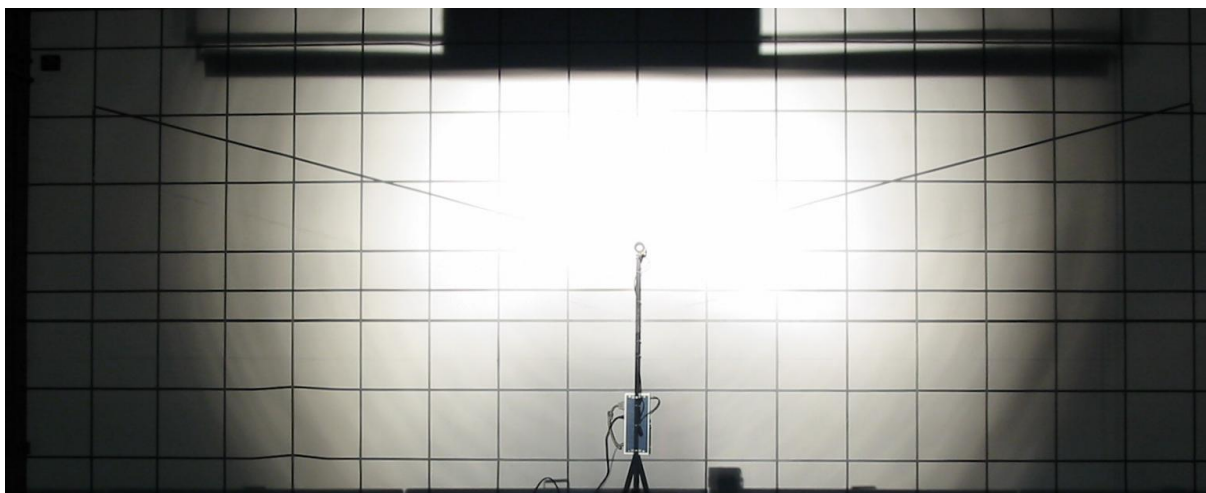
Rys. 3.20 Symulacja obserwacji sylwetki pieszego z perspektywy kierowcy w porze nocnej, przy wykorzystaniu światła mijania w odległości 25 m od osi przejścia dla pieszych

Źródło: P. Tomczuk

Światła drogowe

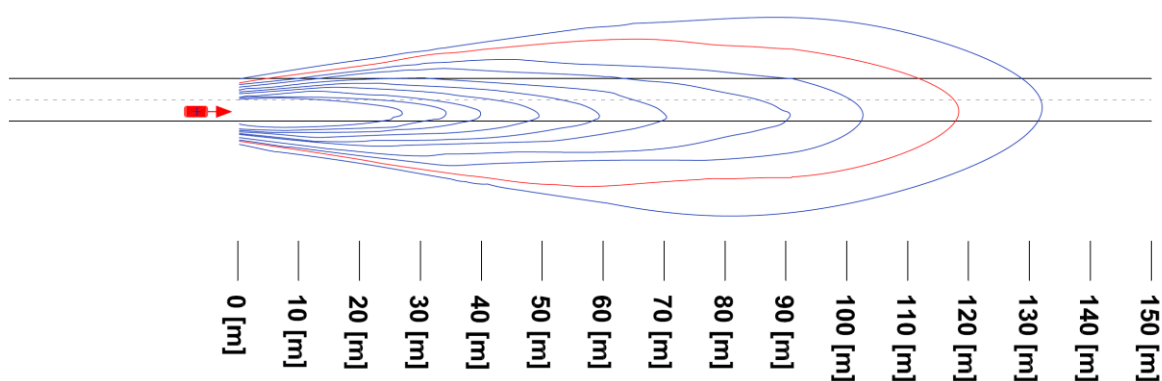
Stosowane są poza terenem zabudowanym. Cechują się z reguły symetryczną (rys. 3.21), dalekosiężną wiązką świetlną (pozwalającą doświetlić cały obszar drogi na znaczną odległość, w przypadku zastosowania wysokowydajnych źródeł światła często przekraczający 120 m

(rys. 3.22), a w przypadku zastosowania wysokowydajnych układów optyczno-światlnych nawet powyżej 250 m. Wykorzystanie światła drogowych jest ograniczone do sytuacji, gdy pojazd porusza się po drogach poza terenem zabudowanym, bez obecności innych uczestników ruchu drogowego. W praktyce duże natężenie ruchu drogowego, obecność pojazdów nadjeżdżających z przeciwka, jazda za poprzedzającym pojazdem oraz obecność pieszych i rowerzystów wymusza stosowanie wiązki światła mijania. Pomimo zalet wynikających z oświetlenia drogi za pomocą wiązki światła drogowych stosowane są one znacznie rzadziej niż światła mijania. Nie przyczynia się to do poprawy warunków obserwacji pieszych przekraczających jezdnię.



Rys. 3.21 Przykładowa plama świetlana wiązki światła drogowych na ekranie fotometrycznym

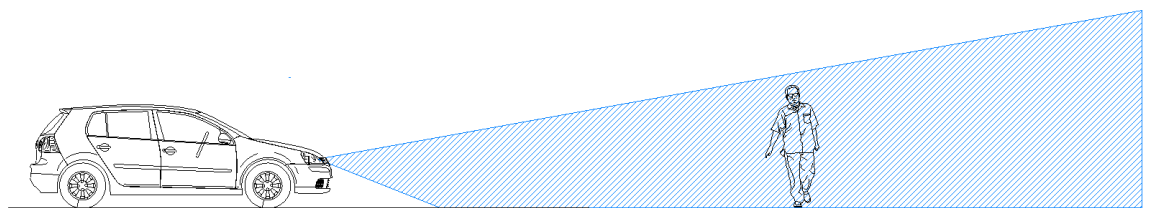
Źródło: P. Tomczuk



Rys. 3.22 Teoretyczny zasięg wiązki światła drogowych (1 lx)

Źródło: P. Tomczuk

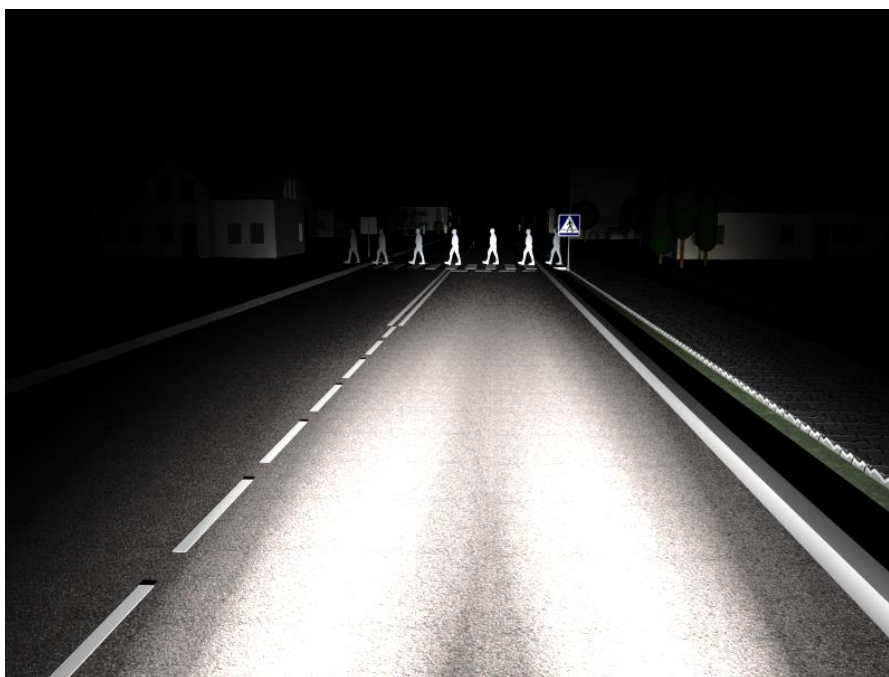
Ze względu na dalekosiężny charakter wiązki światła drogowych jest ona w stanie oświetlić całą płaszczyznę boczną lub czołową pieszego (rys. 3.23), poruszającego się w poprzek drogi.



Rys. 3.23 Oświetlenie sylwetki pieszego za pomocą świateł drogowych

Źródło: P. Lewandowski

Pieszy, oświetlony wiązką świateł drogowych, obserwowany jest przez kierowcę z reguły w kontraście dodatnim, to znaczy, że jest jaśniejszy od otoczenia, na którym jest obserwowany. Rys. 3.24 przedstawia symulowaną sytuację zbliżania się pojazdu wyposażonego w światła drogowe do przejścia dla pieszych w ciemnym otoczeniu (obszar bez oświetlenia ulicznego). W zależności od rozwiązania technicznego projektora lub reflektora zastosowanego w pojeździe, kierowca jest w stanie dostrzec sylwetkę pieszego (znajdującego się na przejściu i w strefie oczekiwania ze znacznie większej odległości niż w przypadku wykorzystania wiązki świateł mijania rys. 3.25).



Rys. 3.24 Symulacja obserwacji sylwetek pieszych z perspektywy kierowcy w porze nocnej, przy wykorzystaniu świateł drogowych w odległości 45m od osi przejścia dla pieszych

Źródło: P. Tomczuk



Rys. 3.25 Obserwacja sylwetki pieszego z perspektywy kierowcy w porze nocnej, przy wykorzystaniu światel drogowych w odległości 25 m od osi przejścia dla pieszych

Źródło: P. Tomczuk

3.2.3.2 Obserwacja pieszego z wykorzystaniem światel pojazdu

Kierowca poruszając się po drogach w porze nocnej korzysta ze źródeł światła zainstalowanych na pojeździe samochodowym. Podczas jazdy poza terenem zabudowanym, w sytuacji braku innych uczestników ruchu, drogę oświetla za pomocą wiązek światel drogowych. W warunkach tych droga i jej otoczenie, (w tym piesi na przejściach dla pieszych), są dobrze widoczni z perspektywy kierowcy. Podczas długotrwałej jazdy w tych warunkach następuje adaptacja wzroku kierowcy do względnie wysokich poziomów luminancji. Adaptacja do dobrych warunków oświetleniowych trwa krótko (pojedyncze sekundy). Sytuacja się zmienia, gdy pojawiają się pojazdy najeżdżające z naprzeciwka lub inne czynniki wymuszające zmianę wiązki światel drogowych na światła mijania. Pogarszają się wtedy warunki oświetleniowe i następuje proces adaptacji kierowcy do nowych warunków oświetleniowych (adaptacja do niższych poziomów luminancji), przypadku jazdy z wykorzystaniem światel mijania. Dodatkowo źródła światła pojazdów najeżdżających z naprzeciwka i źródła światła widoczne w lusterkach powodują olśnienie kierowcy obserwującego drogę przed pojazdem. Mechanizmy olśnienia i adaptacji są złożone i wieloaspektowe, ale w ogólnym ujęciu do warunków o niższych poziomach luminancji kierowca adaptuje się zdecydowanie dłużej – kilkadziesiąt sekund. W tej sytuacji kierowca ma poczucie dyskomfortu i niewygodę, a w skrajnych przypadkach krótkotrwałą utratę możliwości obserwacji sytuacji przed pojazdem.

Trudność wykrywania przez kierowców sylwetek pieszych na drodze podczas wykorzystywania tylko światła pojazdu zależy od następujących czynników:

- występuje niski kontrast między luminancją obiektu, a jego bezpośrednim wizualnym tłem,
- krótki jest czas trwania obserwacji pieszego na drodze,
- znaczącą rolę odgrywają warunki atmosferyczne (opady deszczu i śniegu, mgła),
- duże znaczenie ma wielkość obiektu, jego kształt i rozmiar kątowy,
- w warunkach nocnych występuje olśnienie kierowcy, częściowo upośledzające widzenie,
- zwiększa się wartość luminancji zamglenia wywołanej źródłami światła w otoczeniu kierowcy,
- występuje problem adaptacji do warunków drogowych, wynikający ze złożoności obserwowanego tła i dynamiki ruchu,
- na postrzeganie obiektów wpływa stan psychofizyczny kierowców.

W zakresie oświetlenia instalowanego na pojeździe samochodowym wprowadzane są liczne innowacyjne rozwiązania poprawiające oświetlenie drogi przed pojazdem i ułatwiające prowadzenie pojazdu w porze nocnej. Zaliczyć do nich można:

- wykorzystanie nowoczesnych źródeł światła (np.: lampy wyładowcze, LED, laser),
- stosowanie wysokosprawnych układów optycznych (np. układy wieloparaboloidalne, projektory),
- wykorzystanie układów kontroli emisji wiązki świetlnej (np. światła matrycowe lub kierowane).

Światła pojazdów samochodowych posiadają jednak ograniczenia funkcjonalne wynikające z ich właściwości np. zasięgu i rozsyłu wiązki świetlnej. Kierowca pojazdu samochodowego w porze nocnej wykonuje pracę wzrokową, którą można scharakteryzować w następujący sposób:

- obiekty, w tym sylwetki pieszych, oświetlone są z kierunku ruchu pojazdu, zatem obserwowane są przez kierowcę najczęściej w kontraście dodatnim,
- obserwacja drogi i jej otoczenia realizowana jest przy niskich poziomach luminancji adaptacji, wytworzonych przez projektory samochodowe i oświetlenie drogowe (np. $0,25 \text{ cd/m}^2$),
- występuje ograniczone we wszystkich kierunkach roboczych pole widzenia, wynikające z obszaru obserwowanego obejmującego jedynie powierzchnie oświetlone światłami pojazdu,

- obserwowane są większe niż w porze dziennej lub w warunkach oświetlonej drogi rozmiary kątowe obiektów drogowych (np. obserwacja sylwetek pieszych występuje z niewielkiej odległości wynikającej z pojawienia się obiektu w zasięgu świateł pojazdu),
- ograniczony jest czas obserwacji obiektów ($t < 0,5$ s), wynikający z prowadzenia obserwacji z bliska,
- kontrasty barwne mają drugorzędne znaczenie (obiekty oświetlone projektorami wydają się srebrzystoszare),
- występuje zjawisko olśnienia kierowcy spowodowane obserwacją wysokich poziomów luminancji znajdujących się w otoczeniu (np.: światła pojazdów samochodowych nadjeżdżających z naprzeciwka, jaskrawe nośniki reklamowe, szyldy oraz witryny sklepów),
- widzenie kierowcy w porze nocnej może być nieostre, szczególnie u kierowców z wadami wzroku,
- występuje brak możliwości rozpoznawania szczegółów,
- zwiększa się napięcie psychiczne i poczucie strachu u kierowcy.

3.2.3.3 Oświetlenie pieszego z wykorzystaniem oświetlenia drogowego lub ulicznego

Głównym i nadrzędnym celem stosowania oświetlenia dróg jest zwiększenie widoczności dla kierowców i innych uczestników ruchu drogowego.

Każda z dróg lub ulic posiada inną klasę oświetlenia, a zlokalizowane na nim przejście dla pieszych może oświetlone odmiennym systemem oświetleniowym.

Oświetlenie zainstalowane stacjonarnie (uliczne lub drogowe) posiada kilka istotnych cech, które przeważają nad oświetleniem zainstalowanym na pojeździe [6] [46].

Wady i zalety oświetlenia stacjonarnego.

Do zalet można zaliczyć:

- realizowany jest wyższy poziom oświetlenia niż w przypadku oświetlenia drogi światłami pojazdów,
- większa jest równomierność oświetlenia na nawierzchni jezdni i na ciągach przeznaczonych dla innych uczestników ruchu drogowego,
- obiekty w tym piesi znajdujące się na drodze oświetlonej klasycznymi oprawami ulicznymi są obserwowane głównie w kontraście ujemnym,
- w obszarze przejścia dla pieszych możliwe jest wymuszenie zmiany kontrastu na dodatni (z zastosowaniem opraw oświetleniowych o specyficznych cechach),

- zjawisko olśnienia w mniejszym stopniu zakłóca obserwację kierowcy,
- oświetlenie jest niezmiennie w czasie i przestrzeni,
- oświetlenie „podąża” za krzywizną drogi (linia opraw oświetleniowych równoległa do linii drogi, zapewnia poprawne prowadzenie optyczne kierowcy),
- występuje zmniejszona liczba wypadków w obszarach objętych oświetleniem,
- zwiększone jest poczucie bezpieczeństwa obywateli,
- występuje zmniejszona przestępczość.

Do głównych wad oświetlenia drogowego i ulicznego można zaliczyć:

- wysokie koszty inwestycji i eksploatacji instalacji oświetleniowej,
- zużycie energii elektrycznej na cele oświetleniowe i związana z nim emisja gazów cieplarnianych,
- zwiększenie oddziaływania na środowisko - zaśmiecanie światłem.

Rozwój technik oświetleniowych, układów sterowania oświetleniem i narzędzi do projektowania oświetlenia daje coraz większe możliwości efektywniejszego oświetlenia dróg i ulic, w tym przejść dla pieszych.

Koszty budowy instalacji oświetleniowej i jej eksploatacja to największa wada oświetlenia stacjonarnego. W pewnych przypadkach stosowanie tego typu oświetlenia jest wręcz niezbędne, gdyż według analiz przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa [10]. Dokładne wyliczenia w skali ogólnospołecznej i kosztów globalnych, jakie ponosi państwo wskazują na to, że zastosowanie oświetlenia stacjonarnego jest opłacalne nie tylko na odcinkach o wysokim natężeniu ruchu, ale też w miejscach niebezpiecznych z punktu widzenia krzyżujących się potoków ruchu pojazdów i pieszych, na przykład na przejściach dla pieszych. W analizie [47] brano pod uwagę oszczędności powstające dzięki nie wypłacaniu odszkodowań, nie pokrywaniu kosztów napraw pojazdów i nie podejmowaniu leczenia uszkodzonych w wypadkach drogowych.

Przy oświetleniu stacjonarnym światło wprowadzane jest na ulicę w taki sposób, że tło (jezdni) jest z reguły jaśniejsze niż obiekty (sylwetki pieszych), które spostrzegają kierowcy. Taki sposób oświetlenia wytwarza kontrast ujemny. Strumień świetlny pochodzący od opraw ulicznych wprowadzany jest z góry, pod dużymi kątami na jezdnię, co daje efekt jaśniejszej oświetlonej jezdni niż obiektów pionowych, które pozostają ciemne na jej tle.

W typowych rozwiązaniach oświetlenia ulicznego uzyskuje się dość niskie średnie poziomy oświetlenia jezdni, których luminancja jest rzędu $0,3 \div 2,0 \text{ cd/m}^2$ [58]. Przy niższych poziomach luminancji występują trudności z rozpoznawaniem barw i szczegółów obiektów, znajdujących się na drodze lub z problemem ostrego widzenia. Drugorzędne są kontrasty barwne. Większy

jest też negatywny wpływ olśnienia na pracę wzrokową. U wielu kierujących pojazdami na skutek jazdy na źle oświetlonej drodze powstaje uczucie niewygody, niepewności, strachu oraz zwiększa się napięcie psychiczne kierowcy.

Należy pamiętać, że nawierzchnia jezdni odbija strumień świetlny w sposób kierunkowo rozproszony i zależny od zastosowanego materiału i stanu nawierzchni. W konsekwencji luminancja nawierzchni jezdni jest także uzależniona od kierunku padania wiązki świetlnej i kierunku jej obserwacji przez kierowcę. Z praktyki wiadomo także, że warunki atmosferyczne istotnie wpływają na wrażenia wzrokowe kierowcy, np. ten sam odcinek drogi będzie różnie postrzegany inaczej w przypadku mokrej i suchej nawierzchni.

Na wybór standardu oświetlenia danej ulicy lub odcinka komunikacyjnego ma wpływ szereg parametrów techniczno-ruchowych. Standardy projektowania oświetlenia ulicznego i drogowego zdefiniowane są szczegółowo w polskich normach [58].

Przejście dla pieszych może być oświetlone za pomocą systemu opraw ulicznych (w kontraście ujemnym) lub za pomocą dodatkowych opraw o asymetrycznym rozsyle strumienia świetlnego ustawionych w ściśle określonej geometrii. Cechą szczególną stosowania powyższego rozwiązania jest uwydatnienie sylwetki pieszego obserwowanego z perspektywy kierowcy (wytworzenie kontrastu dodatniego). Należy podkreślić, że rozwiązania te funkcjonują na istniejących odcinkach dróg, które posiadają przypisaną klasę oświetlenia. Powinny one być dostosowane do istniejących warunków oświetleniowych na jezdnie.

3.2.3.4 Podsumowanie

W ramach prowadzonych rozważań można wskazać najważniejsze wnioski:

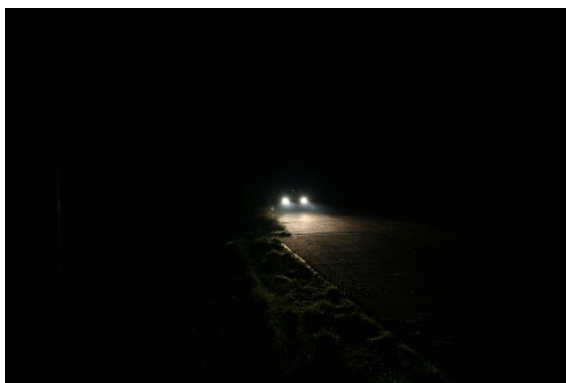
- Podstawowym źródłem światła zapewniającym kierowcy możliwość obserwacji sytuacji drogowej (np. rozpoznania pieszych na przejściu) w porze nocnej i poruszania się po drogach w warunkach ograniczonej widoczności jest oświetlenie zainstalowane na pojeździe samochodowym.
- Poza terenem zabudowanym w obszarze nieoświetlonym główne funkcje oświetleniowe realizują wiązki światła mijania i drogowych, których zadaniem jest oświetlenie drogi przed pojazdem i obiektów znajdujących się na przedpolu pojazdu (w tym pieszych znajdujących się na przejściu dla pieszych).
- Zadania wzrokowe realizowane przez kierowców pojazdów dotyczą różnych sytuacji oświetleniowych.
- W przypadku oświetlenia sylwetki pieszego światłami pojazdu, światło emitowane z pojazdu oświetla pionową sylwetkę pieszego zatem obserwowany jest przez

kierowcę z reguły w kontraście dodatnim, to znaczy, że jest jaśniejszy od otoczenia, na którym jest obserwowany.

- Należy zdawać sobie sprawę, że oświetlenie zainstalowane na pojeździe samochodowym ma ograniczenia wynikające z dopuszczalnych parametrów technicznych określonych przepisami polskimi i regulacjami międzynarodowymi.
- Każde z zastosowanych rozwiązań w pojeździe ma jednak wspólne cechy, które w żadnym przypadku nie zagwarantują takich warunków obserwacji drogi, z jakimi mamy odczynienia, jako kierowcy w porze dziennej.
- Rozwiązaniem pozwalającym poprawić warunki oświetleniowe kierowcy jest zastosowanie oświetlenia stacjonarnego dróg ze szczególnym uwzględnieniem obszaru przejść dla pieszych.
- Przejścia dla pieszych są zlokalizowane na różnych rodzajach dróg i są oświetlone za pomocą oświetlenia stacjonarnego w różnych klasach oświetlenia.
- Norma PN-EN 13201:2007 Oświetlenie dróg, nie zawiera wskazówek ilościowych i jakościowych w zakresie oświetlenia przejścia dla pieszych.

3.2.4 Warunki obserwacji pojazdów przez pieszych

Pieszy przekraczając jezdnię ma świadomość, że drogą poruszają się pojazdy samochodowe i należy zachować ostrożność. Przekraczanie przez pieszego jezdni w obszarach do tego celu przeznaczonych, czyli na przejściu dla pieszych powinno gwarantować pieszemu możliwość dostrzeżenia zbliżającego się pojazdu. Obserwacja pojazdów zbliżających do przejścia dla pieszych następuje głównie na podstawie oceny wzrokowej, przy czym poza terenem zabudowanym w porze nocnej najczęściej odbywa się to poprzez identyfikację świateł zainstalowanych na pojeździe (rys. 3.26).



Rys. 3.26 Obserwacja zbliżającego się do przejścia dla pieszych pojazdu na nieoświetlonym odcinku drogi, poza obszarem zabudowanym, z perspektywy pieszego

Źródło: P. Tomczuk

Na oświetlonych odcinkach dróg pieszcy ma ułatwione zadanie identyfikacyjne spowodowane możliwością obserwacji czoła zbliżającego się pojazdu (rys. 3.27).



Rys. 3.27 Obserwacja zbliżającego się do przejścia dla pieszych pojazdu w obszarze zabudowanym z perspektywy pieszego

Źródło: P. Tomczuk

Pieszcy w sposób całkowicie subiektywny ocenia rodzaj pojazdu, jego prędkość i zachowanie kierowcy (czy np. pojazd zwalnia przed przejściem dla pieszych) oraz szacuje odległość i związany z nim czas zbliżenia się pojazdu do przejścia.

Na podstawie własnych dotychczasowych doświadczeń i oszacowania powyższych elementów podejmuje decyzję o przekroczeniu jezdni. Ocena powyższych czynników może być błędna i prowadzić do sytuacji niebezpiecznych.

Poza aspektami niezwiązanymi z oświetleniem, a dotyczącymi elementów Inżynierii Ruchu Drogowego należy brać pod uwagę konieczność zapewnienia widoczności geometrycznej kierowcy z miejsca usytuowania pieszego i pieszego z kabiny kierowcy. Na widzialność z miejsca kierowcy wpływa konstrukcja pojazdu (widzialność geometryczna) i występujące w nim przesłony (np. słupki boczne) ograniczające pole obserwacji z pojazdu. Ma też wpływ lokalizacja słupów oświetleniowych i innych przesłon, za którymi pieszcy może być niewidoczny dla zbliżającego się do przejścia kierowcy w pojeździe.

Pieszcy obserwując jezdnię z chodnika, miejsca oczekiwania przed przejściem dla pieszych lub z samego przejścia dla pieszych, powinien mieć zapewnioną możliwość obserwacji otoczenia i nadjeżdżających pojazdów. W otoczeniu przejść dla pieszych, szczególnie w obszarach silnie zurbanizowanych występują przeszkody ograniczające widzialność geometryczną. Główne przyczyny występowania ograniczeń widoczności geometrycznej to: czasowo zaparkowane przed przejściem dla pieszych pojazdy lub przeszkody stałe (budynki, konstrukcje nośne dla oznakowania dróg i oświetlenia, drzewa i krzewy).

JEDNYM Z WYZWAŃ DLA ZARZĄDCÓW DRÓG I PROJEKTANTÓW INFRASTRUKTURY TRANSPORTOWEJ JEST ELIMINACJA POTENCJALNYCH ZAGROŻEŃ WYNIKAJĄCYCH Z OGRANICZEŃ WIDOCZNOŚCI GEOMETRYCZNEJ I ZAPEWNIENIE WZAJEMNEJ WIDOCZNOŚCI WSZYSTKIM UCZESTNIKOM RUCH DROGOWEGO NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH.

W aspekcie oświetlenia przestrzeni przejścia dla pieszych może występować problem związany z przeświadczeniem pieszego, że jest zawsze widoczny przez kierowcę zbliżającego się do przejścia dla pieszych. Przeświadczenie to może wynikać także z występowania oświetlonej przestrzeni jezdni (pasów) na przejściu dla pieszych (rys. 3.28).



Rys. 3.28 Oświetlenie płaszczyzny horyzontalnej przejścia dla pieszych

Źródło: P. Tomczuk

MOŻNA SĄDZIĆ, ŻE JEŻELI PRZEJŚCIE JEST OŚWIETLONE I TO NA DODATEK ROZWIĄZANIEM DO TEGO PRZEZNACZONYM (NP. DODATKOWĄ OPRAWĄ OŚWIETLENIOWĄ), TO KIEROWCA ZAWSZE JEST W STANIE ROZPOZNAĆ SYLWETKĘ PIESZEGO NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH. TAKIE ZAŁOŻENIE NIESTETY NIE JEST SŁUSZNE. PRAKTYKA WYKAZUJE, ŻE NIE WSZYSTKIE PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH SĄ OŚWIETLONE W SPOSÓB PRAWIDŁOWY.

3.3 Kryteria i metody oceny stanu oświetlenia na przejściach dla pieszych

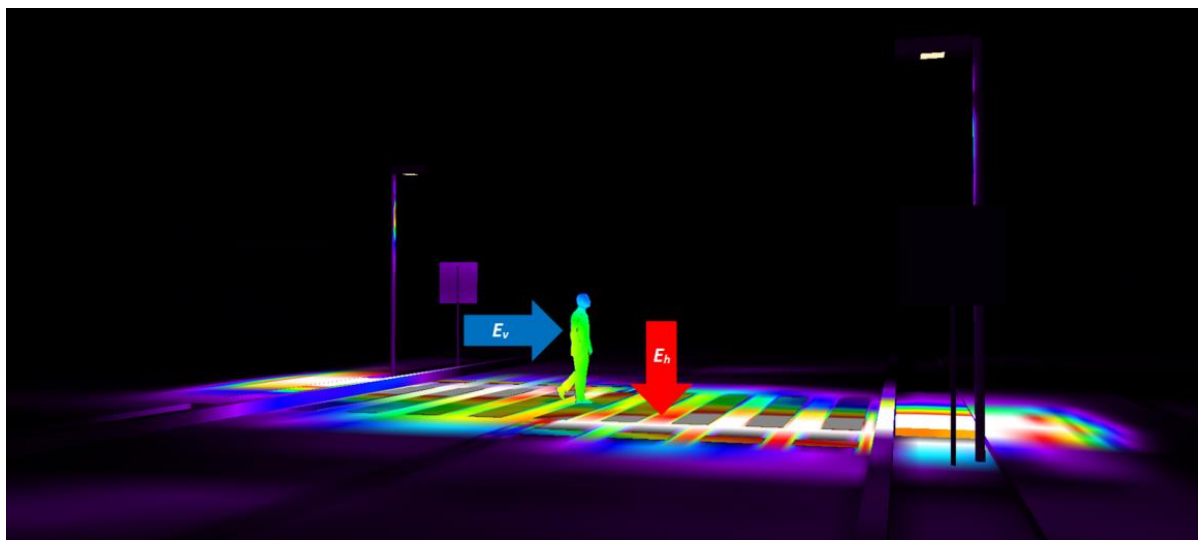
Ocena jakości zastosowanego rozwiązania oświetleniowego na przejściach dla pieszych może być prowadzona z wykorzystaniem parametrów:

- natężenia oświetlenia,
- kontrastu luminancji,
- metody STV.

3.3.1 Kryterium natężenia oświetlenia

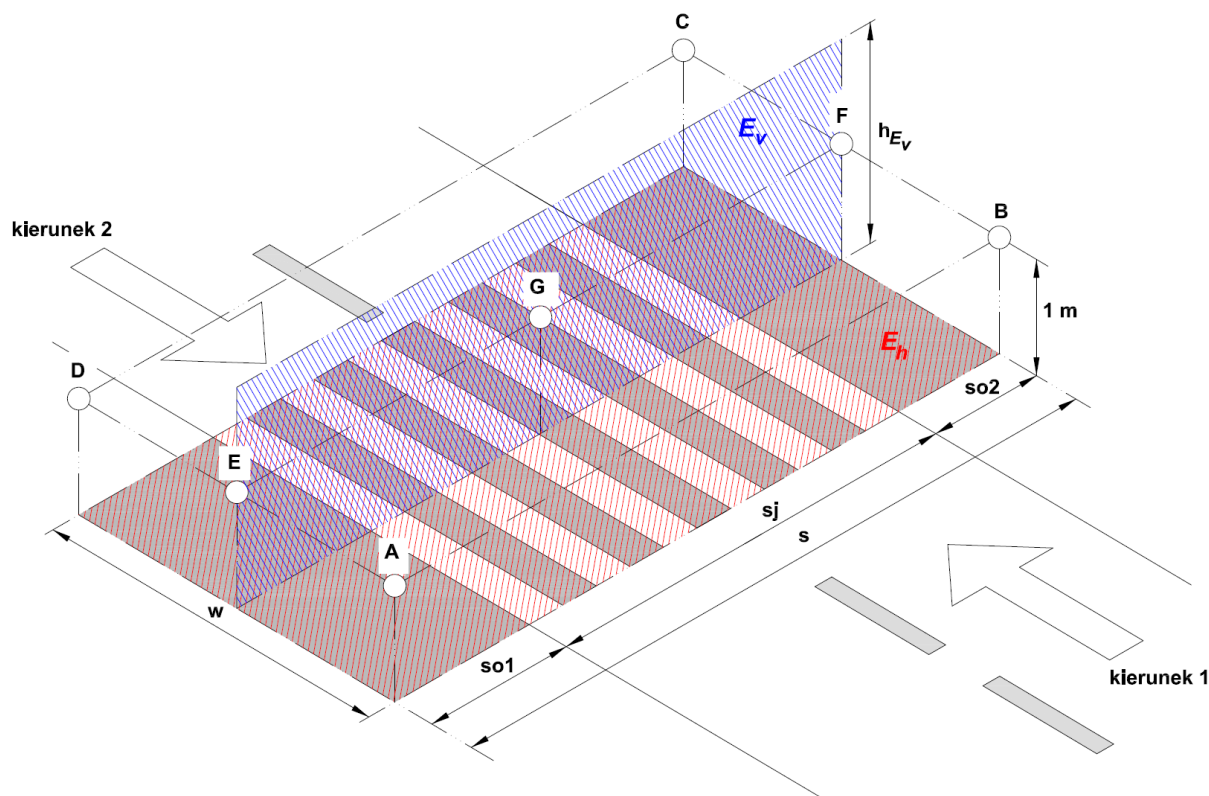
Natężenie oświetlenia zaliczane jest do podstawowych parametrów oświetleniowych. Za pomocą parametrów natężenia oświetlenia opisane są wymagania normatywne [7] odnoszące się do stref konfliktowych (klasy C) (płaszczyzna horyzontalna przejścia dla pieszych (Rys.

3.30) wraz ze strefami oczekiwania), i dodatkowych sytuacji, w których muszą być dobrze widoczne powierzchnie pionowe (klasy EV) – (sylwetka pieszego, rys. 3.29).



Rys. 3.29 Pionowe E_v i poziome E_h natężenie oświetlenia

Źródło: P. Tomczuk



Rys. 3.30 Płaszczyzny pomiarowe natężenia oświetlenia E_v (wertykalne) i E_h na przejściu dla pieszych
 s – długość przejścia dla pieszych łącznie z szerokością stref oczekiwania $so1$ i $so2$, sj – szerokość jezdni, w – szerokość przejścia
, A, B, C, D – dodatkowe punkty pomiarowe, h_{E_v} – wysokość płaszczyzny pionowej (do obliczeń przyjęć 2m). $E+F$ – prosta pomiarowa w osi przejścia, G – środek przejścia dla pieszych.

Źródło: P. Tomczuk

Parametry natężenia oświetlenia stosowane są także do oceny stanu oświetlenia na przejściach dla pieszych. Dzięki dostępności narzędzi pomiarowych (mierników natężenia oświetlenia) posługiwanie się parametrami natężeniowymi pozwala określić wartości na płaszczyznach uznanych za reprezentatywne dla obszaru przejścia dla pieszych.

Na przejściu dla pieszych można wyróżnić dwie płaszczyzny (rys. 3.30):

- pionową E_v - związaną z natężeniem oświetlenia na sylwetce pieszego,
- poziomą E_h - związaną z natężeniem oświetlenia jezdni (pasów) i stref oczekiwania.

Liczba płaszczyzn pionowych, przechodzących przez oś przejścia dla pieszych zależy od kierunków ruchu pojazdów. Dla każdego kierunku ruchu pojazdów można wyznaczyć następujące parametry:

- minimalne pionowe natężenie oświetlenia E_{vmin} ,
- maksymalne pionowe natężenie oświetlenia E_{vmax} ,
- średnie pionowe natężenie oświetlenia $E_{vśr}$,
- równomierność natężenia oświetlenia w płaszczyźnie pionowej ($E_{vmin} / E_{vśr}$),
- parametr E_{vmin} / E_{vmax} określający największą występującą różnicę wartości natężenia oświetlenia w płaszczyźnie pionowej.

Dla płaszczyzny poziomej, związanej z oświetleniem jezdni na której zlokalizowane jest przejście i stref oczekiwania), można wyznaczyć następujące wartości:

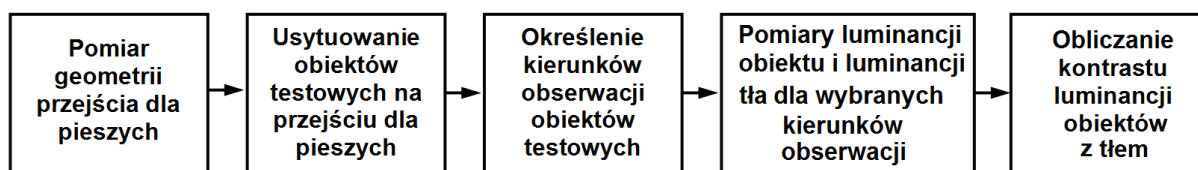
- minimalne poziome natężenie oświetlenia E_{hmin} ,
- maksymalne poziome natężenie oświetlenia E_{hmax} ,
- średnie poziome natężenie oświetlenia $E_{hśr}$,
- równomierność natężenia oświetlenia w płaszczyźnie poziomej ($E_{hmin} / E_{hśr}$),
- parametr E_{hmin} / E_{hmax} określający największą występującą różnicę wartości natężenia oświetlenia w płaszczyźnie poziomej.

Na podstawie wartości natężenia oświetlenia nie można wnioskować o możliwości dostrzeżenia pieszego przez kierowcę pojazdu samochodowego zbliżającego się do przejścia. Parametry natężenia oświetlenia nie odpowiadają na pytanie, jaki kontrast jest wytworzony pomiędzy luminancją sylwetki pieszego a luminancją otoczenia, w której pieszy jest postrzegany. Wykorzystanie kryteriów natężenia oświetlenia jednak pozwala na zweryfikowanie zakładanych wartości projektowych i kontroli stanu oświetlenia istniejących instalacji oświetleniowych.

3.3.2 Kryterium luminancji i kontrastu luminancji

Ocena stanu oświetlenia zainstalowanego na przejściu dla pieszych może być prowadzona z wykorzystaniem parametrów luminancji (sylwetki człowieka obserwowanego z perspektywy kierowcy i luminancji tła, na jakim jest obserwowany) [5][71][70]. W dokumentach normatywnych i literaturze nie ma określonej procedury pomiarowej, jaką należy się posłużyć określając parametry luminancyjne. W normie [58][55] wskazano na potrzebę wytworzenia wysokiego poziomu kontrastu, ale trzeba mieć świadomość, że zależy on (jak wyjaśniono w wcześniejszej części opracowania – wzór 3.3) między innymi od parametrów odbiciowych materiału, w jaki ubrany jest pieszy. Zatem wynik pomiaru luminancji i obliczonej wartości kontrastu luminancji nie będą miarodajne, dopóki nie ustandaryzuje się obiektu pomiarowego.

W dalszej części opracowania przedstawiona zostanie autorska koncepcja [71][70] metody wyznaczania luminancji i kontrastu luminancji sylwetki człowieka z tłem na przejściu dla pieszych. Na schemacie blokowym (rys. 3.31) przedstawiono procedurę wyznaczania luminancji (sylwetki człowieka – obiektu i tła) pozwalającej na obliczenie kontrastu luminancji sylwetki pieszego z tłem, obserwowanego przez kierowcę zbliżającego się do przejścia dla pieszych.



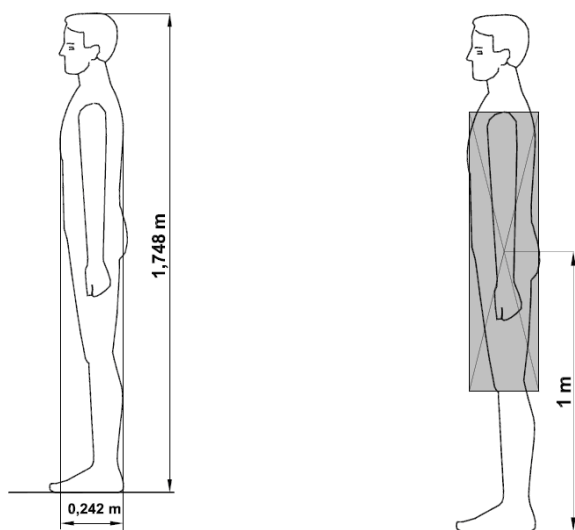
Rys. 3.31 Procedura wyznaczania luminancji obiektów testowych na przejściu dla pieszych i obliczania kontrastu luminancji obiektu z tłem

Źródło: P. Tomczuk

Zastosowana metoda wymaga ustalenia geometrii i fizycznych wymiarów przejścia dla pieszych. Należy wyznaczyć oś przejścia dla pieszych, za którą przyjmuje się środek pasów, po której piesi przekraczają jezdnię. Następnie w płaszczyźnie pionowej przechodzącej przez oś przejścia sytuuje się obiekty testowe o wymiarach podanych na rys. 3.32.

W celu umożliwienia porównania wartości luminancji sylwetki człowieka, uzyskanych na przejściach dla pieszych oświetlonych za pomocą różnych rozwiązań oświetleniowych, zdecydowano się zastosować standaryzowany obiekt o określonych cechach geometrycznych i fotometrycznych. Na podstawie danych antropometrycznych dla 50–percentylowej sylwetki dorosłego mężczyzny w pozycji bocznej opracowano obiekt testowy do pomiaru luminancji w postaci prostokąta o wymiarach 0,25 m na 1 m, który odzwierciedla powierzchnię boczną człowieka na przejściu dla pieszych (rys. 3.32). Środek obiektu znajduje się 1m nad nawierzchnią jezdni. Przyjęcie takiego usytuowania wynika z faktu istnienia wytycznych norm

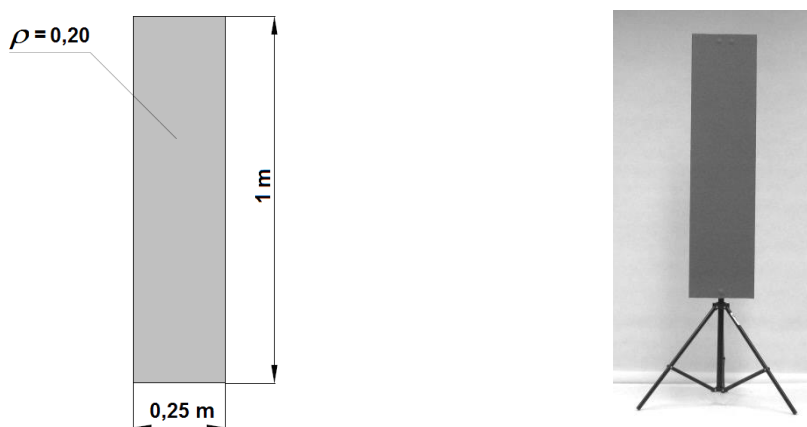
[35] dla wysokości pomiaru równej 1 m, a zarazem uwzględnia wymiary pozostałych sylwetek, np. kobiet, dzieci lub osób niepełnosprawnych poruszających się na wózkach inwalidzkich.



Rys. 3.32 Wymiary antropometryczne obiektu wytypowanego do pomiaru luminancji na przejściu dla pieszych

Źródło: P. Tomczuk

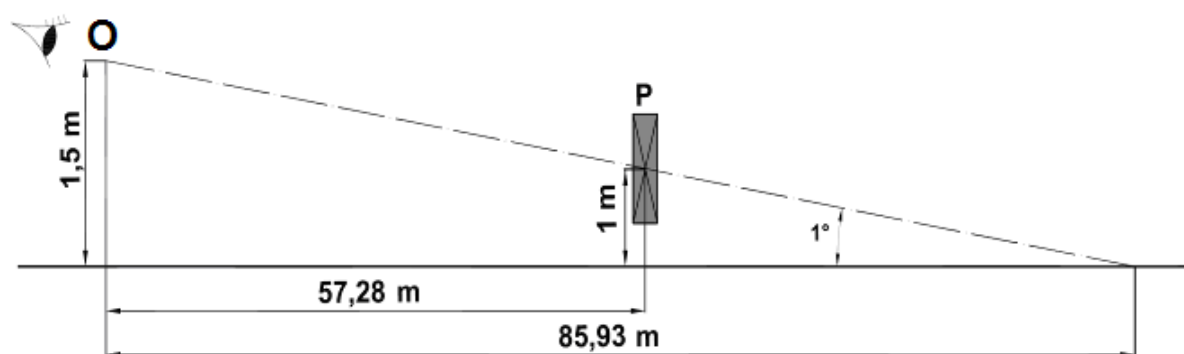
W celu dokonania pomiaru luminancji obiektu testowego na przejściu dla pieszych zastosowano obiekt pokryty materiałem o rozproszonej charakterystyce odbicia i współczynniku $\rho = 0,2$. Tym samym założono niekorzystną sytuację obserwacji przez kierowcę obiektu w postaci sylwetki pieszego ubranego w ciemne ubranie. Na rys. 3.33 przedstawiono podstawowe parametry geometryczne i fotometryczne oraz widok rzeczywistego obiektu zastosowanego w badaniach.



Rys. 3.33 Obiekt wykorzystywany do badań kontrastu na przejściu dla pieszych

Źródło: P. Tomczuk

Następnie należy ustalić kierunki obserwacji, które są zgodne z dozwolonymi kierunkami ruchu pojazdów na poszczególnych pasach jezdni. W celu przeprowadzenia pomiarów luminancji obiektów testowych i tła pomiędzy nimi należy zachować geometrię usytuowania obserwatora i obiektu (rys. 3.34). Obserwator *O* umieszczony jest w odległości 57,28 m (dla celów pomiarowych odległość wynosi 60 m) od osi poprzecznej przejścia dla pieszych (odcinek *EF*, rys. 3.30), i zachowuje kąt obserwacji nawierzchni jezdni wynoszący 1° . Głowica przyrządu (oczy obserwatora) *O* jest usytuowana na wysokości 1,5 m nad poziomem drogi. Kierunek obserwacji przechodzi przez środek obiektu pomiarowego *P*.



Rys. 3.34 Geometria pomiaru luminancji obiektu testowego

Źródło: P. Tomczuk

Pomiar luminancji w warunkach rzeczywistych wykonywany jest bezpośrednio, za pomocą dostępnych mierników punktowych lub matrycowych. W niniejszym opracowaniu wykorzystano miernik matrycowy, który jest wyspecjalizowanym mobilnym aparatem fotograficznym umożliwiającym zarejestrowanie obrazu luminancji. Urządzenie umożliwia sprawne zarejestrowanie obrazów luminancji bez zamknięcia ruchu na przejściu dla pieszych. Dane rejestrowane są w postaci cyfrowej, a ich obróbka i prezentacja odbywa się w oprogramowaniu pomiarowym

Cykl pomiarowy rozpoczyna się od ustawienia miernika na statywie przed badanym przejściem dla pieszych, na środku pasa ruchu w odległości ok. 60 m (od obiektów ustawionych poprzecznie na przejściu dla pieszych). Głowica pomiarowa ukierunkowana jest pod odpowiednim kątem w stosunku do nawierzchni jezdni. Wykonuje się serię zdjęć obiektów (automatycznie są wykonywane 3 zdjęcia o różnym czasie ekspozycji, a wartość luminancji wyznaczana, jako średnia z pomiarów), których czas trwania jest zależny od warunków oświetleniowych. Gdy poziom badanej luminancji jest wyższy, to czas ekspozycji jest krótszy i odwrotnie. Dla badanych obiektów średni czas wykonania serii trzech zdjęć wynosi około 50

sekund. W tak krótkim czasie przyrząd pomiarowy rejestruje rozkład luminancji obiektów na przejściu dla pieszych oraz luminancji ich tła.

Największą zaletą miernika matrycowego jest duża elastyczność, która nie narzuca konieczności określenia położenia geometrycznego powierzchni i sektorów pomiarowych przed przystąpieniem do pomiaru. Na etapie badania wykonywane jest zdjęcie, z którego podczas analizy komputerowej można dowolnie przetwarzać informację. Opisana powyżej cecha jest bardzo istotna, ponieważ umożliwia wprowadzanie dodatkowych kryteriów oceny jakości oświetlenia przejścia dla pieszych (np. luminancji pasa jezdni 25 m przed przejściem dla pieszych), bez konieczności powtarzania badań terenowych.

Dzięki zastosowaniu urządzenia pozwalającego obrazować wartości luminancji możliwe jest wykonanie pomiarów luminancji obiektów w sposób szybki i powtarzalny, co ma szczególne znaczenie w przypadku rejestracji na eksploatowanym przejściu dla pieszych, gdzie wykonanie pomiarów niejednokrotnie odbywa się na ruchliwej ulicy.

Ustawienie obiektów testowych na przejściu dla pieszych zaprezentowano na rys. 3.35. Pomiaru luminancji dokonuje się dla każdego kierunku ruchu pojazdów, obserwując obiekty usytuowane na wprost z odległości ok. 60 m. Obserwator ustawiony jest na środku pasa danego kierunku ruchu i obserwuje obiekty także na przeciwnym pasie ruchu. Informacja o uzyskiwanym kontraście sylwetki pieszego z tłem jest istotna dla całej szerokości jezdni i jest to odzwierciedleniem rzeczywistej sytuacji drogowej. Zakłada się, że pieszy może znajdować się na dowolnym pasie ruchu, a zbliżający się do przejścia dla pieszych kierowca pojazdu musi mieć zapewnione warunki obserwacji całego przejścia, łącznie z uwzględnieniem strefy oczekiwania oraz azylu. Pomiar należy wykonać na osi przejścia dla pieszych z odstępem pomiędzy kolejnymi odczytami $\Delta l \leq 1,5$ m.

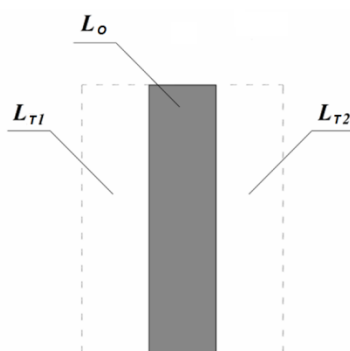
Obiekty ponumerowano kolejnymi numerami od 1 do 8. Obiekty o numerach 2,3 i 4 – znajdują się na przeciwnym kierunku ruchu do kierunku obserwacji, obiekty o numerach 5,6 i 7 znajdują się na kierunku ruchu pojazdu zgodnym z kierunkiem obserwacji. Obiekty o numerach 1 i 8 znajdują się w strefach oczekiwania na przejście. Obserwacja z kierunku przeciwnego wymaga zachowania przyjętej numeracji.



Rys. 3.35 Ustawienie obiektu testowego na przejściu dla pieszych

Źródło: P. Tomczuk

Zmierzone za pomocą miernika wartości luminancji obiektów testowych i luminancji tła wokół obiektów testowych (rys. 3.36) pozwalają na obliczenie kontrastu luminancji poszczególnych obiektów z tłem. Obliczone wartości kontrastu luminancji są przypisane kolejnym obiektom testowym i odzwierciedlają rzeczywiste warunki obserwacji pieszego przez kierowcę na przejściu. Powierzchnie pomiarowe luminancji przedstawiono na rys. 3.36.



Rys. 3.36 Powierzchnie pomiarowe luminancji

L_o – luminancja obiektu L_{T1}, L_{T2} – luminancja tła

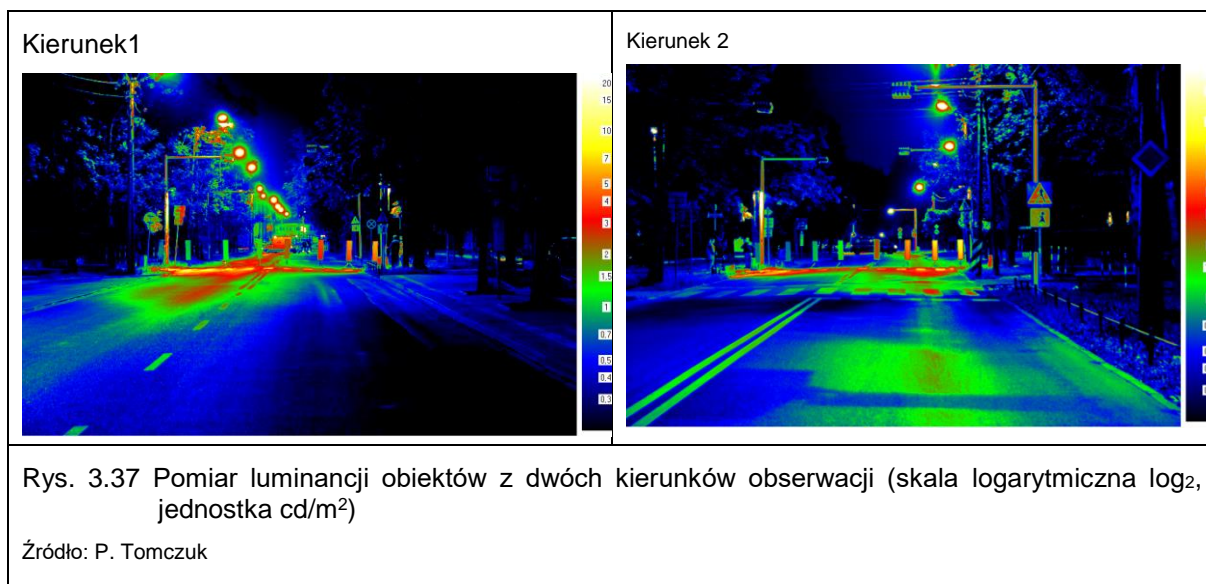
Źródło: P. Tomczuk

Kontrast luminancji oblicza się dla każdego obiektu na przejściu dla pieszych ze wzoru (3.3) pamiętając, że: $L_T = (L_{T1} + L_{T2}) / 2$. Pola pomiaru luminancji (rys. 3.36) tła L_{T1} oraz L_{T2} posiadają wymiary identyczne z wymiarami obiektu wykorzystywanego do badań kontrastu na przejściu dla pieszych (rys. 3.32). W przypadku pomiarów miernikiem matrycowym obszar tła definiuje

się przez podanie współrzędnych geometrycznych na zdjęciu luminancji. Dla pomiarów przeprowadzonych za pomocą klasycznego miernika punktowego należy wykonać serię min. 10 pomiarów dla każdego z pól, z zachowaniem szczególnej staranności ustawienia miernika. Odczytane wartości należy uśrednić w każdym z pól i ich podstawie obliczyć wartość kontrastu luminancji.

Pomiar wartości luminancji obiektów rzeczywistych powinien być prowadzony w warunkach atmosferycznych opisanych w normie oświetlenia drogowego [55] oraz wytycznych CIE [1]. Jedynie wyniki otrzymane dla tak ustalonych warunków atmosferycznych mogą służyć celom porównawczym.

Przykład zdjęć luminancji dla obiektów testowych (sylwetek pieszych) usytuowanych na oświetlonym przejściu dla pieszych dla dwóch kierunków pomiaru przedstawiono na rys. 3.37.



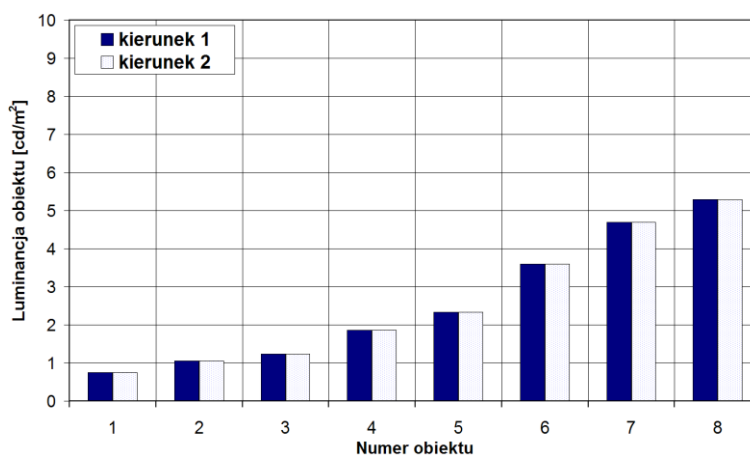
W tab. 3.3 zestawiono zbiorcze wyniki pomiarów luminancji na obiektach testowych i w ich otoczeniu oraz obliczone wartości kontrastów luminancji dla dwóch kierunków pomiarowych.

Tab. 3.3

Zbiorcze wyniki pomiaru luminancji na obiektach testowych i w ich otoczeniu oraz obliczona wartość kontrastu luminancji

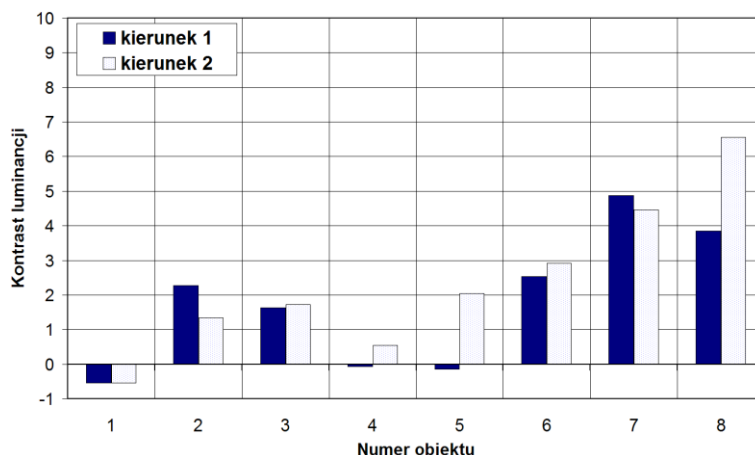
Obiekt [nr]	Kierunek 1			Kierunek 2		
	luminancja obiektu [cd/m ²]	luminancja tła [cd/m ²]	kontrast luminancji	luminancja obiektu [cd/m ²]	luminancja tła [cd/m ²]	kontrast luminancji
1	0,75	1,66	-0,55	0,79	1,71	-0,54
2	1,05	0,32	2,28	0,77	0,33	1,33
3	1,24	0,47	1,64	0,98	0,36	1,72
4	1,86	2,00	-0,07	1,36	0,88	0,55
5	2,33	2,71	-0,14	2,46	0,81	2,04
6	3,60	1,02	2,53	4,77	1,22	2,91
7	4,70	0,80	4,88	6,17	1,13	4,46
8	5,29	1,09	3,85	7,79	1,03	6,56
Średnia	2,60	1,26	1,80	3,14	0,93	2,38

Na wykresach zamieszczonych poniżej przedstawiono uzyskane wartości luminancji (rys. 3.38) i obliczone wartości kontrastu luminancji (rys. 3.39) dla poszczególnych obiektów oświetlonych za pomocą opraw oświetleniowych dla dwóch kierunków obserwacji związanych z kierunkami ruchu drogowego.



Rys. 3.38 Wyniki pomiaru luminancji obiektów L_o dla dwóch kierunków obserwacji

Źródło: P. Tomczuk



Rys. 3.39 Obliczony kontrast luminancji C obiektów z tłem dla dwóch kierunków obserwacji

Źródło: P. Tomczuk

3.3.2.1 Przykład interpretacji wyników

Uzyskane wyniki pomiaru luminancji (rys. 3.37) dla obiektów od 1 do 8 (tab. 3.3), przedstawione w formie wykresu na rys. 3.38 jednoznacznie wykazują, że obiekty są oświetlone równomiernie i symetrycznie dla każdego kierunku obserwacji. Korzystne wartości uzyskano dla obiektów od numeru 5 do 7, znajdujących się na pasie ruchu kierowcy zbliżającego się do przejścia dla pieszych. Najwyższą wartość luminancji posiada obiekt 8 – pieszy oczekujący na przejście przez jezdnię po lewej stronie jezdni.

W trakcie przeprowadzenia pomiarów nie udało się wyeliminować czynników zewnętrznych, czyli pojazdów zaparkowanych w tle przejścia dla pieszych. Wpłynęło to na wartość uzyskanego kontrastu luminancji (rys. 3.39) dla obiektów 4 i 5. Ujemną wartość kontrastu luminancji uzyskano dla obiektu 1, czyli dla pieszego oczekującego na przejście po lewej stronie przejścia oraz dla obiektów 4 i 5 w kierunku 1. Najwyższą dla obiektu 8, czyli pieszego oczekującego na przejście po prawej stronie jezdni.

Pomimo zastosowania rozwiązania oświetleniowego dedykowanego do oświetlenia przejść dla pieszych w pewnych obszarach, ze względu na występującą sytuację oświetleniową w tle przejścia, nie udało się zagwarantować wytworzenia kontrastu dodatniego na całym jego przekroju. Niemniej jednak rozwiązanie zapewnia bardzo dobre doświetlenie sylwetek pieszych znajdujących się na jezdni i w strefie oczekiwania po prawej stronie, czyli miejsca potencjalnie niebezpiecznego z punktu identyfikacji pieszego oczekującego na przejście przez jezdnię przez kierowcę.

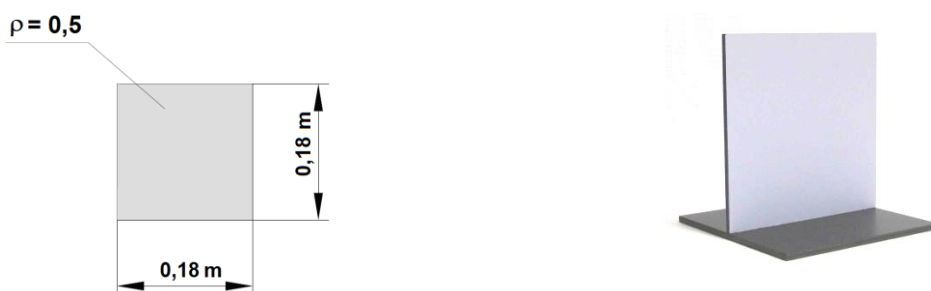
3.3.3 Metoda STV

Jako ostatnią w opracowaniu opisano metodą stosowaną w USA [34][2], wykorzystującą model widzialności. Pojęcie widzialności małego obiektu *STV* (ang. *Small Target Visibility*) na drodze zdefiniowano w proponowanej do stosowania na potrzeby projektowania oświetlenia drogowego normie ANSI/IESNA RP-8-90 (IESNA, 1990) [91]. Poziom widzialności *VL* (ang. *Visibility Level*) został przyjęty przez komisję CIE (ang. *International Commission on Illumination*) [9] jako uzupełnienie parametrów luminancyjnych [12]. Wprowadzenie parametru widzialności wynikało z założenia, że parametry luminancyjne jezdni nie wystarczają do określenia, czy obiekt na jezdni jest widoczny czy nie. Zdefiniowana wartość parametru *STV* [91][2] jest miarą widzialności dowolnego dwuwymiarowego obiektu.

Pojęcie „poziom widzialności” *VL* wiąże się z warunkami obserwacji standardowego obiektu umieszczonego na jezdni w odległości 83,07 m przed obserwatorem. Odległość ta wynika z zachowania kąta obserwacji obiektu równego 1 stopień, zbliżonego do warunków postrzegania drogi przez kierowcę, którego oczy umieszczone są na wysokości 1,45 m nad jezdnią [91]. Wartość widzialności *STV* jest obliczana na podstawie usytuowania obiektu i jego parametrów odbiciowych. W efekcie otrzymywany jest kontrast luminancji obiektu i tła oraz obliczana jest wartość luminacji zamglenia. W normie [34] przyjęto wymagania dotyczące oświetlenia drogi wyrażone parametrem *VL*.

Obliczenia poziomu widzialności z modelu *STV* prowadzone są dla określonych parametrów luminancji. Metodologia obliczeń została wstępnie przedstawiona w ANSI/IESNA RP-8-90 [91]. W 2000 roku wprowadzono rozszerzoną i uzupełnioną wersję zaleceń (ANSI/IESNA RP-8-00. Roadway Lighting) [34], dotyczących pomiarów widzialności metodą *STV*. Model *STV* nie jest wprost przeznaczony do oceny poziomu widzialności *VL* na przejściu dla pieszych, ale przyjmując, że przejście znajduje się na jezdni można oceniać poziom widzialności także w tej lokalizacji. Na tej metodzie obliczeń bazują stosowane w praktyce projektowej programy obliczeniowe. Model obliczeniowy korzysta z przyjętego założenia istnienia idealnych warunków atmosferycznych (współczynnik przepuszczalności atmosferycznej właściwej wynosi $T_{atm} = 1 \text{ km}^{-1}$), w których prowadzi się obserwację obiektów testowych, ustawionych na nawierzchni drogi.

Do oceny widzialności na drodze metodą *STV* (ang. *Small Target Visibility*) przyjmuje się materiał o rozproszonej charakterystyce odbicia i współczynniku $\rho = 0,5$, zgodnie z zaleceniami normy RP-8-00 z 2000 roku [31]. Na rys. 3.40 przedstawiono podstawowe wymiary geometryczne oraz widok obiektu krytycznego, wykorzystanego do obliczeń widzialności w niniejszej pracy.



Rys. 3.40 Obiekt krytyczny wykorzystywany do badań widzialności metodą STV

Źródło: P. Tomczuk

Widzialność obiektu na drodze zależy od kilku czynników:

- wieku obserwatora i jego indywidualnych cech postrzegania,
- czasu trwania obserwacji,
- koloru, rozmiaru i kształtu obiektu obserwacji,
- wartości luminancji obiektu,
- rodzaju kontrastu,
- wartości luminancji adaptacji,
- wizualnej złożoności tła,
- dynamiki ruchu pojazdu,
- wartości parametrów olśnienia.

Poziom widzialności V_L dla obiektu krytycznego na nawierzchni drogi przyjmuje się jako:

$$V_L = \frac{\Delta L_{actual}}{\Delta L_{threshold}} \quad (3.4)$$

gdzie:

ΔL_{actual} jest różnicą luminancji pomiędzy badanym obiektem a jego tłem w warunkach rzeczywistych,

$\Delta L_{threshold}$ jest różnicą luminancji progowej potrzebną do uzyskania minimalnej widoczności pomiędzy obiektem o określonych wymiarach kątowych i jego tłem.

Różnicę luminancji progowej ΔL_{actual} pomiędzy badanym obiektem a jego tłem w warunkach rzeczywistych można obliczyć z następującego wyrażenia:

$$\Delta L_{actual} = L_O - L_T \quad [\text{cd/m}^2] \quad (3.5)$$

gdzie:

L_o – luminancja obiektu [cd/m^2],

L_T – luminancja tła [cd/m^2].

Dla obydwu przypadków kontrastu (negatywowy lub pozytywowy) musi zostać określona minimalna różnica luminancji dla dostrzeżenia obiektu na tle z założonym poziomem prawdopodobieństwa.

W wyrażeniu (3.4) różnica luminancji progowej $\Delta L_{\text{threshold}}$ dla czasów obserwacji obiektu $t < 2$ s może zostać obliczona następująco:

$$\Delta L_{\text{threshold}} = k \cdot \left(\frac{F_{\Phi}^{1/2}}{\alpha} + L^{1/2} \right)^2 \cdot F_{CP} \cdot \frac{a(\alpha, L_T) + t}{t} \cdot AF$$

(3.6)

Natomiast dla czasu obserwacji równego $t \geq 2$ s (w literaturze $t \geq 2$ s uznany za czas, w którym nastąpi rozpoznanie obiektu z prawdopodobieństwem równym 99,9 %), różnica luminancji progowej może zostać wyrażona następująco:

$$\Delta L_{\text{threshold}} = k \cdot \left(\frac{F_{\Phi}^{1/2}}{\alpha} + L^{1/2} \right)^2 \cdot F_{CP} \cdot AF \quad (3.7)$$

gdzie:

- k – współczynnik prawdopodobieństwa dostrzeżenia obiektu (wyznaczony empirycznie, $k = 2,6$ dla prawdopodobieństwa dostrzeżenia obiektu równego 99,9%),
- F_{Φ} – funkcja luminancji strumienia,
- F_L – funkcja luminancji,
- α – rozmiar kątowy obiektu,
- F_{CP} – współczynnik polaryzacji kontrastu,
- $a(\alpha, L_T)$ – parametr zależny od rozmiaru kąowego obiektu i luminancji tła,
- t – czas obserwacji obiektu (dla modelu obiektu krytycznego w przyjmowany jako 0,2 s),

AF – współczynnik wieku obserwatora (ang. Age Factor).

W powyższym równaniu $F_{\phi}^{1/2}$ oraz $F_L^{1/2}$ przyjmuje się następująco, w zależności od wartości luminancji tła:

Jeżeli $L_T \geq 0,6$ [cd/m²], to:

$$F_{\phi}^{1/2} = \log(4,1925L_T^{0,1556}) + 0,1684L_T^{0,5867}$$

$$F_L^{1/2} = 0,05946L_T^{0,466}$$

Jeżeli $0,00418 < L_T < 0,6$ [cd/m²], to:

$$\log F_{\phi}^{1/2} = -0,072 + 0,3372 \log L_T + 0,0866(L_T)^2$$

$$\log F_L^{1/2} = -1,256 + 0,319 \log L_T$$

Jeżeli $0,00418 < L_T$ [cd/m²], to:

$$\log F_{\phi}^{1/2} = 0,028 + 0,173 \log L_T$$

$$\log F_L^{1/2} = -0,891 + 0,5275 \log L_T + 0,0227(\log L_T)^2$$

Dla krótszych czasów obserwacji do poprawnego rozpoznania obiektu niezbędna jest wyższa wartość luminancji ΔL , stąd należy uwzględnić w obliczeniach czynnik:

$$\frac{a(\alpha, L_T) + t}{t} \quad (3.8)$$

gdzie:

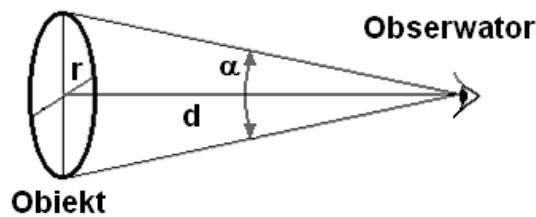
$a(\alpha, L_T)$ parametr zależny od rozmiaru kąтового obiektu i luminancji tła L_T (dane do obliczeń $a(\alpha, L_T)$ pochodzą z badań eksperymentalnych wykonanych przez Schmidt–Claussena oraz Blackwella):

$$a(\alpha) = 0,36 - 0,0972 \cdot \frac{(\log \alpha + 0,523)^2}{(\log \alpha + 0,523)^2 - 2,513(\log \alpha + 0,523) + 2,789}$$

$$a(L_T) = 0,335 - 0,1217 \cdot \frac{(\log L_T + 6)^2}{(\log L_T + 6)^2 - 10,4(\log L_T + 6) + 52,28}$$

α rozmiar kątowy obiektu [minuty]. Okrągły cel o promieniu r (rys. 3.41) obserwowany z odległości d ma miarę kąta opisanego równaniem:

$$\alpha = 2 \cdot \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{r}{d} \right) \cdot 60 \quad (3.9)$$



Rys. 3.41 Zobrazowanie wartości kąta bryłowego obserwowanego obiektu

Źródło: P. Tomczuk

Dla obiektów obserwowanych, których wymiar kątowy $\alpha < 60'$ wartość $a(\alpha, L_B)$, może być aproksymowany przez równanie określające wpływ czasu postrzegania:

$$a(\alpha, L_T) = \frac{[a(\alpha)^2 + a(L_T)^2]^{1/2}}{2,1} \quad (3.10)$$

Dla kontrastu ujemnego należy określić czynnik polaryzacji kontrastu F_{CP} , który jest liczony w następujący sposób:

$$F_{CP}(\alpha, L_T) = 1 - \frac{m\alpha^{-\beta}}{2,4\Delta L_{pos,t=2s}} \quad (3.11)$$

gdzie:

$$\Delta L_{pos,t=2s} = k \cdot \left(\frac{F_{\Phi}^{1/2}}{\alpha} + F_L^{1/2} \right)^2 \quad (3.12)$$

Współczynnik F_{CP} osiąga wartość 1 dla kontrastu dodatniego, natomiast wartość mniejszą od 1 dla kontrastów ujemnych (wzór 2.41). Wartość m w tym równaniu można wyliczyć z następującej zależności:

$$m = 10^{-10 \left[K (\log L_T + 1)^2 + 0,0245 \right]} \quad (3.13)$$

gdzie:

$$K = 0,125 \text{ dla } L_T \geq 0,1 \text{ [cd/m}^2\text{]},$$

$$K = 0,075 \text{ dla } L_T \geq 0,004 \text{ [cd/m}^2\text{]}.$$

Dla wszystkich L_T :

$$\beta = 0,6 L_T^{-0,1488} \quad (3.14)$$

Dla obserwatorów starszych niż 23 lata AF (ang. *Age Factor*) można obliczyć, korzystając z następujących równań zależnie od wieku obserwatora:

23 [lata] < age < 64 [lata]

$$AF = \frac{(age - 19)^2}{2160} + 0,99 \quad (3.15)$$

64 [lata] < age < 75 [lata]

$$AF = \frac{(age - 56,6)^2}{116,3} + 1,43 \quad (3.16)$$

Zgodnie z zastosowanym algorytmem obliczeń uzyskuje się wartość VL , którą można interpretować dla nocnych warunków obserwacji, stosując skalę przedstawioną na rys. 3.42.

5	Bardzo dobra (Very good)
4	Dobra (Good)
3	Dostateczna (Fair)
2	Słaba (Poor)
1	Bardzo słaba (Very poor)
0	Brak widoczności (Invisible)

Rys. 3.42 Skala oceny widzialności obiektu VL w metodzie STV

Źródło: P. Tomczuk

Przedstawiona powyżej skala odnosi się do metody STV, a uzyskane wyniki nie mogą być odniesione wprost i porównywane z wynikami uzyskanymi dla innych obiektów o odmiennych cechach geometrycznych i odbiciowych oraz dla innej geometrii pomiaru.

Należy wyraźnie podkreślić, że główne zastosowanie metody odnosi się do oceny oświetlenia stacjonarnej drogi. Obliczenia przeprowadzane tą metodą są żmudne i czasochłonne, a zastosowanie metody wymaga zachowania staranności podczas pomiaru wartości luminancji.

3.3.3.1 Podsumowanie i wnioski

Przedstawione powyżej metody należy skonfrontować z ich praktycznym zastosowaniem. Metody wymagające przeprowadzenia złożonych obliczeń (STV) lub posiadania specjalistycznego sprzętu pomiarowego mogą okazać się trudne do zastosowania. Metoda wykorzystująca parametry luminancyjne ma ograniczenia wynikające z przyjęcia konkretnej wartości współczynnika odbicia materiału, w jaki ubrany jest pieszy. Przyjęcie do obliczeń materiału np. o współczynniku 0,2 lub 0,18 nadal nie zawiera w sobie szczególnych przypadków pieszych, którzy będą ubrani w materiały o niższych współczynnikach odbicia. Kolejnym zagadnieniem jest właściwe przeprowadzenie pomiaru luminancji przy istniejących ograniczeniach, związanych z istniejącą sytuacją drogową (np. zaparkowanymi pojazdami w otoczeniu przejścia dla pieszych) lub istnieniem właściwych warunków atmosferycznych w czasie przeprowadzania pomiarów. Ponadto tło obserwacji jest zmienne w czasie (źródła olśnienia, pora nocy itp.), co wpływa na wartość kontrastu luminancji sylwetki pieszego względem tła. Istotny jest też właściwy wybór pola analizowanego tła za sylwetką pieszego. Dodatkowym problemem jest wykorzystanie mierników luminancji w codziennej praktyce projektowej i eksploatacyjnej. Miernik luminancji powinien być podstawowym wyposażeniem działów projektowych oświetlenia ulicznego i jednostek odpowiedzialnych za utrzymanie dróg i ulic, co w obecnym stanie nie jest powszechną praktyką.

Uproszczonym podejściem do projektowania oświetlenia ulicznego i drogowego jest wykorzystanie tabeli przeliczeniowej luminancji na natężenie oświetlenia, przy uwzględnieniu współczynników odbicia nawierzchni jezdni [58]. Podejście to jest często stosowane w praktyce projektowej.

Przyjęcie metody natężeniowej w odniesieniu do obszaru przejścia dla pieszych pozwoli na weryfikację realizowanych projektów oświetleniowych oraz uprości egzekwowanie wymaganych parametrów oświetleniowych na już eksploatowanych przejściach dla pieszych.

W zakresie przygotowania właściwego projektu oświetleniowego na przejściu dla pieszych należy zdać się na wiedzę i doświadczenie projektantów oświetleniowych. Przeprowadzona przez nich, przed wykonaniem projektu, wizja lokalna i szczegółowe pomiary oraz

udokumentowanie zdjęciami sytuacji oświetleniowej na istniejącym przejściu dla pieszych powinny zagwarantować właściwe przygotowanie projektu i wyeliminować stosowanie niewłaściwych rozwiązań oświetleniowych.

W razie wystąpienia wątpliwości w zakresie doboru właściwego rozwiązania należy zwrócić się do przedstawicieli jednostek naukowo-badawczych, od których można otrzymać wsparcie merytoryczne.

3.4 Przegląd typów przejść dla pieszych

Przejście dla pieszych to miejsce umożliwiające pieszym uczestnikom ruchu drogowego bezpieczne przejście przez jezdnię. Przejście dla pieszych może być wyznaczone za pomocą oznakowania pionowego (wraz z oznakowaniem poziomym), ale może być także zaplanowane jako kompleksowe rozwiązanie projektowe, najczęściej jednopoziomowe, ale w niektórych przypadkach także wielopoziomowe. Zatem przejście dla pieszych jest powierzchnią jezdni, drogi dla rowerów lub torowiska przeznaczoną do przechodzenia pieszych [38].

Podział przejść dla pieszych (rys. 3.43) można dokonać na grupy z uwagi na:

- organizację ruchu,
- obszar,
- miejsce w sieci drogowej,
- prędkość pojazdów w obszarze przejścia dla pieszych,
- geometrię,
- długość, liczbę pasów ruchu pojazdów,
- liczbę kierunków ruchu pojazdów,
- z przejazdem dla rowerzystów lub bez,
- rodzaj użytkowników.

W zależności od organizacji ruchu, wyróżnia się:

- przejścia dla pieszych poprowadzone w drugim poziomie (tunel, kładka),
- wyznaczone przejścia dla pieszych sterowane sygnalizacją świetlną,
- wyznaczone przejścia dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej,
- niewyznaczone przejścia dla pieszych (sugerowane),
- uspokojone (z zawężeniem jezdni, wyniesione, z wyspą azylu, inne).
- specjalne (dodatkowe oznakowanie, sygnalizatory ostrzegawcze, piktogramy itp.).

PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH									
Organizacja ruchu	Obszar	Miejsca w sieci drogowej	Prędkości pojazdów	Geometria	Liczba pasów	Liczba kierunków ruchu pojazdów	Rowery	Użytkownicy	Szerokość
W drugim poziomie, tunel, kładka	Niezabudowany	Przy skrzyżowaniu	0 - 30 km/h, prędkość bezpieczna	W profilu	1 pas	1 kierunek	Bez przejazdu rowerowego	Standardowi	4 m (lub mniej)
Wyznaczone, Sygnalizacja świetlna	Zabudowany	Poza skrzyżowaniem	30 - 50 km/h, prędkość umiarkowanie bezpieczna	Na łuku pionowym wypukłym	2 pasy	2 kierunki	Z przejazdem rowerowym	O specjalnych potrzebach, ograniczenia ruchowe, wzrokowe, słuchowe, wiek	6 m
Wyznaczone, brak sygnalizacji: a) zwykłe b) uspokojone c) specjalne	strefa piesza strefa uspokojenia ruchu/szkoła		50 - 70 km/h, prędkość niebezpieczna	Na łuku pionowym wklęsłym	3 pasy			Młodzież szkolna	8 m
Niewyznaczone, sugerowane*			>70 km/h, prędkość krytyczna	Na prostej	4 pasy i więcej				10-16 m

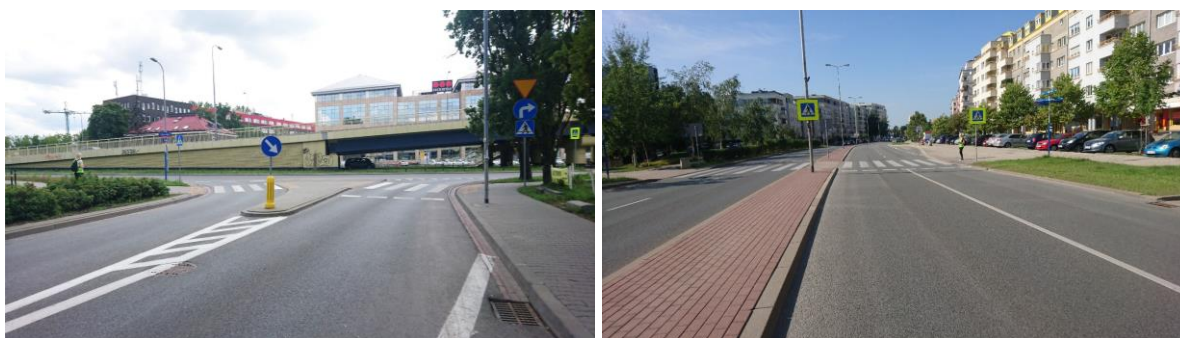
* nie występują wg. obowiązujących przepisów w Polsce

Rys. 3.43 Podział przejść dla pieszych

Źródło: T. Mackun

Wymienione rozwiązania dla pieszych znajdują zastosowanie zarówno na terenie zabudowanym, jak i niezabudowanym. W obszarze zabudowanym można różne charakterystyczne strefy: między innymi można wyróżnić strefę ruchu pieszego, strefę ruchu uspokojonego lub strefę specjalną np. przy szkołach. Każda ze stref ma swoją charakterystykę, którą należy uwzględnić przy organizowaniu ruchu pieszego.

Przejścia dla pieszych powinny być usytuowane, z uwzględnieniem bezpieczeństwa ruchu, przy skrzyżowaniu lub na odcinkach pomiędzy skrzyżowaniami (rys. 3.44). W obrębie przejść zlokalizowanych przy skrzyżowaniach, notuje się niższe prędkości pojazdów niż w przypadku przejść usytuowanych poza nimi. Pieszy przekraczający jezdnię w obszarze skrzyżowania jest narażony na potencjalne niebezpieczeństwo z większej liczby kierunków ruchu niż gdy porusza się po przejściu usytuowanym poza skrzyżowaniem.



Rys. 3.44 Przejście dla pieszych usytuowane przy skrzyżowaniu oraz na odcinku pomiędzy skrzyżowaniami

Źródło: T. Mackun

Prędkość pojazdów ma bardzo duży wpływ na bezpieczeństwo niechronionych uczestników ruchu, poruszających się wzdłuż lub w poprzek drogi. Dokonano klasyfikacji prędkości pojazdów [38] na odcinkach położonych bezpośrednio przed przejściem dla pieszych, w stosunku do częstości wypadków śmiertelnych:

- prędkość bezpieczna (0 - 30 km/h),
- prędkość umiarkowanie bezpieczna (30 - 50 km/h),
- prędkość niebezpieczna (50 – 70 km/h),
- prędkość krytyczna (>70 km/h) – pieszy ma ok 5% szans na przeżycie.

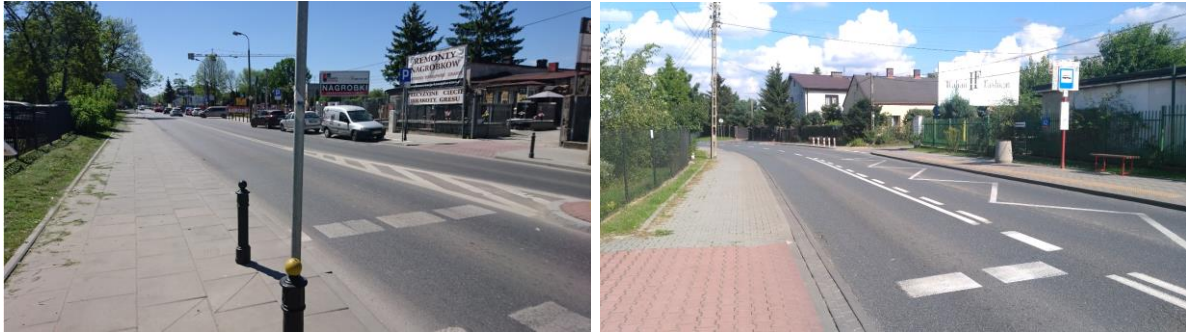


Rys. 3.45 Klasyfikacja prędkości pojazdów ze względu na bezpieczeństwo pieszych

Źródło. K. Jamroz, T. Mackun [38]

„PRZEJŚCIA WYZNACZANE POWINNY BYĆ PRZY OBIEKTACH GENERUJĄCYCH DUŻY RUCH PIESZY I NIEWIELKI RUCH KOŁOWY, NA DROGACH O PRĘDKOŚCI DOPUSZCZALNEJ NIE WIĘKSZEJ NIŻ 50 KM/H (WYJĄTKOWO 60 KM/H, GDY $V_{85} < 60$ KM/H). W PRZYPADKU DUŻEGO RUCHU KOŁOWEGO NALEŻY STOSOWAĆ DODATKOWE URZĄDZENIA UŁATWIAJĄCE PIESZYM PORUSZANIE SIĘ I ZWIĘKSZAJĄCE ICH BEZPIECZEŃSTWO (WYSPI AZYLU, SYGNALIZACJA ŚWIETLNA ITP.). W PRZYPADKU KONIECZNOŚCI WYZNACZENIA PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH NA ODCINKU DROGI O PRĘDKOŚCI DOPUSZCZALNEJ WIĘKSZEJ OD 50 KM/H NALEŻY SPROWADZIĆ (OZNAKOWANIEM, URZĄDZENIAMI USPOKOJENIA RUCHU LUB METODAMI NADZORU) PRĘDKOŚĆ POJAZDÓW W OBSZARZE PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH DO PRĘDKOŚCI NIE WIĘKSZEJ NIŻ 50 KM/H (WYJĄTKOWO 60 KM/H, GDY $V_{85} < 60$ KM/H)” [38].

Geometria przejść dla pieszych jest bardzo ważnym aspektem wpływającym na wzajemną widoczność pieszego i pojazdu. W zależności od usytuowania przejścia w profilu i w planie drogi wyróżnia się przejścia bardziej lub mniej bezpieczne. Najbardziej korzystną kombinacją jest usytuowanie przejścia dla pieszych na prostej. W przypadku przejść znajdujących się w obrębie łuków poziomych (rys. 3.46), pieszy poruszający się w kierunku zewnętrznej części łuku jest narażony na znaczne ograniczenia widoczności wynikające z geometrii jezdni. Przejścia usytuowane na łuku pionowym wypukłym o małym promieniu charakteryzują się złą widocznością pojazdu z perspektywy pieszego oraz zbyt późną dostrzegalnością pieszego od strony nadjeżdżającego pojazdu (rys. 3.47). W przypadku przejść usytuowanych na łuku pionowym wklęsłym mamy do czynienia z dobrą widocznością na linii pieszy – kierowca, problemem jest natomiast zbyt duża prędkość pojazdów dojeżdżających do przejścia i utrudnione hamowanie na spadku. Niezmiernie istotne dla bezpiecznego funkcjonowania przejścia dla pieszych jest jego usytuowanie w sieci drogowej.



Rys. 3.46 Widoczność przy dojeździe do przejścia dla pieszych usytuowanego na odcinku prostoliniowym i krzywoliniowym

Źródło: T. Mackun, W Kustra



Rys. 3.47 Dostrzegalność przy dojeździe do przejścia dla pieszych usytuowanego na łuku pionowym wypukłym

Źródło: T. Mackun

Przekrój poprzeczny przejść dla pieszych ma istotne znaczenie ze względu na liczbę pasów, które musi jednocześnie pokonać pieszy. Obserwuje się przejścia przechodzące przez 1, 2, 3, 4 i więcej pasów. Im więcej pasów musi pokonać jednocześnie pieszy poruszający się po przejściu, tym narażenie na niebezpieczeństwo jest większe.

NIE NALEŻY ORGANIZOWAĆ (BEZ SYG. ŚWIETLNEJ) PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH DŁUŻSZYCH NIŻ PRZEZ DWA PASY RUCHU.



Rys. 3.48 Przejście dla pieszych wyznaczone przez 1, 2, 3 i 4 pasy ruchu

Źródło: T. Mackun, J. Wachnicka

Przejście dla pieszych może być usytuowane na jezdni, na której występują 1 lub 2 kierunki ruchu pojazdów (rys. 3.49). Jest to aspekt związany z organizacją ruchu w obrębie przejścia dla pieszych. W przypadku przejścia zlokalizowanego na jezdni jednokierunkowej, pieszy narażony jest na potencjalne niebezpieczeństwo wyłącznie z jednego kierunku ruchu, natomiast na jezdni dwukierunkowej – z dwóch. Przy jezdni jednokierunkowej wielopasowej występuje inne zagrożenie. Istnieje ryzyko, że pojazd na najbliższym pasie ruchu, zatrzyma się, aby udzielić pierwszeństwa pieszemu, podczas gdy pojazd na kolejnym pasie ruchu nie zatrzyma się i wjedzie ze znaczą prędkością na „zebrę”. Są to sytuacje częste w dużych miastach i bardzo niebezpieczne.



Rys. 3.49 Przejście dla pieszych na jezdni jednokierunkowej i dwukierunkowej

Źródło: T. Mackun

Wyznacza się się przejścia, wzdłuż których dozwolony jest przejazd rowerem, lub nie. Droga rowerowa może być usytuowana względem przejścia dla pieszych (rys. 3.50) w następujący sposób:

- pomiędzy skrzyżowaniem, a przejściem,
- za przejściem (od strony przeciwnej względem skrzyżowania lub jezdni nadrzędnej).



Rys. 3.50 Droga rowerowa z różnym usytuowaniem względem tarczy skrzyżowania

Źródło: T. Mackun

Przejścia dla pieszych mogą być użytkowane przez uczestników ruchu drogowego o różnych potrzebach. Podstawowy podział obejmuje użytkowników:

- „standardowych”,
- o specjalnych potrzebach,
- młodzież szkolna i dzieci,

Na podstawie przeprowadzonych badań ruchu pieszego i rowerowego na przejściach dla pieszych w Warszawie [45], wysunięto wnioski dotyczące procentowego udziału poszczególnych grup pieszych w okresie szczytu porannego i popołudniowego. Pomiary wykonywano w interwałach 30 minutowych (w godzinach 6:00-9:00 oraz 14:00-18:00). Otrzymano następujące wyniki:

- dzieci (1 - 80% ogółu pieszych),
- wiek produkcyjny (4 - 98% ogółu pieszych),
- seniorzy (1 - 80% ogółu pieszych),
- rowerzyści (1 - 96% ogółu pieszych).

Z przedstawionych danych wynika, że użytkownicy o specjalnych potrzebach (osoby niewidome i niedowidzące, niesprawne ruchowo, głuche i słabo słyszące a także osoby starsze, osoby o chwilowych utrudnieniach w poruszaniu) mogą stanowić istotną grupę uczestników ruchu pieszego, dla której należy stosować liczne ułatwienia, prowadzące w rezultacie do zwiększenia komfortu i bezpieczeństwa. Młodzież szkolna również może

stanowiąc bardzo liczną grupę użytkowników poruszających się pieszo, która ze względu na swoje fizycznie rozmiary (mniejsza postać), zwiększoną dynamikę, często nieprzewidywalność a także możliwości kognitywne (małe dzieci nie potrafią poprawnie ocenić prędkości pojazdów i skutków swoich zachowań) i brak doświadczenia jest narażona na wysokie ryzyko wystąpienia zdarzenia drogowego.

Kolejnym czynnikiem charakteryzującym przejście dla pieszych jest jego szerokość. W Polsce, minimalna szerokość przejścia dla pieszych wynosi 4,0 m (tylko wyjątkowo dopuszcza się stosowanie mniejszej szerokości). W zależności od wielkości i charakteru ruchu pieszego oraz dopuszczalnej prędkości pojazdów, możliwe jest zwiększenie tej wartości o wielokrotność 2,0 m, przy czym nie może ona przekroczyć 16,0 m.

Podsumowanie:

Mając powyższe na uwadze, należy stwierdzić, że w otoczeniu każdego przejścia dla pieszych występują różne uwarunkowania. Należy, więc dostosować organizację ruchu i urządzenia bezpieczeństwa do licznych parametrów ruchowych, geometrycznych a także struktury użytkowników. W zakres doboru adekwatnych elementów należy wliczyć oświetlenie przejścia dla pieszych.

KAŻDE PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH CECHUJĄ INNE UWARUNKOWANIA. ELEMENTY TAKIE JAK ORGANIZACJA RUCHU, GEOMETRIA, URZĄDZENIA BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO A TAKŻE OŚWIETLENIE NALEŻY DOBIERAĆ INDYWIDUALNIE Z ZACHOWANIEM WYSOKICH STANDARDÓW.

3.5 Przegląd typowych rozwiązań oświetlenia przejść dla pieszych

Przejścia dla pieszych wyznaczane są przy skrzyżowaniach lub między skrzyżowaniami. W otoczeniu tych przejść występują różne rozwiązania oświetlenia: oświetlenie uliczne (drogowe), albo dedykowane (o specjalnych cechach oświetleniowych zasilanych z sieci lub autonomicznie).

Najczęściej przejście dla pieszych nie jest oświetlone rozwiązaniem dedykowanym, a oświetlenie przejścia wynika z oświetlenia ciągu ulicznego lub skrzyżowania w obszarze, którego zlokalizowane jest przejście dla pieszych. Powoduje to niejednokrotnie losowe lub wręcz często niewłaściwe oświetlenie pieszego, strefy oczekiwania i samego przejścia.

Przykłady rozwiązań oświetleniowych przejść dla pieszych przedstawiono w tab. 3.4 i na rys. 3.51 ÷ rys. 3.73.

