

OŚWIETLENIE OBIEKTÓW SPORTOWYCH – KRYTERIA OŚWIETLENIOWE, WYMAGANIA NORMATYWNE A PRAKTYKA

Tomasz CZARNECKI

CASPA POLSKA SP. JAWNA

tel: +48509271477 e-mail: tomasz.czarniecki@caspa.pl

Streszczenie: Artykuł syntetycznie przedstawia najważniejsze wymagania stawiane nowoczesnym systemom oświetlenia obiektów sportowych zawarte w normach, przepisach oraz zaleceniach międzynarodowych federacji sportowych. Zawiera również opis najważniejszych problemów, jakie pojawiają się w czasie projektowania i wdrażania tych systemów. Należy zwrócić uwagę na wymagania normatywne, komfort gry i oglądania widowiska, jakość realizacji transmisji telewizyjnych oraz koszty inwestycyjne, eksploatacji i przeglądów.

Słowa kluczowe: kryteria oświetleniowe, efektywność oświetlenia

1. KRYTERIA OŚWIETLENIOWE

Kryteria oświetleniowe, jakie powinny zostać spełnione przez nowoczesne systemy oświetlenia, nierozdzielnie wiążą się z klasą obiektu sportowego oraz rangą przeprowadzanych na jego terenie zawodów. W dobie komercjalizacji sportu w zawodach rangi mistrzowskiej, których przebieg będzie transmitowany przez CTV, to właśnie wymagania stacji telewizyjnych decydują w głównej mierze o sposobie doboru systemu oświetleniowego i jego parametrach.

Podstawowymi kryteriami oświetleniowymi są:

- Natężenie oświetlenia poziome (E_h) i pionowe (E_v),
- Równomierność oświetlenia,
- Olśnienie,
- Barwa światła i oddawanie barw.

1.1. Natężenie oświetlenia

Natężenie oświetlenia w płaszczyźnie poziomej (E_h).

Natężenie oświetlenia na płaszczyźnie poziomej jest podstawowym parametrem referencyjnym dla obiektów sportowych o charakterze rekreacyjnym i treningowym. Dotyczy ono ilości światła mierzonej na płaszczyźnie boiska (zasadnicze pole gry PA) oraz w strefie bezpośrednio przyległej do niego (całkowite pole gry TA).

Z parametrem tym bezpośrednio związane jest oświetlenie tła oraz poprawna adaptacja wzroku grających i widzów do warunków wzrokowych panujących na boisku i w jego bezpośrednim otoczeniu.

Natężenie oświetlenia na płaszczyźnie pionowej (E_v). Podstawowym parametrem referencyjnym dla obiektów sportowych, na których przewiduje się rozgrywanie zawodów mistrzowskich z jednoczesną realizacją transmisji CTV jest natężenie oświetlenia w płaszczyźnie pionowej (E_v). Wiąże się ono bezpośrednio z jakością realizacji transmisji telewizyjnej, a szczególności uchwyceniu przez kamery ruchu zawodników oraz rekwizytów np. piłki w locie. Oczywiście przy tej okazji nie należy zapominać o sprawozdawcach, dziennikarzach, fotoreporterach oraz publiczności obserwującej zmagania sportowców na żywo, często przez kilka godzin.

Ilość światła określona przez ten parametr, jaka dociera do przetworników i receptorów jest bezpośrednim wyznacznikiem komfortu postrzegania obiektów i otoczenia.

1.2. Równomierność oświetlenia

Równomierność oświetlenia w obiektach sportowych ma ogromny wpływ na komfort widzenia oraz jakość obrazu podczas transmisji telewizyjnej. Konieczne jest zapewnienie oświetlenia bezcieniowego.

W odniesieniu do oka ludzkiego można mówić o zmęczeniu efektem zebry tj. zbyt dużą różnicą w postrzeganiu miejsc szczególnie oświetlonych do zacienionych z uwzględnieniem tła i w związku z tym ciągłą koniecznością adaptacji oka do zmieniających się warunków oświetlenia.