Tab. 3.4

Przykłady rozwiązania oświetleniowych przejść dla pieszych w obszarach zabudowanych i poza nimi

Sposób rozmieszczenia latarní	Lokalizacja przejścia dla pieszych	Główne cechy systemu	Nr fotografii
OBSZAR ZABUDOWANY			
Latarnie rozmieszczone są wzdłuż jednej strony ulicy	Przejście dla pieszych poza skrzyżowaniem	Najczęściej spotykany system na ulicach jedno i dwukierunkowych o przekroju o jednym lub dwóch pasach ruchu. Nierównomierne oświetlenie tarczy przejścia dla pieszych System nie zapewnia właściwego oświetlenia sylwetki pieszego, na całej długości przejścia strefy oczekiwania i strefy dojścia. Oświetlenie pieszego i tarczy przejścia uzależnione jest od odległości usytuowania latarní od osi przejścia. Sylwetka pieszego widoczna w kontraście ujemnym.	Rys. 3.51 i Rys. 3.52
Latarnie rozmieszczone są dwustronnie, naprzemianlegle po obu stronach ulicy	Przejście dla pieszych poza skrzyżowaniem	System stosuje się na ulicach jedno i dwukierunkowych od dwóch do czterech pasów ruchu. Nierównomierne oświetlenie tarczy przejścia dla pieszych. System nie zapewnia właściwego oświetlenia sylwetki pieszego, na całej długości przejścia, strefy oczekiwania i strefy dojścia. Oświetlenie pieszego i tarczy przejścia uzależnione jest od odległości usytuowania latarní od osi przejścia. Lepsza równomierność oświetlenia jezdni i przejścia niż w przypadku latarní umieszczonych jednostronnie. Sylwetka pieszego widoczna w kontraście ujemnym.	Rys. 3.53 i Rys. 3.54
Latarnie rozmieszczone są w pasie dzielącym jezdnie	Przejście dla pieszych poza skrzyżowaniem	System stosuje się na drogach dwujezdniowych od dwóch do czterech pasów ruchu w jednym kierunku. Dwa rzędy latarní umieszczanych przy lewej krawędzi każdej z jezdni nie zapewniają prawidłowego oświetlenia chodników. Występuje nierównomierne oświetlenie tarczy przejścia dla pieszych. Natężenie światła jest większe na części przejścia dla pieszych przechodzącego przez lewy pas ruchu. System nie zapewnia właściwego oświetlenia sylwetki pieszego, strefy oczekiwania po zewnętrznej stronie jezdni i strefy dojścia do przejścia dla pieszych. Oświetlenie pieszego i tarczy przejścia uzależnione jest od odległości latarní od osi przejścia. Jakość oświetlenia przejścia uzależniona jest od odległości latarní od osi przejścia. Nierównomierne oświetlenie przejścia, sylwetki pieszego i obszaru oczekiwania Na lewym pasie ruchu sylwetka pieszego widoczna jest w kontraście ujemnym.	Rys. 3.55 i Rys. 3.56
Dwie oprawy oświetleniowe na wspólnym	Przejście dla pieszych poza skrzyżowaniem	System stosuje się na ulicach od jednego do trzech pasów ruchu.	Rys. 3.57 i Rys. 3.58

Sposób rozmieszczenia latarni	Lokalizacja przejścia dla pieszych	Główne cechy systemu	Nr fotografii
wysięgniku typu V usytuowane w otoczeniu przejścia po jednej stronie ulicy		Dedykowana latarnia z wysięgnikiem w kształcie litery V i dwoma oprawami oświetlającymi obszar przejścia dla pieszych. Dobre oświetlenie przejść dla pieszych i stref oczekiwania. Dobra widoczność sylwetki pieszego. Obszar przejścia dla pieszych został wyróżniony wyższym poziomem natężenia oświetlenia i białą barwą światła. Sylwetka pieszego dla jednego kierunku może być widoczna w wysokim kontraście dodatnim, a dla drugiego w wysokim kontraście ujemnym.	
Latarnie rozmieszczone na skrzyżowaniu skanalizowanym – oświetlenie masztowe	Przejście dla pieszych przy skrzyżowaniu	System stosuje się na rozległych skrzyżowaniach skanalizowanych. Stosuje się kilka opraw oświetleniowych (4-10 szt.) umieszczonych na wysokich masztach o wysokości, zazwyczaj od 16,0 m do 25, 0 m. System pozwala oświetlić duże przestrzenie zarówno tarczy skrzyżowania jak i przejścia dla pieszych oraz duże strefy (chodniki) dojścia do przejścia dla pieszych i chodniki w otoczeniu skrzyżowania – w całym obszarze pieszy jest widoczny dla kierującego w kontraście ujemnym.	Rys. 3.59 i Rys. 3.60
Latarnie rozmieszczone są w pasie dzielącym jezdnie W pasie dzielącym podwójny „V”	Przejście dla pieszych przy skrzyżowaniu	System stosuje się na drogach dwujezdniowych od dwóch do czterech pasów ruchu w jednym kierunku. Latarnie rozmieszczone są w osi pasa dzielącego. Zastosowano wysięgnik czteroramienny i cztery oprawy na jednej konstrukcji wsporczej. Natężenie oświetlenia jest większe na części przejścia dla pieszych przechodzącego przez lewy pas ruchu. System nie zapewnia właściwego oświetlenia sylwetki pieszego, strefy oczekiwania i strefy dojścia w całym przekroju jezdni. Jakość oświetlenia przejścia uzależniona jest od odległości latarni od osi przejścia. Występuje wysoka nierównomierność oświetlenia przejścia, sylwetki pieszego i obszaru oczekiwania Sylwetka pieszego widoczna w kontraście ujemnym.	Rys. 3.61 i Rys. 3.62
Latarnie rozmieszczone na skrzyżowaniu z ruchem okrężnym – oświetlenie masztowe Przejście dla pieszych przy skrzyżowaniu z ruchem okrężnym	Przejście dla pieszych na skrzyżowaniu z ruchem okrężnym	System stosuje się na rozległych, wielopasowych skrzyżowaniach z ruchem okrężnym i placach. Często stosuje się kilka opraw (4-10 szt.) umieszczonych na wysokich masztach, zazwyczaj o wysokości, od 16,0 m do 25, 0 m. Oświetlenie przejść dla pieszych i stref oczekiwania oraz widoczność sylwetki pieszego uzależniona od odległości masztu od osi przejścia dla pieszych. System pozwala oświetlić duże przestrzenie zarówno tarczy skrzyżowania jak i przejścia dla pieszych oraz duże strefy dojścia do przejścia dla pieszych i chodniki w otoczeniu skrzyżowania – w całym obszarze pieszy jest widoczny dla kierującego w kontraście ujemnym.	Rys. 3.63 Rys. 3.64 i Rys. 3.65

Sposób rozmieszczenia latarní	Lokalizacja przejścia dla pieszych	Główne cechy systemu	Nr fotografii
OBSZAR NIEZABUDOWANY			
Latarnie rozmieszczone na skrzyżowaniu z ruchem okrężnym – oświetlenie zlokalizowane poza wyspą	Przejście dla pieszych przy skrzyżowaniu z ruchem okrężnym	<p>System stosuje się na skrzyżowaniach z ruchem okrężnym i placach.</p> <p>Słupy oświetleniowe z pojedynczymi lub wieloma oprawami rozmieszczonymi w na obwodni skrzyżowania, przy prawej krawędzi jezdni.</p> <p>Natężenie światła jest większe na części przejścia dla pieszych przechodzącego przez prawy pas ruchu.</p> <p>System nie zapewnia właściwego oświetlenia sylwetki pieszego, strefy oczekiwania i strefy dojścia.</p> <p>Zazwyczaj występuje równomierność oświetlenia przejścia, sylwetki pieszego i obszaru oczekiwania</p> <p>Sylwetka pieszego widoczna w kontraście ujemnym.</p>	Rys. 3.66 Rys. 3.67 i Rys. 3.68
Bez oświetlenia drogowego Autonomiczny (solarny) system oświetlenia	Przejście dla pieszych poza skrzyżowaniem	<p>System stosuje się przy przejściach dla pieszych w obszarach niezabudowanych i zabudowanych przy braku możliwości zasilania go z innego źródła zasilania.</p> <p>Niezależne zasilanie z baterii akumulatorów doładowywanych z ogniw fotowoltaicznych.</p> <p>Zazwyczaj stosuje się dwie oprawy po przeciwnych stronach jezdni.</p> <p>Istnieje możliwość zastosowania znaku D-6 z pulsatorami.</p> <p>System jest wrażliwy na spadki energii zgromadzonej w akumulatorach, co nie gwarantuje zapewnienia wymaganych warunków oświetlenia przez cały okres od zmierzchu do świtu.</p> <p>Rozwiązanie nie gwarantuje zachowania poziomu natężenia oświetlenia w długich okresach braku nasłonecznienia niezbędnych do naładowania baterii z paneli fotowoltaicznych.</p> <p>Występuje konieczność przeprowadzania okresowej kontroli stanu akumulatorów i ich cyklicznej wymiany.</p> <p>System nie zapewnia odpowiedniego oświetlenia w strefach przejściowych.</p> <p>Dobre oświetlenie sylwetki pieszego, przejścia i strefy oczekiwania.</p> <p>Sylwetka pieszego widoczna w kontraście dodatnim.</p>	Rys. 3.69 i Rys. 3.70
Bez oświetlenia drogowego Autonomiczny (np. solarny) system oświetlenia	Przejście dla pieszych przy skrzyżowaniu	<p>System stosuje się przy przejścia dla pieszych w obszarach niezabudowanych i zabudowanych przy braku możliwości zasilania go z innego źródła zasilania.</p> <p>Niezależne zasilanie z baterii akumulatorów doładowywanych z ogniw fotowoltaicznych.</p> <p>Zazwyczaj stosuje się dwie oprawy po przeciwnych stronach jezdni.</p> <p>Istnieje możliwość zastosowania znaku D-6 z pulsatorami.</p> <p>System jest wrażliwy na spadki energii zgromadzonej w akumulatorach co nie gwarantuje zapewnienia wymaganych warunków oświetlenia przez cały okres od zmierzchu do świtu.</p> <p>System jest czuły na spadki energii zgromadzonej w akumulatorach co nie gwarantuje zapewnienia</p>	Rys. 3.71

Sposób rozmieszczenia latarni	Lokalizacja przejścia dla pieszych	Główne cechy systemu	Nr fotografii
		wymaganych warunków oświetlenia przez cały okres od zmierzchu do świtu. Rozwiązanie nie gwarantuje zachowania poziomu natężenia oświetlenia w długich okresach braku nasłonecznienia niezbędnych do naładowania baterii z paneli fotowoltaicznych. Występuje konieczność przeprowadzania okresowej kontroli stanu akumulatorów i ich cyklicznej wymiany. System nie zapewnia odpowiedniego oświetlenia w strefach przejściowych. Dobre oświetlenie sylwetki pieszego, przejścia i strefy oczekiwania. Sylwetka pieszego widoczna w kontraście dodatnim.	
Latarnie rozmieszczone są w pasie dzielącym jezdnie	Przejście dla pieszych na skrzyżowaniu	System stosuje się na drogach dwujezdniowych od dwóch do trzech pasów ruchu w jednym kierunku. Latarnie rozmieszczone są w osi pasa dzielącego. Zastosowano dwie oprawy na jednej konstrukcji wsporczej. Jeden rząd latarni umieszczanych w osi pasa dzielącego zapewniają dobre oświetlenie tego pasa i centralne części obu jezdni. Natężenie światła jest większe na części przejścia dla pieszych przechodzącego przez lewy pas ruchu. Występuje nierównomierność oświetlenia przejścia, sylwetki pieszego i obszaru oczekiwania System nie zapewnia właściwego oświetlenia sylwetki pieszego, strefy oczekiwania i strefy dojścia zlokalizowanych przy prawych pasach ruchu. Jakość oświetlenia przejścia uzależniona jest od odległości latarni od osi przejścia. Sylwetka pieszego widoczna w kontraście ujemnym.	Rys. 3.72 i Rys. 3.73

Z powyższych tabel wynika, że najlepsze efekty w zakresie widoczności pieszego, tarczy przejścia dla pieszych oraz strefy oczekiwania przynoszą oświetlenia dedykowane, ze stałym lub autonomicznym zasilaniem. W większości przypadków, w obszarze skrzyżowań, (w szczególności rozległych) stosowane jest jednak rozwiązanie masztowe. W pierwszym przypadku pieszy widziany jest w kontraście dodatnim, a w przypadku oświetlenia masztowego – w kontraście ujemnym. W przypadku oświetlenia ulicznego liniowego, mogą wystąpić różne, losowe parametry oświetlenia.

Na podstawie przedstawionych przykładów stosowanych typowych systemów oświetlenia można wysnuć następujące wnioski:

- w przypadku oświetlenia ulicy oświetleniem „standardowym” ulicznym przejście dla pieszych nie jest w tych rozwiązaniach poddane szczególnej uwadze; wiele zależy od

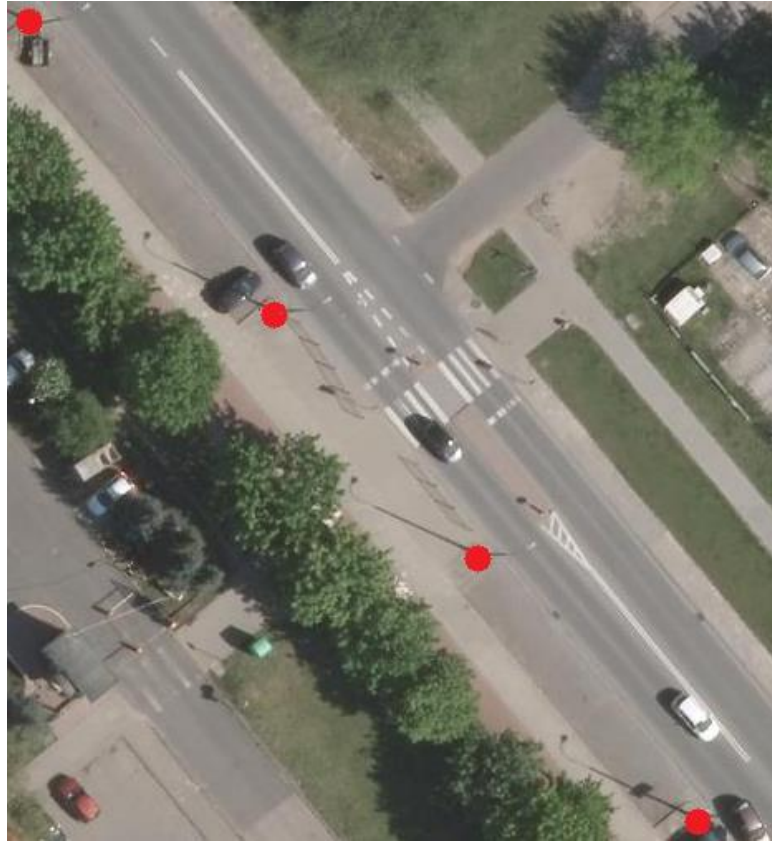
odległości i wysokości usytuowania oprawy względem przejścia dla pieszych; jedną z największych wad tego rozwiązania jest duża nierównomierność oświetlenia przejścia dla pieszych oraz brak oświetlenia stref oczekiwania,

- w przypadku oświetlenia w obszarach skrzyżowań, przy zastosowaniu rozwiązań masztowych, przejścia dla pieszych nie są traktowane jako miejsca szczególne, jednak oświetlenie całej powierzchni skrzyżowania zapewnia także oświetlenie ciągów pieszych oraz stref oczekiwania w kontraście ujemnym,
- w przypadku rozwiązań dedykowanych (oddzielna oprawa dedykowana o specjalnych cechach oświetleniowych, umieszczona dla każdego kierunku ruchu pojazdów przed przejściem), przejścia dla pieszych traktowane są w sposób szczególny; system ten ma za główny cel oświetlić pieszego w przestrzeni przejścia dla pieszych i strefach oczekiwania w kontraście dodatnim (rozwiązanie zalecane); dobrze zrealizowane rozwiązanie powinno zapewnić najlepsze warunki oświetleniowe ze wszystkich porównywanych systemów,
- w przypadku rozwiązań autonomicznych, tak jak w przypadku systemów dedykowanych, przejścia dla pieszych traktowane są w sposób szczególny; głównym celem systemu jest oświetlenie pieszego w przestrzeni przejścia i strefy oczekiwania w kontraście dodatnim (zalecany i rekomendowany do stosowania); system zapewnia dobre warunki oświetleniowe.



Rys. 3.51 Jednostronny system umieszczenia latarni

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



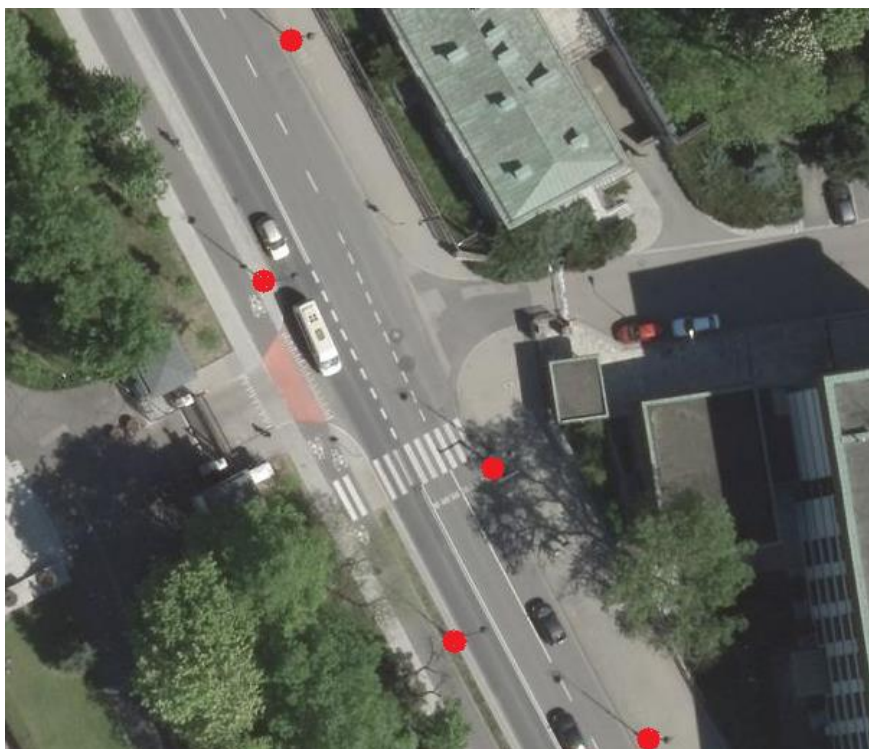
Rys. 3.52 Jednostronny system umieszczenia latarni – zdjęcie lotnicze z zaznaczonymi słupami

Źródło: <http://www.mapa.um.warszawa.pl>



Rys. 3.53 Latarnie umieszczone obustronnie, naprzemiennie. Przejście dla pieszych poza skrzyżowaniem

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



Rys. 3.54 Latarnie umieszczone obustronnie, naprzemiennie – zdjęcie lotnicze z zamieszczonymi słupami

Źródło: <http://www.mapa.um.warszawa.pl>



Rys. 3.55 System dwurzędowych latarni umieszczonych w pasie dzielącym przy lewych krawężniach jezdni. Przejście dla pieszych poza skrzyżowaniem

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



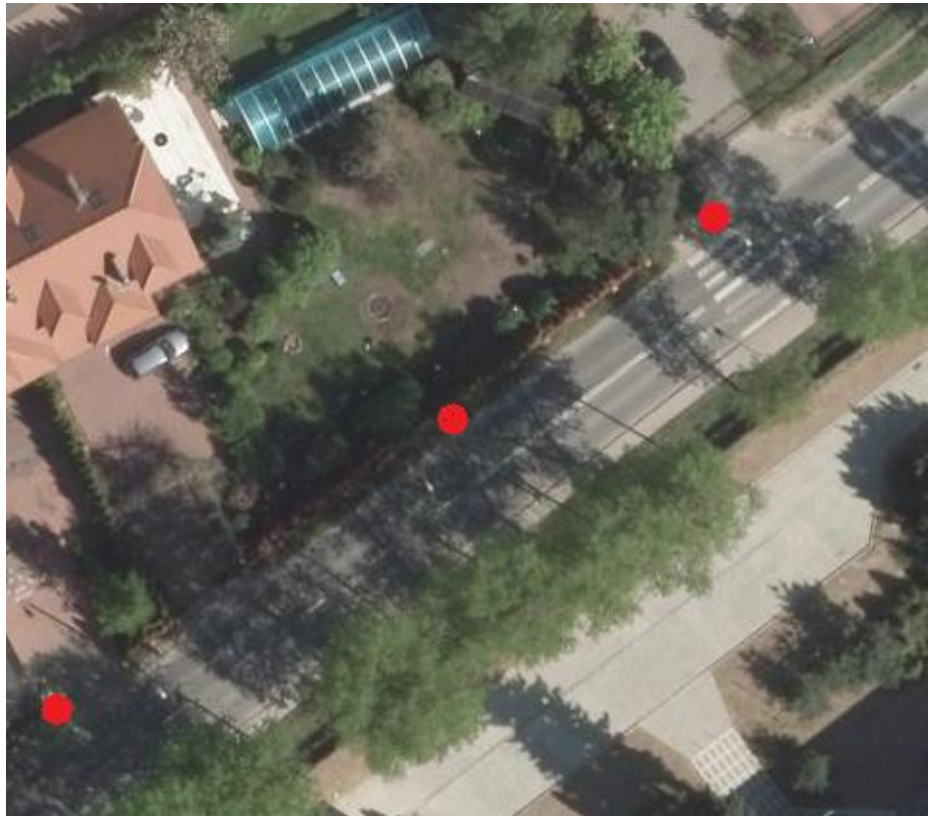
Rys. 3.56 System dwurzędowych latarni umieszczonych w pasie dzielącym przy lewych krawężniach jezdni. Przejście dla pieszych poza skrzyżowaniem

Źródło: <http://www.mapa.um.warszawa.pl>



Rys. 3.57 Jednostronny system latarni. Dedykowane oświetlenie „Y” dla przejścia dla pieszych. Przejście dla pieszych poza skrzyżowaniem

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



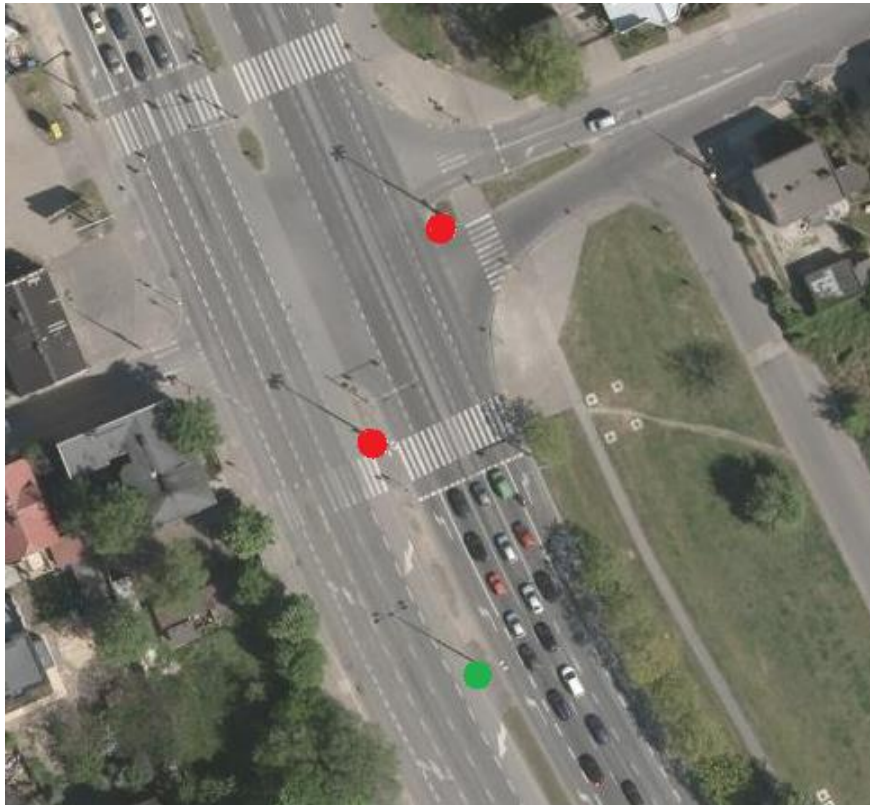
Rys. 3.58 Jednostronny system latarni – zdjęcie lotnicze z oznaczonym słupem

Źródło: <http://www.mapa.um.warszawa.pl>



Rys. 3.59 Oświetlenie masztowe na skrzyżowaniu skanalizowanym. Przejście dla pieszych na skrzyżowaniu

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



Rys. 3.60 Oświetlenie masztowe na skrzyżowaniu skanalizowanym – z oznaczonymi masztami (czerwony marker) oraz słupami z oświetleniem typu podwójny „V” (zielony marker)

Źródło: <http://www.mapa.um.warszawa.pl>



Rys. 3.61 System jednorzędowych latarni w pasie dzielącym. Oprawy tzw. podwójny „V” Przejście dla pieszych na skrzyżowaniu

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



Rys. 3.62 System jednorzędowych latarni w pasie dzielącym – zdjęcie lotnicze z oznaczonymi słupami

Źródło: <http://www.mapa.um.warszawa.pl>



Rys. 3.63 Oświetlenie masztowe na skrzyżowaniu z ruchem okrężnym

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



Rys. 3.64 Oświetlenie masztowe na skrzyżowaniu z ruchem okrężnym. Przejście dla pieszych oświetlone pojedynczą oprawą

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



Rys. 3.65 Oświetlenie masztowe na skrzyżowaniu z ruchem okrężnym – zdjęcie lotnicze z oznaczonymi oświetleniem masztowym

(czerwone markery) oraz słupami w otoczeniu przejść dla pieszych (zielone markery)

Źródło: <http://www.mapa.um.warszawa.pl>



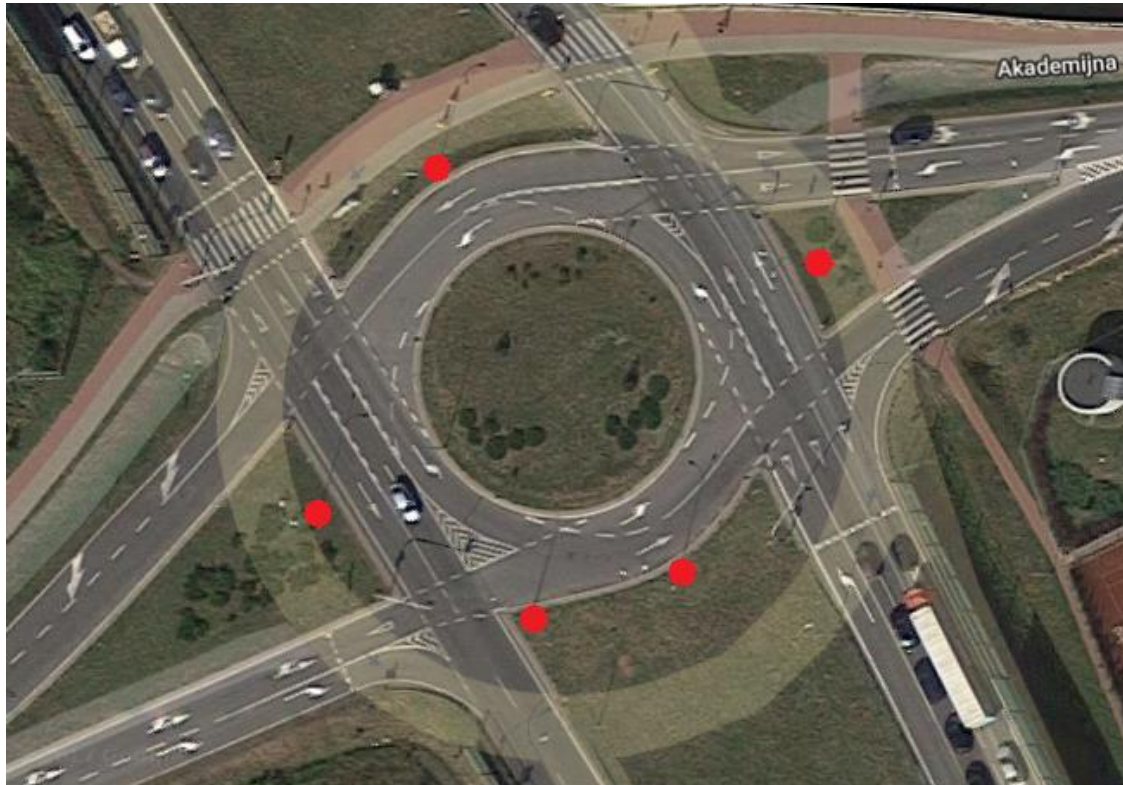
Rys. 3.66 System oświetlenia skrzyżowania z ruchem okrężnym poza obszarem zabudowanym. Latarnie typu pojedynczy „V” zlokalizowane przy prawej krawędzi jezdni

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



Rys. 3.67 System oświetlenia skrzyżowania z ruchem okrężnym po obszarze zabudowanym. Latarnie typu pojedynczy „V”. Przejście dla pieszych oświetlone pojedynczą oprawą

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



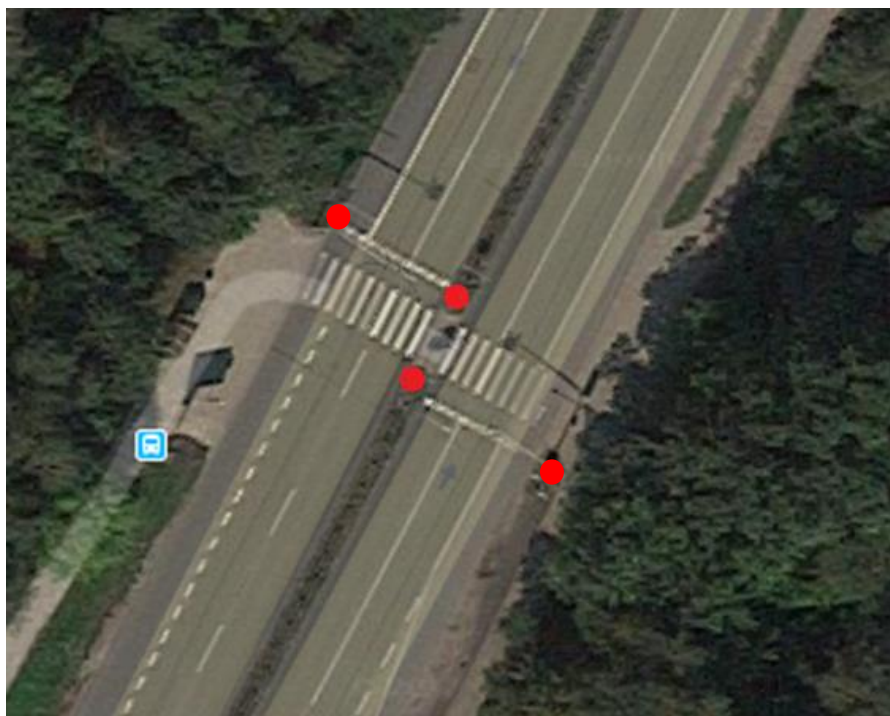
Rys. 3.68 System oświetlenia skrzyżowania z ruchem okrężnym poza obszarem zabudowanym. Zdjęcie lotnicze z oznaczonymi słupami

Źródło: Google Maps



Rys. 3.69 Autonomiczny system oświetlenia przejścia dla pieszych z zastosowaniem dodatkowego znaku D-6 z pulsatorami

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



Rys. 3.70 Autonomiczny system oświetlenia przejścia dla pieszych – zdjęcie lotnicze z oznaczonymi słupami

Źródło: Google Maps



Rys. 3.71 Autonomiczny solarny system oświetlenia przejścia dla pieszych zlokalizowanych na skrzyżowaniu.

Źródło: L. Kornalewski, J. Malasek



Rys. 3.72 Latarnie umieszczone w pasie dzielącym o szerokości mniejszej niż 6,0 m. Przejście dla pieszych na skrzyżowaniu

Źródło: L. Kornalewski, J. Zawieska



Rys. 3.73 Latarnie umieszczone w pasie dzielącym o szerokości mniejszej niż 6,0 m. Zdjęcie lotnicze z oznaczonymi słupami

Źródło: Google Maps

4. WYMAGANIA FORMALNE W ZAKRESIE OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH

W poniższym rozdziale przedstawiono przegląd formalnych wymagań w zakresie oświetlenia przejść dla pieszych. Wykonana analiza została podzielona na dwie podstawowe kategorie – wymagania zagraniczne, przedstawione w pierwszej części rozdziału oraz wymagania obowiązujące w Polsce, przedstawione w drugiej części rozdziału.

4.1 Wymagania zagraniczne

4.1.1 Wytyczne Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej (CIE)

Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa CIE jest pozarządową, samofinansującą się organizacją międzynarodowej współpracy i wymiany informacji we wszystkich sprawach związanych ze światłem i oświetleniem. W swoich publikacjach (ang. *technical reports*) prezentuje zalecenia i wytyczne dotyczące zasad i poziomów oświetlenia, oraz procedur obliczeniowych i sposobów przeprowadzenia pomiarów.

Na podstawie wytycznych CIE opracowywane są przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN) raporty, dotyczące między innymi oświetlenia dróg (np. CEN/TR 13201-1). Członkami CEN są krajowe jednostki normalizacyjne następujących państw: Austria, Belgia, Cypr, Dania, Estonia, Finlandia, Francja, Grecja, Hiszpania, Holandia, Irlandia, Islandia, Litwa, Luksemburg, Łotwa, Malta, Niemcy, Norwegia, Polska, Portugalia, Republika Czeska, Słowacja, Słowenia, Szwajcaria, Szwecja, Węgry, Włochy i Zjednoczone Królestwo. W następstwie procesu normalizacji w krajach tych stosowane są jednolite zapisy nomy dotyczące oświetlenia dróg.

Także w Polsce, na podstawie przedstawionych w raporcie analiz opracowano wymagania formalne zawarte w normie oświetlenia drogowego [58], która została szczegółowo opisana w rozdziale 4.2.2.

Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa CIE w roku 1995 [11] opublikowała raport, w którym wskazała minimalne wartości poziomego natężenia oświetlenia dla stref konfliktowych, w których występuje udział ruch pieszego, w zależności od kategorii drogi (tab. 4.1). Zakres wartości w odniesieniu do poszczególnych klas został uszczegółowiony w normie [58].

Tab. 4.1

Wytyczne oświetlenia stref konfliktowych wg normy CIE 115:1995 [11]

Opis sytuacji drogowej	Poziome natężenie oświetlenia E_h (lx)	
	$E_{h\text{sr}}$ (lx)	$E_{h\text{min}}$ (lx)
Droga o szczególnym znaczeniu	20	7,5
Droga o dużym natężeniu ruchu pieszych lub rowerzystów	10	3
Droga o umiarkowanym natężeniu ruchu rowerzystów	7,5	1,5
Droga o niskim natężeniu ruchu rowerowego i pieszego	5	1
Droga o niskim natężeniu ruchu rowerowego i pieszego w obszarze, gdzie ważne jest zachowanie funkcji architektonicznej lub obszar ten jest objęty ochroną środowiska	3	0,6
Droga o bardzo niskim natężeniu ruchu rowerowego i pieszego w obszarze, gdzie ważne jest zachowanie funkcji architektonicznej lub obszar ten jest objęty ochroną środowiska	1,5	0,2

Źródło: CIE 115:1995 [11]

Do roku 2017 Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa CIE nie przedstawiła wprost zdefiniowanych zaleceń ilościowych odnoszących się do poziomu oświetlenia dla obszaru przejść dla pieszych. Istniejące zapisy jakościowe pośrednio omawiane są w publikacjach dotyczących oświetlenia drogowego [13] [11]. W wytycznych zawartych w publikacji CIE 115 z roku 2010 roku [13], stanowiące aktualizację raportu z 1995 roku [11] określono najważniejsze zagadnienia dotyczące oświetlenia dróg. Powyższa publikacja [13] wyróżnia trzy podstawowe kategorie oświetleniowe, wpływające na dobór stosowanego oświetlenia dla obszarów, na których może wystąpić ruch pieszych. Zapisy te znajdują odzwierciedlenie w aktualnej Polskiej Normie [58]:

Kategoria M (ang. Motorised traffic)

Drogi do ruchu pojazdów silnikowych z wyłączeniem pojazdów poruszających się z małymi prędkościami. Kategoria opisana jest parametrami luminancji i jest istotna z punktu widzenia pieszych w ruchu drogowym. Szczegółowo została opisana w rozdziale 4.2.2 w kontekście wymagań normy [58].

Kategoria C (Conflict areas)

Ta kategoria obejmuje obszary z występującym „konfliktem” pomiędzy poszczególnymi uczestnikami ruchu. Są to m.in. miejsca, gdzie występuje ruch samochodowy i przecina się z ruchem pieszym, rowerowym, gdzie występuje zmiana geometrii drogi lub obszary do parkowania. W zależności od charakterystyki takiego obszaru, wytyczna CIE rekomenduje poziomy natężenia oświetlenia opisane klasami C, które zostały szczegółowo przedstawione w dalszej części opracowania, w rozdziale 4.2.2.

Kategoria P – (ang.) pedestrian and low speed areas)

Ostatnią kategorią dróg wyróżnianą przez wytyczne CIE są obszary ruchu pieszego oraz przemieszczania się pojazdów z niską prędkością. Podobnie jak w przypadku kategorii dróg C, dla dróg z grupy P, rekomendowany poziom natężenia oświetlenia zależy od czynników zewnętrznych i charakterystyki obszaru, obejmujących parametry przedstawione szczegółowo w dalszej części opracowania w rozdziale 4.2.2.

W związku z brakiem dodatkowych zaleceń raportu CIE [13] dotyczących oświetlenia przejść dla pieszych podtrzymano główne zapisy z poprzedniego opracowania [11], które mówią że:

- gdy poziom luminancji jezdni jest dostatecznie wysoki, to przy odpowiednim rozmieszczeniu opraw stacjonarnego oświetlenia drogowego, możliwe jest uzyskanie obrazu ciemnej sylwetki pieszego na jasnym tle jezdni (kontrast ujemny),
- jeżeli przewidziane jest zastosowanie dodatkowych opraw oświetlających przejście dla pieszych, to intencją powinno być bezpośrednio oświetlenie pieszych na przejściu i przy przejściu (kontrast dodatni) oraz zwrócenie uwagi kierowców pojazdów zmechanizowanych na istnienie przejścia.

Także w Polsce, na podstawie przedstawionych w raporcie analiz opracowano wymagania formalne zawarte w normie oświetlenia drogowego [58], która została szczegółowo opisana w rozdziale 4.2.2.

Należy podkreślić, że wymagania CIE dotyczące oświetlenia drogowego, w odniesieniu do wyboru klas oświetlenia są Raportem Technicznym [13], który stanowi uzupełnienie normy [58]. Umożliwia to ratyfikującym je krajom ustalenie i stosowanie dodatkowych regulacji dotyczących oświetlenia dróg, w tym także przejść dla pieszych. W ramach poniższego opracowania dokonano przeglądu literatury oraz kwerendy wśród członków The Forum of European Road Safety Research Institutes (FERSI), organizacji skupiającej 19 wiodących europejskich instytutów badawczych z zakresu bezpieczeństwa ruchu drogowego. W ich wyniku uzyskano informacje na temat dodatkowych przepisów w stosunku do normy EN 13201, w następujących krajach w Europie: Belgii, Czechach, Francji, Norwegii, Republice Federalnej Niemiec, Włoch, Szwajcarii i Szwecji.

4.1.2 Belgia

W Belgii zagadnienie oświetlenia dróg dodatkowo regulują następujące, lokalne dokumenty:

- norma NBN L 18-002 „Recommendations for special cases of public lighting (1988) [90],
- ministerialne rozporządzenie “Ontwerprichtlijnen voor voetgangersvoorzieningen”, obowiązujące we Flandrii [84].

Drugi z dokumentów przedstawia dodatkowe wymagania dotyczące oświetlania przejść dla pieszych, obejmujące następujące parametry:

- minimalne poziome natężenie oświetlenia: $E = 80 \text{ lx}$,
- współczynnik równomierności poziomej [min/max]: 5 %,
- minimalne półcylicylniczne natężenie oświetlenia $E = 40 \text{ lx}$ mierzone na wysokości 0,5 i 1,6 m powyżej poziomu nawierzchni jezdni,
- poziome natężenie oświetlenia na przejściu musi być, co najmniej trzykrotnie wyższe od natężenia oświetlenia na jezdni poza obszarem przejścia dla pieszych.

4.1.3 Czechy

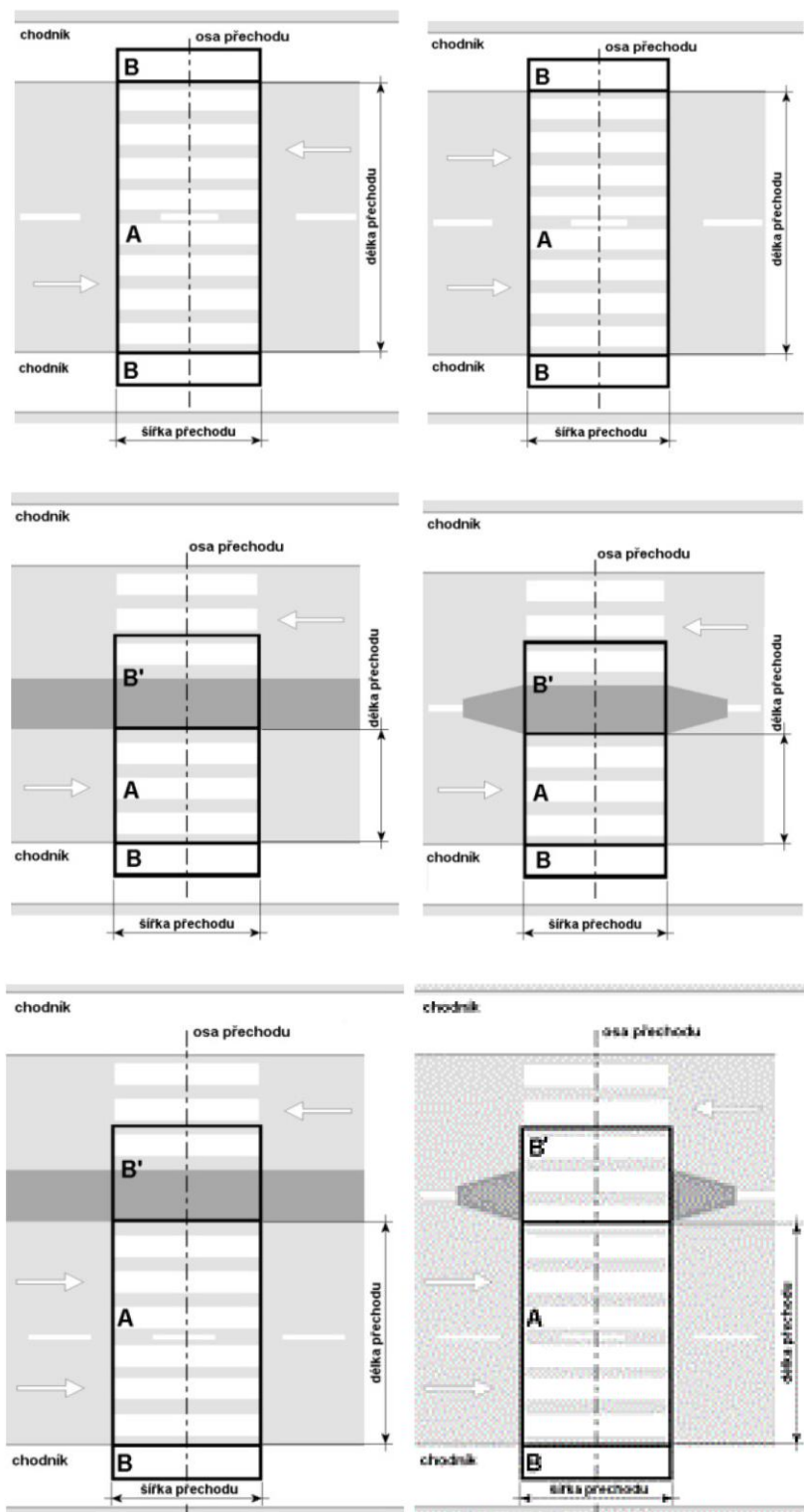
Podobnie jak u większości członków UE, standardy oświetleniowe przejść dla pieszych w Czechach, odwołują się do zapisów zawartych w europejskiej normie EN 13201. Dodatkowo, Czeskie Ministerstwo Transportu wprowadziło szczegółowe zalecenia [102] dotyczące oświetlania przejść dla pieszych. Według wytycznych oświetlenie musi zapewnić dobrą widoczność pieszego przede wszystkim od strony nadjeżdżających pojazdów. Zatem sugeruje się zastosowanie opraw dedykowanego.

Oświetlenia dedykowanego można nie stosować, gdy:

1. Przejście dla pieszych jest wyposażone w sygnalizację świetlną lub gdy przejście znajduje się w obrębie skrzyżowania wyposażonego w sygnalizację świetlną i jest oświetlone.
2. Droga przed i za przejściem dla pieszych powinna być doświetlona na odcinku zależnym od dozwolonej prędkości jazdy [29] zgodnie z normą EN 13201-2:
 - na odcinku 50 m przy dozwolonej prędkości 30 km/h,
 - na odcinku 100 m przy dozwolonej prędkości pomiędzy 30 km/h i 50 km/h,
 - na odcinku 150 m przy dozwolonej prędkości większej niż 50 km/h.

W przypadku stosowania oświetlenia dedykowanego poza powierzchnią jezdni należy oświetlić (A) także miejsca oczekiwania pieszych (B - na chodniku i B' – na azylu dla pieszych lub pasie rozdzielającym kierunki ruchu) na możliwość przejścia na drugą stronę drogi.

Przedstawiono różne konfiguracje obszarów, które należy uwzględnić w procesie projektowania (rys. 4.1.)



Rys. 4.1 Zalecenia dotyczące obszarów jezdni i stref oczekiwania w Czechach w zależności od konfiguracji jezdni

Źródło: Technické Kvalitativní podmínky stavby pozemních komunikací, Kapitola 15: Osvětlení pozemních komunikací [102]

Głównymi przyjętymi kryteriami wyboru poziomu natężenia oświetlenia w strefie przejścia (jezdni) i strefie oczekiwania (chodnika) są wartości średniej luminancji lub średniego natężenia oświetlenia określone w przedziałach dla jezdni, na której znajduje się przejście dla pieszych (tab. 4.2).

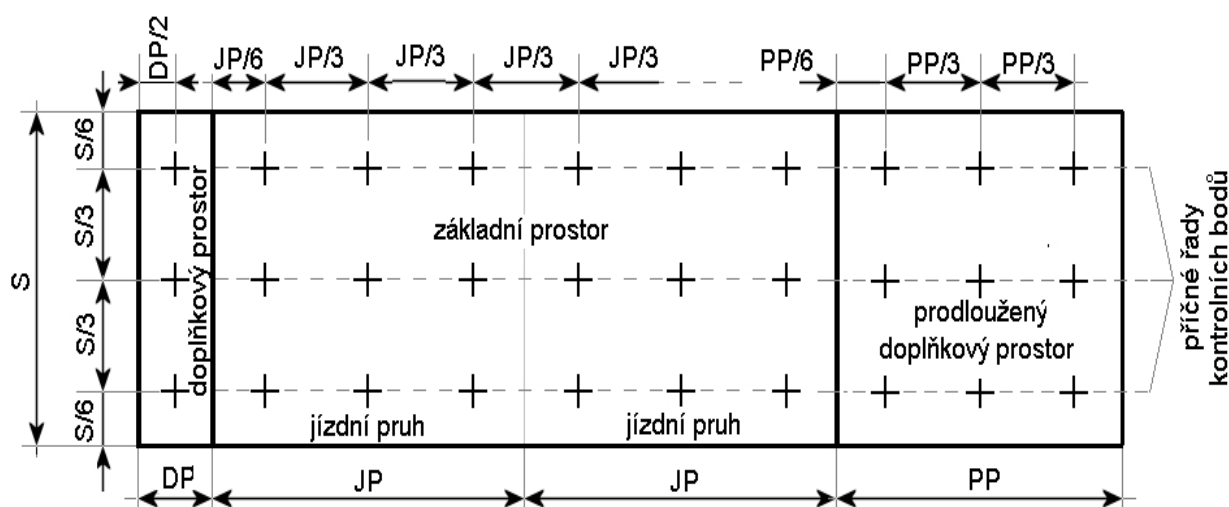
Tab. 4.2

Wybór parametrów oświetlenia na przejściu dla pieszych [102]

Poziom oświetlenia drogi		Średnie pionowe natężenie oświetlenia (lx)		
		najniższe		najwyższe
Luminancja L [cd/m ²]	Natężenia oświetlenia E[lx]	strefa		strefa
		przejścia	oczekiwania	każda
$1,5 \leq L$	$50 \leq E$	Oświetlenie nie jest wymagane		
$1 \leq L \leq 1,5$	$30 \leq E < 50$	75	50	200
$0,75 \leq L \leq 1,0$	$20 \leq E < 30$	50	30	150
$0,5 \leq L \leq 0,75$	$10 \leq E < 20$	30	20	100
$L < 0,5$	$E < 10$	15	10	50

Źródło: Technické Kvalitativní podmínky stavieb pozamných komunikací, Kapitola 15: Osvetlení pozemních komunikací

Zrealizowanie wymagań oświetleniowych potwierdza się za pomocą pomiarów wartości pionowego natężenia (tab. 4.2) mierzonego w punktach siatki pomiarowej (rys. 4.2) na wysokości 1 m nad przejściem dla pieszych z każdego kierunku ruchu pojazdów.



Rys. 4.2 Siatka do pomiaru pionowego natężenia oświetlenia stosowana w Czechach

Źródło: Technické Kvalitativní podmínky stavieb pozamných komunikací, Kapitola 15: Osvetlení pozemních komunikací

Dodatkowo:

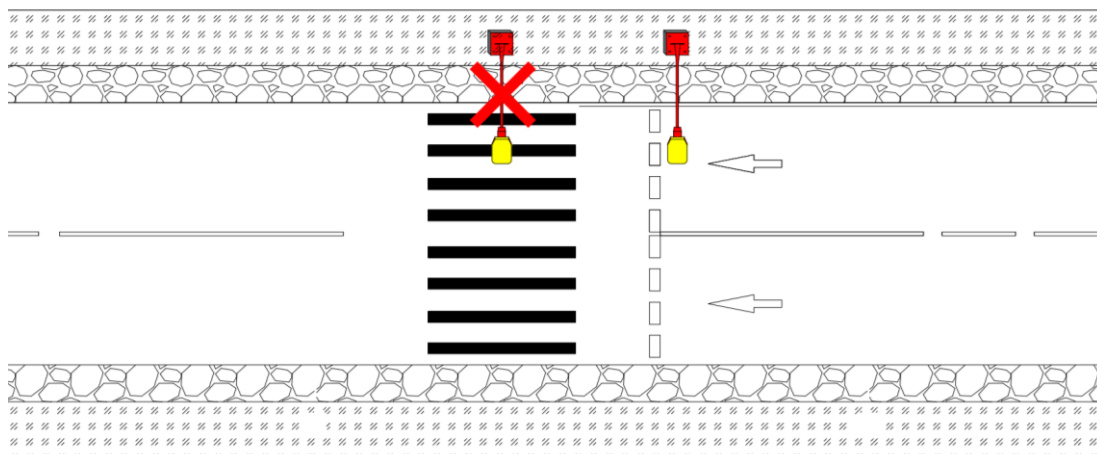
- zaleca się, aby średnie pionowe natężenie oświetlenia przestrzeni uzupełniających (B i B') miało te same wartości, co powierzchnia bazowa (A). Dopuszczalny stosunek utrzymanego średniego pionowego natężenia oświetlenia w przestrzeni bazowej (A)

do jakiegokolwiek innej dodatkowej przestrzeni musi mieścić się w przedziale $0,5 \div 2,0$,

- wskazano na potrzebę wyróżnienia przejścia dla pieszych odmienną barwą światła, podając stosunek temperatur barwowych 1:1,5,
- dopuszcza się regulację mocy opraw, ale tylko w zakresie ustalonym wymaganiami zawartymi w tab. 4.2,
- zaleca się oświetlanie wszystkich przejść na danej ulicy,
- wskazuje się na potrzebę jednoczesnego uruchamiania instalacji oświetleniowej na przejściu dla pieszych łącznie z instalacją uliczną.

4.1.4 Francja

We Francji zagadnienie oświetlenia przejść dla pieszych reguluje norma europejska, jednakże szczególnie nacisk kładzie się na wypełnianie założeń załącznika B [85]. Rekomenduje się montaż oświetlenia tuż przed przejściem od strony nadjeżdżających pojazdów, co zwiększa kontrast, natomiast przestrzega przed montażem latarni w osi przejścia, ponieważ obniża to jej efektywność (rys. 4.3).



Rys. 4.3 Rekomendowany montaż oświetlenia w otoczeniu przejścia

Źródło: M. Chrzanowicz

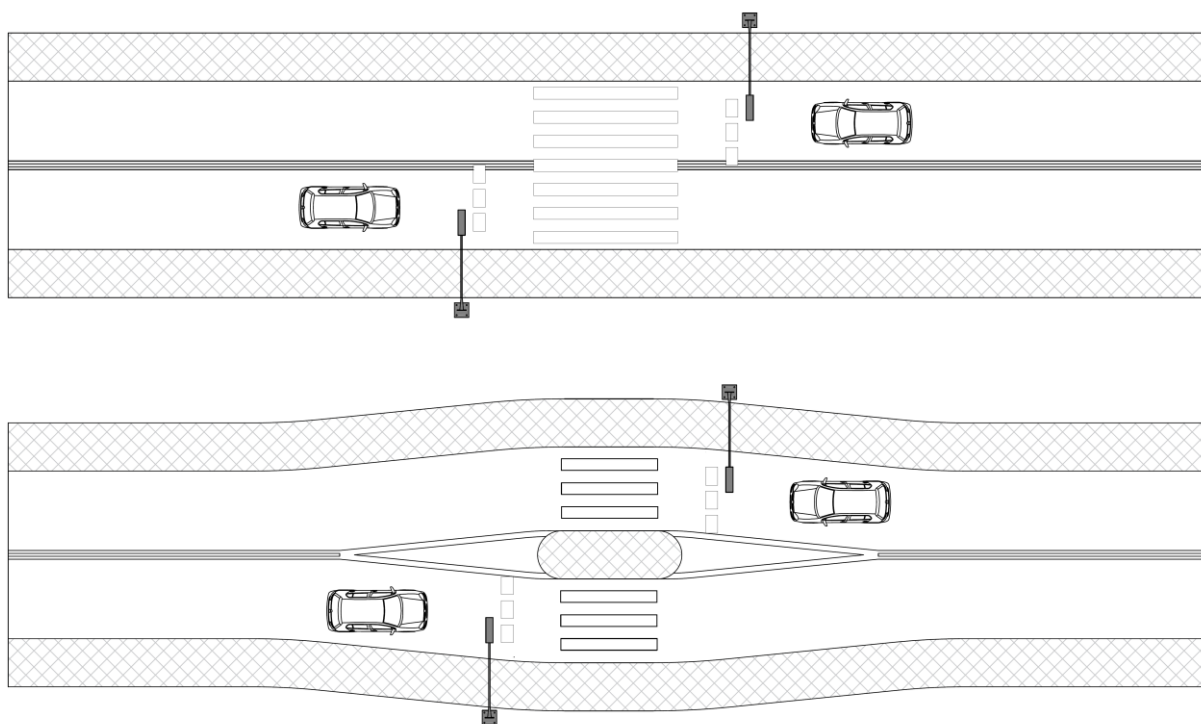
4.1.5 Norwegia

W Norwegii zagadnienie oświetlenia dróg reguluje dokument N100 „Veg-og gateutforming (2014)” [99]. Powyższe opracowanie w bardzo ograniczonym stopniu opisuje wymagania dotyczące przejść dla pieszych. Według zawartych wytycznych, oświetlenia powinny być oświetlone w sposób „intensywny” lub „wzmocniony”, przy czym oświetlenie intensywne stosuje się w przypadku mniejszego ruchu, podczas gdy oświetlenie wzmocnione jest traktowane, jako rodzaj oświetlenia dodatkowego, na bardziej wymagających przejściach dla

pieszych. Dodatkowym, istotnym zastrzeżeniem jest całkowity zakaz wyłączania systemów oświetlenia stref pieszych (ang. *walking areas*) w trakcie nocy.

4.1.6 Republika Federalna Niemiec

Wymagania dotyczące oświetlenia przejść dla pieszych w Republice Federalnej Niemiec opisano w tzw. normie DIN 67523. Norma dotyczy oświetlenia przejścia dla pieszych za pomocą źródła światła zabudowanego pod aktywnym znakiem informacyjnym D6 „Przejście dla pieszych”. Pierwsze dokumenty regulujące wymagania dotyczące oświetlenia przejść dla pieszych w Niemczech przyjęto w 1988 roku [86]. W 2010 roku te regulacje zostały zaktualizowane [87], wprowadzono zmiany do wymagań oświetleniowych, jednocześnie uwzględniając wymagania zawarte w normie „DIN EN 13201-2:2004-04 Oświetlenie dróg” [88]. W normie Oprawy oświetleniowe umieszczone pod znakiem D6 powinny być umieszczone przed przejściem dla pieszych z dwóch kierunków ruchu (rys. 4.4).



Rys. 4.4 Rozmieszczanie opraw oświetleniowych pod kasetonem D6 wg normy DIN [86], [87]

Źródło: P. Tomczuk

Według normy DIN 67523 [87] obszar na odcinku 50 m za i przed przejściem dla pieszych, powinien być oświetlony według klasy ME2 (tab. 4.3).

Tab. 4.3

Wymagania dotyczące odcinka jezdni 50 m przez i za przejściem dla pieszych obowiązujące w nowelizacjach normy z lat 1988 i 2010

DIN 67523-1 : 1988-04	
Luminancja drogi (wartość nominalna)	$L = 2 \text{ cd/m}^2$
Równomierność ogólna	$U_0 = 0,4$
Klasa ograniczenia olśnienia (DIN 5044-1 w płaszczyźnie C_{180} $I_{80^\circ} = 30 \text{ cd/klm}$, co najwyżej $I = 1000 \text{ cd}$)	KB=1
DIN 67523-1: 2010	
Luminancja drogi (wartość średnia)	$L \geq 1,5 \text{ cd/m}^2$
Równomierność ogólna	$U_0 \geq 0,4$
Równomierność wzdłużna	$U_l \geq 0,7$
Przyrost wartości progowej kontrastu	$TI \leq 10\%$
Współczynnik otoczenia	$SR \geq 0,5$

Źródło: P. Tomczuk

Ze względu na adaptację wzroku kierowcy do warunków oświetleniowych na odcinku pomiędzy 100 m a 50 m, zarówno przed jak i za przejściem dla pieszych, zalecana jest klasa ME6 (tab. 4.4).

Tab. 4.4

Wymagania dotyczące odcinka jezdni 100 m przez i za przejściem dla pieszych obowiązujące w nowelizacjach normy z lat 1988 i 2010

DIN 67523-1 : 1988-04	
Luminancja drogi (wartość nominalna)	$L = 0,3 \text{ cd/m}^2$
Równomierność ogólna	$U_0 \geq 0,3$
DIN 67523-1: 2010	
Luminancja drogi (wartość średnia) ME6	$L \geq 0,3 \text{ cd/m}^2$
Równomierność ogólna	$U_0 \geq 0,35$
Równomierność wzdłużna	$U_l \geq 0,4$
Przyrost wartości progowej kontrastu	$TI \leq 15\%$

Źródło: P. Tomczuk

Dodatkowo wprowadzono wymagania pomiaru wartości pionowego natężenia oświetlenia na wysokości 1 m, mierzonego z kierunku ruchu zbliżających się pojazdów. Pomiary na przejściu dla pieszych powinny być wykonane oddzielnie dla każdego kierunku ruchu pojazdów samochodowych. W przypadku, gdy występuje rozdzielanie jezdni bądź wysepka rozdzielająca na przejściu dla pieszych (wyspa azylu), pole pomiarowe przyjmuje się dla każdego kierunku ruchu osobno. Przytoczone wytyczne wprowadzają także siatkę punktów pomiarowych, w których wartość pionowego natężenia oświetlenia nie może być mniejsza od 4lx. Dodatkowo niemiecka norma wymaga [87], aby w osi poprzecznej przejścia dla pieszych średnie natężenie oświetlenia wynosiło 30 luksów. Wymagane wartości pionowego natężenia oświetlenia mierzonego w siatce pomiarowej przedstawiono w tab. 4.5.

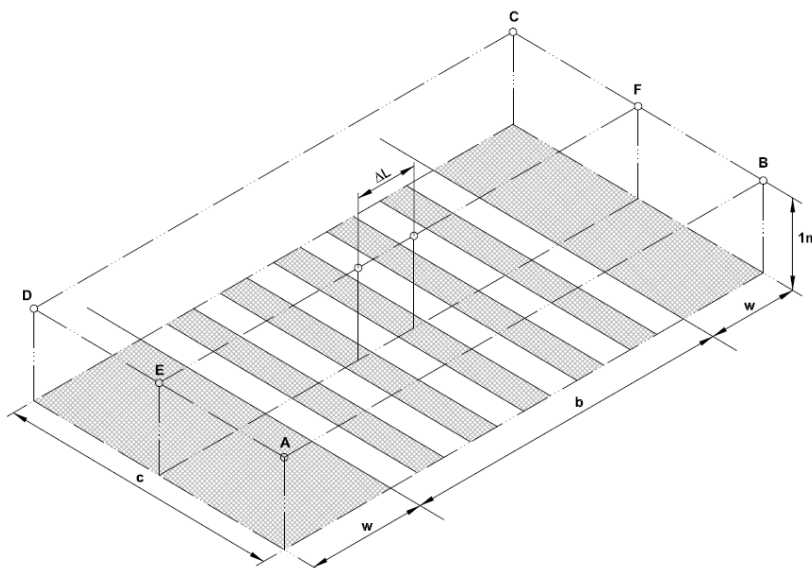
Tab. 4.5

Różnice w wymaganiach normy DIN 67523 w latach 1988 i 2010

Wymagania	DIN 67523	
	1988	2010
Wartość średnia pionowego natężenia oświetlenia mierzona na osi E-F przejścia dla pieszych	$E_v = 40 \text{ lx}$	$E_v = 30 \text{ lx}$
Wartość pionowego natężenia oświetlenia mierzona we wszystkich punktach pomiarowych przejścia dla pieszych	$E_v \geq 5 \text{ lx}$	$E_v \geq 4 \text{ lx}$

Źródło: P. Tomczuk, na podstawie [87]

Norma DIN zawiera także wytyczne dotyczące geometrii pomiaru i siatki pomiarowej wartości pionowego natężenia oświetlenia E_v (rys. 4.5):



Rys. 4.5 Geometria pomiaru parametrów oświetlenia na przejściu dla pieszych wg normy [87]

Gdzie: c - szerokość przejścia dla pieszych, b - szerokość całkowita jezdni, w - szerokość strefy oczekiwania, A, B, C, D - punkty pomiarowe, E - F prosta pomiarowa w osi przejścia, ΔL - odległość pomiędzy punktami pomiarowymi - 1m

Źródło: P. Tomczuk, na podstawie [87]

4.1.7 Szwecja

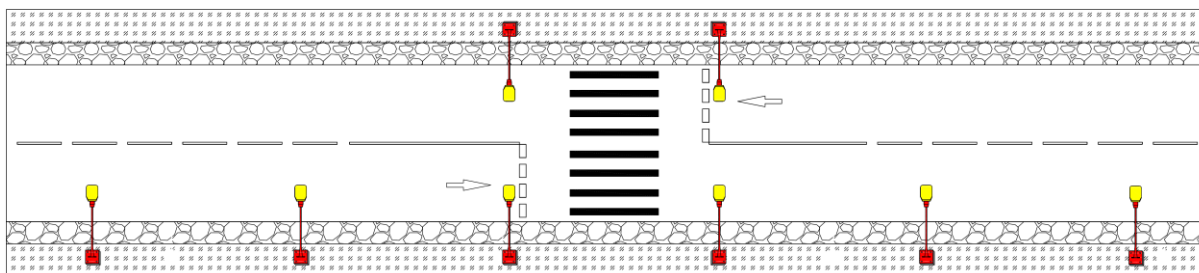
W Szwecji, kwestia oświetlenia dróg została omówiona w trzech następujących dokumentach:

- Rozporządzenie Szwedzkiej Administracji Transportowej „Krav for Vagars och gators utformning” (2015), szczegółowo w rozdziale 8.3.2.4 [98]
- Zalecenia SAT „Rad for Vagars och gators utformning”(2015) w rozdziale 8.3.2.4 [103]
- Poradnik oświetlenia drogowego SAT „Vagbelysningshandboken” w rozdziale 7.5 „Overgangsstallen” [100]

Powyższe wytyczne [100] wskazują, że:

- należy podwyższyć klasę oświetlenia na przejściu dla pieszych w stosunku do klasy oświetlenia ulicznego,
- istnieje problem uzyskania wysokiego poziomu kontrastu pieszego z tłem,
- aby zapewnić stałą luminancję tła sugerowane jest skrócenie przejścia dla pieszych przez zawężenie od zewnątrz realizując strefę oczekiwania w świetle widoku kierowcy (pieszy z większym prawdopodobieństwem będzie obserwowany przez kierowcą na tle jezdni, niż innych obiektów o różnej jasności występujących w otoczeniu),
- nie ma uniwersalnego rozwiązania i należy zawsze rozważyć tło, na jakim obserwowany jest pieszy,
- należy dążyć do takich rozwiązań, aby pieszy był widoczny zarówno na drodze jak i przy drodze (w jej otoczeniu),
- należy dążyć do usunięcia przeszkód ograniczających widzialność geometryczną,
- latarnię oświetlenia ulicznego należy umieszczać przed przejściem dla pieszych (poprawia to rozpoznanie kolorów i struktur materiałów). Umieszczenie oprawy za przejściem sprawia, że cała sylwetka pieszego jest ciemna,
- w obszarach jasnych nie zaleca się stosowania dodatkowego oświetlenia, ale wskazuje na możliwość uzyskania wysokiego kontrastu ujemnego z zastosowaniem opraw dodatkowych umieszczonych w niedużej odległości od przejścia (2 ÷ 4 m) po przeciwnej stronie przejścia. W tym przypadku zaleca się uzyskanie na jezdni luminancji $L = 2 \text{ cd/m}^2$ na odcinku 50 m za i przed przejściem (rys. 4.6). Przy czym należy uwzględnić zmianę jasności drogi podczas występowania opadów.
- sugeruje się stosowanie kontrastu dodatniego w obszarach o ciemnym otoczeniu, wytworzonego za pomocą opraw dodatkowych i wprowadzanie światła białego na sylwetkę pieszego z kierunku ruchu pojazdów,
- w obszarach o złożonym otoczeniu zaleca się podwyższanie poziomu oświetlenia w otoczeniu przejścia dla pieszych,
- w obszarach nieoświetlonych, gdy występuje przejście zaleca się zastosowanie oświetlenia obszaru na odległości 50 m przed i za przejściem oraz 5 m chodnika po każdej stronie przejścia. Oświetlenie stosuje się, gdy występuje wzmożony ruch pieszy w porze nocnej lub gdy chodnik prowadzący do przejścia jest oświetlony. Należy wówczas zastosować wymagania uzależnione od prędkości (tab. 4.6).
- poza obszarem oświetlonym należy dążyć do wytworzenia kontrastu dodatniego:

- o w celu dobrego oddawania barw przejście powinno być oświetlone światłem białym (wskaźnik Ra co najmniej 65, ale najlepiej ponad 80),
- o pionowe natężenie oświetlenia na płaszczyźnie o wysokości 2 m ustawionej w środku przejścia i zorientowane prostopadle do kierunku jazdy, ma wynosić co najmniej 20 lx (w najciemniejszym punkcie) na linii prowadzącej do punktu środkowego przejścia i co najmniej 10 lx na przeciwnym pasie,
- o minimalne poziome natężenie oświetlenia na przejściu powinno wynosić 80 lx,
- o obszar znajdujący się najbliżej prawej strony przejścia (dla obu kierunków), na którym znajdują się oczekujący piesi, musi mieć zrealizowaną wartość pionowego natężenia oświetlenia minimum 10 luksów (na płaszczyźnie o wysokości 2 m i długości 3 m), - pionowa płaszczyzna pomiarowa o wysokości 2 m, usytuowana w osi przejścia powinna mieć, przynajmniej 5 punktów a płaszczyzna pozioma przynajmniej 6 punktów.



Rys. 4.6 Schemat oświetlenia przejścia w kontraście ujemnym wg rekomendacji w Szwecji

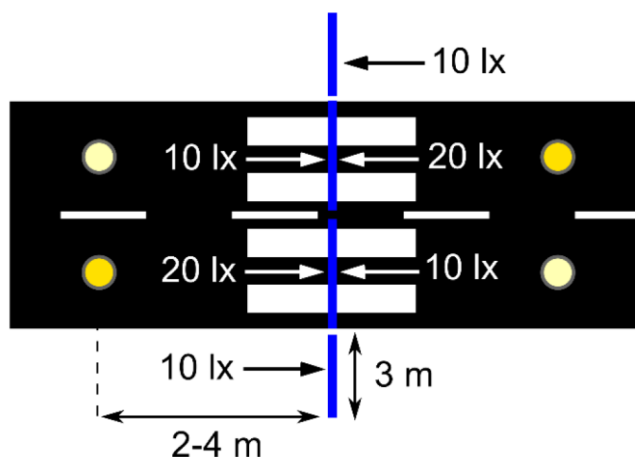
Źródło: M. Chrzanowicz na podstawie Vagbelysningshandboken [100]

Tab. 4.6

Wymagania oświetleniowe dla przejść zlokalizowanych na nieoświetlonych drogach [100]

Rodzaj ulicy	Natężenie oświetlenia		
	$E_{h\dot{s}r}$ (min)	E_{hmin} (min)	E_v (min)
Droga główna	20	4	7,5
Droga lokalna, 50 km/h	20	4	7,5
Droga lokalna, 30 km / h, koło szkoły lub przedszkola	20	4	7,5
Droga lokalna, 30 km / h, bez szkoły lub przedszkola	15	3	5,0

Źródło: P. Tomczuk, na podstawie Vagbelysningshandboken [100]



Rys. 4.7 Schemat oświetlenia przejścia w kontraście dodatnim wg rekomendacji w Szwecji

Źródło: Vagbelysningshandboken [100]

4.1.8 Szwajcaria

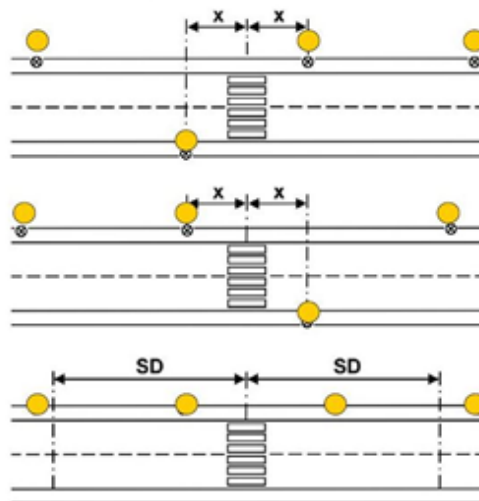
W Szwajcarii zagadnienie oświetlenia przejść dla pieszych reguluje norma EN-13201 oraz zalecenia SLG Guldelines (Schweizer Licht Gesellschaft) 202:2016 [105], wyznaczające dodatkowo trzy priorytety w oświetlaniu przejść dla pieszych (rys. 4.8):

- stosowanie kontrastu dodatniego
- stosowanie kontrastu ujemnego,
- stosowanie narastającej wartości oświetlenia podczas dojeżdżania pojazdu do przejścia dla pieszych (strefy przejściowej).

Dobór zastosowanego rozwiązania pozostawia się projektantowi.

Oświetlenie przejść dla pieszych

- 1. Priorytet
Oświetlenie dodatkowe -
kontrast dodatni
- 2. Priorytet
Oświetlenie dodatkowe -
kontrast ujemny
- 3. Priorytet
Stopniowe rozjaśnianie
obszaru przed i za przejściem



Rys. 4.8 Schemat rekomendowanego oświetlenia przejścia dla pieszych w Szwajcarii

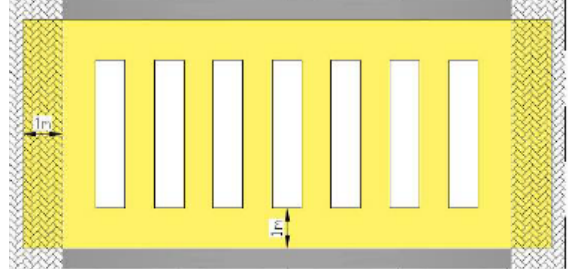
Źródło: SLG Guldelines 202:2016

4.1.9 Włochy

We Włoszech, kwestie oświetlenie drogowego reguluje norma EN-13201 oraz opracowanie „Linee guida per la progettazione degli attraversamenti pedonali” [97] wydane przez Automobile Club D’Italia w 2011 roku, stanowiące generalne wytyczne dotyczące projektowania i budowy przejść dla pieszych. Sama kwestia oświetlenia przejść dla pieszych jest w tym dokumencie poruszona w ograniczonym stopniu, obejmuje m.in. wskazano na minimalne poziomy natężenia oświetlenia pionowego i poziomego, równomierność natężenia oświetlenia oraz na pożądaną kontrast luminancji. Wszystkie zalecenia zawarte we włoskich wytycznych prezentuje tab. 4.7.

Tab. 4.7

Wytyczne oświetlenia przejść dla pieszych we Włoszech [97]

Oświetlenia przejść dla pieszych		
Opis	Wymagania	Informacje dodatkowe
Oświetlany obszar	Wymagane jest oświetlenie zarówno obszaru przejścia dla pieszych jak i pasa wokół przejścia szerokości 1 m (patrz schemat)	
Kontrast	2 do 3	Poziom oświetlenia przejścia powinien być 2-3 razy wyższy niż natężenie oświetlenia drogi
Minimalne poziome natężenie oświetlenia	50 lx	Natężenie oświetlenia musi być tak dobrane, żeby spełnić założenia dotyczące kontrastu
Minimalne pionowe natężenie oświetlenia	50 lx	Wysokość pomiaru $\leq 1,5$ m W każdym przypadku, oświetlenie pionowe musi być mocniejsze niż natężenie oświetlenia poziomego i zapewnić wymagany kontrast
U - równomierność	0,75	-

Źródło: J. Zawieska, na podstawie Linee guida per la progettazione degli attraversamenti pedonali

4.1.10 Wielka Brytania

Zalecenia formalne oświetlenia obszaru przejść dla pieszych określono na podstawie przyjętej w 2003 roku normy BS5489-1:2003 [68]. Jednostką odpowiedzialną za stworzenie wymagań była organizacja ILE (The Institution of Lighting Engineers). W tab. 4.8 przytoczono wymagania zawarte w wytycznych TR12 “Lighting of Pedestrian Crossings (2007) [94]. Wymagania podzielono ze względu na klasy oświetlenia ulicy i zdefiniowano wartościami natężenia oświetlenia.

Tab. 4.8

Wymagania formalne dla przejść dla pieszych według TR12 [94]

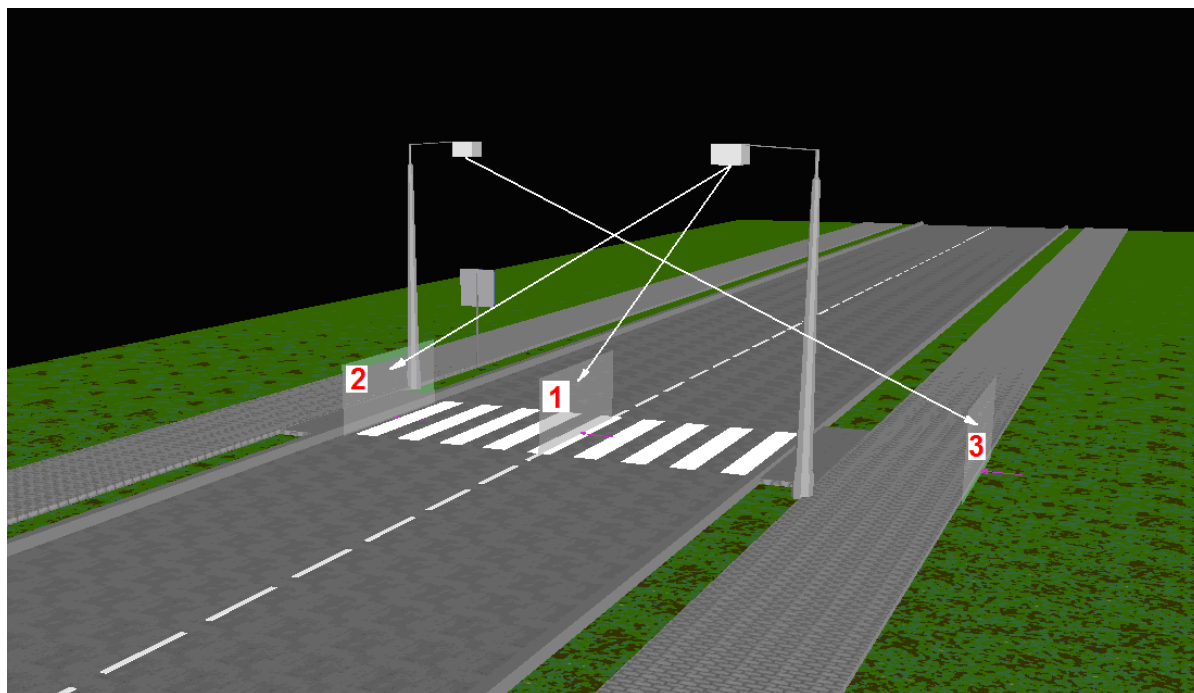
Klasy oświetlenia Na podstawie BS5489-1:2003 tabela B1	Średnie poziome natężenie oświetlenia (lx) z równomiernością $U_0 = 0,6$	Minimalne pionowe natężenie oświetlenia na płaszczyźnie centralnej (1) i krawędzi ulicy (2) łącznie z krawężnikami (lx)	Minimalne pionowe natężenie oświetlenia na płaszczyźnie tylnej skrajnej (3) zewnętrznej krawędzi strefy oczekiwania (lx)
CE1	105	60	45
CE2	70	40	30
S1	52.5	30	22.5
S2	35	20	15
S3	26.25	15	11.25
S4	17.5	10	7.5

Źródło: P. Tomczuk, na podstawie TR12 "Lighting of Pedestrian Crossings"

Powyższe wytyczne wskazują, że:

- oprawy oświetleniowe powinny być montowane w odległości 1 m od przejścia dla pieszych i należy stosować niską wysokość montażu $5 \div 6$ m. Co do zasady, im niżej tym lepiej,
- w celu zwrócenia uwagi kierowcy „pasy przejścia” muszą być oświetlone na wyższym poziomie niż nawierzchnia drogi przed i za przejściem. Wskazane jest 3,5-krotne zwiększenie poziomu (przy zachowaniu równomierności U_0 na poziomie 0,6),
- skutecznym sposobem na wyróżnienie obszaru przejścia jest zastosowanie odmiennej barwy światła (białej lub LED o odmiennej temperaturze barwowej),
- zastosowanie płaskich opraw wpływa na korzystniejszą dystrybucję strumienia,
- rozkład strumienia świetlnego emitowanego przez oprawę oświetleniową powinien zapewnić wysokie pionowe natężenie oświetlenia dla sylwetkach pieszych.

Raport TR12 zaleca trzy oddzielne pionowe płaszczyzny obliczeniowe, pokrywające szerokość przejścia dla zapewnienia dobrej widoczności pieszego (rys. 4.9).



Rys. 4.9 Płaszczyzny pomiarowe natężenia oświetlenia na przejściu dla pieszych według zaleceń Technical Report 12

Źródło: P. Tomczuk, na podstawie TR12 "Lighting of Pedestrian Crossings"

4.1.11 Standardy oświetleniowe przejść dla pieszych w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej

Kwestie bezpieczeństwa ruchu drogowego w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej, są regulowane przede wszystkim przez wytyczne FHWA (Federal Highway Transportation) i Departamentu Transportu (*US. Deptment of Transportation*).

Kwestie oświetlenia w transporcie drogowym kompleksowo porusza opracowanie „FHWA Lighting Handbook” z 2012 roku [44]. Jest to aktualizacja wytycznych z 1978 i 1983 roku o tym samym tytule. Powyższa publikacja, jednakże nie obejmuje szczegółowych wytycznych dotyczących oświetlenia przejść dla pieszych. W tej kwestii odsyła do innego opracowania FHWA z 2008 roku - „Informational Report on Lighting Design for Midblock Crosswalks” [64]. Przedstawione w Raporcie informacje bazują na wynikach eksperymentów, statycznych oraz dynamicznych, dotyczących widoczności pieszych na przejściu. Raport dotyczy przede wszystkim przejść dla pieszych usytuowanych pomiędzy skrzyżowaniami, jednakże porusza także kwestię lokalizacji źródeł oświetlania na skrzyżowaniach. Przeprowadzone w ramach raportu badania obejmowały następujące zmienne:

- rodzaj lampy oświetlającej przejście (sodowa, metalohalogenkowa),
- wartość pionowego natężenia oświetlenia w luksach (6, 10, 20, 30 [lx]),
- kolor ubrania pieszego (czarny, biały, dżinsowy),

- usytuowanie pieszego na drodze,
- występowanie olśnienia.

Opisywana publikacja nie zawiera jednak konkretnych wytycznych dotyczących rekomendowanych poziomów i parametrów oświetleniowych dla poszczególnych kategorii dróg, natężenia ruchu itp. Analiza wyników badań została jednakże ograniczona do następujących rekomendacji:

- pionowe natężenie oświetlenia o wartości 20 lx, mierzone na wysokości 1,5 metra (5 stóp) od nawierzchni drogi, pozwala na zauważenie pieszego przez kierowcę z odpowiednim wyprzedzeniem. Powyższa wytyczna dotyczy przejścia dla pieszych zlokalizowanego pomiędzy skrzyżowaniami i w środowisku pozamiejskim,
- wyższy poziom natężenia oświetlenia niż 20 lx mierzone na wysokości 1,5 metra od nawierzchni drogi, jest zalecany w trzech sytuacjach:
 - gdy istnieje prawdopodobieństwo ciągłego olśnienia przez pojazdy nadjeżdżające z przeciwnego pasa ruchu,
 - gdy przejście dla pieszych jest zlokalizowane w otoczeniu o wysokim poziomie luminacji otoczenia,
 - gdy przejście dla pieszych jest zlokalizowane na oświetlonym skrzyżowaniu.
- rodzaj wybranej oprawy oświetleniowej ma wpływ na miejsce i wysokość jej zamocowania w otoczeniu przejścia dla pieszych,
- wartość pionowego natężenia oświetlenia, która pozwala na zauważenie pieszych przez kierowców z odpowiedniej odległości, jest podobna zarówno przy wykorzystaniu źródeł sodowych jak i metalohalogenkowych. Jednakże źródła metalohalogenkowe oraz inne źródła światła białego są bardziej korzystne z punktu widzenia możliwości rozpoznawania (detekcji) twarzy oraz bardziej komfortowe dla pieszych.

W USA funkcjonują wymagania formalne dotyczące stref konfliktowych w tym także przejść dla pieszych. Regulacje te zawarte są w Normie IESNA-RP-8-00 [93]. W przypadku przejść dla pieszych wprowadzono podział na trzy podgrupy oświetleniowe uzależnione od natężenia ruchu pieszego na przejściu w porze nocnej:

1. Przejścia o niskim natężeniu ruchu pieszego w porze nocnej - np. na obszarach podmiejskich.
2. Przejścia o średnim natężeniu ruchu pieszego w porze nocnej – np. w pobliżu obiektów biurowych, mieszkalnych i sklepów osiedlowych.

3. Przejścia o wysokim natężeniu ruchu pieszego w porze nocnej - np. usytuowane w pobliżu centrów handlowych, kin, sal koncertowych i miejsc przesiadkowych.

W przeciwieństwie do wytycznych oświetlenia dróg [44], gdzie zalecana jest metoda pomiarów luminancji lub warunkowo natężenia oświetlenia, wytyczne IESNA [93] zdefiniowane są wyłącznie za pomocą wartości natężenia oświetlenia. Dla każdej z powyższych kategorii przejść, norma wyznacza odrębne wartości natężenia (tab. 4.9, tab. 4.10, tab. 4.11):

Tab. 4.9

Wymagane wartości natężenia oświetlenia dla przejść dla pieszych o wysokim natężeniu ruchu pieszego w porze nocnej wg normy IESNA-RP-8-00 [93]

Wartości zalecane dla dróg pieszych / rowerowych			
Uczestnik ruchu	E_h (lux)	$E_{v \min}$ (lux)	$E_{h\text{sr}}/E_{h \min}$
Pieszy i pojazd	20	10	4
Tylko pieszy	10	5	4

Źródło: IESNA-RP-8-00

Tab. 4.10

Wymagane wartości natężenia oświetlenia dla przejść dla pieszych o średnim natężeniu ruchu pieszego w porze nocnej wg normy IESNA-RP-8-00 [93]

Wartości zalecane dla dróg pieszych / rowerowych			
Uczestnik ruchu	E_h (lux)	$E_{v \min}$ (lux)	$E_{h\text{sr}}/E_{h \min}$
Tylko pieszy	5	2	4

Źródło: IESNA-RP-8-00

Tab. 4.11

Wymagane wartości natężenia oświetlenia dla przejść dla pieszych o niskim natężeniu ruchu pieszego w porze nocnej wg normy IESNA-RP-8-00 [93]

Wartości zalecane dla dróg pieszych / rowerowych			
Rodzaj obszaru	E_h (lux)	$E_{v \min}$ (lux)	$E_{h\text{sr}}/E_{h \min}$
Wiejski/podmiejski	2	0,6	10
Podmiejski o niskim natężeniu ruchu	3	0,8	6
Podmiejski o średnim natężeniu ruchu	4	1	4

Źródło: IESNA-RP-8-00

gdzie:

E_h – poziome natężenie oświetlenia, w płaszczyźnie jezdni,

E_v – pionowe natężenie oświetlenia mierzone 1,5 m nad poziomem jezdni mierzone dla obydwu kierunków ruchu pieszego od strony nadjeżdżających pojazdów.

Jak wynika z przytoczonego dokumentu [93] można w sposób dowolny stosować różne kryteria projektowania i pomiaru oświetlenia na przejściu dla pieszych, w tym także z zastosowaniem kryteriów widzialności VL (metoda STV). Szczegółowe zalecenia przedstawiono w tab. 4.12. Wymagania te dotyczą wszystkich przejść dla pieszych bez względu na istnienie sygnalizacji świetlnej. Jednym z wymogów jest usytuowanie latarni przed

przejściem dla pieszych w taki sposób, aby pieszy oświetlony był z kierunku nadjeżdżających pojazdów.

Tab. 4.12

Kryteria projektowania oświetlenia na przejściu dla pieszych w USA

Kryterium Projektowania	Zakres luminancji (cd/m ²)	Równomierność	Współczynnik luminancji zamglenia $L_{Vmax}/L_{Vśrednia}$	Poziom widzialności [VL]	Średnie pionowe natężenie oświetlenia (lx)
Luminancja	0,3 ÷ 0,8	3,0 ÷ 6,0 (średnia/max)	0,4	-	-
Natężenie oświetlenia	-	4,0 ÷ 6,0 (średnia/max)	0,4	-	4,3 ÷ 12,9
STV	0,3 ÷ 0,6	6,0 ÷ 10 (max/min)	-	1,6 ÷ 3,8	-

Źródło: IESNA-RP-8-00

4.1.12 Standardy oświetleniowe przejść dla pieszych w Nowej Zelandii i Australii

Wymagania dotyczące oświetlenia przejść dla pieszych w Australii i Nowej Zelandii szczegółowo reguluje to samo opracowanie z 2008 roku [96].

W Nowej Zelandii przewiduje one dwie podkategorie oświetleniowe przejść dla pieszych: X1 oraz X2. Kategorię oświetleniową X1 stosuje się w następujących przypadkach:

- na drogach o kategorii oświetleniowej V przy dużych potokach ruchu pieszego,
- na drogach o kategorii oświetleniowej V przy małych potokach ruchu pieszego,
- na drogach o kategorii oświetleniowej P przy dużych potokach ruchu pieszego.

Natomiast kategorię oświetleniową X2 stosuje się tylko na drogach o kategorii oświetleniowej P, przy małych potokach ruchu pieszego. Parametry oświetleniowe przejścia dla pieszych w obu kategoriach prezentuje tab. 4.13.

Podane wartości obejmują tylko efekt oświetlenia dedykowanego zastosowanego na przejściu dla pieszych. W przypadku uwzględnienia również oświetlenia drogowego, przepisy w Nowej Zelandii definiują odrębne wartości natężenia oświetlenia dla przejścia kategorii X1, przedstawione w tabeli 4.13.

Tab. 4.13

Wymagane parametry oświetlenia przejść dla pieszych w Nowej Zelandii

Podkategoria oświetleniowa	Poziome natężenie oświetlenia na przejściu dla pieszych $E_{Ph \min}$ (lx)	Poziome natężenie oświetlenia w strefie oczekiwania $E_{PhS \min}$ (lx)	Pionowe natężenie oświetlenia na przejściu dla pieszych $E_{PV \min}$ (lx)	Olśnienie i $UWLR_{max}$ (%)
X1	30	10	25	0
X2	20	7,5	15	0

* wymagania nie uwzględniają oświetlenia ulicznego, dotyczą tylko opraw oświetleniowych zainstalowanych na przejściu dla pieszych)

Źródło: AS/NZS 1158.1

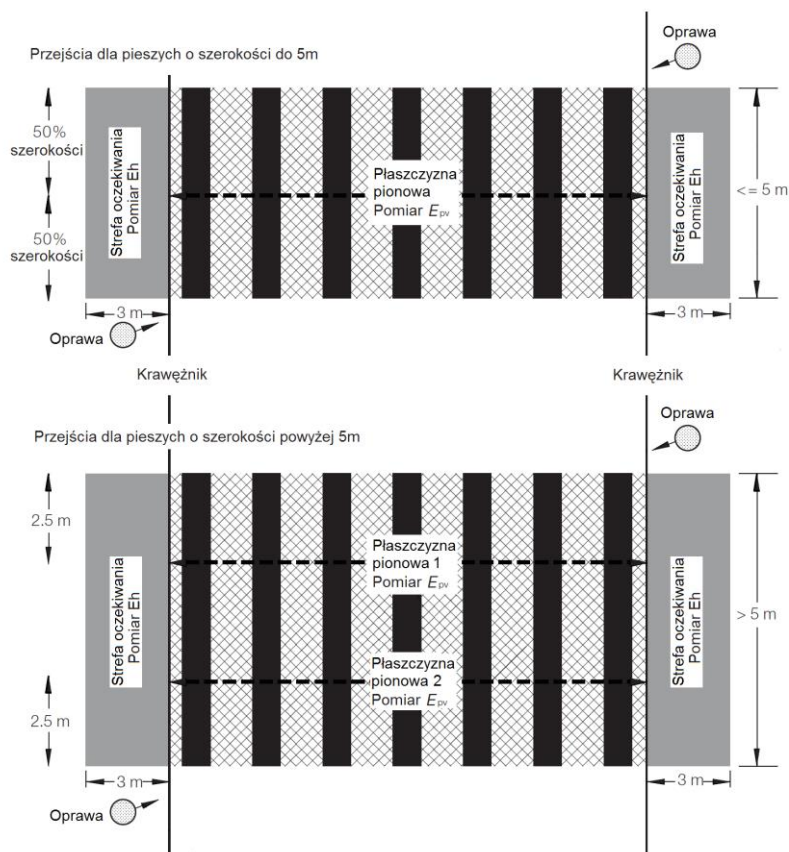
Tab. 4.14

Szczegółowe parametry oświetlenia przejść dla pieszych w kategorii X1

Parametr	Kategoria oświetlenie drogowego				
	V1	V2	V3	V4	P
Poziome natężenie oświetlenia E_{Ph} (lx)	45	40	37	37	30
Poziome natężenie oświetlenia otoczenia E_{Ph} (lx)	10	10	10	10	10
Pionowe natężenie oświetlenia E_{PV} (lx)	25	25	25	25	25

Źródło: AS/NZS 1158.1

Pionowe natężenie oświetlenia E_{PV} odpowiada za oświetlenie sylwetki pieszego na przejściu dla pieszych. Wartość mierzona jest na wysokości 1 m nad nawierzchnią drogi, wzdłuż przejścia dla pieszych z kierunku nadjeżdżających pojazdów. Wartości mierzone w dowolnym miejscu siatki pomiarowej muszą być równe lub powinny przewyższać wartości podane w tab. 4.14. Wymagania oświetleniowe dotyczące przejść dla pieszych w Nowej Zelandii obejmują także parametry dotyczące poziomego natężenia oświetlenia w strefie oczekiwania E_{Ph} . Wartość mierzona w trzymetrowej strefie przylegającej bezpośrednio do przejścia dla pieszych począwszy od krawężnika jak przedstawiono to na rys. 4.10.