1.3. Olśnienie

Olśnienie wiąże się ze zbyt dużą ilością światła wpadającą do receptora (oka ludzkiego lub kamery) w jego głównej osi optycznej. Olśnienie może mieć charakter bezpośredni, związany ze złym usytuowaniem i nakierowaniem punktów świetlnych o dużej intensywności (olśnienie przykre) lub pośredni związany z odbiciem światła od płaszczyzn kontrastowych o lustrzanej powierzchni (olśnienie uciążliwe).

Pierwsze może powodować chwilowe lub długotrwałe, całkowite lub częściowe upośledzenie widzenia i może się wiązać w skrajnych wypadkach z uszkodzeniem wzroku. W drugim przypadku, szczególnie przy długotrwałym oddziaływaniu na receptory, może spowodować zmęczenie lub okresowe pogorszenie widzenia.

Dlatego tak ważna jest już na etapie projektowania duża dbałość o ograniczenie tego zjawiska poprzez:

- Kontrolę rozsyłu światła,
- Właściwy kąt nakierowania opraw,
- Przestrzeganie stref zabronionych oraz wytycznych dotyczących wysokości montażu opraw,
- Zachowanie relacji wysokości montażu z mocą opraw.

1.4. Barwa światła i oddawanie barw

Barwa światła i oddawanie barw są charakteryzowane odpowiednio następującymi wskaźnikami:

- T_k – temperatura barwowa [K] – postrzegana barwa światła,
- R_a (CRI) – wskaźnik oddawania barwy.

W przypadku pierwszego parametru można powiedzieć, że postrzegane światło jest ciepłe (bardziej żółte) lub chłodne (bardziej błękitne). Widocznym dla wzroku ludzkiego efektem jest postrzeganie kolorów obserwowanych obiektów przesuniętych w odcieniu w kierunku czerwieni lub błękitu.

Drugi parametr określa wierność postrzegania kolorów obserwowanych obiektów przy oświetleniu światłem sztucznym. Dla porównania źródła inkadescencyjne (żarowe) charakteryzują się wskaźnikiem $R_a = 100$ (idealne oddawanie barw), metalohalogenkowe $R_a = 65 - 95$, sodowe wysokopiężne $R_a = 25 - 70$, a w przypadku lamp sodowych niskopiężnych wskaźnik ten najczęściej nie jest podawany przez producentów, ze względu na bardzo duże zafalszowanie postrzeganych kolorów – światło monochromatyczne. Ma to szczególne znaczenie w przypadku kolorowej telewizji, gdzie gra on bardzo dużą rolę zwłaszcza w odniesieniu do palety barw użytej w reklamach – żaden sponsor czy reklamodawca nie zgodzi się na jakiegokolwiek odstępstwa w barwach prezentowanego wizerunku.

W odbiorze przez człowieka możemy ulec sugestii zaburzonego odbioru otoczenia w skrajnym przypadku prowadzącego do stanów depresyjnych (długotrwałe oddziaływanie). W tablicy poniżej przedstawiono referencyjne kryteria oświetleniowe dla obiektów sportowych.

2. WYMAGANIA NORMATYWNE

Nie jest możliwe w tak krótkim artykule przeanalizować wszystkie akty normatywne i wytyczne dotyczące oświetlenia obiektów sportowych, dlatego ograniczono się do podsumowania tych podstawowych, co powinno pomóc w opracowaniu założeń wstępnych czy projektu koncepcyjnego.

Tablica 1: Wybór klasy oświetlenia

Poziom zawodów	Klasa oświetlenia		
	I	II	III
Międzynarodowe i narodowe	*		
Regionalne	*	*	
Lokalne	*	*	*
Trening		*	*
Rekreacja/sporty szkolne (wychowanie fizyczne)			*

2.1. Norma PN-EN 12193 – Światło i oświetlenie w sporcie

Norma jest angielskojęzycznym przedrukiem normy europejskiej o tym samym numerze – stanowi kompendium informacji o wszystkich parametrach referencyjnych dla poszczególnych dyscyplin sportowych zawartych w tabelach „Annex A” (tab. 2.). Miedzy innymi norma wprowadza trzy

klasy oświetlenia (tab. 1.) obiektów sportowych, definiuje pojęcia TA całkowitego pola gry i PA – zasadniczego pola gry, parametry równomierności, oślnienia. Definiuje powierzchnie pomiarowe.