Rys. 4.10 Usytuowanie płaszczyzn pomiarowych pionowego natężenia oświetlenia na przejściach dla pieszych o szerokości poniżej i powyżej 5 m

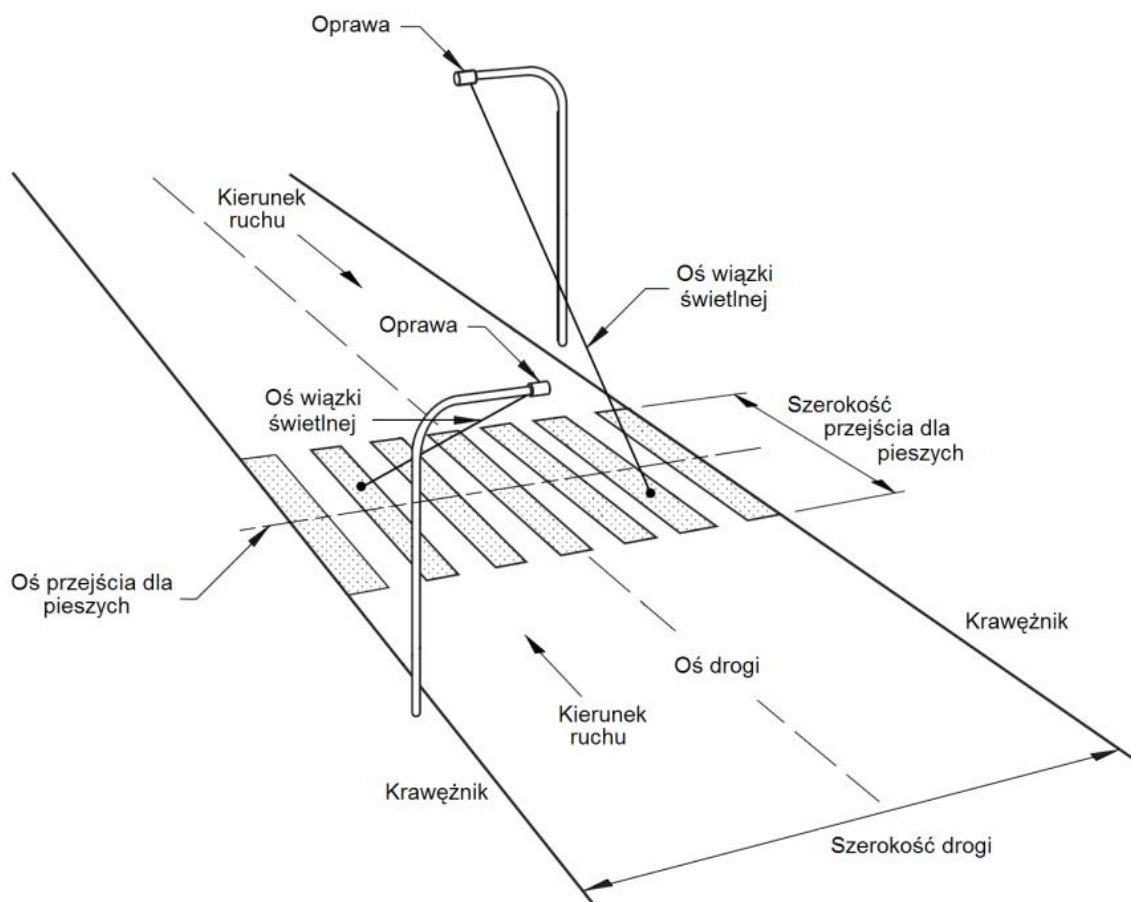
Źródło: P. Tomczuk na podstawie AS/NZS 1158.1

Dla przejść, których szerokość jest mniejsza lub równa 5 m pomiar prowadzi się w osi przejścia. Natomiast dla przejść szerszych od 5 m pomiaru dokonuje się w 2 płaszczyznach usytuowanych 2,5 m od każdej krawędzi przejścia. W każdej z płaszczyzn wymagane jest odczytanie wartości dla minimum 5 punktów pomiarowych.

W celu uniknięcia olśnienia kierowców pojazdów zaleca się wprowadzenie wymogu definiującego graniczną wartość światłości oprawy wynoszącego 1000 kandeli powyżej kierunku 70° dla następujących kątów: pomiędzy 30° a 330° oraz pomiędzy 150° a 220° .

Parametr UWLR (*ang. Upward Waste Light Ratio*) jest procentową wartością strumienia emitowanego przez oprawę powyżej kąta 90° (powyżej osi poziomej) w porównaniu do strumienia całkowitego. Wartość ta odpowiada za ograniczenie emisji w kierunkach niepożądanych, związanych z zanieczyszczeniem nieboskłonu światłem. Dla przejść dla pieszych w normie [96] zakłada się emisję równą 0%.

Wymieniony dokument definiuje także wytyczne dotyczące geometrii usytuowania opraw na przejściu dla pieszych przy ruchu lewostronnym (rys. 4.11).



Rys. 4.11 Schemat rozmieszczenia opraw oświetlenia na przejściu dla pieszych w Australii i Nowej Zelandii

Źródło: P. Tomczuk na podstawie AS/NZS 1158.1

W przypadku wymagań obowiązujących w Australii, gdy przejście nie znajduje się na drodze o kategorii V można zastosować jedną z podkategorii oświetlenia przejść dla pieszych związanych ze standardem drogi i obowiązującą prędkością. Obowiązujące obecnie normy rozróżniają cztery podstawowe kategorie dróg, dla których są definiowane odrębne standardy oświetleniowe, przedstawione w tab. 4.15.

Dodatkowo, norma AS/NZS 1158.1 w Australii reguluje odmienny sposób pomiarów wartości pionowego natężenia oświetlenia, którego dokonuje się w 18 wyznaczonych punktach (rys. 4.12):

- 9 punktów na poziomie nawierzchni drogi:
 - 4 na narożnikach wyznaczonego przejścia,
 - 2 przy krawężnikach, w połowie szerokości przejścia,

- 2 na osi jezdni, na obu krańcach przejścia,
- 1 w geometrycznym środku wyznaczonego przejścia dla pieszych,
- 9 punktów na wysokości 1,5 m nad punktami pomiarowymi na poziomie nawierzchni.

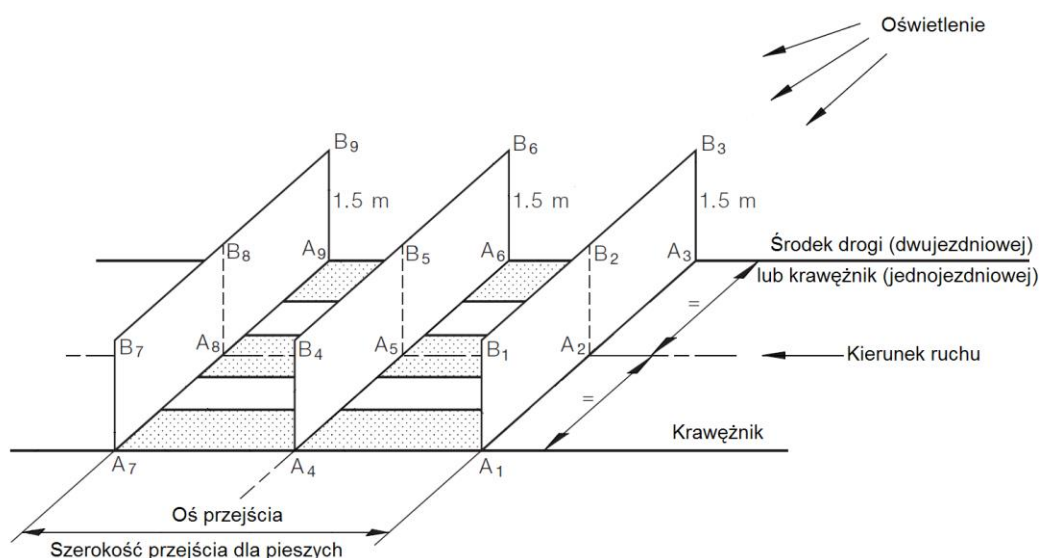
Wartość jest mierzona dla każdego ruchu pojazdów.

Tab. 4.15

Parametry oświetlenie przejść dla pieszych w Australii [96]

Kategoria drogi	Charakterystyka	Wymagana wartość pionowego natężenia oświetlenia (E_{pv}) [lx]	Kontrola ośnienia dla kąta 90° (cd)	UWRL (Upward Waste Light Ratio)
PX1	Drogi lokalne o małym ruchu i złej nawierzchni	16	0	0
PX2	drogi lokalne lub międzymiastowe o dopuszczalnej prędkości $V = 50$ km/h	32	0	0
PX3	drogi lokalne lub międzymiastowe o dopuszczalnej prędkości $V = 60$ km/h	32	0	0
PX4	drogi międzymiastowe o dopuszczalnej prędkości $> V = 70$ km/h	32	0	0

Źródło: J. Zawieska, na podstawie AS/NZS 1158.1



Rys. 4.12 Punkty pomiaru pionowego natężenia oświetlenia na przejściu dla pieszych zgodnie z normą AS/NZS 1158.1

Źródło: P. Tomczuk na podstawie AS/NZS 1158.1

Należy zwrócić uwagę na odmienną od wymagań europejskich wysokość pomiaru wynoszącą 1,5 m w punktach oznaczonych literą B. Ze względu na wytworzenie odmiennych warunków obserwacji w stosunku do oświetlenia ulicznego w normie zaleca się stosowanie na przejściach dla pieszych opraw z metalohalogenkowymi źródłami światła. Dla przejść dla pieszych, które są usytuowane na drodze, gdzie obowiązuje kategoria oświetlenia drogi V, wprowadza się odmienne regulacje powiązane z podkategoriami kategorii głównej V. W tab. 4.16 przedstawiono kategorie oświetlenia przejść dla pieszych uzależnione od kategorii oświetlenia drogi V.

Tab. 4.16

Kategorie oświetlenia przejść dla pieszych w odniesieniu do klasy oświetlenia drogi

Kategoria oświetlenia przejścia dla pieszych	Kategoria oświetlenia ulicy V (zakres)
PX1	brak
PX2	1
PX3	2
PX4	3

Źródło: J. Zawieska na podstawie AS/NZS 1158.1

4.1.13 Podsumowanie

Jak wynika z przeglądu przedstawionych powyżej wymogów formalnych i zaleceń normalizacyjnych i pomimo przyjęcia przez większość krajów europejskich jednolitej normy oświetleniowej można stwierdzić, że istnieją znaczące różnice w poszczególnych krajach dotyczące wymagań oświetleniowych sformułowanych dla przejść dla pieszych.

Są one uzależnione od szeregu czynników, do których można między innymi zaliczyć:

- uwarunkowań wynikających z istniejącego stanu technicznego drogi i jej otoczenia,
- sytuacji drogowej i ruchowej w danym kraju,
- funkcjonujących od lat rozwiązań technicznych instalacji oświetleniowych,
- dopuszczalnych prędkości ruchu.

Można jednak stwierdzić, że zalecenia w głównej mierze odnoszą się do spełnienia wymagań parametrów natężenia oświetlenia (zarówno pionowego jak i poziomego), które są łatwe do weryfikacji w terenie i pozwalają na miarodajne określenie cech ilościowych parametrów oświetlonego przejścia dla pieszych. Częścią wspólną, w ramach której wszystkie opisane dokumenty są zgodne to:

- najbardziej pożądanym rozwiązaniem jest uzyskanie dodatniego kontrastu luminancji poprzez zastosowanie nisko zamontowanych opraw od strony każdego z kierunków ruchu pojazdów,

- dopuszcza się także realizacji oświetlenia przejścia dla pieszych poprzez oświetlenie uliczne, ale z zastosowaniem wyższych parametrów oświetleniowych w obszarze przejścia dla pieszych i zastosowania strefy przejściowej,
- każdy z dokumentów do zdefiniowanego obszaru oświetlanego wg wskazanego standardu włącza strefę oczekiwania przejścia dla pieszych od 1 do 3 m,
- w obszarach z oświetleniem w otoczeniu dróg i ulic zaleca się stosowanie wyższych parametrów oświetleniowych niż w obszarach, gdzie brakuje obcych źródeł światła,
- przy wyższych prędkościach dopuszczalnych zaleca się stosowanie wyższych parametrów oświetleniowych,
- żaden z dokumentów nie wskazuje zasad sprzecznych z pozostałymi dokumentami, różnią się one sposobami pomiaru, granicznymi parametrami, lecz generalnie wskazują zbieżne generalne zasady.

4.2 Wymagania krajowe

Na polskich drogach można spotkać różnorodne rozwiązania oświetlenia przejść dla pieszych. Stosuje się oprawy oświetlenia ulicznego, dedykowane rozwiązania oświetleniowe dla przejść dla pieszych bądź oprawy zasilane z układów autonomicznych. Każde z rozwiązań powinno zapewnić odpowiednie warunki oświetleniowe pieszemu i kierowcy. W obecnie stosowanych, polskich przepisach brakuje precyzyjnych wytycznych projektowych oraz regulacji prawnych dotyczących parametrów oświetleniowych, jakie mają być zrealizowane w obszarze przejścia dla pieszych. Poniżej zostaną opisane wymagania normatywne, jakie były bądź są stosowane w odniesieniu do warunków oświetleniowych na przejściach dla pieszych w Polsce. Na wstępie przytoczono zapisy dziennika ustaw (Dz. U. 2016 r., poz. 124) Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie [63]. W rozdziale 2 (§109) Urządzenia oświetleniowe wskazano, że:

1. Droga powinna być oświetlona ze względów bezpieczeństwa ruchu, w szczególności:

- 1) gdy przebiega przez obszar oświetlony i występuje zagrożenie oślnienia uczestników ruchu,*
- 2) w obrębie węzła lub skrzyżowania, jeżeli jedna z krzyżujących się dróg jest oświetlona,*
- 3) na skrzyżowaniu z drogą klasy S,*
- 4) na skrzyżowaniu typu rondo,*
- 5) na skrzyżowaniu skanalizowanym z wyspami w krawężnikach – jeżeli jest to droga klasy GP,*
- 6) między odcinkami oświetlonymi – jeżeli długość odcinka nie przekracza 500 m,*

- 7) na odcinku przyległym do obiektu mostowego – jeżeli obiekt jest oświetlony,
 - 8) w obrębie miejsca poboru opłat, zwanego dalej „MPO”,
 - 9) na ulicy klasy S,
 - 10) na jednojezdniowej ulicy o czterech i większej liczbie pasów ruchu,
 - 11) na skrzyżowaniu na terenie zabudowy, przy którym znajdują się budynki użyteczności publicznej, przystanki komunikacji zbiorowej,
 - 12) w obrębie przejścia dla pieszych i dojścia do przystanków komunikacji zbiorowej na terenie zabudowy.
2. Urządzenie obsługi podróżnych, pojazdów i przesyłek – miejsce obsługi podróżnych, o którym mowa w przepisach o drogach publicznych, zwane dalej „MOP”, parking dla pojazdów ciężarowych, stacja paliw powinny być oświetlone co najmniej w części dostępnej dla uczestników ruchu.
3. Światło oświetlenia nie może zmieniać barwy znaków drogowych.
4. Między oświetlonym a nieoświetlonym odcinkiem drogi powinna być wykonana strefa przejściowa o zmniejszającym się natężeniu światła i długości nie mniejszej niż:
- 1) 200 m – na drodze klasy A lub S,
 - 2) 100 m – na drodze klasy GP i drogach niższych klas.
5. Słupy oświetleniowe powinny być tak usytuowane, aby nie powodowały zagrożenia bezpieczeństwa ruchu i nie ograniczały widoczności. Słupy oświetleniowe oraz oprawy oświetleniowe powinny być umieszczone poza skrajnią drogi, o której mowa w § 54.
6. Odległość lica słupa oświetleniowego nie powinna być mniejsza niż:
- 1) 1,0 m – od krawędzi jezdni nieograniczonej krawężnikami,
 - 2) 0,5 m – od krawędzi pasa awaryjnego, pasa postojowego, utwardzonego pobocza lub opaski,
 - 3) 1,0 m – od lica krawężnika na drodze klasy S lub GP,
 - 4) 0,5 m – od lica krawężnika na drodze klasy G i drogach niższych klas, przy spełnieniu wymagań, o których mowa w § 130.
7. Wymagania dotyczące natężenia oświetlenia i rozmieszczenia punktów świetlnych określa Polska Norma.

W dokumencie wprost wskazano Polską Normę jako dokument określający wymagania w zakresie oświetlenia ulicznego i oświetlenia przejść dla pieszych. Zatem można się spodziewać, że znajdą się w nim stosowne zapisy.

4.2.1 Wymagania uprzednio obowiązujących norm oświetleniowych

Do roku 2005 obowiązywały w Polsce przepisy [89] ściśle regulujące wymagania dla systemów oświetlenia instalowanych na przejściach dla pieszych. Część tych rozwiązań jest obecnie eksploatowana lub poddawana modernizacji. Należy więc przytoczyć przepisy, które są dotychczas w użyciu w odniesieniu do istniejących instalacji.

Zalecenia uprzednio obowiązującej w Polsce normy PN-76/E-02032 Oświetlenie dróg publicznych, wprowadzonej w 1976 r. [89] dotyczyły oceny parametrów oświetleniowych wyrażonych wartością średniego natężenia oświetlenia w płaszczyźnie prostopadłej do ruchu pojazdów. Według wymagań średnie natężenie oświetlenia na płaszczyźnie pionowej, przechodzącej przez oś przejścia od strony nadjeżdżających pojazdów na wysokości 1 m nad przejściem, wyrażone w luksach [lx], powinno być liczbowo co najmniej 50 razy większe od średniej luminancji jezdni na przestrzeni 50 m przed i za przejściem, wyrażonej w cd/m^2 . Natężenie to nie powinno być jednakże w żadnym przypadku mniejsze od 40 lx, a jego wartość minimalna w dowolnym miejscu przejścia, łącznie ze strefą oczekiwania pieszych, nie powinna być mniejsza od 10 lx (za strefę oczekiwania pieszych należy przyjąć strefę chodnika stanowiącą przedłużenie przejścia o 1 m). Wymagania nie dotyczyły tych przejść na jezdniach, których luminancja na przestrzeni 50m przed i za przejściem wynosi co najmniej 2 cd/m^2 , a jej równomierność jest większa bądź równa 0,4. Norma zaleca, aby na szczególnie niebezpiecznych przejściach dla pieszych, pozbawionych sygnalizacji świetlnej, przechodnie byli widoczni w postaci jasnych sylwetek na ciemnym tle jezdni. Ponadto na wszystkich innych przejściach przechodnie powinni być widoczni w postaci ciemnych sylwetek na jasnym tle jezdni. Wymaganie to oznaczało dążenie do możliwie najlepszego oświetlenia tła (jezdni za przejściem) i możliwie najmniejszego oświetlenia powierzchni pionowej przechodnia od strony nadjeżdżających pojazdów.

Po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej wprowadzono ujednolicone przepisy normy europejskiej, ustalające zalecenia dotyczące sposobu oświetlenia określonej przestrzeni dróg publicznych. W latach 1997÷2004 opracowano i wdrożono w Europie normę EN 13201 Oświetlenie dróg. Akcesja Polski do Unii Europejskiej skutkowała także tym, że Polski Komitet Normalizacyjny, będący członkiem CEN/CENELEC, zobowiązany był wprowadzić przepisy europejskie do zbioru Polskich Norm.

Dnia 15.03.2005 roku została wprowadzona w Polsce, na zasadzie uznania, norma PN-EN 13201:2005 Oświetlenie dróg, składająca się z czterech części [58]. Jednocześnie wycofano dotychczas obowiązującą normę PN-76/E-02032 Oświetlenie dróg publicznych [89].

Zaktualizowana w 2007 r. norma PN-EN 13201 Oświetlenie dróg [55] składa się z czterech części:

1. Raport techniczny PKN-CEN/TR 13201-1:2007 Wybór klas oświetlenia.
2. PN-EN 13201-2:2007 Wymagania oświetleniowe.
3. PN-EN 13201-3:2007 Obliczenia oświetleniowe.
4. PN-EN 13201-4:2007 Metody pomiarów parametrów oświetlenia.

Wprowadzenie normy Europejskiej PN-EN 13201:2005 skutkowało zmianą podejścia do sposobu projektowania oświetlenia drogowego. Stosowanie normy stało się dobrowolne, a sama norma pozostaje dokumentem normalizacyjnym, który nie jest aktem prawnym. Norma może być powoływana w przepisach prawnych po ich opublikowaniu w języku polskim, przy jednoczesnej zmianie statusu na postanowienie prawne.

Projektant oświetlenia drogowego zyskał dowolność w stosowaniu istniejących, ale nie obowiązkowych przepisów normy². Należy podkreślić, że norma, pomimo że nie jest aktem obowiązkowym, pojawia się w wytycznych projektowych dla nowo powstających inwestycji drogowych. Fakt ten może świadczyć o istnieniu zapotrzebowania na precyzyjne wytyczne projektowe, także w zakresie oświetlenia przejść dla pieszych.

Norma oświetlenia drogowego PN-EN 13201:2007 [55] zakłada odmienne warunki oświetlenia stref konfliktowych, w tym przejść dla pieszych. Zalecenia dotyczące poziomu luminancji lub natężenia oświetlenia nie są jednolite dla każdego przejścia, co wynika z przyjętej klasy oświetlenia na danym odcinku drogi, określonej z uwzględnieniem szeregu parametrów drogi, w tym stref konfliktowych. Można wyróżnić dwie sytuacje oświetleniowe. W przypadku, gdy istnieje stacjonarne oświetlenie drogi i może być wytworzony wystarczająco wysoki poziom luminancji jezdni, możliwe jest rozmieszczenie opraw oświetleniowych normalnego oświetlenia drogowego tak, aby piesi byli widoczni w dobrym ujemnym kontraście (jako ciemna sylwetka na jasnym tle). W innych przypadkach oświetlenie jest rozwiązane za pomocą dodatkowych opraw oświetleniowych. Ich celem jest oświetlenie pieszych znajdujących się na

² Zgodnie z ustawą o normalizacji (Dz.U. z 2002 r. nr 169, poz. 1386 z późn. zm.) stosowanie Polskich Norm (PN) jest dobrowolne. Powołanie się na Polską Normę w przepisie prawnym nie zmienia jej dobrowolnego statusu, chyba, że została wskazana wyraźnie w postanowieniach przepisów prawnych. Polskie normy mogą być powoływane w przepisach prawnych po ich opublikowaniu w języku polskim. Sytuacja prawna nie jest jasna. Można uznać, że skoro powołana została w polskich przepisach to jest obowiązująca jednak nie jest przetłumaczona. W świetle polskich przepisów norma jest obowiązująca pod warunkiem, że zostanie w całości przetłumaczona na język polski – obecnie przetłumaczono okładki pozostała część jest w języku angielskim.

przejściu lub obok niego i zwrócenie uwagi kierowców pojazdów silnikowych na obecność przejścia dla pieszych. Typ dodatkowych opraw oświetleniowych, ich rozmieszczenie i ukierunkowanie względem powierzchni przejścia dla pieszych, powinny być takie, aby osiągnąć dodatni kontrast i nie powodować nadmiernego olśnienia kierowców. Jednym z rozwiązań jest montaż opraw w małej odległości przed przejściem, zwróconych w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu pojazdów poruszających się po drodze. Wiązka światła skierowana jest w stronę pieszych. W przypadku dróg bez rozdzielonych kierunków ruchu, montowane są oprawy przed przejściem w obu kierunkach strumieni ruchu po stronie drogi, na której odbywa się ruch danego strumienia. Do tego celu przeznaczone są oprawy oświetleniowe o asymetrycznym wyprowadzeniu światła, powodujące mniejsze olśnienie kierowców.

Zatem dodatkowe oprawy oświetlenia lokalnego powinny być tak rozmieszczone, aby wystarczająco oświetlały pieszych po stronie zwróconej w kierunku ruchu pojazdów przy wszystkich usytuowaniach powierzchni przejścia w przestrzeni drogi. Stąd wniosek, że natężenie oświetlenia mierzone w płaszczyźnie pionowej powinno być znacznie wyższe niż poziome natężenie oświetlenia drogowego na jezdni. Zalecenie to dotyczy także strefy oczekiwania na przejście. Oświetlenie ograniczone do wąskiego pasa wokół powierzchni przejścia powoduje silny efekt skutkujący wzrostem uwagi.

W normie nie sprecyzowano wymagań dotyczących wartości uzyskiwanego kontrastu luminancji pieszego z tłem oraz wartości luminancji sylwetki pieszego. Nie podano także zaleceń dotyczących wartości pionowego natężenia oświetlenia w płaszczyźnie prostopadłej do osi przejścia oraz zaleceń dotyczących wartości natężenia oświetlenia w płaszczyźnie horyzontalnej – na płaszczyźnie jezdni oraz w strefie oczekiwania.

Brak tych wytycznych skutkowało brakiem badań powykonawczych i mogło wpływać na brak możliwości zauważenia pieszego przez kierowcę pojazdu zbliżającego się do przejścia dla pieszych.

4.2.2 Wymagania obowiązującej normy PN-EN13201:2016

W 2016 roku Polski Komitet Normalizacyjny opublikował kolejną wersję normy PN - EN 13201:2016 Oświetlenie dróg [55]. Pomimo braku dostępności normy w języku polskim od chwili opublikowania, zastąpiła ona dotychczas obowiązującą normę PN-EN 13201:2007 Oświetlenie dróg³ [58]. Wieloarkuszowa norma składa się z pięciu części (tab. 4.17):

³ Zgodnie z art. 5 ust. 4 ustawy o normalizacji (Dz.U. z 2002 r. nr 169, poz. 1386 z późn. zm.) Polskie Normy mogą być powoływane w przepisach prawnych po ich opublikowaniu w języku polskim. Zatem norma powinna być opublikowana w całości w języku polskim – obecnie przetłumaczono okładki.

Tab. 4.17

Części składowe normy PN -EN 13201:2016: Oświetlenie dróg

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

Źródło: M. Chrzanowicz, na podstawie [58]

4.2.2.1 Aktualne wymagania normalizacyjne w zakresie oświetlenia drogowego i ulicznego

Oświetlenie drogowe powinno zostać zaprojektowane oraz wykonane zgodnie z zasadami obowiązującej normy oświetleniowej. Parametry fotometryczne oraz ich dobór zostały zdefiniowane w pięciu częściach raportu napisanego w języku angielskim, mającego status wieloarkuszowej Polskiej normy: PN-EN 13201:2016: Oświetlenie dróg [58] Jednocześnie wycofana została norma PN-EN 13201 z 2007 roku składająca się z czterech arkuszy. Wprowadzono następujące zmiany:

- zmiana nazw głównych klas oświetlenia (M – uprzednio ME, C – uprzednio CE, P – uprzednio S),
- zmiana procedury doboru klas,
- zwiększono wagę stawianą aspektom redukcji zużycia energii,
- wprowadzono pojęcie „oświetlenia adaptacyjnego”,
- rozszerzono wymagania w stosunku do klas ograniczających oślnienie i światło przeszkadzające.

Nazewnictwo części składowych normy oraz opis poruszanych zagadnień został przedstawiony w tab. 4.17.

Cześć pierwsza (wprowadza: CEN/TR 13201-1:2014 [58], opublikowana: 19-02-2016, objętość: 28 str.) Raportu Technicznego ustanawia wytyczne dotyczące wyboru najbardziej odpowiedniej klasy oświetlenia dla określonej sytuacji drogowej. Klasy oświetlenia zostały nazwane (wymagania przedstawiono w części 2) oraz przypisane do różnych obszarów publicznych zlokalizowanych na zewnątrz. Opracowanie nie definiuje precyzyjnych kryteriów

do podjęcia decyzji o instalacji oświetlenia oraz doboru konkretnej instalacji oświetleniowej (Decyzja zdefiniowana w krajowej polityce oświetlenia drogowego – lokalnie dla kraju lub gminy. Bardziej szczegółowe dane znajdują się w: CIE 115.2010 p 1.2 oraz załączniku A) [10]. Przedstawione metody (rozdział 5, 6, 7) są jedynie przykładem nie obejmującym wszystkich przypadków drogowych, lecz wskazującym kierunek do dalszych działań kompleksowego projektowania oświetlenia ulicznego. Należy uwzględnić specyfikę każdej odrębnej sytuacji terenowej, a klasę oświetlenia dobrać na podstawie analizy oceny ryzyka oraz ogólnych wytycznych technicznych zawartych w normie. W praktyce prawie nie występują identyczne warunki spełnione dla odrębnych lokalizacji, a różnice wynikają z następujących elementów:

- geometria obszaru drogi (w płaszczyźnie poziomej i pionowej),
- warunki środowiskowe i atmosferyczne,
- oznakowanie poziome i pionowe,
- mniejszy lub większy stopień widoczności lub jej brak,
- elementy przysłaniające,
- stopień ryzyka związanego z olśnieniem (poziom olśnienia wywoływany przez lokalne urządzenia oświetleniowe),
- specyfika użytkowników obszaru drogi,
- występowanie osób starszych, z dysfunkcją wzroku, niewidomych oraz procentowy ich udział w populacji użytkowników drogi,
- natężenie ruchu,
- dopuszczalne prędkości jazdy,
- wykluczeni użytkownicy ruchu drogowego (np. brak rowerzystów) itp.

Szczególnym zagadnieniem jest redukcja zużycia energii elektrycznej. Można ją uzyskać poprzez wymianę starych, wyeksploatowanych opraw na wysokosprawne nowoczesne rozwiązania, lecz również stosując redukcją poziomu światła w sytuacjach, w których zmniejszony ruch lub specyficzna pora nocy nie wymagają spełnienia maksymalnych określonych normą poziomów parametrów oświetleniowych. Wręcz występuje wyraźne wskazanie do stosowania adaptacyjnego systemu oświetleniowego celem zmniejszenia niekorzystnego wpływu na środowisko naturalne. Oświetlenie inteligentne, dostosowujące poziom światła do potrzeb umożliwia zmianę poziomu natężenia oświetlenia i luminancji precyzyjnie ją korygując przy założeniu utrzymywanych na stałym poziomie parametrów jakościowych światła (równomierności rozkładu, parametrów barwy), określonych w części PN-EN 13201-2 (szczegóły przedstawiono w załączniku B do normy) [58]. W dokumencie nie przewidziano wytycznych wyboru klas oświetlenia dla: tuneli, punktów poboru opłat, kanałów i śluz.

Cześć druga (wprowadza: EN 13201-2:2015 [58], opublikowana: 23-03-2016, objętość: 23 str., zastępuje: PN-EN 13201-2:2007 - wersja polska) Raportu Technicznego definiuje wymagania funkcjonalne stawiane oświetleniu drogowemu. Precyzyjnie omówione zostały klasy oświetlenia wraz z przypisanymi im parametrami fotometrycznymi z uwzględnieniem potrzeb użytkowników oraz aspektów ochrony środowiska naturalnego. Dodatkowo wprowadzono trzy załączniki o charakterze informacyjnym:

- załącznik A – określa klasy oświetlenia zapewniające ograniczenie olśnienia oraz kontrolę światła przeszkadzającego a także klasy indeksu olśnienia ograniczające stopień olśnienia przykrego,
- **załącznik B – omawia sposób oświetlenia przejść dla pieszych,**
- załącznik C – przedstawia ocenę ograniczenia olśnienia w obszarach konfliktowych pomiędzy użytkownikami zmotoryzowanymi, pieszymi oraz rowerzystami (klasy C).

Cześć trzecia (wprowadza: EN 13201-3:2015 [58], opublikowana: 25-03-2016, objętość: 65 str., zastępuje: PN-EN 13201-3:2007 - wersja polska) Raportu Technicznego wprowadza jednolite zasady procedur matematycznych pozwalających na wykonanie obliczeń parametrów oświetleniowych opisanych w drugiej części normy (PN-EN 13201-2:2016-03). Procedura projektowania instalacji oświetleniowych określa parametry biorące udział w obliczeniach oraz tolerancje, zapewniając powtarzalność wyników (obliczeń efektywności oświetlenia). Jest to część normy bardzo istotna dla projektantów oświetlenia.

Cześć czwarta (wprowadza: EN 13201-4:2015 [58], opublikowana: 23-03-2016, objętość: 51 str., zastępuje: PN-EN 13201-4:2007 - wersja polska) Raportu Technicznego określa procedury oraz warunki wykonywania pomiarów fotometrycznych. Badania mają na celu potwierdzenie parametrów oświetleniowych ilościowych i jakościowych (efektywność oświetlenia) zgodnie z klasami oświetlenia określonymi w drugiej części normy (PN-EN 13201-2:2016-03). Dodatkowo wprowadzono załącznik o charakterze informacyjnym:

Załącznik A – metodologia oceny efektywności energetycznej instalacji oświetleniowej wraz z analizą odchyłek od parametrów projektowych.

Cześć piąta (wprowadza: EN 13201-5:2015 [58], opublikowana: 23-03-2016, objętość: 30 str., zastępuje: wcześniej nie było odpowiednika, jest to nowe opracowanie) Raportu Technicznego określa sposób obliczenia wskaźników efektywności energetycznej instalacji oświetlenia drogowego. Zdefiniowano następujące wskaźniki obliczeniowe charakterystyki energetycznej:

- wskaźnik gęstości mocy (PDI) DP – określający zapotrzebowanie na energię elektryczną instalacji oświetleniowej przy zachowaniu parametrów fotometrycznych klasy określonej w drugiej części normy (PN-EN 13201-2:2016-03),

- wskaźnik rocznego zużycia energii (AECI) DE – określający zużycie energii elektrycznej w przedziale czasowym jednego roku niezależnie od zmian wymogów oświetleniowych (redukcja mocy).

Wprowadzone wskaźniki umożliwiają porównywanie efektywności energetycznej odmiennych rozwiązań technicznych dla danego projektowanego odcinka oświetlenia drogowego. Natomiast brak możliwości bezpośredniego zestawienia ze sobą charakterystyk energetycznych dróg o odmiennej geometrii bądź panujących różnych warunkach oświetleniowych. Przedstawione wskaźniki odnoszą się do obszarów ruchu oświetlonych zgodnie z klasą M, C, P – określonych w drugiej części normy (PN-EN 13201-2:2016-03).

4.2.2.2 Kryteria wyboru klasy oświetlenia

Pierwsza część normy (CEN/TR 13201-1:2014 [58]) zawiera wskazówki dotyczące wyboru klas oświetlenia oraz omawia aspekty związane z analizą wyboru scenariuszy oświetleniowych. Dotyczy stałych instalacji oświetleniowych, których zadaniem jest zapewnienie dobrego poziomu widoczności publicznych stref ruchu w porze nocnej. Efektem ma być poprawa poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz jego płynności, komfortu obserwacji oraz ogólnie rozumianego bezpieczeństwa publicznego. Dokument zawiera dwa podejścia doboru klas oparte na uproszczonej i rozbudowanej analizie (szczegółowy opis w załączniku B normy CEN/TR 13201-1). Metody są traktowane zamiennie, co oznacza, że na poziomie krajowym można korzystać z dowolnej z nich lub innej alternatywnej.

Wybór klasy oświetlenia musi zostać poprzedzony analizą następujących parametrów technicznych (do typowania wymagań zakłada się przyjęcie maksymalnych wartości):

- dopuszczalna prędkość pojazdów,
- natężenie ruchu drogowego,
- uczestnicy ruchu drogowego (składowe elementy potoku ruchu),
- funkcje oraz ogólny układ drogi,
- warunki środowiskowe.

Generalny podział klas oświetlenia opiera się na kryterium doboru uczestników ruchu (każda grupa ma odmienne wymagania wizualne):

- obszary ruchu samochodowego,
- obszary konfliktowe,
- strefy piesze i nisko bieżne.

Obszary użyteczności publicznej najczęściej składają się z wielu obszarów ruchu (np. ulica, przyległy chodnik, sąsiadująca ścieżka rowerowa). W związku z tym, że każda grupa

użytkowników ma odmienne wymagania wizualne, inne parametry fotometryczne powinny być brane podczas selekcji scenariuszy oświetleniowych. **Efektom jest oddzielna analiza każdego z obszarów oświetleniowych.**

Do określenia klasy oświetlenia (normalne – projektowane) przyjmowane są najbardziej niekorzystne parametry wyboru (np. natężenie ruchu w godzinach szczytowych, dopuszczalna najwyższa prędkość itp.). Taki sposób wyboru jest niekorzystny z punktu widzenia redukcji zużycia energii, gdyż nie uwzględnia pewnych cech, które pozwoliłyby na zredukowanie ilości światła (np. w związku z późną porą nocy zmniejszone natężenie ruchu, okresowe zmniejszenie natężenia ruchu, okresowa redukcja prędkości itp.).

4.2.2.3 Oświetlenie adaptacyjne

Problemy rozwiązuje zastosowanie oświetlenia inteligentnego oraz zaadaptowanie poziomu światła do zaistniałych warunków z uwzględnieniem:

- składowych użytkowników ruchu drogowego,
- natężenia ruchu drogowego,
- charakterystyki odbiciowej nawierzchni w czasie rzeczywistym,
- stan nawierzchni dróg (nawierzchnia sucha, mokra, ciemna, jasna, oblodzony itp.),
- stan tła obserwacji (oświetlenie otoczenia).

GLÓWNA ZASADA DOBORU ADAPTACYJNEGO POZIOMU LUMINANCJI LUB NATĘŻENIA ZAKŁADA WYBÓR WARTOŚCI ŚREDNIEJ Z DANEJ KLASY LUB TABELI KLAS, Z KTÓREJ WYBRANO PODSTAWOWĄ KLASĘ OŚWIETLENIA (NP. KLASY M).

Dobór klas oświetlenia adaptacyjnego z uwzględnieniem pory nocnej oraz znacząco odmiennych (w stosunku do typowych sytuacji drogowych) parametrów technicznych należy oszacować przy pomocy dostępnych w normie tabel wyboru klasy oświetlenia M, C, P (tabela 1, 2, 3).

Oświetlenie adaptacyjne może przynieść znaczną redukcję zużycia energii elektrycznej, lecz należy przestrzegać zasady, która zezwala na obniżenie poziomu oświetlenia, ale bez pogorszenia parametrów jakościowych, które wykraczałyby poza granice zmienności przyjęte w wymaganiach dla klasy M, C i P (np. równomierności oświetlenia nawierzchni drogi). Możliwe jest też korygowanie poziomu oświetlenia instalacji nowej i w dobrym stanie technicznym (czystej) do wartości podstawowej, czyli bez uwzględniania współczynnika zapasu (zapas uwzględniający zużycie i zabrudzenie instalacji).

Realizacja funkcjonalności redukcji mocy może być przeprowadzona przez układy elektroniczne zmniejszające natężenie oświetlenia, co nie wpłynie na równomierność rozkładu luminancji oraz kontrast obiektu z tłem, lecz zwiększy wartość kontrastu progowego

(wymaganie większego poziomu oświetlenia dla detekcji obiektu w stosunku do tła obserwacji). Ponadto scenariusze sterownicze mogą być realizowane na dwa sposoby:

- sterowanie poprzez interaktywny system bazujący na danych pozyskiwanych w czasie rzeczywistym (kamery, czujniki oświetlenia, natężenia ruchu drogowego itp.). Takie podejście umożliwia awaryjne załączenie oświetlenia z pełnymi parametrami w przypadkach szczególnych, np. robót drogowych, złych warunków atmosferycznych, słabej widoczności, wypadków drogowych itp.,
- sterowanie oparte na algorytmach czasowych (jako układ uproszczony, możliwy wyłącznie w sytuacji, gdy model zmian wartości parametrów jest dobrze rozeznany w postaci analizy danych ze stacji monitorowania ruchu TMS i stacji meteorologicznych AWS, ewentualnie łatwo przewidzieć scenariusze komunikacyjne) – np. zegary astronomiczne.

Warunek zachowania równomierności oświetlenia wyklucza rozwiązanie polegające na wyłączaniu części opraw oświetleniowych celem redukcji zapotrzebowania na energię elektryczną.

PODSUMOWUJĄC: OŚWIETLENIE ADAPTACYJNE MUSI SPEŁNIAĆ DWA WARUNKI:

1. REEDUKACJA KLASY W RAMACH JEDNEJ KATEGORII OŚWIETLENIOWEJ (NP. OD M1 DO M6 LUB OD C0 DO C5),
2. ZACHOWANIE PARAMETRÓW JAKOŚCIOWYCH (RÓWNOMIERNOŚCI ROZKŁADU PARAMETRÓW ŚWIETLNYCH).

Alternatywna metoda wyboru klasy (załącznik B) precyzuje dokładnie ocenę poziomów luminancji lub natężenia oświetlenia w oparciu o zdefiniowane czynniki dla wszystkich przedstawionych klas oświetlenia.

Nazwy klas oświetlenia wraz z opisem, jakich sytuacji dotyczą przedstawiono w tab. 4.18.

Tab. 4.18

Klasy oświetlenia drogowego

lp.	Klasa oświetlenia	Zastosowanie klasy
1	M	Kierowcy pojazdów silnikowych, trasy komunikacyjne, średnie i wysokie prędkości ruchu
2	C	Obszary konfliktowe: pojazdy, piesi, rowerzyści; obszary wykazujące zmianę geometrii drogi, obszary o zwiększonym prawdopodobieństwie kolizji
3	P	Piesi i rowerzyści, chodniki i ścieżki rowerowe, kierowcy przy niskich prędkościach – uliczki osiedlowe, obszary niezależne od jezdni.
4	EV	Klasa dodatkowa: gdy musi być zapewniona widoczność powierzchni pionowych
5	HS	Klasa dodatkowa: piesi, drogi dla pieszych, pasy postojowe, powierzchniach ruchu leżące oddzielnie lub wzdłuż jezdni, drogi osiedlowe, ciągi pieszych, parkingi, dziedzińce szkolne – oświetlenie w przestrzeni
6	SC	klasy dodatkowe: gdy głównym celem oświetlenia publicznego jest identyfikacja osób, przedmiotów oraz powierzchni drogowych z występującym na nich wyższym niż normalne ryzykiem naruszenia przepisów

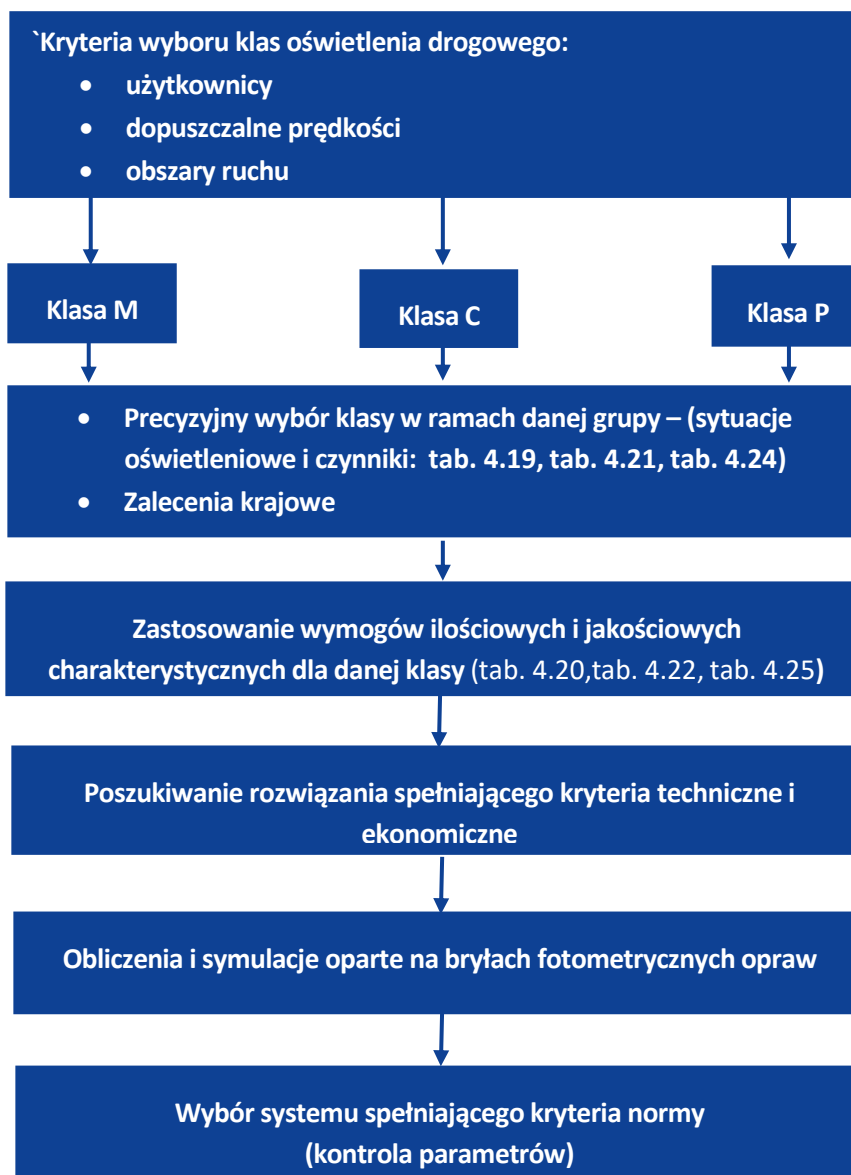
Źródło: M Chrzanowicz, na podstawie [58]

Za klasy oświetlenia podstawowe przyjmuje się: M, C, P. Mechanizm wyboru klasy z grupy podstawowej wraz z aspektami doboru rozwiązania technicznego spełniającego kryteria przedstawiono na poniższym diagramie (rys. 4.13).

Kluczowym aspektem doboru oświetlenia ulicznego jest:

- precyzyjne zdefiniowanie potrzeb na poziomie krajowym (zdefiniowanie obszaru, użytkowników, prędkości pojazdów, dodatkowych aspektów i unikalnych cech itp.),
- wybór klasy oświetlenia wraz z towarzyszącymi kryteriami,
- dobór rozwiązania technicznego, które zapewni maksymalną oszczędność energii elektrycznej, przy zachowaniu minimalnego założonego poziomu oświetlenia,
- wykonanie symulacji i obliczeń dla zdefiniowanych obszarów oraz wybranych urządzeń oświetleniowych,
- kontrola zgodności parametrów obliczonych z wymaganiami normy w aspekcie symulacyjnym oraz weryfikacja pomiarem kontrolnym po wykonaniu instalacji.

W celu utrzymania zaplanowanego standardu konieczne jest, poza podstawowymi kryteriami, uwzględnienie współczynników zapasu wykonywanie stałych okresowych konserwacji instalacji oświetleniowych oraz kontrola (pomiar) parametrów oświetleniowych w założonych interwałach czasowych.



Rys. 4.13 Diagram wyboru głównych klas oświetleniowych

Źródło: M. Chrzanowicz

4.2.2.4 Parametry wyboru oraz wymagania eksploatacyjne dla klasy oświetlenia M

Klasy M dotyczą użytkowników pojazdów silnikowych poruszających się po trasach komunikacyjnych z dopuszczonym całym spektrum prędkości (od niskich ≤ 40 km/h do bardzo wysokich ≥ 100 km/h). Precyzyjny wybór standardu jest możliwy po wnikliwej analizie sytuacji drogowej z uwzględnieniem prędkości, natężenia ruchu (dla nowych dróg prognozowanie na 10 lat, dla istniejących monitoring natężenia), geometrii obszaru, funkcji drogi itp. Kryteria wyboru powinny zostać skonfrontowane z ekspertami od oświetlenia, projektantami oraz działem eksploatacji uwzględniającym administracyjną i funkcjonalną rolę drogi.

Klasa oświetlenia wyznacza się zgodnie ze wzorem:

$$M = 6 - \sum V_w \quad (3.4.1)$$

Wartość parametru V_w została przedstawiona w tab. 4.19. Obliczając klasę oświetlenia (M1 – M6) należy uwzględnić sumę wszystkich czynników powodujących wzrost wymagań oświetleniowych (np. prędkość, natężenie ruchu itp.). W przypadku uzyskania wartości ≤ 0 (we wzorze 3.4.1) przyjmuje się najwyższą klasę oświetlenia jaką jest M1.

Tab. 4.19

Parametry precyzyjnego doboru klasy oświetlenia „M”

Parametr	Wariant	Opis *		Wartość wazona V_w *
Prędkość projektowa lub ograniczenia prędkości	Bardzo wysoka	$v \geq 100$ km/h		2
	Wysoka	$70 < v \leq 100$ km/h		1
	Umiarkowana	$40 < v \leq 70$ km/h		-1
	niska	$v \leq 40$ km/h		-2
Natężenie ruchu		Autostrady, drogi wielopasmowe	Drogi dwujezdniowe	
	Wysoka	> 65 % maksymalnej przepustowości	>45 % maksymalnej	1
	Umiarkowana	35% - 65% maksymalnej przepustowości	15% - 45% maksymalnej przepustowości	0
	niska	<35 % maksymalnej przepustowości	<15% maksymalnej przepustowości	-1
Występujący rodzaj ruchu	Mieszany z wysokim odsetkiem ruch niezmotoryzowanego			2
	mieszany			1
	Tylko zmotoryzowany			0
Rozdzielenie jezdni	Nie			1
	tak			0
Gęstość skrzyżowań		Skrzyżowanie/[km]	Przesiadki, odległości między mostami, [km]	
	Wysoka	>3	< 3	1
	umiarkowana	≤ 3	≥ 3	0
	istnieją			1

Parametr	Wariant	Opis *	Wartość ważona V_w *
Zaparkowane pojazdy	brak		0
Luminancja otoczenia	Wysoka	Witryny sklepowe, obszary składowania, obszary dworca, obszary sportowe, reklamy	1
	Umiarkowana	Normalne warunki	0
	niska		-1
Trudność kierowania pojazdem	Bardzo trudno		2
	trudno		1
	łatwo		0

*w kolumnie podano wartości przykładowe. Alternatywnie na poziomie krajowym można zastosować bardziej adekwatne wielkości, które precyzyjniej odpowiadają lokalnej (krajowej) sytuacji drogowej.

Źródło: M Chrzanowicz, na podstawie [58]

Przykład: dobór klasy oświetlenia dla ruchu zmotoryzowanego, ciągu komunikacyjnego, gdzie dopuszcza się prędkość 90 km/h, duże natężenie ruchu, częste skrzyżowania, średni udział ruchu niezmotoryzowanego oraz duży udział reklam emitujących światło w polu widzenia. Nie występują zaparkowane pojazdy:

$$\text{Klasa M} = 6 - (1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0) = \text{M1}$$

4.2.2.5 Wymagania eksploatacyjne

Po wyznaczeniu klasy oświetlenia należy zastosować wymagania zestawione w tab. 4.20. Kryteria doboru opierają się na następujących parametrach oświetleniowych:

- średnia wartość luminancji jezdni L_{sr} [cd/m^2],
- równomierność całkowita rozkładu luminancji jezdni U_o [-],
- równomierność wzdłużna rozkładu luminancji jezdni U_l [-],
- przyrost wartości progowej kontrastu, związany z poziomem olśnienia przeszkadzającego f_{T1} [%],
- współczynnik oświetlenia poboczy jezdni R_{EI} .

Wymagania eksploatacyjne zostały zdefiniowane dla suchej nawierzchni drogowej. Warunki mokre zostały ujęte jedynie w odniesieniu do równomierności ogólnej U_{ow} [-].

Tab. 4.20

Wymagania fotometryczne dla klasy M

Klasa	Luminancja suchej i mokrej jezdni drogi				Olśnienie	Oświetlenie otoczenia
	Sucha nawierzchnia			Mokra nawierzchnia	Sucha nawierzchnia	Sucha nawierzchnia
	L_{sr} [cd/m ²] [eksploatacyjne min.]	U_o [min.]	U_L^* [min.]	U_{ow}^{**} [min.]	f_{Π}^{***} [max.] %	R_{EI}^{****} [min.]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50		0,60		15	
M3	1,00					
M4	0,75	0,35		0,40		20
M5	0,50					
M6	0,30					

* równomierność wzdłużna L - pomiar powtarzalnych jasnych i ciemnych obszarów na powierzchni drogi. Powinien być uwzględniony jedynie dla długich odcinków dróg. Zdefiniowano wartości minimalne równomierności, które mogą zostać zmienione uzasadnionych przypadkach (analiza układu drogowego oraz określonych wymogów krajowych).
 ** kryterium tylko dla mokrej nawierzchni. Może być stosowane dodatkowo dla kryteriów dotyczących nawierzchni suchej, zgodnie ze szczegółowymi wymogami krajowymi. Wartości podane w kolumnie mogą zostać zmienione w przypadku, gdy mają zastosowanie szczególne wymogi krajowe.
 *** wartości z tej kolumny są zalecanymi maksymalnymi wartościami dla danej klasy oświetlenia. Mogą zostać zmienione, jeżeli zastosowanie mają określone wymagania krajowe.
 ****To kryterium może być stosowane jedynie wówczas, gdy nie istnieją obszary ruchu o własnych wymaganiach znajdujące się w sąsiedztwie jezdni. Podane wartości są tymczasowe i mogą zostać zmienione w przypadku, gdy określone zostaną szczegółowe wymagania dotyczące krajowych lub indywidualnych systemów. Wartości te mogą być wyższe lub niższe niż podane, jednakże należy zwrócić uwagę na zapewnienie wystarczającego oświetlenia obszarów.

Sposób obliczenia parametrów oświetleniowych został przedstawiony w trzeciej części normy (PN-EN 13201-3), natomiast procedura pomiarowa w czwartej (PN-EN 13201-4). Zagadnienia związane z pomiarami fotometrycznymi mającymi na celu wyznaczenie klasy oświetlenia zostały szerzej omówione w rozdziale 3.

4.2.2.6 Parametry wyboru oraz wymagania eksploatacyjne dla klasy oświetlenia C

Klasy oświetlenia C uwzględniają zmotoryzowanych użytkowników ruchu, pieszych oraz rowerzystów dla następujących sytuacji drogowych:

- krzyżowanie się strumieni ruchu różnych użytkowników (kierowcy, piesi, rowerzyści)
 - obszary konfliktowe:
 - skrzyżowania dróg, ronda,
 - ulice w centrach handlowych,
 - deptaki,
 - przejścia dla pieszych itp.

- sytuacje, w których zastosowanie podejścia opierającego się na analizie luminancji jest niepraktyczne lub ciężkie do zastosowania:
 - brak wymaganej odległości pomiarowej,
 - stan nawierzchni,
 - niekorzystne warunki meteorologiczne.

Tab. 4.21

Parametry doboru klasy oświetlenia „C”

Parametr	Wariant	Opis*	Wartość wazona V_w^*
Prędkość projektowa lub ograniczenia prędkości	Bardzo wysoka	$v \geq 100$ km/h	3
	Wysoka	$70 < v \leq 100$ km/h	2
	Umiarkowana	$40 < v \leq 70$ km/h	0
	niska	$v \leq 40$ km/h	-1
Natężenie ruchu	Wysoka		1
	Umiarkowana		0
	niska		-1
Występujący rodzaj ruchu	Mieszany z wysokim odsetkiem ruch niezmotoryzowanego		2
	mieszany		1
	Tylko zmotoryzowany		0
rozdzielenie jezdni	Nie		1
	tak		0
Zaparkowane pojazdy	istnieją		1
	brak		0
Luminancja otoczenia	Wysoka	Witryny sklepowe, obszary składowania, obszary dworca, obszary sportowe, reklamy	1
	Umiarkowana	Normalne warunki	0
	niska		-1
Trudność kierowania pojazdem	Bardzo trudno		2
	trudno		1
	łatwo		0

*w kolumnie podano wartości przykładowe. Alternatywnie na poziomie krajowym można zastosować bardziej adekwatne wielkości, które precyzyjniej odpowiadają lokalnej sytuacji drogowej.

Źródło: M Chrzanowicz, na podstawie [58]

Precyzyjnie klasę C obszaru konfliktowego można dobrać korzystając z wag sytuacji drogowych zawartych w tab. 4.21. Klasa oświetlenia wyznacza się zgodnie ze wzorem 3.4.2:

$$C = 6 - \sum V_w \quad (3.4.2)$$

Obliczając klasę oświetlenia C (od C0 do C5) należy uwzględnić sumę wszystkich czynników powodujących konieczność zaostrożenia wymagań (V_w). Jeżeli wynik C jest < 0 , stosuje się klasę oświetlenia C0. Zastosowanie klasy oświetlenia C zależy głównie od geometrii danego obszaru np. rondo, skrzyżowanie oraz intensywności ruchu (ruch okolicznościowy), a także prędkości pojazdów. Dalsze precyzyjne wytyczne są określane na szczeblu krajowym w lokalnym kodeksie postępowania z zakresu oświetlenia drogowego.

4.2.2.7 Wymagania eksploatacyjne

Kryteria doboru klasy oświetlenia C (tab. 4.21) są oparte na:

- średnia wartość natężenia oświetlenia na powierzchni drogi - E_{sr} (utrzymywane minimum eksploatacyjne) [lx],
- równomierność ogólna rozkładu natężenia oświetlenia na powierzchni drogi – U_o (wartość minimalna) [-].

Zasada: dobór poziomu oświetlenia strefy konfliktowej – nie mniej niż najwyższy poziom oświetlenia obszaru dochodzącego do strefy. W związku z możliwością zastosowania klasy oświetlenia C (uzasadnione przypadki) zamiennie z klasą M wprowadzono tabelę (tab. 4.23) umożliwiającą zamianę w oparciu o współczynnik charakteryzujący poziom jasności nawierzchni drogi – Q_o .

Tab. 4.22

Wymagania fotometryczne dla klasy C

Klasa	Poziome natężenie oświetlenia	
	\bar{E} [lx] [utrzymywane w minimum]	U_o [-] [minimum]
C0	50	0,4
C1	30	
C2	20	
C3	15	
C4	10	
C5	7,5	

Źródło: M Chrzanowicz, na podstawie [58]

Tab. 4.23

Klasy oświetlenia M i C o porównywalnym poziomie oświetlenia dla różnych wartości (Q_0)

Klasa oświetlenia M			M1	M2	M3	M4	M5	M6
Klasa oświetlenia C jeżeli $Q_0 \leq 0,05$ [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$]			C0	C1	C2	C3	C4	C5
Klasa oświetlenia C jeżeli $0,05 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1} < Q_0 \leq 0,08$ [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$]		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5
Klasa oświetlenia C jeżeli $Q_0 > 0,09$ [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$]	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C5	C5
Przykład przeliczenia								
Wymagania oświetleniowe dla klasy M – średnia wartość luminancji jezdni L_{sr} [cd/m^2]			M1	M2	M3	M4	M5	M6
			2,0	1,5	1,0	0,75	0,5	0,3
Wymagania oświetleniowe dla klasy C – średnia wartość natężenia oświetlenia jezdni E_{sr} [lx]			C0	C1	C2	C3	C4	C5
			50	30	20	15	10	7,5

Źródło: M Chrzanowicz, na podstawie [58]

4.2.2.8 Parametry wyboru oraz wymagania eksploatacyjne dla klasy oświetlenia P

Klasy oświetlenia P są przeznaczone dla pieszych i rowerzystów, którzy poruszają się po chodnikach i ścieżkach rowerowych. Dotyczą także kierowców pojazdów silnikowych poruszających się z niskimi prędkościami poza jezdnią. Zestawienie sytuacji drogowych z podziałem na użytkowników:

- piesi i rowerzyści:
 - chodniki,
 - ścieżki rowerowe,
 - deptaki,
 - parkingi itp.
- kierowcy pojazdów silnikowych poruszających się z małymi prędkościami:
 - obszary oddalone od jezdni lub przebiegające równolegle do niej,
 - uliczki osiedlowe,
 - pasy postojowe,
 - parkingi itp.

Precyzyjnie klasę P, która ma być zastosowana do danej sytuacji, należy wybrać poprzez określenie składowych ruchu, czyli dobór sumy odpowiednich wag punktowych z wartości V_w . Klasę oświetlenia wyznacza się zgodnie ze wzorem 3.4.2:

$$P = 6 - \sum V_w \quad (3.4.3)$$

Tab. 4.24

Parametry doboru klasy oświetlenia „P”

Parametr	Wariant	Opis	Wartość ważona V_w^*
Prędkość podróży	Niska	$v \leq 40$ km/h	1
	Bardzo niska	Bardzo niska prędkość chodzenia	0
natężenie	Wysokie		1
	Umiarkowane		0
	niskie		-1
Występujący rodzaj ruchu	Ruch pieszy, rowerowy i zmotoryzowany		2
	Ruch pieszy i zmotoryzowany		1
	Tylko piesi i rowerzyści		1
	Tylko piesi		0
	Tylko rowerzyści		0
Zaparkowane pojazdy	istnieją		1
	brak		0
Luminancja otoczenia	Wysoka	Witryny sklepowe, obszary składowania, obszary dworca, obszary sportowe, reklamy	1
	Umiarkowana	Normalne warunki	0
	niska		-1
Rozpoznawanie twarzy	konieczne		1**
	niekonieczne		0

*Wartości wagowe V_w podane w kolumnie należy traktować jako przykładowe z możliwością zmiany na bardziej dostosowane do lokalnej sytuacji drogowej, ustalane na poziomie krajowym.
**Szczegółowe wytyczne dotyczące stosowania parametru rozpoznawania twarzy są określone na poziomie krajowym, z uwzględnieniem specyfiki lokalizacji.

Źródło: M Chrzanowicz, na podstawie [58]

Wartość parametru V_w została przedstawiona w tab. 4.24. Obliczając klasę oświetlenia (P1 – P7) należy uwzględnić sumę wszystkich czynników powodujących wzrost wymagań

oświetleniowych (np. prędkość, natężenie ruchu, luminancje otoczenia, konieczność rozpoznawania twarzy, itp.). Gdy suma czynników $V_W < 0$ stosujemy wartość 0. W przypadku uzyskania wartości $P = 0$ (we wzorze 3.4.3) przyjmuje się najwyższą klasę oświetlenia, jaką jest P1.

Dalsze precyzyjne wytyczne są określone na szczeblu krajowym w lokalnym kodeksie postępowania z zakresu oświetlenia drogowego.

4.2.2.9 Wymagania eksploatacyjne

Wymagania eksploatacyjne dla pieszych różnią się w wielu aspektach od wymagań dla kierowców, co wynika z uwarunkowań specyfiki ruchu. Prędkości, pole widzenia, postrzeganie obiektów są diametralnie odmienne.

Kryteria doboru klasy oświetlenia P (tab. 4.25) są oparte na wymaganiach podstawowych:

- a) średnia wartość natężenia oświetlenia na powierzchni drogi - E_{sr} (utrzymywane minimum eksploatacyjne) [lx],
- b) minimalna wartość natężenia oświetlenia na powierzchni drogi – E_{min} (utrzymywane minimum eksploatacyjne) [lx].

Tab. 4.25

Wymagania dla klasy oświetlenia „P”

klasa	Poziome natężenie światła		Pionowe natężenie (wymagania dodatkowe, jeżeli konieczne jest rozpoznawanie twarzy)	
	E_{sr}^* [eksploatacyjne minimum] [lx]	E_{min} [eksploatacyjne] [lx]	$E_{v, min}$ [eksploatacyjne] [lx]	$E_{sc, min}$ [eksploatacyjne] [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 oznaczenia	Brak oznaczenia		

* W celu zapewnienia równomierność, rzeczywista wartość utrzymwanego średniego natężenia oświetlenia nie może przekraczać 1,5-krotności wartości minimalnej wskazanej dla danej klasy.

Źródło: M Chrzanowicz, na podstawie [58]

Wymagania dodatkowe, gdy wymagane jest zapewnienie rozpoznawalności twarzy (rejon zagrożone incydentami kryminalnymi):

- a) minimalna wartość pionowego natężenie oświetlenia E_v (utrzymywane minimum eksploatacyjne) [lx],
- b) minimalna wartość natężenia oświetlenia półcylicydrznego E_{sc} (utrzymywane minimum eksploatacyjne) [lx].

Dla klas innych niż główne klasy oświetlenia (HS, SC, EV) nie przewidziano w normie tabelki ze współczynnikami wagowymi odpowiadającymi sytuacjom oświetleniowym.

Z punktu widzenia przejścia dla pieszych istotna jest klasa oświetlenia E_v (płaszczyzna pionowa) gdyż wymagania formalne i badania naukowe wskazują na dużą wagę analizy rozkładu natężenia oświetlenia na sylwetce pieszego, czyli dla pionowego usytuowania płaszczyzny obserwacji przez kierowcę.

4.2.2.10 Wymagania eksploatacyjne dla klasy EV, HS, SC.

Wymagania eksploatacyjne dla klasy EV (tab. 4.26), HS (tab. 4.27), SC (tab. 4.28) opierają się na następujących parametrach fotometrycznych:

- a) minimalna wartość natężenia oświetlenia w płaszczyźnie pionowej – E_{vmin} (utrzymywane minimum eksploatacyjne) [lx],
- b) półsferyczne (średnie półkuliste natężenie oświetlenia na obszarze drogi) natężenie oświetlenia – E_{hs} [lx],
- c) całkowita równomierność oświetlenia U_0 [-],
- d) minimalne półcylicydrzne (całkowity strumień świetlny opadający na zakrzywioną powierzchnię bardzo małego cylindra półkuli podzielony przez zakrzywione pole powierzchni półkuli) natężenie oświetlenia $E_{sc min}$ (utrzymywane minimum eksploatacyjne) [lx].

Tab. 4.26

Wymagania fotometryczne dla klasy EV

Pionowe natężenie oświetlenia	
Klasa	$E_{v,min}$ w lx [eksploatacyjne min.]
EV1	50
EV2	30
EV3	10
EV4	7,5
EV5	5
EV6	0,5

Źródło: M Chrzanowicz, na podstawie [58]

Tab. 4.27

Wymagania fotometryczne dla klasy oświetlenia „HS”

Klasa	Pólsferyczne natężenie oświetlenia	
	E_{hs} w [lx] [utrzymywane minimum]	U_0 [-] [minimum]
HS1	5,0	0,15
HS2	2,5	0,15
HS3	1,0	0,15
HS4	Brak	Brak

Źródło: M Chrzanowicz, na podstawie [58]

Tab. 4.28

Wymagania fotometryczne dla klasy oświetlenia „SC”

Półcyldryczne natężenie oświetlenia	
Klasa	$E_{sc,min}$ w [lx] [eksploatacyjne min.]
SC1	10
SC2	7,5
SC3	5
SC4	3
SC5	2
SC6	1,5
SC7	1
SC8	0,75
SC9	0,5

Źródło: M Chrzanowicz, na podstawie [58]

4.2.2.11 Współczynnik utrzymania

MF (współczynnik utrzymania) określa (wzór 3.4.4), jaki zapas ilości światła trzeba przyjąć w procesie projektowania, aby w całym toku życia instalacji oświetleniowej zachować parametry znamionowe strumienia świetlnego. Konieczność wprowadzenia współczynnika wynika z naturalnego starzenia oraz zabrudzenia elementów układu optyczno – świetlnego (odbłyśnik, źródło, szkło klosza)⁴.

⁴ Określenie współczynnika utrzymania, powiązanego z procedurami eksploatacyjnymi, wymaga znajomości zmian w czasie strumienia świetlnego źródeł światła oraz opraw. W odniesieniu do projektowania systemów oświetlenia zewnętrznego, zasady wyznaczania współczynnika utrzymania zawarte są w Raporcie Technicznym CIE 154:2003 Technical Report. The maintenance of outdoor

$$MF = LLMF * LSF * LMF * SMF \quad (3.4.3)$$

gdzie poszczególne współczynniki cząstkowe to:

- LLMF – stopień obniżenia strumienia świetlnego źródła światła w toku eksploatacji (dla różnych źródeł inny),
- LSF – wygasanie źródeł w czasie eksploatacji (charakterystyczny dla każdego z typów źródeł światła),
- LMF – obniżenie sprawności oprawy oświetleniowej w czasie (zależny od parametrów oprawy, oraz jakości komponentów, z jakich została wykonana),
- SMF - zmiany współczynnika odbicia nawierzchni drogowej w czasie eksploatacji (zależny od jakości nawierzchni oraz stopnia jej wyeksploatowania).

Założenie praktyczne: gdy wymieniamy łącznie wszystkie źródła światła w danym ciągu ulicznym – LSF = 1, współczynnik odbicia asfaltu = const – SMF = 1

Należy zwrócić uwagę, że współczynnik konserwacji (oraz strumień świetlny źródła światła) zmienia się w wyniku sterowania (np. oświetlenie adaptacyjne).

4.2.2.12 Podsumowanie

1. W normie występują trzy główne klasy oświetlenia M, C, P oraz klasy dodatkowe EV, HS, SC. Dla wszystkich zostały zdefiniowane wymagania fotometryczne, lecz procedury wyboru klasy jedynie dla klas głównych.
2. Położono duży nacisk na oszczędność energii elektrycznej oraz racjonalne gospodarowanie światłem, co zostało uwidocznione w następujących zapisach:
 - a. oświetlenie adaptacyjne: dostosowujące ilość światła do potrzeb oświetleniowych definiowanych przez różne czynniki, np. związane z porą nocy,
 - b. niezależna analiza każdego odrębnego obszaru oświetleniowego, tak aby nie wprowadzać nadmiernej ilości światła w strefy, które tego nie wymagają (np. przyległy chodnik),
 - c. zapis dotyczący optymalnego projektowania związany z traktowaniem wprowadzonych w normie minimalnych parametrów fotometrycznych jako docelowe (przekroczenie minimum powinno być skutkiem wprowadzenia współczynnika zapasu, wynikającego ze starzenia się instalacji lub w uzasadnionych przypadkach podyktowane względami bezpieczeństwa),
 - d. dodatkowy arkusz normy poświęcony wskaźnikom energetycznym.

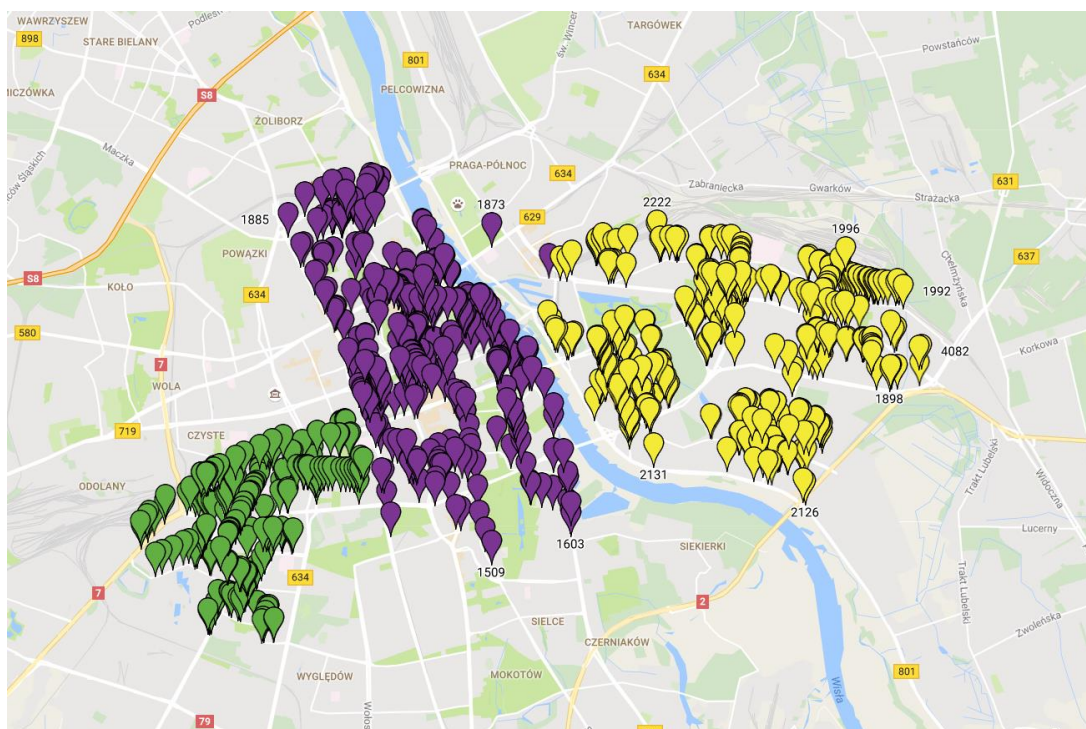
lighting systems. Szczegółowe wybrane parametry są zależne np. od stopnia szczelności obudowy i można znaleźć je w notach katalogowych opraw oświetleniowych.

3. Wymagania dotyczące oświetlenia przejść dla pieszych nie wprowadziły istotnej zmiany, nie podano też wymagań ilościowych, a jedynie sugestie dotyczące wyboru kontrastu ujemnego lub dodatniego, jaki ma wytworzyć instalacja.
4. Prawidłowo zaprojektowana (zgodnie z normą PN -EN 13201:2016: Oświetlenie dróg) i wykonana oraz eksploatowana instalacja oświetlenia drogowego powinna zapewnić odpowiednie poziomy ilościowe i jakościowe światła (funkcjonalność oświetlenia i komfort obserwacji) oraz poczucie bezpieczeństwa dla wszystkich uczestników ruchu drogowego, przy jednoczesnym ograniczaniu do minimum zużycia energii elektrycznej.

Decyzję o dodatkowym oświetleniu przejścia dla pieszych należy podjąć z uwzględnieniem istniejącego systemu oświetlenia ulicznego lub jego braku. Należy uwzględnić specyficzne cechy sposobu rozmieszczenia latarni i ich wpływ na warunki postrzegania rejonu konfliktowego, jakim jest przejście dla pieszych. Szczególnie istotnym staje się obszar 150 m przed i za przejściem w aspekcie procesów adaptacyjnych kierowcy oraz wytwarzania kontrastu sylwetki pieszego z tłem obserwacji, jakim staje się nawierzchnia drogi oraz jej otoczenie obserwowane z perspektywy pojazdu.

5. PRZEGLĄD BADAŃ OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH

W Polsce w 2016 roku po raz pierwszy prowadzono kompleksowe i szeroko zakrojone badania dotyczące oceny stanu oświetlenia przejść dla pieszych. Badania były prowadzone w ramach zamówienia na wykonanie opracowania pt. „Audyt BRD przejść dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej na drogach zarządzanych przez ZDM w dzielnicach Śródmieście, Ochota, Praga Południe pod kątem skuteczności oświetlenia tych przejść i zastosowanej organizacji ruchu” realizowanego na rzecz Zarządu Dróg Miejskich w Warszawie [45]. Miasto Warszawa podjęło się realizacji zadania kompleksowej oceny blisko tysiąca przejść dla pieszych w zakresie ustalenia poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz stanu oświetlenia (rys. 5.1). Badania stanu oświetlenia dotyczyły przejść dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej w trzech centralnych dzielnicach miasta. Raporty końcowe dla poszczególnych dzielnic oraz indywidualne wyniki pomiarów dla poszczególnych przejść dostępne są na stronach internetowych Zarządu Dróg Miejskich w Warszawie.



Rys. 5.1 Lokalizacja przejść dla pieszych w dzielnicach Warszawy: Śródmieście, Ochota, Praga Południe

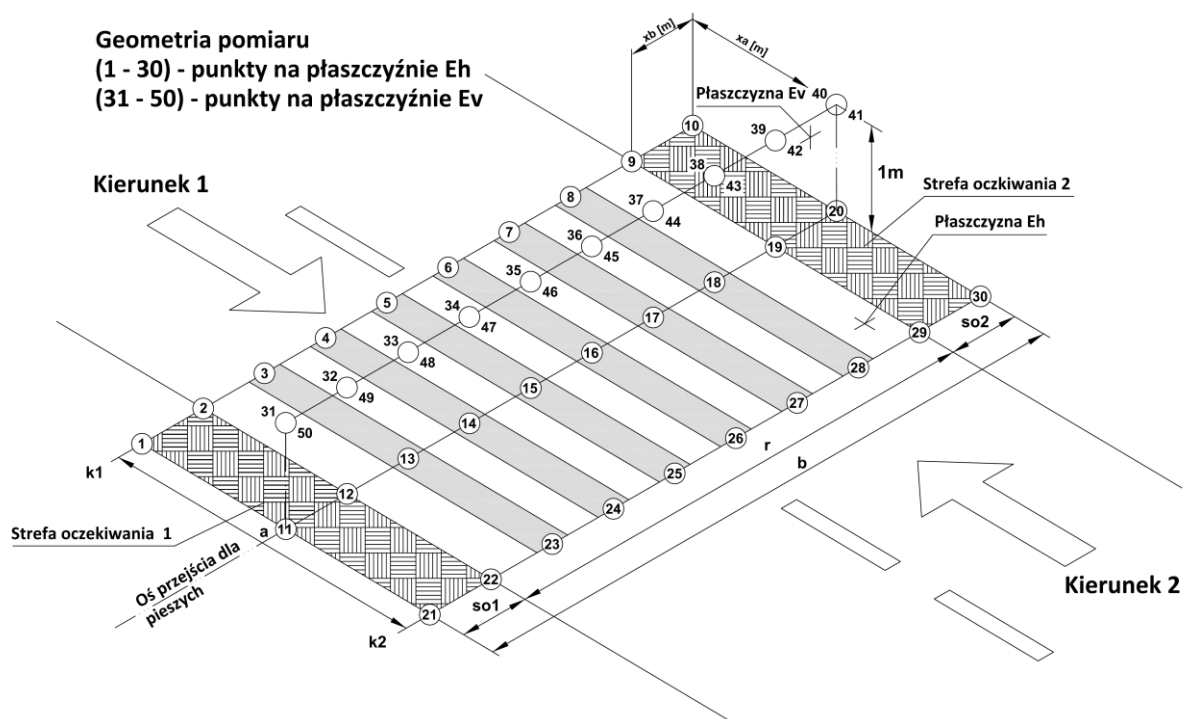
Źródło: <https://zdm.waw.pl/robi-sie/badania-i-analizy/audyt-bezpieczenstwa-przejsc-dla-pieszych-srodmiescie-ochota-praga-poludnie> [45]

Autorzy zadania opracowali całkowicie nową, kompleksową metodę oceny, pozwalającą na identyfikację czynników ryzyka występujących na wskazanych do oceny przejściach dla pieszych. Przeprowadzone badania terenowe i prace zespołu ekspertów pozwoliły

na stworzenie narzędzi do oceny poziomu zagrożenia z uwagi na stan oświetlenia, mierzonego w warunkach nocnych.

Pomiary stanu oświetlenia na przejściach dla pieszych w Warszawie zostały zrealizowane w 3÷4 osobowych zespołach pomiarowych, w skład których wchodziły osoby posiadające doświadczenie w przeprowadzaniu specjalistycznych badań oświetlenia drogowego w warunkach terenowych. W pomiarach oświetleniowych wzięło udział łącznie 10 zespołów. Zespoły przeprowadziły pomiary według jednolitej procedury.

Jednoznaczną weryfikację zastanych warunków oświetleniowych prowadzono z wykorzystaniem podstawowych parametrów, jakim są wartości natężenia oświetlenia na płaszczyznach: horyzontalnej (E_h) i wertykalnej (E_v). Wartości w tych płaszczyznach opisują w sposób wystarczający warunki oświetleniowe, jakie panują na badanym przejściu dla pieszych. Badania stanu oświetlenia przejść dla pieszych w Warszawie prowadzono z wykorzystaniem parametrów natężenia oświetlenia opisanych w normie [58] w przyjętej geometrii pomiarowej. Na rys. 5.2 przedstawiono podstawową geometrię przejścia dla pieszych z zaznaczeniem kierunków ruchu pojazdów i wskazaniem punktów pomiaru wartości natężenia oświetlenia w płaszczyźnie pionowej i poziomej.



Rys. 5.2 Podstawowa geometria przejścia dla pieszych z zaznaczeniem przyjętych punktów pomiarowych

Źródło: [45]

Do badań stanu oświetlenia przejść dla pieszych w warunkach terenowych przyjęto siatkę punktów w płaszczyznach E_h (płaszczyzna jezdni, na której znajduje się przejście łącznie ze strefą oczekiwania – punkty od 1 do 30) i E_v (płaszczyzna pionowa przechodząca przez oś przejścia dla pieszych definiująca oświetlenie sylwetki pieszego z danego kierunku obserwacji związanego z kierunkiem ruchu pojazdów – punkty od 31 do 50). Punkty pomiarowe dla pomiarów wartości E_v usytuowano na wysokości 1 m nad jezdnią, w osi przejścia. Wysokość ta uwzględnia obserwację przez kierowcę zbliżającego się do przejścia dla pieszych w sytuacjach, gdy jezdnie przekraczają osoby niepełnosprawne na wózkach inwalidzkich, osoby niskie, dzieci oraz wózki, w których przewożone są dzieci.

Do oceny wyników pomiarów wykorzystano wymagania normatywne [58], które nie definiują wprost wymagań oświetleniowych na przejściach dla pieszych. Określają jednak wymagania natężeniowe dotyczące projektowania i badania oświetlenia ulicznego w strefach komunikacyjnych na płaszczyznach poziomych E_h i pionowych E_v . Dla pomiarów poziomego natężenia oświetlenia E_h na przejściach dla pieszych przyjęto klasy oświetlenia C związane z oświetleniem stref konfliktowych i przypisano im punkty (tab. 5.1).

Tab. 5.1

Klasy oświetlenia C oraz przyjęta skala ocen punktowych

Klasy C	Poziome natężenie oświetlenia E_h		Punkty rankingowe Ocena
	E_h w [lx] (wartość najniższa, wartość oczekiwana)	U_o [wartość najniższa]	
C0	50	0,4	6
C1	30		5
C2	20		4
C3	15		3
C4	10		2
C5	7,5		1
Brak	< 7,5	-	0

Źródło: [45]

Dla pomiarów pionowego natężenia oświetlenia E_v na przejściach dla pieszych przyjęto klasy oświetlenia E_v związane z oświetleniem powierzchni pionowych i przypisano im punkty (tab. 5.2).

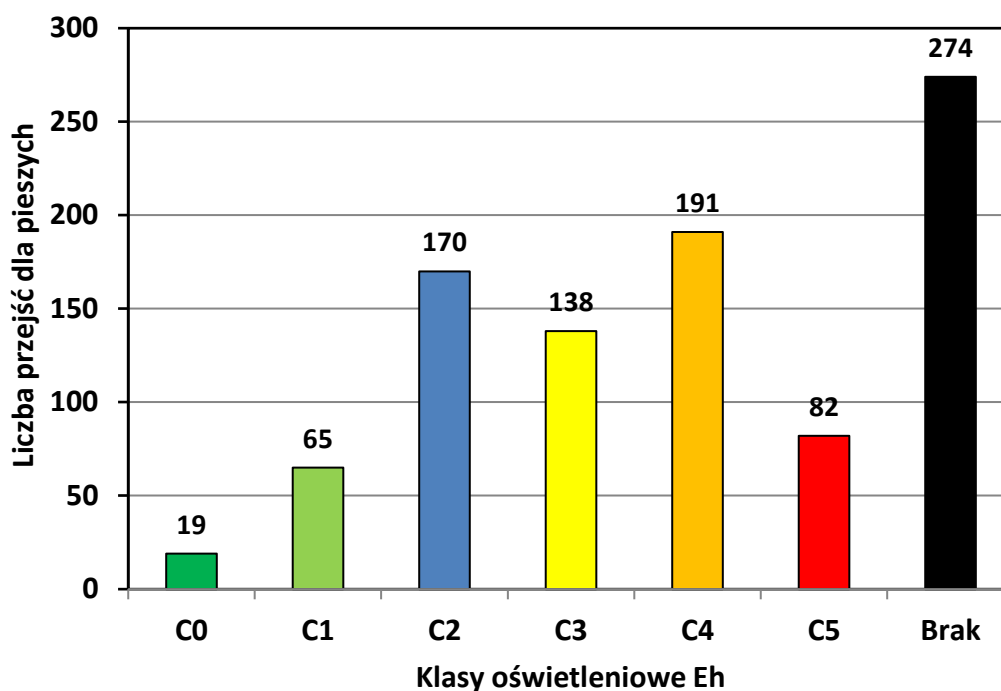
Tab. 5.2

Klasy oświetlenia EV oraz przyjęta skala ocen punktowych

Pionowe natężenie oświetlenia E_v		Punkty rankingowe Ocena
Klasa EV	$E_{v,min}$ w [lx] (utrzymywane)	
EV1	50	6
EV2	30	5
EV3	10	4
EV4	7,5	3
EV5	5	2
EV6	0,5	1
Brak	< 0,5	0

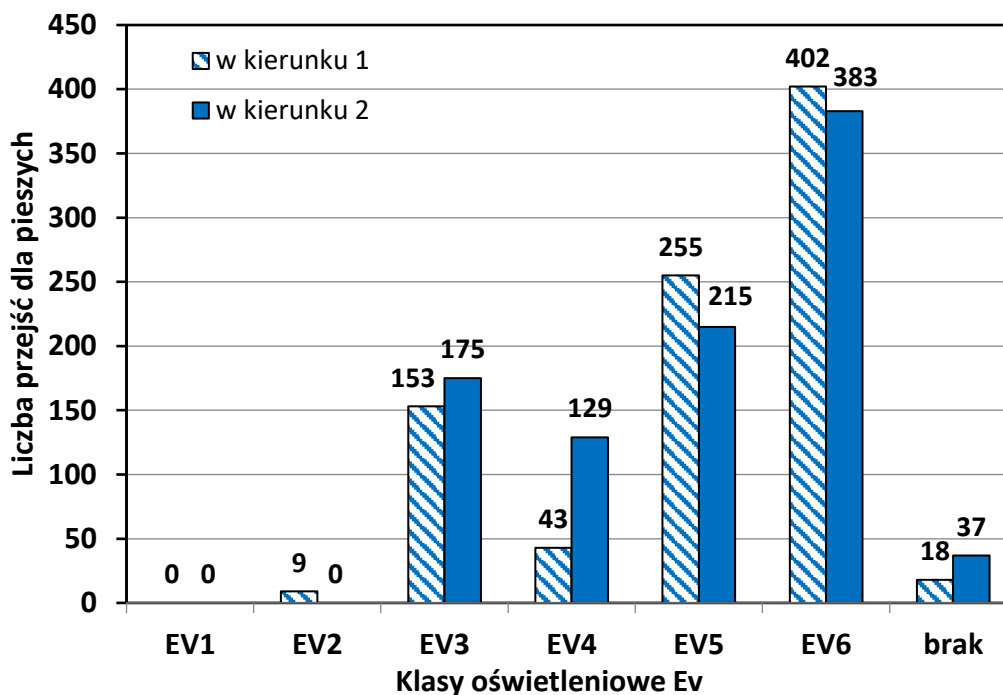
Źródło: [45]

Na rys. 5.3 zestawiono wyniki wg klasy oświetlenia C realizowanej w płaszczyźnie poziomej, a na rys. 5.4 dla klasy oświetlenia E_v w płaszczyźnie pionowej (dla dwóch kierunków ruchu) łącznie dla 939 przejść dla pieszych.



Rys. 5.3 Klasy poziomego natężenia oświetlenia C na 939 przejściach dla pieszych

Źródło: [45]



Rys. 5.4 Klasy pionowego natężenia oświetlenia E_v na 939 przejściach dla pieszych

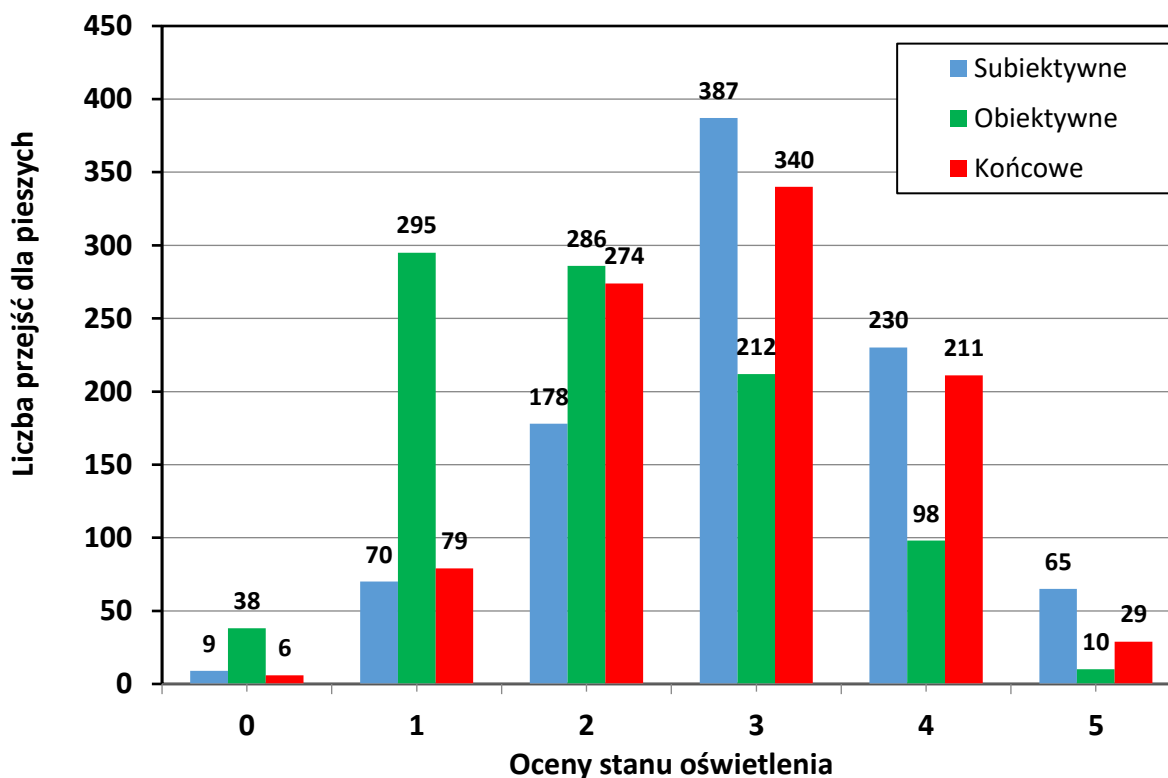
Źródło: [45]

Autorzy opracowania stosując zabieg polegający na przypisaniu punktów każdej z klas C (tab. 5.1, RC) oraz E_v (tab. 5.2, $REV1$, $REV2$) wyznaczyli obiektywną ocenę stanu oświetlenia przejścia dla pieszych zależnie od klasy oświetlenia.

Dla każdego przejścia sporządzono karty pomiarów, która zawiera wszystkie dane z wizji lokalnej, dokumentację fotograficzną, ocenę subiektywną i opinię zespołu oceniającego. Ocena subiektywna wystawiana jest przez zespół oceniający w trakcie przeprowadzania pomiaru terenowego miała za zadanie reprezentować subiektywne odczucia osób oceniających związane z oświetleniem przejścia dla pieszych, strefą oczekiwania, oświetlenia sylwetki pieszego znajdującego się na przejściu dla pieszych oraz stanem oświetlenia ulicznego w otoczeniu przejścia dla pieszych. Przyjęto skalę ocen punktowych opisujących subiektywne warunki oświetleniowe: 0 - bardzo złe, 1 - złe warunki oświetleniowe, 2 - mierne, 3 - dostateczne, 4 - dobre, 5 - bardzo dobre. Wyniki pomiarów były następnie agregowane w bazie danych pomiarów oświetleniowych oraz pozwoliły na opracowanie raportu zbiorczego.

Ocena końcowa stanu oświetlenia przejścia dla pieszych jest wypadkową kryteriów składowych i wystawiana była na podstawie sumy oceny cząstkowej subiektywnej i obiektywnej:

Na rys. 5.5 zestawiono oceny subiektywne, obiektywne i końcowe uzyskane dla przebadanych pod względem oświetleniowym przejść dla pieszych w dzielnicach Śródmieście, Ochota i Praga Południe w Warszawie.



Rys. 5.5 Zestawienie ocen stanu oświetlenia na 939 przejściach dla pieszych

Źródło: [45]

W przypadku stwierdzenia nieprawidłowego poziomu natężenia oświetlenia lub niewłaściwych warunków oświetleniowych, zaproponowane zostały rozwiązania techniczne poprawiające postrzeganie pieszych w godzinach nocnych zarówno na samym przejściu, jak i w strefie oczekiwania. Zalecenia uwzględniają szereg zabiegów począwszy od tych najtańszych i najprostszych w aplikacji, aż do wymagających kompleksowej poprawy instalacji oświetleniowej. W wyniku przeprowadzonych prac powstała zbiorcza baza danych parametrów oświetleniowych w postaci plików arkuszy kalkulacyjnych dla poszczególnych dzielnic i raportu końcowego. Przejścia dla pieszych można filtrować wg poszczególnych kryteriów.

W ramach pracy zidentyfikowano i sklasyfikowano czynniki ryzyka oraz wskazano szereg nieprawidłowości. Wytypowano przejścia dla pieszych, na których wymagane jest przeprowadzenie konserwacji, modyfikacji istniejącej ulicznej instalacji oświetleniowej bądź konieczność instalacji opraw dodatkowych. W wyniku przeprowadzonych wizji lokalnych

w porze nocnej oraz wykonanych pomiarów parametrów oświetleniowych, ustalono także szereg zaleceń dla poszczególnych przejść dla pieszych.

W raporcie końcowym w szczególności wskazano, że:

- większość z badanych przejść dla pieszych (99,6% z 939) oświetlona jest za pomocą opraw ulicznych ustawionych w sposób niegwarantujący wytworzenia odpowiednich warunków oświetleniowych na przejściach,
- stan oświetlenia ulicznego budzi zastrzeżenia w kontekście realizacji zadań oświetleniowych na przejściach dla pieszych,
- na 274 (z 939) przejściach dla pieszych nie uzyskano średnich wartości natężenia oświetlenia w płaszczyźnie horyzontalnej większych od 7,5 lx. W przypadku tych przejść wymagane jest podjęcie zdecydowanych działań zmierzających do poprawy stanu oświetlenia,
- stosowane obecnie dodatkowe rozwiązania oświetleniowe na przejściach dla pieszych (oprawy dedykowane, kasetony itd.) instalowane są bez zachowania kontroli ustawienia kierunku emisji wiązki świetlnej opraw oświetleniowych i bez potwierdzenia uzyskiwanych parametrów oświetleniowych. Wskazano, że stosowanie tego typu rozwiązań bez kontroli efektów oświetleniowych może nie poprawić stanu oświetlenia sylwetki pieszego znajdującego się na przejściu dla pieszych,
- wymagane jest stosowanie opraw dedykowanych do oświetlenia przejść dla pieszych wraz z przeprowadzeniem badań kontrolnych stanu oświetlenia na etapie realizacji inwestycji oraz w trakcie eksploatacji,
- szczególną uwagę należy zwrócić na problem systematycznej konserwacji ulicznych instalacji oświetleniowych w kontekście poprawy istniejącego stanu oświetlenia w otoczeniu przejść dla pieszych. Jak wynika z Raportu [45] konserwacja opraw oświetleniowych (540), czyszczenie opraw (429) oraz wymiana źródeł światła (80) są głównymi przyczynami wpływającymi na stan oświetlenia na przejściach dla pieszych,
- rozwiązaniem pośrednim poprawiającym stan oświetlenia w otoczeniu przejść dla pieszych jest wymiana istniejącego źródła światła (380) na inne o odmiennych parametrach (mocy lub/i barwy światła),
- możliwe jest zastosowanie kilku rozwiązań oświetleniowych. Możliwy jest montaż dodatkowych opraw oświetlenia ulicznego zarówno jako nowych słupów z oprawami ulicznymi (202) jak i instalacji dodatkowych opraw oświetleniowych na istniejących

- słupach (93). Możliwa jest także wymiana eksploatowanych obecnie opraw na oprawy nowe, o ściśle ukierunkowanym rozsyłe strumienia świetlnego (121),
- wiele ulicznych instalacji oświetleniowych należy w przyszłości wymienić na nowoczesne systemy oświetleniowe (wskazano 31). Podczas ich projektowania należy zwrócić szczególną uwagę na aspekt poprawnego oświetlenia przejść dla pieszych,
 - obniżenie parametrów oświetleniowych na przejściach dla pieszych często (165 przypadki) wiąże się z występowaniem przeszkód dla światła (np. korony drzew przesłaniają oprawy oświetleniowe). Uznano, że należy podjąć działania polegające na usunięciu istniejących przeszkód lub zmianie lokalizacji opraw oświetleniowych,
 - jedynie 74 przejść dla pieszych, nie wymaga podjęcia żadnych działań naprawczych,
 - należy kontynuować podjęte prace pomiarowe w kolejnych dzielnicach Warszawy,
 - istnieje potrzeba stworzenia kompleksowego i systemowego podejścia do kontroli i utrzymania właściwego stanu oświetlenia przejść dla pieszych w Warszawie,
 - konieczne jest przeprowadzanie pomiarów oświetleniowych każdorazowo po zrealizowaniu inwestycji oświetleniowej na przejściu dla pieszych, a uzyskane wyniki oświetleniowe powinny być weryfikowane, protokolowane i archiwizowane w jednolitej bazie danych,
 - istnieje potrzeba stworzenia jednolitych i czytelnych zaleceń dla projektantów i wykonawców oraz wymagań w stosunku do parametrów oświetleniowych, jakie muszą być spełnione na przejściach dla pieszych w Warszawie.

6. WARUNKI TECHNICZNE ORAZ STANDARDY DLA INFRASTRUKTURY OŚWIETLENIA W POLSCE

6.1 Konstrukcje nośne – wymagania techniczne

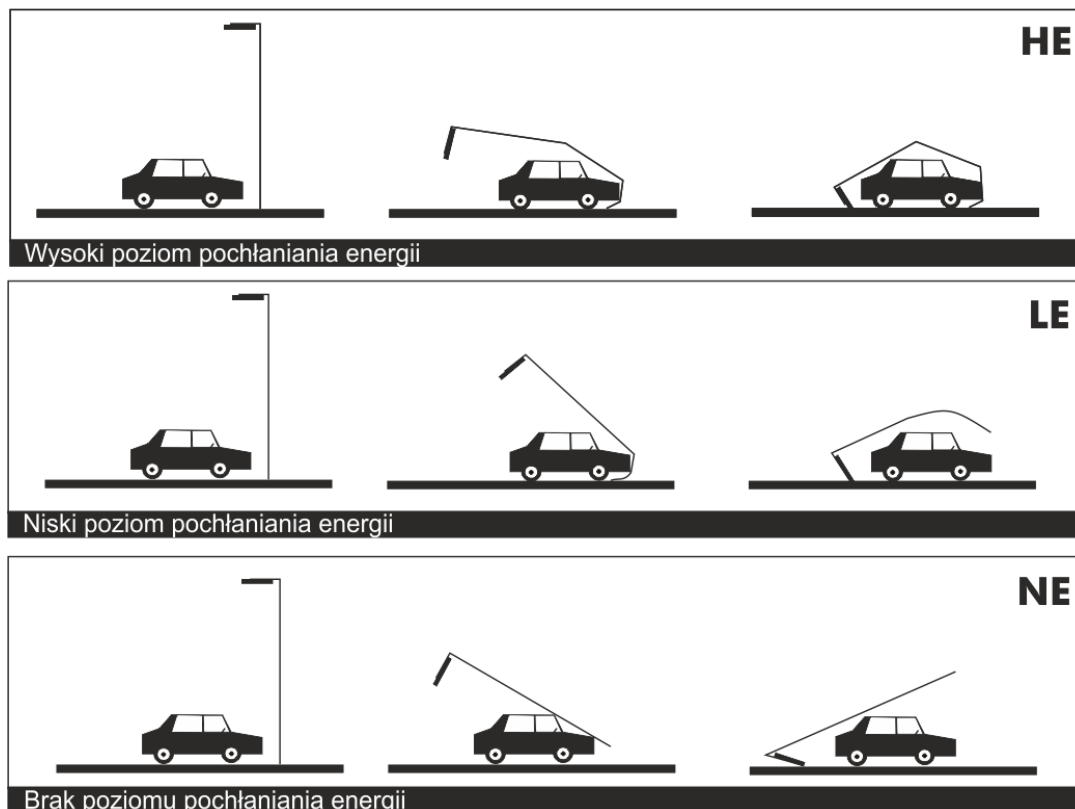
6.1.1 Wymagania dotyczące biernego bezpieczeństwa konstrukcji nośnych

Konstrukcje nośne opraw oświetlenia ulicznego (słupy), powinny spełniać wymagania biernego bezpieczeństwa. W przypadku słupów oświetlenia ulicznego, celem biernego bezpieczeństwa jest zredukowanie ciężkości urazów osób podróżujących pojazdem przy uderzeniu w stałą konstrukcję nośną. Słupy oświetlenia ulicznego powinny być wykonane w taki sposób, aby w chwili najechania na nie pojazdu, uginały się lub odrywały.

Wyróżnia się trzy kategorie biernego bezpieczeństwa dla konstrukcji nośnych [95]:

- pochłaniające energię w wysokim stopniu HE,
- pochłaniające energię w niskim stopniu LE,
- nie pochłaniające energii NE.

Na rys. 6.1 przedstawiono schematyczne poziomy pochłaniania energii. Na rys. 6.2 podano przykład fundamentu słupa oświetleniowego przy braku pochłaniania energii (NE).



Rys. 6.1 Schemat poziomów pochłaniania energii

Źródło: [30]



Rys. 6.2 Przykład fundamentu dla słupa NE

Źródło: www.transpo.com

Słupy oświetleniowe pochłaniające energię w wysokim stopniu (HE) zatrzymują pojazd lub znacznie wyhamowują jego prędkość po zderzeniu. W ten sposób zmniejszają ryzyko powtórного zderzenia z innymi uczestnikami ruchu oraz obiektami znajdującymi się w bliskim rejonie zaistniałego zdarzenia drogowego. Po zderzeniu ze słupem klasy HE, pojazd będzie przemieszczał się wolno lub się zatrzyma. Jednocześnie ryzyko obrażeń osób poruszających się w samochodzie jest większe niż w konstrukcjach klasy LE.

Słupy oświetleniowe pochłaniające energię w niskim stopniu (LE) powinny spowodować zmniejszenie prędkości pojazdu, w celu uniknięcia ponownej kolizji. Ryzyko obrażeń osób poruszających się w samochodzie jest większe niż w konstrukcjach klasy NE i mniejsze niż w HE. Konstrukcje pochłaniające energię w niskim stopniu (LE) powinny mieć zastosowanie m.in. w obszarach przejść dla pieszych i dróg rowerowych.

Konstrukcje nośne nie pochłaniające energii (NE) umożliwiają kontynuację jazdy pojazdem po zderzeniu ze zmniejszoną jego prędkością. Takie rozwiązanie powoduje zmniejszenie ryzyka odniesienia poważnego urazu w odróżnieniu od konstrukcji wsporczych pochłaniających

energię. Słupy oświetleniowe klasy NE mają głównie zastosowanie na Autostradach i drogach ekspresowych.

Ryzyko osoby podróżującej samochodem, określane jest jako poziom bezpieczeństwa osób znajdujących się w samochodzie zapewniany przez daną konstrukcję wsporczą. Poziom ten to oznacza się liczbami od 1 do 4 (tab. 6.1).

Tab. 6.1

Ryzyko użytkownika pojazdu

Poziom bezpieczeństwa osób znajdujących się w pojeździe	Komentarz
1 do 3	Konstrukcje wsporcze zapewniające wzrost bezpieczeństwa
4	Bardzo bezpieczne konstrukcje

Źródło: [95]

Poziom bezpieczeństwa pasażera określony w granicach od 1 do 3 oznacza wyższy poziom jego bezpieczeństwa wynikające z właściwego zachowania się konstrukcji, która powinna zminimalizować konsekwencje zderzenia pojazdu ze słupem.

W przypadku występowania pojedynczego słupa oświetleniowego, którego nie można wyeliminować i który nie spełnia wymagań normy [95], należy rozważyć czy dla jego zabezpieczenia bardziej efektywnie i ekonomicznie będzie zastosowanie barier ochronnych lub poduszek zderzeniowych [30]. Przy doborze bariery ochronnej osłaniającej słup oświetleniowy, należy stosować zalecenia określone w [30]. W przypadku usytuowania słupa oświetleniowego za stałą barierą zabezpieczającą, powinno się go ustawić w odległości od bariery nie bliższej niż $0,5 \text{ m} + "W"$, gdzie „W” oznacza poziom szerokości pracującej bariery wg PN-EN 1317-2 Systemy ograniczające drogę Część 2: Klasy działania, kryteria przyjęcia badań barier ochronnych. Szerokość pracująca jest to odległość między boczną powierzchnią czołową bariery od strony ruchu pojazdów przed zderzeniem, a maksymalnym dynamicznym bocznym położeniem jakiegokolwiek większej części systemu. Szerokość pracująca jest miarą odkształcenia bariery [26].

W tab. 6.2 przedstawiono wymagania bezpieczeństwa biernego dla słupów oświetleniowych zlokalizowanych w pasach drogowych dróg publicznych w zależności od kategorii drogi i prędkości. Klasa „0” oznacza, że dana konstrukcja wsporcza nie spełnia żadnych wymagań biernego bezpieczeństwa.

Tab. 6.2

Wymagania bezpieczeństwa biernego dla słupów oświetleniowych [33]

Lp.	Kategoria drogi	Wymagane właściwości wg PN-EN 12767 <i>Bierne bezpieczeństwo konstrukcji wsporczych dla urządzeń drogowych.</i> <i>Wymagania i metody badań</i>		
		Klasa prędkości [km/h]	Kategoria pochłaniania energii	Poziom bezpieczeństwa osób znajdujących się w pojeździe
1	Autostrady i drogi ekspresowe	100	NE	3
2	Pozostałe drogi krajowe wojewódzkie (z wyłączeniem l.p.4)	70	HE, LE, NE	1, 2, 3
3	powiatowe i gminne (z wyłączeniem l.p.4)	50	HE, LE, NE	1, 2, 3
4	Krajowe, wojewódzkie, powiatowe, gminne, usytuowane w granicach obszaru zabudowanego, gdzie nie zwiększono limitu prędkości ponad określoną w ustawie prawo o ruchu drogowym	Klasa „0”		

6.1.2 Materiał na słupy oświetleniowe

Ze względu na materiał, z którego wykonany jest słup oświetleniowy, słupy oświetleniowe dzielą się na:

1. Drewniane, zabezpieczone olejem kreozotowym,
2. Żelbetowe o przekroju kołowym lub wielokąta,
3. Stalowe, obustronnie cynkowane:
 - walcowane, o stałej zbieżności lub skokowo zmieniające średnicę albo o stałej średnicy (rurowe) ,
 - wykonane z taśmy stalowej lub blachy o przekroju wielokąta lub kołowym, zbieżne lub o stałej średnicy,
4. Żeliwne, zbieżne lub o stałej średnicy,
5. Aluminiowe, zbieżne lub o stałej średnicy,
6. Kompozytowe, zbieżne lub o stałej średnicy.

Słupów drewnianych praktycznie nie stosuje się do oświetlenia ulic, w tym przejść dla pieszych. Używane są one i to w ograniczonych ilościach do oświetlenia m.in. alejek parkowych. Najczęściej przejścia dla pieszych oświetlane są oprawami zainstalowanymi na słupach i masztach wykonanych ze stali walcowanej, blachy lub aluminium.

Najnowszym surowcem do produkcji słupów oświetleniowych są kompozyty wykonane z polimerów zbrojonych włóknem szklanym. Słupy te mają m.in. następujące zalety:

- nie ulegają korozji,
- niewielki ciężar (słup o wysokości 6,0 m waży około 60 kg),
- niskie koszty transportu i montażu,
- nie wymaga ciężkiego fundamentowania,
- w nieznacznym stopniu pochłania energię podczas kolizji – pojazd po zderzeniu kontynuuje jazdę ze zmniejszoną prędkością.

6.1.3 Wymagania ogólne dla wszystkich słupów

Zaleca się, aby słupy i maszty oświetleniowe spełniały poniższe wymagania [27]:

- wysokość słupów: $h \geq 5\text{m}$,
- długość wysięgnika powinna być dostosowana do geometrii jezdni i miejsca lokalizacji słupa,
- wyposażenie we wnękę z dostateczną ilością miejsca na połączenie kabli i umieszczenie odpowiedniej liczby zabezpieczeń,
- zabezpieczenie wnęk przed dostępem osób postronnych,
- słupy powinien być wyposażony w tabliczkę znamionowa z podaniem: typu słupa, datą produkcji, nazwą producenta oraz tabliczkę ostrzegawczą,
- drzwiczki i pokrywy wnęk kablowych słupów powinny być wyposażone w zacisk do przyłączenia przewodu ochronnego,
- słupy przeznaczone do montażu na fundamencie prefabrykowanym muszą przenieść obciążenia wynikające z zawieszenia opraw oraz parcia wiatru (na oprawę i wysięgnik) dla występującej lokalnie strefy wiatrowej,
- długość wysięgników oraz ich kąt nachylenia względem jezdni powinien być zgodny z dokumentacją projektową oraz obliczeniami fotometrycznymi,
- wysięgniki, które są mocowane wierzchołkowo lub bocznie, powinny być dostosowane do typu oprawy i typu słupa oświetleniowego.

6.1.3.1 Dodatkowe wymagania dla słupów metalowych

Zaleca się, aby słupy i maszty oświetleniowe metalowe spełniały poniższe zalecenia:

- grubość ścianki słupów metalowych nie mniejsza niż 4 mm,
- słupy i maszty powinny być montowane na fundamentach prefabrykowanych,

- słupy ozdobne żeliwne i odlewane w dolnej swojej części powinny być wyposażone w rurę stalową dla wzmocnienia i zapobiegnięcia gwałtownemu upadkowi słupa w przypadku jego złamania.

6.1.3.2 Dodatkowe wymagania dla słupów kompozytowych

Zaleca się, aby słupy i maszty oświetleniowe spełniały poniższe zalecenia:

- materiały użyte do produkcji słupów kompozytowych powinny spełniać wymagania normy PN-EN 40-7,
- zapewniały odporność na promieniowanie UV,
- włókna wzmacniające powinny być wykonane ze szkła typu E spełniające wymagania normy PN-EN 40-7,
- żywica polimerowa powinna mieć właściwości mechaniczne i trwałość dostosowaną do warunków środowiska i odpowiednią do projektowanego czasu eksploatacji słupa,
- złącza i mocowania powinny być wykonane z kompozytów polimerowych lub innych materiałów o równoważnej lub zwiększonej trwałości,
- zabarwienie - laminaty kompozytowe powinny być całkowicie zabarwione w sposób jednolity na całej konstrukcji. Kolor RAL 7032 (szary beżowy),
- wszystkie cięte obrzeża na końcach słupa lub przy otworach powinny być przylegające,
- powinien posiadać certyfikat IK10, czyli stopień ochrony przed mechanicznym uszkodzeniem,
- powinien posiadać współczynnik ochrony przed cieciami minimum IP44,
- konstrukcja słupa nie powinna wymagać zabiegów antykorozyjnych oraz dodatkowego uziemienia elektrycznego,
- konstrukcja słupa powinna posiadać cechy biernego bezpieczeństwa i być zgodna z wymaganiami [95] i kategorią pochłaniania energii, oraz prędkości zderzenia dostosowaną do danej lokalizacji słupa.

6.2 Konstrukcje nośnie – analiza ograniczeń widoczności

Usytuowanie słupów oświetleniowych w obrębie przejść dla pieszych może stanowić istotną przeszkodę ograniczającą wymagane pola widoczności wzajemnej kierowcy i pieszego. Ograniczenia widoczności spowodowane nieprawidłowym usytuowaniem słupów należą do ograniczeń stałych, infrastrukturalnych, mogących powodować niebezpieczne w skutkach sytuacje na drodze z udziałem niechronionych uczestników ruchu drogowego. Na rys. 6.3 przedstawiono przykłady słupów, które ograniczają widoczność pieszego – kierowca.



Rys. 6.3 Przykłady słupów ograniczających widoczność przy przejściach dla pieszych – perspektywa pieszego

Źródło: T. Mackun

Na rys. 6.4 przedstawiono efekt ograniczenia widoczności na pieszego z perspektywy kierowcy. Za słupem ustawiono szczupłą, dorosłą osobę w odblaskowej kamizelce, dodatkowo osoba wystawiła rękę do przodu. Postać jest przesłonięta, gdyby nie wystawiona ręka, odblaskowa kamizelka i dobre oświetlenia, postać zlałaby się całkowicie ze słupem. Na rys.

6.5 przedstawiono powiększenie zdjęcia, aby przedstawić jak duża część sylwetki pieszego może być przesłoniąta przez słup.



Rys. 6.4 Przykłady słupa ograniczającego widoczność przy przejściu dla pieszych – perspektywa kierowcy

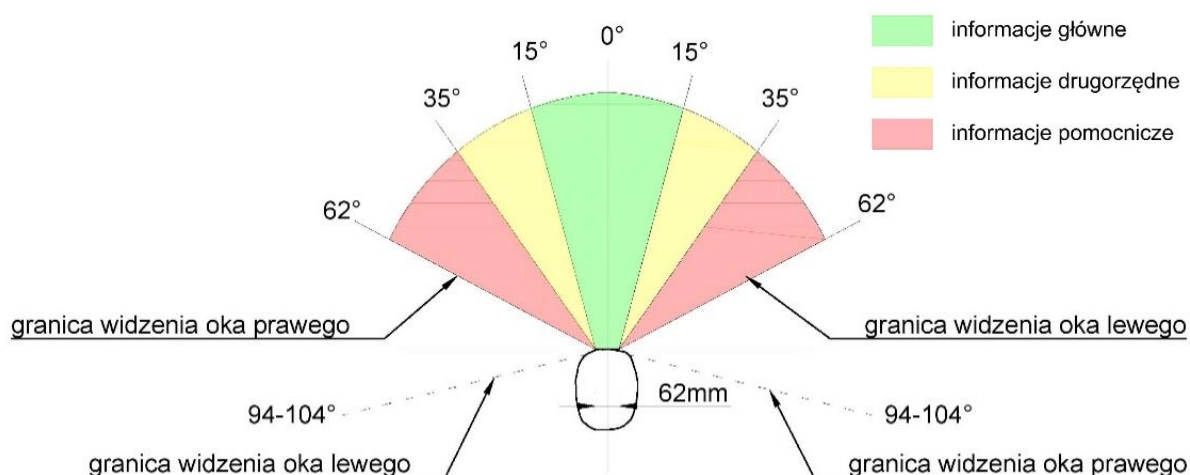
Źródło: T. Mackun



Rys. 6.5 Przykłady słupa ograniczającego widoczność przy przejściu dla pieszych – perspektywa kierowcy - powiększenie rys. 6.4

Źródło: T. Mackun

Zakres pola widzenia człowieka składa się z wachlarzu podpół, przez które przekazywane są do mózgu informacje główne, drugorzędne oraz pomocnicze. Na podstawie amerykańskich badań, opisanych szczegółowo w podręczniku *Military Handbook 743A*, przyjęto średnią szerokość rozstawu oczu człowieka równą 62 mm. Proste wyznaczające granice pól widzenia rozwarte są pod kątem 124°. Na Rys. 6.6 przedstawiono schemat szczegółowy zakresu pola widzenia człowieka. Wszystkie przeszkody pojawiające się w zaprezentowanym polu, powodują powstanie tzw. martwych pól widzenia, a co za tym idzie znaczne ograniczenie obszaru widzenia i odbieranych przez oko ludzkie informacji.



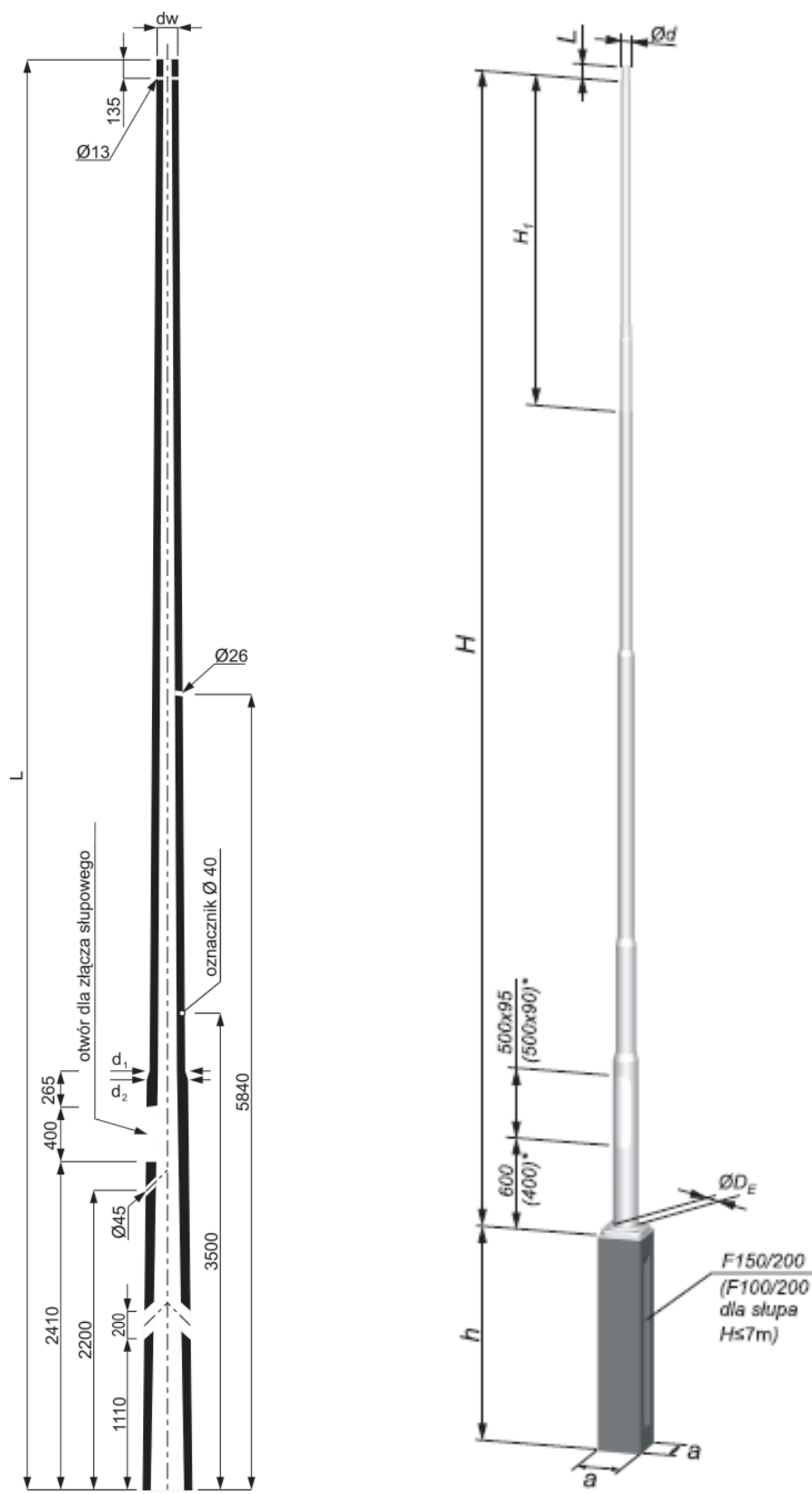
Rys. 6.6 Zakres pola widzenia człowieka

Źródło: opracowanie własne na podstawie skryptu „Ergonomia” Maria Wykowska, Kraków, Wyd. AGH, 1994

Do analizy ograniczeń widoczności, wybrano dwa najczęściej spotykane rodzaje słupów oświetleniowych:

- żelbetowy EOP12/2,5 ($d_1 = 281$ mm, $d_2 = 330$ mm),
- stalowy S-80SRwP/4 ($\Phi d_e = 60$ mm, $\Phi D_E = 170$ mm).

W zakresie widoczności wzajemnej pieszy – kierujący i słupa pomiędzy nimi istotnym elementami są: powierzchnia boczna pieszego, powierzchnia boczna słupa, lokalizacja oczu pieszego względem słupa i pojazdu. Zgodnie z danymi antropometrycznymi zawartymi w normie PN/90-N08000 przyjęto wartości średnie dla kobiet i mężczyzn – szerokość frontową ciała równą 490 mm oraz szerokość boczną ciała równą 260 mm. W celu zbadania ograniczeń widoczności spowodowanych przez słupy oświetleniowe zlokalizowane w obrębie przejść dla pieszych, przyjęto dwa warianty ustawienia pieszego.



Rys. 6.7 Często stosowane rodzaje słupów oświetleniowych*

*Po lewej słup żelbetowy, po prawej stalowy

Źródło: witryca producenta STRUNOBET i Elmont Elektromontaż Rzeszów SA

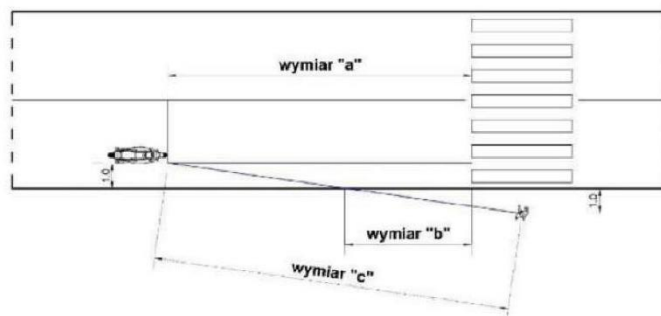
Wariant podstawowy – pieszy usytuowany w strefie oczekiwania, w środku szerokości przejścia dla pieszych, w odległości 1 m od jego krawędzi jezdni. Słup oświetleniowy umiejscowiono w odległości równej 0,5 m od krawędzi jezdni oraz przedłużonej krawędzi przejścia dla pieszych (odległość mierzona do lica słupa), (rys. 6.9 rys. 6.11 rys. 6.13).

Wariant krytyczny – pieszy usytuowany w najbardziej niekorzystnej lokalizacji. Przyjęto, że pieszy i kierowca powinni się wzajemnie widzieć, na całej długości wymaganej widoczności. Przyjęto, dla dopuszczalnej prędkości $V = 50$ km/h, odległość wymaganej widoczności 65 m [45]. W tej odległości, w środku pasa zaczepiono punkt obserwacji i przeprowadzono od niego linię przez środek słupa oświetleniowego. W taki sposób wyznaczono krytyczną lokalizację ustawienia pieszego względem słupa i pojazdu, w którym pieszy ma największe ograniczenie widoczności. Podobnie jak w przypadku pierwszym, słup oświetleniowy został umiejscowiony w odległości równej 0,5 m od krawędzi jezdni oraz przejścia (odległość mierzona do lica słupa), (rys. 6.10 rys. 6.12 rys. 6.14).

W związku ze znaczną różnicą średnicy żerdzi słupa żelbetowego na granicy 126,5 cm wysokości powyżej poziomu terenu (330/281 mm), zdecydowano się na podział analizy, w zależności od wieku i wzrostu pieszego zamierzającego przekroczyć jezdnię, w następujący sposób:

- dziecko w wieku 6 lat (120 cm wzrostu),
- osoba dorosła (zgodnie z normą PN/90-N08000 średnia wysokość ciała osoby dorosłej wynosi 167 cm),

Celem przeprowadzonej analizy było wyznaczenie „martwych pól” widzenia, które powstały w wyniku usytuowania słupów oświetleniowych w polach widzenia pieszego.

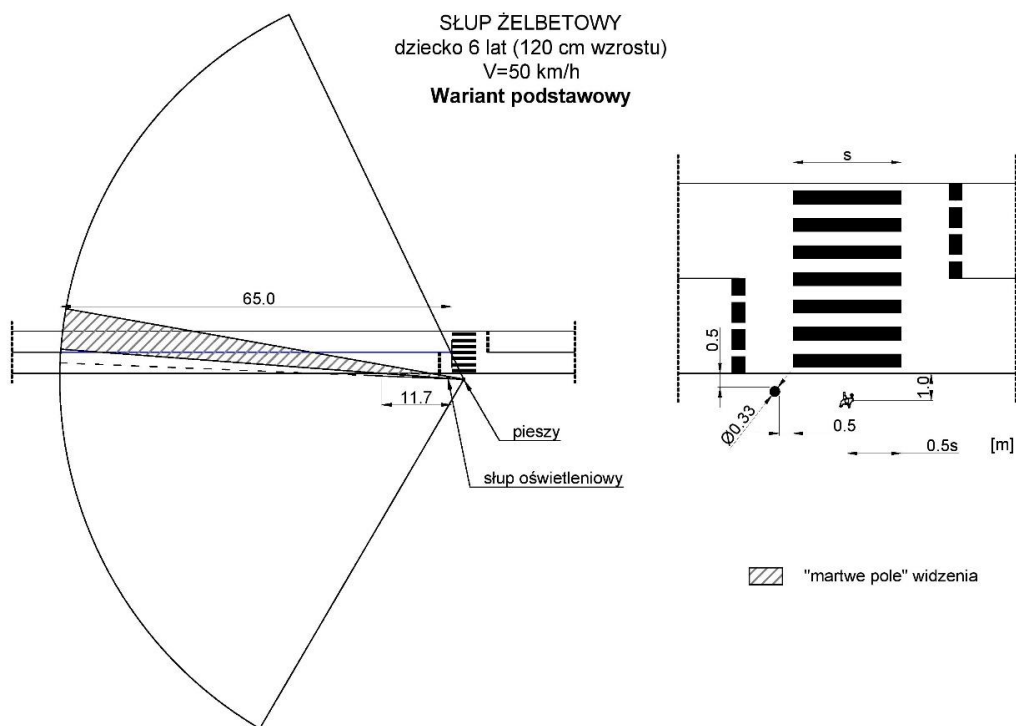


Prędkość dop. [km/h]	Współczynnik bezpieczeństwa [%]	Prędkość dop. + współcz. bezp. [km/h]	Pochylenie podłużne [%]														
			-8			-4			0			4			8		
			Widoczność wymagana [m]														
			Wymiar			Wymiar			Wymiar			Wymiar			Wymiar		
a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c			
20	0%	20	20	9	22	20	9	22	15	7	17	15	7	17	15	7	17
30	0%	30	25	12	27	25	12	27	20	9	22	20	9	22	20	9	22
	40%	42	44	21	46	44	21	46	40	19	42	37	18	39	37	18	39
40	0%	40	40	19	42	40	19	42	35	17	37	35	17	37	35	17	37
	40%	56	69	34	71	69	34	71	61	30	63	53	26	55	53	26	55
50	0%	50	55	27	57	55	27	57	50	24	52	45	22	47	45	22	47
	10%	55	68	33	70	68	33	70	60	29	62	53	26	55	53	26	55
	15%	58	71	35	73	71	35	73	63	31	65	55	27	57	55	27	57
	20%	60	80	39	82	80	39	82	70	34	72	60	29	62	60	29	62
	25%	63	92	45	94	87	43	89	78	38	80	70	34	72	68	33	70
	30%	65	95	47	97	90	44	92	80	39	82	73	36	75	70	34	72
60	0%	60	80	39	82	80	39	82	70	34	72	60	29	62	60	29	62
	40%	84	173	86	175	153	76	155	133	66	135	119	59	121	109	54	111
70	0%	70	110	54	112	100	49	102	90	44	92	85	42	87	80	39	82

Rys. 6.8 Widoczność na zatrzymanie przed przejściem dla pieszych

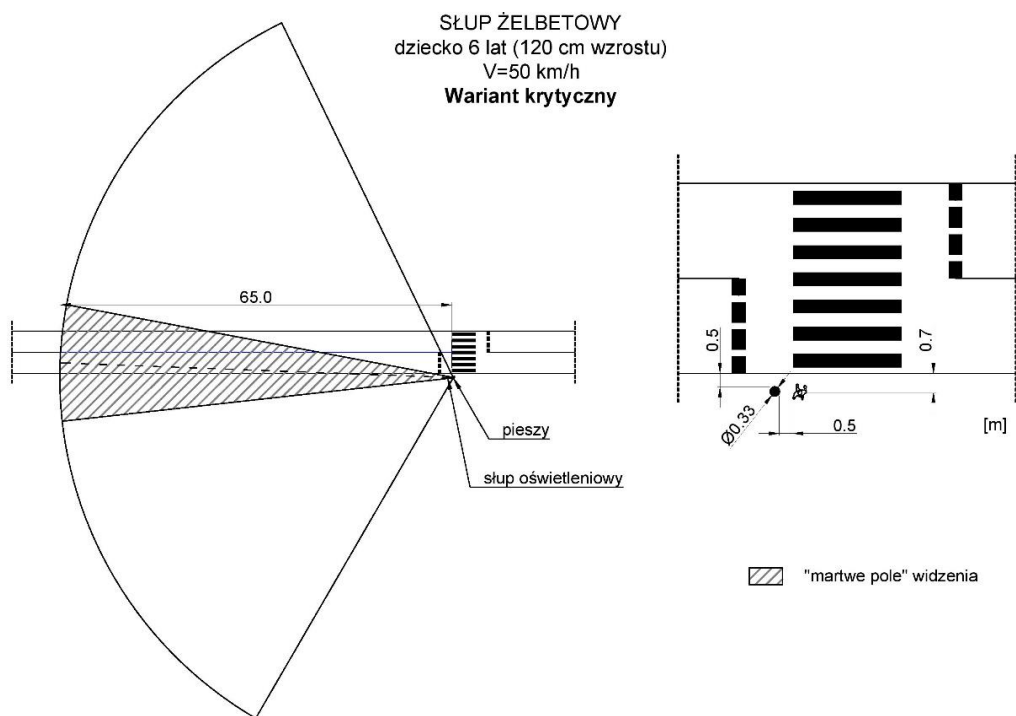
Źródło: [45]

Przeprowadzenie analizy obejmowało także wyznaczenie momentów, w których pieszy oczekujący przed przejściem, nie widzi nadjeżdżającego pojazdu. W celu uzyskania miarodajnych wyników, przyjęto średnie wymiary pojazdu osobowego segmentu B - szerokość równą 1,65 m oraz długość 3,90 m. Przyjęto standardową szerokość pasa ruchu równą 3,5 m. Zakładając, że samochód porusza się środkiem pasa, można przyjąć, że odległość od krawędzi pasa do samochodu wynosi 0,925 m. Otrzymane wyniki zamieszczono w poniższej tabeli. Najbardziej niekorzystny przypadek, pod względem długości luki czasowej, w czasie której pieszy nie obserwuje nadjeżdżającego pojazdu, występuje w sytuacji nr 2, rys. 6.10 (słup żelbetowy – dziecko 6 lat). Pieszy nie dostrzega pojazdu aż na 74% długości/czasu trwania bezpiecznej drogi hamowania, jest w stanie zobaczyć go tylko w czasie 1 sekundy. Jest to sytuacja niedopuszczalna, która może generować na drodze dużo sytuacji niebezpiecznych. Podobnie sytuacja kształtuje się w przypadkach nr 4 i 6, gdzie pieszy obserwuje pojazd odpowiednio w czasie 1,2 s i 1,9 s, zanim ten pojawi się w obszarze przejścia dla pieszych. Sytuacje nr 1,3 i 5, charakteryzują się dużo większym stopniem bezpieczeństwa, ponieważ pieszy widzi pojazd na przeważającej części długości drogi hamowania pojazdu.



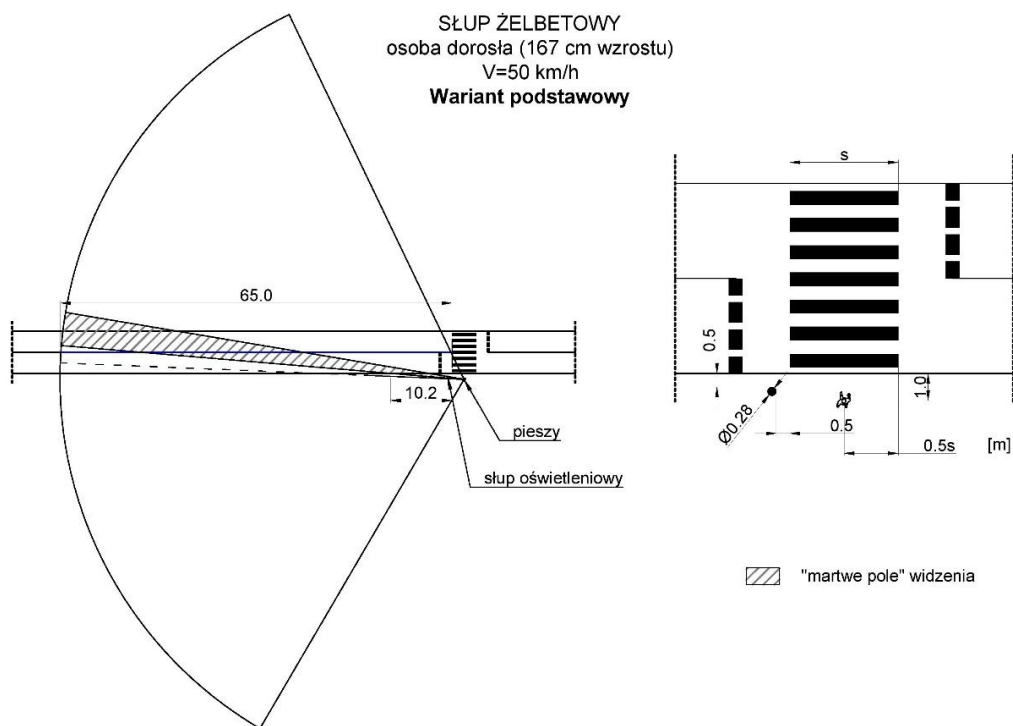
Rys. 6.9 Ograniczenie pola widoczności pieszego (dziecka) przez słup żelbetowy w wariantcie podstawowym – sytuacja nr 1

Źródło: J. Słowy, T. Mackun



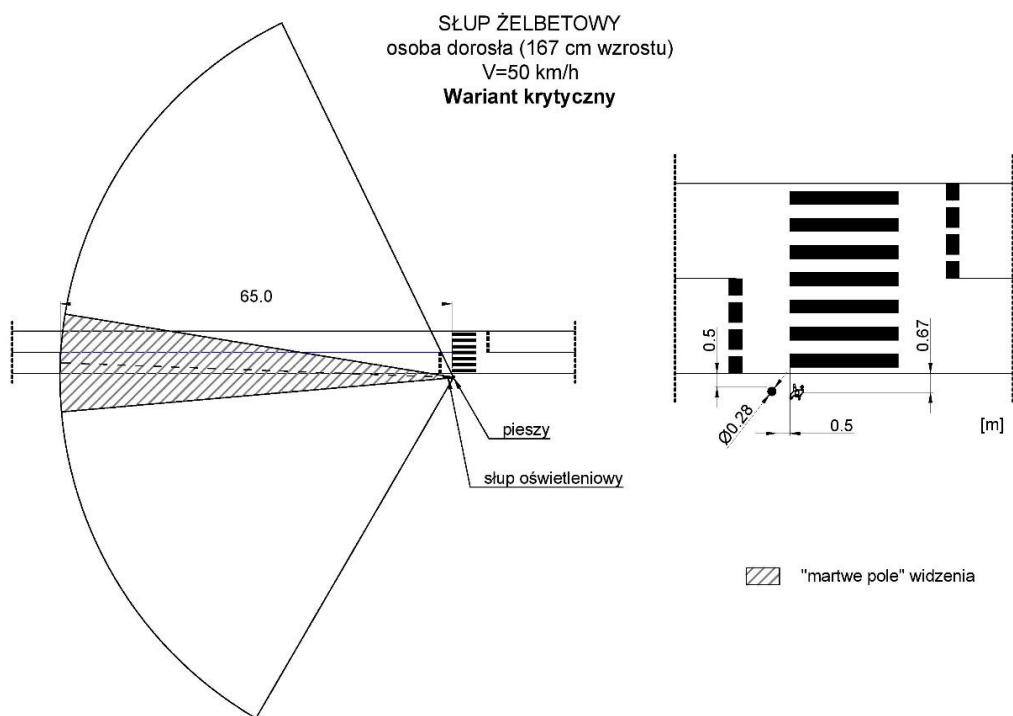
Rys. 6.10 Ograniczenie pola widoczności pieszego (dziecka) przez słup żelbetowy w wariantcie krytycznym – sytuacja nr 2

Źródło: J. Słowy, T. Mackun



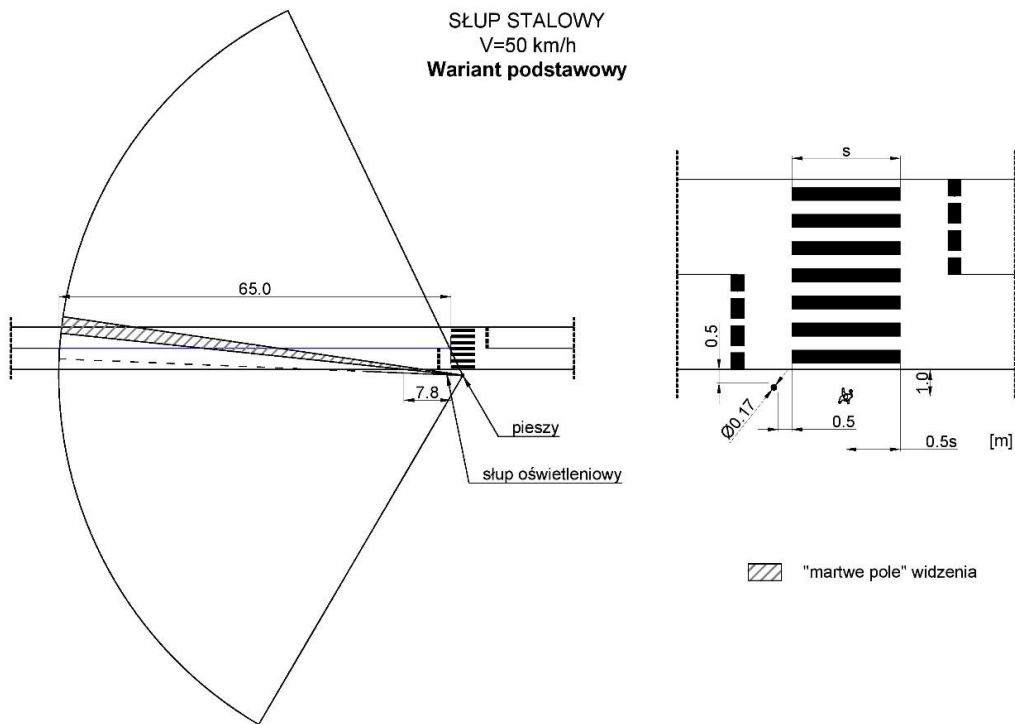
Rys. 6.11 Ograniczenie pola widoczności pieszego (dorosły) przez słup żelbetowy w wariacie podstawowym – sytuacja nr 3

Źródło: J. Słowy, T. Mackun



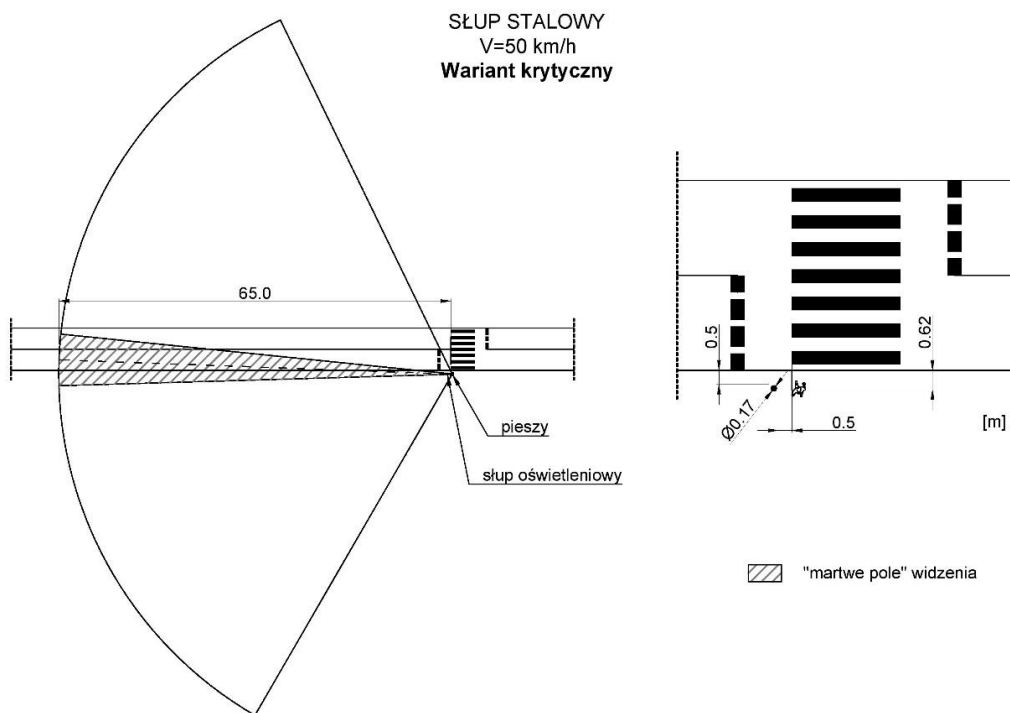
Rys. 6.12 Ograniczenie pola widoczności pieszego (dorosły) przez słup żelbetowy w wariacie krytycznym – sytuacja nr 4

Źródło: J. Słowy, T. Mackun



Rys. 6.13 Ograniczenie pola widoczności pieszego przez słup stalowy w wariancie podstawowym – sytuacja nr 5

Źródło: J. Słowy, T. Mackun



Rys. 6.14 Ograniczenie pola widoczności pieszego przez słup stalowy w wariancie krytycznym sytuacja nr 6

Źródło: J. Słowy, T. Mackun

Tab. 6.3

Widoczność pojazdu z perspektywy pieszego oczekującego przed przejściem dla pieszych

Lp.	V85=58 km/h*	Długość drogi zbliżania się pojazdu = 65 m				Niewidoczna część drogi pojazdu przy dojeździe
			odc. I	odc. II	odc. III	
1	SŁUP ŻELBETOWY dziecko 6 lat V=50 km/h Wariant podstawowy	długość [m]	41,0	5,9	18,1	9%
		czas [s]	2,5	0,4	1,1	
2	SŁUP ŻELBETOWY dziecko 6 lat V=50 km/h Wariant krytyczny	długość [m]	48,0		17,0	74%
		czas [s]	3,0		1,0	
3	SŁUP ŻELBETOWY osoba dorosła V=50 km/h Wariant podstawowy	długość [m]	43,8	2,0	19,2	3%
		czas [s]	2,7	0,1	1,2	
4	SŁUP ŻELBETOWY osoba dorosła V=50 km/h Wariant krytyczny	długość [m]	45,4		19,6	70%
		czas [s]	2,8		1,2	
5	SŁUP STALOWY V=50 km/h Wariant podstawowy	długość [m]	65,0			0%
		czas [s]	4,0			
6	SŁUP STALOWY V=50 km/h Wariant krytyczny	długość [m]	34,2		30,8	53%
		czas [s]	2,1		1,9	

odcinek drogi dojazdu, w którym pieszy widzi nadjeżdżający pojazd

odcinek drogi dojazdu pojazdu, w którym pieszy całkowicie nie widzi nadjeżdżającego pojazdu

*V₈₅ = 58 km/h dla V_{dop}=50 km/h przyjęto na podstawie serii pomiarów w Warszawie na przekroju ulicznym 1x2

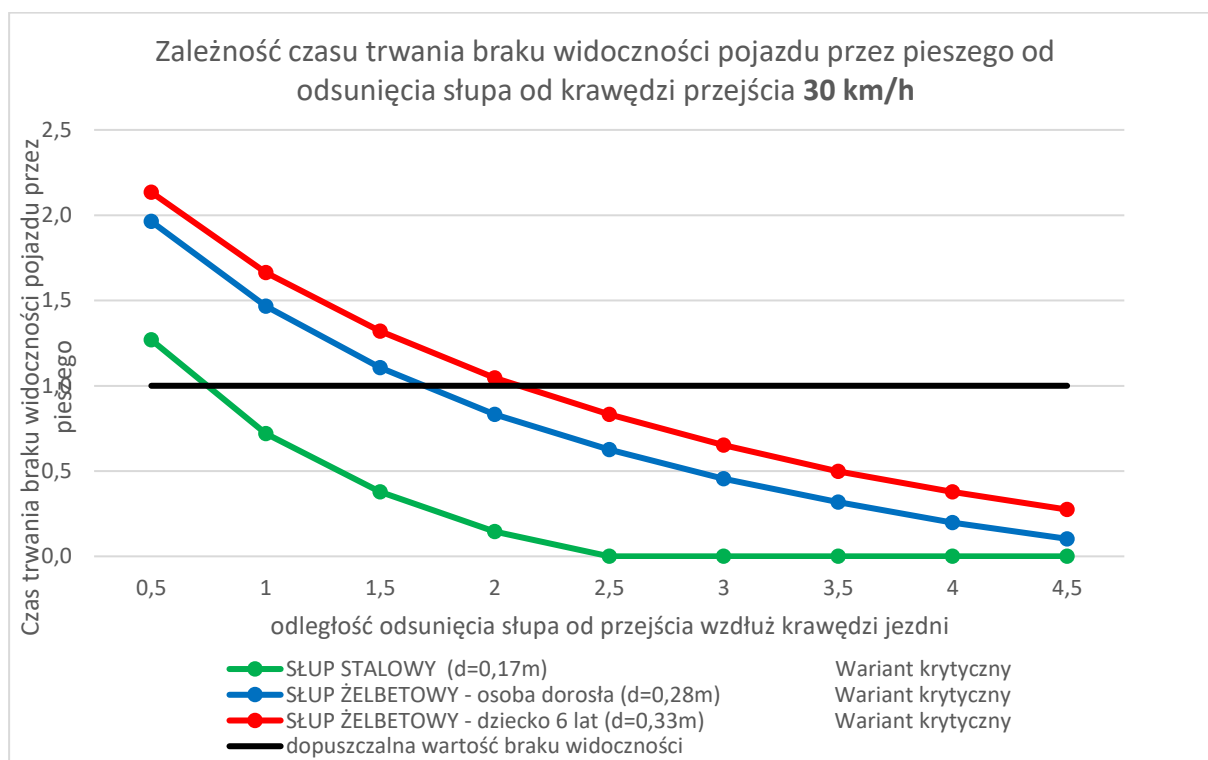
Źródło: J. Słow

Dokonano analizy czasu trwania braku widoczności pojazdu przez pieszego oczekującego na przekroczenie jezdni, w zależności od odległości słupa oświetleniowego od krawędzi przejścia dla pieszych. Założono stałą szerokość skrajni drogi równą 0,5 m. Słup oświetleniowy

lokalizowano kolejno w odległości od 0,5 do 4,5 m (co 0,5 m) od krawędzi przejścia dla pieszych, wzdłuż krawędzi jezdni. Jako wartość dopuszczalną braku widoczności pojazdu przez pieszego przyjęto czas 1 s. Analizę przeprowadzono dla prędkości 30, 50 oraz 70 km/h. Otrzymane wyniki przedstawiono na wykresach.

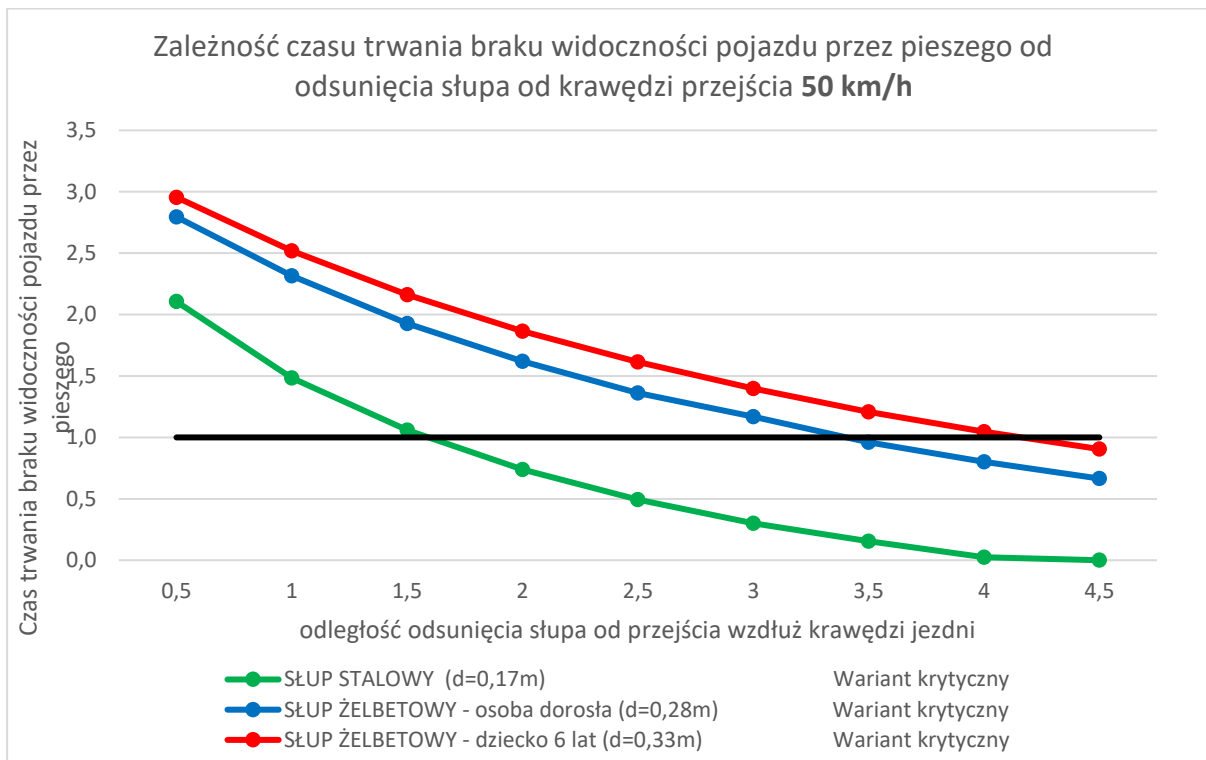
Wnioski:

- w przypadku prędkości 30 km/h dopuszcza się usytuowanie słupa stalowego (średnica słupa $d=0,17m$) w odległości 1 m od krawędzi przejścia, natomiast słupa żelbetowego (w bardziej niekorzystnym przypadku $d = 0,33m$) w odległości 2,5 m od przejścia dla pieszych,
- w przypadku prędkości 50 km/h dopuszcza się usytuowanie słupa stalowego ($d = 0,17m$) w odległości 2 m od krawędzi przejścia, natomiast słupa żelbetowego (w bardziej niekorzystnym przypadku $d = 0,33m$) w odległości 4,5 m od przejścia dla pieszych,
- w przypadku prędkości 70 km/h dopuszcza się usytuowanie słupa stalowego ($d = 0,17m$) w odległości 3 m od krawędzi przejścia, natomiast słupa żelbetowego w odległości większej niż 4,5 m.



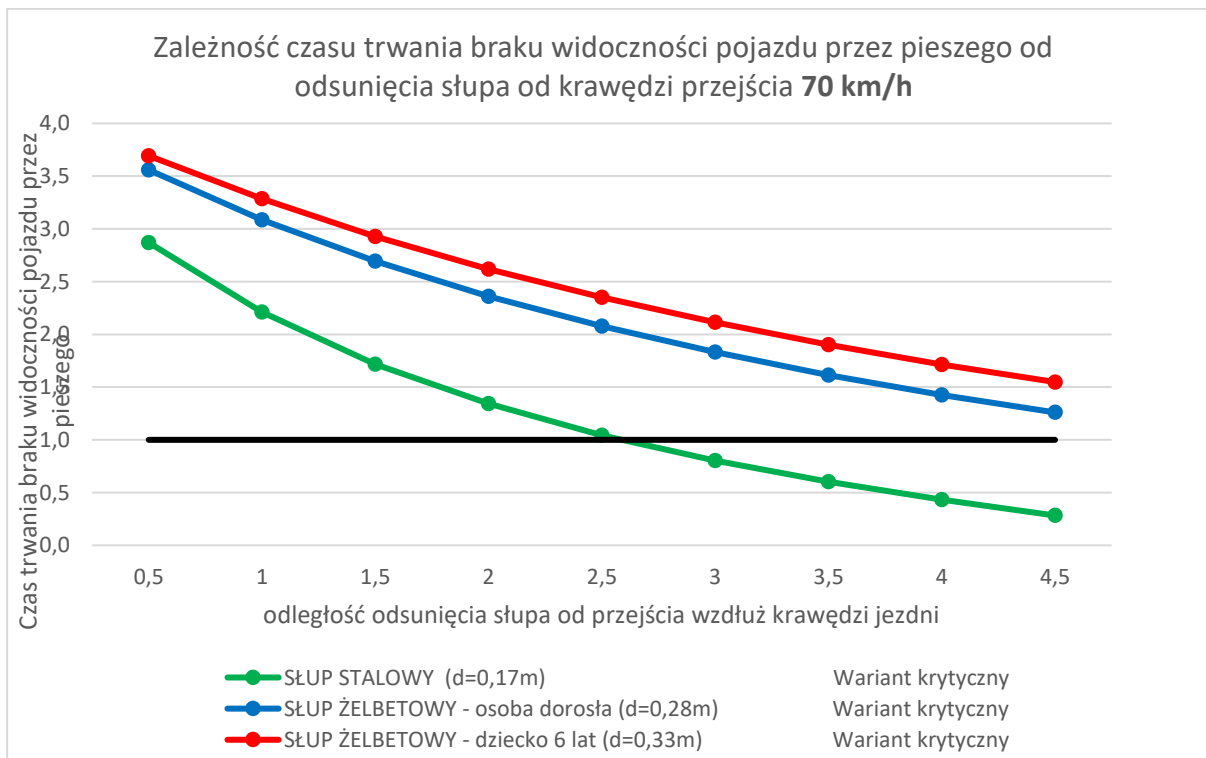
Rys. 6.15 Zależność czasu trwania braku widoczności pojazdu przez pieszego od odsunięcia słupa od krawędzi przejścia

Źródło: J. Słow



Rys. 6.16 Zależność czasu trwania braku widoczności pojazdu przez pieszego od odsunięcia słupa od krawędzi przejścia

Źródło: J. Słowy



Rys. 6.17 Zależność czasu trwania braku widoczności pojazdu przez pieszego od odsunięcia słupa od krawędzi przejścia

Źródło: J. Słowy

Podsumowanie

1. Widoczność wzajemna kierowca – pieszy zależy od:
 - pola powierzchni bocznej słupa,
 - powierzchni bocznej pieszego,
 - gabarytów pojazdu,
 - lokalizacji słupa,
 - lokalizacji pieszego i pojazdu,
 - prędkości przemieszczania się pojazdu,
 - wysokości oczu obserwatora.
2. Wykazano na przykładach oraz w obliczeniach, że stosowane lokalizacje oraz stosowane typy słupów oświetleniowych mogą istotnie ograniczać pole dobrej widoczności.
3. Powszechnie stosowane słupy żelbetowe o średnicy 330/281 mm stanowią istotny problem ograniczenia dostrzegalności pieszego przy wymiarze bocznym osoby dorosłej 260 mm,
4. Pole widoczność należy rozważać oddzielnie z perspektywy kierującego oraz z perspektywy pieszego.
5. Im bliżej słup znajduje się przejścia dla pieszych i krawędzi jezdni tym większe powoduje ograniczenie pola widoczności.
6. Zaleca się lokalizację słupa poza strefą 1 m od krawędzi jezdni – nie będzie ograniczeń widoczności.
7. Każde oddalenie słupa od pieszego istotnie poprawia warunki widoczności.

6.3 Oprawy oświetleniowe i źródła światła

W niniejszym rozdziale przedstawione zostaną przykłady krzywych rozsyłu światłości stosowane w oprawach oświetleniowych, które są rekomendowane do stosowania w zakresie oświetlenia przejść dla pieszych.

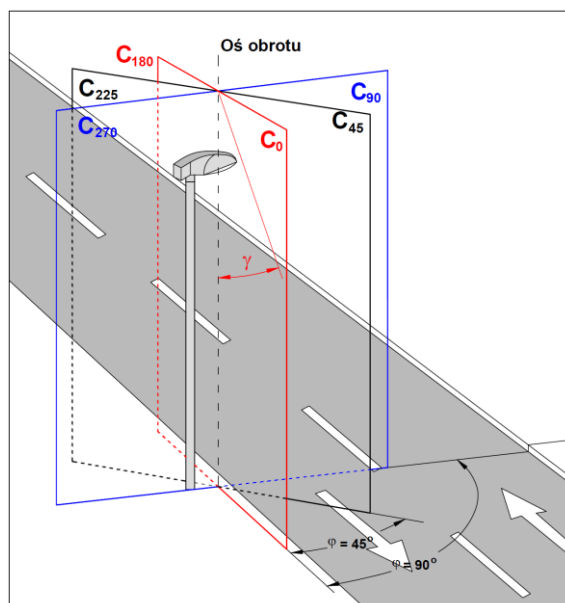
6.3.1 Krzywa rozsyłu światłości

Uliczne oprawy oświetleniowe, w tym te stosowane na przejściach dla pieszych zbudowane są z: korpusu układu zasilania, źródła lub źródeł światła, układu optycznego (np. odbłyśników, soczewek) oraz klosza osłonowego lub płaskiej szyby. Całość tworzy układ optyczno-światłny, który realizuje zakładaną przez projektanta oprawy funkcję oświetleniową np. oświetlenie ulicy, ciągu pieszego, miejsc parkingowych, przejścia dla pieszych. Dla każdej z realizowanych funkcji można przypisać odpowiednią bryłę fotometryczną, a zatem i realizowany rozkład

natężenia oświetlenia na płaszczyznach oświetlanych. Obecnie producenci opraw ulicznych często rozgraniczają zastosowania poszczególnych opraw oświetleniowych w zakresie ich funkcjonalności, co związane jest najczęściej z zastosowanym układem optyczno-światelnym i mocą zastosowanego źródła światła. Mnogość istniejących na rynku opraw oświetleniowych skutkuje tym, że projektanci oświetlenia ulicznego mają do dyspozycji dostępne rozwiązania techniczne, które powinny zapewnić właściwe oświetlenie przestrzeni przejścia dla pieszych. Zatem nie ma przeszkód, aby rozwiązania te mogły być stosowane w sposób świadomy i zgodny ze sztuką inżynierską.

Oprawy oświetleniowe charakteryzują się przestrzennym rozsyłem światła (bryłą fotometryczną), która może być opisana w formie tzw. krzywych rozsyłu światłości. Pomiary rozsyłu światła opraw oświetleniowych, wykonywane są w warunkach laboratoryjnych, a dane te są tabelaryzowane i standaryzowane wg formatów przyjętych w środowisku oświetleniowym.

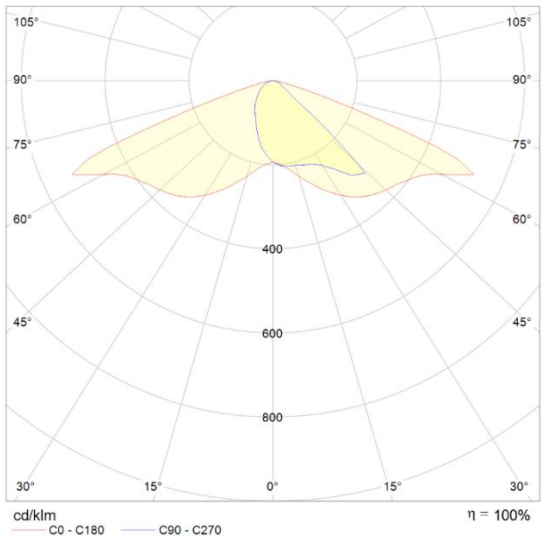
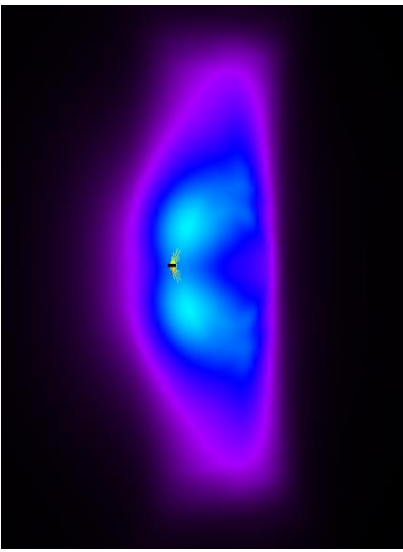
Krzywą rozsyłu światłości zwykle przedstawia się we współrzędnych biegunowych C- γ (gamma) w podstawowych płaszczyznach – (C0 – C180) – płaszczyzna wzdłuż drogi i (C90 – C270) – płaszczyzna w poprzek drogi, oraz często dla uzupełnienia opisu w wielu płaszczyznach dodatkowych (np. C45 – C225), (rys. 6.18).



Rys. 6.18 Płaszczyzny pomiarowe C – γ stosowane do opisu krzywych światłości opraw oświetleniowych

Źródło: P. Tomczuk

Na wykresie światłość podawana jest w kandelach na 1000 lm (strumienia świetlnego źródła światła) (rys. 6.19). Na rys. 6.20 zaprezentowano uzyskane przykładowe efekty oświetleniowe uzyskane na płaszczyźnie oddalonej o 8 m od oprawy ulicznej.

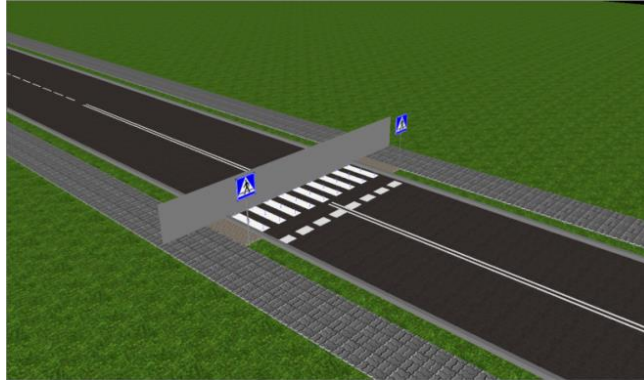
	
<p>Rys. 6.19 Przykład krzywych rozsyłu światłości oprawy ulicznej</p> <p>Źródło: P. Jaskowski</p>	<p>Rys. 6.20 Wizualizacja uzyskanych efektów w oświetleniowych oprawy ulicznej na płaszczyźnie, widok z góry, prezentacja w fałszywych kolorach</p> <p>Źródło: P. Tomczuk</p>

Za pomocą krzywych, można opisać rozsył światłości dowolnej oprawy oświetleniowej. W celu zunifikowania opisu wprowadzono określone standardy. Służą do tego np. pliki o rozszerzeniu *.ldt (EULUMDAT) lub *.ies (Illuminating Engineering Society). Dane zawarte w plikach są podstawą do projektowania instalacji oświetleniowych, w tym realizacji projektów oświetleniowych dla przejść dla pieszych. Dla każdej dostępnej w handlu oprawy oświetleniowej dedykowanej do zastosowania ulicznego, w tym na przejścia dla pieszych, powinny być dostępne pliki zawierające dane fotometryczne, które są często zamieszczane na stronach internetowych producentów opraw oświetleniowych lub udostępniane jako biblioteki zintegrowane z programem do projektowania oświetlenia.

W dalszej części podrozdziału przedstawione zostaną przykłady brył asymetrycznych opraw oświetleniowych stosowanych do oświetlenia przejścia dla pieszych. Dobór konkretnego rozwiązania oświetleniowego, wybór typu, rodzaju i geometrii oprawy oświetleniowej jest podstawowym zadaniem projektanta oświetlenia ulicznego. W celu ułatwienia ich interpretacji dla osób niezwiązanych bezpośrednio z branżą projektową przedstawiono przykładowe, poglądowe wizualizacje. Nie są to projekty rozwiązań i nie należy ich uważać za przykłady praktyczne. Nie mniej jednak pozwalają wstępnie zinterpretować rozkład plamy świetlnej na płaszczyźnie pionowej przechodzącej przez oś przejścia dla pieszych.

Do wizualizacji, ze względu na możliwość prezentacji zarówno lewych i prawych geometrii opraw oświetleniowych zdecydowano się wybrać przykład przejścia dla pieszych

umieszczonego na drodze jednojezdniowej, dwupasowej jednokierunkowej. Na przejściu, w celu prezentacji rozkładu światła, wprowadzono płaszczyznę pionową o wysokości 2 m (rys. 6.21) usytuowaną w osi przejścia. W celu zwizualizowania potrzeby stosowania optyk zarówno prawo jak i lewostronnej zamieszczono przykład na rzeczywistej sytuacji oświetleniowej (rys. 6.22).



Rys. 6.21 Przejście dla pieszych z płaszczyzną pionową o wysokości 2 m (po lewej)

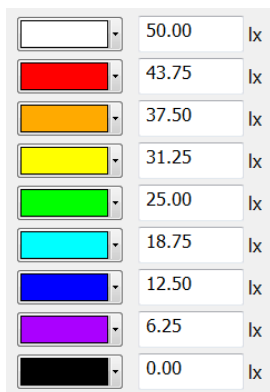
Źródło: P. Tomczuk



Rys. 6.22 Przejście dla pieszych oświetlone oprawami z optyką prawą i lewą

Źródło: P. Tomczuk

Zamieszczone wizualizacje zawierają poglądowe widoki wytworzonej sytuacji oświetleniowej. Na wszystkich wizualizacjach zastosowano skalę kolorów nieprawidłowych (rys. 6.23) pozwalającą zidentyfikować przybliżone wartości natężenia oświetlenia.

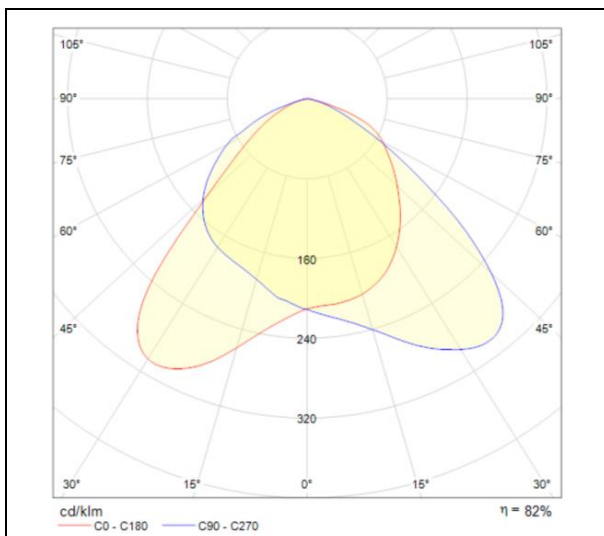


Rys. 6.23 Skala kolorów nieprawidłowych

Źródło: P. Tomczuk

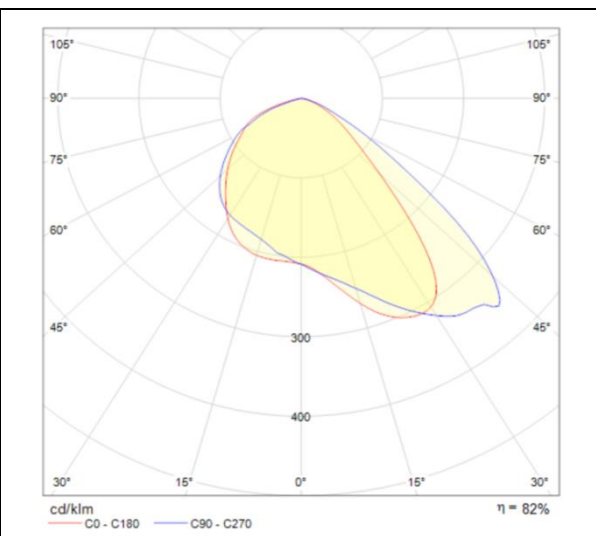
Uzyskane wartości natężenia oświetlenia na płaszczyźnie pionowej należy traktować poglądowo, jako przykłady możliwości opraw asymetrycznych, a nie docelowe ich aplikacje, które będą zależne od wysokości zawieszenia oprawy, jej umiejscowienia względem przejścia dla pieszych, wymiarów jezdni i samego przejścia dla pieszych łącznie ze strefą oczekiwania. Ze względu na istniejące liczne rozwiązania techniczne i typoszeregi mocy opraw oświetleniowych oraz dostępne wersje układów optycznych zdecydowano się wybrać kilka przykładowych opraw oświetleniowych, charakteryzujących asymetryczne wiązki świetlne stosowane na przejściach dla pieszych. Pogrupowano uzyskane efekty w odniesieniu do stosownych krzywych światłości. Ze względu na obowiązujący w Polsce prawostronny kierunek ruchu, oprawy wyposażone w prawą geometrię są wykorzystywane częściej niż oprawy z optyką lewą. Jednak obydwie optyki znajdują zastosowanie i należy mieć świadomość właściwego doboru rozwiązania do sytuacji drogowej.

Przykład 1 - Pojedyncze asymetryczne oprawy oświetleniowe dedykowane do ustawienia z lewej i prawej strony jezdni.



Rys. 6.24 Krzywe rozsyłu światłości oprawy asymetrycznej o optyce lewej

Źródło: P. Jaskowski



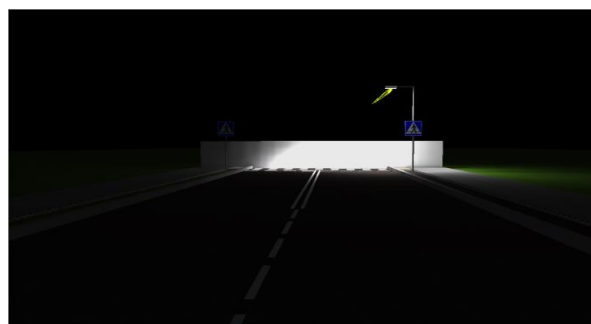
Rys. 6.25 Krzywe rozsyłu światłości oprawy asymetrycznej o optyce prawej

Źródło: P. Jaskowski



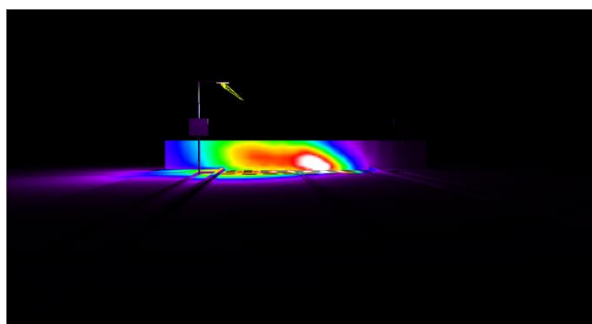
Rys. 6.26 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce lewej

Źródło: P. Tomczuk



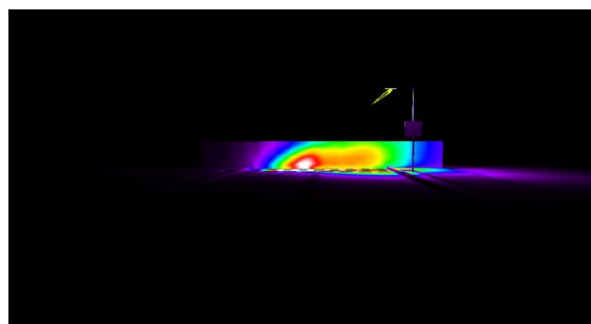
Rys. 6.27 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce prawej

Źródło: P. Tomczuk



Rys. 6.28 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce lewej w skali nieprawidłowych kolorów

Źródło: P. Tomczuk



Rys. 6.29 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce prawej w skali nieprawidłowych kolorów

Źródło: P. Tomczuk

Przykład 2 - Pojedyncza oprawa oświetleniowa dedykowana do ustawienia z lewej i prawej stronie jezdni.

<p>Rys. 6.30 Krzywe rozsyłu światłości oprawy asymetrycznej o optyce lewej</p> <p>Źródło: P. Jaskowski</p>	<p>Rys. 6.31 Krzywe rozsyłu światłości oprawy asymetrycznej o optyce prawej</p> <p>Źródło: P. Jaskowski</p>
<p>Rys. 6.32 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce lewej</p> <p>Źródło: P. Tomczuk</p>	<p>Rys. 6.33 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce prawej</p> <p>Źródło: P. Tomczuk</p>
<p>Rys. 6.34 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce lewej w skali nieprawidłowych kolorów</p> <p>Źródło: P. Tomczuk</p>	<p>Rys. 6.35 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce prawej w skali nieprawidłowych kolorów</p> <p>Źródło: P. Tomczuk</p>

Przykład 3 - Pojedyncza oprawa oświetleniowa dedykowana do ustawienia z lewej i prawej stronie jezdni.

<p>Rys. 6.36 Krzywe rozsyłu światłości oprawy asymetrycznej o optyce lewej Źródło: P. Jaskowski</p>	<p>Rys. 6.37 Krzywe rozsyłu światłości oprawy asymetrycznej o optyce prawej Źródło: P. Jaskowski</p>
<p>Rys. 6.38 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce lewej Źródło: P. Tomczuk</p>	<p>Rys. 6.39 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce prawej Źródło: P. Tomczuk</p>
<p>Rys. 6.40 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce lewej w skali nieprawidłowych kolorów Źródło: P. Tomczuk</p>	<p>Rys. 6.41 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce prawej w skali nieprawidłowych kolorów Źródło: P. Tomczuk</p>

Przykład 4 - Pojedyncza asymetryczna oprawa oświetleniowa dedykowana do ustawienia z lewej i prawej strony jezdni.

<p>Rys. 6.42 Krzywe rozsyłu światłości oprawy asymetrycznej o optyce lewej Źródło: P. Jaskowski</p>	<p>Rys. 6.43 Krzywe rozsyłu światłości oprawy asymetrycznej o optyce prawej Źródło: P. Jaskowski</p>
<p>Rys. 6.44 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce lewej Źródło: P. Tomczuk</p>	<p>Rys. 6.45 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce prawej Źródło: P. Tomczuk</p>
<p>Rys. 6.46 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce lewej w skali nieprawidłowych kolorów Źródło: P. Tomczuk</p>	<p>Rys. 6.47 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce prawej w skali nieprawidłowych kolorów Źródło: P. Tomczuk</p>

Przykład 5 - Pojedyncza asymetryczna oprawa oświetleniowa dedykowana do ustawienia z lewej i prawej strony jezdni.




<p>Rys. 6.48 Krzywe rozsyłu światłości oprawy asymetrycznej o optyce lewej</p> <p>Źródło: P. Jaskowski</p>	<p>Rys. 6.49 Krzywe rozsyłu światłości oprawy asymetrycznej o optyce prawej</p> <p>Źródło: P. Jaskowski</p>
<p>Rys. 6.50 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce lewej</p> <p>Źródło: P. Tomczuk</p>	<p>Rys. 6.51 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce prawej</p> <p>Źródło: P. Tomczuk</p>
<p>Rys. 6.52 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce lewej w skali nieprawidłowych kolorów</p> <p>Źródło: P. Tomczuk</p>	<p>Rys. 6.53 Efekt wizualny uzyskany dla oprawy asymetrycznej o optyce prawej w skali nieprawidłowych kolorów</p> <p>Źródło: P. Tomczuk</p>

6.3.2 Parametry źródeł światła stosowane do oświetlenia przejść dla pieszych

Do oświetlenia obszaru przejść dla pieszych stosowane są różne źródła światła. Rozwój technologii wytwarzania półprzewodnikowych źródeł światła wypiera rozwiązania klasyczne. Powodem jest wysoka sprawność źródeł typu LED oraz dostępność o układów optycznych realizujących rozsyły asymetryczne.

Tab. 6.4

Przykładowe parametry źródeł światła stosowanych w oświetleniu ulicznym

Parametr	Źródło światła		
	LED	Lampy metalohalogenkowe	Lampy Sodowe wysokoprężne
Skuteczność świetlna [lm/W]	80 ÷ 140	65 ÷ 100	40 ÷ 150
Moc P [W]	30 ÷ 270 (matryca LED)	35 ÷ 2000	35 ÷ 1000
Strumień świetlny Φ [lm]	2400 ÷ 37800	2200 ÷ 180000	1300 ÷ 130000
Trwałość [h]	50000 ÷ 150000 (matrycy LED w określonych warunkach)	15000 ÷ 20000	20000 ÷ 32000
Temperatura barwowa T_b [K]	2700 ÷ 7500	3000 ÷ 6000	2000 ÷ 3000
Współczynnik oddawania barwy R_a (CRI) [%]	> 70	> 75	> 20
Czas osiągnięcia pełnego strumienia	< 0,01 sekundy	3 ÷ 10 minut	2 ÷ 7 minut
Najważniejsze cechy	<ul style="list-style-type: none"> wysoka skuteczność świetlna, wysoka luminancja (zbiór małych źródeł o niskim strumieniu świetlnym oraz wysokim poziomie jaskrawości) możliwe olśnienie, problemy z równomiernością oświetlenia obszaru. 	<ul style="list-style-type: none"> stosunkowo wysoka skuteczność świetlna, wysoki współczynnik oddawania barwy, niski poziom olśnienia, duża równomierność oświetlenia. 	<ul style="list-style-type: none"> wysoka skuteczność świetlna (dopasowanie do krzywej czułości widmowej oka), wysoka trwałość, mała utrata strumienia świetlnego w czasie, niski współczynnik oddawania barwy.
Zdjęcie			

Ważnym aspektem stosowania rozwiązań LED jest posiadanie wiarygodnych informacji na temat parametrów technicznych opraw oświetleniowych i stosowanych w nich źródeł światła. Parametry techniczne całej oprawy (źródła światła i układu zasilającego) powinny być potwierdzone stosownymi certyfikatami i dokumentami wystawionymi przez jednostki do tego upoważnione. W tab. 6.4 zestawiono przykładowe parametry najczęściej stosowanych źródeł światła do oświetlenia ulicznego wg danych uśrednionych, podanych przez producentów opraw i źródeł światła.

W przypadku stosowania na przejściach dla pieszych opraw ze źródłami LED należy rozważyć zarówno ich zalety jak i wady. Do zalet można zaliczyć: wysoką trwałość (zasilacze z reguły posiadają niższą trwałość niż samo źródło światła), obszerny typoszereg dostępnych mocy opraw, możliwość płynnej regulacji strumienia, odporność na wstrząsy i wibracje, dostępny zakres temperatur barwowych. Natomiast do wad należy zaliczyć: możliwość wystąpienia olśnienia uczestników ruchu drogowego (wysoka luminancja powierzchni świecącej) i możliwe problemy z równomiernym doświetleniem obszaru przejścia (w przypadku niskiej jakości układów optycznych).

6.3.3 Parametry techniczne oprawy w zakresie oświetleniowym

Dla opraw oświetleniowych stosowanych na przejściach dla pieszych, w szczególności wyposażonych w moduły LED powinno być wymagane podanie podstawowych jakościowych parametrów opisujących ich właściwości techniczne w ujęciu oświetleniowym:

Znamionowy strumień świetlny [lm]

Należy przez to rozumieć całkowity strumień świetlny emitowany z oprawy oświetleniowej pracującej w warunkach znamionowych. Jest on emitowany przez zamontowane w oprawie źródła LED, pomniejszony o straty wynikające z konstrukcji oprawy, głównie straty na optyce (zastosowana w oprawie soczewka lub odbłyśnik oraz szyba osłonowe lub klosz).

Znamionowa moc oprawy [W]

Jest to całkowita moc, jaką można zmierzyć na zaciskach zasilających oprawy, będąca sumą mocy pobieranej przez źródła światła i pozostałe wyposażenie elektryczne oprawy (np. zasilacz).

Współczynnik mocy PF (ang. Power Factor)

Współczynnik mocy PF to miara wykorzystania energii. Opisuje stosunek mocy czynnej do biernej.

Skuteczność świetlna [lm/W].

Jest to stosunek znamionowego strumienia świetlnego emitowanego z oprawy oświetleniowej, do mocy znamionowej tej oprawy. Dla porównania efektywności energetycznej opraw oświetleniowych kluczowe jest określenie strumienia świetlnego (lm) emitowanego z oprawy oświetleniowej na jednostkę mocy (W). Aby porównanie takie miało sens należy się odnieść do wartości bezwzględnych, które uwzględniają wszystkie straty zarówno układu optycznego, jak i zasilającego. Należy upewnić się, że do kalkulacji przyjęto wartości znamionowe strumienia świetlnego emitowanego przez oprawę oraz znamionową moc oprawy.

Wskaźnik oddawania barw Ra (CRI – Colour Rendering Index)

Wskaźnik oddawania barw światła emitowanego przez oprawę (rodzaj klosza, soczewki lub odbłyśnika) może wpłynąć na wskaźnik oddawania barw światła emitowanego przez oprawę, który może być różny od wskaźnika oddawania barw światła wytwarzanego przez źródła LED).

Tc (CCT) - temperatura barwowa światła.

Temperatura barwowa światła wyraża się w skali Kelwina [K]. Określenie temperatury barwowej światła dotyczy światła barwy białej. Im wyższa jest temperatura barwowa światła, tym większa jest domieszka barwy niebieskiej nadającej światłu chłodny odcień. Typowe temperatury barwowe światła wytwarzane przez LED zawierają się w zakresie od 2700 K (światło barwy ciepłej) do 6500 K (światło barwy chłodnej).

Lx - trwałość znamionowa.

Trwałość znamionowa Lx to deklaracja utrzymania strumienia świetlnego. Np. L70 przy 50 000 godzin oznacza, że oprawę zaprojektowano tak, aby po 50 000 godzin pracy wytwarzała przynajmniej 70% znamionowej wartości strumienia świetlnego.

Fy - odsetek uszkodzeń.

Odsetek uszkodzeń Fy odpowiadający znamionowej trwałości modułu LED w oprawie. Jest to odsetek (y) uszkodzonych modułów LED tego samego typu i dla danej trwałości znamionowej. Wskaźnik ten łączy wpływ wszystkich komponentów danego modułu, w tym elementów mechanicznych, na ilość wytwarzanego światła. Źródło typu LED może wytwarzać mniej światła w porównaniu z deklarowaną wartością lub nie świecić w ogóle.

By - degradacja strumienia świetlnego

Parametrem By definiuje się wartość stopniowej utraty strumienia świetlnego (degradacja). Wartość B50 oznacza, że 50 procent ilości opraw oświetleniowych LED tego samego rodzaju przekracza zadeklarowany udział strumienia świetlnego „x” pod koniec okresu trwałości znamionowej „L”.

Cz - całkowita awaria

Współczynnik Cz określa procentowy udział opraw, które przestały działać w momencie osiągnięcia końca okresu trwałości znamionowej „L” (całkowita awaria).

Ta - temperatura otoczenia

Temperatura otoczenia **Ta** wpływa na pracę oprawy. Testowanie oprawy odbywa się w określonej normami temperaturze (standardowo 25°C). Jest to temperatura otoczenia będąca odniesieniem dla określenia trwałości. Oprawy LED pracujące w niższych i wyższych temperaturach otoczenia niż normalne (podane w kartach katalogowych) są narażone na uszkodzenia a czas ich pracy ulega skróceniu. Wielkość tych zmian zależy od technologii. Nie są określone obecnie żadne metody umożliwiające obliczenie tych skutków.

6.3.4 Wymagania ogólne dla opraw oświetleniowych

Ogólne wymagania dla opraw oświetleniowych i urządzeń instalowanych w otoczeniu przejść dla pieszych można sformułować następująco:

- oświetlenie musi spełniać wymagania normy PN-EN 13201 oraz zalecenia Polskiego Komitetu Oświetleniowego lub regulacji zawartych w odrębnych dokumentach,
- wszystkie urządzenia muszą posiadać znak bezpieczeństwa CE oraz spełniać wymagania obowiązujących norm i przepisów, w szczególności wymagania w zakresie ochrony przeciwporażeniowej,
- dla wszystkich urządzeń należy przedstawić pełne karty katalogowe zawierające wszelkie informacje techniczne o produkcie, a także certyfikaty i inne dokumenty potwierdzające parametry oraz zgodność z obowiązującymi normami, wszystkie dokumenty powinny być w języku polskim.

Szczegółowe wymagania mogą dotyczyć zarówno wymiany i modernizacji istniejących opraw oświetleniowych, jak budowy nowych instalacji oświetleniowych.

Przykładowe wymagania stawiane oprawom oświetleniowym w zakresie modernizacji i odtworzenia istniejących instalacji na przejściach dla pieszych, z klasycznymi źródłami światła (sodowymi i metalohalogenkowymi) można zdefiniować następująco:

- stopień szczelności, co najmniej IP66 dla komory źródła światła oraz IP65 dla osprzętu elektrycznego, jeżeli stanowi odrębną komorę zewnętrzną,
- odporność mechaniczna opraw oświetleniowych na uderzenia nie mniej niż IK08,
- możliwość zastosowania źródeł światła o porównywalnych parametrach od różnych producentów,
- klasa ochronności I lub II,

- wymagany współczynnik mocy $\cos\phi \geq 0,9$ lub wyższy,
- wskaźnik ograniczenia olśnienia $G \geq 5$ lub wyższy,
- dopuszczalny zakres temperatury pracy - temperatury należy przyjąć stosownie do strefy klimatycznej,
- wszelkie elementy oprawy całkowicie odporne na korozję,
- odporność na promieniowanie UV (dotyczy opraw z tworzywa sztucznego),
- dopuszczalny zakres napięć 230 V, $\pm 10\%$ dla 50 Hz,
- możliwie wysoka sprawność fotometryczna oprawy (co najmniej 80 %),
- ułatwiony dostęp zarówno do źródła światła, jak też do komory osprzętu, umożliwiającą szybką wymianę elementów uszkodzonych; moduł elektryczny powinien być w całości wyjmowany, wymiana źródeł światła i podzespołów bez użycia narzędzi,
- możliwie wysoka odporność na akty wandalizmu,
- oprawy muszą posiadać zawór wymiany powierza ze stosowną membraną,
- obudowy opraw oświetlenia drogowego muszą być wykonane z aluminium, z kloszem ze szkła lub szybą hartowaną,
- oprawy nie mogą kierować światła w górę $ULOR = 0$,
- możliwość korekty ustawienia kąta nachylenia i pochylecia w zakresie minimalnym $\pm 10^\circ$,
- skuteczność świetlna (wyrażona w lm/W). Wartość minimalna wynosi 90 lm/W.
- możliwie mały spadek strumienia świetlnego w miarę starzenia się źródła światła; wymagany minimalny strumień świetlny pod koniec nominalnego czasu pracy wynosi 70 % strumienia początkowego,
- wymagany czas świecenia źródeł sodowych wysokoprężnych przy zachowaniu wyżej wymaganych parametrów – minimum 16000 h.