2.2. Norma PN-EN 12464 – Technika świetlna – Oświetlenie miejsca pracy – Część 1: Miejsca pracy wewnątrz pomieszczeń

Norma definiuje parametry obiektów o charakterze rekreacyjnym i treningowym w części dotyczącej budynków szkolnych dla sal gimnastycznych i pływalni. Można tam również znaleźć parametry normatywne dla pomieszczeń pomocniczych, technicznych, toalet itp.

Tablica 2. Lista dyscyplin sportowych – wykaz tabel szczegółowych (fragment)

DYSCYPLINA SPORTU		TABLICA	GRUPA CTV
Aerobik	we wnętrzach	A.3	B
Badminton	we wnętrzach	A.1	B
Bandy ^(N4)	na zewnątrz	A.19	C
Baseball	na zewnątrz	A.14	B
Biegi (uliczne/przełajowe)	na zewnątrz	A.17	
Billardy	we wnętrzach	A.11	A
Bobsleje, sanki i toboganing	na zewnątrz	A.28	
Boccia ^(N5)	we wnętrzach	A.8	A
	na zewnątrz	A.20	A
Boks	we wnętrzach	A.10	C
Boule ^(N6)	we wnętrzach	A.8	A
	na zewnątrz	A.20	A
Curling	we wnętrzach	A.12	A
	na zewnątrz	A.12	A
Floorball ^(N7)	we wnętrzach	A.2	B
	na zewnątrz	A.21	B
Futbol amerykański	na zewnątrz	A.21	B
Gimnastyka	we wnętrzach	A.3	B
Gimnastyka artystyczna	we wnętrzach	A.3	B
Golf – pole do ćwiczeń	na zewnątrz	A.26	
Hokej na lodzie	we wnętrzach	A.1	C
	na zewnątrz	A.19	C
Hokej na trawie	we wnętrzach	A.1	B
	na zewnątrz	A.22	B
Jeździectwo	we wnętrzach	A.3	A
	na zewnątrz	A.13	A
Judo	we wnętrzach	A.2	B
Koszykówka	we wnętrzach	A.2	B
	na zewnątrz	A.21	B
Kregle (10/9-pionkowe)	we wnętrzach	A.5	A
Krykieta	we wnętrzach	A.1	C
	na zewnątrz	A.14	C
Krykieta halowy	we wnętrzach	A.1	C
Kule (flat i odmiana halowa)	we wnętrzach	A.9	A

2.3. Publikacje Międzynarodowego Komitetu Oświetleniowego (CIE)

Publikacje te wydawane są w formie numerowanych zeszytów zawierających zalecenia i definicje w odniesieniu do poszczególnych dyscyplin sportowych m. in.: 57 – futbol, 62 – pływanie, czy 42 – tenis. W ostatniej dekadzie wydane zostały zeszyty szczegółowe zawierające informacje i zalecenia dotyczące konkretnego problemu, np.: 126 – poradnik ograniczenia rozświetlenia nieba; czy 150 – poradnik ograniczenia efektów światła przeszkadzającego wytworzonego przez zewnętrzne instalacje oświetleniowe. Ta ostatnia publikacja traktuje o wpływie światła sztucznego z instalacji boisk rekreacyjnych na sąsiadujące obiekty mieszkalne.

2.4. Poradniki wydawane przez federacje sportowe

Są to zbiory wymagań stawianych przez poszczególne federacje (tj.: FIFA, UEFA – piłka nożna, ITF – tenis ziemny, FIBA – siatkówka, itd.) w odniesieniu do konkretnej dyscypliny przez nią reprezentowanej, zawierają kompendium wiedzy zawartej w normach oraz informacje praktyczne bazujące na doświadczeniu największych producentów oświetlenia przy współpracy z największymi stacjami CTV.

3. CHARAKTERYSTYKA OŚWIETLENIA OBIEKTÓW SPORTOWYCH

Zgodnie z wcześniej już omawianymi kryteriami oświetleniowymi obiekty sportowe można podzielić na dwie zasadnicze grupy tj.: obiekty rekreacyjne i obiekty klasy mistrzowskiej.