Dla nowych lub modernizowanych instalacji na przejściach dla pieszych z wykorzystaniem opraw oświetleniowych wyposażonych w źródła światła typu LED można wprowadzić następujące, przykładowe zapisy modyfikowane wg potrzeb:

- napięcie znamionowe oprawy 230 V, $\pm 10\%$ dla 50 Hz,
- współczynnik mocy oprawy $\cos \phi \geq 0,9$,
- oprawa musi posiadać zabezpieczenia przed przepięciami o napięciu, co najmniej 10 kV,
- zakres temperatury pracy oprawy: od -40°C do $+35^\circ\text{C}$,

- oprawa musi być wyposażona w źródła światła typu LED o wydajności nie mniejszej niż 120 lm/W,
- wymagana trwałość źródeł światła typu LED wynosi 50000 h, wartość strumienia świetlnego w tym okresie nie może być mniejsza niż 80% strumienia początkowego,
- wymagana temperatura barwowa LED w zakresie 4000 K ÷ 6500 K różnice dopuszczalne +/- 1 % w wymaganym zakresie temperatury barwowej (dobrać stosowanie do wymagań projektowych),
- wymagany wskaźnik oddawania barw LED Ra (CRI) ≥ 70 ,
- oprawa musi posiadać asymetryczną bryłę światłości dedykowaną do oświetlenia przejść dla pieszych,
- nominalny strumień świetlny (lm), bryła fotometryczna, napięcie i natężenie prądu zasilania, moc nominalna, współczynnik mocy, całkowita sprawność oprawy (lm/W) musi być potwierdzona poprzez dostarczenie raportu LM-79, LM-80,
- stosowne raporty muszą być wykonane przez akredytowane laboratorium,
- obudowa (korpus) oprawy wykonana z ciśnieniowego odlewu aluminiowego malowana proszkowo lub anodowana na żądany kolor z palety RAL,
- oprawa powinna posiadać budowę dwukomorową z termicznym oddzieleniem komory osprzętu elektrycznego od komory optycznej,
- oprawa ma posiadać poziom szczelności nie mniejszy niż (IP 66) dla komory optycznej jak i komory osprzętu,
- źródło światła ma być zabezpieczone szybą hartowaną lub kloszem o udarowości min. IK 09,
- oprawa ma być wykonana w I lub II klasie ochronności,
- konstrukcja oprawy musi umożliwiać łatwą modułową wymianę modułów LED oraz wymianę układów zasilających bez użycia narzędzi,
- dla zwiększenia bezpieczeństwa obsługi, oprawy powinny być wyposażone w rozłącznik odcinający zasilanie w momencie otwarcia pokrywy osprzętu,
- oprawa musi posiadać zintegrowany z obudową uchwyt umożliwiający jej pionowy lub poziomy montaż na wysięgniku lub bezpośrednio na słupie o średnicy wewnętrznej 50÷75 mm, z możliwością regulacji pochylecia w zakresie $\pm 10^\circ$,
- oprawy muszą posiadać zasilacz źródła światła wyposażony w funkcję utrzymania strumienia świetlnego w czasie,
- zasilacz musi posiadać interfejs 0-10V lub Dali do płynnego sterowania natężeniem oświetlenia,

- sprawność całkowita oprawy LED wraz z układem zasilania (zasilaczem i układem sterowania) musi być większa niż 100 lm/W,
- oprawy muszą być przystosowane do współpracy ze sterownikami zlokalizowanymi w szafie poprzez urządzenia umożliwiające obustronną komunikację systemu sterowania z oprawą oraz redukcję mocy i strumienia świetlnego oprawy,
- redukcja mocy musi odbywać się w sposób płynny (możliwość zdefiniowania czasu przejściowego) przez zmniejszenie strumienia świetlnego wszystkich źródeł LED jednocześnie, a nie przez odłączanie zasilania od poszczególnych modułów LED w jednej oprawie,
- dane fotometryczne oprawy, pozwalające zweryfikować możliwość zastosowania opraw w danym projekcie modernizacji oświetlenia muszą być, umieszczone na stronie internetowej producenta oraz możliwe do implementacji w ogólnodostępnych programach projektowych,
- oprawa musi być oznakowana znakiem CE oraz posiadać stosowne deklaracje zgodności,
- oprawa musi posiadać certyfikat wydany przez laboratorium badawcze posiadające akredytację na terenie UE Certyfikat ENEC potwierdzający jej wykonanie według norm europejskich.

6.4 Instalacje elektryczne

6.4.1 Podstawowe akty prawne związane z oświetleniem drogowym

Podstawowym aktem prawnym związanym z projektowaniem, budową, utrzymaniem oraz rozbiórką obiektów budowlanych jest ustawa Prawo budowlane [74]. W zakresie oświetlenia drogowego należy przytoczyć w szczególności przepisy art. 29 ust. 1 pkt 19a oraz art. 29 ust. 2 pkt 12 stanowiących, że budowa linii elektroenergetycznych o napięciu do 1 kV oraz przebudowa dróg nie wymagają pozwolenia na budowę, lecz zgłoszenia organowi administracji architektoniczno-budowlanej. W taki sposób realizowane są inwestycje na terenie wielu powiatów. W przypadku realizacji oświetlenia jako fragmentu większego zamierzenia inwestycyjnego może być ono realizowane na podstawie pozwolenia na budowę (lub zastępującej je decyzji o zezwoleniu na realizację inwestycji drogowej). Rozbórka oświetlenia (art. 31) nie wymaga pozwolenia ani zgłoszenia, jeśli stanowi ono obiekt budowlany niewymagający pozwolenia na budowę i nie jest objęte ochroną konserwatorską. Przepisy dotyczące nieistotnego odstąpienia od zatwierdzonego projektu budowlanego (art. 36a) w praktyce mają niewielkie zastosowanie podczas budowy oświetlenia drogowego, gdyż nie dotyczą one odstępień dotyczących projektu zagospodarowania terenu. Ustawa reguluje również zagadnienia związane z kontrolą okresową (art. 62) i nakłada na właściciela obiektu

budowlanego obowiązek kontroli instalacji elektrycznej. Organy administracji architektoniczno-budowlanej pierwszej instancji dla dróg wojewódzkich oraz krajowych pełnią wojewodowie (art. 82 ust. 3). Dodatkowo rozporządzenie [20] stanowi, że również dla przebudowy sieci uzbrojenia terenu poza pasem drogowym, a wynikającej z budowy lub przebudowy drogi krajowej lub wojewódzkiej organem pierwszej instancji jest wojewoda. Dla pozostałych dróg takim organem jest starosta.

Projektowanie i budowa oświetlenia drogowego są w większości przypadków realizowane w oparciu o przepisy ustawy Prawo Zamówień Publicznych [23]. Z jej zapisów wynika, że w opisie przedmiotu zamówienia nie należy stosować nazw własnych, np. identyfikujących producenta materiałów budowlanych. Jeśli stosowane są określenia związane z równoważnością wybranych rozwiązań lub materiałów budowlanych, powinny być jednoznacznie określone jakie parametry podlegają ocenie równoważności. Z ustawy Prawo Zamówień Publicznych wynika również zakres dokumentacji projektowej. Poza projektem budowlanym, który podlega regulacjom rozporządzenia [73] wymagane są dodatkowe elementy, takie jak projekt wykonawczy, specyfikacja techniczna wykonania i odbioru robót budowlanych oraz dokumentacja kosztorysowa [23].

Instalacja elektryczna oświetlenia stanowi sieć uzbrojenia terenu, w związku z tym na etapie projektowania powinna zostać uzgodniona na Naradzie Koordynacyjnej, zgodnie z zapisami art. 28b ustawy Prawo Geodezyjne i Kartograficzne [21]. Na poszczególnych etapach procesu inwestycyjnego powinny być realizowane odpowiednie czynności geodezyjne, zgodnie z rozporządzeniem [16] takie jak: opracowanie mapy do celów projektowych, wytyczenie instalacji oświetlenia w terenie, czy wykonanie geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej.

Wymagania techniczne dotyczące oświetlenia dróg przedstawione są w rozporządzeniu [63]. Zapisy te nakazują lokalizować słupy oświetleniowe tak, aby nie utrudniały użytkownika chodnika przez pieszych, określają również odległości od krawędzi jezdni lub krawężnika (§109). Określony jest również katalog obiektów, które obowiązkowo wymagają oświetlenia – zaliczają się do nich m. in. przejścia dla pieszych na terenie zabudowy. Rozporządzenie reguluje również kwestię instalacji osłon przeciwośleńniowych. Rozporządzenie [17] reguluje kwestie oświetlenia drogowych obiektów inżynierskich takich, jak tunele, mosty lub wiadukty. Określony jest w nim sposób umieszczenia słupów oświetleniowych na obiektach mostowych oraz sposób prowadzenia kabli na takich obiektach.

Prace związane z obsługą, konserwacją, remontami, montażem oraz kontrolą i pomiarami instalacji oświetlenia ulic powinny wykonywać osoby posiadające świadectwa kwalifikacyjne w zakresie dozoru oraz eksploatacji urządzeń, instalacji i sieci, wydane na podstawie rozporządzenia [18]. Świadectwa takie są ważne przez okres 5 lat, co dotyczy również

świadectw wydanych bezterminowo, na podstawie wcześniejszych przepisów. Istotne jest, aby osoby wykonujące prace przy oświetleniu drogowym miały odpowiedni zakres świadectw, zawierający punkt dotyczący oświetlenia ulicznego.

Przeprowadzanie kontroli stanu technicznego oraz konserwacja oświetlenia drogowego, na podstawie ustawy o Droгах Publicznych [22] (art. 20), należą do obowiązków zarządu drogi. Natomiast na podstawie ustawy Prawo Energetyczne [24] planowanie i finansowanie oświetlenia drogowego w zakresie placów, miejsc publicznych, dróg gminnych, powiatowych, wojewódzkich i krajowych innych niż autostrady i drogi ekspresowe, należy do gminy. W przypadku dwóch ostatnich rodzajów dróg do zadań gminy należy jedynie finansowanie oświetlenia na wymagających odrębnego oświetlenia częściach drogi przeznaczonych do ruchu pieszych lub rowerów oraz dodatkowych jezdniach obsługujących ruch z terenów przyległych do pasa drogowego drogi krajowej.

6.4.2 Wymagania norm w zakresie instalacji oświetlenia drogowego

Instalacje oświetlenia drogowego podlegają regulacjom norm dotyczących instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych serii PN-IEC/HD 60364. Arkuszem normy opisującym wymagania specyficzne dla oświetlenia zewnętrznego jest PN-IEC 60364-7-714:2003 [54]. Norma ta dotyczy instalacji oświetlenia dróg, parków, miejsc publicznych, paneli reklamowych, przystanków autobusowych i innych obiektów. W normie określono minimalne wymagania klimatyczne dla urządzeń i instalacji oświetlenia zewnętrznego.

W zakresie ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym przewidziano ochronę podstawową za pomocą izolacji, osłon i obudów. Dostęp do elementów pod napięciem powinien być zamykany za pomocą klucza lub narzędzia, podobnie wszelkie drzwi na wysokości do 2,5 m powinny być zamykane w analogiczny sposób. Ochrona przed dotykiem bezpośrednim powinna być zapewniona również po otwarciu drzwi za pomocą dodatkowych osłon lub obudów. Dostęp do źródeł światła w oprawach umieszczonych na wysokości mniejszej niż 2,8 m powinien być możliwy wyłącznie z użyciem narzędzia. Nie ma wymogu, aby łączyć z zaciskiem ochronnym konstrukcje metalowe znajdujące się blisko instalacji oświetlenia zewnętrznego. Zaleca się stosowanie wyłączników nadprądowych jako aparatów wykorzystywanych w ochronie przy uszkodzeniu. Również w przypadku stosowania układu sieciowego TT należy dążyć do zastosowania uziomu o tak małej rezystancji, aby nie stosować wyłączników różnicowoprądowych w szafach oświetleniowych, gdyż w przypadku pojedynczego uszkodzenia następuje wyłączenie wielu źródeł światła. Natomiast obiekty niemające wpływu na bezpieczeństwo ruchu, takie jak podświetlane reklamy, mapy, przystanki autobusowe były zasilane poprzez urządzenia różnicowoprądowe o znamionowym prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA.

Urządzenia elektryczne stosowane w instalacjach oświetlenia drogowego powinny mieć stopień ochrony nie mniejszy niż IP 33. Podczas obliczeń spadku napięcia należy uwzględnić prąd zapłonowy lamp. W praktyce podczas obliczeń spadku napięcia, wykorzystywane są jako zasady wiedzy technicznej wymagania nieobowiązującego rozporządzenia [61].

Instalacje oświetlenia dróg wykonywane są jako kablowe lub napowietrzne. W pierwszym przypadku ich projektowanie i budowę regulują normy PN-E-05125:1976 [59] oraz N-SEP-E-004 [92]. W przypadku linii napowietrznych zastosowanie mają normy PN-E-05100-1:1998 [60] oraz N-SEP-E-003 [14]. Dla linii kablowych oświetlenia ulicznego normy dopuszczają ich stykanie się na całej długości. Ponadto dopuszczono układanie takich kabli pod chodnikami lub drogą dla rowerów na głębokości 50 cm, jednak w praktyce, dla lepszego zabezpieczenia kabli, jeśli jest to możliwe stosowana jest głębokość standardowa 70 cm.

6.4.3 Stadia wykonywania dokumentacji projektowej oświetlenia drogowego

Wymagane prawnie elementy dokumentacji projektowej są opisane w rozporządzeniach [73] oraz [23]. Choć w przypadku robót budowlanych realizowanych na podstawie zgłoszenia przepisy [74] wymagają znacznie mniejszego zakresu dokumentacji projektowej, to wykonanie dokumentacji odpowiadającej zakresem projektowi budowlanemu znacznie lepiej zabezpiecza interes inwestora.

W praktyce można wyróżnić następujące etapy sporządzania dokumentacji projektowej dla inwestycji liniowych:

- koncepcja,
- projekt budowlany,
- projekt wykonawczy,
- specyfikacja techniczna wykonania i odbioru robót budowlanych,
- dokumentacja kosztorysowa.

Zakres dokumentacji na etapie koncepcji nie jest określony w przepisach. Zwykle obejmuje on wykonanie dokumentacji wystarczającej do wydania opinii do geometrii dróg publicznych na podstawie rozporządzenia [19]. Na etapie tym określana jest liczba pasów ruchu, przyjmowana jest również geometria skrzyżowań oraz ustalany przebieg ciągów pieszych i dróg dla rowerów. Na etapie tym zwykle dokonuje się wyboru sytuacji oraz klas oświetleniowych. Z punktu widzenia realizacji procesu projektowego zasadne jest również przeprowadzenie wstępnych obliczeń fotometrycznych, które pozwolą na planowanie rozmieszczenia słupów oświetleniowych. Należy zwrócić uwagę, że obliczenia powinny być przeprowadzone dla wszystkich elementów przekroju drogi i zapewniać spełnienie wymagań oświetleniowych dla

jezdni i obszarów konfliktowych (np. przejść dla pieszych). Omówienie wymagań norm przybliżone jest w pozycjach [79] oraz [3].

Zasadniczym etapem sporządzania projektu jest wykonanie projektu budowlanego. Ze względu na brak możliwości kwalifikowania odstępstw dotyczących planu zagospodarowania terenu jako nieistotnych ważne jest, aby na tym etapie ustalić ostatecznie rozmieszczenie sieci uzbrojenia terenu. Rozmieszczenie instalacji oświetleniowej powinno spełniać wymagania norm (w tym [59][92][60][14]) w zakresie odległości, od sieci uzbrojenia terenu, jak również wymagania gestorów poszczególnych sieci. Zbiorcza plansza uzbrojenia terenu podlega uzgodnieniu na posiedzeniu Narady Koordynacyjnej. Przed złożeniem projektu na posiedzenie Narady Koordynacyjnej należy uzyskać uzgodnienia gestorów sieci uzbrojenia podziemnego. Zawartość projektu budowlanego jest określona w przepisach [73]. Dla typowego projektu oświetlenia drogowego należy przedstawić opis sposobu zasilania, założenia do określenia klas oświetlenia, opis sposobu prowadzenia instalacji odbiorczej, zestawienie montażowe opraw i słupów. Jeśli przewidziana jest likwidacja istniejącego oświetlenia, to należy szczegółowo określić jego zakres. W części obliczeniowej powinny zostać przedstawione obliczenia techniczne dotyczące m. in. bilansu mocy, doboru kabli, zabezpieczeń i ochrony przeciwporażeniowej. Należy również przedstawić wyniki obliczeń parametrów oświetleniowych, wykonywanych za pomocą odpowiedniego oprogramowania. Do projektu należy załączyć wydane warunki techniczne oraz uzyskane uzgodnienia.

W części rysunkowej projektu budowlanego powinien znajdować się plan likwidacji oświetlenia (jeśli likwidacja jest przewidziana), plan projektowanego oświetlenia, schemat instalacji oświetleniowej, schemat szafy oświetleniowej (i instalacji zasilającej). Wszelkie istotne uwagi wykonawcze należy nanieść na rysunki. Dla obiektów liniowych dopuszczone jest stosowanie skali rysunków dostosowanej do wielkości obiektu – w przypadku oświetlenia drogowego odpowiednia jest zwykle skala 1:500.

Zgodnie z założeniem projekt wykonawczy powinien uzupełniać i uszczegółwiać projekt budowlany w zakresie niezbędnym do sporządzenia przedmiaru robót i kosztorysu oraz przygotowania oferty przez wykonawcę robót budowlanych. Można spotkać projekty oświetlenia drogowego opisane jako „budowlano-wykonawcze”. Pojęcie takie nie ma umocowania prawnego, jednak z przyczyn opisanych wcześniej zasadne jest jak najbardziej szczegółowe opisanie projektowanej instalacji w projekcie budowlanym. Ze względu na brak możliwości zmian w kolejnych projektach należy dokonać również obliczeń technicznych dotyczących doboru kabli i zabezpieczeń. W projekcie wykonawczym możliwe jest dokonanie wyłącznie uszczegółowień niewpływających na plan zagospodarowania terenu jak np. dobór

zabezpieczeń lub przekroju kabla, przedstawienie rysunków montażowych słupów czy sporządzenie zestawienia materiałów.

Bardzo istotnym dokumentem dokumentacji projektowej są specyfikacje techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych (STWiORB). Definiują one wymagania określające standard i jakość wykonania robót, jak również dotyczące sprzętu czy materiałów. W STWiORB powinny być zawarte:

- informacje ogólne o obiekcie budowlanym,
- wymagania dotyczące materiałów w zakresie ich transportu, jakości, sposobu przechowywania,
- wykorzystania sprzętu i maszyn budowlanych niezbędnych do poprawnego wykonania robót,
- wymagania dotyczące stosowanych środków transportu,
- specjalne wymagania dotyczące sposobu wykonania robót budowlanych,
- sposób przeprowadzania kontroli i badań w trakcie i po zakończeniu robót budowlanych,
- wymagania dotyczące obmiaru robót i sposobu ich rozliczania.

Istotnym elementem STWiORB jest zestawienie dokumentów odniesienia takich jak normy, wytyczne, aprobaty techniczne, oceny techniczne i inne ustalenia. Znaczenie STWiORB jest często marginalizowane zarówno przez inwestorów, jak i wykonawców robót budowlanych. Jest to jednak postępowanie niewłaściwe, gdyż jest to dokument pozwalający na jednoznaczne rozstrzygnięcie wielu spornych zagadnień dotyczących realizacji robót budowlanych.

Ostatnim etapem sporządzania dokumentacji projektowej jest wykonanie kosztorysów oraz przedmiarów robót. Istotne jest, aby pozycje tych dokumentów były zgodne z opisem w STWiORB, gdyż niezgodności w tym zakresie mogą powodować niewłaściwą wycenę robót przez wykonawcę i powstanie roszczeń wobec inwestora.

Różne aspekty wykonywania dokumentacji projektowej branży elektrycznej opisano w literaturze [69][77].

6.4.4 Projektowanie i budowa oświetlenia drogowego – wybrane aspekty praktyczne

W przypadku dróg publicznych dobór parametrów oświetleniowych jest przeprowadzany w oparciu o normę wieloarkusową PN-EN 13201:2016 Oświetlenie dróg [58]. Natomiast w przypadku dróg wewnętrznych, stanowiących miejsca pracy na zewnątrz należy stosować się do zapisów normy PN-EN 12464-2:2014-05 [57]. W normie tej przewidziane są wymagania dla dróg w miejscach pracy, w tym również dla przejść dla pieszych na takich drogach. Określone są również wymagania dla oświetlenia parkingów.

Dobór słupów oświetleniowych oraz fundamentów powinien uwzględniać strefę wiatrową, w której znajduje się projektowany obiekt, jak również warunki gruntowo-wodne. Uwzględnić należy wymagania producenta określające zakres stosowania poszczególnych materiałów. W szczególnych przypadkach może zaistnieć konieczność wymiany gruntu wokół projektowanego fundamentu.

Istotną kwestią związaną z ułatwieniem poruszania się pieszych jest łączenie konstrukcji wsporczych dla różnych instalacji. W przypadku oświetlenia istnieje możliwość połączenia funkcji słupa oświetleniowego ze słupem elektroenergetycznym, natomiast w miastach możliwe jest połączenie z masztem sygnalizacji świetlnej, masztem wysięgnikowym sygnalizacji świetlnej lub słupem trakcyjnym. Minimalizacja liczby konstrukcji wsporczych wpływa na estetykę przestrzeni publicznej. Jednocześnie, w przypadku umieszczenia poza chodnikiem, zapewnia szerszą przestrzeń dla pieszych, co jest szczególnie istotne dla osób niepełnosprawnych czy poruszających się z wózkami dla dzieci. W przypadku stosowania słupów oświetleniowo-trakcyjnych należy spełnić wymagania normy PN-K-92002:1997 Komunikacja miejska – sieć jezdnia tramwajowa i trolejbusowa – wymagania [53]. Wymagania normy dotyczą odpowiedniej izolacji oraz niestosowania na słupie urządzeń specjalnych trakcji elektrycznej, jak np. odłączniki. Maszty sygnalizacyjno-oświetleniowe powinny być wykonywane jako dwuwńękowe, z oddzielną wnęką na złącze słupowe oświetleniowe i na instalację sygnalizacji świetlnej (rys. 6.54).

W przypadku zasilania ze słupa oświetleniowego innych obiektów, jak wiaty przystankowe, reklamy świetlne, tablice informacyjne, plany miast, słupy również powinny być wykonywane jako dwuwńękowe, aby nie było potrzeby montażu na słupach skrzynek lub rozdzielnic.

a)



b)



Rys. 6.54 Słup trakcyjno-sygnalizacyjno-oświetleniowy z wysięgnikiem a) widok ogólny, b) widok na oddzielne wnęki dla potrzeb sygnalizacji świetlnej i oświetlenia

Źródło: T. Krukowicz

Kolejnym zagadnieniem jest odpowiednie zaplanowanie rozgałęzień instalacji oświetleniowej w słupach. Złącza słupowe pozwalają na podłączenie do 4 kabli o przekroju żył (w zależności od typu) do 35 mm² lub nawet 50 mm². Jednak wprowadzenie takiej liczby kabli do wnęki słupa o niewielkiej średnicy (tzw. słup parkowy) może być trudne w przypadku złącza typu tabliczkowego. W przypadkach takich należy planować rozgałęzienia obwodów w słupach o większej średnicy.

Dobłą praktyką jest wydawanie przez Zarząd Drogi warunków technicznych, które stanowią podstawę do projektowania oświetlenia. W warunkach takich określone są rozwiązania techniczne takie jak:

- oczekiwany sposób prowadzenia instalacji – kablowa, kablowa w rurach osłonowych, napowietrzna,
- wytyczne do doboru opraw np. wymagany stopień ochrony, materiał obudowy oprawy lub klosza,
- określenie źródła światła np. sodowe, metalohalogenkowe, LED,
- wymagany minimalny przekrój żył kabli oraz ich materiał,

- określenie zasad zasilania instalacji oświetlenia i podziału sieci,
- wytyczne dotyczące funkcjonowania oświetlenia w okresie prowadzenia robót budowlanych.

Wydanie warunków technicznych oraz inwentaryzacji istniejącego oświetlenia znacznie ułatwia proces projektowania i zmniejsza liczbę poprawek wprowadzanych do dokumentacji projektowej podczas uzgadniania dokumentacji projektowej.

Sposób prowadzenia instalacji elektrycznej oświetlenia należy uzgodnić z Zarządem Drogi. Zalecane jest jednak prowadzenie kabli w rurach osłonowych (rys. 6.55). Zapewnia to możliwość wymiany odcinków kabla bez wykonywania wykopów, co znacząco skraca czas naprawy w przypadku awarii. Dla zachowania drożności rur ochronnych należy je odpowiednio wprowadzić do fundamentu słupa, aby nie ulegały zagnieceniu oraz zanieczyszczeniu gruntem. Rodzaj rury należy dobrać odpowiednio w zależności od miejsca ułożenia i spodziewanych nacisków (chodnik, trawnik, jezdnia torowisko). Zaleca się układanie w rurze osłonowej tylko jednego kabla.



Rys. 6.55 Rury osłonowe karbowane średnicy 110 mm w wykopie przed zasypaniem

Źródło: T. Krukowicz

W dokumentacji projektowej robót, które będą wykonywane w oparciu o ustawę Prawo Zamówień Publicznych, nie należy stosować nazw własnych producentów i rozwiązań technicznych. Poszczególne materiały powinny być opisywane za pomocą parametrów. Przykładowy zestaw parametrów charakteryzujących oprawę przedstawiono poniżej:

- przystosowanie do źródeł światła konkretnego typu (np. wysokoprężna lampa sodowa),

- przystosowanie do źródeł światła o określonej mocy,
- przystosowanie do źródeł światła o określonym trzonku (np. E27),
- źródło światła powinno zapewniać co najmniej strumień świetlny o określonej wartości,
- źródło światła powinno mieć wskaźnik oddawania barw R_a co najmniej (np.: > 70),
- źródło światła powinno charakteryzować się wskazaną temperaturą barwową,
- źródło światła powinno być dostarczane w komplecie ze oprawą,
- określony stopień ochrony IP (przed wnikaniem ciał stałych i płynów),
- określona budowa komory (np. oddzielnie otwierana część optyczna i część z układem zapłonowym (zasilaczem), zapewnienie dostępu do wszystkich elementów oprawy od dołu – w przypadku takiego rozwiązania potrzebny jest niższy podnośnik koszowy do przeprowadzenia prac),
- dostęp do wnętrza komory części zasilającej lub układu optycznego bez użycia narzędzi,
- określony stopień ochrony IK (przed udarami mechanicznymi),
- materiał i sposób wykonania klosza,
- dopuszczalna masa i powierzchnia oprawy,
- możliwość montażu na wysięgniku oraz na sztorc na słupie w zakresie określonych kątów,
- napięcie zasilające,
- spełnienie wymagań oświetleniowych dla klas i sytuacji oświetleniowych określonych w dokumentacji projektowej bez zmiany lokalizacji słupów,
- materiał i sposób wykonania korpusu lampy,
- klasa ochronności.

Zastosowanie nazw własnych w przypadku projektów współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej może spowodować ograniczenie dofinansowania, co może powodować roszczenia Inwestora w stosunku do jednostki opracowującej dokumentację projektową.

W przypadku oświetlenia peronów przystanków tramwajowych i autobusowych oraz znajdujących się przy nich przejść dla pieszych należy stosować oprawy z płaskim kloszem (rys. 6.56). Pozwalają one na dobrą widoczność peronów w lusterkach, również w czasie opadów atmosferycznych. Oprawy takie zapobiegają zjawisku olśnienia kierujących pojazdami, a ich stosowanie jest również obowiązkowe w sąsiedztwie torów kolejowych na podstawie wymagań PKP PLK.

Istotną sprawą jest kwestia prowadzenia kabli oświetleniowych w miejscach, w których będą montowane drogowe bariery ochronne. Bariery ochronne są zwykle wbijane po zakończeniu budowy oświetlenia. Wiąże się to wielokrotnie z uszkodzeniem kabli oświetleniowych podczas tej czynności. Z tego powodu na etapie projektowania należy skoordynować trasy kablowe i lokalizację barier w celu eliminacji tego problemu. W przypadku występowania zbliżeń barier z instalacją oświetlenia należy na budowie skoordynować położenie tych instalacji i odpowiednio zagłębić kable oświetleniowe oraz prowadzić montaż barier pod nadzorem kierownika robót elektrycznych. Analogiczny problem może wystąpić w przypadku montażu ogrodzeń segmentowych. Należy zwrócić uwagę, że uszkodzenie kabla podczas wbijania obiektów powoduje zagrożenie porażeniem prądem elektrycznym.

a)



b)



Rys. 6.56. Oprawa oświetleniowa z płaskim kloszem stosowana na peronie przystanku tramwajowego
a) widok ogólny b) widok klosza oprawy

Źródło: T. Krukowicz

Nowoczesne oprawy oświetlenia drogowego charakteryzują się możliwością zmiany wzajemnego położenia źródła światła i odbłyśnika poprzez przesuwanie jednego lub drugiego

elementu, co powoduje zmianę bryły rozsyłu światłości oprawy. Ze względu na możliwość zanieczyszczenia wnętrza oprawy zaleca się, aby ustawienie pozycji odbłyśnika było realizowane przed dostarczeniem lamp w warunkach warsztatowych. Jeśli w projekcie występują oprawy z różnym ustawieniem odbłyśników, to powinny być one odpowiednio oznaczone w celu uniknięcia pomyłki.

W przypadku zasilania instalacji oświetlenia w układzie TT występują często problemy z zapewnieniem wymaganej ze względu na ochronę przeciwporażeniową rezystancji uziomu. Rozwiązaniem tego problemu może być wykonanie instalacji odbiorczej w II klasie ochronności, przy czym norma [54] wymaga zastosowania w takim przypadku odpowiedniej izolacji np. rur z tworzywa sztucznego, co opisano m. in. w artykule [48].

W przypadku oświetlenia drogowego stosowane może być zasilanie dwustronne. W takim przypadku odcinek drogi jest zasilany z dwóch szaf oświetleniowych i na odcinku występuje miejsce podziału sieci. W przypadku awaryjnym pozwala to zasilanie całego odcinka z jednej szafy oświetleniowej. Zastosowanie takiego rozwiązania wymaga przeprowadzenia obliczeń dotyczących ochrony przeciwporażeniowej oraz spadku napięcia również dla awaryjnego układu połączeń.

Poprawa oświetlenia przejścia dla pieszych jest często realizowana jako rozbudowa istniejącego obwodu oświetlenia. W przypadku takiego rozwiązania należy dokonać sprawdzenia, jak rozbudowa wpłynie na ochronę przeciwporażeniową oraz na zabezpieczenia w szafie oświetleniowej.

Rozmieszczenie słupów oświetleniowych nie powinno ograniczać widoczności. W szczególności dotyczy to słupów o dużej średnicy, jak np. słupy trakcyjno-oświetleniowe. Słup nie powinien:

- ograniczać widoczności pieszych oczekujących na możliwość przejścia przez jezdnię,
- ograniczać widoczności pojazdów zbliżających się na przejścia dla pieszych,
- ograniczać widoczności znaków drogowych oraz sygnalizatorów świetlnych.

W przypadku ograniczania widoczności może istnieć potrzeba przestawienia słupa. Dla zachowania tej samej lokalizacji źródła światła możliwe jest w takim przypadku zastosowanie dłuższego wysięgnika.

Słupy oświetleniowe nie powinny być umieszczane w odległości mniejszej niż 1,5 metra od krawędzi peronu przystanku autobusowego lub tramwajowego. Odległość ta ma na celu umożliwienie swobodnego wsiadania i wysiadania pasażerów, jak również zapewnienie możliwości rozłożenia rampy dla niepełnosprawnych w pojeździe. W niektórych przypadkach

poruszanie się niepełnosprawnego przy otwartej rampie może wymagać nawet większej przestrzeni niż 1,5 m, więc jeśli jest to możliwe, to należy rozważyć inną lokalizację słupów oświetleniowych.

6.4.5 Sprawdzenie odbiorcze i okresowe oświetlenia drogowego

Przed przekazaniem instalacji oświetlenia do eksploatacji należy wykonać odpowiednie sprawdzenia, które pozwalają ocenić, że spełnione są wymagania pozwalające na zachowanie bezpieczeństwa użytkownika instalacji. Zakres badań okresowych jest określony w przepisach ustawy [74], a uszczegółowiony w normie [56], która reguluje również zagadnienia sprawdzania odbiorczego. Sprawdzenie rozpoczyna się od oględzin, podczas których należy sprawdzić poprawność połączeń, prawidłowość doboru osprzętu oraz występowanie widocznych uszkodzeń instalacji. Następnie przystępuje się do prób, w przypadku oświetlenia obejmujących w szczególności sprawdzenie ciągłości przewodów ochronnych, rezystancję izolacji instalacji, sprawdzenie warunków samoczynnego wyłączenia zasilania (pomiar rezystancji uziomów, pomiar impedancji pętli zwarcia). Poza wykonaniem prób o charakterze elektrycznym należy również dokonać pomiarów parametrów oświetleniowych. W przypadku stwierdzenia nieprawidłowości należy dokonać ich usunięcia i ponownie przeprowadzić próbę.

Sprawdzenie okresowe instalacji oświetlenia drogowego mogą przeprowadzać osoby posiadające odpowiednie uprawnienia budowlane lub posiadające świadectwa kwalifikacyjne w zakresie dozoru, uprawniające do przeprowadzania prac kontrolno-pomiarowych w zakresie oświetlenia drogowego [74]. Ze sprawdzenia należy sporządzić protokół, który powinien zostać załączony do książki obiektu budowlanego lub książki drogi. Opis metod dokonywania sprawdzeń oraz utrzymania oświetlenia drogowego można znaleźć w literaturze [62][43][51][50][42].

6.5 Sterowanie oświetleniem

Norma oświetleniowa PN-EN 13201:2016 Oświetlenie dróg [55] wyraźnie wskazuje na potrzebę stosowania rozwiązań technicznych w zakresie redukcji mocy opraw oświetleniowych i stosowania systemów sterowania oświetleniem ulicznym lub drogowym. Potrzeba stosowania powyższych rozwiązań wynika wprost z ograniczenia oddziaływania na środowisko (redukcja gazów cieplarnianych), poprzez zmniejszenie zużycia energii elektrycznej na cele oświetleniowe.

Innym, istotnym powodem stosowania systemów sterowania oświetleniem jest ograniczanie kosztów eksploatacji instalacji ulicznych i drogowych ponoszonych przez właściciela instalacji.

6.5.1 Sterowanie oświetleniem ulicznym

Sterowanie oświetleniem ulicznym może odbywać się:

- ręcznie, np. przy sprawdzaniu działania oświetlenia ulicznego/drogowego w ciągu dnia lub w przypadku, gdy zawiedzie sterowanie samoczynne,
- automatycznie - samoczynne (np. przekaźniki zmierzchowe, zegary sterujące, połączenia kaskadowe itp.).

W zakresie sterowania oświetleniem istnieją praktycznie nieograniczone możliwości techniczne pozwalające na sterowanie pojedynczymi oprawami lub całymi systemami oświetleniowymi np. w skali ulicy czy całego miasta. Jedynym potencjalnym ograniczeniem przy ich stosowaniu są koszty wdrożenia i utrzymania niniejszych rozwiązań.

Rozwiązania techniczne stosowane do sterowania oświetleniem ulicznym/drogowym w tym na przejściach dla pieszych najczęściej wykorzystują następujące elementy:

- sterowniki czasowe,
- zegary astronomiczne,
- czujniki światła naturalnego,
- czujniki prędkości i kierunku ruchu,
- detektory pieszych - czujniki ruchu (np. radarowe, pasywne czujniki podczerwieni),
- czujniki poziomu luminancji jezdni,
- sterownik z ustalonym planem redukcji,
- sterowniki specjalistyczne (często z komunikacją dwukierunkową np. ze zdalnym monitorowaniem parametrów całej instalacji lub pojedynczej oprawy oraz możliwością sterowania rozproszonego lub grupowego).

Każde z stosowanych rozwiązań cechuje się pewnymi możliwościami i możliwe jest łączenie ich funkcjonalności w zależności od potrzeb użytkownika i warunków eksploatacji.

6.5.2 Sterowanie oświetleniem na przejściach dla pieszych

W przypadku przejść dla pieszych ważne jest, aby stosowane rozwiązania w zakresie sterowania nie przyczyniały się do pogorszenia warunków oświetleniowych, szczególnie w przypadku występowania trudnych warunków atmosferycznych w porze nocnej. Należy pamiętać, że nadrzędnym zadaniem oświetlenia przejścia dla pieszych jest uwidocznienie sylwetki pieszego obserwowanego przez kierowcę z pojazdu.

Można wskazać trzy sytuacje, związane z sposobami zasilania opraw oświetleniowych stosowanych na przejściach dla pieszych:

1. Oświetlenie przejścia dla pieszych realizowane jest oprawami ulicznymi bądź drogowymi.
2. Stosowany jest system uzupełniający wykorzystujący dedykowane oprawy oświetleniowe o cechach asymetrycznego rozsyłu strumienia świetlnego zasilany z sieci oświetlenia ulicznego lub drogowego, ale posiadający własny obwód zasilania i sterowania.
3. Stosowany jest system autonomiczny (zasilany z akumulatorów ładowanych np. z paneli fotowoltaicznych) wykorzystujący dedykowane oprawy oświetleniowe o cechach asymetrycznego rozsyłu strumienia świetlnego.

Jeżeli stosuje się rozwiązanie pozwalające na redukcję mocy opraw oświetleniowych, to należy się upewnić, w jaki sposób zastosowana redukcja wpływa na zakładane parametry oświetleniowe na przejściu. Dla każdego stopnia redukcji mocy (strumienia świetlnego) należy przeprowadzić pełne pomiary potwierdzające uzyskiwane efekty oświetleniowe. Wyniki pomiarów powinny być potwierdzone stosownymi protokołami pomiarowymi.

Zalecenia w zakresie sterowania oświetleniem na przejściach dla pieszych:

1. Oświetlenie przejścia dla pieszych powinno mieć oddzielny obwód zasilania, niezależny od ciągu oświetlenia ulicznego lub drogowego, pozwalający na kontrolę stanu pracy instalacji.
2. Oświetlenie przejścia dla pieszych musi być uruchamiane łącznie z oświetleniem ulicznym. Należy dążyć do utrzymania (w miarę możliwości) jednoczesnego czasu zadziałania oświetlenia przejść dla pieszych oraz oświetlenia ulicznego / drogowego w wybranym obszarze. Dopuszczalne rozbieżności w jednoczesności pracy oświetlenia, w stosunku do czasu ustalonego kalendarzem świecenia opracowanym w oparciu o czasy wschodów i zachodów słońca lub między sąsiednimi obiektami oświetleniowymi, sterowanymi indywidualnie wynoszą:
 - ± 10 minut przy sterowaniu zegarami,
 - ± 5 minut przy sterowaniu przekaźnikami zmierzchowymi lub z kaskad.
3. W przypadku autonomicznego przejścia dla pieszych oświetlenie powinno być uruchamiane zegarem astronomicznym w oparciu o czasy wschodów i zachodów słońca.
4. Niedopuszczalna jest sytuacja wyłączenie oświetlenia na oraz przed i za przejściem dla pieszych w porze nocnej.
5. Nie zaleca się stosowania redukcji strumienia świetlnego w oprawach dedykowanych, asymetrycznych, stosowanych do oświetlenia przejścia dla

pieszych. Oświetlenie zastosowane w obszarze przejścia dla pieszych powinno mieć zachowane założone parametry oświetleniowe w całym okresie nocy. Zastosowanie zabiegu polegającego na redukcji strumienia świetlnego poniżej wartości założonej w projekcie, może doprowadzić do ograniczenia możliwości rozpoznania sylwetki pieszego przez kierowcę w niekorzystnych warunkach atmosferycznych lub w przypadku niewłaściwej detekcji obecności pieszego na przejściu.

6. Niezalecana jest zmiana poziomu oświetlenia przejścia dla pieszych (rozjaśnienie lub ściemnianie).
7. Rozwiązanie to stosowane jest łącznie z układem detekcji pieszego i nie daje pełnej gwarancji realizacji tego zadania (szczególnie w trudnych warunkach atmosferycznych). Przypadkowe rozjaśnienie obszaru przejścia dla pieszych (bez obecności pieszego), może spowodować błędną interpretację sytuacji drogowej przez kierowcę i doprowadzić do stworzenia sytuacji niebezpiecznej. Ponadto może nastąpić nadinterpretacja sytuacji drogowej przez kierowców, którzy często pokonują przejście z zainstalowanym systemem detekcji powodującym rozjaśnienie obszaru przejścia dla pieszych. Kierowca może stwierdzić, że brak rozjaśniania obszaru przejścia oznacza brak pieszego na przejściu. Jest to sytuacja szczególnie niekorzystna, gdyż na większości przejść dla pieszych występuje stały poziom oświetlenia.
8. Zalecane jest stosowanie rozwiązania technicznego nadzorującego zmianę strumienia świetlnego i zapewniającego funkcję utrzymania zakładanej wartości strumienia świetlnego oprawy lub źródła światła w czasie, w całym okresie eksploatacji oprawy oświetleniowej lub zastosowanego w niej źródła światła.

6.6 Wybrane zagadnienia zasilania opraw oświetleniowych LED

Streszczenie: W rozdziale opisano wybrane wymagania dotyczące zasilaczy dla opraw LED oraz zagrożenia pojawiające się od strony w sieci energetycznej. Dodatkowo opisano wybrane parametry, na jakie należy zwrócić uwagę dokonując doboru zasilacza.

6.6.1 Minimalna i maksymalna wartość skutecznego napięcia zasilającego oprawy LED

Napięcie w jednofazowej sieci niskiego napięcia o częstotliwości sieciowej 50Hz powinno wynosić $230\text{ V} \pm 10\%$. W związku z tym zakres zmienności napięcia zasilania oprawy oświetleniowej powinien mieścić się w zakresie od 207V do 253V, w którym zasilacz powinien działać poprawnie. Niektóre typy zasilaczy zastosowane w oprawach oświetleniowych

umożliwiają poprawną pracę nawet w zakresie napięcia zasilającego od 90V do 295V, czyli w znacznie szerszym zakresie, niż ten określony przez normę.

6.6.2 Szybka zmiana napięcia, tzw. "flicker"

Zasilanie odbiorników energii elektrycznej pobierających dużą, ale zmienną ilość energii elektrycznej powoduje wahania napięcia zasilającego inne odbiorniki podłączone do tej samej sieci energetycznej. Do takich urządzeń można zaliczyć: spawarki, piece łukowe, obciążenia nieliniowe, itd.

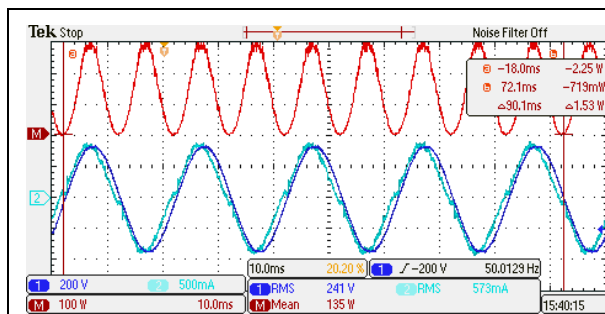
Zmienność napięcia w tym przypadku mieści się w określonej przez normę tolerancji $\pm 10\%$, zatem w zakresie napięcia zasilania. Szybkie zmiany napięcia tzw. "flicker-y" mogą wpływać negatywnie na stabilizację parametrów wyjściowych zasilacza, co charakteryzuje się zmianami strumienia świetlnego emitowanymi przez oprawy LED. Stabilizacja prądu i napięcia wyjściowego podczas występowania "flickerów" zależy od parametrów układu sterującego pracą zasilacza i jest określona przez producenta.

6.6.3 Odształcenie sinusoidy napięcia zasilającego

Przesył energii elektrycznej w sieciach publicznych odbywa się z wykorzystaniem sinusoidalnie zmiennego napięcia. Nieliniowe odbiorniki energii, w których przepływający prąd nie jest proporcjonalny do napięcia zasilającego powodują zniekształcenie jego przebiegu. Głównym źródłem takich zakłóceń są m.in. przekształtniki energoelektroniczne (falowniki, przetwornice napięcia, itd.) nieposiadające aktywnego układu korekcji współczynnika mocy, tzw. układu Active PFC (ang.: *Power Factor Correction*). Dotyczy to głównie przekształtników małej mocy, w których stosuje się wejściowy mostek prostowniczy, a przepływ prądu ma charakter impulsowy, ewentualnie ograniczony indukcyjnościami wejściowymi. Urządzenia tego typu znalazły powszechne zastosowanie w domowym sprzęcie powszechnego użytku oraz urządzeniach AGD. Ze względu na ogromną ilość przekształtników małej mocy odształcenie sinusoidy napięcia zasilającego jest faktem, z którym muszą poradzić sobie inne urządzenia podłączane do sieci.

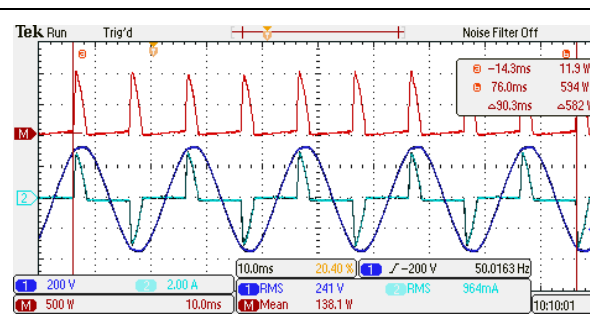
6.6.4 Współczynnik mocy i jego wpływ na sieć energetyczną. Opłaty za pobraną moc

Idealnym obciążeniem z punktu widzenia sieci energetycznej jest odbiornik pobierający sinusoidalnie zmienny prąd, będący w fazie z napięciem sieci. W przypadku zasilaczy LED w celu realizacji tej funkcji należy zastosować zasilacz posiadający wspomniany wcześniej, **układ aktywnej korekty współczynnika mocy** (ang. *Build-in Active PFC - Power Factor Correction*), który jest droższy przy zakupie, jednak pobiera mniej mocy biernej (rys. 6.57).



Rys. 6.57 Przebiegi: napięcie sieci – przykład 1 [niebieski], prąd pobierany z sieci [cyjan] i moc chwilowa [czerwony] dla zasilacza posiadającego Aktywny Układ Korekcji Współczynnika Mocy (PFC)

Źródło: K. Tomczuk



Rys. 6.58 Przebiegi: napięcie sieci – przykład 2 [niebieski], prąd pobierany z sieci [cyjan] i moc chwilowa [czerwony] dla zasilacza nie posiadającego układu korekcji współczynnika mocy

Źródło: K. Tomczuk

Producenci oświetlenia LED chcąc zmniejszyć koszty wytworzenia opraw oświetleniowych montują tańsze zasilacze (rys. 6.58), które nie posiadają układów poprawiających współczynnik mocy zasilacza. Urządzenia te pobierają prąd z sieci energetycznej odbiegający kształtem od sinusoidy, a wielu przypadkach nie jest on nawet w fazie z napięciem sieci, co powoduje pobór dodatkowej mocy biernej. W tym przypadku mniejszy koszt zakupu oprawy oświetleniowej z tego zasilaczem bez PFC wiąże się z większymi kosztami opłat za pobraną energię elektryczną.

Na rys. 6.57 oraz rys. 6.58 przedstawiono wyniki pomiarów mocy dla dwóch opraw z półprzewodnikowymi źródłami światła typu LED pobierających **tę samą moc czynną wynoszącą 135W**. Oprawy zasilane są dwoma zasilaczami, z których jeden posiada wejściowy układ PFC, natomiast drugi nie posiada takiego układu. W tab. 6.5 i tab. 6.6 zamieszczono wyniki pobieranej mocy oraz kosztów za pobraną energię elektryczną.

Tab. 6.5

Wartości mocy oraz opłat za pobraną energię zasilacza z układem PFC

Typ zasilacza	Moc pozorna	Moc czynna	Moc bierna
Pobrane moce	138 VA	135 W	29 Var
$\cos \phi / \operatorname{tg} \phi$	0,97 / 0,22		
Czas świecenia oprawy	4024 h		
Pobrana energia elektryczna		543 kWh	117 kvarh
Koszt 1kWh / 1 kvarh	-	0,55 zł/ kWh	0,55 zł / kvarh
Koszt pobranej energii		299 zł	65 zł
SUMA OPŁAT	364 zł / na rok		

Źródło: K. Tomczuk

Tab. 6.6

Wartości mocy oraz opłat za pobraną energię zasilacza bez układu PFC

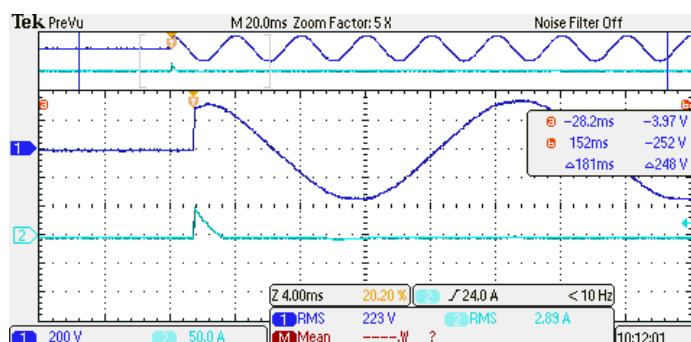
Typ zasilacza	Moc pozorna	Moc czynna	Moc bierna
Pobrane moce	226 VA	135 W	181 Var
$\cos \phi / \operatorname{tg} \phi$	0,60 / 1,34		
Czas świecenia oprawy	4024 h		
Pobrana energia elektryczna	-	543 kWh	730 kvarh
Koszt 1kWh / 1 kvarh		0,55 zł/ kWh	0,55 zł / kvarh
Koszt pobranej energii		299 zł	401 zł
SUMA OPŁAT	700 zł / na rok		

Źródło: K. Tomczuk

Opłata za pobraną moc bierną nie jest pobierana jeśli współczynnik mocy $\operatorname{tg} \phi < 0.4$. Analizując otrzymane wyniki możemy wyciągnąć wniosek, że stosując zasilacz z układem PFC, którego $\operatorname{tg} \phi = 0.22$ użytkownik zapłaci tylko za pobraną moc czynną (tzn. 364 zł rocznie), natomiast stosując zasilacz bez układu PFC, którego $\operatorname{tg} \phi = 1.34$ opłata będzie pobrana za moc czynną i bierną (tzn. 700 zł rocznie).

6.6.5 Jednoczesne uruchamianie opraw i problemy z tym związane

Nieodłącznymi elementami każdego przekształtnika energoelektronicznego, jakim jest zasilacz do oświetlenia LED, są kondensatory znajdujące się w jego obwodzie wejściowym. Wpływają one na stabilizację przebiegów napięć i tłumienie powstających przepięć powodowanych działaniem tranzystorów półprzewodnikowych. W chwili podłączenia zasilacza do sieci energetycznej kondensatory są rozładowane i następuje przepływ prądu ładującego pojemności zasilacza, zanim jeszcze na jego zaciskach wyjściowych pojawi się napięcie.



Rys. 6.59 Przebiegi podczas załączania zasilacza

napięcia sieci [niebieski], prądu pobieranego z sieci [cyjan]

Źródło: K. Tomczuk

Na rys. 6.59 przedstawiono oscylogram prądu i napięcia sieci podczas załączenia zasilacza. Występuje na nim charakterystyczny udar prądowy o amplitudzie 50A. Zgodnie z danymi zawartymi w notach katalogowych zasilacza wynika, że prąd rozruchowy, ang. "Inrush Current" może wynosić w amplitudzie nawet do 65A, co przy kilku lub kilkunastu zasilaczach włączonych w jedną linię zasilającą może powodować zadziałanie zabezpieczeń nadprądowych podczas jednoczesnego załączania zasilania opraw oświetleniowych.

6.6.6 Zagrożenia wynikające z zasilania urządzeń z publicznej sieci energetycznej

W eksploatacji sieci energetycznych pojawiają się liczne zagrożenia dla odbiorników energii elektrycznej. Wynikają one z procesów łączeniowych, rozruchów odbiorników wielkich mocy, krótkotrwałych zwarć międzyprzewodowych lub doziemnych. Wymienione przyczyny powodują pojawienie zmian w jakości energii elektrycznej w liniach zasilających, tj.: zapadów napięcia, przepięć łączeniowych i innych niewymienionych zagrożeń.

6.6.7 Co to jest kompensacja strumienia świetlnego opraw w czasie i na czym polega

Producenci półprzewodnikowych źródeł światła LED deklarują, że średni czas świecenia diod wynosi 50 tysięcy godzin. Tak właściwie jest to czas, po którym strumień świetlny emitowany przez źródła LED zmniejszy się do 70% strumienia znamionowego. Dzieje się to w wyniku degradacji złącza półprzewodnikowego, w którym generowane jest światło. Chcąc utrzymać stały strumień świetlny w czasie należy sukcesywnie w czasie eksploatacji zwiększać prąd zasilania LED proporcjonalnie do degradacji złącza diody świecącej. Funkcję taką powinien realizować układ automatyki będący elementem składowym oprawy oświetleniowej.

6.6.8 Regulacja emitowanego strumienia świetlnego

W celu obniżenia ilości produkowanych typów, producenci instalują dodatkowe przełączniki umożliwiające wybór jednego z kilku możliwych prądów zasilania LED. Niektóre typy zasilaczy umożliwiają dodatkową regulację natężenia oświetlenia zewnętrznym sygnałem napięciowym 0-10V lub o stałej częstotliwości, lecz zmiennym wypełnieniu impulsu (tzw. PWM) lub cyfrowymi systemami komunikacyjnymi np. DALI (*Digital Addressable Lightning Interface*). Funkcje te realizowane są za pomocą dodatkowych elementów automatyki. Regulacja emitowanego strumienia świetlnego wiąże się ze zmianą ilości pobieranej mocy, a funkcja taka jest istotna w wybranych godzinach nocnych, kiedy istnieje potrzeba redukcji strumienia świetlnego oprawy oświetleniowej.

6.6.9 Trwałość zasilacza. Współczynnik MTBF

Podstawowym wymaganiem dotyczącym zasilacza do opraw ze źródłami typu LED jest temperatura pracy. Użyte do budowy zasilacza elementy zgodnie z wymaganiami producenta

muszą być eksploatowane w ściśle określonym zakresie temperatur. Szczególne zagrożenie dotyczy pracy urządzeń przy temperaturach wysokich, bliskich maksymalnych wartości. Przy długiej eksploatacji, w trakcie której urządzenie utrzymuje wysoką temperaturę przekraczającą określone przez producenta poziomy należy liczyć się ze skróceniem czasu jego eksploatacji, co doprowadzić może do uszkodzenia oprawy.

Parametrem określającym trwałość zasilacza jest współczynnik MTBF (mean time between failures), czyli średni czas pomiędzy uszkodzeniami. Określa się go na podstawie badań w ekstremalnych warunkach lub teoretycznych opracowań. Nie jest on związany z gwarancją lub rękojmią, oznacza on, że urządzenie jest w stanie przepracować określoną liczbę godzin przy zachowaniu warunków wskazanych przez producenta.

6.6.10 Zabezpieczenie zasilaczy przed wyładowaniami atmosferycznymi

„Piorun” jest to wyładowanie atmosferyczne, którego napięcie oscyluje w przedziale 10÷100 MV (megawoltów), natomiast średnie natężenie przepływających prądów podczas wyładowania wynosi 30÷50kA, zdarzają się wyładowania na poziomie 150÷200kA.

Przedstawione wartości wyraźnie pokazują, że zabezpieczenie przed wyładowaniami atmosferycznymi powinny być zrealizowane przez dodatkowe, zainstalowane w sieciach, odpowiednio dobrane ograniczniki przepięć, które ograniczą przepięcie na bezpiecznym poziomie nie powodując uszkodzenia zasilaczy i innych komponentów opraw oświetleniowych. Kolejną sprawą, na jaką trzeba zwrócić uwagę to uziemienie, które musi przyjąć energię wyładowania atmosferycznego, w związku z tym powinno być wykonane zgodnie z obowiązującymi przepisami uzyskując odpowiednio niską rezystancję.

Zasilanie opraw oświetleniowych realizowane jest w większości przypadków przez dodatkową linię napowietrzną, podwieszoną pod przewodami fazowymi, do których podłączeni są odbiorcy energii elektrycznej. Pewnym dodatkowym zabezpieczeniem przed wyładowaniami atmosferycznymi jest rozproszczenie zasilania obwodów oświetlenia ziemną linią kablową, co jest realizowane głównie w miastach. Rozwiązanie takie zapewnia osiągnięcie dodatkowych wymaganych odstępów izolacyjnych na słupach pomiędzy źródłem przepięcia pojawiającym, a żyłami kabla zasilającego. W takim rozwiązaniu ogranicznik przepięć powinien być zamontowany w rozdzielni, w miejscu zasilania linii oświetleniowej w celu zabezpieczenia przed przepięciami pochodzącymi z publicznej sieci energetycznej.

Projekt instalacji odgromowej umożliwiającej efektywne zabezpieczenie zasilaczy przed przepięciami powstającymi w sieci w wyniku uderzeń pioruna powinien być uwzględniony w projekcie instalacji oświetleniowej. Użyte elementy odgromowe powinny umożliwić wielokrotne przejście wyładowania atmosferycznego. Nie powinno się stosować ograniczników przepięć

jednorazowego użytku, które podlegają wymianie po każdym wyładowaniu atmosferycznym – podnosi to koszty eksploatacji instalacji oświetleniowej.

6.6.11 Newralgiczny punkt zasilacza. Zabezpieczenie termiczne.

Newralgicznymi elementami zasilacza są kondensatory elektrolityczne. Przy długiej eksploatacji, w trakcie której urządzenie utrzymuje wysoką temperaturę przekraczającą określoną przez producenta poziom, należy liczyć się z ich uszkodzeniem. Awaria dotyczy takich objawów jak: pęknięcie, puchnięcie, wylewanie elektrolitu, a nawet wybuch kondensatora. Kondensatory elektrolityczne w zależności od typu, mogą pracować z maksymalną temperaturą od +85 °C do +105 °C. Producenci zasilaczy podają, że temperatura pracy może osiągać maksymalnie od +70 °C do +75 °C. Należy pamiętać, że pomiary wykonywane są na zewnątrz obudowy, natomiast wewnątrz urządzenia panuje o wiele wyższa temperatura. W związku z tym stosuje się dodatkowe zabezpieczenia termiczne, które montowane są w pobliżu elementów wydzielających największą ilość ciepła wewnątrz obudowy zasilacza. Umożliwiają one wyłączenie urządzenia lub znaczące obniżenie mocy pobieranej z sieci energetycznej. Sytuacja taka ma miejsce w przypadku pracy w wysokiej temperaturze otoczenia, podczas przeciążenia lub zmiany warunków oddawania ciepła, np. zakrycie otworów wentylacyjnych w oprawie oświetleniowej. Zastosowanie takiego zabezpieczenia umożliwi wydłużenie czasu pracy zasilacza oraz redukcję kosztów serwisowych.

6.6.12 Pozostałe wybrane zabezpieczenia zasilacza

Powyżej wspomniano o zabezpieczeniach termicznych zasilacza. W zasilaczach dobrej klasy w celu zapewnienia długiej i niezawodnej pracy stosuje się układy umożliwiające ochronę przed innymi zagrożeniami, które mogą wystąpić podczas pracy. Poniżej opisano pozostałe zabezpieczenia, na które należy zwrócić uwagę:

- OVP (*Over Voltage Protection*) – zabezpieczenie przed zbyt wysokim napięciem wyjściowym.
- UVP (*Under Voltage Protection*) – zabezpieczenie przed zbyt niskim napięciem na liniach wyjściowych.
- OCP (*Over Current Protection*) – zabezpieczenie przed przeciążeniem, zbyt wysokim natężeniem prądu.
- OLP lub OPP (*Over Load Protection* lub *Over Power Protection*) – zabezpieczenie przed przeciążeniem całego zasilacza.
- OTP (*Over Temperature Protection*) – zabezpieczenie przed przegrzaniem zasilacza (opisane powyżej).

- SCP (*Short Circuit Protection*) – zabezpieczenie przeciwzwarciowe. Aktywuje się, kiedy w obwodzie zasilacza pojawi się zwarcie.
- IOVP (*Input Over Voltage Protection*) i IUVP (*Input Under Voltage Protection*) – zabezpieczenie zasilacza przed zbyt wysokim lub zbyt niskim napięciem wejściowym.

6.6.13 Niezawodność

Zapewnienie wysokiej niezawodności urządzeń elektronicznych, także zasilaczy LED, wiąże się ze spełnieniem kilku zasad:

- Wybór zasilaczy powinien pochodzić od renomowanych producentów oferowanych przez rzetelnych dostawców zapewniających serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.
- Stosowanie urządzeń o dużej sprawności energetycznej, tj. wydzielających minimalną ilość ciepła.
- W celu skutecznego odprowadzenia ciepła zasilacz należy stosować w miejscu, gdzie temperatura otoczenia jest najniższa oraz występuje łatwy przepływ powietrza chłodzącego.
- Wykorzystanie mocy wyjściowej zasilacza na poziomie 50%-70% mocy znamionowej.
- W przypadku zastosowania zewnętrznego należy zadbać o ochronę zasilacza przed działaniem niekorzystnych warunków atmosferycznych np. (deszcz, śnieg, itp.).

6.6.14 Istotne parametry zasilacza z punktu widzenia eksploatacji

W tab. 6.7 przedstawiono istotne parametry zasilacza z punktu widzenia eksploatacji wraz z opisem i zaleceniami a na rys. 6.60 i rys. 6.61 przykładowe ilustracje fotograficzne zasilaczy.

Tab. 6.7

Istotne parametry zasilacza z punktu widzenia eksploatacji

L.p.	Parametr	Opis i zalecenia
1.	Zakres napięcia zasilania	Odpowiedni dobór zakresu napięcia zasilającego umożliwia stabilizację parametrów wyjściowych zasilacza.
2.	Współczynnik mocy	Wybór zasilacza zapewniającego współczynnik mocy bliski jedności umożliwi redukcję opłat za pobraną moc bierną.
3.	Zawartość harmonicznych THD ₁ w prądzie pobieranym z sieci	Zasilacz powinien pobierać z sieci prąd sinusoidalny, gdyż wtedy zawartość harmonicznych w prądzie jest najmniejsza.
4.	Prąd rozruchowy	Podczas załączania zasilacza pobierany jest z sieci prąd rozruchowy. Amplituda tego prądu powinna być jak najmniejsza.

L.p.	Parametr	Opis i zalecenia
5.	Odporność na zapady napięcia oraz "flickery"	Zasilacz powinien być zabezpieczony przed chwilowymi zapadami napięcia wynikającymi z różnych aspektów eksploatacji sieci.
6.	Odporność na przepięcia łączeniowe	Przepięcia wynikające z procesów łączeniowych nie powinny wpływać na pracę zasilacza, a na pewno nie powinny go uszkodzić.
7.	Poziom izolacji we/wy	Izolacja elektryczna pomiędzy wyjściem, a wejściem chroni użytkowników oprawy przed porażeniem elektrycznym.
8.	Max. temperatura pracy	Nie należy przekraczać maksymalnych dopuszczalnych temperatur pracy zasilacza, co może doprowadzić do jego uszkodzenia a w konsekwencji do uszkodzenia oprawy oświetleniowej.
9.	Zadawanie parametrów	Jest to istotny parametr ze względu na możliwość redukcji natężenia oświetlenia w porach nocnych.
10.	Czas pracy zasilacza	Określany jako współczynnik MTBF (mean time between failure), czyli średni czas pomiędzy uszkodzeniami. Większe wartości tego współczynnika wskazują na dłuższy czas pracy.
11.	Sprawność zasilacza	Parametr określający poziom strat mocy podczas przetwarzania energii elektrycznej. Zasilacz powinien charakteryzować się najwyższym możliwym poziomem sprawności.
12.	Zakłócenia EMC	Parametr określa poziom zakłóceń radiowych emitowanych podczas pracy urządzenia.
13.	Zabezpieczenia przez wyładowaniami atmosferycznymi	Jest to dodatkowe zewnętrzne zabezpieczenie zasilacza przez wyładowaniem piorunowym, które musi być uwzględnione przez projektanta instalacji oświetleniowej. Zasilacz nie jest zabezpieczony przed tego typu zagrożeniami. Wystąpienie wyładowania w sieci energetycznej wiąże się ze zniszczeniem zasilacza lub całej oprawy oświetleniowej.

Źródło: K. Tomczuk



Rys. 6.60 Widok przykładowego zasilacza stałonapięciowego

Źródło: K. Tomczuk



Rys. 6.61 Widok przykładowego zasilacza stałoprądowego

Źródło: K. Tomczuk

6.6.15 Parametry potwierdzające jakość stosowanych zasilaczy

W dokumentacji technicznej zasilaczy opraw LED powinny być zamieszczone wyniki badań przeprowadzone przez laboratorium akredytowane, na zgodność z obowiązującymi normami. Badania powinny dotyczyć sprawdzenia poniższych parametrów. W opracowaniu skupiono się na zagadnieniach technicznych, natomiast nie podaje się numerów norm, gdyż ulegają one zmianie.

Tab. 6.8

Wymagane badania dla zasilaczy opraw LED

Parametr	Wymaganie
Zakres napięcia zasilania	Badanie należy wykonać przy znamionowej mocy wyjściowej.
Maksymalny przyrost temperatury obudowy zasilacza ΔT	Badanie należy przeprowadzić przy minimalnym i maksymalnym napięciu zasilania dla znamionowej mocy wyjściowej.
Zawartość harmonicznych THD _i w prądzie płynącym z sieci energetycznej	Badanie należy przeprowadzić przy minimalnym i maksymalnym napięciu zasilania dla znamionowej mocy wyjściowej. Jeśli zasilacz umożliwia regulację mocy wyjściowej, to badanie należy wykonać dodatkowo dla kilku poziomów mocy zaczynając od 5% mocy znamionowej.
Prąd rozruchowy	Badanie należy przeprowadzić przy minimalnym i maksymalnym napięciu zasilania włączając zasilacz w amplitudzie napięcia.
Odporność na przepięcia łączeniowe,	Badanie należy przeprowadzić przy minimalnym i maksymalnym napięciu zasilania wprowadzając do sieci energetycznej przepięcia o amplitudzie wymaganej przez normę.
Odporność na zapady napięcia oraz "flickery"	Badanie należy przeprowadzić przy minimalnym i maksymalnym napięciu zasilania dla znamionowej mocy wyjściowej.
Poziom izolacji we/wy	Badanie należy przeprowadzić napięciem przemiennym o częstotliwości sieciowej oraz udarowym o parametrach 1,2/50 μ s.
Sprawność zasilacza	Badanie należy przeprowadzić przy minimalnym i maksymalnym napięciu zasilania dla znamionowej mocy wyjściowej. Jeśli zasilacz umożliwia regulację mocy wyjściowej, to badanie należy wykonać dodatkowo dla kilku poziomów mocy zaczynając od 5% mocy znamionowej.
Zakłócenia EMC	Badanie należy przeprowadzić przy minimalnym i maksymalnym napięciu zasilania dla znamionowej mocy wyjściowej. Jeśli zasilacz umożliwia regulację mocy wyjściowej, to badanie należy wykonać dodatkowo dla kilku poziomów mocy zaczynając od 5% mocy znamionowej.

Źródło: K. Tomczuk

6.6.16 Podsumowanie

Ważne jest, aby projektant instalacji oświetleniowej szczegółowo określił wymagania dotyczące instalacji oświetleniowej oraz podał specyfikacje parametrów dotyczących zasilaczy LED, które mogą być potencjalnie zastosowane. Jeśli projektant nie jest w stanie uzyskać wymaganych informacji z not katalogowych opraw oświetleniowych, powinien je otrzymać od producenta lub dystrybutora. Warto pamiętać, że pozyskanie informacji o zasilaczach może być zrealizowane w niezależnych akredytowanych laboratoriach badawczych, dostępnych na terenie Polski. Laboratoria umożliwiają przeprowadzenie szeregu badań na zgodność z obowiązującymi normami oraz wykonanie dodatkowych niestandardowych pomiarów określonych przez zamawiającego.

7. GŁÓWNE ZAŁOŻENIA DO PROJEKTU WYTYCZNYCH OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH

7.1 Potrzeba opracowania wytycznych

Obowiązujące aktualnie w Polsce przepisy nie określają w sposób jednoznaczny zasad stosowania rozwiązań oświetleniowych w odniesieniu do przejść dla pieszych. Nie precyzują także szczegółowych wymagań oświetleniowych, nie wskazują na konieczność zachowania określonych zasad projektowania oświetlenia i nie określają zakresu procedur kontrolno-pomiarowych.

Właściwie zaprojektowane, zainstalowane i eksploatowane w otoczeniu przejścia dla pieszych oświetlenie, wpływa na zwiększenie możliwości obserwacji przez kierowcę sytuacji drogowej i obserwacji oczekującego na przejście lub poruszającego się po przejściu pieszego, natomiast pieszemu umożliwia obserwację otoczenia przejścia dla pieszych i zbliżających się do niego pojazdów.

Zastosowanie poprawnie zaprojektowanego i wykonanego oświetlenia przejścia dla pieszych, właściwe utrzymanie, monitoring w zakresie oświetleniowym może przyczynić się także do:

- poprawy widzialności pieszych przechodzących przez jezdnię po przejściu dla pieszych lub oczekujących na przejście,
- zmniejszenia liczby sytuacji konfliktowych w relacji pieszy - pojazd,
- zmniejszenia liczby wypadków z pieszymi i poprawy bezpieczeństwa pieszych.

GŁÓWNYM CELEM OPRAWOWANIA PROJEKTU WYTYCZNYCH OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH JEST UJEDNOLICENIE ZASAD PROJEKTOWANIA, INSTALOWANIA, ODBIORU I UTRZYMANIA INSTALACJI OŚWIETLENIOWYCH.

CEL ZOSTANIE OSIĄGNIĘTY POPRZECZ OPRAWOWANIE WYTYCZNYCH PROJEKTOWYCH, PROCEDUR POMIAROWYCH, PROCEDUR ODBIOROWYCH ORAZ ZALECEŃ EKSPLOATACYJNYCH W ODNIESIENIU DO OŚWIETLENIA OBSZARU PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH.

Należy podkreślić, że w niektórych krajach w tym europejskich (jak Niemcy i Czechy) istnieją odrębne przepisy, zgodne z normami, lecz określające parametry nieuregulowane w zakresie zasad realizacji oświetlenia na przejściach dla pieszych.

Raport Techniczny PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02 Oświetlenie dróg [58] nie podaje kryteriów uściślających podjęcie decyzji o wykonaniu oświetlenia drogowego oraz jaka instalacja oświetleniowa powinna być zastosowana dla przejść dla pieszych. Decyzja o tym, czy droga lub ulica powinna być oświetlona, jest zdefiniowana w krajowej polityce oświetlenia drogowego (w Polsce np.: Dz. U. 2016 poz. 124 [63], lub lokalne plany zagospodarowania

przestrzennego). Raport i norma [58] precyzuje pewne ramy, jednak zakłada, że każdy kraj UE posiada różne przepisy i uwarunkowania, w szczególności różną strefę klimatyczną (szerokość i długość geograficzną) i wskazuje, że szczegółowe wytyczne powinny być dostosowane do warunków lokalnych. W wybranych krajach szczegółowe wytyczne są przyjęte dla przejść dla pieszych, w pozostałych krajach oświetlenie realizowane jest na bazie ogólnych założeń normy.

Raport Techniczny [58] dopuszcza możliwość wprowadzenia i stosowania dodatkowych krajowych wytycznych i regulacji w zakresie oświetlenia przejść dla pieszych. Zatem nie ma przeciwwskazań, aby regulacje te były wprowadzone także w Polsce.

7.2 Generalne zasady oświetlania przejść dla pieszych

1. Drogi i ulice powinny być oświetlone zgodnie z wymaganiami raportu technicznego i wieloarkuszowej normy: 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 [58].
2. Oświetlenie drogowe realizowane w niskich klasach oświetlenia lub bez zachowania wymagań normy, nie jest w stanie zapewnić dostatecznych i właściwych warunków obserwacji pieszego przez kierowcę, więc generuje koszty, nie spełnia założonych wymagań, a oferuje iluzoryczne wrażenie bezpieczeństwa użytkowników dróg.
3. Do oświetlenia przejść dla pieszych należy racjonalnie stosować dostępne rozwiązania techniczne. Szczególną uwagę należy zwracać na: jakość zastosowanych rozwiązań, efektywność energetyczną opraw oświetleniowych, koszty inwestycji i eksploatacji oraz koszty środowiskowe zastosowanego rozwiązania.
4. Zastosowane rozwiązanie techniczne polegające na oświetleniu przejścia dla pieszych powinno jednocześnie zapewniać:
 - **kierowcy** właściwe warunki rozpoznania sytuacji drogowej i obserwacji sylwetki pieszego i innych uczestników ruchu drogowego,
 - **pieszemu** właściwe warunki obserwacji otoczenia, przejścia dla pieszych, zbliżających się pojazdów i innych uczestników ruchu drogowego.
5. Nadrzędną zasadą oświetlenia przejścia dla pieszych, jest wytworzenie wysokiego kontrastu luminancji (dodatniego lub ujemnego) sylwetki pieszego znajdującego się na przejściu lub w strefie oczekiwania, z tłem w jego bezpośrednim otoczeniu (jezdnią lub otoczeniem drogi). Tylko takie rozwiązanie, pozwala na dostrzeżenie pieszego przez kierowcę.
6. Najgorszym przypadkiem jest brak kontrastu luminancji pomiędzy pieszym a jego otoczeniem.

7. Zalecanym rozwiązaniem dla nowo projektowanych lub modernizowanych instalacji oświetleniowych jest oświetlenie płaszczyzny pionowej przejścia dla pieszych oprawami cechującymi się asymetrycznym rozsyłem strumienia świetlnego (dedykowanym do oświetlenia przejść dla pieszych), zainstalowanymi przed przejściem dla pieszych z kierunku ruchu pojazdów. Zastosowanie tego rozwiązania pozwoli na wytworzenie dodatniego kontrastu luminancji sylwetki pieszego z tłem. Jest to najkorzystniejsze rozwiązanie z punktu widzenia obserwacji pieszego przez kierowcę zbliżającego się do przejścia dla pieszych.
8. Przejścia dla pieszych posiadają różną geometrię, usytuowanie i otoczenie, zatem należy traktować je indywidualnie w procesie projektowania oświetlenia.
9. Nie należy powielać raz zastosowanych rozwiązań oświetleniowych bez sprawdzenia warunków oświetleniowych istniejących w otoczeniu analizowanego przejścia dla pieszych.
10. Zapewnienie właściwych warunków oświetleniowych w strefach oczekiwania pieszego na przejście zapewnia kierowcy możliwość oceny sytuacji drogowej jeszcze przed wejściem pieszego na jezdnię.
11. W przypadku przejść dla pieszych znajdujących się w ciągu jezdniach, które są oświetlone poniżej klasy M2, należy zwiększyć poziom natężenia oświetlenia na przejściu dla pieszych w stosunku do oświetlenia ulicznego. Może być to zrealizowane za pomocą systemu dedykowanego (wyróżnienie obszaru przejścia wąskim pasem oświetleniowym wokół powierzchni przejścia dla pieszych i stref oczekiwania jednoznacznie wyróżnia obszar przejścia i zwraca uwagę kierowcy) lub strefy przejściowej o zmieniającym się poziomie natężenia oświetlenia.
12. Zaleca się zmianę barwy światła zastosowanego na przejściu dla pieszych w stosunku do barwy światła opraw ulicznych. Zabieg ten wyróżnia przejście dla pieszych z ciągu ulicznego i zwraca uwagę kierowcy. Na przejściach dla pieszych wskazane jest stosowanie źródeł światła o barwie białej, o współczynniku oddawania barwy $R_a \geq 70$.
13. Zaleca się zmianę wysokości lub sposobu zamontowania opraw oświetleniowych. Zabieg ten wpływa na prowadzenie wzrokowe kierowcy i wyróżnia obszar przejścia dla pieszych.
14. Zaleca się ograniczenie olśnienia pochodzącego od opraw oświetleniowych zainstalowanych na przejściu dla pieszych w kierunku kierowców i pieszych.
15. Przeprowadzenie wizji lokalnej i wykonanie pomiarów oświetleniowych istniejącej sytuacji oświetleniowej w otoczeniu przejścia dla pieszych, powinno być podstawą do przygotowania projektu oświetleniowego na eksploatowanych przejściach dla pieszych.
16. Przygotowany projekt oświetlenia przejścia dla pieszych musi spełniać przyjęte kryteria oświetleniowe.

17. Podstawą przekazania instalacji oświetleniowej zainstalowanej na przejściu dla pieszych do eksploatacji, są pomiary parametrów oświetleniowych przeprowadzane za pomocą rzetelnie zrealizowanej procedury odbioru i wykazanie, że uzyskano w warunkach rzeczywistych parametry założone w dokumentacji projektowej.
18. Systematyczny monitoring stanu instalacji oświetleniowych na przejściach dla pieszych pozwoli na zachowanie przyjętych na etapie projektu i uzyskanych na etapie odbioru instalacji wartości natężenia oświetlenia w całym okresie eksploatacji.
19. Zabronione jest stosowanie rozwiązania polegającego na oświetleniu przejścia dla pieszych oprawą oświetleniową w rozsyłem symetrycznym, zainstalowaną centralnie nad osią przejścia dla pieszych.

Oświetlenie przejścia dla pieszych musi zapewnić kierowcy dobrą widoczność pieszego znajdującego się zarówno na przejściu, jak i w strefach oczekiwania od strony nadjeżdżających pojazdów.

NADRĘDNĄ ZASADĄ STOSOWANIA OŚWIETLENIA PRZESTRZENI PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH JEST POGŁĘBIENIE KONTRASTU LUMINANCJI SYLWETKI PIESZEGO Z TŁEM, NA JAKIM JEST OBSERWOWANY (JEZDNIA I JEJ OTOCZENIE).

Wysoki kontrast luminancji może być wytworzony za pomocą dwóch rozwiązań technicznych stosowanych w oświetleniu dróg:

- ujemny – w przypadku zastosowania konwencjonalnego, systemu oświetlenia ulicznego lub drogowego zrealizowanego w wysokich klasach oświetlenia (rys. 7.1),
- dodatni – w przypadku zastosowania dodatkowych opraw oświetleniowych cechujących się asymetrycznym rozsyłem, umieszczonych przed przejściem z kierunku ruchu pojazdów (rys. 7.2).



Rys. 7.1 Oświetlenie przejścia dla pieszych w kontraście ujemnym

Źródło: M. Chrzanowicz, P. Tomczuk



Rys. 7.2 Oświetlenie przejścia dla pieszych w kontraście dodatnim

legenda: dla pieszego ubranego na ciemno – zdjęcie po lewej, dla pieszego ubranego na jasno – zdjęcie po prawej

Źródło: M. Chrzanowicz, P. Tomczuk

7.3 Wyodrębnione najważniejsze tezy

1. Przejście dla pieszych musi być oświetlone zgodnie z wymaganiami krajowymi.
2. Przejścia dla pieszych zaliczane są do obszarów konfliktowych i należy na nie zwrócić szczególną uwagę podejmując decyzję o wyborze klasy oświetlenia na jezdni.
3. Na etapie nowoprojektowanej drogi lub ulicy oświetlenie przejścia dla pieszych powinno być rozważane łącznie z projektem oświetleniem jezdni i jej otoczenia.

4. Każde z przejść dla pieszych pod względem oświetleniowym należy traktować indywidualnie.
5. Oświetlenie obszarów jezdni i stref oczekiwania należy traktować równorzędnie.
6. Dla przejść dla pieszych oświetlonych za pomocą rozwiązania dedykowanego (z oprawami asymetrycznymi) należy stosować odrębne wymagania opisane klasami PC.
7. Przejścia dla pieszych charakteryzujące się dużym ryzykiem zagrożeń bezpieczeństwa niechronionych użytkowników dróg, należy traktować w sposób szczególny i zapewnić najwyższe standardy oświetlenia.

8. SZCZEGÓLWE ZAŁOŻENIA DO PROJEKTU WYTYCZNYCH OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH

Proces projektowania oświetlenia przejścia dla pieszych jest złożony i zależy od wielu czynników. Oświetlenie przejścia dla pieszych zapewnia wyższy poziom bezpieczeństwa niechronionych użytkowników dróg, jednak nie w każdym przypadku należy bezwzględnie przejście dla pieszych oświetlać. W pierwszym kroku należy przeprowadzić analizy, sprawdzić uwarunkowania i podjąć decyzję czy należy przejście oświetlać. Jeśli uwarunkowania wskażą konieczność zastosowania oświetlenia, to w zależności od tego czy przejście znajduje się na istniejącej drodze (gdzie może, ale nie musi, funkcjonować oświetlenie) lub na drodze nowo projektowanej należy zastosować odmienne procedury. W zależności od obiektu projektowanego oraz jego otoczenia, należy dostosować procedury ustalania uwarunkowań i planowania nowych rozwiązań.

8.1 Ustalenie klasy ryzyka „R” pieszego na przejściu dla pieszych

Urządzenia bezpieczeństwa niechronionych użytkowników dróg są pożądane na każdym przejściu dla pieszych. Pakiet zastosowanych urządzeń ułatwiających ruch pieszy powinien być adekwatny do poziomu ryzyka zagrożeń wypadkami na przejściach dla pieszych. Wielkość ryzyka można oszacować na podstawie zbioru danych uzyskanych z pomiarów lub wizji lokalnych lub na podstawie danych z uzyskanych z projektów drogowych. Oświetlenie przejść dla pieszych należy do zbioru środków bezpieczeństwa niechronionych użytkowników dróg, gdyż pozwala na poprawę wzajemnej widzialności kierowców i pieszych uczestników ruchu. Tylko wzajemne dostrzeżenie, z odpowiednim, do dynamiki użytkowników zapasem czasu, pozwoli na bezpieczną interakcję pomiędzy użytkownikami o kolizyjnych trasach. Stąd należy dostosować rozwiązanie oświetleniowe do poziomu ryzyka na przejściu dla pieszych. Do szacowania ryzyka zagrożeń wypadkami na przejściach dla pieszych stosuje się ryzyko społeczne.

Ocenę ryzyka zagrożeń wypadkami prowadzi się dwiema metodami:

- reaktywną – w przypadku, kiedy dostępne są dane o historii wypadków drogowych
- proaktywną – w przypadku braku danych historycznych o wypadkach na istniejącym przejściu lub kiedy analizę prowadzi się na planowanym przejściu dla pieszych.

Metoda reaktywna oceny ryzyka polega na zebraniu danych o wypadkach drogowych na przejściu dla pieszych, obliczeniu przyjętej miary ryzyka i określenie klasy ryzyka. Proponowaną miarą ryzyka jest liczba wypadków na przejściu dla pieszych LWn , które miały miejsce w okresie ograniczonej widzialności (tj. w porze nocnej) na analizowanym przejściu

w ciągu trzech lat poprzedzających rok prowadzenia analizy. Klasyfikację ryzyka wypadków na przejściu dla pieszych na podstawie danych historycznych o wypadkach przedstawiono w tab. 8.1.

Tab. 8.1
 Klasyfikacja ryzyka wypadków na przejściu dla pieszych na podstawie danych historycznych o wypadkach

Klasa ryzyka R_x	Poziom ryzyka	Granice klas ryzyka LW_n (wyp. / 3 lata)	Klasy akceptowalności ryzyka
R_A	Bardzo małe	0	Akceptowane (pomijalne)
R_B	Małe	1	Tolerowane
R_C	Średnie	2	
R_D	Duże	3	
R_E	Bardzo duże	> 3	Nieakceptowane

Źródło: Opracowanie własne

W przypadku braku danych historycznych o wypadkach na istniejącym przejściu lub planowanym przejściu dla pieszych należy skorzystać z metody proaktywnej oceny ryzyka zagrożeń wypadkami na przejściu dla pieszych.

Do oceny ryzyka zagrożenia wypadkami na przejściu dla pieszych zaproponowano ryzyko społeczne [36], którego wielkość szacuje się uproszczoną metodą w zależności od: narażenia na ryzyko, poziomu prawdopodobieństwa wypadków, poziomu konsekwencji wypadków.

Poziom ryzyka społecznego na przejściu dla pieszych można oszacować korzystając z zależności:

$$R = E \cdot P \cdot K \quad (8.1)$$

gdzie:

R – ryzyko społeczne,

E – narażenie na ryzyko,

P – prawdopodobieństwo wypadku,

K – konsekwencje wypadku.

Stosując metodę Risk Score opracowano uproszczoną metodę szacowania ryzyka na przejściach dla pieszych dla potrzeby doboru oświetlenia przejść.

Poziom narażenia na ryzyko E uzależniono od czasu przebywania pieszego na jezdni drogi mierzonego długością przejścia. Narażenie na ryzyko zależy zatem długości przejścia LP na jezdni, przez którą wyznaczono przejście dla pieszych, prędkości pieszego i rodzaju przekroju poprzecznego drogi (sposobu podziału drogi na jezdnie). Poziom narażenia na ryzyko wypadku na przejściu dla pieszych oblicza się za pomocą wzoru 8.2.

$$E = \frac{1,1 \cdot LP \cdot WKP}{VP} \quad (8.2)$$

gdzie:

E – narażenie na ryzyko społeczne zagrożenia wypadkami na przejściu dla pieszych,

LP – długość przejścia dla pieszych (m),

VP – średnia prędkość pieszego (m/s),

WKP – współczynnik korekcyjny uwzględniający sposób podziału jezdni.

Czynnikami wpływającymi na narażenie na ryzyko wypadku na przejściu dla pieszych jest czas przebywania pieszego na jezdni drogi tj. w strefie konfliktowej z pojazdem, który jest zależny od długości przejścia LP , prędkość pieszego VP i sposobu podziału jezdni (współczynnika WKP).

Długość przejścia LP przyjmuje się jako odległość mierzona między krawężnikami jezdni, przez którą zamierza przejść pieszy, albo pomiędzy krawężnikiem jezdni lub pasa dzielącego jezdnię (jeżeli wyspa ta lub pas dzielący mają szerokość nie mniejszą niż 2,0 m). W przypadku jezdni bez krawężników, obliczeniową długość przejścia dla pieszych LP mierzona jest jako szerokość utwardzonej nawierzchni jezdni. W przypadku, gdy przejście dla pieszych występuje na drodze wielojezdniowej z rozdzielonymi jezdniami:

- przy szerokości pasa rozdziału większej lub równej 2,0 m, należy przejście przez każdą jezdnię traktować oddzielnie wówczas obliczeniowa długość przejścia LP równa się szerokości tej jezdni,
- przy szerokości pasa rozdziału mniejszej od 2,0 m, należy to przejście przez obie jezdnie traktować łącznie jako jedno przejście, wówczas obliczeniowa długość przejścia LP równa się szerokości obu jezdni łącznie z szerokością pasa dzielącego.

W przypadku, gdy przejście dla pieszych występuje na drodze jednojezdniowej:

- w przypadku występowania wyspy azylu (o szerokości większej lub równej 2,0 m), rozdzielającej pasy ruchu, obliczeniową długość przejścia LP równa się łącznej szerokości pasów ruchu na tej jezdni,
- w pozostałych przypadkach obliczeniową długość przejścia LP równa się łącznej szerokości wszystkich pasów ruchu przez, które przeprowadzone jest przejście łącznie z szerokością wyspy azylu, jeżeli ta wyspa jest węższa niż 2,0 m.

Prędkość pieszego przechodzącego przez jezdnię VP jest to prędkość z jaką pieszy przechodzi przez jezdnię lub przejście dla pieszych. Do obliczeń przyjmuje się wartość średnią prędkości pieszego dla dominującej grupy pieszych: dorosłych $VP = 1,2$ m/s, dzieci $VP = 1,0$ m/s, seniorów i osób niepełnosprawnych $VP = 0,8$ m/s. Grupę dzieci, seniorów lub

niepełnosprawnych przyjmuje się za dominującą, jeżeli grupa ta stanowi nie mniej niż 10 % liczby pieszych przechodzących przez oceniane przejście dla pieszych. Jeżeli dzieci, seniorzy i osoby niepełnosprawne stanowią min 20 % wszystkich pieszych należy przyjąć prędkość pieszego dla najwolniejszej grupy użytkowników tj. seniorów i osób niepełnosprawnych $VP = 0,8$ m/s.

WKP – współczynnik korekcyjny uwzględniający wpływy sposobu podziału pasów ruchu lub jezdni na ryzyko wypadku na przejściu dla pieszych dobierany jest z tab. 8.2.

Tab. 8.2

Wartości liczbowe współczynnika wpływu sposobu podziału pasów ruchu lub jezdni na narażenie na ryzyko wypadku na przejściu dla pieszych WKP

Typ przekroju poprzecznego drogi			Współczynnik korekcyjny rozdzielenia pasów ruchu WKP
Liczba pasów ruchu	Jezdnia	Wyspa azylu	
1 (1x1)	jednokierunkowa	brak	1,0
2 (1x2)	dwukierunkowa	brak	1,1
2 (1x2)	dwukierunkowa	występuje	0,6
2 (1x2)	jednokierunkowa	brak	1,0
3 (1x3)	jednokierunkowa	brak	1,0
4 (2x2)	dwukierunkowa	brak	1,0
6 (2x3)	dwukierunkowa	brak	1,0

Źródło: Opracowanie własne

Poziom prawdopodobieństwa wypadków drogowych P zależy od głównie od wielkości konfliktowych potoków ruchu: natężenia ekwiwalentnego ruchu pieszego NEP i natężenia ekwiwalentnego ruchu kołowego NEK na przejściu dla pieszych.

Poziom prawdopodobieństwa wystąpienia wypadków drogowych na przejściu dla pieszych [49] oblicza się za pomocą wzoru 8.3.

$$P = \frac{NEP^{0,8} \cdot NEK^{0,9}}{10^6} \quad (8.3)$$

gdzie:

P – poziomy prawdopodobieństwa wystąpienia wypadków na przejściu dla pieszych,

NEP – ekwiwalentne natężenie ruchu pojazdów (os./24 h),

NEK – ekwiwalentne natężenie ruchu pojazdów (E/24 h).

Natężenie ekwiwalentne ruchu pieszego NEP jest to natężenie ruchu pieszych uwzględniające strukturę rodzajową potoku pieszych. W strukturze potoku pieszych na szczególne wyróżnienie zasługują: dzieci, seniorzy i osoby niepełnosprawne, które poruszają się ze znacznie mniejszą prędkością niż osoby dorosłe. Natężenie to oblicza się za pomocą wzoru (8.4):

$$NEP = N_{od} + E_p \cdot (N_d + N_s + N_{on}) \quad 8.4$$

gdzie:

NEP – natężenie ekwiwalentne ruchu pieszego (os./24h),

N_{od} – natężenie ruchu osób dorosłych (15 – 65 lat) (os./24h),

N_d – natężenie ruchu dzieci (< 15 lat) (os./24h),

N_s – natężenie ruchu seniorów (> 65 lat) (os./24h),

N_{on} – natężenie osób niepełnosprawnych (os./24h),

E_p – współczynnik przeliczeniowy (ekwiwalentny) uwzględniający zwiększone zagrożenie dzieci, seniorów i osób niepełnosprawnych w potoku pieszych, $E_p = 2,0$.

Natężenie ekwiwalentne ruchu kołowego NEK jest to natężenie ruchu pojazdów uwzględniające strukturę rodzajową potoku. Natężenie to oblicza się za pomocą wzoru (8.5):

$$NEP = N_o + E_c \cdot N_c + E_{r,m} \cdot (N_r + N_m) \quad 8.5$$

gdzie:

NEK – natężenie ekwiwalentne ruchu kołowego (E/24h),

N_o – natężenie samochodów osobowych (P/24 h),

N_c – natężenie ruchu pojazdów ciężkich (samochodów ciężarowych i autobusów) (P/24h),

N_r – natężenie ruchu rowerów (P/24h),

N_m – natężenie ruchu motocykli (P/24h),

E_c – współczynnik przeliczeniowy (ekwiwalentny) uwzględniający wpływ pojazdów ciężkich (ciężarowych i autobusów) na zagrożenie pieszych uczestników ruchu, $E_c = 2,0$;

$E_{r,m}$ – współczynnik przeliczeniowy (ekwiwalentny) uwzględniający wpływ pojazdów dwuśladowych (motocykli i rowerów) na zagrożenie pieszych uczestników ruchu, $E_{r,m} = 0,5$.

Pomiar ruchu pieszego i kołowego, uwzględnieniem wszystkich grup uczestników, należy wykonać w ciągu doby w okresie miarodajnym, tj. kiedy ruch na przejściu dla pieszych zbliżony jest do ruchu średniorocznego dobowego. Do oszacowania wielkości ruchu pieszego i kołowego można zastosować metody uproszczone, szacując wielkość natężenia na podstawie pomiaru natężenia ruchu w krótszych okresach. Jednakże należy uzasadnić zastosowaną metodę.

Poziom konsekwencji wypadków drogowych K uzależniono od prędkości miarodajnej pojazdów na przejściu dla pieszych V_m . Poziom ryzyka zagrożenia wypadkami na przejściu dla pieszych oblicza się za pomocą wzoru 8.6.

$$K = \frac{V_m^2}{10^2} \quad (8.6)$$

gdzie:

K – poziom konsekwencji wypadków na przejściu dla pieszych,

V_m – prędkość miarodajna potoku pojazdów (km/h).

Prędkość V_m pojazdów na odcinku dojazdowym do przejścia dla pieszych ustala się na podstawie pomiarów terenowych. Jako prędkość miarodajną przyjmuje się prędkość V_{85} , tj. kwantyl 85 % z rozkładu prędkości pomierzonej pojazdów na odcinku dojazdowym do przejścia dla pieszych [37]. W przypadku planowanych lub projektowanych dróg, prędkość V_{85} można oszacować na podstawie wzoru (8.7):

$$V_{85} = w_v \cdot V_{dop} \quad (8.7)$$

gdzie:

V_{85} – kwantyl 85% z rozkładu prędkość pojazdów (km/h),

w_v – współczynnik przeliczeniowy, umożliwiający oszacowanie prędkości V_{85} w zależności od prędkości dopuszczalnej, rodzaju obszaru i rodzaju lub kategorii drogi,

V_{dop} – prędkość dopuszczalna na analizowanym odcinku drogi (km/h).

Współczynnik przeliczeniowy w_v umożliwia oszacowanie prędkości V_{85} w zależności od prędkości dopuszczalnej V_{dop} oraz rodzaju obszaru i typu (rodzaju lub kategorii) drogi. Współczynnik przeliczeniowy w_v należy wybrać korzystając z tab. 8.3.

Prędkość dopuszczalna V_{dop} to prędkość ustalona przez zarządcę ruchu drogowego i wskazana na znakach. W przypadku prędkości na obszarze zabudowy, gdzie w dzień obowiązuje limit prędkości 50 km/h a w nocy 60 km/h, jako V_{dop} należy przyjąć prędkość wyższą lub wykonać pomiar prędkości w nocy i obliczyć wartość V_{85} .

Tab. 8.3

Liczbowe wartości współczynnika w_v , zalecane do szacowania prędkości V_{85} [37]

Obszar	Typ drogi	Współczynnik w_v
Zabudowany	Droga tranzytowa (krajowa)	1,50
	Ulice główne w miastach	1,35
	Pozostałe ulice	1,15
Nie zabudowany	Drogi krajowe	1,25
	Drogi wojewódzkie	1,15
	Drogi powiatowe	1,05
Zabudowany / niezabudowany	Automatyczny nadzór nad prędkością - wszystkie drogi	1,00

Źródło: Opracowanie własne

Ostatecznie poziom ryzyka zagrożenia wypadkami R na przejściu dla pieszych oblicza się za pomocą wzoru 8.8.

$$R = \frac{1,1 \cdot LP \cdot WKP}{VP} \cdot \frac{NEP^{0,8} \cdot NEK^{0,9}}{10^8} \cdot V_m^2 \quad (8.8)$$

Klasę (poziom) ryzyka R_x należy określić porównując obliczoną wartość ryzyka R (za pomocą wzoru 8.8) z wartościami granicznymi klas ryzyka R_{gx} , które przedstawiono w tab. 8.4.

Przyjęto: pięć klas poziomu ryzyka zagrożeń wypadkami na przejściach dla pieszych: bardzo

małe (R_A), małe (R_B), średnie (R_C), duże (R_D) i bardzo duże (R_E). Przyjęto trzy klasy akceptowalności ryzyka wypadków na przejściach dla pieszych: akceptowane (pomijalne), tolerowane i nieakceptowane.

Tab. 8.4

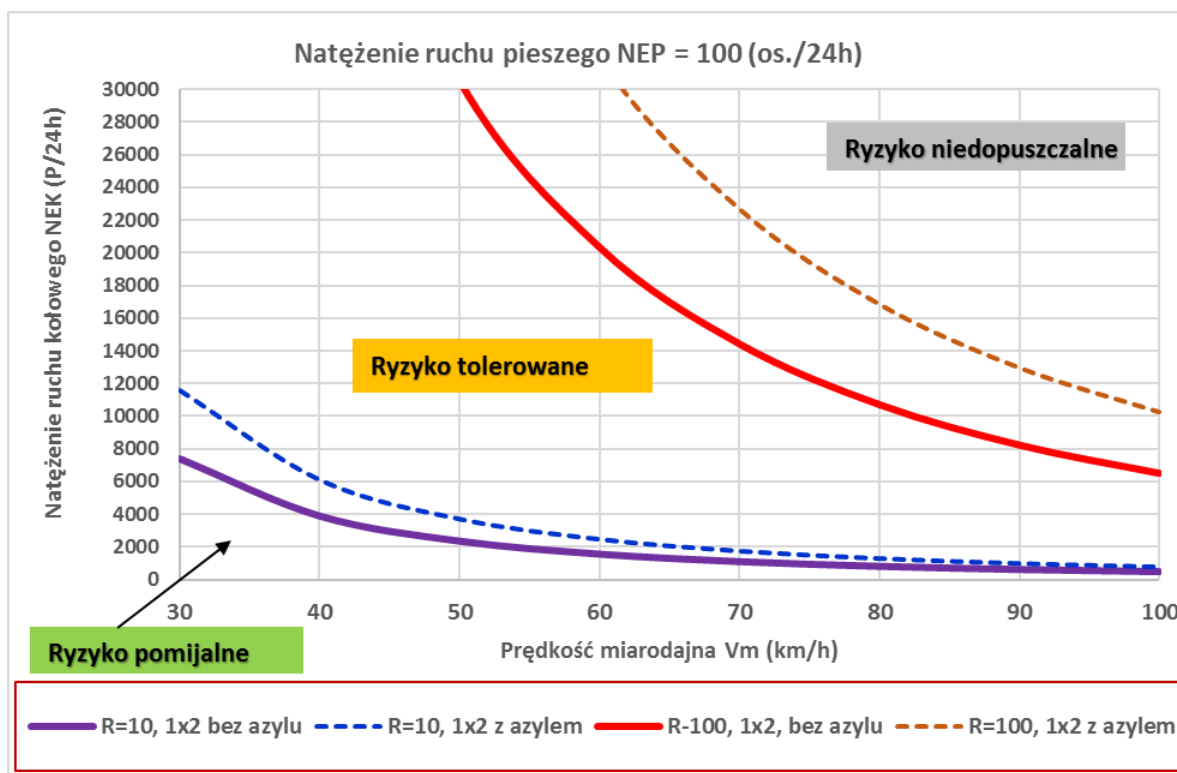
Klasyfikacja ryzyka zagrożeń wypadkami na przejściu dla pieszych

Klasa ryzyka R_x	Poziom ryzyka	Granice klas ryzyka R_{gx}	Klasy akceptowalności ryzyka
R_A	Bardzo małe	< 10	Akceptowane (pomijalne)
R_B	Małe	$10 \div 20$	Tolerowane
R_C	Średnie	$20 \div 50$	
R_D	Duże	$50 \div 100$	
R_E	Bardzo duże	> 100	Nieakceptowane

Źródło: Opracowanie własne

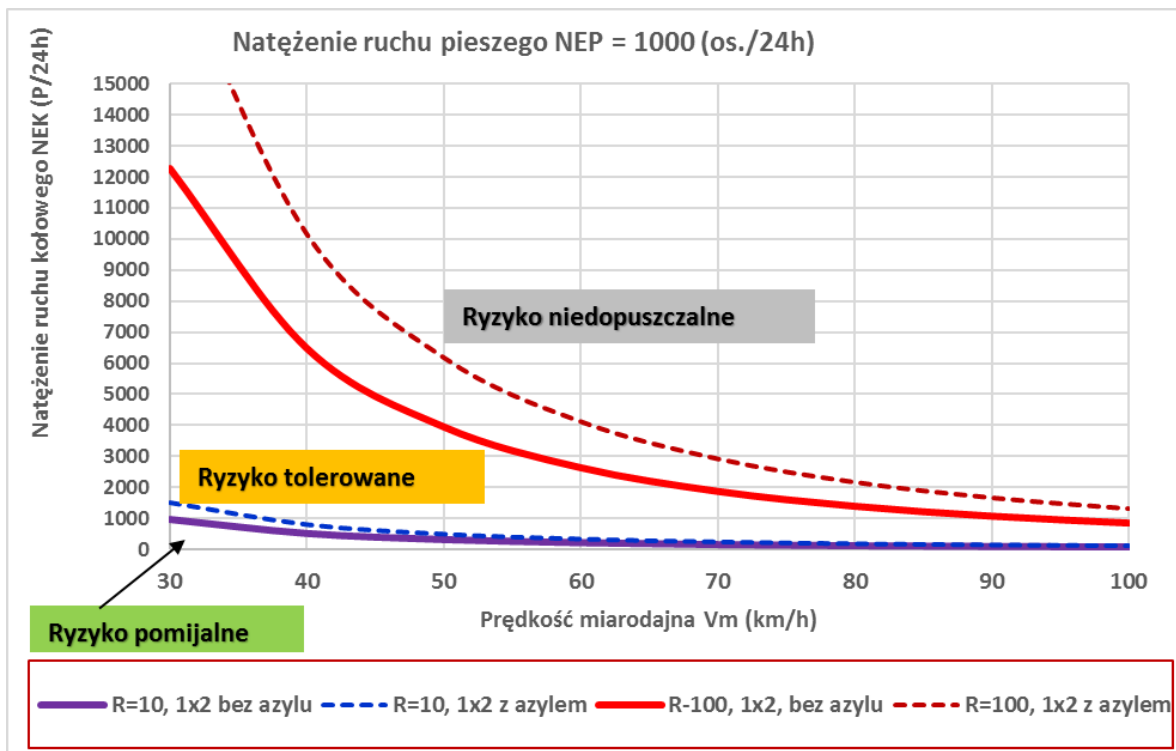
Określony w ten sposób poziom ryzyka zagrożeń wypadkami na analizowanym przejściu dla pieszych należy wykorzystać przy określaniu poziomu w klasie oświetlenia i doborze rozwiązania oświetleniowego na przejściu dla pieszych, natomiast poziomy akceptowalności ryzyka do oceny konieczności zastosowania oświetlenia na przejściu dla pieszych.

Przykładowe zakresy akceptowalności ryzyka dla przejścia dla pieszych na drodze dwupasowej dwukierunkowej przedstawiono na rys. 8.1 i rys. 8.2.



Rys. 8.1 Zakresy akceptowalności ryzyka na przejściu dla pieszych zlokalizowanym na dwupasowej drodze dwukierunkowej, dla natężenia uchu pieszego NEP = 100 os. 24 h

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 8.2 Zakresy akceptowalności ryzyka na przejściu dla pieszych zlokalizowanym na dwupasowej drodze dwukierunkowej, dla natężenia uchu pieszego NEP = 1000 os. 24 h

Źródło: Opracowanie własne

8.2 Szacowanie efektywności oświetlania przejść dla pieszych

Na efektywność zastosowania urządzeń oświetlenia przejść dla pieszych wpływ mają: koszt instalacji oświetlenia, koszt eksploatacji oświetlenia w cyklu życia oświetlenia, oszczędności kosztów wypadków drogowych w wyniku zastosowania oświetlenia przejścia dla pieszych. Ocenę efektywności zastosowania urządzeń oświetleniowych na przejściu dla pieszych prowadzi się dla okresu $n = 20$ lat. Do oceny efektywności oświetlenia przejścia dla pieszych w proponowanej metodzie stosuje się współczynnik efektywność E , który oblicza się według wzoru 8.9:

$$E = \frac{SKW}{KBU} \quad (8.9)$$

gdzie:

SKW – sumaryczne oszczędności kosztów wypadków w okresie życia obiektu (mln zł / 20 lat),

KBU – sumaryczne koszty budowy i utrzymania urządzeń oświetlenia na przejściu dla pieszych w okresie życia obiektu (mln zł / 20 lat).

Sumaryczne oszczędności kosztów wypadków w okresie życia obiektu SKW oblicza się za pomocą wzoru 8.10:

$$SKW = \sum_{i=1}^n \frac{OKW_i}{(1+a)^n} \quad (8.10)$$

gdzie:

OKW_i – oszczędności kosztów wypadków w roku i (mln zł/rok),

a – stopa dyskontowa, przyjęto $a = 0,03$,

n – długość okresu analizy, długość cyklu życia urządzeń oświetlenia przejścia dla pieszych, przyjęto $n = 20$ lat.

Oszczędności kosztów wypadków oblicza się za pomocą wzoru 8.11:

$$OKW_i = KW_i \cdot WEO_o \quad (8.11)$$

gdzie:

OKW_i – roczne oszczędności kosztów wypadków w okresie życia obiektu w roku i (mln zł / rok),

WEO_o – współczynnik zmniejszenia liczby wypadków spowodowanych zainstalowaniem oświetlenia na przejściu dla pieszych.

Do czasu opracowania szczegółowej metody szacowania oszczędności kosztów wypadków na przejściach dla pieszych należy przyjmować:

- $WEO_{zb} = 0,3$ – dla obszaru zabudowanego,
- $WEO_{nb} = 0,5$ – dla obszaru niezabudowanego.

Koszty wypadków drogowych na istniejącym przejściu dla pieszych (w przypadku dostępności do danych historycznych o wypadkach drogowych), należy obliczać korzystając ze wzoru 8.12:

$$KW_i = JKW_i \cdot LW_i + JKLR_i \cdot LLR_i + JKCR_i \cdot LCR_i + JKZ_i \cdot LZ_i \quad (8.12)$$

gdzie:

JKW_i – jednostkowe koszty strat materialnych w wypadkach w roku i (mln zł/ wyp.),

$JKLR_i$ – jednostkowe koszty strat materialnych w wypadkach w roku i (mln zł/ ofiarę),

$JKCR_i$ – jednostkowe koszty strat materialnych w wypadkach w roku i (mln zł/ofiarę),

JKZ_i – jednostkowe koszty strat materialnych w wypadkach w roku i (mln zł/ ofiarę),

LW_i – liczba wypadków na przejściu dla pieszych w roku i (wyp./ rok),

LLR_i – liczba ofiar lekko rannych na przejściu dla pieszych w roku i (of./ rok),

LCR_i – liczba lekko rannych na przejściu dla pieszych w roku i (of./ rok),

LZ_i – liczba ofiar śmiertelnych na przejściu dla pieszych w wypadkach w roku i (of./ rok).

Jednostkowe koszty wypadków JKW i ofiar wypadków $JKLR$, $JKCR$, JKZ można uzyskać z raportów publikowanych przez JASPERS [39] lub Sekretariat Krajowej rady BRD [40].

W przypadku braku danych o wypadkach oraz na planowanych przejściach dla pieszych koszty wypadków drogowych należy obliczać korzystając ze wzoru 8.13:

$$KW_i = LW_i \cdot KWS_o \cdot WWK_i \quad (8.13)$$

gdzie:

KWS_o – średni koszt wypadku na przejściu dla pieszych,

WWK_i - współczynnik wzrostu kosztów w roku i .

Liczbę wypadków na przejściu dla pieszych można oszacować za pomocą wzoru 8.14 (opracowanym na podstawie wyników pracy badawczej [49]).

$$LW_i = 2,75 \cdot 10^{-7} \cdot NEP_i^{0,79} \cdot NEK_i^{0,87} \quad (8.14)$$

Natężenie ekwiwalentne ruchu pieszego NEP_i dla danego roku należy ustalać według wzoru 8.4, natomiast natężenie ekwiwalentne ruchu kołowego NEK_i dla danego roku należy ustalać według wzoru 8.5. Do czasu opracowania szczegółowej metody szacowania oszczędności kosztów wypadków na przejściach dla pieszych średni koszt wypadku na przejściu dla pieszych KWS_o należy przyjmować:

- $KWS_{zb} = 1,1$ mln zł / wypadek - dla obszaru zabudowanego,
- $KWS_{nb} = 1,65$ mln zł / wypadek – dla obszaru niezabudowanego.

Współczynnik wzrostu kosztów w roku i WWK_i jako stosunek PKB w roku i do roku bazowego, określanych na podstawie raportów GUS, JASPERS [39] lub Sekretariat Krajowej Rady BRD [40]. Sumaryczne koszty budowy i utrzymania urządzeń oświetlenia w cyklu życia obiektu KBU oblicza się za pomocą wzoru 8.15:

$$KBU = KB + \sum_{i=1}^n \frac{KU_i + KS_i}{(1+a)^n} \quad (8.15)$$

gdzie:

KB – koszt budowy urządzeń oświetleniowych na przejściu dla pieszych (mln zł),

KS_i – koszt środowiskowe (koszty emisji zanieczyszczeń do środowiska przy produkcji energii elektrycznej) w roku i (mln zł),

KU_i – koszty utrzymania (zużytej energii, obsługi i napraw) urządzeń oświetleniowych na przejściu dla pieszych w roku i (mln zł/rok).

Obliczenie kosztów środowiskowych KS_i polega na wyznaczeniu kosztów emisji zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej zużytej w okresie eksploatacji instalacji oświetleniowej przy uwzględnieniu aktualnych wskaźników emisji zanieczyszczeń środowiska (SO_2 , NO_x , CO, CO_2 pył całkowity). Podstawowym parametrem do oszacowania kosztów środowiskowych jest wskaźnik emisji CO_2 (0,781 kg/MWh w 2016 r.) [35].

Wartość obliczonego wskaźnika efektywności ekonomicznej stanowić może podstawę do podejmowania decyzji o zastosowaniu oświetlenia przejścia dla pieszych. W tab. 8.5 zestawiono rekomendacje dotyczące wykorzystania wskaźnika E .

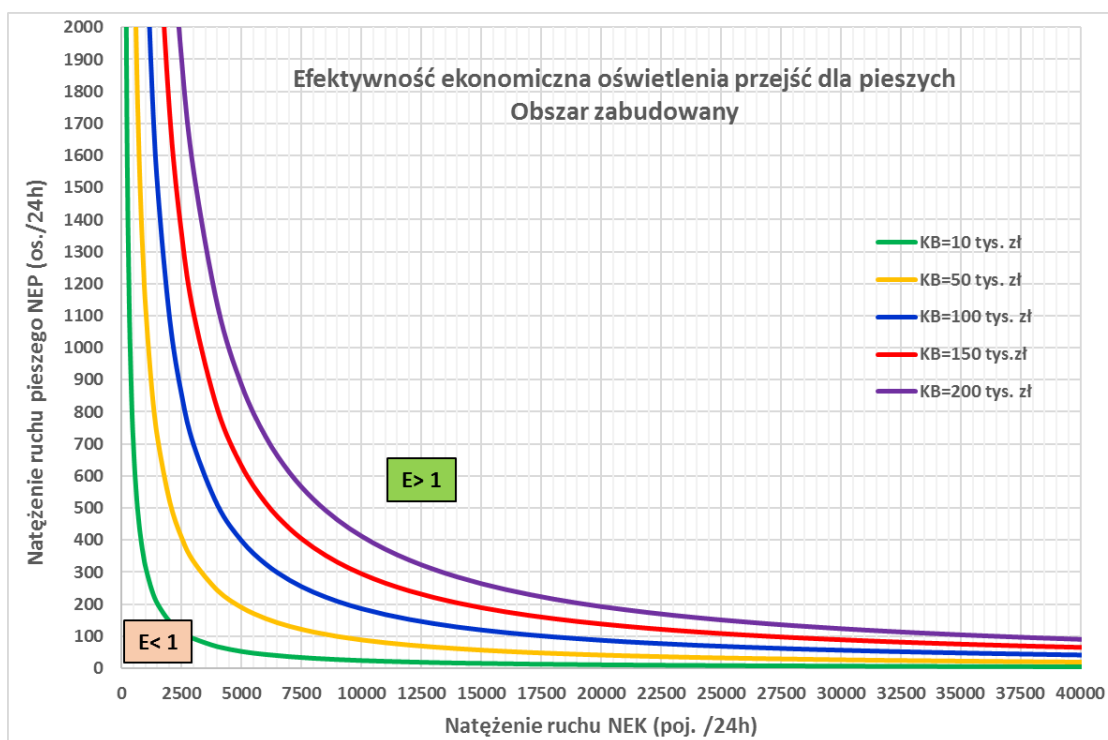
Tab. 8.5

Klasyfikacja efektywności ekonomicznej oświetlenia przejścia dla pieszych

Wartość współczynnika	Zalecenia
$E \geq 1$	Oświetlenie przejścia dla pieszych - uzasadnione ekonomicznie
$E < 1$	Oświetlenie przejścia dla pieszych - nieuzasadnione ekonomicznie

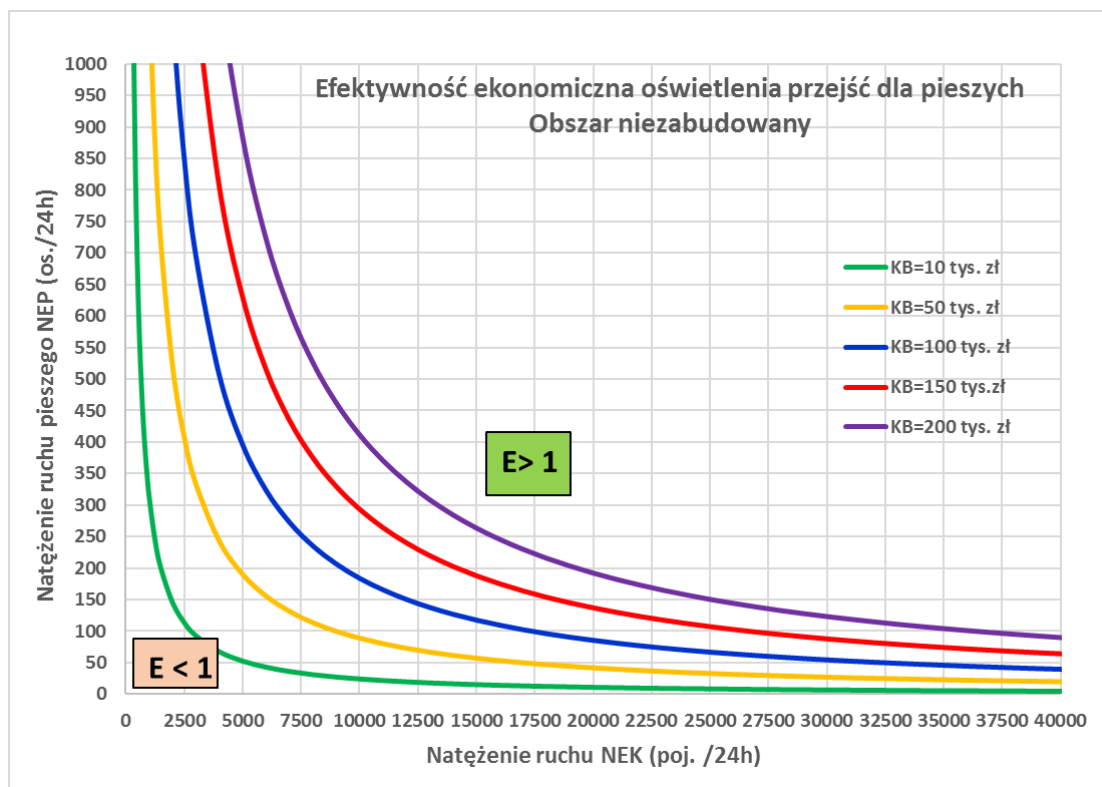
Źródło: Opracowanie własne

Przykładowe zakresy obszaru zasadności ekonomicznej oświetlenia przejścia dla pieszych przedstawiono na rys. 8.3 i rys. 8.4.



Rys. 8.3 Zakresy opłacalności instalowania urządzeń oświetleniowych na przejściu dla pieszych zlokalizowanym na drodze w obszarze zabudowanym

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 8.4 Zakresy opłacalności instalowania urządzeń oświetleniowych na przejściu dla pieszych zlokalizowanym na drodze w obszarze niezabudowanym.

Źródło: Opracowanie własne

8.3 Wprowadzenie nowych klas oświetlenia (PC) dla rozwiązań dedykowanych

Aktualne wymagania normatywne [109] nie definiują odrębnych klas oświetlenia w odniesieniu do sytuacji, w której do oświetlenia przejścia dla pieszych wykorzystuje się oprawy oświetleniowe charakteryzujące asymetrycznym rozsyłem strumienia świetlnego (oświetlenie dedykowane). Przeprowadzona analiza międzynarodowych wymagań i norm w zakresie oświetlenia przejść dla pieszych wskazuje na zasadność zdefiniowania jednoznacznych wymagań oświetleniowych w tym zakresie.

Sformułowanie wymagań oświetleniowych powoli na ujednoczenie podejścia do projektowania nowych i modernizowania istniejących instalacji oświetleniowych oraz weryfikacji stanu stosowanych obecnie rozwiązań.

Na podstawie doświadczeń międzynarodowych i badań własnych zaproponowano wprowadzenie nowych klas oświetlenia opisanych parametrami natężenia oświetlenia. Klasy natężeniowe nazwano PC (Pedestrian Crossing) i zaleca się ich stosowanie dla każdego nowo projektowanego i modernizowanego przejścia dla pieszych wyposażonego w oświetlenie dedykowane.

Wymagania dla klas PC zdefiniowano następująco:

- I. Wymagane poziomy natężenia oświetlenia na przejściu dla pieszych w płaszczyznach pionowych E_v , poziomej E_h , oraz w punktach pomiarowych (A, B, C, D, E, F) zestawiono w tabelach:
- dla przejść dla pieszych zlokalizowanych na jezdniach oświetlonych w klasach C związanych z natężeniem oświetlenia (tab. 8.6),
 - dla przejść dla pieszych zlokalizowanych na jezdniach oświetlonych w klasach M związanych z luminancją (tab. 8.7).
- II. W celu przygotowania projektu oświetlenia na przejściu dla pieszych należy posłużyć się siatkami pomiarowymi przedstawionymi na rys. 8.5 i rys. 8.6.

Wymiary siatki pomiarowej i liczba punktów pomiarowych powinny być zgodne z wymaganiami normy i dobrane indywidualnie dla zaistniałej sytuacji związanej z przekrojem drogi, wymiarami przejścia dla pieszych i stref oczekiwania.

W celu uszczegółowienia wyników zalecane jest przyjęcie określonej liczby punktów pomiarowych (np. 30 punktów dla każdej z płaszczyzn). Odstęp pomiędzy punktami pomiarowymi w osi wzdłużnej przejścia dla pieszych nie powinien przekraczać 3 m (zalecany odstęp ≤ 1 m). W zależności od konfiguracji przejścia dla pieszych niezbędne będzie dostosowanie siatki pomiarowej do wymiarów przejścia dla pieszych i stref oczekiwania. W szczególnych wypadkach, istotnych z punktu widzenia obserwacji pieszych przez kierowców (np. dla przejść dla pieszych zlokalizowanych w otoczeniu szkół, przedszkoli i innych obiektów wymuszających wzmożony ruch pieszych) można zastosować rozszerzoną strefę oczekiwania (zalecane ≥ 2 m). Dla przejść dla pieszych zlokalizowanych na szerszych przekrojach dróg należy zwiększyć liczbę punktów pomiarowych zgodnie z zasadą: liczba punktów pomiarowych \geq całkowita długość przejścia dla pieszych (j) / odstęp pomiędzy punktami pomiarowymi (≤ 3 m).

Tab. 8.6

Wymagane poziomy parametrów natężenia oświetlenia na przejściach dla pieszych z zastosowaniem opraw o rozsyłe asymetrycznym dla jezdni oświetlonych w klasach C (natężenie oświetlenia)

Oświetlenie jezdni		Oświetlenie przejścia dla pieszych					
		Poziom w klasie PC	Płaszczyzny pomiarowe				Punkty A, B, C, D, E, F
Wartości przed i za przejściem	Pionowa		Pozioma				
	Wartości przed i za przejściem		E_v sr^2	U_{ov}	E_h sr	U_{oh}	E_v min (A, B..)
Poziom w klasie C	E_{sr}^1 [lx] (eksploatacyjne min)	[lx] (eksploatacyjne min)	[-] (min)	[lx] (eksploatacyjne min)	[-] (min)	[lx] (eksploatacyjne min)	
C0	50	Brak konieczności stosowania rozwiązań dedykowanych					
C1	30	PC1	75	0,35	75	0,4	5,0
C2	20	PC2	50	0,35	50	0,4	4,0

C3	15	PC3	35	0,35	35	0,4	4,0
C4	10	PC4	25	0,35	25	0,4	3,0
C5	7,5	PC5	15	0,35	15	0,4	2,0

1. Założono nawierzchnię jezdni w klasie R4 o parametrach: $Q_0 \leq 0,05$ [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$]
2. Z uwagi na możliwość wystąpienia oślnienia kierowców oraz racjonalne gospodarowanie zużyciem energii elektrycznej rzeczywista wartość utrzymywanego średniego natężenia oświetlenia nie powinna przekraczać 3-krotności wartości przyjętej w klasie PC.

Źródło: P. Tomczuk, M. Chrzanowicz

Tab. 8.7

Wymagane poziomy parametrów natężenia oświetlenia na przejściach dla pieszych z zastosowaniem opraw o rozsyłe asymetrycznym dla jezdni oświetlonych w klasach M (luminancja)

Oświetlenie jezdni		Oświetlenie przejścia dla pieszych					
		Poziom w klasie PC	Płaszczyzny pomiarowe				Punkty A, B, C, D, E, F
Wartości przed i za przejściem			Pionowa		Pozioma		
Poziom w klasie M	L_{sr} [cd/m^2] (eksploatacyjne min)		$E_{v\ sr}$ [lx] (eksploatacyjne min)	U_{ov} [-] (min)	$E_{h\ sr}$ [lx] (eksploatacyjne min)	$U_{oh}^{3)}$ [-] (min)	$E_{v\ min}$ (A, B..) [lx] (eksploatacyjne min)
M1	2,00	Brak konieczności stosowania rozwiązań dedykowanych					
M2	1,50	PC1	75	0,35	75	0,4	5,0
M3	1,00	PC2	50	0,35	50	0,4	4,0
M4	0,75	PC3	35	0,35	35	0,4	4,0
M5	0,50	PC4	25	0,35	25	0,4	3,0
M6	0,30	PC5	15	0,35	15	0,4	2,0

Źródło: P. Tomczuk, M. Chrzanowicz

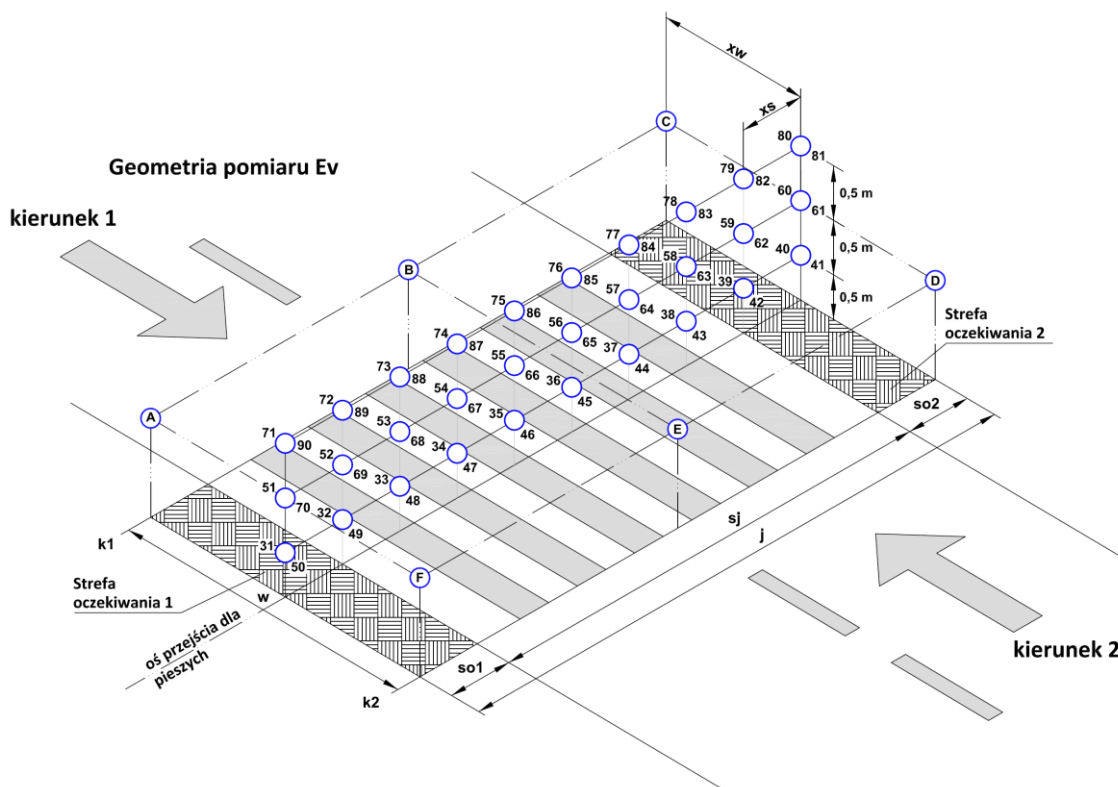
III. Dokumentacja projektowa powinna zawierać obliczenia pozwalające na szczegółowe określenie wartości natężenia oświetlenia z uwzględnieniem kierunków ruchu pojazdów, w płaszczyznach oraz punktach obliczeniowych:

- płaszczyźnie pionowej przejścia dla pieszych – odpowiadającej za oświetlenie płaszczyzny związanej z obserwacją pieszego z kierunku 1 i 2 (rys. 8.5):
 - minimalne pionowe natężenie oświetlenia E_{vmin} [lx] na płaszczyźnie pionowej w kierunku 1 i 2,
 - maksymalne pionowe natężenie oświetlenia E_{vmax} [lx] na płaszczyźnie pionowej w kierunku 1 i 2,
 - średnie pionowe natężenie oświetlenia E_{vsr} [lx] na płaszczyźnie pionowej w kierunku 1 i 2,
 - równomierność natężenia oświetlenia U_{ov} [-] na płaszczyźnie pionowej w kierunku 1 i 2,
- wybranych punktach przejścia dla pieszych, wartości mierzone w płaszczyznach pionowych dla dwóch kierunków ruchu, opisanych literami A, B, C, D, E, F –

odpowiedzialnych za utrzymanie parametrów pionowego natężenia oświetlenia w całym obszarze przejścia dla pieszych (rys. 8.5):

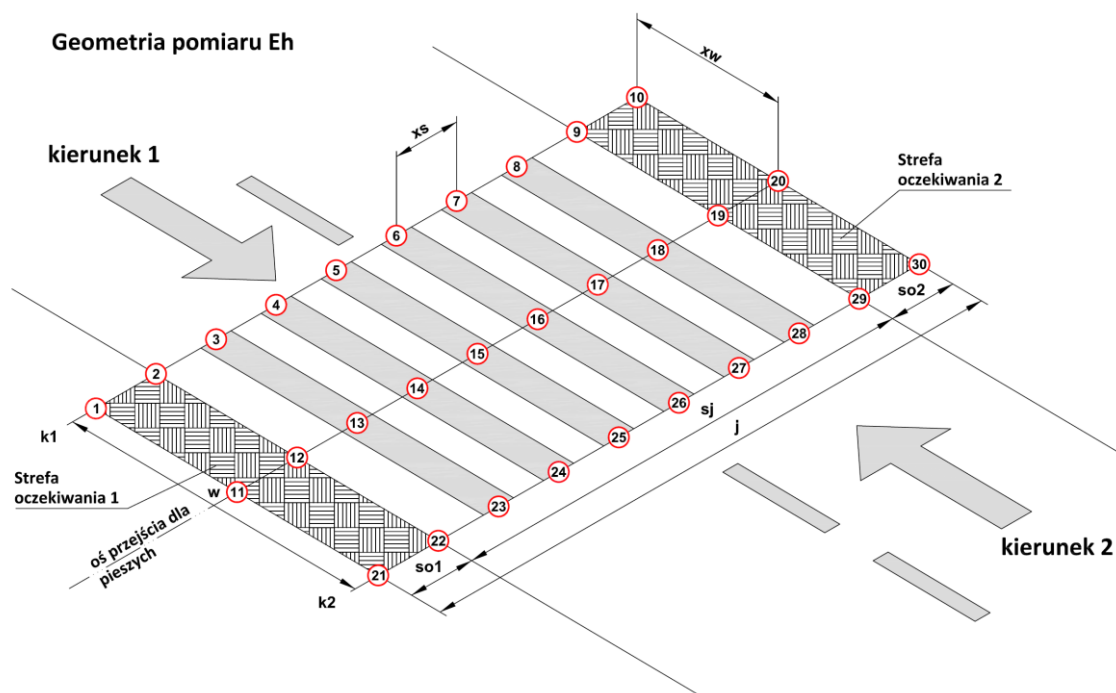
- minimalne pionowe natężenie oświetlenia E_v w punktach A, B, C, D, E i F [lx] w kierunku 1 i 2,
- płaszczyźnie poziomej przejścia dla pieszych – odpowiadającej za oświetlenie płaszczyzny jezdni i stref oczekiwania przejścia dla pieszych (rys. 8.6).
 - minimalne poziome natężenie oświetlenia E_{hmin} [lx] na płaszczyźnie poziomej,
 - maksymalne poziome natężenie oświetlenia E_{hmax} [lx] na płaszczyźnie poziomej,
 - średnie poziome natężenie oświetlenia E_{hsr} [lx] na płaszczyźnie poziomej,
 - równomierność natężenia oświetlenia U_{oh} [-] na płaszczyźnie poziomej.

Geometria usytuowania dedykowanych opraw oświetleniowych została przedstawiona w rozdziale 8.6.1.3, na rysunkach od rys. 8.23 do rys. 8.30.



Rys. 8.5 Siatka pomiarowa natężenia do określania klasy PC (oświetlenie dedykowane) oświetlenia w płaszczyźnie pionowej (E_v) na przejściu dla pieszych

Źródło: P. Tomczuk



Rys. 8.6 Siatka pomiarowa natężenia do określania klasy PC (oświetlenie dedykowane) oświetlenia w płaszczyźnie poziomej (Eh) na przejściu dla pieszych

Źródło: P. Tomczuk

8.4 Ustalenie uwarunkowań ogólnych – projektowanie na istniejących odcinkach dróg

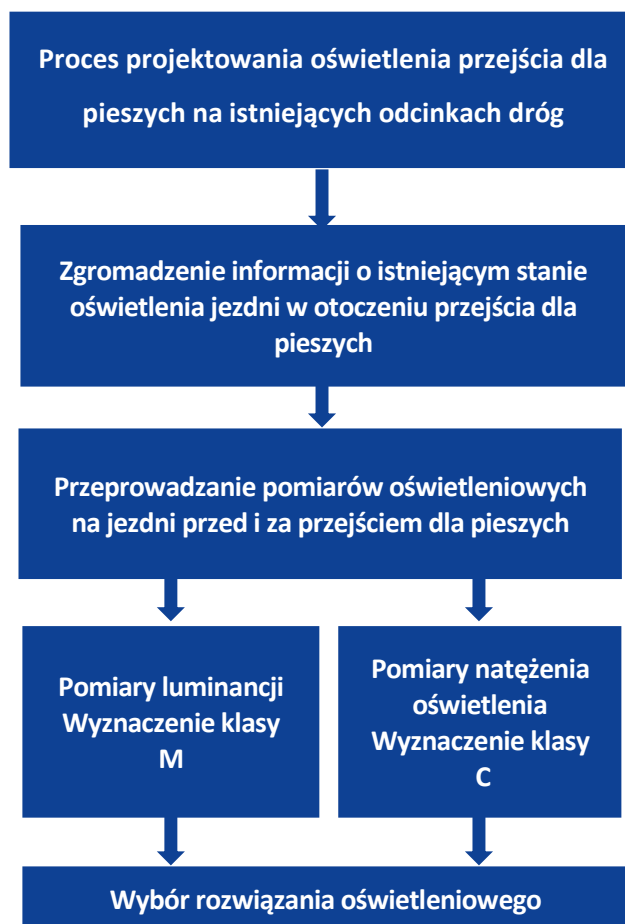
Wybór rozwiązania oświetleniowego do oświetlenia przejścia dla pieszych na istniejących odcinkach dróg różni się od procesu projektowania oświetlenia na nowoprojektowanych drogach lub ulicach. Przede wszystkim, projektant musi odnieść się do istniejącego oświetlenia ulicy, a także uwzględnić źródła światła w otoczeniu przejścia dla pieszych. Mając powyższe na uwadze, możliwości kreowania wielu wariantów oświetlenia przejścia są ograniczone.

Każde z przejść dla pieszych będzie posiadało odmienne cechy lokalizacyjne i oświetleniowe, a od poprawności ich identyfikacji będzie zależała skuteczność doboru rozwiązania oświetleniowego. Należy też uwzględnić problemy w montażu elementów instalacji oświetleniowej spowodowane ograniczoną możliwością posadowienia słupów (istniejąca infrastruktura drogi).

Należy zaznaczyć, że będą występowały przypadki, w których projektant oświetlenia przejścia będzie musiał zalecić modernizację instalacji oświetlenia ulicznego w bliskości przejścia. Czasem wystarczy wymiana samych źródeł lub opraw, a w innym przypadku ingerencja musi być większa. Celem nadrzędnym jest zawsze poprawa bezpieczeństwa pieszego.

**W WYBRANYCH PRZYPADKACH OŚWIETLENIE PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH BĘDZIE NIEMOŻLIWE BEZ MODERNIZACJI
INSTALACJI OŚWIETLENIOWEJ W OBSZARACH DOJAZDU DO PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH.**

Proces projektowania powinien zostać zrealizowany zgodnie z przyjętym schematem działań (rys. 8.7).



Rys. 8.7 Diagram elementów składowych procesu projektowania oświetlenia przejścia dla istniejących odcinków drogowych

Źródło: M. Chrzanowicz

8.4.1 Zgromadzenie informacji o istniejącym stanie oświetlenia jezdni w otoczeniu przejścia dla pieszych

Projektant powinien dążyć do jak najpełniejszego sparametryzowania istniejącej sytuacji drogowej w aspekcie geometrii obszaru i warunków oświetleniowych. Informacje o istniejącej sytuacji drogowej powinny zostać pozyskane w następujący sposób:

- poprzez przeprowadzenie oględzin i pomiarów terenowych,
- jako element uzupełniający poprzez analizę dokumentacji projektowej (o ile projekty istnieją i dokumentacja jest aktualna).

Należy bezwzględnie przeprowadzić oględziny drogi i oświetlenia w otoczeniu przejścia dla pieszych oraz wykonać pomiary pozwalające na identyfikację zastanych parametrów oświetleniowych oraz geometrycznych.

PROCES PROJEKTOWANIA OŚWIETLENIA W OTOCZENIU PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH ZAWSZE MUSI BYĆ POPRZEDZONY WIZJĄ LOKALNĄ I PRZEPROWADZONYMI POMIARAMI PARAMETRÓW OŚWIETLENIOWYCH JEZDNI.

Wizja lokalna jest niezbędna, aby wskazać przypadki, w których otoczenie przejścia dla pieszych jest nieoświetlone a także potwierdzić spełnienie założeń projektowych oraz zweryfikować obniżenie parametrów oświetleniowych spowodowanych starzeniem instalacji oświetlenia ulicznego, jej stanem technicznym lub błędami wykonawczymi.

Dokumentacja projektowa nie może stanowić jedynej podstawy do oceny rzeczywistej sytuacji oświetleniowej na przejściu dla pieszych. Jest jedynie cennym źródłem wiedzy, z której projektant może zidentyfikować zastosowane oprawy oświetleniowe, źródła światła oraz przyjęte do obliczeń klasy oświetlenia ulicznego.

OGLĘDZINY TERENOWE POWINNY BYĆ WYKONANE W PORZE NOCNEJ I DZIENEJ.

Podczas oględzin terenowych otoczenia przejścia dla pieszych należy zidentyfikować cechy parametrów instalacji oświetleniowej, takie jak:

- zastosowany system oświetlenia ulicznego,
- rozstawienie słupów oraz ich wysokość [m],
- sposób zawieszenia oprawy względem jezdni, zastosowane wysięgniki, wraz z parametrami geometrycznymi [m,⁰] (np. wysunięcie nad jezdnię),
- rodzaj zastosowanych opraw oświetleniowych (o ile zastosowano oświetlenie drogowe),
- typ zastosowanych źródeł światła (istotnym czynnikiem jest, aby np. barwa źródeł światła była jednakowa w całym ciągu instalacji oświetleniowej).

8.4.2 Procedura identyfikacji układu geometrycznego drogi

Podczas oględzin terenowych otoczenia przejścia dla pieszych należy zidentyfikować cechy charakterystyczne istniejącego układu geometrycznego drogi:

- geometrię drogi (jednojezdniowa, dwujezdniowa, liczbę pasów ruchu w każdym kierunku, występujące pobocze, łuki poziome i pionowe itp.),
- układ drogi (np. skrzyżowanie, wyjazd itp.),
- szerokość drogi, jezdni, pobocza [m],
- łuki poziome i pionowe,

- dodatkowe elementy infrastruktury (np. reklama itp.).

8.4.3 Procedura określenia klas refleksyjnych nawierzchni jezdni

Podczas oględzin terenowych otoczenia przejścia projektant powinien zidentyfikować cechy charakterystyczne nawierzchni drogi:

- stan techniczny nawierzchni (jednorodność, wytarcia, ubytki asfaltu, zanieczyszczenia powierzchni, występujące oznakowanie poziome, itp.),
- rodzaj pokrycia: asfalt, beton,
- klasę refleksyjną (odbiciową) nawierzchni jezdni (R1 ÷ R4) [58] pośrednio przez rodzaj zastosowanej nawierzchni: ciemna, jasna, gładka szorstka – Załącznik 3 – Procedura określenia klasy refleksyjnej nawierzchni jezdni oraz Przykład wyznaczania klasy oświetlenia ulicy.

PROJEKTANT POWINIEN ZALECIĆ MOŻLIWE DO WYKONANIA CZYNNOŚCI KONSERWACYJNE (UPRZĄTNIĘCIE ZANIECZYSZCZEŃ, UZUPEŁNIENIE UBYTKÓW, POPRAWA JEDNORODNOŚCI ASFALTU).

8.5 Ustalenie klas oświetlenia jezdni – projektowanie na istniejących odcinkach dróg

Przed rozpoczęciem procedur pomiarowych zmierzających do ustalenia klasy oświetlenia na jezdni należy wykonać konieczne zabiegi konserwacyjne np.: wymienić nieczynne źródła światła, wyczyścić brudne klosze opraw oświetleniowych.

W PRZYPADKU NIESPEŁNIENIA WARUNKÓW DLA POMIARU LUMINANCJI LUB UZASADNIONYCH TRUDNOŚCI Z REALIZACJĄ PROCEDURY ZALECA SIĘ WYKONANIE BADANIA ROZKŁADU NATĘŻENIA OŚWIETLENIA NA POWIERZCHNI DROGI.

W PRZYPADKU WYSTĄPIENIA ODMIENNEJ KLASY OŚWIETLENIA W OBSZARZE PRZED I ZA PRZEJŚCIEM NALEŻY DO DALSZYCH ANALIZ PRZYJĄĆ:

- KLASĘ NIŻSZĄ - DO PODEJMOWANIA DECYZJI O WYBORZE SYSTEMU OŚWIETLENIOWEGO – DEDYKOWANEGO, ULICZNEGO ZE STREFĄ PRZEJŚCIOWĄ LUB BRAKU KONIECZNOŚCI PODEJMOWANIA DZIAŁAŃ (W PRZYKŁADZIE: ZAŁĄCZNIK 3 – PROCEDURA OKREŚLENIA KLASY REFLEKSYJNEJ NAWIERZCHNI JEZDNI ORAZ PRZYKŁAD WYZNACZANIA KLASY OŚWIETLENIA ULICY - C3),
- KLASĘ WYŻSZĄ – DO DOBORU KLASY OŚWIETLENIA PRZEJŚCIA PC (W PRZYKŁADZIE: ZAŁĄCZNIK 3 – PROCEDURA OKREŚLENIA KLASY REFLEKSYJNEJ NAWIERZCHNI JEZDNI ORAZ PRZYKŁAD WYZNACZANIA KLASY OŚWIETLENIA ULICY - C4).

Procedury pomiarowe należy wykonać zgodnie z wytycznymi zawartymi w rozdziale:

- dla wyznaczania klas opartych na analizie rozkładu luminancji nawierzchni drogi (klasy M) – rozdział 8.5.1,
- dla wyznaczania klas opartych na pomiarze natężenia oświetlenia (klasy C) – rozdział 8.5.2.

Wybór metody wyznaczenia klasy oświetlenia jezdni

Klasę oświetlenia oraz warunki występujące w otoczeniu przejścia należy ustalić na podstawie pomiarów oświetleniowych przeprowadzonych z wykorzystaniem jednej lub dwóch procedur pomiarowych (rys. 8.8).

ABY RZETELNIE DOBRAĆ NAJKORZYSTNIEJSZE ROZWIĄZANIE TECHNICZNE DO OŚWIETLENIA PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH NALEŻY PRZEPROWADZIĆ (NA ODPOWIEDNIO DŁUGIM ODCINKU JEZDNI PRZED I ZA PRZEJŚCIEM, WYNOŚĄCYM 100 M DLA KLAS LUMINANCYJNYCH M ORAZ 50 M DLA KLAS NATĘŻENIOWYCH C) POMIARY TERENOWE I NA ICH PODSTAWIE USTALIĆ KLASĘ OŚWIETLENIA ULICZNEGO

Pola pomiarowe przed i za przejściem zostały ustalone w nieco inny sposób niż określa to norma oświetlenia drogowego [58]. Wymagania normy zakładają pomiar na obszarze zawartym pomiędzy dwiema kolejnymi podporami opraw oświetleniowych. W przypadku przejść dla pieszych latarnie uliczne są lokalizowane w różnej odległości od przejścia, stąd zmodyfikowano wymagania dotyczące początku i końca obszaru pomiarowego (odpowiednio od końca przejścia – za przejściem i do początku przejścia przed). Wydłużenie wymaganego pola pomiarowego (100 m klasa M, 50 m klasa C) wynika z warunków obserwacji pieszego na tle jezdni, stąd konieczność analizowania dłuższego obszaru, tak aby w polu widzenia znalazł się dłuższy odcinek drogi.

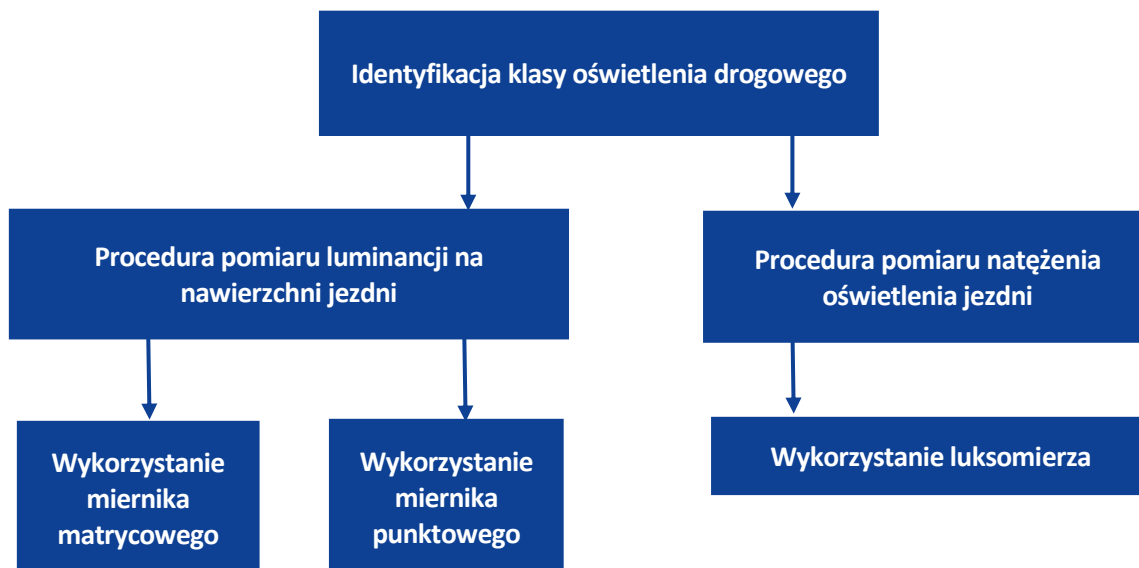
Podjęcie decyzji odnośnie zastosowania metody pomiarowej

Należy podjąć próbę zidentyfikowania klasy oświetlenia ulicznego, na jakiej znajduje się przejście dla pieszych. Można tego dokonać dwoma sposobami:

- dotarcie do dokumentacji technicznej i ustalenie klasy oświetlenia wprost, ze stosownych zapisów w dokumentach,
- założenie kategorii klas na podstawie analizy czynników definiujących klasę oświetlenia (przeznaczenie drogi, natężenie ruchu, dopuszczalna szybkość ruchu pojazdów, wykluczeni użytkownicy).

Obydwa przypadki nie dają jednak wiarygodnej odpowiedzi, jakie warunki oświetleniowe występują w otoczeniu istniejącego przejścia dla pieszych.

W PRZYPADKU WĄTPLIWOŚCI, W ZAKRESIE ISTNIEJĄCEJ KLASY OŚWIETLENIA ZAWSZE ZALECA SIĘ PODEJŚCIE „LUMINANCYJNE”, – CZYLI PRZEPROWADZENIE POMIARÓW Z WYKORZYSTANIEM MIERNIKA LUMINANCJI (PUNKTOWEGO LUB MATRYCOWEGO) A W DALSZE KOLEJNOŚCI (JEŻELI POMIAR LUMINANCJI JEST NIEMOŻLIWY LUB RÓWNOMIERNOŚĆ ROZKŁADU LUMINANCJI WSKAZUJE NA WADY NAWIERZCHNI DROGOWEJ) POMIARY NATĘŻENIA OŚWIETLENIA



Rys. 8.8 Diagram wyboru procedury identyfikacji klasy oświetlenia drogowego i zastosowanych narzędzi pomiarowych

Źródło: M. Chrzanowicz

Ogólne zalecenia dotyczące wykonywania pomiarów oświetleniowych w rejonie przejścia dla pieszych

Wspólnymi wymaganiami dla pomiarów natężenia oświetlenia i luminancji (niezależnie od typu miernika) są następujące elementy:

- wykonanie pomiaru w porze nocnej, wykonanie pomiaru godzinę po uruchomieniu źródeł światła (ustabilizowanie strumienia świetlnego źródeł w celu uzyskania znamionowych parametrów oświetleniowych),
- przed wykonaniem pomiaru źródła światła w oprawach oświetleniowych powinny być wyświecone przez minimum 100 godzin (przy nominalnych parametrach mocy, wymagane ustawienie na 100 %), ustawienie parametrów znamionowych źródeł światła (100% strumienia, bez redukcji),
- wyeliminowanie możliwych źródeł światła intruzyjnego, mogącego zafałszować pomiar (światła pojazdów samochodowych, naświetlacze elewacji budynków, reklamy świetlne),
- odpowiednie warunki meteorologiczne: temperatura pomiaru (mieszczące się w zakresie pracy przyrządów pomiarowych), dobra przejrzystość atmosferyczna (brak

zamgleń, deszczu, szadzi mogących wpłynąć na osłabienie i kierunek strumienia świetlnego oprawy),

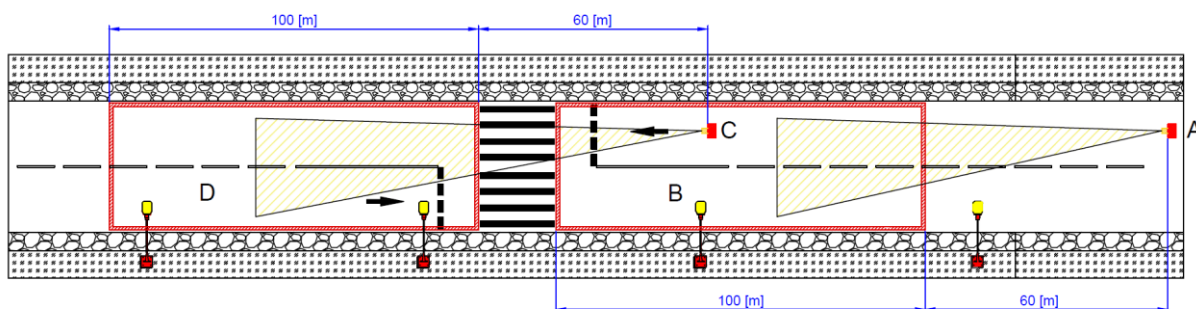
- mierniki powinny posiadać ważne świadectwa wzorcowania,
- procedurę pomiarową należy zrealizować dla kierunków ruchu związanych z obserwacją przejścia przez kierowców zbliżających się do przejścia.

8.5.1 Procedura wyznaczania klasy luminancyjnej (M)

Pomiar może zostać zrealizowany z wykorzystaniem miernika matrycowego lub punktowego.

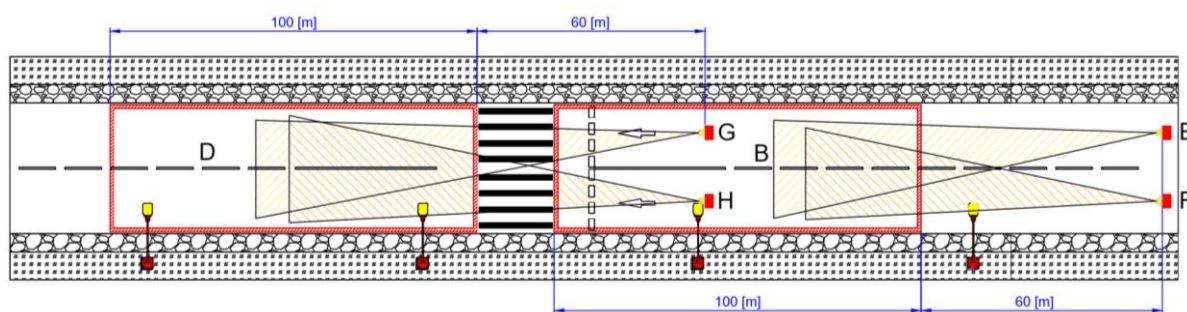
8.5.1.1 Pomiar z zastosowaniem miernika matrycowego

Wyznaczanie klasy oświetlenia drogowego przed i za przejściem w wyniku analizy rozkładu luminancji z wykorzystaniem miernika matrycowego przedstawiono schematycznie na rys. 8.9, rys. 8.10 oraz rys. 8.11.



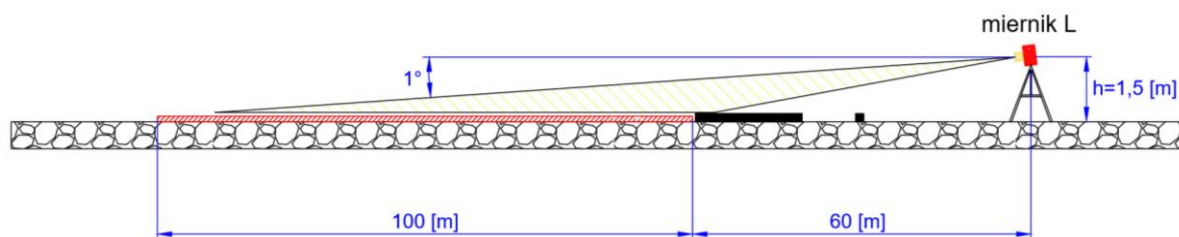
Rys. 8.9 Wybór pól pomiarowych oraz lokalizacja miernika luminancji w metodzie wyznaczania klasy oświetlenia

Źródło: M. Chrzanowicz



Rys. 8.10 Wybór pól pomiarowych oraz lokalizacja miernika luminancji w metodzie wyznaczania klasy oświetlenia dla dwóch pasm ruchu w każdym kierunku

Źródło: M. Chrzanowicz



Rys. 8.11 Lokalizacja miernika luminancji w płaszczyźnie pionowej

Źródło: M. Chrzanowicz

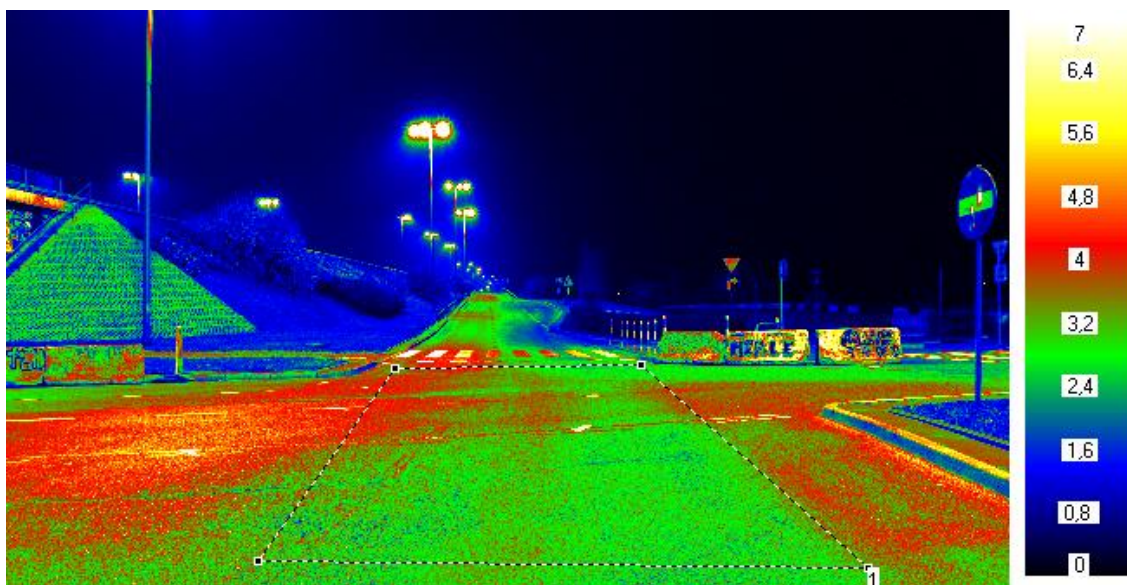
Procedura wyznaczania podstawowych parametrów luminancji jezdni za i przed przejściem dla pieszych (miernik matrycowy)

1. Matrycowy miernik luminancji należy ustawić w odległości 160 m (60 m od pola pomiarowego) od przejścia dla pieszych (oznaczenie A na rys. 8.9) w osi pasa ruchu.
2. Pole pomiarowe obejmuje obszar o szerokości całej drogi i długości 100 m (przed przejściem), widziany ze środka pasa ruchu (B – czerwony prostokąt na rys. 8.9).
3. Dla wyznaczenia klasy oświetlenia drogi za przejściem dla pieszych, matrycowy miernik luminancji należy ustawić w lokalizacji (C) tj. w odległości 60 m od pola pomiarowego (D – czerwony prostokąt na rys. 8.9). Inaczej mówiąc 60 m od końcowej lokalizacji przejścia (wyznaczonej zebry na drodze).
4. Pole pomiarowe obejmuje obszar o szerokości całej jezdni i o długości 100 m (za przejściem), widziany ze środka pasa ruchu (C).
5. W przypadku drogi o więcej niż jednym pasie ruchu w danym kierunku pole pomiarowe zostaje niezmienione (B, D), i jest równe łącznej szerokości wszystkich pasów ruchu, natomiast kierunek obserwacji należy ustawić dla każdego pasa ruchu oddzielnie (dwa pola pomiarowe luminancji dla lokalizacji miernika E, F oraz G, H, rys. 8.10).
6. Wysokość ustawienia głowicy pomiarowej miernika została określona w normie (PN-EN 130201:2016 [58]) i wynosi 1,5 m, licząc od nawierzchni jezdni. Kąt pomiędzy osią optyczną obiektywu miernika a drogą wynosi 89° (pochylenie 1° w dół), rys. 8.11.
7. Po wykonaniu zdjęć luminancji (przed i za przejściem), należy wyznaczyć parametry luminancyjne w zdefiniowanych obszarach drogi. Wyznaczenie powyższych wartości realizuje się na podstawie zdjęcia luminancji, za pomocą specjalistycznego oprogramowania dostarczonego przez producenta miernika matrycowego CCD.
8. Na podstawie uzyskanych wyników należy zidentyfikować klasę oświetlenia jezdni zgodnie z klasyfikacją przyjętą w normie [58].

Opisana procedura prowadzi do jednoznacznego wyznaczenia klasy oświetlenia przed i za przejściem dla pieszych. Parametrami, które należy wyznaczyć na podstawie przeprowadzonego pomiaru luminancji z wykorzystaniem miernika matrycowego są:

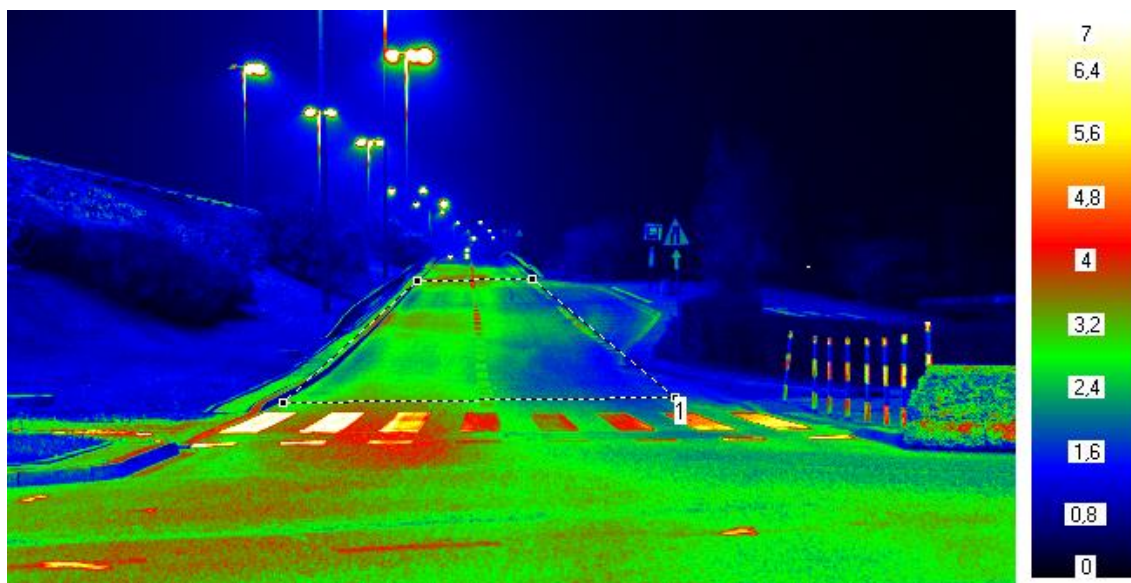
- obliczona średnia pozioma luminancja jezdni L_{sr} (obliczana, jako średnia arytmetyczna z wartości otrzymanych w obszarach pomiarowych (rys. 8.9, rys. 8.10),
- obliczona równomierność ogólna rozkładu luminancji w płaszczyźnie jezdni U_o (obliczona, jako stosunek najniższej wartości luminancji, występującej w polu pomiarowym, do wartości średniej luminancji (L_{min} / L_{sr}) obliczonej ze wszystkich wartości otrzymanych w polach pomiarowych (rys. 8.9, rys. 8.10)).

Jednoznaczne przypisanie wyników do klasy oświetlenia M umożliwia dokonanie wyboru rozwiązania oświetleniowego, jakie ma być zastosowane na przejściu dla pieszych. Przykładowe zdjęcia luminancji dla obszarów przed i za przejściem dla pieszych wykonane z wykorzystaniem miernika matrycowego, w przypadku wyznaczania klasy oświetlenia M na drodze jednojezdniowej, jednokierunkowej o dwóch pasach ruchu zostały przedstawione na rys. 8.12 i rys. 8.13. Zbiorcze wyniki pomiarów zostały zestawione w tab. 8.8.



Rys. 8.12 Badanie rozkładu luminancji przed przejściem z odległości 60 m przy wykorzystaniu miernika matrycowego (skala \log_2 , jednostka cd/m^2)

Źródło: M. Chrzanowicz



Rys. 8.13 Badanie rozkładu luminancji za przejściem z odległości 60 m przy wykorzystaniu miernika matrycowego (skala \log_2 , jednostka cd/m^2)

Źródło: M. Chrzanowicz

Tab. 8.8

Parametry fotometryczne (rozkład luminancji) dla obszaru przed i za przejściem

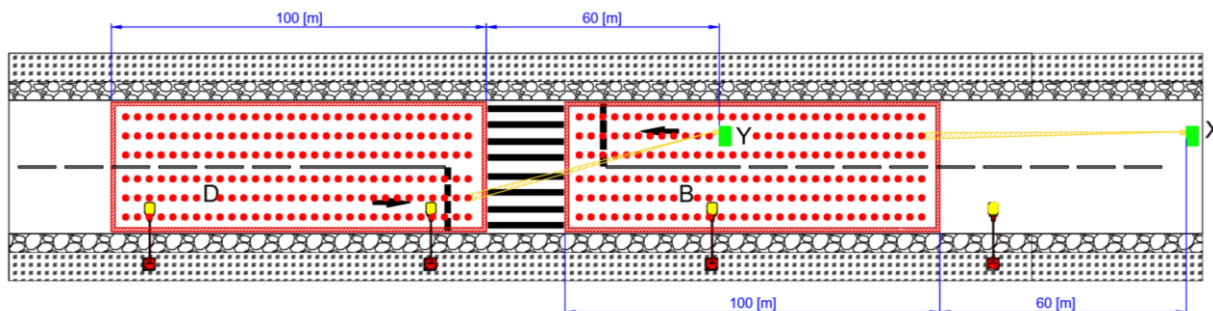
Parametr oświetleniowy	L_{sr}	U_0	L_{min}	L_{max}	Klasa
	$[\text{cd}/\text{m}^2]$	$[-]$	$[\text{cd}/\text{m}^2]$	$[\text{cd}/\text{m}^2]$	M
Obszar przed przejściem	3,12	0,41	1,28	7,52	M1
Obszar za przejściem	2,44	0,40	0,98	4,76	M1

Źródło: M. Chrzanowicz

Wyniki (wyliczone w programie komputerowych dedykowanym do obsługi miernika) przedstawione w tab. 8.8 wskazują na uzyskanie najwyższej klasy luminancyjnej M1.

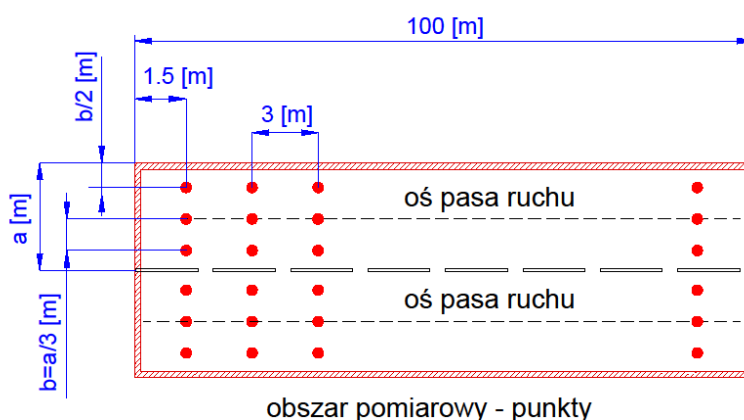
8.5.1.2 Pomiar z zastosowaniem miernika punktowego

Wyznaczanie klasy oświetlenia drogowego przed i za przejściem poprzez analizę rozkładu luminancji z wykorzystaniem miernika punktowego przedstawiono schematycznie na rys. 8.14 i rys. 8.15.



Rys. 8.14 Wybór punktów pomiarowych oraz lokalizacja miernika punktowego luminancji w metodzie wyznaczania klasy oświetlenia na drodze jednojezdniowej, dwukierunkowej przed i za przejściem dla pieszych

Źródło: M. Chrzanowicz



Rys. 8.15 Widok obszaru pomiarowego luminancji wraz z zaznaczonymi punktami oraz odległościami pomiędzy nimi

(gdzie: a – szerokość pasa ruchu, b - odległość między punktami w pionie, każdy dodatkowy pas ruchu wprowadza 3 rzędy punktów, z czego jeden przebiega przez jego oś).

Źródło: M. Chrzanowicz

8.5.1.3 Procedura wyznaczania podstawowych parametrów luminancji jezdni za i przed przejściem dla pieszych (miernik punktowy)

1. Punktowy miernik luminancji należy ustawić w odległości 160 m (60 m od pola pomiarowego) od przejścia dla pieszych (oznaczenie X na rys. 8.14) w osi pasa ruchu (pomiar obszaru przed przejściem).
2. Obszar pomiarowy obejmuje punkty rozmieszczone równomiernie na całej szerokości drogi i długości 100 m (przed przejściem), obserwowane ze środka pasa ruchu (B).
3. Dla wyznaczenia klasy drogi za przejściem punktowy miernik luminancji należy ustawić w pozycji (Y) w odległości 60 m od obszaru pomiarowego (D) (tj. 60 m od końca przejścia dla pieszych),

4. Pole pomiarowe obejmuje punkty (równomiernie rozmieszczone) zlokalizowane w obszarze o szerokości całej drogi i długości 100 m (za przejściem), widziane ze środka pasa ruchu (Y).
5. W przypadku drogi o więcej niż jednym pasie ruchu w danym kierunku, punkty pomiarowe dla obszaru zostają niezmienione (B, D), natomiast kierunek obserwacji należy ustawić dla każdego pasma ruchu oddzielnie (analogicznie jak dla pomiaru miernikiem matrycowym - rys. 8.10).
6. Wysokość ustawienia miernika jest analogiczna jak dla miernika matrycowego, została określona w normie (PN-EN 130201:2016 [58]) i wynosi 1,5 m, licząc od nawierzchni drogi. Kąt pomiędzy osią optyczną obiektywu miernika, a drogą wynosi 89° (pochylenie 1° w dół), rys. 8.11.
7. Liczba punktów pomiarowych oraz odległość między nimi jest ściśle zdefiniowana i określona na rys. 8.15 (punkty rozmieszczone są równomiernie na całej powierzchni badanego obszaru). Należy zwrócić uwagę, że dla każdego pasa ruchu w płaszczyźnie prostopadłej są wyznaczone 3 rzędy punktów, z czego jeden zawsze przechodzi przez oś pasa ruchu. Inaczej jest w przypadku pomiaru natężenia oświetlenia (dla klasy C).
8. Pomiar luminancji miernikiem punktowym jest bardzo pracochłonny, gdyż liczba punktów, w których należy zmierzyć luminancję jest duża. Dla zdefiniowanego obszaru na drodze jednojezdniowej, dwukierunkowej zgodnie z wymaganiami normy [58] wynosi: 6 rzędów x 33 punkty, czyli łącznie 198 punktów pomiarowych. Dla każdego dodatkowego pasa ruchu dodatkowo dochodzą 3 rzędy po 33 punkty pomiarowe, czyli 99 punktów.
9. Uzyskane parametry rozkładu luminancji poddaje się analizie i w wyniku obliczeń parametrów ilościowych (wartość luminancji średniej) i jakościowych (równomierność rozkładu luminancji) przypisuje do kryteriów odpowiadających klasie oświetlenia M.
10. Opisana procedura podobnie jak w wypadku miernika matrycowego prowadzi do wyznaczenia klasy oświetlenia M przed i za przejściem dla pieszych (zgodnie z klasyfikacją przyjętą w normie [58])

Parametry oświetleniowe mierzone i obliczane są analogicznie, do tych przyjętych w przypadku pomiaru miernikiem matrycowym, z tą różnicą, że liczba punktów ujętych w analizie jest zdecydowanie mniejsza: dla pomiaru punkowego wynosi $n = 100 \div 400$, przy mierniku matrycowym $n = 2$ mln punktów. Parametrami, które należy wyznaczyć na podstawie przeprowadzonego pomiaru luminancji z wykorzystaniem miernika punkowego są:

- luminancja jezdni L_{sr} [cd/m^2] wyznaczona zgodnie z zadaną siatką pomiarową, którą należy obliczyć, jako średnią arytmetyczną ze wszystkich wartości otrzymanych w punktach siatki pomiarowej wg wzoru:

$$L_{\text{sr}} = (L_1 + L_2 + \dots + L_n) / n$$

gdzie:

n - liczba punktów pomiarowych,

$L_1 \div L_n$ - wyniki pomiarów w kolejnych punktach pomiarowych luminancji L,

- równomierność rozkładu luminancji na płaszczyźnie drogi U_o należy obliczyć jako stosunek najniższej wartości luminancji, występującej w punktach siatki pomiarowej, do wartości średniej arytmetycznej luminancji obliczonej z wartości otrzymanych w punktach siatki ($L_{\text{min}}/L_{\text{sr}}$).

W przypadku zastosowania miernika punktowego istotną staje się analiza doboru wielkości kątowej pola pomiarowego. Zaleca się, aby miernik posiadał jak najmniejsze pole pomiarowe ($0,1^\circ$) umożliwiający jego zmianę ($0,3^\circ$, 1° , 2° , 5°) z uwagi na różne odległości punktów pomiarowych zlokalizowanych na powierzchni drogi (zakres zmian odległości to: $60 \div 160$ m). Analiza zmiany wielkości pola pomiarowego wraz ze wzrostem odległości została przedstawiona w tab. 8.9. Przy zbyt dużych polach pomiarowych trudno mówić o pomiarach w punktach pomiarowych, gdyż jest ona uśredniana w danym obszarze, a uśredniona wartość luminancji może zafałszowywać parametry jakościowe w postaci równomierności rozkładu luminancji na powierzchni jezdni. Analizując dane z tab. 8.9 pomiary powinny być wykonywane miernikiem o polu pomiarowym $0,1^\circ$ ($6'$) lub w ostateczności $0,3^\circ$ ($20'$). Dla pozostałych rozmiarów kątowych pola pomiarowe są zbyt duże. Miernik o polu 1° i większym mogą służyć jedynie do kontrolnego pomiaru wartości luminancji średniej na powierzchni jezdni (możliwe jest wyznaczenie wartości średniej, ale nie jest możliwe wyznaczenie równomierności ogólnej).

Tab. 8.9

Wielkość pola pomiarowego na jezdni w funkcji odległości pomiarowej i pomiarowego rozmiaru kątowego punktowego miernika luminancji

Wielkość pola pomiarowego na powierzchni drogi [m]			
Rozmiar kątowy pola miernika [°]	Odległość pomiarowa [m]		
	60	110	160
	Średnica pola pomiarowego [m]		
0,1	0,1	0,2	0,3
0,3	0,3	0,6	0,8
1	1,0	1,9	2,8
2	2,1	3,8	5,6
5	5,2	9,6	14,0

Źródło: M. Chrzanowicz

8.5.1.4 Analiza doboru narzędzia pomiarowego (miernik punktowy, miernik matrycowy)

W zależności od wykorzystania do pomiaru luminancji jezdni miernika matrycowego lub punktowego zmienia się sposób podejścia do badania luminancji i należy zastosować inną procedurę.

W stosunku do badania wykonanego miernikiem matrycowym skorzystanie z miernika punktowego ma szereg wad, które bardzo utrudniają pomiar, a w niektórych przypadkach czynią go niemożliwym do wykonania. W zakresie pomiarów miernikiem punktowym można wskazać utrudnienia:

- bardzo długi czas wykonywania pomiaru związany z koniecznością precyzyjnego trafiania w setki punktów na drodze oraz ich ręcznego zapisywania, (przy mierniku matrycowym jest wykonywane zdjęcie z dużą rozdzielczością pomiarową w czasie kilkunastu sekund),
- problemy z precyzyjnym trafieniem w punkty pomiarowe (wirtualny punkt na drodze odległy o np. 160 m, brak możliwości naniesienia znaczników na drogę, co spowodowałoby zmianę wartości mierzonej luminancji),
- zmiana geometrii pola pomiarowego, które z perspektywy drogi staje się elipsą (w przypadku miernika matrycowego pole też jest elipsą, ale z uwagi na mniejszy rozmiar półosi, bardziej upodabnia się do okręgu),
- problematyczny dobór rozmiaru kąta fotomontowania, który wynika z klasy posiadanego miernika, a w konsekwencji wpływa na średnicę pola pomiarowego. Zbyt duże pole pomiarowe zmniejsza dokładność pomiaru luminancji średniej oraz wyklucza prawidłowy wynik równomierności rozkładu luminancji (miernik matrycowy ma małe i stałe kąty fotomontowania niewymagające ręcznych ustawień).

ZALECA SIĘ STOSOWANIE MIERNIKA MATRYCOWEGO DO WYZNACZANIA KLAS OŚWIETLENIA M PRZED I ZA PRZEJŚCIEM DLA PIESZYCH.

W tab. 8.10 zestawiono wady i zalety alternatywnych metod pomiaru luminancji jezdni.

Tab. 8.10

Wady i zalety realizacji pomiarów z wykorzystaniem różnych typów mierników luminancji

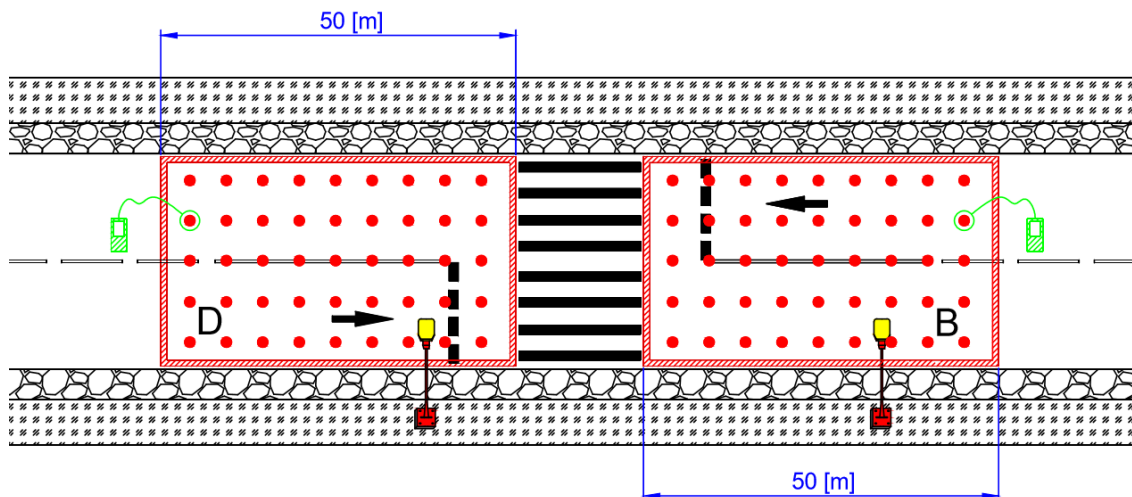
Rodzaj miernika (procedura)	Specyfika pomiaru	Wady	Zalety
matrycowy	Wykonywanie zdjęcia z zachowaniem praw	koszt miernika, niższa dokładność pomiaru	Krótki czas pomiaru (zdjęcie),

	funkcjonujących w fotografii (czasy naświetlania, przysłona, ustawienia ostrości itp.). W jednej ekspozycji miliony punktów pomiarowych.	(większy uchyb pomiarowy), niższa klasa miernika	duża rozdzielczość pomiarowa, możliwość gromadzenia wyników w postaci cyfrowej, obróbka wyników w programie komputerowym, możliwość zmiany pól pomiarowych na zdjęciu.
punktowy	Celowanie przez obiektyw w kolejne punkty pomiarowe	Czasochłonność pomiaru, duże pole pomiarowe na jezdni (zależne od klasy miernika), duży uchyb wynikający z trudności w trafianiu w punkty pomiarowe z dużej odległości, wyższa klasa miernika	Długi czas pomiaru dużej liczby punktów, Niższy koszt, prostsza obsługa, konieczność ręcznego notowania wyników

Źródło: M. Chrzanowicz

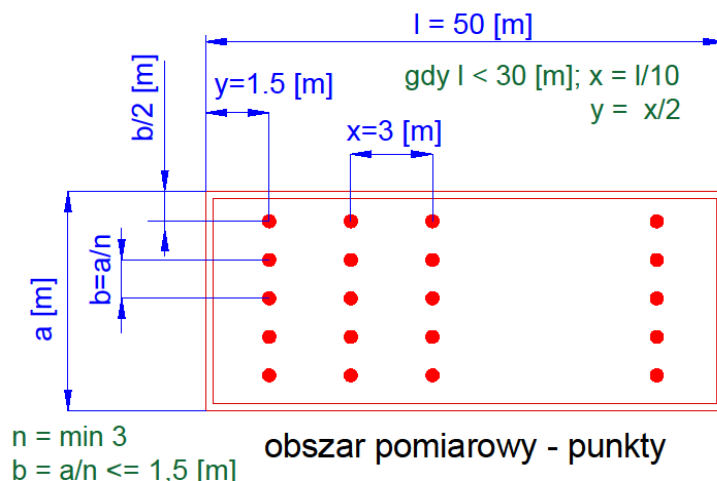
8.5.2 Procedura wyznaczanie klasy oświetlenia C z wykorzystaniem luksomierza

Wyznaczanie klasy oświetlenia drogowego przed i za przejściem poprzez analizę rozkładu natężenia oświetlenia z wykorzystaniem luxomierza przedstawiono schematycznie na rys. 8.16.



Rys. 8.16 Widok obszarów pomiarowych wraz z punktami odczytu natężenia oświetlenia przed i za przejściem oraz ustawienie luksomierza na drodze dwukierunkowej, o jednym pasie ruchu w każdym kierunku.

Źródło: M. Chrzanowicz



Rys. 8.17 Widok obszaru pomiarowego natężenia oświetlenia wraz z zaznaczonymi punktami oraz odległościami pomiędzy nimi

(a – szerokość jezdni lub pola pomiarowego, b - odległość między punktami w osi Y zależna od szerokości jezdni, lecz nie większa niż 1,5 m, n – liczba punktów pomiarowych - w osi x, $n = 50/3$; w osi Y, $n = \min 3$, $n = \max a/1,5$).

Źródło: M. Chrzanowicz

Procedura pomiaru natężenia oświetlenia jest dużo łatwiejsza w realizacji niż pomiar luminancji, lecz również pracochłonna. W przypadku pomiaru parametru natężenia oświetlenia nie występuje korelacja pomiędzy stanem nawierzchni jezdni a wartością natężenia oświetlenia, co umożliwi wykonanie pomiarów nawet w warunkach wilgotnej jezdni.

Procedura wyznaczania podstawowych parametrów natężenia oświetlenia jezdni za i przed przejściem dla pieszych

1. Pomiary natężenia oświetlenia prowadzi się na jezdni w odległości 50 m za i przed przejściem dla pieszych licząc od krawędzi przejścia.
2. Należy ustalić siatkę punktów pomiarowych i nanieść ją na jezdnię (dla ułatwienia wyznaczania punktów pomiarowych można posłużyć się przyrządami pomocniczymi np. kołem pomiarowym),
3. Pomiar wykonuje się umieszczając głowicę pomiarową luksomierza (dla ułatwienia pomiaru zaleca się stosowanie elementów pomocniczych ułatwiających przeprowadzenie pomiaru i uniknięcia przesłaniania punktu pomiarowego) w każdym z punktów siatki pomiarowej, znajdującej się przed i za przejściem na nawierzchni drogi i odczytując wartość natężenia oświetlenia.
4. Wartości natężenia oświetlenia należy notować w uprzednio przygotowanym formularzu pozwalającym na identyfikację wartości w punkcie pomiarowym przyjętej siatki.

5. W wyniku przeprowadzonych pomiarów natężenie oświetlenia E_h [lx] w płaszczyźnie poziomej zgodnie z zadaną siatką pomiarową (PN-EN 130201:2016) w każdym z punktów pomiarowych, na podstawie zanotowanych wartości obliczane są następujące parametry oświetleniowe:

- minimalne natężenie oświetlenia E_{hmin} [lx] wyznaczone spośród wszystkich punktów siatki pomiarowej,
- maksymalne natężenie oświetlenia E_{hmax} [lx] wyznaczone spośród wszystkich punktów siatki pomiarowej,
- średnie poziome natężenie oświetlenia $E_{hśr}$ [lx], które należy obliczać, jako średnią arytmetyczną z wartości otrzymanych we wszystkich punktach siatki pomiarowej obliczoną wg wzoru:

$$E_{hśr} = (E_{h1} + E_{h2} + \dots + E_{hn}) / n$$

gdzie:

n - liczba punktów pomiarowych (od 50 do 200),

$E_{h1} \div E_{hn}$ - wyniki pomiarów w kolejnych punktach pomiarowych poziomego natężenia oświetlenia E_h ,

- równomierność natężenia oświetlenia U_{oh} , którą należy obliczyć, jako stosunek najniższej wartości natężenia oświetlenia, występującego w punktach siatki pomiarowej, do wartości średniej arytmetycznej natężenia oświetlenia obliczonej z wartości otrzymanych w punktach siatki ($E_{hmin}/E_{hśr}$).

W tab. 8.11 zestawiono wyniki pomiarów natężenia oświetlenia wykonane w obszarach zaznaczonych na rys. 8.18 i rys. 8.19.

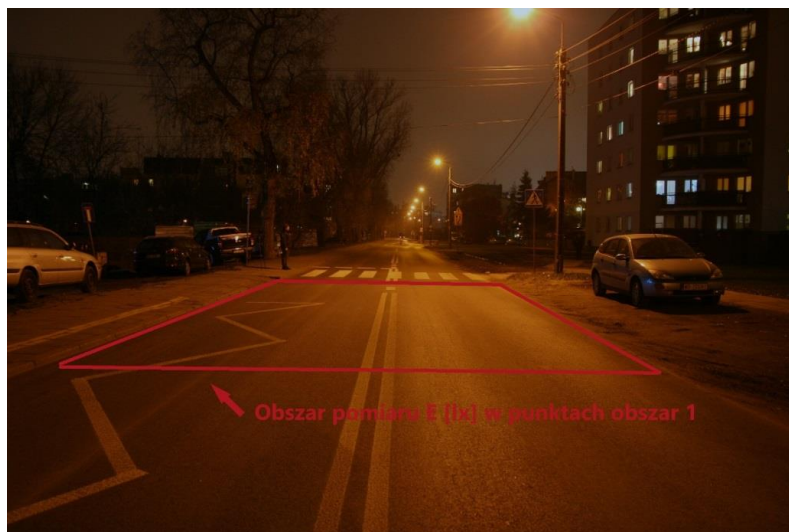
Tab. 8.11

Parametry natężenia oświetlenia jezdni 50m za i przed przejściem dla pieszych

Parametr oświetleniowy	$E_{śr}$	E_{min}	E_{max}	U_{oh}	Klasa
	[lx]	[lx]	[lx]	[cd/m ²]	C
Obszar 1, strona - 1	15,26	6,35	43,64	0,42	C3
Obszar 2, strona - 2	12,18	5,33	39,31	0,44	C4

Źródło: M. Chrzanowicz

Analizowany obszar z obydwu stron przejścia wykazuje odmienne klasy oświetlenia ulicznego (C3 i C4).



Rys. 8.18 Obszar pomiaru natężenia oświetlenia na odcinku 50 m – obszar 1 (pierwsza strona przejścia)

Źródło: M. Chrzanowicz



Rys. 8.19 Obszar pomiaru natężenia oświetlenia na odcinku 50 m - obszar 2 (druga strona przejścia)

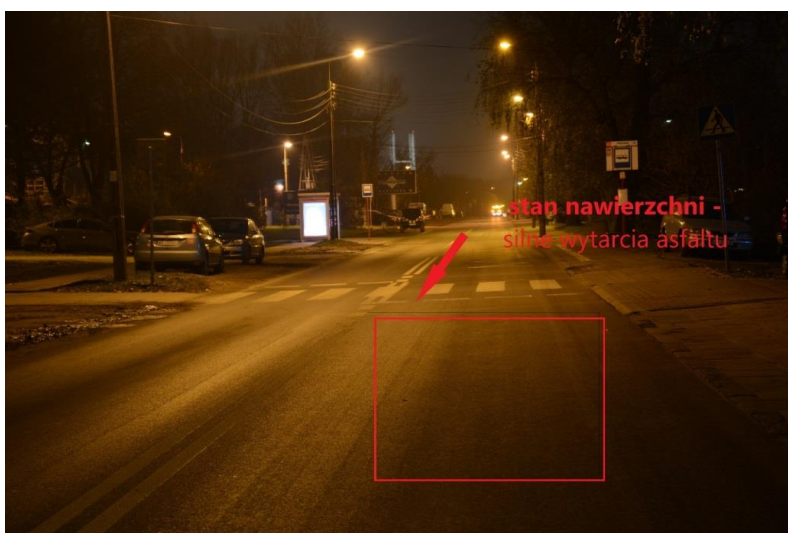
Źródło: M. Chrzanowicz

Problemy występujące podczas przeprowadzania procedur mających na celu identyfikację klasy oświetlenia ulicznego (parametrów oświetleniowych) przed i za przejściem

Największymi problemami podczas identyfikacji klasy oświetlenia dla istniejącego oświetlenia przejścia dla pieszych, z jakimi zmagają się projektant oświetlenia (lub osoba odpowiedzialna za wyznaczenie klasy) są:

- brak dokumentacji projektowej, która stanowi pomoc w doborze narzędzi pomiarowych do przeprowadzenia badań terenowych (wskazanie klasy oświetlenia M lub C, parametry opraw oświetleniowych, rozstaw słupów itp.)

- trudność w ustaleniu klasy oświetlenia w terenie, spowodowana złym stanem nawierzchni jezdni, rys. 8.20 (dotyczy wymagań dla klasy M [58] w zakresie konieczności przeprowadzenia pomiaru rozkładu luminancji na nawierzchni jezdni),
- problem identyfikacji obszaru tła - w sytuacji, gdy przejście dla pieszych występuje na łuku poziomym lub pionowym jezdni (tłem obserwacji pieszego nie jest jezdnia a jej otoczenie, rys. 8.21),
- konieczność uwzględnienia warunków atmosferycznych, w szczególności dla parametrów luminancyjnych istnieje konieczność przeprowadzania pomiarów w warunkach określonych w normie [58],
- konieczność uwzględnienia czynników zaburzających pomiar (ruch samochodowy, skomplikowana geometria terenu, jaskrawe obiekty w otoczeniu itp.),
- nieprawidłowo zaparkowane pojazdy w otoczeniu przejścia ograniczają pole pomiarowe i mogą wpłynąć na przeprowadzane pomiary (rys. 8.21).



Rys. 8.20 Widok drogi z widocznymi efektami wyeksploatowania nawierzchni

Źródło: M. Chrzanowicz

W PRZYPADKU NIESPEŁNIENIA WARUNKÓW DLA POMIARU LUMINANCJI LUB UZASADNIONYCH TRUDNOŚCI Z REALIZACJĄ PROCEDURY, ZALECA SIĘ WYKONANIE BADANIA ROZKŁADU NATĘŻENIA OŚWIETLENIA NA POWIERZCHNI DROGI.