	Rekreacja	Mistrzowskie (stadiony)
Poziome natężenie oświetlenia E_h	+	(+)
Pionowe natężenie oświetlenia E_v		+
Równomierność	+	+
Olśnienie	(+)	+
Jakość światła	+	+

(+) parametr pomocniczy nieobligatoryjny

3.1. Obiekty rekreacyjne i treningowe

Zasadniczą funkcją tych obiektów jest popularyzacja sportu na co dzień wśród mieszkańców, uczniów szkół nie zajmujących się sportem profesjonalnym. Obiekty tego typu najczęściej zlokalizowane są w mocno zurbanizowanych obszarach miejskich dlatego tak ważnym aspektem oświetlenia jest dobre oświetlenie obiektu bez powodowania nadmiernej uciążliwości dla otoczenia, w szczególności obszarów mieszkaniowych.

Najważniejszym parametrem referencyjnym dla tego typu obiektów jest natężenie oświetlenia na płaszczyźnie poziomej (E_h) przy jednoczesnym zachowaniu dużej równomierności i poprawnym rozpoznawaniu kolorów.

Bezwzględnie przy projektowaniu i realizacji takich systemów należy zadbać o prawidłowy rozsył światła w kierunku oświetlanej płaszczyzny przy zachowaniu pełnej kontroli nad światłem rozproszonym, które mogłoby powodować uciążliwe oddziaływanie na sąsiadujące obiekty.

Przez zastosowanie reflektorów z wysokiej klasy optyką istnieje możliwość znaczącego ograniczenia niekontrolowanego rozsyłu światła, zjawiska „zaśmiecania światłem”.

3.2. Obiekty klasy mistrzowskiej

Systemy oświetlenia sal sportowych i stadionów na poziomie mistrzowskim projektowane są z myślą o spełnieniu zgoła odmiennych wymogów. Głównym celem budowy takich obiektów jest realizacja imprez masowych z dużym naciskiem na ich komercyjny charakter. Tego typu zawodom towarzyszy prawie zawsze telewizja i to jej wymagania dotyczące oświetlenia zawodników, trybun, reklam są wiążące. Transmisje telewizyjne i kampanie reklamowe realizowane w trakcie zawodów wiążą się z bardzo dużymi wpływami finansowymi.

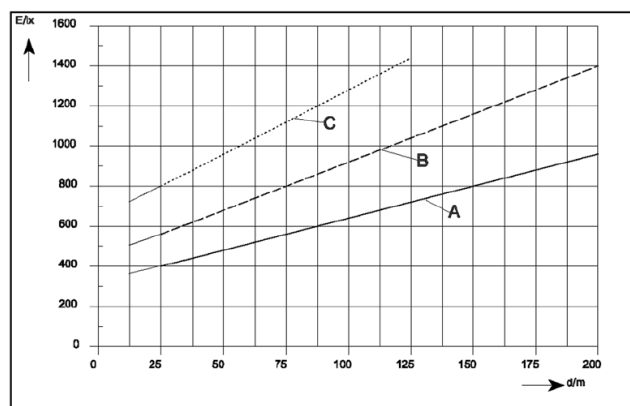
Powyższa charakterystyka funkcji obiektów jednoznacznie określa parametr referencyjny jakim jest natężenie

oświetlenia w płaszczyźnie pionowej (E_v). Poziome natężenie oświetlenia (E_h) charakterystyczne dla obiektów rekreacyjnych ze względu na potrzeby zawodników, w przypadku obiektów mistrzowskich jest wynikowym. Referencyjny poziom natężenia oświetlenia (E_v) dla kamery głównej wynosi minimum 1400 lx. Zastosowanie kamer pociągnęło również zwiększenie wymagań co do równomierności oświetlenia oraz, co ważniejsze, wiernego oddawania barw.