Rys. 8.21 Widok drogi z elementami mogącymi wpłynąć na nieprawidłową identyfikację klasy oświetlenia (obszar tła za przejściem, uszkodzone źródło światła, niewłaściwie zaparkowane pojazdy)

Źródło: M. Chrzanowicz

8.5.3 Przypadki szczególne w procedurze doboru rozwiązania oświetleniowego na istniejących odcinkach dróg

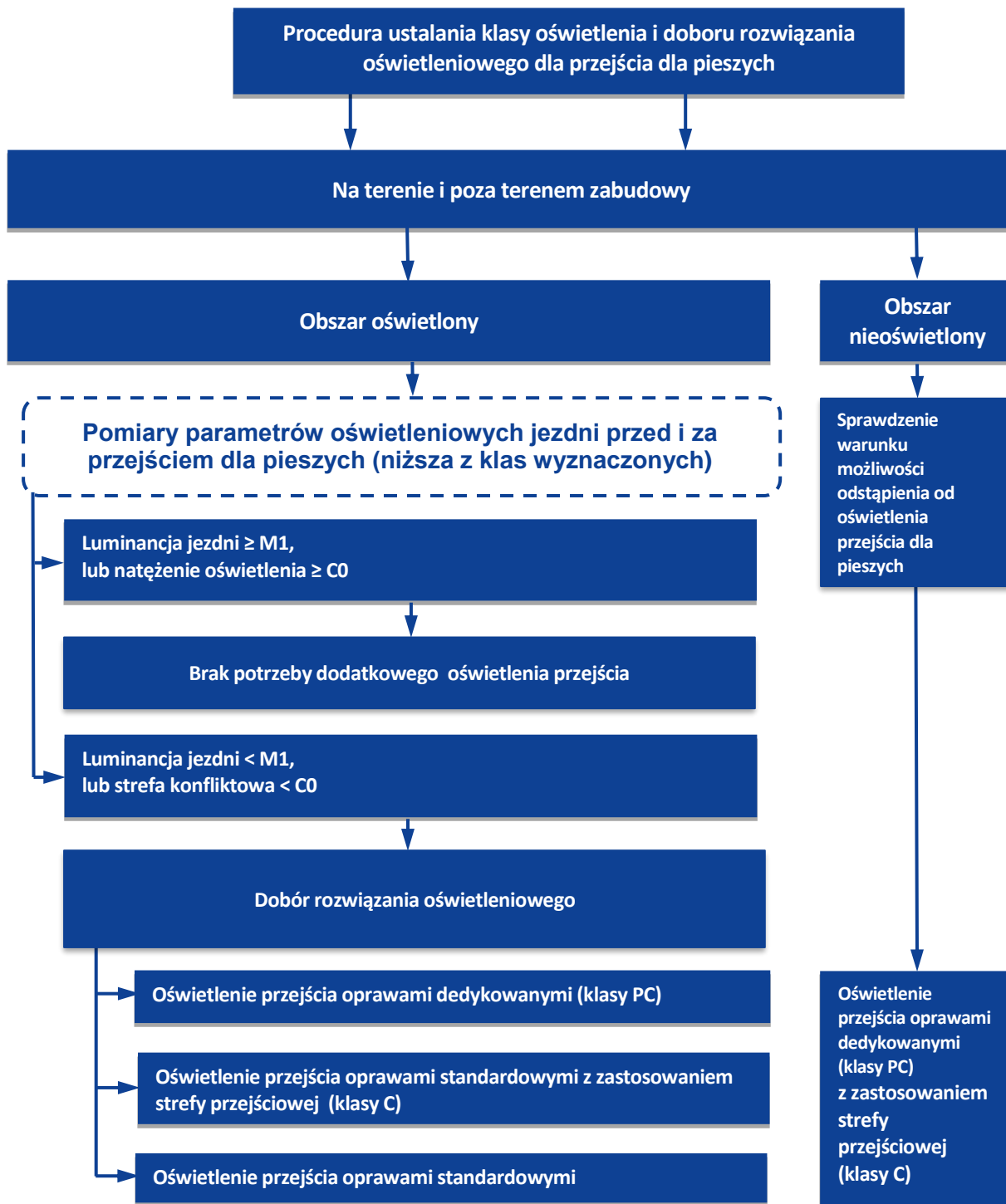
Przypadek szczególny: modernizacja dotyczy istniejącego rozwiązania dedykowanego, dla którego zachodzi podejrzenie, że jego skuteczność jest niewystarczająca. Procedura kontrolna jest uzależniona od badanego rozwiązania:

1. **Oświetlenie przejścia dla pieszych realizowane za pomocą oprawy oświetleniowej (naświetlacza)** umieszczonej pod znakiem D-6 centralnie nad osią jezdni i przejścia dla pieszych (Załącznik 10 - Katalog dobrych i złych praktyk – rozdział 10.3). Naświetlacz symetryczny zlokalizowany nad przejściem:
 - a) należy wyłączyć naświetlacz dodatkowy i dokonać pomiar instalacji oświetlenia drogowego zgodnie z przyjętymi procedurami (Rozdział 8.5),
 - b) analiza parametrów oświetleniowych jezdni może wykazać, że żadne dodatkowe rozwiązanie nie jest wymagane (rys. 8.7 i rys. 8.8),
 - c) kaseton jako rozwiązanie niezalecane należy zastąpić systemem dedykowanym opartym na oprawach o asymetrycznym rozsyle wiązki świetlnej, którego parametry oświetleniowe (klasa PC) zostaną dobrane adekwatnie do ustalonej klasy oświetlenia drogowego przed i za przejściem (Załącznik 10 - Katalog dobrych i złych praktyk).
2. **Dedykowane oświetlenie z zastosowaniem opraw o asymetrycznym rozsyle wiązki świetlnej:**

- a) należy wyłączyć oświetlenie dedykowane i dokonać pomiaru instalacji oświetlenia drogowego zgodnie z przyjętymi procedurami (Rozdział 8.5),
- b) analiza parametrów oświetleniowych jezdni może wykazać, że żadne dodatkowe rozwiązanie nie jest wymagane (rys. 8.7 i rys. 8.8),
- c) następnie należy wykonać pomiar z włączonymi oprawami dedykowanymi zgodnie z procedurą pomiarową zawartą w rozdziale 8.6.1.3, rys. 8.5 i rys. 8.6 oraz wyznaczyć klasę oświetlenia przejścia PC (Załącznik 10 - Katalog dobrych i złych praktyk),
- d) należy ocenić (tab. 8.6 i tab. 8.7) czy wynikowa klasa PC odpowiada wyznaczonej klasie oświetlenia drogowego,
- e) jeżeli klasa oświetlenia przejścia jest zbyt niska w stosunku do zidentyfikowanej sytuacji oświetleniowej w sąsiedztwie przejścia (Załącznik 10 - Katalog dobrych i złych praktyk) należy zmodernizować oświetlenie dedykowane,
- f) należy ocenić, czy lokalizacja słupów i opraw oświetleniowych jest prawidłowa dla wzorcowych rozwiązań z zastosowaniem opraw o asymetrycznym rozsyle wiązki świetlnej (Załącznik 10 - Katalog dobrych i złych praktyk),
- g) w zależności od wyniku analizy istniejącego rozwiązania dedykowanego należy wymienić źródła światła, całe oprawy lub kompletnie przebudować system oświetleniowy w oparciu o zrealizowany projekt wykonawczy.

8.6 Wybór rozwiązania oświetleniowego na istniejących odcinkach dróg i ulic

Ogólny schemat postępowania w zakresie doboru rozwiązania oświetleniowego na istniejącym przejściu dla pieszych został przedstawiony na rys. 8.22.



Rys. 8.22 Diagram wyboru rozwiązania oświetleniowego zastosowanego na przejściu dla pieszych dla istniejących przejść

Źródło: M. Chrzanowicz

Zgodnie z diagramem doboru sposobu oświetlenia przejścia dla pieszych (rys. 8.22) możliwe są następujące działania:

1. Brak konieczności stosowania rozwiązań dodatkowych (dla L_{sr} jezdni $\geq M1$, E_{sr} jezdni $\geq C0$)

2. Stworzenie strefy przejściowej na istniejącej instalacji oświetleniowej pozwalającej na wytworzenie przed i za przejściem dla pieszych oświetlonego odcinka jezdni, na którym kierowca może oberwać pieszego w kontraście ujemnym. Klasa oświetlenia oraz długości strefy przejściowej przed i za przejściem zostały określone:

- na odcinku 100 m przed i za przejściem dla pieszych klasa oświetlenia C3 [55],
- na odcinku 50 m przed i za przejściem dla pieszych klasa oświetlenia C2 [55],
- na przejściu dla pieszych w klasie minimum C1 [55].

Dla istniejących systemów oświetleniowych wytworzenie klasy przejściowej jest możliwe poprzez:

- wymianę opraw,
- wymianę źródeł światła,
- zamocowanie dodatkowych opraw na wysięgnikach,
- dostawienie dodatkowych słupów wraz z oprawami,
- dokonanie korekty lokalizacji istniejących słupów i opraw.

3. Zastosowanie rozwiązania dedykowanego z wykorzystaniem opraw o asymetrycznym rozsyle światła:

- na podstawie doboru parametrów fotometrycznych opraw, który powinien wynikać z tabeli klasy oświetlenia przejścia PC (Załącznik 10 - Katalog dobrych i złych praktyk),
- klasa PC wynika z ustalonej klasy oświetlenia ulicznego przed i za przejściem.

4. Gdy obszar jest nieoświetlony, a projektant decyduje się na rozwiązanie dedykowane z oprawami o asymetrycznym rozsyle wiązki świetlnej należy wykonać dodatkowo strefę przejściową.

Podsumowanie

Przyjęte rozwiązanie techniczne należy wykonać z wykorzystaniem wysokosprawnych opraw oświetleniowych zapewniających techniczną realizację postawionych celów, jakimi są:

- odpowiednio wysokie poziomy parametrów oświetleniowych w płaszczyznach: poziomych i/lub pionowych (luminancja, natężenie oświetlenia),
- ograniczenie olśnienia emitowanego w kierunku kierowców z urządzeń oświetleniowych,
- racjonalne gospodarowanie zużyciem energii elektrycznej,

- dla opraw dedykowanych o asymetrycznym rozsyłe wiązki świetlnej szczególnie istotna jest lokalizacja przed przejściem dla pieszych, oddzielnie dla każdego kierunku ruchu (rozdział 8.6.1.3).

KAŻDE Z PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH POD WZGLĘDEM OŚWIETLENIOWYM NALEŻY TRAKTOWAĆ INDYWIDUALNIE.

Przykład wyznaczenia klasy oświetlenia opartej na luminancji (M) oraz natężeniu oświetlenia (C) zgodnie z przyjętą procedurą został przedstawiony w załączniku nr 3.

8.6.1 Oświetlenie przejścia dla pieszych w obszarze oświetlonym

8.6.1.1 Oświetlenie w przypadku poziomu oświetlenia M1 lub C0

Jeżeli przejście dla pieszych będzie znajdowało się na ulicy, na której spełnione są wymagania oświetleniowe przypisane do klasy M1 lub C0 [58], to nie ma konieczności stosowania dodatkowych rozwiązań oświetleniowych, w kontekście poprawy warunków oświetleniowych na przejściu dla pieszych. Rozwiązanie to zapewnia wytworzenie dostatecznego kontrastu ujemnego sylwetki pieszego z tłem, niezbędnego do detekcji pieszego przez kierowcę. W tym przypadku kierowca obserwuje ciemną sylwetkę pieszego na jasnym tle jezdni (rys. 7.1).

8.6.1.2 Oświetlenie w przypadku poziomu oświetlenia niższego niż M1 lub C0 – (dopuszczalne)

Jeżeli przejście dla pieszych będzie znajdowało się na ulicy, która będzie oświetlona poniżej klasy M1 lub C0 [58], to istnieje konieczność stworzenia strefy przejściowej. Strefa przejściowa pozwala wytworzyć za i przed przejściem dla pieszych dostatecznie długi oświetlony odcinek jezdni, na którym kierowca ma możliwość obserwacji pieszego w kontraście ujemnym. Dodatkową zaletą stosowania strefy przejściowej jest poprawa warunków adaptacji kierowcy.

JEŻELI PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH BĘDZIE ZNAJDOWAŁO SIĘ NA NOWOPROJEKTOWANEJ ULICY W TERENIE ZABUDOWY, KTÓRA BĘDZIE OŚWIETLONA PONIŻEJ KLASY M1 LUB C0 [58] TO ISTNIEJE KONIECZNOŚĆ STWORZENIA STREFY PRZEJŚCIOWEJ.

Ulica przed i za przejściem dla pieszych musi być oświetlona w sposób następujący:

- na odcinku 100 m przed i za przejściem dla pieszych klasa oświetlenia C3 [58],
- na odcinku 50 m przed i za przejściem dla pieszych klasa oświetlenia C2 [58],
- na przejściu dla pieszych w klasie C0 [58].

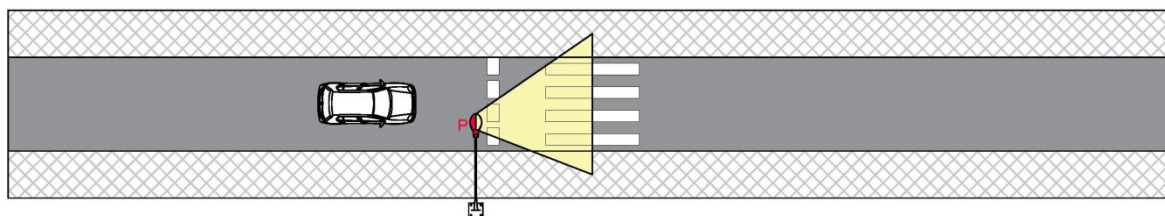
8.6.1.3 Oświetlenie w przypadku poziomu oświetlenia niższego M1 lub C0 – (rekomendowane)

Zalecanym rozwiązaniem dla instalacji oświetleniowych jest oświetlenie płaszczyzny pionowej przejścia dla pieszych oprawami dedykowanymi cechującymi się asymetrycznym rozsyłem strumienia świetlnego (dedykowanym do oświetlenia przejść dla pieszych) [58]. Zabieg ten powoduje wytworzenie dodatniego kontrastu luminancji sylwetki pieszego z tłem. Jest to najkorzystniejsze rozwiązanie z punktu widzenia obserwacji pieszego przez kierowcę zbliżającego się do przejścia dla pieszych. Jak wykazano w rozdziale 3, dodatni kontrast luminancji jest pogłębiany poprzez doświetlenie sylwetki pieszego za pomocą reflektorów lub projektorów samochodowych z kierunku obserwacji kierowcy. Rozwiązanie to powinno być stosowane na ulicach oświetlonych poniżej klasy M1 lub C0.

REKOMENDOWANYM ROZWIĄZANIEM OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH JEST OŚWIETLENIE PŁASZCZYZNY PIONOWEJ PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH OPRAWAMI DEDYKOWANYMI CECHUJĄCYMI SIĘ ASYMETRYCZNYM ROZSYŁEM STRUMIENIA ŚWIETLNEGO

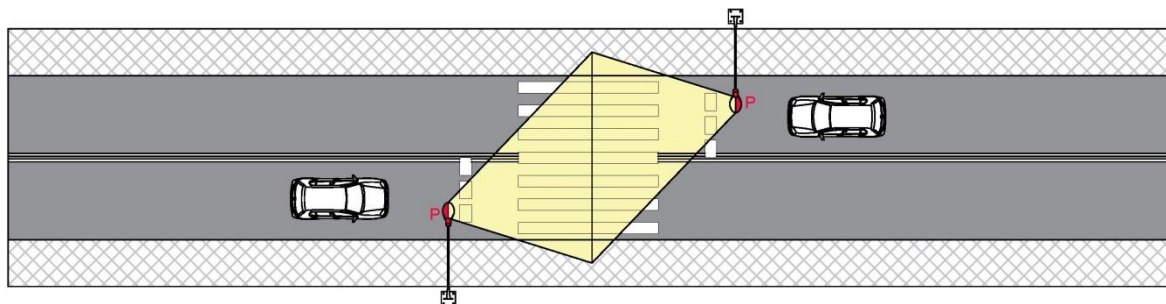
ZASADY OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH OŚWIETLENIEM DEDYKOWANYM

- I. Oprawy dedykowane z rozsyłem asymetrycznym powinny być zainstalowane przed przejściem dla pieszych, oddzielnie dla każdego kierunku ruchu pojazdów.
- II. Ze względu na istniejącą asymetrię strumienia świetlnego opraw oświetleniowych należy stosować dwa typy optyk: dla ustawienia po lewej lub prawej stronie jezdni, stosownie do układu drogowego i kierunków ruchu pojazdów. Przykładowe zalecane lokalizacje opraw asymetrycznych z uwzględnieniem typów geometrii przedstawiono na rys. 8.23 ÷ rys. 8.30.



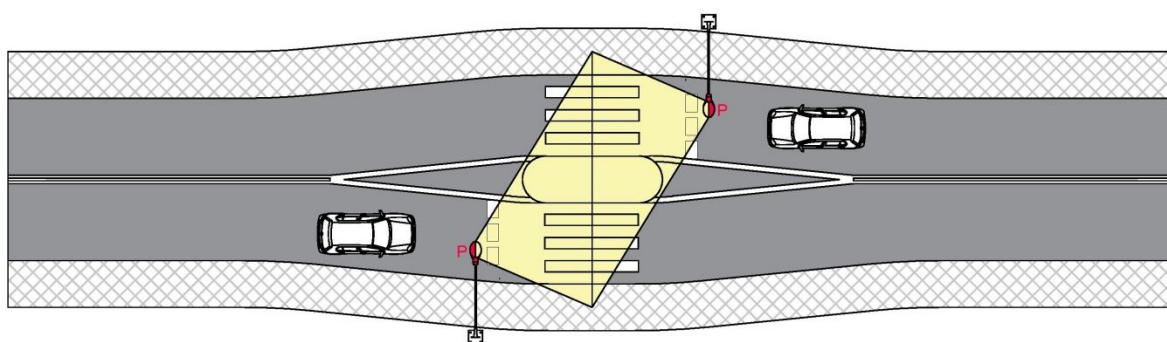
Rys. 8.23 Przykładowa lokalizacja opraw oświetleniowych na drodze jednojezdniowej jednokierunkowej (jedna oprawa z optyką prawą)

Źródło: A. Wytrykowska



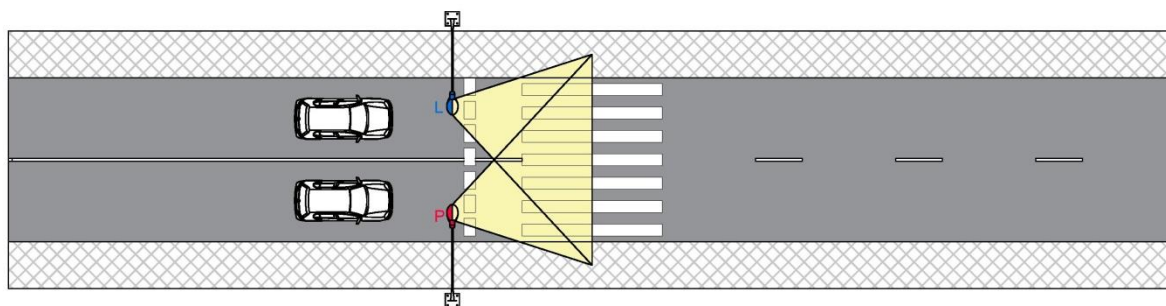
Rys. 8.24 Przykładowa lokalizacja opraw oświetleniowych na drodze jednojezdniowej dwukierunkowej o jednym pasie ruchu w każdym kierunku (dwie oprawy z optyką prawą)

Źródło: A. Wytrykowska



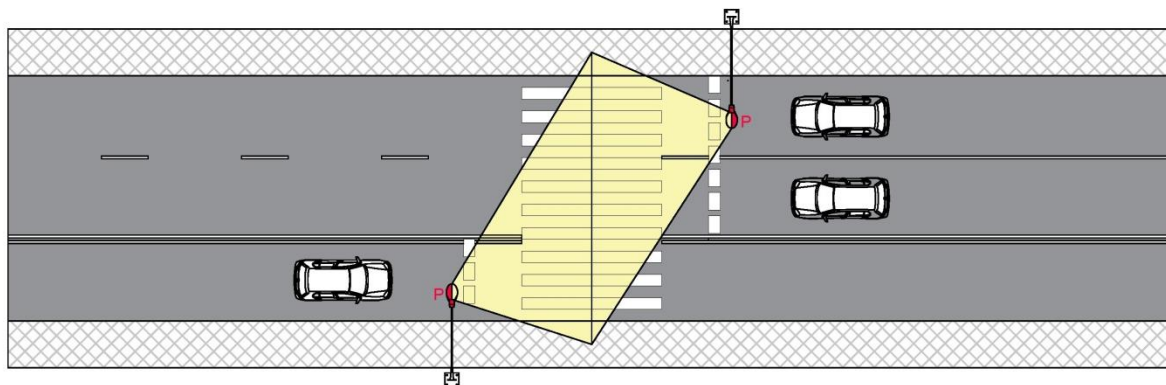
Rys. 8.25 Przykładowa lokalizacja opraw oświetleniowych na drodze jednojezdniowej dwukierunkowej o jednym pasie ruchu w każdym kierunku z wyspą dzielącą (dwie oprawy z optyką prawą)

Źródło: A. Wytrykowska



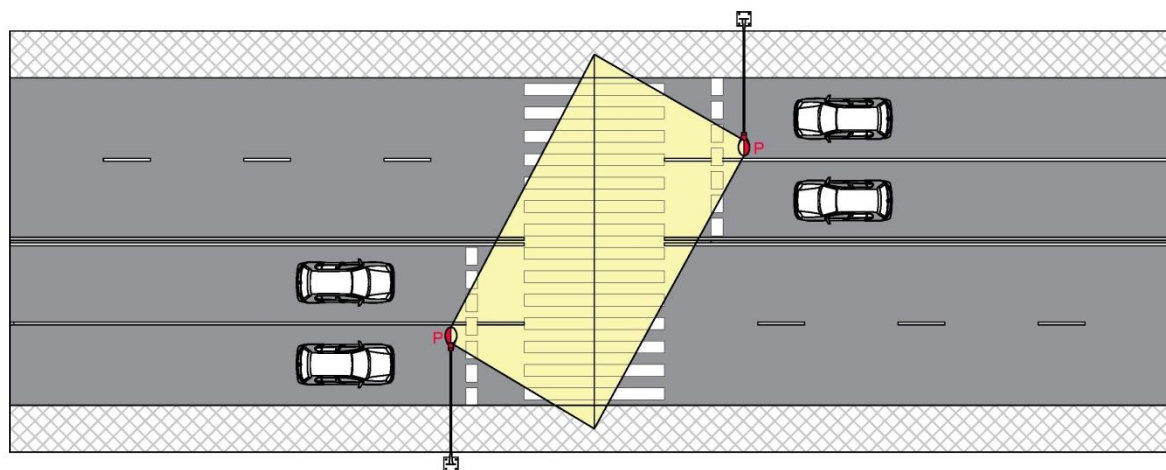
Rys. 8.26 Przykładowa lokalizacja opraw oświetleniowych na drodze jednojezdniowej jednokierunkowej o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku (dwie oprawy z optyką lewą i prawą)

Źródło: A. Wytrykowska



Rys. 8.27 Przykładowa lokalizacja opraw oświetleniowych na drodze jednojezdniowej o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku i jednym pasie ruchu w drugim, bez pasa rozdzielającego (dwie oprawy z optyką prawą)

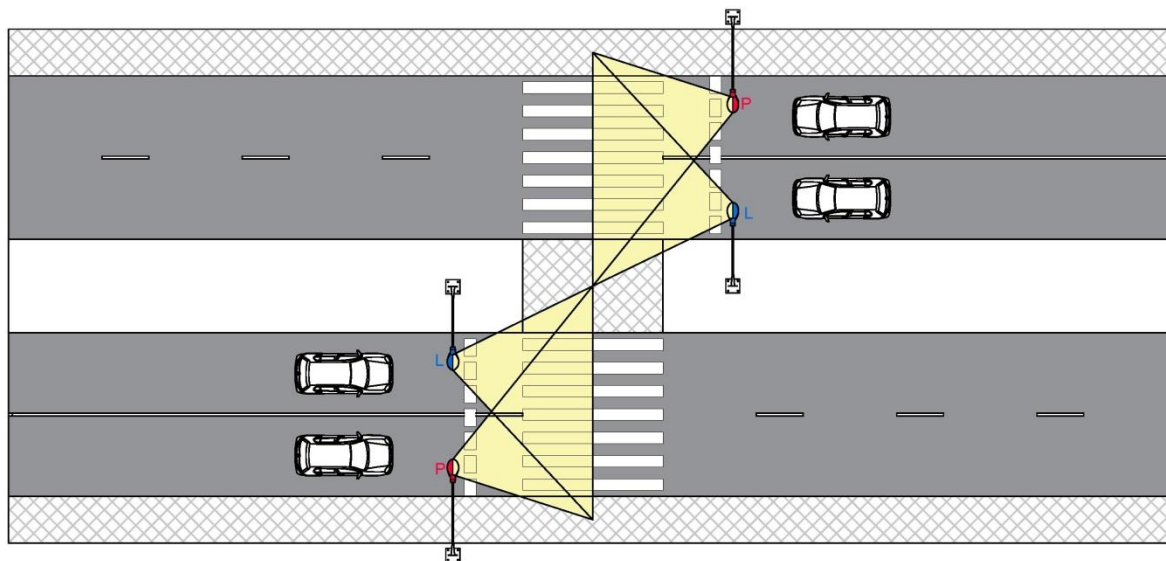
Źródło: A. Wytrykowska



Rys. 8.28 Przykładowa lokalizacja opraw oświetleniowych na drodze jednojezdniowej o dwóch pasach ruchu w każdym kierunku bez pasa rozdzielającego (dwie oprawy z optyką prawą)

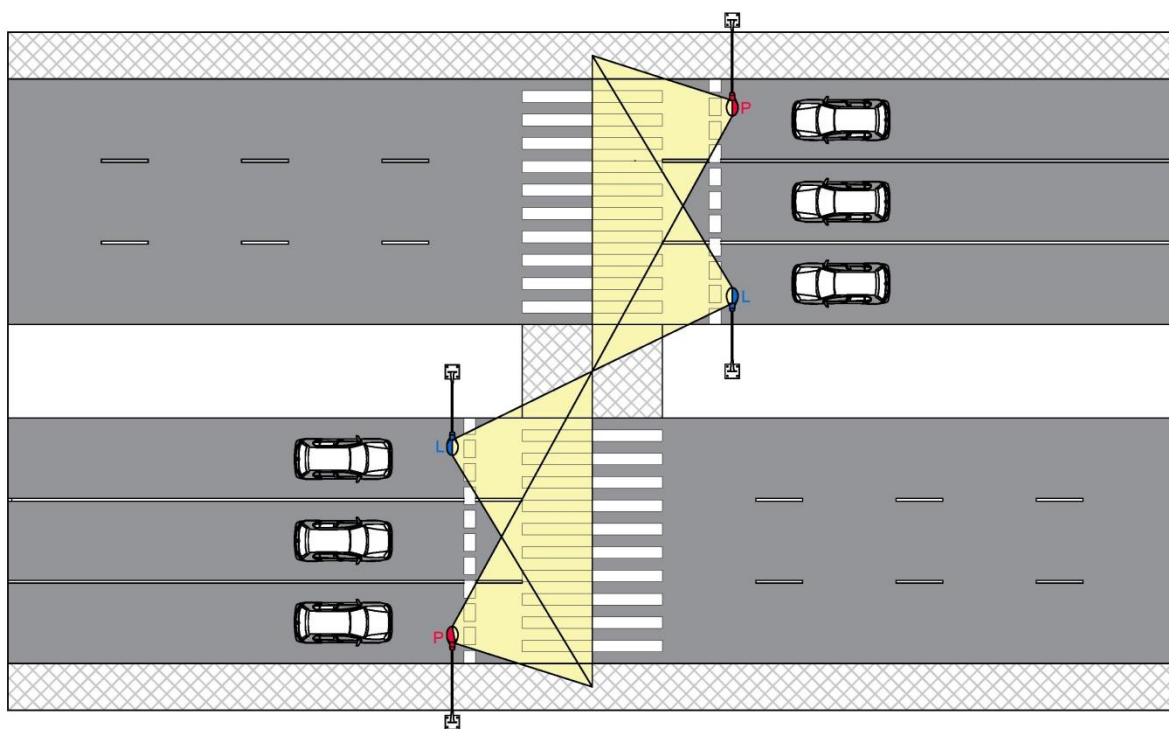
Źródło: A. Wytrykowska

- III. Zalecane jest zachowanie pewnej odległości pomiędzy miejscem umieszczenia oprawy, a najbliższą krawędzią przejścia dla pieszych, zagwarantuje ona właściwą dystrybucję strumienia świetlnego na płaszczyźnie pionowej przejścia. Na wybór miejsca montażu oprawy (zarówno odległość od krawędzi przejścia jak i wysokość zamocowania) względem przejścia dla pieszych mają wpływ indywidualne cechy oprawy oraz wymiary geometryczne oświetlanej powierzchni (przejścia dla pieszych łącznie ze strefami oczekiwania).
- IV. Oprawy dedykowane powinny być zamocowane poniżej linii opraw oświetlenia ulicznego (typowo na wysokości 5,0 a 6,5 m). Odmienne usytuowanie opraw oświetleniowych na przejściu dla pieszych wpływa na prowadzenie wzrokowe kierowcy. Zabieg ten wyróżnia obszar przejścia dla pieszych spośród ciągu opraw ulicznych.



Rys. 8.29 Przykładowa lokalizacja opraw oświetleniowych na drodze dwujezdniowej o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku z pasem rozdzielającym (cztery oprawy, dwie oprawy z optyką lewą i dwie oprawy z optyką z prawą)

Źródło: A. Wytrykowska



Rys. 8.30 Przykładowa lokalizacja opraw oświetleniowych na drodze dwujezdniowej o trzech pasach ruchu w jednym kierunku z pasem rozdzielającym (cztery oprawy, dwie oprawy z optyką lewą i dwie oprawy z optyką z prawą)

Źródło: A. Wytrykowska

- V. Zalecanym zabiegiem związanym z montażem oprawy jest zastosowanie wysięgników pozwalających na przeniesienie słupa oświetleniowego poza obszar przejścia dla

pieszych. Zabieg ten pozwala na eliminację przeszkody przesłaniającej sylwetkę pieszego, obserwowanej z perspektywy kierowcy.

- VI. Klasę oświetlenia (PC) na nowoprojektowanym przejściu dla pieszych ustala się na podstawie projektowanej klasy oświetlenia jezdni (C lub M).
- VII. W uzasadnionych przypadkach klasę (PC) można podwyższyć maksymalnie do klasy PC1.

8.6.2 Oświetlenie przejścia dla pieszych w obszarze nieoświetlonym

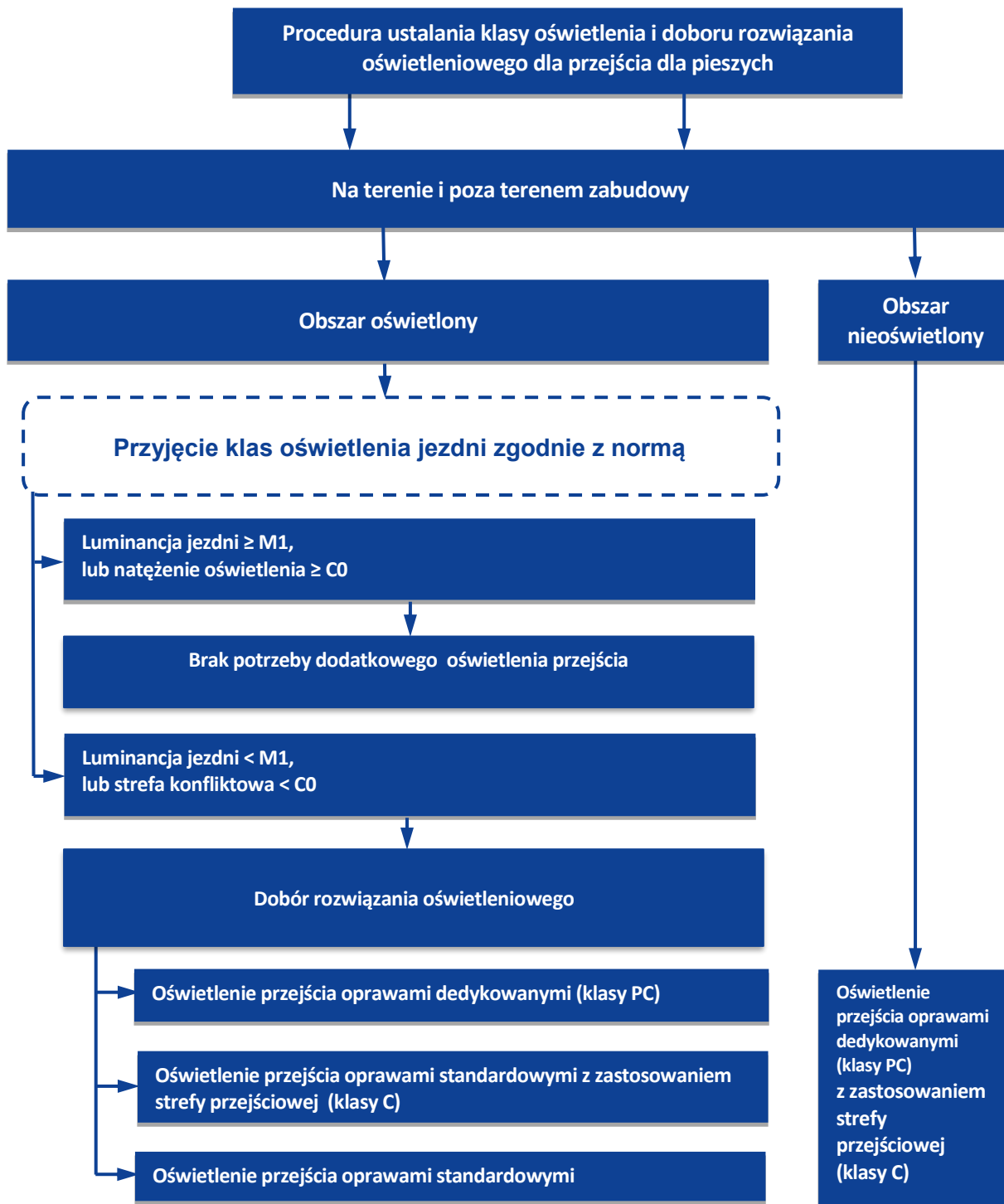
W przypadku obszarów nieoświetlonych, w warunkach ciemnego otoczenia drogi (niska luminancja jezdni i otoczenia), należy zastosować rozwiązanie dedykowane (w klasie PC) z zastosowaniem strefy przejściowej (w klasie C).

8.7 Wybór rozwiązania na nowo projektowanych odcinkach dróg i ulic

Ogólny schemat postępowania w zakresie doboru rozwiązania oświetleniowego na przejściu dla pieszych, na nowo projektowanym odcinku drogi lub ulicy, został przedstawiony na rys. 8.31. Procedura postępowania jest bardzo podobna jak w przypadku dróg istniejących. Różnica polega na ustaleniu klasy oświetlenia drogi. W przypadku projektowanego odcinka drogi, klasę oświetlenia należy przyjąć zgodnie z wymaganiami normy [58]. Dodatkowo wszystkie nowe przejścia dla pieszych należy oświetlać.

Jak wskazano we wcześniejszych rozdziałach, drogi i ulice powinny być oświetlone zgodnie z wymaganiami normy: (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.) Wybór klasy oświetlenia na jezdni zależy od szeregu czynników przedstawionych w rozdziale 3.

Na etapie nowoprojektowanej drogi lub ulicy oświetlenie przejścia dla pieszych powinno być rozważane łącznie z oświetleniem jezdni i jej otoczenia. Przejścia dla pieszych zaliczane są do obszarów konfliktowych i należy na nie zwrócić szczególną uwagę.



Rys. 8.31 Wybór rozwiązania oświetleniowego zastosowanego na przejściu dla pieszych dla nowych układów drogowych

Źródło: P. Tomczuk

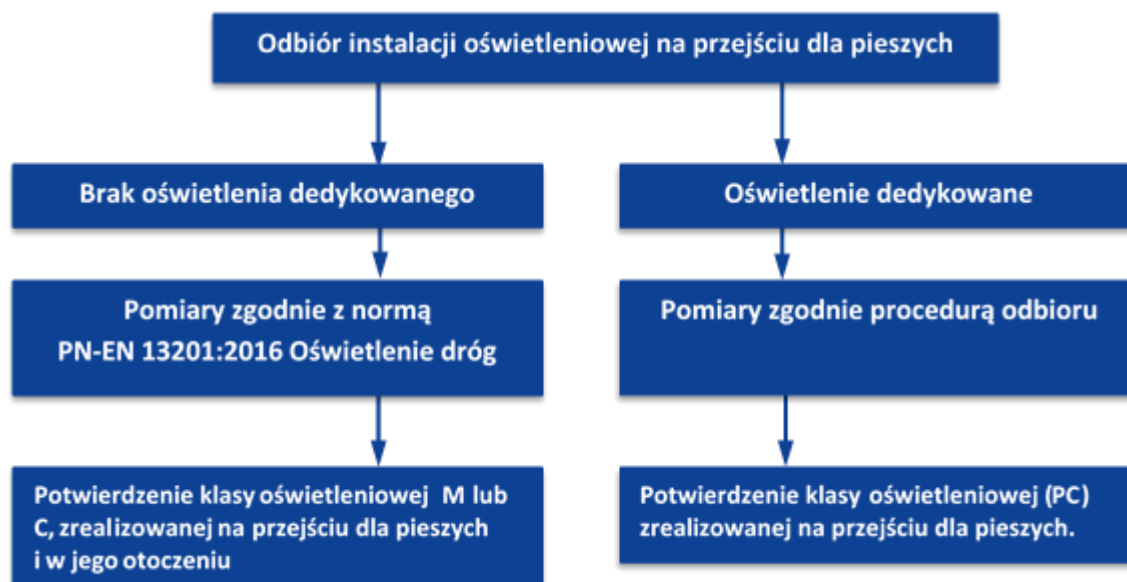
8.8 Procedura pomiarów oświetleniowych stosowana przy odbiorach

Dotychczas w Polsce nie przyjęto jednolitych regulacji prawnych określających zakres wymagań oświetleniowych, jakie ma spełnić instalacja w odniesieniu do oświetlenia obszaru przejścia dla pieszych. Wynika to wprost z braku zapisów normatywnych [58][12] w tym zakresie i przekłada się na pewną dowolność przyjmowanych kryteriów oceny i stosowanej procedury.

Istnieje zatem uzasadniona potrzeba ujednoczenia wymagań i wprowadzenia procedury w zakresie pomiarów parametrów oświetleniowych, w szczególności na przejściach oświetlonych za pomocą rozwiązań dedykowanych.

PRZEPROWADZENIE POMIARÓW OŚWIETLIENIOWYCH NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH NA ETAPIE ODBIORU INSTALACJI OŚWIETLIOWEJ JEST SZCZEGÓLNIIE ISTOTNE Z PUNKTU WIDZENIA POTWIERDZENIA ZREALIZOWANIA ZAKŁADANYCH W PROJEKCIE PARAMETRÓW OŚWIETLIENIOWYCH.

Na etapie odbioru instalacji oświetleniowej należy przeprowadzić pomiary oświetlenia potwierdzające obliczone w projekcie parametry oświetleniowe. W zależności od zastosowanego rozwiązania oświetleniowego należy przeprowadzić pomiary oświetlenia nawierzchni jezdni lub we wskazanych płaszczyznach i punktach pomiarowych na przejściu dla pieszych (rys. 8.32).



Rys. 8.32 Procedura pomiarów oświetleniowych stosowana przy odbiorach

Źródło: P. Tomczuk

8.8.1 Pomiary przy odbiorze przejść dla pieszych oświetlonych konwencjonalnymi oprawami ulicznymi

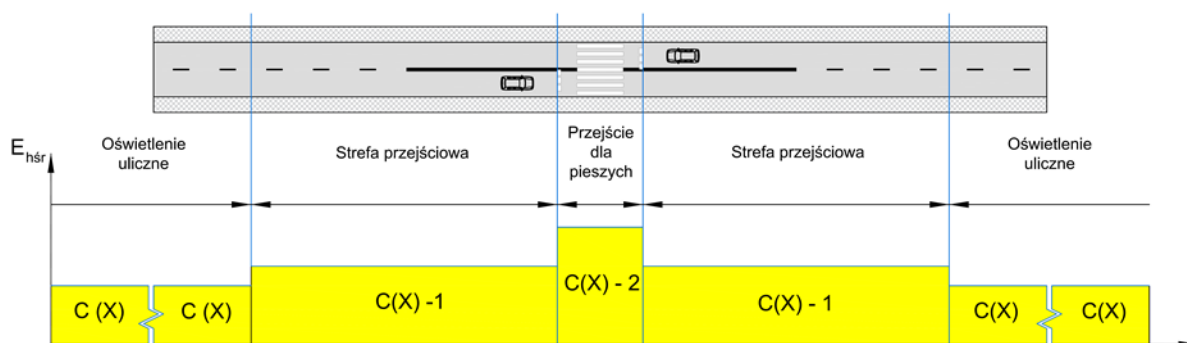
Zgodnie z aktualnymi w Polsce przepisami parametry klasy oświetlenia na jezdni określa wieloarkuszowa norma PN-EN 13201:2016 Oświetlenie dróg [58].

W przypadku przejść dla pieszych oświetlonych tylko za pomocą opraw drogowych lub ulicznych (bez rozwiązania dedykowanego), nie jest uzasadnione stosowanie klas PC. Wynika to z odmiennej sytuacji oświetleniowej, wymuszającej utrzymanie kontrastu ujemnego.

Prowadzi się następujące pomiary:

- a) **Pomiary luminancji** na jezdni potwierdzające uzyskanie klas oświetlenia M zgodnie z normą [58] należy przeprowadzić w przypadku przejść dla pieszych zlokalizowanych na drodze lub ulicy, na której zakładane jest uzyskanie wysokiej klasy oświetlenia wyrażonej parametrami luminancji (w terenie zabudowy $\geq M2$, poza terenem zabudowy $\geq M1$) i które oświetlone są tylko za pomocą drogowych lub ulicznych opraw oświetleniowych.
- b) **Pomiary natężenia oświetlenia** na jezdni potwierdzające uzyskanie klas oświetlenia C zgodnie z normą [58] w przypadku przejść dla pieszych, które:
 - oświetlone są tylko za pomocą drogowych lub ulicznych opraw oświetleniowych i znajdują się na drodze lub ulicy, na której luminancja jezdni w terenie zabudowy $< M2$, poza terenem zabudowy $< M1$,
 - znajdują się w obszarach stref konfliktowych (skrzyżowań) oświetlonych poniżej klasy C1 w terenie zabudowy oraz C2 poza terenem zabudowy.

W otoczeniu przejść dla pieszych wymagane jest zachowanie strefy przejściowej przed i za przejściem dla pieszych. Podczas przeprowadzania pomiarów należy zwrócić uwagę na geometryczny podział stref oświetleniowych (założony w projekcie i zależny od geometrii zastosowanego systemu oświetleniowego) oraz uzyskane w nich poziomy natężenia oświetlenia (klasy oświetlenia C). Przykład podziału stref oświetleniowych dla wybranego przypadku przedstawiono na rys. 8.33.



Rys. 8.33 Przykład podziału stref przed i za przejściem dla pieszych w klasach C

Źródło: P. Tomczuk

Dla każdego z obszarów przyjętych zgodnie z podziałem geometrycznym stref należy wykonać pomiary natężenia oświetlenia w siatkach punktów pomiarowych opisanych w normie [58]. Spełnienie założeń projektu polega na potwierdzeniu (na podstawie otrzymanych wyników pomiarów), czy zrealizowano zakładane poziomy natężenia oświetlenia (klasy C) w każdej ze stref oświetleniowych (na przejściu i w strefie przejściowej) w stosunku do poziomu oświetlenia ulicznego.

8.8.2 Założenia ogólne do procedury pomiarów oświetleniowych przy odbiorze rozwiązań dedykowanych

„PROCEDURA POMIARÓW PRZY ODBIORZE” PODSTAWOWA – PROCEDURA POMIARÓW PARAMETRÓW OŚWIETLENIOWYCH STOSOWANA NA ETAPIE ODBIORU, W CELU POTWIERDZENIA ZAŁOŻONYCH PARAMETRÓW OŚWIETLENIOWYCH WYKONANEJ, DEDYKOWANEJ INSTALACJI OŚWIETLENIOWEJ NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH, KTÓRA MA ZA ZADANIE WYTWORZYĆ DODATNI KONTRAST LUMINANCJI.

WYNIKI UZYSKANYCH POMIARÓW I PRZEPROWADZONYCH NA ICH PODSTAWIE OBLICZEŃ UZYSKANE ZA POMOCĄ PROCEDURY SĄ WARUNKIEM KONIECZNYM DO PRZEKAZANIA INSTALACJI DO EKSPLOATACJI.

PROCEDURA TA POWINNA BYĆ REALIZOWANA DLA WSZYSTKICH ODDAWANYCH DO UŻYTKU PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH OŚWIETLONYCH ZA POMOCĄ ROZWIĄZAŃ DEDYKOWANYCH.

ZARZĄDCA OŚWIETLENIA POWINIEN TRAKTOWAĆ WYNIKI UZYSKANE ZA POMOCĄ „PROCEDURY POMIARÓW PRZY ODBIORZE” JAKO DANE POCZĄTKOWE, OKREŚLAJĄCE PARAMETRY I STAN TECHNICZNY INSTALACJI OŚWIETLENIOWEJ NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH W MOMENCIE PRZEKAZANIA JEJ DO EKSPLOATACJI.

TYLKO TE PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH, KTÓRYCH PARAMETRY OŚWIETLENIOWE ZOSTANĄ POTWIERDZONE PRZEPROWADZONYMI BADAANIAMI OŚWIETLENIOWYMI ZREALIZOWANYMI ZA POMOCĄ „PROCEDURY POMIARÓW PRZY ODBIORZE”, MOŻNA UZNAĆ ZA GWARANTUJĄCE REALIZACJĘ PODSTAWOWYCH FUNKCJI OŚWIETLENIOWYCH.

Wskazówki ogólne dotyczące realizacji procedury pomiarów przy odbiorze

1. Procedura jest przeznaczona do stosowania na etapie odbioru dedykowanej instalacji oświetleniowej zainstalowanej na przejściu dla pieszych.
2. Przykłady rozwiązań dedykowanych przedstawiono na rys. 8.23 - rys. 8.30.
3. Procedura odbioru ma za zadanie szczegółowe zweryfikowanie obliczonych w projekcie oświetleniowym parametrów instalacji dedykowanej i potwierdzenie zakładanej klasy oświetlenia.
4. Pomiary oświetleniowe (realizowane w siatkach punktów rozmieszczonych na płaszczyznach pomiarowych oraz w dodatkowych punktach pomiarowych: A, B, C, D, E, rys. 8.5 i rys. 8.6) należy zrealizować z zachowaniem szczególnej staranności. Wyniki pomiarów i przeprowadzone na ich podstawie obliczenia powinny umożliwić jednoznaczne przypisanie uzyskanych efektów do zakładanej klasy oświetlenia PC (tab. 8.6 lub tab. 8.7). Pomiary parametrów oświetleniowych przeprowadza się za pomocą luksomierza (w klasie A lub B, potwierdzonej stosownym świadectwem wzorcowania) – przyrządu przeznaczanego do pomiaru wartości natężenia oświetlenia).
5. Przed wykonaniem pomiaru źródła światła w oprawach oświetleniowych powinny być wyświecone przez minimum 100 godzin (przy nominalnych parametrach mocy, wymagane ustawienie na 100 %).
6. Pomiary parametrów natężenia oświetlenia należy prowadzić po zmroku, minimum 1 godzinę od uruchomienia instalacji oświetleniowej (konieczne jest ustabilizowanie strumienia świetlnego), w dobrych warunkach atmosferycznych umożliwiającą realizację pomiarów oświetleniowych.
7. W trakcie przeprowadzenia pomiarów zastosowane oprawy oświetleniowe muszą zachowywać parametry emisyjne założone w projekcie (w odniesieniu do mocy i strumienia świetlnego). Niedopuszczalne jest zwiększanie mocy oprawy na czas pomiaru.
8. W przypadku zastosowania redukcji mocy opraw oświetleniowych (przypadek niezalecany) przeprowadza się pełne pomiary oświetleniowe dla parametrów przyjętych w projekcie i najniższego zakładanego stopnia projektowanej redukcji mocy, przy zachowaniu konieczności ustabilizowania się strumienia świetlnego opraw oświetleniowych w trakcie pomiarów (w odstępach minimum, co 0,5h). Dla każdego przypadku sporządza się oddzielny raport.
9. Na czas przeprowadzenia pomiarów przy odbiorze na przejściu dla pieszych należy wstrzymać ruch drogowy i pieszy.
10. Należy zadbać, aby czynniki zewnętrzne (np. zaparkowane pojazdy) nie wpłynęły na przebieg i wynik pomiarów.

Schemat działań

Przed przystąpieniem do pomiarów oświetlenia na przejściu dla pieszych należy odpowiedzieć na pytania kontrolne dotyczące odbieranej instalacji oświetleniowej zawarte w tab. 8.12.

Tab. 8.12

Pytania kontrolne dotyczące stanu oświetlenia przejścia dla pieszych

L.p.	Pytanie kontrolne	✓	Komentarz
1	Czy słupy oświetleniowe zostały zamontowane w geometrii zgodnej z dokumentacją projektową?	✓	
2	Czy słupy oświetleniowe są ustawione w pionie?	✓	
3	Czy słup oświetleniowy nie ogranicza widoczności geometrycznej z kierunku ruchu pojazdów?	✓	
4	Czy na słupie znajdują się jego podstawowe dane identyfikacyjne?	✓	
5	Czy parametry techniczne zastosowanych opraw oświetleniowych są zgodne z dokumentacją projektową?	✓	
6	Czy na oprawie znajdują się jej dane identyfikacyjne?	✓	
7	Czy oprawy oświetleniowe zostały zamontowane zgodnie z dokumentacją projektową?	✓	
8	Czy oprawy oświetleniowe zostały wyregulowane zgodnie z dokumentacją projektową?	✓	
9	Czy oprawy oświetleniowe zostały ustawione w równej odległości względem osi przejścia dla pieszych i geometrii jezdni?	✓	
10	Czy barwa światła opraw oświetleniowych jest zgodna z założeniami projektu?	✓	

Po udzieleniu odpowiedzi na powyższe pytania należy przystąpić do prac przygotowawczych związanych z przeprowadzeniem pomiarów odbiorczych natężenia oświetlenia.

1. W celu przeprowadzenia pomiarów oświetleniowych na przejściu dla pieszych należy wyznaczyć jego wymiary geometryczne, określić wymiary stref oczekiwania oraz wyznaczyć oś przejścia i przypisać kierunki ruchu pojazdów (w kierunku 1 i 2).
2. Aby uniknąć pomyłek i ułatwić realizację pomiarów należy oznaczyć (np. kredą) punkty siatki pomiarowej w płaszczyźnie poziomej E_h .
3. Parametrami mierzonymi są wartości natężenia oświetlenia E (w luksach: lx), w określonych punktach płaszczyzn pomiarowych: pionowej E_v i poziomej E_h oraz punktów pomiarowych (A, B, C, D, E, F - rys. 8.5 i rys. 8.6).
4. Parametrami obliczanymi na podstawie przeprowadzanych pomiarów są wartości eksploatacyjne, wartości średnie natężenia oświetlenia ($E_{v\bar{s}}$ i $E_{h\bar{s}}$), oraz wartości minimalne (E_{vmin}) w punktach pomiarowych (A, B, C, D, E, F - rys. 8.5 i rys. 8.6), poniżej których nie dopuszcza się spadku natężenia oświetlenia.
5. W trakcie przeprowadzenia pomiarów w płaszczyznach pionowych (dla dwóch kierunków ruchu) przechodzących przez oś przejścia oraz w skrajnych punktach pomiarowych (A, B, C, D, E, F - rys. 8.5 i rys. 8.6) zalecane jest posłużenie się przyrządem pomocniczym (np. przymiarem lub uchwytem), pozwalającym na zamocowanie głowicy pomiarowej luksomierza w pozycji pionowej, związanej z pomiarami pionowego natężenia oświetlenia

- i umożliwiającym zmianę wysokości jej zamocowania (0,5 m, 1,0 m i 1,5 m), odpowiadającym wymiarom pionowym siatki pomiarowej w płaszczyznach EV. Pomiary należy wykonać nad punktami wyznaczonymi w osi przejścia dla pieszych w płaszczyźnie horizontalnej.
6. Wyniki pomiarów należy zapisać z karcie pomiarów: Załącznik 5 – Procedura odbioru – Wzór karty pomiaru parametrów oświetlenia
 7. Podczas pomiarów należy wykonać zdjęcia uruchomionej instalacji oświetleniowej na przejściu dla pieszych.
 8. Po przeprowadzonych pomiarach należy sporządzić raport: Załącznik 6 – Procedura odbioru – Wzór raportu z pomiaru parametrów oświetlenia

Siatki pomiarowe i obliczenia w procedurze odbioru

W przypadku przejścia dla pieszych, które jest oświetlone za pomocą dedykowanych opraw oświetleniowych cechujących się asymetryczną wiązką świetlną, należy wykonać pomiary parametrów natężenia oświetlenia zgodnie z siatkami pomiarowymi przedstawionymi w rozdziale 8.6.1.3, rys. 8.5 i rys. 8.6.

Przedłożona do weryfikacji dokumentacja w postaci projektu oświetleniowego sporządzonego w programie wspomagającym projektowanie oświetlenia drogowego powinna zawierać informacje pozwalające na identyfikację położenia punktów siatki pomiarowej. Zalecane jest zachowanie tej samej siatki pomiarowej na etapie projektowania oraz pomiarze przy odbiorze instalacji i zgodnej z siatkami pomiarowymi przedstawionymi w rozdziale 8.6.1.3, na rysunkach rys. 8.5 i rys. 8.6.

Wykonanie dokumentacji zdjęciowej

Po przeprowadzaniu pomiarów oświetlenia na przejściu dla pieszych należy wykonać stosowną dokumentację zdjęciową, dokumentującą instalację oświetleniową i zastaną sytuację oświetleniową w otoczeniu przejścia dla pieszych.

Konieczne jest wykonanie zdjęć opraw oświetleniowych i słupów. Zalecane jest wykonanie zdjęć z każdego kierunku ruchu pojazdów (z pewnej odległości – tak, aby objąć obszar całego przejścia dla pieszych z najbliższą oprawą oświetleniową), zdjęcia z kierunków ruchu pieszych, zdjęcia ulicznych opraw oświetleniowych usytuowanych w otoczeniu przejścia oraz zdjęcia poglądowe ulicznej lub drogowej instalacji oświetleniowej.

Sporządzenie raportu

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów na etapie odbioru oraz zgromadzonej dokumentacji należy sporządzić: Raport z pomiarów oświetlenia na przejściu dla pieszych -

procedura odbioru Załącznik 6 – Procedura odbioru – Wzór raportu z pomiaru parametrów oświetlenia, który powinien zawierać: podstawowe informacje lokalizacyjne, dane ogólne, wyniki pomiarów i wykonanych obliczeń, opis stanu oświetlenia przejścia dla pieszych wraz z stabelaryzowanymi parametrami projektowymi i zmierzonymi oraz jednoznacznie zidentyfikowaną klasą oświetlenia (tab. 8.6 lub tab. 8.7), zdjęcia sytuacji oświetleniowej na przejściu dla pieszych oraz ewentualne uwagi i zalecenia dotyczące odbieranej instalacji.

Potwierdzenie efektów

W celu potwierdzenia realizacji założonych w projekcie wartości obliczeniowych należy zestawić uzyskane wyniki pomiarów z wartościami projektowymi przyjętymi dla danej klasy PC i jednoznacznie stwierdzić, czy każdy z projektowanych parametrów został osiągnięty (tab. 8.13).

Tab. 8.13

Zestawienie wyników obliczeń i pomiarów

L.p.	Parametry oświetleniowe przejścia dla pieszych	Wymaganie klasy PC (wartość)	Pomiar (wartość)	Spełnienie warunku klasy PC
1	Wartość średnia pionowego natężenia oświetlenia $E_{v\text{sr}}$ [lx] na płaszczyźnie pionowej w kierunku 1			✓
2	Wartość równomierności ogólnej natężenia oświetlenia U_{ov} [-] na płaszczyźnie pionowej w kierunku 1			✓
3	Wartość średnia pionowego natężenia oświetlenia $E_{v\text{sr}}$ [lx] na płaszczyźnie pionowej w kierunku 2			✓
4	Wartość równomierności ogólnej natężenia oświetlenia U_{ov} [-] na płaszczyźnie pionowej w kierunku 2			✓
5	Wartość średnia poziomego natężenia oświetlenia $E_{h\text{sr}}$ [lx] na płaszczyźnie poziomej			✓
6	Wartość równomierności ogólnej natężenia oświetlenia U_{oh} [-] na płaszczyźnie poziomej			✓
7	Wartości minimalne pionowego natężenia oświetlenia E_v [lx] w punktach A, B, C, D, E, F w kierunku 1			✓
8	Wartości minimalne pionowego natężenia oświetlenia E_v [lx] w punktach A, B, C, D, E, F w kierunku 2			✓

Potwierdzenie klasy oświetlenia PC następuje po potwierdzeniu spełnienia (przekroczenia) wartości we wszystkich ocenianych kryteriach.

W przypadku stwierdzenia nieprawidłowości wykonawca musi dokonać stosownych modyfikacji instalacji oświetleniowej. Po dokonaniu modyfikacji pomiary oświetleniowe należy w całości powtórzyć i sporządzić stosowny raport z pomiarów, weryfikujący stan po podjętych zabiegach modernizacyjnych.

Zgromadzoną dokumentację pomiarową w postaci „Raportu z pomiarów oświetlenia na przejściu dla pieszych - procedura odbioru” należy załączyć do ogólnego protokołu odbioru instalacji oświetleniowej – dotyczy to każdego sporządzonego raportu.



9. ZAŁOŻENIA ZASAD UTRZYMANIA OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH

9.1 Zalecenia eksploatacyjne

Właściwa eksploatacja instalacji oświetleniowej w rejonie przejścia dla pieszych ma na celu zapewnienie utrzymania znamionowych parametrów świetlnych oprawy w całym jej okresie funkcjonowania. Można wyróżnić dwa procesy:

- eksploatacyjny,
- kontrolny.

9.1.1 Eksploatacja

Podczas eksploatacji należy stosować się do zasad:

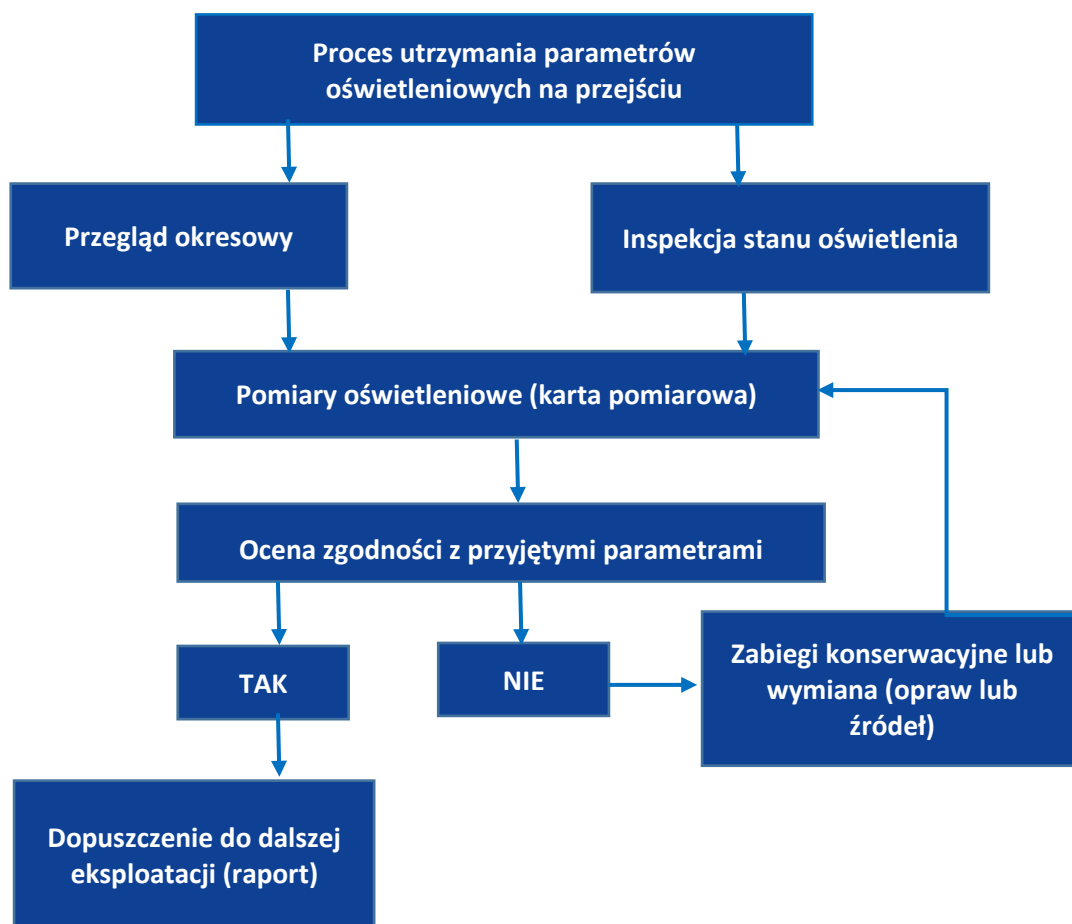
- nakazuje się wykonywanie zabiegów konserwacyjnych opraw oświetleniowych w założonych interwałach czasowych – rozdział 9.2 (zgodnie z projektem oświetleniowym), polegających na: czyszczeniu kloszy oraz wymianie uszkodzonych źródeł światła,
- konieczne jest systematyczne monitorowanie sytuacji oświetleniowej w otoczeniu przejścia dla pieszych tj. stanu opraw oświetleniowych, źródeł światła i występowania przeszkód dla światła,
- w miarę możliwości technicznych zaleca się montaż systemu monitorowania zdalnego parametrów elektrycznych źródeł światła, pozwalający na ocenę stopnia zużycia oraz przesłanie informacji o uszkodzeniu źródła światła,
- zabrania się wyłączenia oświetlenia w rejonie przejścia dla pieszych w porze nocnej,
- nie zaleca się stosowania rozwiązania wprowadzającego możliwość zmiany poziomu oświetlenia przejścia dla pieszych w przypadku detekcji pieszych (ściemnianie, rozjaśnianie). Jeżeli jednak będzie zastosowane takie rozwiązanie to trzeba zachować wyróżnienie przejścia (wyższy poziom natężenia oświetlenia na przejściu niż na jezdni przed i za przejściem) i możliwe jest tylko podwyższenie klasy oświetlenia. Efekty stosowania tego typu rozwiązań nie zostały potwierdzone badaniami i należy je monitorować,
- nie zaleca się stosowania redukcji strumienia świetlnego w oprawach dedykowanych (oprawy o asymetrycznych rozsyłach wiązki świetlnej),

9.1.2 Kontrola

W celu utrzymania nominalnych parametrów opraw oświetleniowych należy prowadzić cykliczne kontrole. W zakresie działań kontrolnych należy stosować się do zasad:

- nakazuje się wykonywanie cyklicznych pomiarów kontrolnych instalacji oświetleniowej zgodnie z procedurą oceny parametrów oświetleniowych i sporządzenie stosownego raportu (rozdział 9.2)
- nakazuje się podjęcie niezwłocznych działań naprawczych (konserwacyjnych, wymiany uszkodzonego osprzętu) wynikających z zaleceń pokontrolnych,
- zaleca się systematyczne gromadzenie danych zawierających pomiary oświetleniowe oraz parametry techniczne zgodnie z przyjętymi procedurami (Załącznik 7 – Procedura kontrolna – Wzór karty pomiaru parametrów oświetlenia, Załącznik 8 – Procedura kontrolna – Wzór raportu z pomiaru parametrów oświetlenia).

Przykładowy schemat procesu mającego na celu zachowanie parametrów instalacji oświetleniowej na przejściu dla pieszych przedstawiono na rys. 9.1. Czasookresy przeglądów i inspekcji podano w rozdziale 9.2.



Rys. 9.1 Schemat blokowy procesu utrzymania parametrów oświetleniowych w cyklu eksploatacyjnym
Źródło: M. Chrzanowicz

9.2 Badania i pomiary kontrolne

Autorzy niniejszego opracowania, na podstawie przeprowadzonych licznych pomiarów oświetlenia drogowego oraz przeprowadzonych inwentaryzacji przejść dla pieszych stwierdzili, że wiele ulicznych i drogowych instalacji oświetleniowych, pomimo że emituje światło, to nie spełniają podstawowych wymagań normatywnych (brak klas oświetlenia) [58][12] i nie są efektywne także pod względem energetycznym. Taki stan rzeczy jest nie do zaakceptowania w kontekście bezpieczeństwa ruchu drogowego, a także z punktu widzenia ponoszonych kosztów związanych ze zużyciem energii elektrycznej na cele oświetleniowe przez jednostki będące właścicielem instalacji oraz efektów środowiskowych związanych z emisją gazów cieplarnianych.

Jednym z podstawowych rozwiązań wpływających na poprawę bezpieczeństwa pieszych w porze nocnej jest zastosowanie oświetlenia stacjonarnego.

W OBIEGOWEJ OPINII WYKSZTAŁCONE JEST PRZEŚWIADCZENIE, ŻE SKORO OPRAWY ULICZNE „ŚWIECĄ”, TO KIEROWCA JEST W STANIE DOSTRZEC ZAGROŻENIE NA JEZDNI, NA PRZYKŁAD PIESZEGO PRZEKRACZAJĄCEGO JEZDNIĘ NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH. BRAK SPEŁNIENIA WYMAGAŃ NORMY W ZAKRESIE OŚWIETLENIA DROGOWEGO MOŻE OZNACZAĆ, ŻE EKSPLOATOWANA INSTALACJA NIE REALIZUJE ZAKŁADANYCH FUNKCJI I MOŻE ZAGRAŻAĆ BEZPIECZEŃSTWU RUCHU DROGOWEGO.

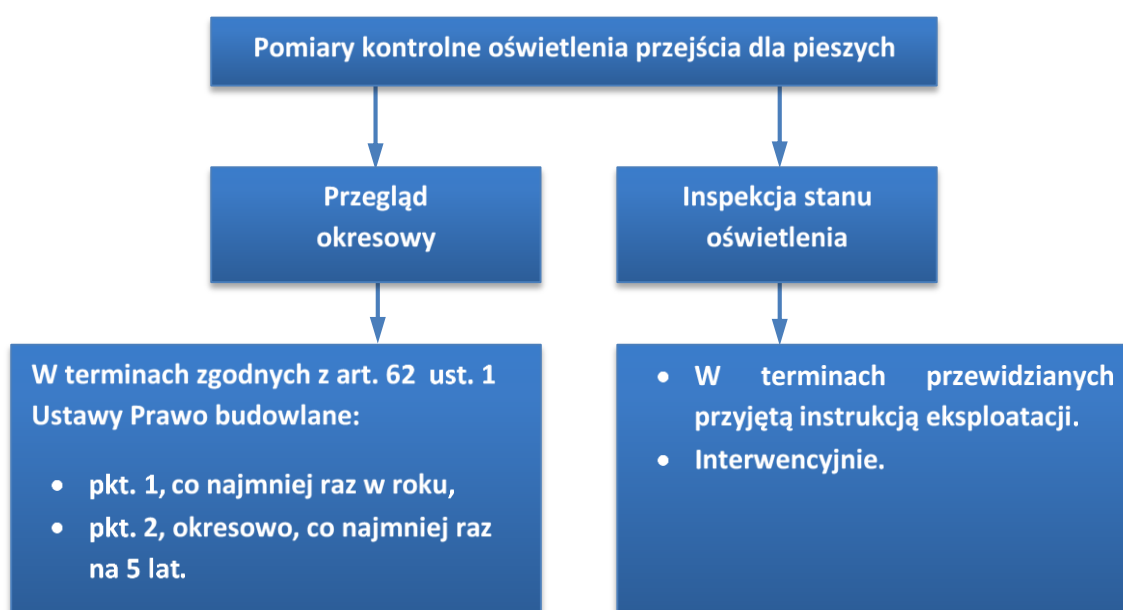
W Polsce od kilkunastu lat prowadzi się inwestycje drogowe, w których jednym z elementów jest oświetlenie. Modernizowane jest oświetlenie na istniejących drogach oraz na przejściach dla pieszych.

Jak wynika z doświadczeń autorów opracowania, wiele z istniejących drogowych instalacji oświetleniowych wymaga przeprowadzenia gruntownych modernizacji, ale istnieją i takie, na których podjęcie drobnych, niekosztownych czynności eksploatacyjnych (np. poprawne ustawienie opraw, czyszczenie opraw lub wymiana źródła światła na nowe), jest w stanie doprowadzić instalację oświetleniową do zakładanych parametrów oświetleniowych.

Obowiązujące w Polsce przepisy wymagają realizacji różnych czynności kontrolnych (rys. 9.2) przeprowadzanych w zadanych okresach eksploatacji instalacji. Niestety nie wszystkie czynności zakładają realizację pomiarów oświetlenia drogowego w pełnym zakresie lub pomiary te są realizowane niezgodnie z wytycznymi normatywnymi. Nadmienić należy, że w normie [7] nie zdefiniowano szczegółowego zakresu wymagań oświetleniowych oraz nie określono sposobu przeprowadzenia badań w odniesieniu do obszaru przejścia dla pieszych. Skutkuje to brakiem ustandaryzowanego podejścia do projektowania i kontroli stanu oświetlenia na przejściach dla pieszych.

Oceniono, że niezbędne jest wprowadzenie nowej czynności związanej z pomiarami oświetlenia przejścia dla pieszych. Mając na uwadze, jak rozległa jest infrastruktura oświetleniowa, przygotowano uproszczoną procedurę na tyle, aby uzyskane za jej pomocą wyniki dały zarządcy infrastruktury stosowny poziom wiedzy, przy możliwie niskim nakładzie pracy. Autorzy opracowali podstawową czynność pomiarową i zdefiniowali ją jako „procedurę kontrolną”.

Pomiary stanu oświetlenia przejść dla pieszych z wykorzystaniem procedury kontrolnej powinny być uzupełnieniem czynności związanych z utrzymaniem lub zarządzaniem stanem technicznym ulicznej infrastruktury oświetleniowej (rys. 9.2).



Rys. 9.2 Pomiary kontrolne stanu oświetlenia na przejściach dla pieszych

Źródło: P. Tomczuk

9.2.1 Procedura kontrolna

Procedura kontrolna jest uproszczoną procedurą przeprowadzenia pomiarów parametrów oświetleniowych.

Ze względu na praktyczne podejście do realizacji pomiarów natężenia oświetlenia zdecydowano się ograniczyć liczbę punktów pomiarowych do niezbędnego minimum. Przekłada się to na czas wykonania pomiarów w warunkach terenowych. Jest to szczególnie istotne w przypadku przeprowadzania systematycznej inspekcji stanu oświetlenia na dużej liczbie rozproszonych przejść dla pieszych. Wyniki przeprowadzonych pomiarów i wykonanych na ich podstawie obliczeń za pomocą procedury kontrolnej należy traktować jako dane przybliżone. Uszczegółowienie wyników jest możliwe z zachowaniem siatki pomiarowej i wymagań przedstawionych w procedurze odbioru instalacji.

„PROCEDURA KONTROLNA” – UPROSZCZONA, CYKLICZNA PROCEDURA POMIARÓW PARAMETRÓW OŚWIETLENIOWYCH PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH, MAJĄCA NA CELU OKREŚLENIE PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW OŚWIETLENIOWYCH ORAZ OGÓLNEGO STANU TECHNICZNEGO OPRAW I ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA.

PROCEDURA TA POWINNA BYĆ REALIZOWANA DLA WSZYSTKICH PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH, A ZARZĄDCA OŚWIETLENIA POWINIEN GROMADZIĆ I PRZETWARZAĆ DANE W POSTACI SYSTEMATYCZNIE AKTUALIZOWANEJ BAZY DANYCH. W CELU PREZENTACJI LOKALIZACJI I PARAMETRÓW ŚWIETLNYCH W OBSZARZE PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH ZALECA SIĘ WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW GIS. TYLKO TAKIE DZIAŁANIE POZWOLI ZARZĄDCY ŚWIADOMIE ZARZĄDZAĆ INFRASTRUKTURĄ ORAZ ZAPEWNIĆ POŻĄDANE WARUNKI OŚWIETLENIOWE.

ZAPEWNIENIE WYSOKIEGO POZIOMU BEZPIECZEŃSTWA PIESZYCH ORAZ EFEKTYWNE WYKORZYSTANIE INFRASTRUKTURY OŚWIETLENIOWEJ JEST NASTĘPSTWEM MONITOROWANIA ZAKŁADANYCH PARAMETRÓW OŚWIETLENIOWYCH NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH.

Założenia ogólne

1. W przypadku potrzeby przeprowadzenia badań parametrów oświetleniowych na przejściu dla pieszych należy posłużyć się procedurą kontrolną.
2. Pomiary parametrów oświetleniowych przeprowadza się za pomocą luksomierza (w klasie A lub B) – przyrządu przeznaczonego do pomiaru wartości natężenia oświetlenia.
3. Pomiary parametrów natężenia oświetlenia należy prowadzić po zmroku, minimum jedną godzinę od uruchomienia instalacji oświetleniowej (konieczne jest ustabilizowanie się strumienia świetlnego), w warunkach atmosferycznych umożliwiających realizację pomiarów oświetleniowych.
4. W celu przeprowadzenia pomiarów oświetleniowych należy ustalić wymiary geometryczne przejścia dla pieszych i wyznaczyć jego oś, na której znajdują się wskazane do pomiaru punkty pomiarowe.
5. Parametrami mierzonymi są wartości natężenia oświetlenia E (w luksach: lx), w określonych punktach płaszczyzn pomiarowych: pionowej E_v i poziomej E_h .
6. Parametrami obliczanymi na podstawie przeprowadzanych pomiarów są wartości eksploatacyjne natężenia oświetlenia ($E_{v\text{sr}}$ i $E_{h\text{sr}}$) – wartości średnie, poniżej których nie dopuszcza się spadku natężenia oświetlenia na określonej płaszczyźnie.
7. Wyniki pomiarów należy zapisać z karcie pomiarów: Załącznik 7 – Procedura kontrolna – Wzór karty pomiaru parametrów oświetlenia.
8. Podczas pomiarów kontrolnych należy wykonać zdjęcia dokumentujące sytuacji oświetleniowej.

9. Po przeprowadzonych należy sporządzić raport: Załącznik 8 – Procedura kontrolna – Wzór raportu z pomiaru parametrów oświetlenia.

9.2.2 Schemat działań

Przed przystąpieniem do pomiarów oświetlenia na przejściu dla pieszych należy odpowiedzieć na pytania kontrolne zawarte w tab. 9.1.

Tab. 9.1

Pytania kontrolne dotyczące stanu oświetlenia przejścia dla pieszych

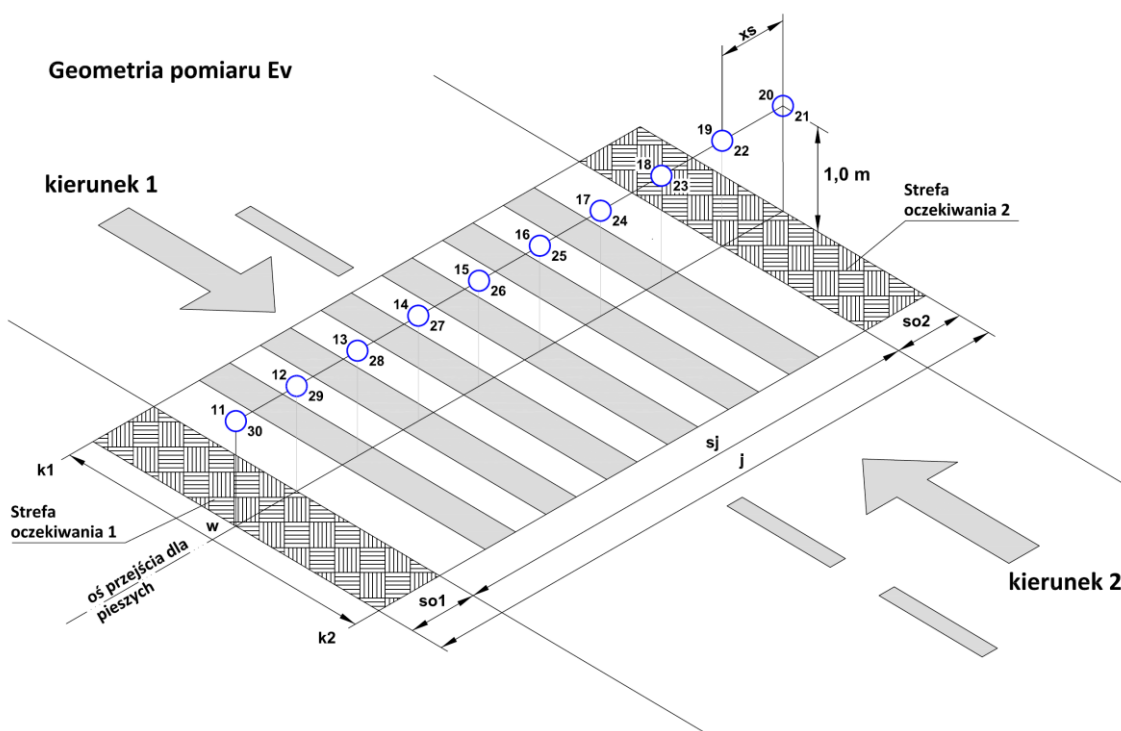
Lp	Pytanie kontrolne	✓	Komentarz
1	Czy przejście dla pieszych jest oświetlone tylko za pomocą oświetlenia drogowego / ulicznego?	✓	
2	Jaki zastosowano system rozmieszczenia opraw oświetleniowych? 1) jednostronny, 2) naprzeciwległy, 3) naprzemianległy, 4) jednostronny w pasie dzielącym, 5) masztowy, 6) przewieszkowy, 7) tańcuchowy 8) inny	1	
3	Czy zastosowano dodatkowe oświetlenie przejścia dla pieszych (jakie)?	-	
4	W jakim stanie technicznym znajduje się instalacja oświetleniowa w otoczeniu przejścia dla pieszych? 1) niedostatecznym, 2) dostatecznym, 3) dobrym, 4) bardzo dobrym, 5) instalacja nowa.	3	
5	Określ sposób zamocowania opraw zainstalowanych na słupach oświetleniowych znajdujących się w otoczeniu przejścia dla pieszych (np. pochylenie, obrót, nawis): 1) poprawny, 2) niepoprawny	1	
6	Czy oprawa oświetleniowa bezpośrednio oświetlająca przejście dla pieszych jest czynna (emituje światło)?	✓	
7	Jaka jest liczba wygaszonych opraw oświetleniowych ciągu ulicznego w otoczeniu przejścia dla pieszych?	0	
8	Czy występują przeszkody dla światła przesłaniające oprawę oświetleniową oświetlającą przejście dla pieszych (korony drzew, infrastruktura drogowa)?	✓	Korona drzewa
9	W jakim stanie technicznym znajduje się oprawa oświetleniowa w otoczeniu przejścia dla pieszych: 1) niedostatecznym, 2) dostatecznym, 3) dobrym, 4) bardzo dobrym	4	
10	Czy oprawa oświetleniowa czy jest kompletna (posiada klosz lub szybę)?	✓	
11	Czy kalosz lub szyba oprawy jest czysta?	✓	
12	Jakie źródło światła zastawano w oprawie oświetlającej przejście dla pieszych? 1) LED, 2) sodowe, 3) metalohalogenkowe, 4) inne	✓	
13	Czy przejście dla pieszych jest wyróżnione odmienną barwą światła w stosunku do barwy światła oświetlenia ulicznego?	-	

Po udzieleniu odpowiedzi na powyższe pytania należy przystąpić do przeprowadzenia pomiarów kontrolnych natężenia oświetlenia.

9.2.3 Siatki pomiarowe i obliczenia w procedurze kontrolnej

W procedurze kontrolnej wprowadzono dwie osie pomiaru związane z płaszczyznami pomiarowymi:

- **Pionową E_v** , dla pomiaru wartości natężenia oświetlenia w płaszczyźnie sylwetki pieszego. Głowica pomiarowa miernika natężenia oświetlenia ma być zamontowana pionowo i zwrócona w kierunku ruchu pojazdów oraz przemieszczana równoległe do osi przejścia dla pieszych. Pomiary wykonuje się na wysokości 1 m nad osią przejścia dla pieszych i strefą oczekiwania w równomiernie rozmieszczonych punktach pomiarowych (rys. 9.3). Pomiary wartości natężenia oświetlenia przeprowadza się dla kierunków zgodnych z kierunkami ruchu pojazdów. W celu jednoznacznej identyfikacji uzyskanych wartości pomiaru należy założyć kierunek 1 i 2 oraz odpowiednio krawędzie k_1 i k_2 . W pierwszej kolejności pomiar należy przeprowadzić w kierunku 1 (punkty oznaczone numerami od 11 do 20), a następnie w kierunku 2 (punkty oznaczone numerami od 21 do 30). Należy zachować symetryczność rozmieszczenia punktów pomiarowych dla kierunków 1 i 2 zgodną z rozmieszczeniem punktów dla płaszczyzny E_h . Maksymalny odstęp pomiędzy punktami pomiarowymi (x_s) w linii pomiaru nie powinien być większy niż 3 m (zalecany 1 m). Dla szerszych przejść dla pieszych należy zwiększyć liczbę punktów pomiarowych.



Rys. 9.3 Przykładowe rozmieszczenie punktów pomiarowych natężenia oświetlenia w płaszczyźnie pionowej (E_v) na przejściu dla pieszych stosowana w procedurze kontrolnej

Źródło: P. Tomczuk

Uzyskane wyniki pomiarów wartości E_v należy zestawić w tab. 9.2 w kolejności przeprowadzenia pomiarów na przejściu dla pieszych (kolumna od 2 do 8), z uwzględnieniem stref oczekiwania (kolumna 1 i 10).

Tab. 9.2

Przykładowa tabela zawierająca wyniki pomiarów pionowego natężenia oświetlenia E_v w procedurze kontrolnej*

Kierunek	E_v [lx]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
w kierunku 1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
w kierunku 2	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21

* liczby w miejscach pomiaru oznaczają kolejność wpisywania danych wg. siatki pomiarowej z rys. 9.3) w procedurze kontrolnej

Na podstawie uzyskanych wartości w poszczególnych punktach pomiarowych należy obliczyć następujące parametry natężenia oświetlenia w płaszczyznach pionowych E_v związanych z kierunkami pomiaru:

- minimalne pionowe natężenie oświetlenia E_{vmin} w danym kierunku pomiaru; za minimalne natężenie oświetlenia należy przyjąć najniższą wartość natężenia oświetlenia występującą w punktach siatki pomiarowej w danym kierunku pomiaru,
- maksymalne pionowe natężenie oświetlenia E_{vmax} w danym kierunku; za maksymalne natężenie oświetlenia należy przyjąć najwyższą wartość natężenia oświetlenia występującą w punktach siatki pomiarowej w danym kierunku pomiaru,
- średnie pionowe natężenie oświetlenia E_{vsr} w danym kierunku; należy obliczyć jako średnią arytmetyczną z wartości natężenia oświetlenia otrzymanych w punktach siatki pomiarowej obliczoną wg wzoru:

$$E_{vsr} = (E_{v1} + E_{v2} + \dots + E_{vn}) / n$$

gdzie:

n - liczba punktów pomiarowych w danym kierunku pomiaru (dla przyjętej siatki $n = 10$),

$E_{v1} \div E_{vn}$ - wyniki pomiarów w kolejnych punktach pomiarowych pionowego natężenia oświetlenia E_v w danym kierunku pomiaru,

- równomierność natężenia U_{ov} oświetlenia w danym kierunku pomiaru; należy obliczyć jako stosunek najniższej wartości natężenia oświetlenia, występującego w punktach pomiarowych, do średniej arytmetycznej natężenia oświetlenia obliczonej z wartości otrzymanych w punktach siatki pomiarowej (E_{vmin}/E_{vsr}).

Wartości obliczone parametrów pionowego natężenia oświetlenia E_v wartości należy zestawić zgodnie z kierunkami pomiaru (tab. 9.3):

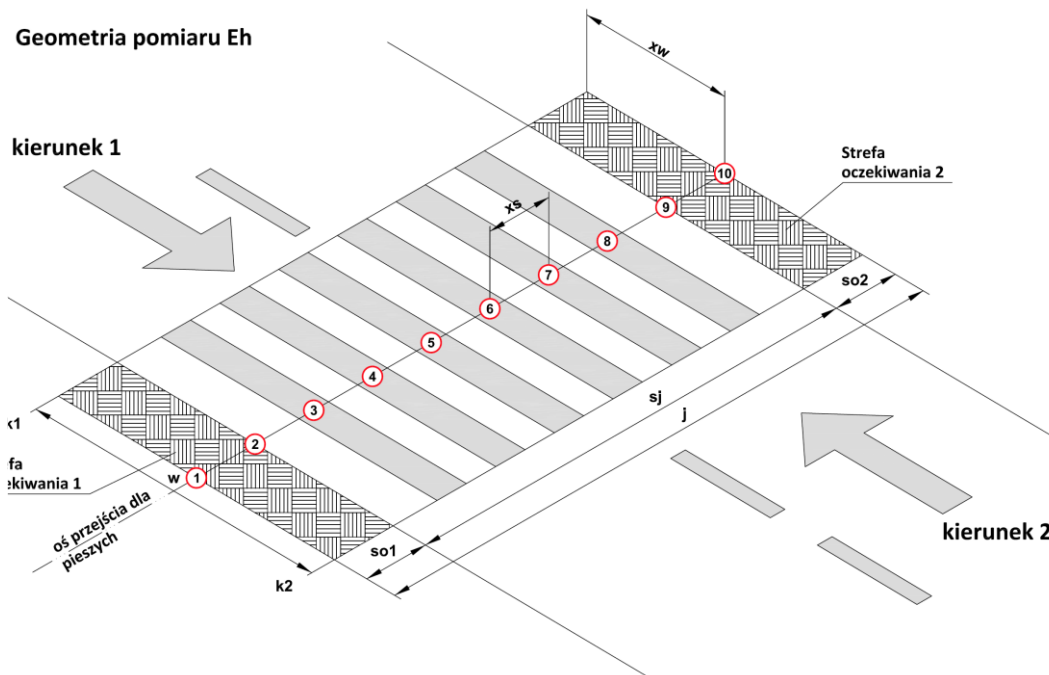
Tab. 9.3

Przykładowa tabela zawierająca obliczenia parametrów pionowego natężenia oświetlenia na przejściu dla pieszych E_v w procedurze kontrolnej

Kierunek	E_{vsr}	E_{vmin}	E_{vmax}	U_{ov}
	[lx]	[lx]	[lx]	[-]
1				
2				

- **Poziomą E_h** dla pomiaru wartości natężenia oświetlenia w płaszczyźnie jezdni. Głowica pomiarowa miernika natężenia oświetlenia ma być ustawiona poziomo. Pomiarów dokonuje się w równomiernie rozmieszczonych punktach na jezdni, znajdujących się w osi przejścia dla pieszych (rys. 9.4). Odstęp pomiędzy kolejnymi punktami pomiarowymi zależy od wymiarów przejścia dla pieszych i powinien zostać dobrany indywidualnie dla geometrii każdego przejścia. Maksymalny odstęp pomiędzy punktami pomiarowymi (x_s) w jednej linii pomiaru nie powinien być

większy niż 3 m (zalecany 1 m). Szerokość stref oczekiwania (so1 i so2) wynosi minimum 1 m. Dla przejść dla pieszych zlokalizowanych na szerszych przekrojach dróg należy zwiększyć liczbę punktów pomiarowych zgodnie z zasadą: liczba punktów pomiarowych \geq całkowita długość przejścia dla pieszych / odstęp pomiędzy punktami pomiarowymi (≤ 3 m).



Rys. 9.4 Przykładowa siatka pomiarowa natężenia oświetlenia w płaszczyźnie poziomej (E_h) na przejściu dla pieszych stosowana w procedurze kontrolnej

Źródło: P. Tomczuk

Uzyskane wartości natężenia oświetlenia w płaszczyźnie poziomej (E_h) należy wpisać do tab. 9.4.

Tab. 9.4 Wyniki pomiarów poziomego natężenia oświetlenia E_h w procedurze kontrolnej*

Opis	E_h [lx]									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Oś przejścia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

*liczby w miejscach pomiaru oznaczają kolejność wpisywania danych wg. siatki pomiarowej z rys. 9.4

Na podstawie uzyskanych wartości w poszczególnych punktach pomiarowych należy obliczyć następujące parametry związane z natężeniem oświetlenia w płaszczyźnie poziomej E_h :

- minimalne poziome natężenie oświetlenia E_{hmin} ; za minimalne natężenie oświetlenia należy przyjąć najniższą wartość z występujących w punktach pomiarowych,

- maksymalne poziome natężenie oświetlenia E_{hmax} ; za maksymalne natężenie oświetlenia należy przyjąć najwyższą wartość z występujących w punktach pomiarowych,
- średnie poziome natężenie oświetlenia $E_{hśr}$ należy obliczać jako średnią arytmetyczną z wartości otrzymanych w punktach pomiarowych obliczone wg wzoru:

$$E_{hśr} = (E_{h1} + E_{h2} + \dots + E_{hn}) / n$$

gdzie:

n - liczba punktów pomiarowych (dla przyjętej siatki n = 10),

$E_{h1} \div E_{hn}$ - wyniki pomiarów w kolejnych punktach pomiarowych poziomego natężenia oświetlenia E_h ,

- równomierność natężenia oświetlenia U_{oh} należy obliczyć jako stosunek najniższej wartości natężenia oświetlenia, występującego w punktach pomiarowych, do wartości średniej arytmetycznej natężenia oświetlenia obliczonej z wartości otrzymanych w punktach pomiarowych ($E_{hmin}/E_{hśr}$).

Wyniki obliczonych parametrów natężenia oświetlenia E_h należy zastawić w tabeli zawierającej zbiorcze parametry dla płaszczyzny poziomej (tab. 9.5):

Tab. 9.5

Obliczenia parametrów poziomego natężenia oświetlenia na przejściu dla pieszych E_h w procedurze kontrolnej

$E_{hśr}$	E_{hmin}	E_{hmax}	U_{oh}
[lx]	[lx]	[lx]	[-]

9.2.4 Wykonanie dokumentacji zdjęciowej

Po przeprowadzaniu pomiarów oświetlenia na przejściu dla pieszych należy wykonać stosowną dokumentację zdjęciową, dokumentującą zastaną sytuację oświetleniową. Zalecane jest wykonanie zdjęć z każdego kierunku ruchu pojazdów (z pewnej odległości – tak, aby objąć obszar całego przejścia dla pieszych z najbliższą oprawą oświetleniową), zdjęcia z kierunków ruchu pieszych, zdjęcia opraw oświetleniowych usytuowanych w otoczeniu przejścia oraz zdjęcia poglądowe instalacji oświetleniowej.

9.2.5 Sporządzenie raportu

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów kontrolnych oraz zgromadzonej dokumentacji należy sporządzić: Raport z pomiarów oświetlenia na przejściu dla pieszych - procedura

kontrolna), który powinien zawierać: podstawowe informacje lokalizacyjne, dane ogólne, wyniki pomiarów i wykonanych obliczeń, opis stanu oświetlenia przejścia dla pieszych, zdjęcia sytuacji oświetleniowej na przejściu dla pieszych oraz uwagi i zalecenia.

W CELU UŁATWIENIA KATALOGOWANIA WYNIKÓW ORAZ ZARZĄDZANIA INFRASTRUKTURĄ OŚWIETLENIOWĄ NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH ZALECANE JEST WYKORZYSTANIE NARZĘDZI INFORMATYCZNYCH DO GROMADZENIA I PRZETWARZANIA DANYCH (NP.: BAZY DANYCH LUB NARZĘDZIA GIS).

9.3 Szacunkowe koszty prac utrzymaniowych i modernizacyjnych

W celu oszacowania nakładów finansowych niezbędnych do wykonania prac związanych z utrzymaniem instalacji oświetlenia przejścia dla pieszych lub modernizacji należy wykonać kosztorys inwestorski dla zaplanowanych prac.

Sposób wykonania kosztorysu inwestorskiego reguluje: Dz.U.2004.130.1389 - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2004 r. w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych oraz planowanych kosztów robót budowlanych określonych w programie funkcjonalno-użytkowym.

Podstawę do wykonania kosztorysu inwestorskiego stanowi:

1. Dokumentacja projektowa,
2. Specyfikacja techniczna wykonania i odbioru robót budowlanych,
3. Założenia wyjściowe do kosztorysowania,
4. Ceny jednostkowe robót podstawowych określone w dwojaki sposób:
 - na podstawie danych rynkowych, w tym danych z zawartych wcześniej umów lub powszechnie stosowanych, aktualnych publikacji (stosowane w pierwszej kolejności),
 - kalkulacje szczegółowe.

Kosztorys Inwestorski powinien zawierać:

1. Stronę tytułową zawierającą:
 - nazwę obiektu lub robót budowlanych z podaniem lokalizacji,
 - nazwę i adres zamawiającego (Inwestora),
 - nazwę i adres jednostki opracowującej kosztorys,
 - imiona i nazwiska osób opracowujących kosztorys, podpisy oraz określenie ich funkcji,
 - wartość kosztorysową robót,

- datę opracowania kosztorysu.
2. Ogólną charakterystykę obiektu lub robót:
 - krótki opis techniczny,
 - istotne parametry, które określają wielkość obiektu lub robót,
 3. Przedmiar robót (wyszczególnienie robót w kolejności technologicznej ich wykonania oraz obliczenie ilości robót z projektu technicznego – obliczenia z wykorzystaniem katalogu nakładów rzeczowych),
 4. Kalkulację uproszczoną,
 5. Tabelę wartości elementów scalonych jako sumaryczne zestawienie wartości robót określonych przedmiarem robót wraz z narzutami kosztów pośrednich i zysku, które odnoszą się do elementu obiektu lub zbiorczych typów robót,
 6. Załączniki:
 - założenia do kosztorysowania,
 - kalkulacje szczegółowe cen jednostkowych,
 - analizy indywidualne nakładów rzeczowych,
 - analizy własne cen czynników produkcji i wskaźników narzutów kosztów pośrednich i zysku.

Kalkulacja uproszczona kosztów:

$$Wk = L \cdot C_j \quad (1)$$

gdzie:

Wk – wartość kosztorysowa określonych robót [zł, bez Vat],

L – liczba jednostek (określonych w przedmiarze),

C_j – cena jednostkowa roboty podstawowej [zł, bez Vat].

Cena jednostkowa jest sumą kosztów (wyliczona dla jednostki przedmiarowej robót):

- bezpośrednio robocizny,
- materiałów,
- pracy sprzętu,
- kosztów pośrednich (ogólne budowy, zarządu itp.),

Poniżej przedstawiono szacunkowe koszty realizacji prac utrzymaniowych i modernizacyjnych, w opinii autorów najistotniejsze z punktu widzenia poprawy warunków

oświetleniowych na przejściach dla pieszych dla pieszych. Do analizy przyjęto wybrane szczególne przypadki (tab. 9.6). Szacowane koszty ustalono na podstawie ogólnodostępnych baz danych do kosztorysowania. Należy podkreślić, że są to dane orientacyjne. Dla każdego przypadku lub czynności należy sporządzić odrębny, indywidualny kosztorys, uwzględniający aktualne koszty.

Tab. 9.6

Szacunkowe łączne koszty realizacji wdrożenia

Lp.	Zakres wdrożenia	Szacowany koszt jednostkowy [tys. zł, bez Vat]	Nakłady
1	Czyszczenie oprawy oświetleniowej w rejonie przejścia dla pieszych	0,01 ÷ 0,5	niskie
2	Wymiana źródła światła na nowe (inna moc, inna barwa)	0,07 ÷ 0,6	niskie
3	Wymiana oprawy oświetleniowej w rejonie przejścia dla pieszych (wraz ze źródłem światła)	0,3 ÷ 2	niskie
4	Wymiana wysięgnika wraz z oprawą oświetleniową	0,6 ÷ 2,3	niskie
5	Wymiana lub dostawienie słupa wraz z oprawą oświetleniową w rejonie przejścia dla pieszych	2 ÷ 5	średnie
6	Modernizacja polegająca na stworzeniu strefy przejściowej	6 ÷ 15	średnie
7	Wykonanie typowej instalacji opraw dedykowanych do oświetlenia przejść dla pieszych (2 sztuki, asymetryczne wiązki)	15 ÷ 36	wysokie

10. PODSUMOWANIE

Stan zagrożenia pieszych uczestników ruchu drogowego na przejściach dla pieszych w Polsce jest od wielu lat zdecydowanie na bardzo wysokim i nieakceptowalnym poziomie.

W celu eliminacji zagrożeń w ruchu drogowym, ograniczenia liczby wypadków drogowych oraz ich skutków, należy podejmować działania inwestycyjne i naprawcze. Wdrażane rozwiązania muszą być związane z przyczyną występujących zagrożeń. W celu identyfikacji czynników niebezpiecznych należy przeprowadzać kontrolę stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego i na jej podstawie wskazać problemy do rozwiązania. W przypadku przejść dla pieszych jednym z wielu elementów podlegających ocenie jest stan oświetlenia w obszarze przejścia dla pieszych.

Instalacja oświetleniowa zastosowana w otoczeniu przejścia dla pieszych wpływa na widzialność sylwetki pieszego. Zastosowane rozwiązanie techniczne i wytworzona za jej pomocą sytuacja oświetleniowa powinna zapewniać pieszym i kierowcom odpowiednie warunki wzajemnej widzialności.

W Polsce dotychczas nie sprecyzowano wymagań w zakresie projektowania, utrzymania i kontroli stanu oświetlenia w rejonie przejść dla pieszych. Obowiązujące przepisy nie wskazują jednoznacznie, w jakich warunkach i na jakich zasadach oświetlenie powinno być stosowane. Obowiązujące przepisy pozostawiają projektantowi oświetlenia dowolność wyboru rozwiązania na etapie projektowania nowej oraz doboru rozwiązania do istniejącej instalacji oświetleniowej. Brakuje jednoznacznych wymagań oświetleniowych odnośnie stosowania oświetlenia dedykowanego na przejściach dla pieszych. Pomimo istniejących wytycznych w zakresie przeglądów instalacji, stan oświetlenia na istniejących przejściach dla pieszych oraz w ich otoczeniu (na jezdni) nie podlega systematycznej i skrupulatnej kontroli.

Zauważalne są wieloletnie zaniedbania systemowe, edukacyjne, prewencyjne i inżynierskie. W szczególności obserwuje się zaniedbania w zakresie konserwacji i utrzymania istniejących instalacji oświetleniowych. Ponadto wiele ulicznych instalacji oświetleniowych było projektowanych wiele lat temu, są one obecnie wyeksploatowane i nie spełniają wymagań aktualnie obowiązującej normy oświetleniowej. Stosowane są nieracjonalne rozwiązania, które budzą wątpliwości zarówno pod względem technicznym jak i ekonomicznym.

Poprawa stanu oświetlenia ulicznego w tym w szczególności na przejściach dla pieszych wymaga wielu zintegrowanych działań angażujących władze centralne, samorządy, zarządy drogowe, projektantów i wiele innych osób działających na rzecz bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Przedłożony Raport ma za zadanie przybliżyć czytelnikowi zagadnienia oświetleniowe i związane z nimi problemy odnoszące się do wszystkich etapów funkcjonowania instalacji oświetleniowych na i w otoczeniu przejść dla pieszych. Zaproponowane podejście wymusza racjonalne stosowanie rozwiązań oświetleniowych w otoczeniu przejść dla pieszych. W opinii autorów konieczne jest prowadzenie dalszych prac studialnych i badawczych pozwalających na ekstrakcję czynnika oświetleniowego spośród wielu czynników ryzyka występujących na przejściach dla pieszych. Stosowane rozwiązania oświetleniowe powinny być monitorowane zarówno pod względem oświetleniowym jak i pod kątem oceny skuteczności zastosowanych rozwiązań w warunkach polskich. Te problemy będą przedstawiane w kolejnych opracowaniach badawczych i publikacjach naukowych.

Usystematyzowanie wiedzy w zakresie oświetlenia przejść dla pieszych pozwoliło na opracowanie wytycznych, które w konsekwencji mogą być podstawą do stworzenia przepisów wykonawczych.

Ze względu na ograniczoną objętość opracowania nie wszystkie problemy związane z zagadnieniami oświetlenia drogi zostały tutaj poruszone. Wiele przykładów i rozwiązań zaczerpnięto z praktyki i doświadczeń własnych. Zatem konieczne jest prowadzenie dalszych prac studialnych i badawczych pogłębiających te problemy i pozwalających na zaprezentowanie jeszcze bardziej skutecznych i efektywnych rozwiązań oświetleniowych stosowanych do ochrony pieszych na przejściach dla pieszych. Te problemy będą przedstawiane w kolejnych opracowaniach i publikacjach naukowych.

10.1 Synteza wyników i analiz

Na podstawie przeprowadzonych prac sformułowano następujące wnioski:

- 1) Analiza stosowanych na świecie rozwiązań dotyczących oświetlenia przejść dla pieszych wskazuje, że:
 - istnieją kraje, w których wprowadzono dodatkowe przepisy określające wymagania w odniesieniu do oświetlenia obszaru przejścia dla pieszych,
 - stosowane przepisy odnoszą się zarówno do samego przejścia dla pieszych jak i do oświetlenia obszaru jezdni przed i za przejściem,
 - do oceny stanu oświetlenia stosowane są różne kryteria, głównie wykorzystujące parametry natężenia oświetlenia.
- 2) Analiza kryteriów doboru rozwiązania oświetleniowego na przejściu dla pieszych powinna opierać się na:
 - istniejących przepisach wskazujących potrzebę oświetlenia przejść dla pieszych,

- kryteriach związanych z oceną bezpieczeństwa ruchu drogowego na i w otoczeniu przejścia dla pieszych,
 - kryteriach oświetleniowych wynikających z projektowanej lub zastanej sytuacji oświetleniowej.
- 3) Istnieje szereg możliwości technicznych umożliwiających oświetlenie obszaru przejścia dla pieszych:
- za pomocą opraw oświetlenia ulicznego,
 - za pomocą stworzenia strefy przejściowej w otoczeniu przejścia dla pieszych,
 - za pomocą oświetlenia obszaru przejścia dla pieszych z wykorzystaniem rozwiązań dedykowanych (opraw o specjalnych cechach oświetleniowych).
- 4) Podstawą do podjęcia decyzji o instalowaniu oświetlenia w otoczeniu przejścia dla pieszych oraz wyboru rozwiązania oświetleniowego są:
- czynniki bezpieczeństwa ruchu drogowego,
 - wyniki pomiarów parametrów oświetleniowych w otoczeniu przejścia dla pieszych.
- 5) Podstawą do doboru warunków oświetleniowych na istniejących przejściach dla pieszych jest przeprowadzenie badań parametrów oświetleniowych przed i za przejściem dla pieszych z wykorzystaniem zaproponowanych w Raporcie narzędzi i procedur.
- 6) Kompleksowe podejście do poprawy stanu oświetlenia na przejściu dla pieszych polega na właściwym zaprojektowaniu, wykonaniu i utrzymaniu instalacji oświetleniowej.
- 7) Przekazanie instalacji do eksploatacji musi się nierozłącznie wiązać z przeprowadzeniem badań oświetleniowych z wykorzystaniem zaproponowanej w Raporcie procedury odbioru.
- 8) Należy prowadzić systematyczną kontrolę stanu oświetlenia przejść dla pieszych z wykorzystaniem zaproponowanej w Raporcie procedury kontrolnej.

10.2 Propozycje zmian w przepisach

Na podstawie przeprowadzonych analiz rekomenduje się następujące zmiany w dokumentach legislacyjnych.

1. Opracowanie przepisów wykonawczych uwzględniających klasy PC dla rozwiązań dedykowanych stosowanych do oświetlenia przejść dla pieszych i wprowadzenie ich do stosowania dla nowych instalacji.
2. Potraktowanie oświetlenia dedykowanego jako elementu bezpieczeństwa ruchu i odejście od wymogu stosowania przepisów wykonawczych prawa budowlanego podczas przygotowania i realizacji inwestycji.

11. LITERATURA

- [1] 115 C., *Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic*, 2010.
- [2] Adrian W., *Visibility of targets: Model for calculation*, *Light. Res. Technol.* 21 (1989) 181–188.
- [3] Bąk J., *Komentarz do raportu technicznego PKN-CEN/TR 13201-1 oraz do normy PN-EN 13201-2*, COSiW SEP, Warszawa, 2007.
- [4] Beyer Fiona R., Ker K., *Street lighting for preventing road traffic injuries*, *Cochrane Database Syst. Rev.* (2009) 2009–2011.
- [5] Bláha Z., Novák T., Sokanský K., *Conflict areas on the roads which are illuminated by public lighting*, *Prz. Elektrotechniczny.* (2013) 31–34.
- [6] Boyce P., *Lighting for driving. roads, vehicles, signs, and signals*, (2009).
- [7] Bullough J.D., Zhang X., Skinner N.P., Rea M.S., *Design and evaluation of effective crosswalk illumination, Final Raport FHWA-NJDOT-2009-003*, 2009.
- [8] Center K.T., Center K.T., *Roadway lighting and driver safety; Report No. KTC-03-12/SPR247-02-1F, KTC-03-12/* (2003) 116.
- [9] CIE, *An analytical model for describing the influence of lighting parameters upon visual performance : CIE Pub.No.19/2*, (1982) 10–11.
- [10] CIE, *Road lighting as an accident countermeasure - CIE Publication No. 93;1992*, (1992).
- [11] CIE, *Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic*, *Cie Tech. Rep.* (1995) 20 p.
- [12] CIE, *Design Methods for Lighting of Roads : CIE Pub. No. 132*, (1999).
- [13] CIE, *Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic*, (2010).
- [14] COSiW SEP, *N-SEP-E-003 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami pełnoizolowanymi oraz niepełnoizolowanymi*, Warszawa, 2006.
- [15] Crabb, G.I., Beaumont, R.J., Steel, D.P., Darley, P. and Burtwell M., *Visual performance under CDM and HPS lighting systems: NumeLiTe project final report. Published project report PPR043*, TRL Limited,. (2005).
- [16] Dz. U., *Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 21 lutego 1995 r. w sprawie rodzaju i zakresu opracowań geodezyjno-kartograficznych oraz czynności geodezyjnych obowiązujących w budownictwie.* (Dz. U. 1995 r. nr 25 poz. 133), 1995. (n.d.) 4–6.
- [17] Dz. U., *Rorządzenie Ministra Transportu I Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty*

- inżynierskie i ich usytuowanie. (Dz. U. 2000 r. nr 63 poz. 735), 2000.
- [18] Dz. U., *Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r. w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci* (Dz. U. 2003 r. nr 89 poz. 82, 2003).
- [19] Dz. U., *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków zarządzania ruchem na drogach oraz wykonywania nadzoru nad tym zarządzaniem* (Dz. U. 177 poz. 1729 z 2003 r.), (2003).
- [20] Dz. U., *Rozporządzenie Rady Ministrów z 25 listopada 2010 roku w sprawie obiektów i robót budowlanych, w sprawach których organem pierwszej instancji jest wojewoda* (Dz. U. Nr 235, poz. 1539), 2010.
- [21] Dz. U., *Ustawa z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne (tekst jednolity Dz. U. 2016 poz. 1629 z późn. zm.)*, 2016.
- [22] Dz. U., *Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (tekst jednolity Dz. U. 2016 poz. 1440 z późn. zm.)*, 2016.
- [23] Dz. U., *Ustawa z dnia 29 stycznia 2004 r. Prawo zamówień publicznych (tekst jednolity Dz. U. 2017 poz. 1579)*, (2017) 1–35.
- [24] Dz. U., *Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (tekst jednolity Dz. U. 2017 poz. 220 z późn. zm.)*, (2017).
- [25] Elvik R., *Meta-analysis of evaluations of public lighting as accident countermeasure*, Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board. 1485 (1995) 112–123.
- [26] GDDKiA, *Wytyczne stosowania drogowych barier ochronnych na drogach krajowych*, (2014) 28.
- [27] GDDKiA O/Kraków, *Wytyczne techniczne dla projektowania oświetlenia przejść dla pieszych na drogach krajowych woj. małopolskiego*, 2016.
- [28] Gibbons R.B., Edwards C., B. W., C. A., *Information report on lighting design for midblock crosswalks, Publication number FHWA-HRT-08-053*, 2008, 2008.
- [29] Górczewska M., Czyżewski D., *Oświetlenie przejść dla pieszych ISSN 0043-5112*, Wiadomości Elektrotechniczne. (2016) 18–21.
- [30] Gradkowski K., *Bezpieczne konstrukcje wsporcze na drogach*, Drog. 2/2010. (2010).
- [31] Green E.R., Agent K.R., Barrett M.L., Pigman J.G., *Street lighting for preventing road traffic injuries*, Cochrane Database Syst. Rev. (2009) CD004728.
- [32] Hansen E.R., Larsen J.S., *Reflection factors for pedestrian's clothing*, Light. Res. Technol. (1979) 154–157.
- [33] IBDiM, *Wymagania bezpieczeństwa biernego dla słupów oświetleniowych lokalizowanych w pasach drogowych*, (2011).

- [34] IESNA, *American National Standard RP 8 00 Recommended Practice Roadway Lighting*, Illuminating Engineering Society of North America, (2000).
- [35] Instytut Ochrony Środowiska Państwowy Instytut Badawczy, *Wskaźniki emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej*, (2017).
- [36] Jamroz K., *Metoda zarządzania ryzykiem w inżynierii drogowej*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2011.
- [37] Jamroz K., Mackun T., i inni, *Metoda wyznaczania obszaru dobrej widoczności na przejściach dla pieszych w Polsce*, Transp. Miej. I Reg. 04/2015. (2015).
- [38] Jamroz z zespołem K., *Ochrona Pieszych. Podręcznik dla organizatorów ruchu pieszego*, Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Gdańsk, Kraków, Warszawa, 2014.
- [39] Jaspers, *Niebieska Księga - Infrastruktura Drogowa*, Warszawa, 2015.
- [40] Jażdżik-Osmólska A., i inni, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, *Metoda oraz wycena kosztów wypadków i kolizji drogowych na sieci dróg w Polsce na koniec roku 2012 z wyodrębnieniem średnich kosztów społecznoekonomicznych zdarzeń drogowych na sieci TEN-T*, Warszawa. (2013).
- [41] Komenda Główna Policji, *SEWIK Baza danych o wypadkach*, (2014).
- [42] Kuprasa K., Praca Zbiorowa pod Redakcją, *Pomiary w elektroenergetyce*, (2007).
- [43] Lenartowicz R., Zdunek W., *Egzamin Kwalifikacyjny, Grupa I, Urządzenia instalacje i sieci elektroenergetyczne*, Dom Wydawniczy Medium, Warszawa, 2010.
- [44] Lutkevich P., Mclean D., Cheung J., *FHWA Lighting Handbook*, Off. Safety/Federal Highw. Adm. (2012) 96.
- [45] Mackun T., Tomczuk P., Jamroz K., Pabjańczyk W., *Audyty BRD przejść dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej na zarządzanych przez ZDM w dzielnicach Śródmieście, Ochota, Praga Południe pod kątem skuteczności oświetlenia tych przejść i zastosowanej organizacji ruchu*, Gdańsk, 2016.
- [46] Mazur J.W., Żagan W., *Samochodowa technika świetlna*, (1997).
- [47] MliR KRBRD, *Wycena kosztów wypadków i kolizji drogowych na sieci dróg w Polsce na koniec roku 2013 z wyodrębnieniem średnich kosztów społeczno-ekonomicznych wypadków na transeuropejskiej sieci transportowej*, (2016).
- [48] Musiał E., *Ochrona przeciwporażeniowa słupowych opraw ulicznych*, Biul. SEP INPE Inf. O Normach I Przep. Elektr. (2001) 86–87.
- [49] Olszewski P., Osińska B., Szagała P., Włodarek P., *Modele prognozowania wypadków drogowych na przejściach dla pieszych. Referat zgłoszony na Konferencję GAMBIT 2018, Politechnika Gdańska 2018.*, n.d.
- [50] Orlik W., *Egzamin kwalifikacyjny elektryka w pytaniach i odpowiedziach*, (2003).

- [51] Orlik W., *Badania i pomiary elektroenergetyczne dla praktyków*, (2007).
- [52] Peczyńska A., *Oświetlenie dróg, a bezpieczeństwo ruchu*, Pol. Drog. 2000/2. (2000) 2000.
- [53] PKN, *PN-K-92002:1997 Komunikacja miejska. Sieć jezdna tramwajowa i trolejbusowa. Wymagania*, Warszawa, 1997.
- [54] PKN, *PN-IEC 60364-7-714 2003 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych*, Warszawa, 2003.
- [55] PKN, *Polska norma. PKN-CEN/TR 13201-1:2007 Oświetlenie dróg Część 1-4: 1. Wybór klas oświetlenia. 2. Wymagania oświetleniowe 3. Obliczenia parametrów oświetleniowych 4. Metody pomiarów parametrów oświetlenia.*, 2007.
- [56] PKN, *PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie*, Warszawa, 2008.
- [57] PKN, *PN-EN 12464-2:2014-05 - wersja angielska Światło i oświetlenie -- Oświetlenie miejsc pracy -- Część 2: Miejsca pracy na zewnątrz*, Warszawa, 2014.
- [58] PKN (2016), *Norma PN-EN 13201:2016 Oświetlenie dróg Część 1-5, CEN/TR, 1. Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia, 2. Wymagania eksploatacyjne, 3. Obliczenia parametrów oświetleniowych, 4. Metody pomiaru efektywności oświetlenia, 5. Wskaźniki efektywności energetycznej*, (2016).
- [59] PKNiM, *PN-E-05125:1976 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa*, Warszawa, 1976.
- [60] PKNiM, *PN-E-05100-1:1998 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami roboczymi gołymi*, Warszawa, 1998.
- [61] Rada Ministrów, *Rozporządzenie Ministrów Energetyki i Energii Atomowej oraz Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 9 kwietnia 1977 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać instalacje elektroenergetyczne i urządzenia oświetleniowe*, 1977.
- [62] Rada Ministrów, *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (tekst jednolity Dz. U, 2013.*
- [63] RMTGM (1999), *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (tekst jednolity Dz. U. 2016 poz. 124)*, 2016.
- [64] Ronald B. Gibbons, Chris Edwards, Brian Williams and C.K.A., *Informational Report on Lighting Design for Midblock Crosswalks*, 2008.
- [65] Schmidt-Clausen H., *Recognition of pedestrians during nighttime traffic*, Proceedings of

- the 11th International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles, National Traffic Safety Administration, Washington, D.C., 1988: pp. 456–459.
- [66] Sharman J., *Lighting of pedestrian crossings*, Light. Journal. Vol. 59, No. 1, P. 35÷37. (1994).
- [67] Simon R.H., Biol F.C., *Road lighting and accidents*, Light. J. (n.d.) 243–247.
- [68] Standards Policy and Strategy Committee, *BS 5489-1:2003 Code of practice for the design of road lighting Part 1: Lighting of roads and public amenity areas*, Br. Stand. 3 (2003).
- [69] Sutkowski T., *Zasady sporządzania dokumentacji projektowej w zakresie elektroenergetyki*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1998.
- [70] Tomczuk P., *Assessment model of luminance contrast of pedestrian figure against background on pedestrian crossing*, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Rev. (2012) 104–107.
- [71] Tomczuk P., *Modelowanie, badania eksperymentalne i ocena jakości oświetlenia sylwetki pieszego na przejściu dla pieszych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Prace Naukowe PW, 2013.
- [72] Transport D. for, *THE DESIGN OF PEDESTRIAN CROSSINGS*, Department for Transport, (2005b), Note 2/95, London, 2009: pp. 1–28.
- [73] U. D., *Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. 2012 poz. 462)*, (2015).
- [74] U. D., *Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity Dz. U. 2017 poz. 1332)*, SEJM RP, Warszawa, 2017.
- [75] UPRD (1997), *Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym*, Dz. Ustaw. (1997) 3113.
- [76] Wanvik P.O., *Effects of road lighting: An analysis based on Dutch accident statistics 1987-2006*, Proceedings of the 11th International Technical Conference on Experimental Safety Vehicles, 2009: pp. 123–128.
- [77] Wiatr J., Orzechowski M., *Poradnik Projektanta Elektryka*, Dom Wydawniczy Medium, Warszawa, 2010.
- [78] Wood J.M., Tyrrell R.A., Carberry T., *Limitations in drivers' ability to recognize pedestrians at night. Human Factors 47 (3). 2005*, Ergonomics. (2005).
- [79] Zalesińska M., *Oświetlenie Drogowe, INPE Podręcznik dla elektryków zeszyty monotematyczne nr 35*, SEP COSiW, 2011.
- [80] Zegeer C.V., *Design and safety of pedestrian facilities. A recommended practice of the Institute of Transportation Engineers*, (1998).

- [81] Zegeer Stewart, R., Huang, H. & Lagerwey, P C., *Safety effects of marked vs unmarked crosswalks at uncontrolled locations: Executive summary and recommended guidelines*, (2002) 35.
- [82] Zielinkiewicz A., *Wpływ nocnych ograniczeń widoczności na bezpieczeństwo i wybrane parametry ruchu drogowego*, (2013) 289.
- [83] *Licht.wissen 03 Roads, paths and squares*, (n.d.) 32–33.
- [84] *Vademecum voetgangersvoorzieningen. Ontwerprichtlijnen voor voetgangersvoorzieningen*, (n.d.).
- [85] *BS EN 13201-2 2003 Road Lighting Part 2 Annex B*, (n.d.).
- [86] *Norma DIN 67523-2 1988-04 Beleuchtung von Fußgängerüberwegen (Zeichen 293 StVO) mit Zusatzbeleuchtung*, Germany, (n.d.).
- [87] *Norma DIN 67523-2 2010-06 Beleuchtung von Fußgängerüberwegen (Zeichen 293 StVO) mit Zusatzbeleuchtung*, Germany, (n.d.).
- [88] *Norma DIN EN 13201-2 2004-04 Straßenbeleuchtung - Teil 2 Gütemerkmale*, (n.d.).
- [89] *Polska norma PN-76/E-02032: Oświetlenie dróg publicznych.*, (1976).
- [90] *Norma NBN L 18-002 „Recommendations for special cases of public lighting*, (1988).
- [91] *ANSI/IESNA RP-8-90 Draft: American National Standard Practice for Roadway Lighting*, (1990).
- [92] *N-SEP-E-004 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa*, Warszawa, 2003.
- [93] *Norma ANSI-IESNA RP-8-00 (R2005) Roadway Lighting*, (2005).
- [94] *ILP Technical Report 12 Lighting of Pedestrian Crossings*, (2007).
- [95] *PN-EN 12767:2008: Bierne bezpieczeństwo konstrukcji wsporczych dla urządzeń drogowych. Wymagania i metody badań.*, 2008.
- [96] *AS/NZS 1158.4:2009 Lighting for roads and public spaces Lighting of pedestrian crossings*, Australia, 2009.
- [97] *Linee guida per la progettazione degli attraversamenti pedonali Automobile Club D'Italia*, (2011).
- [98] *Rozporządzenie Szwedzkiej Administracji Transportowej - Krav for Vägars och gators utformning - Requirements for road and street design*, 2012.
- [99] *Veg- og gateutforming Håndbok N100, Vegdirektoratet*, (2014) 179.
- [100] *Poradnik oświetlenia drogowego SAT Vägbelysningshandboken*, (2014) 101.
- [101] *Traffic Safety Basic Facts 2015 - Pedestrians*, 2015.
- [102] *Technicke Kvalitativni podminky staveb pozamnich komunikaci, Kapitola 15.2: Osvetleni pozemnich komunikaci*, (2015) 1–24.
- [103] *Zalecenia SAT Rad for Vagars och gators utformning*, 2015.

[104] *Traffic Safety Basic Facts 2016 - Pedestrians*, 2016.

[105] *SLG Guideline (Schweizer Licht Gesellschaft) 202-2016*, (2016).

12. WYBRANE POJĘCIA I TERMINY

Bryła fotometryczna i biegunowy wykres rozsyłu światła - Opisuje sposób, w jaki rozchodzi się w przestrzeni strumień świetlny pochodzący od oprawy oświetleniowej często przedstawiany za pomocą krzywych na wykresie. Aby można było dokonywać porównań pomiędzy różnymi oprawami oświetleniowymi, krzywe rozsyłu strumienia pokazywane są zazwyczaj dla odniesieniowego strumienia świetlnego o umownej wartości 1000 lm (1000 lm = 1 klm). Na wykresie jest to zaznaczone poprzez podanie jednostki [cd/klm].

Biegunkowy wykres fotometryczny otrzymuje się przecinając bryłę fotometryczną dwoma prostopadłymi do siebie płaszczyznami pionowymi przechodzącymi przez oś oprawy oświetleniowej. W wyniku tego otrzymuje się dwie krzywe będące rzutami bryły na płaszczyznach intensywności oświetlenia $C = 0^\circ - 180^\circ$ (poprzeczną) i $C = 90^\circ - 270^\circ$ (osiową).

Całkowity współczynnik odbicia ρ - Jest to stosunek strumienia świetlnego odbitego do strumienia padającego na daną powierzchnię w danych warunkach. Stosowany jest np. do określenia współczynnika odbicia materiału, w jaki jest ubrany pieszy.

Długość przejścia dla pieszych - Długość przejścia dla pieszych związana jest z drogą, jaką przebywa pieszy pokonując jezdnię. W ujęciu bezpieczeństwa ruchu drogowego związanego z narażeniem pieszych rozumiana jest jako szerokość jezdni „j”.

W odniesieniu do obliczeń i pomiarów oświetleniowych długość przejścia wyznaczana jest w osi poprzecznej przejścia dla pieszych i określana przez sumę wymiaru poprzecznego jezdni „j” łącznie ze strefami oczekiwania (so_1 i so_2 – zazwyczaj 1 m lub szerszej).

Długość przejścia dla pieszych z wyspą azylu - Miara długości „j”, która występuje przy przejściach z wyspą azylu lub wąskim pasem dzielącym. Jest to długość drogi pieszego od krawężnika do krawężnika szerszej jezdni.

W celu przeprowadzenia obliczeń i pomiarów oświetleniowych na przejściu z wyspą azylu długość przejścia wyznaczana jest w osi poprzecznej przejścia dla pieszych i określana przez sumę wymiaru poprzecznego szerszej jezdni „j” i stref oczekiwania (so_1 i so_2). Długość wyspy azylu określa wymiar jednej ze stref oczekiwania np. „ so_1 ”.

Kontrast luminancji C - Ocena różnicy w wyglądzie (poziomie wartości luminancji) dwóch lub większej liczby części pola widzenia postrzeganych jednocześnie lub kolejno. Dla obiektów obserwowanych jednocześnie na jezdni jest to różnica luminancji sylwetki pieszego i luminancji tła, odniesiona do luminancji tła.

Luksomierz - Przyrząd pomiarowy do pomiaru wartości natężenia oświetlenia w luksach [lx].

Luminancja L , jednostka: [cd/m²] kandela na metr kwadratowy – nit. Opisuje intensywność wrażenia świetlnego odbieranego przez ludzkie oko spoglądające na powierzchnię oświetlaną lub powierzchnię świecąca (np. źródło światła).

Luminancja świetlna jest to iloraz strumienia świetlnego wychodzącego, padającego lub przenikającego przez elementarne pole powierzchni otaczające rozpatrywany punkt i rozchodzącego się w określonym kierunku w elementarnym stożku obejmującym ten kierunek przez iloczyn kąta przestrzennego tego stożka i rzutu prostokątnego elementarnego pola na płaszczyznę prostopadłą do danego kierunku.

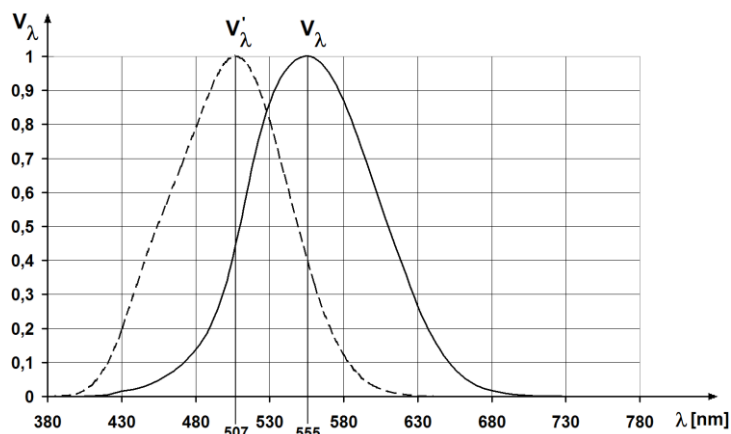
Może być zdefiniowana jako intensywność jaskrawości przypisywana danej powierzchni (np. sylwetki pieszego lub jezdni). Poziom luminancji nawierzchni jezdni jest jednym z podstawowych kryteriów stosowanym w oświetleniu dróg. Pomiar luminancji przeprowadzany jest za pomocą miernika luminancji.

Miernik luminancji - Przyrząd pomiarowy do pomiaru wartości luminancji w kandelach na metr kwadratowy [cd/m²]. Pomiar przeprowadza się za pomocą miernika punktowego lub matrycowego.

Natężenie oświetlenia E , jednostka: [lx] luks - Jest to gęstość powierzchniowa strumienia świetlnego padającego na daną płaszczyznę, czyli jest to stosunek strumienia świetlnego padającego na płaszczyznę do jej pola powierzchni. Jeden luks (1 lx) jest to natężenie oświetlenia wytworzone przez strumień świetlny 1 lumena równomiernie rozłożonego na powierzchni o polu 1 m². Pomiar natężenia oświetlenia przeprowadzany jest za pomocą luksomierza.

Obszar przejścia dla pieszych - Jest to obszar, w którym może przebywać pieszy lub (inny niechroniony uczestnik ruchu drogowego). Rozumiany jako obszar jezdni i stref oczekiwania na przejście podlegający oświetleniu.

Obserwator fotometryczny normalny wg. CIE - Jest to idealny obserwator, którego krzywa względnej czułości widmowej oka jest zgodna z funkcją $V(\lambda)$ w warunkach widzenia fotopowego (dziennego) i funkcją $V'(\lambda)$ w warunkach widzenia skotopowego (zmierzchowego).



Źródło: P. Tomczuk

Ogólny wskaźnik oddawania barw Ra (CRI), oraz wskaźnik wierności barwy (Rf,j) - Wskaźniki odpowiadają, za jakość światła emitowanego przez dane źródło. Współczynnik oddawania barw i wskaźnik wierności barwy są liczbową miarą wierności wyglądu barw przedmiotów oświetlonych danym światłem w porównaniu do ich wyglądu przy oświetleniu światłem źródła wzorcowego (tj. białym iluminantem traktowanym, jako źródło odniesienia tzw. naturalnym światłem dziennym). Im wartość bliższa 100 tym wierniej odwzorowane są barwy oświetlanej powierzchni. Pomiar wskaźników Ra lub Rf,j przeprowadzany jest najczęściej za pomocą spektrometru.

Oprawa oświetleniowa - Urządzenie służące do rozdzielenia, filtracji i przekształcania strumienia świetlnego wysyłanego przez źródło (lub źródła) światła, zawierające wszystkie niezbędne elementy i podzespoły do przymocowania i połączenia z instalacją elektryczną.

Oświetlenie dedykowane - Rozwiązanie techniczne do oświetlenia przejścia dla pieszych polegające na zastosowaniu opraw oświetleniowych o specyficznych, asymetrycznych rozsyłach strumienia świetlnego, umieszczonych w odpowiedniej konfiguracji (przed przejściem dla pieszych z kierunków ruchu pojazdów).

Oś przejścia dla pieszych - Oś przejścia jest linią prostą, prostopadłą do kierunku ruchu pojazdów, przechodzącą przez środek przejścia dla pieszych w płaszczyźnie jezdni i strefach oczekiwania.

Rozkład widmowy promieniowania - Charakteryzuje cechy jakościowe źródeł światła. Rozkład widmowy jest to zależność określonej cechy ilościowej (najczęściej mocy lub energii) od długości fali. W technice świetlnej podawany często w zakresie widzialnym. Pomiar widma przeprowadzany jest za pomocą spektrometru.

Szerokość przejścia dla pieszych - Szerokość przejścia dla pieszych związana jest z szerokością oznakowania poziomowego na jezdni (pasy) określoną w kierunku wzdłużnym jezdni. Dla każdego

kierunku ruchu wyznaczone są krawędzie przejścia znajdujące się na krawędzi oznakowania poziomego.

Strefy oczekiwania - Są to obszary znajdujące się poza jezdnią, po jej obydwu stronach przeznaczone do oczekiwania pieszego na przejście przez jezdnię (np. chodniki, ciągi piesze i pieszo rowerowe). Za podstawową długość strefy oczekiwania przyjmuje się wymiar 1 m. W szczególnych przypadkach podstawowy wymiar obszaru można zwiększyć do większych wartości. Szerokość strefy oczekiwania wyznacza się identycznie jak szerokość przejścia dla pieszych, poprzez krawędzie oznakowania poziomego.

Jeżeli jezdnie są rozdzielone pasem dzielącym lub wyspą azylu o szerokości minimum 1 m, to przejścia pod względem oświetleniowym można rozdzielić i analizować oddzielnie, w tym przypadku można pominąć z analizy oświetleniowej jeden kierunek ruchu.

Strefa przejściowa - Rozwiązanie techniczne stosowane do oświetlenia przejścia dla pieszych realizowane z wykorzystaniem podstawowych opraw oświetlenia ulicznego (drogowego), a polegające na stopniowej zmianie poziomu natężenia oświetlenia na jezdni przed i za przejściem dla pieszych.

Sprawność oprawy oświetleniowej - Stosunek strumienia świetlnego oprawy do strumienia świetlnego źródła światła. Parametr ten określa, jaka część strumienia świetlnego źródła światła po przetworzeniu przez układ optyczno-świetlny jest wysyłana przez oprawę. Sprawność oprawy nie przekracza 100%.

Skuteczność świetlna (źródła światła) η , jednostka: [lm/wat] lumen na Wat - Parametr ten określa iloraz emitowanego strumienia świetlnego Φ [lm], do zużytej mocy czynnej P [W].

Słup oświetleniowy - Konstrukcja wsporcza osadzona bezpośrednio w gruncie lub za pomocą fundamentu, służąca do zamocowania oprawy oświetleniowej na określonej wysokości.

Strumień świetlny Φ , jednostka: [lm] lumen - Jest to całkowita ilość światła emitowanego z danego źródła. Wielkość tą wyprowadza się ze strumienia energetycznego (całkowita moc wysyłana, przenoszona lub przejmowana w postaci promieniowania tzw. moc promienista) na podstawie stopnia jego oddziaływania na oko normalnego obserwatora fotometrycznego (odniesieniowego wg. CIE).

Strumień świetlny jest także definiowany jako moc promieniowania widzialnego (promieniowania o długości fali elektromagnetycznej w zakresie od $\lambda_1=380$ nm do $\lambda_2=780$ nm). Wartość strumienia świetlnego jest proporcjonalna do iloczynu strumienia energetycznego F_λ i widmowej względnej skuteczności świetlnej $V(\lambda)$. Przy czym K_m jest fotometrycznym równoważnikiem promieniowania (fotopowy: $K_m = 683$ lm/W).

Pomiar strumienia świetlnego przeprowadza się w warunkach laboratoryjnych za pomocą sfery całkującej (kuli Ulbricht'a).

Światło - Jest promieniowaniem widzialnym (elektromagnetycznym) zdolnym do wywoływania bezpośrednio wrażeń wzrokowych. Przyjmuje się, że promieniowanie widzialne zawiera się w zakresie $380 \div 780$ nm.

Światłość I, jednostka: [cd] kandela - Określa ilość światła wychodzącego ze źródła światła lub oprawy oświetleniowej w określonym kierunku. Zdefiniowana poprzez stosunek strumienia świetlnego, wysyłanego przez źródło promieniowania w elementarnym kącie przestrzennym, obejmującym dany kierunek, do wartości tego elementarnego kąta przestrzennego.

Temperatura barwowa T_c jednostka: [K] Kelwin - Parametr opisujący źródło światła. Temperatura barwowa określana jest przez porównanie barwy światła wysyłanego przez dane źródło, z odpowiadającą mu barwą ciała czarnego (promieniującego zgodnie z prawem Plancka) o określonej temperaturze. Pomiar temperatury barwowej przeprowadzany jest najczęściej za pomocą spektrometru.

Wysięgnik - Element rurowy łączący słup oświetleniowy z oprawą oświetleniową.

WYKAZ WYBRANYCH OZNACZEŃ:

Symbol	Definicja
A	wiek obserwatora [lata]
C	Kontrast luminancji (pieszego z tłem)
C-γ	Współrzędne biegunowe (C- gamma) opisujące krzywą rozsyłu światłości oprawy oświetleniowej
CIE	Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa (ang.) International Commission On Illumination)
D	położenie geometryczne oprawy oświetleniowej
E_h	wartość natężenia oświetlenia w punkcie pomiarowym na płaszczyźnie poziomej [lx]
$E_{h\bar{s}r}$	wartość średnia arytmetyczna natężenia oświetlenia na powierzchni poziomej [lx]
E_{hmin}	wartość minimalna natężenia oświetlenia na powierzchni poziomej [lx]
E_{hmax}	wartość maksymalna natężenia oświetlenia na powierzchni poziomej [lx]
E_v	wartość natężenia oświetlenia w punkcie pomiarowym na płaszczyźnie pionowej [lx]
$E_{v\bar{s}r}$	wartość średnia arytmetyczna natężenia oświetlenia na powierzchni pionowej [lx]
E_{vmin}	wartość minimalna natężenia oświetlenia na powierzchni pionowej [lx]
E_{vmax}	wartość maksymalna natężenia oświetlenia na powierzchni pionowej [lx]
E_{\odot}	pionowe natężenie oświetlenia wytwarzane przez oprawę w płaszczyźnie oka obserwatora [lx]
F_{CP}	współczynnik polaryzacji kontrastu

Symbol	Definicja
F_L	funkcja luminancji w modelu STV
F_Φ	funkcja luminancji strumienia w modelu STV
h	wysokość usytuowania oczu obserwatora [m]
h_p	wysokość środka geometrycznego obserwowanego obiektu [m]
H	wysokość zamocowania oprawy [m]
j	- szerokość jezdni [m]
K	parametr zależny od wieku obserwatora
k1 i k2	kierunek pomiaru parametrów E_v związany z kierunkiem ruchu pojazdów
L_a	luminancja adaptacji oczu obserwatora [cd/m^2]
L_T	luminancja tła (jezdni za pieszym) albo większej części pola widzenia (otoczenia przejścia dla pieszych) [cd/m^2].
L_{sr}	luminancja średnia [cd/m^2]
L_o	luminancja obiektu (np. sylwetki pieszego) [cd/m^2]
L_v	luminancja równoważna zamglenia (ang. Veiling Luminance) [cd/m^2]
O	położenie geometryczne oczu obserwatora
P	położenie geometryczne obserwowanego obiektu
p	całkowity współczynnik odbicia danego materiału [%]
s	długość pola pomiarowego [m]
so1, so2	strefa oczekiwania 1 i 2
t	czas obserwacji obiektu [s]
U_l	równomierność wzdłużna luminancji
U_o	równomierność ogólna luminancji
U_{oh}	równomierność ogólna poziomego natężenia oświetlenia E_h
U_{ov n}	równomierność ogólna pionowego natężenia oświetlenia E_v z kierunku n
α	rozmiar kątowy obiektu [stopień]
$\Delta L_{threshold}$	różnica luminancji potrzebna do uzyskania minimalnej widoczności pomiędzy obiektem o określonych wymiarach kątowych i jego tłem [cd/m^2]
ΔL_{actual}	różnica luminancji pomiędzy badanym obiektem a jego tłem w warunkach rzeczywistych [cd/m^2]
$a(\alpha, L_T)$	parametr zależny od rozmiaru kąowego obiektu i luminancji tła
AF	współczynnik wieku obserwatora (ang. Age Factor)
STV	model widzialności małego obiektu na drodze (ang. Small Target Visibility)
VL	poziom widzialności w modelu STV (ang. Visibility Level)
w	szerokość pola pomiarowego [m]
x_w	wymiar siatki pomiarowej związanej z szerokością przejścia dla pieszych [m]
x_s	wymiar siatki pomiarowej związanej z długością przejścia dla pieszych [m]

ZAŁĄCZNIK 1 – REKOMENDOWANY SPRZĘT POMIAROWY

ZAŁĄCZNIK 2 – PRZYKŁAD POMIARÓW OŚWIETLENIA

**ZAŁĄCZNIK 3 – PROCEDURA OKREŚLENIA KLASY REFLEKSYJNEJ
NAWIERZCHNI JEZDNI ORAZ PRZYKŁAD WYZNACZANIA KLASY
OŚWIETLENIA ULICY**

ZAŁĄCZNIK 4 – PRZYKŁAD DOKUMENTACJI PROJEKTOWEJ

**ZAŁĄCZNIK 5 – PROCEDURA ODBIORU – WZÓR KARTY POMIARU
PARAMETRÓW OŚWIETLENIA**

**ZAŁĄCZNIK 6 – PROCEDURA ODBIORU – WZÓR RAPORTU Z POMIARU
PARAMETRÓW OŚWIETLENIA**

**ZAŁĄCZNIK 7 – PROCEDURA KONTROLNA – WZÓR KARTY POMIARU
PARAMETRÓW OŚWIETLENIA**

**ZAŁĄCZNIK 8 – PROCEDURA KONTROLNA – WZÓR RAPORTU Z POMIARU
PARAMETRÓW OŚWIETLENIA**

**ZAŁĄCZNIK 9 – PRZEGLĄD WYBRANYCH ROZWIĄZAŃ
OŚWIETLENIOWYCH**

ZAŁĄCZNIK 10 - KATALOG DOBRYCH I ZŁYCH PRAKTYK

Załączniki od nr 1 do 10 znajdują się w oddzielnym dokumencie pt. „Raport z przeprowadzonych analiz i studiów – Załączniki”

Spis Rysunków:

RYS. 2.1 UDZIAŁ PIESZYCH OFIAR ŚMIERTELNYCH W CZASIE NOCY, ŚWITU I ZMIERZCHU DO DOBY W KRAJACH UE W 2013 R.	5
RYS. 2.2 UDZIAŁ PIESZYCH OFIAR ŚMIERTELNYCH W CZASIE NOCY, ŚWITU I ZMIERZCHU DO DOBY W KRAJACH UE W 2014 R.	5
RYS. 2.3 LICZBA WYPADKÓW W LATACH 2010 - 2016 W POLSCE	7
RYS. 2.4 LICZBA OFIAR ŚMIERTELNYCH W LATACH 2010 - 2016 W POLSCE	8
RYS. 2.5 LICZBA OFIAR ŚMIERTELNYCH W LATACH 2010 - 2016 W POLSCE WG INFRASTRUKTURY	10
RYS. 2.6 UDZIAŁ OFIAR ŚMIERTELNYCH NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH/PRZEJAZDACH DLA ROWERZYSTÓW W LATACH 2010 - 2016 W POLSCE	10
RYS. 2.7 OFIARY ŚMIERTELNE PRZY ŚWIETLE DZIENNYM I W POZOSTAŁYM OKRESIE DOBY NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH I PRZEJAZDACH DLA ROWERZYSTÓW (2010 - 2016)	11
RYS. 2.8 PRZYCZYNY WYPADKÓW ZE SKUTKIEM ŚMIERTELNYM W PORZE NOCY, ZMIERZCHU I ŚWITU, NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH W LATACH 2010 – 2016 W POLSCE	13
RYS. 2.9 LICZBA ZABITYCH (2010 - 2016) NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH W DOBIE WG WOJEWÓDZTW	14
RYS. 2.10 WSKAŹNIK ZABITYCH (2010 - 2016) NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH W DOBIE WG WOJEWÓDZTW NA 1 MLN MIESZKAŃCÓW	14
RYS. 2.11 LICZBA OFIAR ŚMIERTELNYCH (2010 - 2016) NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH POZA PORĄ ŚWIATŁA DZIENNEGO WG WOJEWÓDZTW	16
RYS. 2.12 WSKAŹNIK OFIAR ŚMIERTELNYCH (2010 - 2016) NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH POZA PORĄ ŚWIATŁA DZIENNEGO NA 1 MLN MIESZKAŃCÓW	16
RYS. 2.13 GODZINA WSCHODU I ZACHODU SŁOŃCA W ROKU DLA M. GDAŃSK. ORIENTACYJNE GODZINY SZCZYTU PORANNEGO I POPOŁUDNIOWEGO W TRANSPORCIE	19
RYS. 3.1 PODSTAWOWE WYMAGANIA FUNKCJONALNE - OŚWIETLENIE PIESZEGO	24
RYS. 3.2 WYTWORZENIE LUMINANCJI SYLWETKI PIESZEGO W WARUNKACH OŚWIETLENIA ULICZNEGO	25
RYS. 3.3 KRZYWA CZĘSTOŚCI WZGLĘDNEJ SKUMULOWANEJ ZMIENNOŚCI WYSTĘPOWANIA WSPÓŁCZYNNIKÓW ODBICIA UBRAŃ NOSZONYCH PRZEZ PIESZYCH	26
RYS. 3.4 PRZYKŁAD LUMINANCJI SYLWETKI PIESZEGO UZALEŻNIONY OD WSPÓŁCZYNNIKA ODBICIA MATERIAŁU	27
RYS. 3.5 PRZYKŁAD ZMIANY KONTRASTU LUMINANCJI SYLWETKI PIESZEGO. TRZY SYLWETKI PO LEWEJ STRONIE – KONTRAST DODATNI, SYLWETKA W ŚRODKU – BRAK KONTRASTU, TRZY SYLWETKI PO PRAWEJ STRONIE – KONTRAST UJEMNY	27
RYS. 3.6 KONTRAST LUMINANCJI – PO LEWEJ WYSOKI KONTRAST DODATNI, PO PRAWEJ WYSOKI KONTRAST UJEMNY	28
RYS. 3.7 DODATNI KONTRAST LUMINANCJI SYLWETKI PIESZEGO Z TŁEM, (ZAKRES OD 0 DO ∞)	29
RYS. 3.8 UJEMNY KONTRAST LUMINANCJI SYLWETKI PIESZEGO Z TŁEM, (ZAKRES DO 0 DO -1)	29
RYS. 3.9 JEDNOSTRONNY SYSTEM ROZMIESZENIA LATARŃ	33
RYS. 3.10 NAPRZECIWLEGŁY SYSTEM ROZMIESZENIA LATARŃ	33
RYS. 3.11 NAPRZEMIANLEGŁY SYSTEM ROZMIESZENIA LATARŃ	33
RYS. 3.12 SYSTEM JEDNOSTRONNY W PASIE DZIELĄCYM	34
RYS. 3.13 SYSTEM MASZTOWY ROZMIESZCZENIA LATARŃ	34
RYS. 3.14 ŁAŃCUCHOWY SYSTEM	34

RYS. 3.15 PRZEWIESZKOWY SYSTEM ROZMIESZCZENIA LATARŃ	34
RYS. 3.16 PRZYKŁADOWA PLAMA ŚWIETLANA WIĄZKI ŚWIATEŁ MIJANIA NA EKRANIE FOTOMETRYCZNYM	35
RYS. 3.17 TEORETYCZNY ZASIĘG WIĄZKI ŚWIATEŁ MIJANIA – KOLOREM CZERWONY: WARTOŚĆ 1 LX.....	36
RYS. 3.18 OŚWIETLENIE SYLWETKI PIESZEGO ZA POMOCĄ ŚWIATEŁ MIJANIA	36
RYS. 3.19 SYMULACJA OBSERWACJI SYLWETEK PIESZYCH Z PERSPEKTYWY KIEROWCY W PORZE NOCNEJ PRZY WYKORZYSTANIU ŚWIATEŁ MIJANIA W ODLEGŁOŚCI 45 M OD OSI PRZEJĘCIA DLA PIESZYCH	37
RYS. 3.20 SYMULACJA OBSERWACJI SYLWETEK PIESZYCH Z PERSPEKTYWY KIEROWCY W PORZE NOCNEJ, PRZY WYKORZYSTANIU ŚWIATEŁ MIJANIA W ODLEGŁOŚCI 25 M OD OSI PRZEJĘCIA DLA PIESZYCH	37
RYS. 3.21 PRZYKŁADOWA PLAMA ŚWIETLANA WIĄZKI ŚWIATEŁ DROGOWYCH NA EKRANIE FOTOMETRYCZNYM	38
RYS. 3.22 TEORETYCZNY ZASIĘG WIĄZKI ŚWIATEŁ DROGOWYCH (1 LX)	38
RYS. 3.23 OŚWIETLENIE SYLWETKI PIESZEGO ZA POMOCĄ ŚWIATEŁ DROGOWYCH	39
RYS. 3.24 SYMULACJA OBSERWACJI SYLWETEK PIESZYCH Z PERSPEKTYWY KIEROWCY W PORZE NOCNEJ, PRZY WYKORZYSTANIU ŚWIATEŁ DROGOWYCH W ODLEGŁOŚCI 45M OD OSI PRZEJĘCIA DLA PIESZYCH	39
RYS. 3.25 OBSERWACJA SYLWETKI PIESZEGO Z PERSPEKTYWY KIEROWCY W PORZE NOCNEJ, PRZY WYKORZYSTANIU ŚWIATEŁ DROGOWYCH W ODLEGŁOŚCI 25 M OD OSI PRZEJĘCIA DLA PIESZYCH	40
RYS. 3.26 OBSERWACJA ZBLIŻAJĄCEGO SIĘ DO PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH POJAZDU NA NIEOŚWIETLONYM ODCINKU DROGI, POZA OBSZAREM ZABUDOWANYM, Z PERSPEKTYWY PIESZEGO	45
RYS. 3.27 OBSERWACJA ZBLIŻAJĄCEGO SIĘ DO PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH POJAZDU W OBSZARZE ZABUDOWANYM Z PERSPEKTYWY PIESZEGO	46
RYS. 3.28 OŚWIETLENIE PŁASZCZYZNY HORYZONTALNEJ PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH.....	47
RYS. 3.29 PIONOWE EV I POZIOME EH NATĘŻENIE OŚWIETLENIA.....	48
RYS. 3.30 PŁASZCZYZNY POMIAROWE NATĘŻENIA OŚWIETLENIA EV (WERTYKALNE) I EH NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH	48
RYS. 3.31 PROCEDURA WYZNACZANIA LUMINANCJI OBIEKTÓW TESTOWYCH NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH I OBLICZANIA KONTRASTU LUMINANCJI OBIEKTU Z TŁEM	50
RYS. 3.32 WYMIARY ANTROPOMETRYCZNE OBIEKTU WYTYPOWANEGO DO POMIARU LUMINANCJI NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH	51
RYS. 3.33 OBIEKT WYKORZYSTYWANY DO BADAŃ KONTRASTU NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH	51
RYS. 3.34 GEOMETRIA POMIARU LUMINANCJI OBIEKTU TESTOWEGO	52
RYS. 3.35 USTAWIENIE OBIEKTU TESTOWEGO NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH.....	54
RYS. 3.36 POWIERZCHNIE POMIAROWE LUMINANCJI	54
RYS. 3.37 POMIAR LUMINANCJI OBIEKTÓW Z DWÓCH KIERUNKÓW OBSERWACJI (SKALA LOGARYTMICZNA LOG ₂ , JEDNOSTKA CD/M ²)	55
RYS. 3.38 WYNIKI POMIARU LUMINANCJI OBIEKTÓW L ₀ DLA DWÓCH KIERUNKÓW OBSERWACJI	56
RYS. 3.39 OBLICZONY KONTRAST LUMINANCJI C OBIEKTÓW Z TŁEM DLA DWÓCH KIERUNKÓW OBSERWACJI	57
RYS. 3.40 OBIEKT KRYTYCZNY WYKORZYSTYWANY DO BADAŃ WIDZIALNOŚCI METODĄ STV	59
RYS. 3.41 ZOBRAZOWANIE WARTOŚCI KĄTA BRYŁOWEGO OBSERWOWANEGO OBIEKTU	62
RYS. 3.42 SKALA OCENY WIDZIALNOŚCI OBIEKTU VL W METODZIE STV	63
RYS. 3.43 PODZIAŁ PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH	66
RYS. 3.44 PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH USYTUOWANE PRZY SKRZYŻOWANIU ORAZ NA ODCINKU POMIĘDZY SKRZYŻOWANIAMI	67

RYS. 3.45 KLASYFIKACJA PRĘDKOŚCI POJAZDÓW ZE WZGLĘDU NA BEZPIECZEŃSTWO PIESZYCH	68
RYS. 3.46 WIDOCZNOŚĆ PRZY DOJEŹDZIE DO PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH USYTUOWANEGO NA ODCINKU PROSTOLINIOWYM I KRZYWOLINIOWYM	69
RYS. 3.47 DOSTRZEGALNOŚĆ PRZY DOJEŹDZIE DO PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH USYTUOWANEGO NA ŁUKU PIONOWYM WYPUKŁYM	69
RYS. 3.48 PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH WYZNACZONE PRZEZ 1, 2, 3 I 4 PASY RUCHU	70
RYS. 3.49 PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH NA JEZDNI JEDNOKIERUNKOWEJ I DWUKIERUNKOWEJ	70
RYS. 3.50 DROGA ROWEROWA Z RÓŻNYM USYTUOWANIEM WZGLĘDEM TARCZY SKRZYŻOWANIA	71
RYS. 3.51 JEDNOSTRONNY SYSTEM UMIESZCZENIA LATARŃ	77
RYS. 3.52 JEDNOSTRONNY SYSTEM UMIESZCZENIA LATARŃ – ZDJĘCIE LOTNICZE Z ZAZNACZONYMI SŁUPAMI	78
RYS. 3.53 LATARNIE UMIESZCZONE OBUSTRONNIE, NAPRZEMIENNIE. PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH POZA SKRZYŻOWANIEM	78
RYS. 3.54 LATARNIE UMIESZCZONE OBUSTRONNIE, NAPRZEMIENNIE – ZDJĘCIE LOTNICZE Z ZAMIESZCZONYMI SŁUPAMI	79
RYS. 3.55 SYSTEM DWURZĘDOWYCH LATARŃ UMIESZCZONYCH W PASIE DZIELĄCYM PRZY LEWYCH KRAWĘDZIACH JEZDNI. PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH POZA SKRZYŻOWANIEM	79
RYS. 3.56 SYSTEM DWURZĘDOWYCH LATARŃ UMIESZCZONYCH W PASIE DZIELĄCYM PRZY LEWYCH KRAWĘDZIACH JEZDNI. PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH POZA SKRZYŻOWANIEM	80
RYS. 3.57 JEDNOSTRONNY SYSTEM LATARŃ. DEDYKOWANE OŚWIETLENIE „Y” DLA PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH. PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH POZA SKRZYŻOWANIEM	80
RYS. 3.58 JEDNOSTRONNY SYSTEM LATARŃ – ZDJĘCIE LOTNICZE Z OZNACZONYM SŁUPEM	81
RYS. 3.59 OŚWIETLENIE MASZTOWE NA SKRZYŻOWANIU SKANALIZOWANYM. PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH NA SKRZYŻOWANIU	81
RYS. 3.60 OŚWIETLENIE MASZTOWE NA SKRZYŻOWANIU SKANALIZOWANYM – Z OZNACZONYMI MASZTAMI	82
RYS. 3.61 SYSTEM JEDNORZĘDOWYCH LATARŃ W PASIE DZIELĄCYM. OPRAWY TZW. PODWÓJNY „V” PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH NA SKRZYŻOWANIU	82
RYS. 3.62 SYSTEM JEDNORZĘDOWYCH LATARŃ W PASIE DZIELĄCYM – ZDJĘCIE LOTNICZE Z OZNACZONYMI SŁUPAMI	83
RYS. 3.63 OŚWIETLENIE MASZTOWE NA SKRZYŻOWANIU Z RUCHEM OKRĘŻNYM	83
RYS. 3.64 OŚWIETLENIE MASZTOWE NA SKRZYŻOWANIU Z RUCHEM OKRĘŻNYM. PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH OŚWIETLONE POJEDYNCZĄ OPRAWĄ	84
RYS. 3.65 OŚWIETLENIE MASZTOWE NA SKRZYŻOWANIU Z RUCHEM OKRĘŻNYM – ZDJĘCIE LOTNICZE Z OZNACZONYMI OŚWIETLENIEM MASZTOWYM	84
RYS. 3.66 SYSTEM OŚWIETLENIA SKRZYŻOWANIA Z RUCHEM OKRĘŻNYM POZA OBSZAREM ZABUDOWANYM. LATARNIE TYPU POJEDYNCZY „V” ZLOKALIZOWANE PRZY PRAWEJ KRAWĘDZI JEZDNI	85
RYS. 3.67 SYSTEM OŚWIETLENIA SKRZYŻOWANIA Z RUCHEM OKRĘŻNYM PO OBSZAREM ZABUDOWANYM. LATARNIE TYPU POJEDYNCZY „V”. PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH OŚWIETLONE POJEDYNCZĄ OPRAWĄ	85
RYS. 3.68 SYSTEM OŚWIETLENIA SKRZYŻOWANIA Z RUCHEM OKRĘŻNYM POZA OBSZAREM ZABUDOWANYM. ZDJĘCIE LOTNICZE Z OZNACZONYMI SŁUPAMI	86
RYS. 3.69 AUTONOMICZNY SYSTEM OŚWIETLENIA PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH Z ZASTOSOWANIEM DODATKOWEGO ZNAKU D-6 Z PULSATORAMI	86
RYS. 3.70 AUTONOMICZNY SYSTEM OŚWIETLENIA PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH – ZDJĘCIE LOTNICZE Z OZNACZONYM I SŁUPAMI	87

RYS. 3.71 AUTONOMICZNY SOLARNY SYSTEM OŚWIETLENIA PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH ZLOKALIZOWANYCH NA SKRZYŻOWANIU.	87
RYS. 3.72 LATARNIE UMIESZCZONE W PASIE DZIELĄCYM O SZEROKOŚCI MNIJSZEJ NIŻ 6,0 M. PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH NA SKRZYŻOWANIU.....	88
RYS. 3.73 LATARNIE UMIESZCZONE W PASIE DZIELĄCYM O SZEROKOŚCI MNIJSZEJ NIŻ 6,0 M. ZDJĘCIE LOTNICZE Z OZNACZONYMI SŁUPAMI.....	88
RYS. 4.1 ZALECENIA DOTYCZĄCE OBSZARÓW JEZDNI I STREF OCZEKIWANIA W CZECHACH W ZALEŻNOŚCI OD KONFIGURACJI JEZDNI ...	93
RYS. 4.2 SIATKA DO POMIARU PIONOWEGO NATĘŻENIA OŚWIETLENIA STOSOWANA W CZECHACH.....	94
RYS. 4.3 REKOMENDOWANY MONTAŻ OŚWIETLENIA W OTOCZENIU PRZEJŚCIA	95
RYS. 4.4 ROZMIESZCZANIE OPRAW OŚWIETLENIOWYCH POD KASETONEM D6 WG NORMY DIN [86], [87].....	96
RYS. 4.5 GEOMETRIA POMIARU PARAMETRÓW OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH WG NORMY [87]	98
RYS. 4.6 SCHEMAT OŚWIETLENIA PRZEJŚCIA W KONTRAŚCIE UJEMNYM WG REKOMENDACJI W SZWECJI.....	100
RYS. 4.7 SCHEMAT OŚWIETLENIA PRZEJŚCIA W KONTRAŚCIE DODATNIM WG REKOMENDACJI W SZWECJI	101
RYS. 4.8 SCHEMAT REKOMENDOWANEGO OŚWIETLENIA PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH W SZWAJCARII	101
RYS. 4.9 PŁASZCZYZNY POMIAROWE NATĘŻENIA OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH WEDŁUG ZALECEŃ TECHNICAL REPORT 12	104
RYS. 4.10 USYTUOWANIE PŁASZCZYZN POMIAROWYCH PIONOWEGO NATĘŻENIA OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH O SZEROKOŚCI PONIŻEJ I POWYŻEJ 5 M.....	109
RYS. 4.11 SCHEMAT ROZMIESZCZENIA OPRAW OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH W AUSTRALII I NOWEJ ZELANDII	110
RYS. 4.12 PUNKTY POMIARU PIONOWEGO NATĘŻENIA OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH ZGODNIE Z NORMĄ AS/NZS 1158.1	111
RYS. 4.13 DIAGRAM WYBORU GŁÓWNYCH KLAS OŚWIETLENIOWYCH.....	125
RYS. 5.1 LOKALIZACJA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH W DZIELNICACH WARSZAWY: ŚRÓDMIEŚCIE, OCHOTA, PRAGA POŁUDNIE	138
RYS. 5.2 PODSTAWOWA GEOMETRIA PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH Z ZAZNACZENIEM PRZYJĘTYCH PUNKTÓW POMIAROWYCH.....	139
RYS. 5.3 KLASY POZIOMEJ NATĘŻENIA OŚWIETLENIA C NA 939 PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH.....	141
RYS. 5.4 KLASY PIONOWEGO NATĘŻENIA OŚWIETLENIA E _v NA 939 PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH.....	142
RYS. 5.5 ZESTAWIENIE OCEN STANU OŚWIETLENIA NA 939 PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH	143
RYS. 6.1 SCHEMAT POZIOMÓW POCHŁANIANIA ENERGII	146
RYS. 6.2 PRZYKŁAD FUNDAMENTU DLA SŁUPA NE	147
RYS. 6.3 PRZYKŁADY SŁUPÓW OGRANICZAJĄCYCH WIDOCZNOŚĆ PRZY PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH – PERSPEKTYWA PIESZEGO	152
RYS. 6.4 PRZYKŁADY SŁUPA OGRANICZAJĄCEGO WIDOCZNOŚĆ PRZY PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH – PERSPEKTYWA KIEROWCY	153
RYS. 6.5 PRZYKŁADY SŁUPA OGRANICZAJĄCEGO WIDOCZNOŚĆ PRZY PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH – PERSPEKTYWA KIEROWCY - POWIĘKSZENIE RYS. 6.4	153
RYS. 6.6 ZAKRES POLA WIDZENIA CZŁOWIEKA	154
RYS. 6.7 CZĘSTO STOSOWANE RODZAJE SŁUPÓW OŚWIETLENIOWYCH*	155
RYS. 6.8 WIDOCZNOŚĆ NA ZATRZYMANIE PRZED PRZEJŚCIEM DLA PIESZYCH.....	157
RYS. 6.9 OGRANICZENIE POLA WIDOCZNOŚCI PIESZEGO (DZIECKA) PRZEZ SŁUP ŻELBETOWY W WARIANCIE PODSTAWOWYM – SYTUACJA NR 1	158

RYS. 6.10 OGRANICZENIE POLA WIDOCZNOŚCI PIESZEGO (DZIECKA) PRZEZ SŁUP ŻELBETOWY W WARIANCIE KRYTYCZNYM – SYTUACJA NR 2	158
RYS. 6.11 OGRANICZENIE POLA WIDOCZNOŚCI PIESZEGO (DOROSŁY) PRZEZ SŁUP ŻELBETOWY W WARIANCIE PODSTAWOWYM – SYTUACJA NR 3	159
RYS. 6.12 OGRANICZENIE POLA WIDOCZNOŚCI PIESZEGO (DOROSŁY) PRZEZ SŁUP ŻELBETOWY W WARIANCIE KRYTYCZNYM – SYTUACJA NR 4	159
RYS. 6.13 OGRANICZENIE POLA WIDOCZNOŚCI PIESZEGO PRZEZ SŁUP STALOWY W WARIANCIE PODSTAWOWYM – SYTUACJA NR 5..	160
RYS. 6.14 OGRANICZENIE POLA WIDOCZNOŚCI PIESZEGO PRZEZ SŁUP STALOWY W WARIANCIE KRYTYCZNYM SYTUACJA NR 6	160
RYS. 6.15 ZALEŻNOŚĆ CZASU TRWANIA BRAKU WIDOCZNOŚCI POJAZDU PRZEZ PIESZEGO OD ODSUNIĘCIA SŁUPA OD KRAWĘDZI PRZEJŚCIA	162
RYS. 6.16 ZALEŻNOŚĆ CZASU TRWANIA BRAKU WIDOCZNOŚCI POJAZDU PRZEZ PIESZEGO OD ODSUNIĘCIA SŁUPA OD KRAWĘDZI PRZEJŚCIA	163
RYS. 6.17 ZALEŻNOŚĆ CZASU TRWANIA BRAKU WIDOCZNOŚCI POJAZDU PRZEZ PIESZEGO OD ODSUNIĘCIA SŁUPA OD KRAWĘDZI PRZEJŚCIA	163
RYS. 6.18 PŁASZCZYZNY POMIAROWE C – Γ STOSOWANE DO OPISU KRZYWYCH ŚWIATŁOŚCI OPRAW OŚWIETLENIOWYCH.....	165
RYS. 6.19 PRZYKŁAD KRZYWYCH ROZSYŁU ŚWIATŁOŚCI OPRAWY ULICZNEJ	166
RYS. 6.20 WIZUALIZACJA UZYSKANYCH EFEKTÓW W OŚWIETLENIOWYCH OPRAWY ULICZNEJ NA PŁASZCZYŹNIE, WIDOK Z GÓRY, PREZENTACJA W FAŁSZYWYCH KOLORACH	166
RYS. 6.21 PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH Z PŁASZCZYZNĄ PIONOWĄ O WYSOKOŚCI 2 M (PO LEWEJ).....	167
RYS. 6.22 PRZEJŚCIE DLA PIESZYCH OŚWIETLONE OPRAWAMI Z OPTYKĄ PRAWĄ I LEWĄ.....	167
RYS. 6.23 SKALA KOLORÓW NIEPRAWIDŁOWYCH	168
RYS. 6.24 KRZYWE ROZSYŁU ŚWIATŁOŚCI OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ	169
RYS. 6.25 KRZYWE ROZSYŁU ŚWIATŁOŚCI OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWĘJ.....	169
RYS. 6.26 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ	169
RYS. 6.27 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWĘJ	169
RYS. 6.28 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ W SKALI NIEPRAWIDŁOWYCH KOLORÓW	169
RYS. 6.29 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWĘJ W SKALI NIEPRAWIDŁOWYCH KOLORÓW ..	169
RYS. 6.30 KRZYWE ROZSYŁU ŚWIATŁOŚCI OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ	170
RYS. 6.31 KRZYWE ROZSYŁU ŚWIATŁOŚCI OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWĘJ.....	170
RYS. 6.32 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ	170
RYS. 6.33 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWĘJ	170
RYS. 6.34 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ W SKALI NIEPRAWIDŁOWYCH KOLORÓW	170
RYS. 6.35 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWĘJ W SKALI NIEPRAWIDŁOWYCH KOLORÓW ..	170
RYS. 6.36 KRZYWE ROZSYŁU ŚWIATŁOŚCI OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ	171
RYS. 6.37 KRZYWE ROZSYŁU ŚWIATŁOŚCI OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWĘJ.....	171
RYS. 6.38 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ	171
RYS. 6.39 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWĘJ	171

RYS. 6.40 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ W SKALI NIEPRAWIDŁOWYCH KOLORÓW	171
RYS. 6.41 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWEJ W SKALI NIEPRAWIDŁOWYCH KOLORÓW ..	171
RYS. 6.42 KRZYWE ROZSYŁU ŚWIATŁOŚCI OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ	172
RYS. 6.43 KRZYWE ROZSYŁU ŚWIATŁOŚCI OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWEJ.....	172
RYS. 6.44 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ	172
RYS. 6.45 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWEJ	172
RYS. 6.46 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ W SKALI NIEPRAWIDŁOWYCH KOLORÓW	172
RYS. 6.47 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWEJ W SKALI NIEPRAWIDŁOWYCH KOLORÓW ..	172
RYS. 6.48 KRZYWE ROZSYŁU ŚWIATŁOŚCI OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ	173
RYS. 6.49 KRZYWE ROZSYŁU ŚWIATŁOŚCI OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWEJ.....	173
RYS. 6.50 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ	173
RYS. 6.51 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWEJ	173
RYS. 6.52 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE LEWEJ W SKALI NIEPRAWIDŁOWYCH KOLORÓW	173
RYS. 6.53 EFEKT WIZUALNY UZYSKANY DLA OPRAWY ASYMETRYCZNEJ O OPTYCE PRAWEJ W SKALI NIEPRAWIDŁOWYCH KOLORÓW ..	173
RYS. 6.54 SŁUP TRAKCYJNO-SYGNALIZACYJNO-OŚWIETLENIOWY Z WYSIĘGNIKIEM A) WIDOK OGÓLNY, B) WIDOK NA ODDZIELNE WNĘKI DLA POTRZEB SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ I OŚWIETLENIA.....	187
RYS. 6.55 RURY OSŁONOWE KARBOWANE ŚREDNICY 110 MM W WYKOPIE PRZED ZASYPANIEM.....	188
RYS. 6.56. OPRAWA OŚWIETLENIOWA Z PŁASKIM KŁOSZEM STOSOWANA NA PERONIE PRZYSTANKU TRAMWAJOWEGO A) WIDOK OGÓLNY B) WIDOK KŁOSZA OPRAWY	190
RYS. 6.57 PRZEBIEGI: NAPIĘCIE SIECI – PRZYKŁAD 1	197
RYS. 6.58 PRZEBIEGI: NAPIĘCIE SIECI – PRZYKŁAD 2	197
RYS. 6.59 PRZEBIEGI PODCZAS ZAŁĄCZANIA ZASILACZA.....	198
RYS. 6.60 WIDOK PRZYKŁADOWEGO ZASILACZA STAŁONAPIĘCIOWEGO.....	203
RYS. 6.61 WIDOK PRZYKŁADOWEGO ZASILACZA STAŁOPRĄDOWEGO	203
RYS. 7.1 OŚWIETLENIE PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH W KONTRAŚCIE UJEMNYM	210
RYS. 7.2 OŚWIETLENIE PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH W KONTRAŚCIE DODATNIM.....	210
RYS. 8.1 ZAKRESY AKCEPTOWALNOŚCI RYZYKA NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH ZLOKALIZOWANYM NA DWUPASOWEJ DRODZE DWUKIERUNKOWEJ, DLA NATĘŻENIA UCHU PIESZEGO NEP = 100 OS. 24 H	218
RYS. 8.2 ZAKRESY AKCEPTOWALNOŚCI RYZYKA NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH ZLOKALIZOWANYM NA DWUPASOWEJ DRODZE DWUKIERUNKOWEJ, DLA NATĘŻENIA UCHU PIESZEGO NEP = 100 OS. 24 H	219
RYS. 8.3 ZAKRESY OPŁACALNOŚCI INSTALOWANIA URZĄDZEŃ OŚWIETLENIOWYCH NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH ZLOKALIZOWANYM NA DRODZE W OBSZARZE ZABUDOWANYM	222
RYS. 8.4 ZAKRESY OPŁACALNOŚCI INSTALOWANIA URZĄDZEŃ OŚWIETLENIOWYCH NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH ZLOKALIZOWANYM NA DRODZE W OBSZARZE NIEZABUDOWANYM.	223
RYS. 8.5 SIATKA POMIAROWA NATĘŻENIA DO OKREŚLANIA KLASY PC (OŚWIETLENIE DEDYKOWANE) OŚWIETLENIA W PŁASZCZYŹNIE PIONOWEJ (Ev) NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH	226

RYS. 8.6 SIATKA POMIAROWA NATĘŻENIA DO OKREŚLANIA KLASY PC (OŚWIETLENIE DEDYKOWANE) OŚWIETLENIA W PŁASZCZYŹNIE POZIOMEJ (EH) NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH.....	227
RYS. 8.7 DIAGRAM ELEMENTÓW SKŁADOWYCH PROCESU PROJEKTOWANIA OŚWIETLENIA PRZEJŚCIA DLA ISTNIEJĄCYCH ODCINKÓW DROGOWYCH.....	228
RYS. 8.8 DIAGRAM WYBORU PROCEDURY IDENTYFIKACJI KLASY OŚWIETLENIA DROGOWEGO I ZASTOSOWANYCH NARZĘDZI POMIAROWYCH.....	232
RYS. 8.9 WYBÓR PÓL POMIAROWYCH ORAZ LOKALIZACJA MIERNIKA LUMINANCJI W METODZIE WYZNACZANIA KLASY OŚWIETLENIA	233
RYS. 8.10 WYBÓR PÓL POMIAROWYCH ORAZ LOKALIZACJA MIERNIKA LUMINANCJI W METODZIE WYZNACZANIA KLASY OŚWIETLENIA DLA DWÓCH PASM RUCHU W KAŻDYM KIERUNKU	233
RYS. 8.11 LOKALIZACJA MIERNIKA LUMINANCJI W PŁASZCZYŹNIE PIONOWEJ	234
RYS. 8.12 BADANIE ROZKŁADU LUMINANCJI PRZED PRZEJŚCIEM Z ODLEGŁOŚCI 60 M PRZY WYKORZYSTANIU MIERNIKA MATRYCOWEGO (SKALA LOG ₂ , JEDNOSTKA CD/M ²)	235
RYS. 8.13 BADANIE ROZKŁADU LUMINANCJI ZA PRZEJŚCIEM Z ODLEGŁOŚCI 60 M PRZY WYKORZYSTANIU MIERNIKA MATRYCOWEGO (SKALA LOG ₂ , JEDNOSTKA CD/M ²)	236
RYS. 8.14 WYBÓR PUNKTÓW POMIAROWYCH ORAZ LOKALIZACJA MIERNIKA PUNKTOWEGO LUMINANCJI W METODZIE WYZNACZANIA KLASY OŚWIETLENIA NA DRODZE JEDNOJEZDNIOWEJ, DWUKIERUNKOWEJ PRZED I ZA PRZEJŚCIEM DLA PIESZYCH	237
RYS. 8.15 WIDOK OBSZARU POMIAROWEGO LUMINANCJI WRAZ Z ZAZNACZONYMI PUNKTAMI ORAZ ODLEGŁOŚCIAMI POMIĘDZY NIMI	237
RYS. 8.16 WIDOK OBSZARÓW POMIAROWYCH WRAZ Z PUNKTAMI ODCZYTU NATĘŻENIA OŚWIETLENIA PRZED I ZA PRZEJŚCIEM ORAZ USTAWIENIE LUKSOMIERZA NA DRODZE DWUKIERUNKOWEJ, O JEDNYM PASIE RUCHU W KAŻDYM KIERUNKU.	241
RYS. 8.17 WIDOK OBSZARU POMIAROWEGO NATĘŻENIA OŚWIETLENIA WRAZ Z ZAZNACZONYMI PUNKTAMI ORAZ ODLEGŁOŚCIAMI POMIĘDZY NIMI.....	242
RYS. 8.18 OBSZAR POMIARU NATĘŻENIA OŚWIETLENIA NA ODCINKU 50 M – OBSZAR 1 (PIERWSZA STRONA PRZEJŚCIA)	244
RYS. 8.19 OBSZAR POMIARU NATĘŻENIA OŚWIETLENIA NA ODCINKU 50 M - OBSZAR 2 (DRUGA STRONA PRZEJŚCIA).....	244
RYS. 8.20 WIDOK DROGI Z WIDOCZNYMI EFEKTAMI WYEKSPLOATOWANIA NAWIERZCHNI.....	245
RYS. 8.21 WIDOK DROGI Z ELEMENTAMI MOGĄCYMI WPŁYNAĆ NIEPRAWIDŁOWĄ IDENTYFIKACJĘ KLASY OŚWIETLENIA (OBSZAR TŁA ZA PRZEJŚCIEM, USZKODZONE ŹRÓDŁO ŚWIATŁA, NIEWŁAŚCIWIE ZAPARKOWANE POJAZDY).....	246
RYS. 8.22 DIAGRAM WYBORU ROZWIĄZANIA OŚWIETLENIOWEGO ZASTOSOWANEGO NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH DLA ISTNIEJĄCYCH PRZEJŚĆ	248
RYS. 8.23 PRZYKŁADOWA LOKALIZACJA OPRAW OŚWIETLENIOWYCH NA DRODZE JEDNOJEZDNIOWEJ JEDNOKIERUNKOWEJ (JEDNA OPRAWA Z OPTYKĄ PRAWĄ).....	251
RYS. 8.24 PRZYKŁADOWA LOKALIZACJA OPRAW OŚWIETLENIOWYCH NA DRODZE JEDNOJEZDNIOWEJ DWUKIERUNKOWEJ O JEDNYM PASIE RUCHU W KAŻDYM KIERUNKU (DWIE OPRAWY Z OPTYKĄ PRAWĄ)	252
RYS. 8.25 PRZYKŁADOWA LOKALIZACJA OPRAW OŚWIETLENIOWYCH NA DRODZE JEDNOJEZDNIOWEJ DWUKIERUNKOWEJ O JEDNYM PASIE RUCHU W KAŻDYM KIERUNKU Z WYSPĄ DZIELĄCĄ (DWIE OPRAWY Z OPTYKĄ PRAWĄ).....	252
RYS. 8.26 PRZYKŁADOWA LOKALIZACJA OPRAW OŚWIETLENIOWYCH NA DRODZE JEDNOJEZDNIOWEJ JEDNOKIERUNKOWEJ O DWÓCH PASACH RUCHU W JEDNYM KIERUNKU (DWIE OPRAWY Z OPTYKĄ LEWĄ I PRAWĄ)	252

RYS. 8.27 PRZYKŁADOWA LOKALIZACJA OPRAW OŚWIETLENIOWYCH NA DRODZE JEDNOJEZDNIOWEJ O DWÓCH PASACH RUCHU W JEDNYM KIERUNKU I JEDNYM PASIE RUCHU W DRUGIM, BEZ PASA ROZDZIELAJĄCEGO (DWIE OPRAWY Z OPTYKĄ PRAWĄ)	253
RYS. 8.28 PRZYKŁADOWA LOKALIZACJA OPRAW OŚWIETLENIOWYCH NA DRODZE JEDNOJEZDNIOWEJ O DWÓCH PASACH RUCHU W KAŻDYM KIERUNKU BEZ PASA ROZDZIELAJĄCEGO (DWIE OPRAWY Z OPTYKĄ PRAWĄ).....	253
RYS. 8.29 PRZYKŁADOWA LOKALIZACJA OPRAW OŚWIETLENIOWYCH NA DRODZE DWUJEZDNIOWEJ O DWÓCH PASACH RUCHU W JEDNYM KIERUNKU Z PASEM ROZDZIELAJĄCYM (CZTERY OPRAWY, DWIE OPRAWY Z OPTYKĄ LEWĄ I DWIE OPRAWY Z OPTYKĄ Z PRAWĄ).....	254
RYS. 8.30 PRZYKŁADOWA LOKALIZACJA OPRAW OŚWIETLENIOWYCH NA DRODZE DWUJEZDNIOWEJ O TRZECH PASACH RUCHU W JEDNYM KIERUNKU Z PASEM ROZDZIELAJĄCYM (CZTERY OPRAWY, DWIE OPRAWY Z OPTYKĄ LEWĄ I DWIE OPRAWY Z OPTYKĄ Z PRAWĄ).....	254
RYS. 8.31 WYBÓR ROZWIĄZANIA OŚWIETLENIOWEGO ZASTOSOWANEGO NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH DLA NOWYCH UKŁADÓW DROGOWYCH.....	256
RYS. 8.32 PROCEDURA POMIARÓW OŚWIETLENIOWYCH STOSOWANA PRZY ODBIORACH	257
RYS. 8.33 PRZYKŁAD PODZIAŁU STREF PRZED I ZA PRZEJŚCIEM DLA PIESZYCH W KLASACH C	259
RYS. 9.1 SCHEMAT BLOKOWY PROCESU UTRZYMANIA PARAMETRÓW OŚWIETLENIOWYCH W CYKLU EKSPLOATACYJNYM	266
RYS. 9.2 POMIARY KONTROLNE STANU OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH	268
RYS. 9.3 PRZYKŁADOWE ROZMIESZCZENIE PUNKTÓW POMIAROWYCH NATĘŻENIA OŚWIETLENIA W PŁASZCZYŹNIE PIONOWEJ (Ev) NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH STOSOWANA W PROCEDURZE KONTROLNEJ	272
RYS. 9.4 PRZYKŁADOWA SIATKA POMIAROWA NATĘŻENIA OŚWIETLENIA W PŁASZCZYŹNIE POZIOMEJ (Eh) NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH STOSOWANA W PROCEDURZE KONTROLNEJ	274

Spis Tablic:

TAB. 2.1 ZESTAWIENIE LICZBY WYPADKÓW W ZALEŻNOŚCI OD PORY DNIA W LATACH 2010 - 2016 W POLSCE [41].....	6
TAB. 2.4 OFIARY ŚMIERTELNE PRZY ŚWIETLE DZIENNYM I POZOSTAŁYM OKRESIE DOBY NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH I PRZEJAZDACH DLA ROWERZYSTÓW (2010 - 2016) [41].....	11
TAB. 2.5 PRZYCZYNY WYPADKÓW ZE SKUTKIEM ŚMIERTELNYM W PORZE NOCY, ZMIERZCHU I ŚWITU, NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH W LATACH 2010 – 2016 W POLSCE [41].....	12
TAB. 2.6 LICZBA I WSKAŹNIK ZABITYCH (2010 - 2016) NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH W DOBIE WG WOJEWÓDZTW [41]	13
TAB. 2.7 LICZBA I WSKAŹNIK ZABITYCH (2010 - 2016) NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH POZA PORĄ ŚWIATŁA DZIENNEGO WG WOJEWÓDZTW [41]	15
TAB. 3.2 TYPY SYSTEMÓW OŚWIETLENIA ULICZNEGO WRAZ Z CHARAKTERYSTYCZNYMI CECHAMI.....	31
TAB. 3.3 ZBIORCZE WYNIKI POMIARU LUMINANCJI NA OBIEKTACH TESTOWYCH I W ICH OTOCZENIU ORAZ OBLICZONA WARTOŚĆ KONTRASTU LUMINANCJI.....	56
TAB. 3.4 PRZYKŁADY ROZWIĄZANIA OŚWIETLENIOWYCH PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH W OBSZARACH ZABUDOWANYCH I POZA NIMI.....	73
TAB. 4.1 WYTYCZNE OŚWIETLENIA STREF KONFLIKTOWYCH WG NORMY CIE 115:1995 [11].....	90
TAB. 4.2 WYBÓR PARAMETRÓW OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH [102]	94
TAB. 4.3 WYMAGANIA DOTYCZĄCE ODCINKA JEZDNI 50 M PRZEZ I ZA PRZEJŚCIEM DLA PIESZYCH OBOWIĄZUJĄCE W NOWELIZACJACH NORMY Z LAT 1988 I 2010	97
TAB. 4.4 WYMAGANIA DOTYCZĄCE ODCINKA JEZDNI 100 M PRZEZ I ZA PRZEJŚCIEM DLA PIESZYCH OBOWIĄZUJĄCE W NOWELIZACJACH NORMY Z LAT 1988 I 2010	97
TAB. 4.5 RÓŻNICE W WYMAGANIACH NORMY DIN 67523 W LATACH 1988 I 2010	98
TAB. 4.6 WYMAGANIA OŚWIETLENIOWE DLA PRZEJŚĆ ZLOKALIZOWANYCH NA NIEOŚWIETLONYCH DROGACH [100]	100
TAB. 4.7 WYTYCZNE OŚWIETLANIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH WE WŁOSZACH [97]	102
TAB. 4.9 WYMAGANE WARTOŚCI NATĘŻENIA OŚWIETLENIA DLA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH O WYSOKIM NATĘŻENIU RUCHU PIESZEGO W PORZE NOCNEJ WG NORMY IESNA-RP-8-00 [93]	106
TAB. 4.10 WYMAGANE WARTOŚCI NATĘŻENIA OŚWIETLENIA DLA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH O ŚREDNIM NATĘŻENIU RUCHU PIESZEGO W PORZE NOCNEJ WG NORMY IESNA-RP-8-00 [93]	106
TAB. 4.11 WYMAGANE WARTOŚCI NATĘŻENIA OŚWIETLENIA DLA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH O NISKIM NATĘŻENIU RUCHU PIESZEGO W PORZE NOCNEJ WG NORMY IESNA-RP-8-00 [93]	106
TAB. 4.12 KRYTERIA PROJEKTOWANIA OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH W USA	107
TAB. 4.13 WYMAGANE PARAMETRY OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH W NOWEJ ZELANDII.....	108
TAB. 4.14 SZCZEGÓŁOWE PARAMETRY OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH W KATEGORII X1	108
TAB. 4.15 PARAMETRY OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH W AUSTRALII [96]	111
TAB. 4.16 KATEGORIE OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH W ODNIESIENIU DO KLASY OŚWIETLENIA DROGI	112
TAB. 4.17 CZĘŚCI SKŁADOWE NORMY PN -EN 13201:2016: OŚWIETLENIE DRÓG	118
TAB. 4.18 KLASY OŚWIETLENIA DROGOWEGO	124
TAB. 4.19 PARAMETRY PRECYZYJNEGO DOBORU KLASY OŚWIETLENIA „M”	126
TAB. 4.20 WYMAGANIA FOTOMETRYCZNE DLA KLASY M	128

TAB. 4.21 PARAMETRY DOBORU KLASY OŚWIETLENIA „C”	129
TAB. 4.22 WYMAGANIA FOTOMETRYCZNE DLA KLASY C	130
TAB. 4.23 KLASY OŚWIETLENIA M I C O PORÓWNYWALNYM POZIOMIE OŚWIETLENIA DLA RÓŻNYCH WARTOŚCI (Q0)	131
TAB. 4.24 PARAMETRY DOBORU KLASY OŚWIETLENIA „P”	132
TAB. 4.25 WYMAGANIA DLA KLASY OŚWIETLENIA „P”	133
TAB. 4.26 WYMAGANIA FOTOMETRYCZNE DLA KLASY EV	134
TAB. 4.27 WYMAGANIA FOTOMETRYCZNE DLA KLASY OŚWIETLENIA „HS”	135
TAB. 4.28 WYMAGANIA FOTOMETRYCZNE DLA KLASY OŚWIETLENIA „SC”	135
TAB. 5.1 KLASY OŚWIETLENIA C ORAZ PRZYJĘTA SKALA OCEN PUNKTOWYCH	140
TAB. 5.2 KLASY OŚWIETLENIA EV ORAZ PRZYJĘTA SKALA OCEN PUNKTOWYCH	141
TAB. 6.1 RYZYKO UŻYTKOWNIKA POJAZDU	148
TAB. 6.2 WYMAGANIA BEZPIECZEŃSTWA BIERNEGO DLA SŁUPÓW OŚWIETLENIOWYCH [33]	149
TAB. 6.3 WIDOCZNOŚĆ POJAZDU Z PERSPEKTYWY PIESZEGO OCZEKUJĄCEGO PRZED PRZEJŚCIEM DLA PIESZYCH	161
TAB. 6.4 PRZYKŁADOWE PARAMETRY ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA STOSOWANYCH W OŚWIETLENIU ULICZNYM	174
TAB. 6.5 WARTOŚCI MOCY ORAZ OPŁAT ZA POBRANĄ ENERGIĘ ZASILACZA Z UKŁADEM PFC	197
TAB. 6.6 WARTOŚCI MOCY ORAZ OPŁAT ZA POBRANĄ ENERGIĘ ZASILACZA BEZ UKŁADU PFC	198
TAB. 6.7 ISTOTNE PARAMETRY ZASILACZA Z PUNKTU WIDZENIA EKSPLOATACJI	202
TAB. 6.8 WYMAGANE BADANIA DLA ZASILACZY OPRAW LED	204
TAB. 8.1 KLASYFIKACJA RYZYKA WYPADKÓW NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH NA PODSTAWIE DANYCH HISTORYCZNYCH O WYPADKACH	213
TAB. 8.2 WARTOŚCI LICZBOWE WSPÓŁCZYNNIKA WPŁYWY SPOSOBU PODZIAŁU PASÓW RUCHU LUB JEZDNI NA NARAŻENIE NA RYZYKO WYPADKU NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH <i>WKP</i>	215
TAB. 8.3 LICZBOWE WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKA w_v , ZALECANE DO SZACOWANIA PRĘDKOŚCI V_{85} [37].....	217
TAB. 8.4 KLASYFIKACJA RYZYKA ZAGROŻEŃ WYPADKAMI NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH	218
TAB. 8.5 KLASYFIKACJA EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ OŚWIETLENIA PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH	222
TAB. 8.6 WYMAGANE POZIOMY PARAMETRÓW NATĘŻENIA OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH Z ZASTOSOWANIEM OPRAW O ROZSYLE ASYMETRYCZNYM DLA JEZDNI OŚWIETLONYCH W KLASACH C (NATĘŻENIE OŚWIETLENIA)	224
TAB. 8.7 WYMAGANE POZIOMY PARAMETRÓW NATĘŻENIA OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIACH DLA PIESZYCH Z ZASTOSOWANIEM OPRAW O ROZSYLE ASYMETRYCZNYM DLA JEZDNI OŚWIETLONYCH W KLASACH M (LUMINANCJA).....	225
TAB. 8.8 PARAMETRY FOTOMETRYCZNE (ROZKŁAD LUMINANCJI) DLA OBSZARU PRZED I ZA PRZEJŚCIEM	236
TAB. 8.9 WIELKOŚĆ POLA POMIAROWEGO NA JEZDNI W FUNKCJI ODLEGŁOŚCI POMIAROWEJ I POMIAROWEGO ROZMIARU KĄTOWEGO PUNKTOWEGO MIERNIKA LUMINANCJI	239
TAB. 8.10 WADY I ZALETY REALIZACJI POMIARÓW Z WYKORZYSTANIEM RÓŻNYCH TYPÓW MIERNIKÓW LUMINANCJI	240
TAB. 8.11 PARAMETRY NATĘŻENIA OŚWIETLENIA JEZDNI 50M ZA I PRZED PRZEJŚCIEM DLA PIESZYCH	243
TAB. 8.12 PYTANIA KONTROLNE DOTYCZĄCE STANU OŚWIETLENIA PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH	261
TAB. 8.13 ZESTAWIENIE WYNIKÓW OBLICZEŃ I POMIARÓW	263
TAB. 9.2 PRZYKŁADOWA TABELA ZAWIERAJĄCA WYNIKI POMIARÓW PIONOWEGO NATĘŻENIA OŚWIETLENIA EV W PROCEDURZE KONTROLNEJ*	272

TAB. 9.3 PRZYKŁADOWA TABELA ZAWIERAJĄCA OBLICZENIA PARAMETRÓW PIONOWEGO NATĘŻENIA OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH EV W PROCEDURZE KONTROLNEJ	273
TAB. 9.5 OBLICZENIA PARAMETRÓW POZIOMEJ NATĘŻENIA OŚWIETLENIA NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH EH W PROCEDURZE KONTROLNEJ.....	275
TAB. 9.6 SZACUNKOWE ŁĄCZNE KOSZTY REALIZACJI WDROŻENIA	278