Tak wysokie wymagania co do spełnienia kryteriów referencyjnych pociągają konieczność zastosowania wyspecjalizowanych opraw oświetleniowych, których układy optyczne dają możliwość precyzyjnej kontroli rozsyłu światła, a same źródła światła charakteryzują się wysokim wskaźnikiem oddawania barw ($R_a > 90$) i temperaturą barwową ($T_k > 6000K$). Niewielkie wymiary optyczne źródeł światła dają możliwość budowy precyzyjnej optyki, a to pociąga za sobą redukcję gabarytu reflektorów, co za tym idzie redukcję ich masy. Mniejszy gabaryt i obła konstrukcja korpusu opraw wiążą się również z mniejszymi siłami oporu powietrza występującymi w trakcie wiatrów, którym docelowo obciążone będą konstrukcja dachu lub masztów, na których zainstalowane będą oprawy oświetleniowe. To wszystko może znacząco wpłynąć na obniżenie kosztów całej inwestycji.

4. WYBRANE ZAGADNIENIA Z PRAKTYKI PROJEKTOWEJ W ODNIESIENIU DO KRYTERIÓW I WYMAGAŃ NORMATYWNYCH

4.1. Poziom natężenia oświetlenia, a odległość od obserwatora (wg PN-EN 12193)



Rys. 1. Utrzymywane pionowe poziome natężenia oświetlenia jako funkcja maksymalnej odległości do rejestrowanego obiektu

Przedstawione na wykresach zależności poziomu natężenia oświetlenia w funkcji odległości do rejestrowanego obiektu pokazują jak bardzo dynamika obserwowanego ruchu dla danej dyscypliny sportu wpływa na poziom natężenia oświetlenia konieczny do uzyskania. Im bardziej dynamiczna dyscyplina sportu tym charakterystyka przesuwana się ku górze; szczegóły zawarto w tablicy 2.

Dla przykładu: piłka nożna „A”, boks „C”, hokej na lodzie „C”, lekkoatletyka „A”.

4.2. Szczegółowe parametry normatywne (wg PN-EN 12193 Aneks A)

Na etapie projektowania, a później nacelowania projektorów oraz wykonania pomiarów koniecznym jest jednoznaczne określenie wielkości pola gry oraz wielkości i gęstości siatki obliczeniowej i pomiarowej.

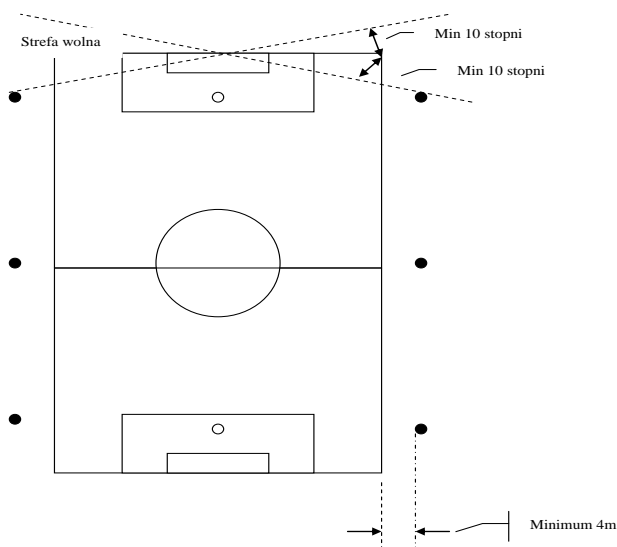
W tabelicy 4 pokazano dla wybranych dyscyplin sportowych wymiary pola gry i siatek odniesienia wraz z informacją na temat natężenia oświetlenia, równomierności oraz wskaźnika oddawania barw dla trzech klas oświetlenia obiektów sportowych. Dane te są podstawą do opracowania założeń do projektu.

Tabela 4. Wymiary pola gry i siatek odniesienia dla wybranych dyscyplin sportowych

We wnętrzach		Powierzchnia odniesienia		Liczba punktów siatki			
		Długość m	Szerokość m	Długość	Szerokość		
Badminton (patrz uwaga 1)	PA:	13,4	6,1	11	5		
	TA (max):	18	10,5	11	7		
Krykieta	PA:	32	20	15	9		
Krykieta halowy	PA:	33	4	15	3		
Szermierka	PA:	14	2	11	3		
	TA (max):	18	5	11	3		
Hokej	PA:	40	20	15	7		
	TA:	44	24	15	7		
Hokej na lodzie/łyżwiarstwo figurowe (patrz uwaga 3)	PA:	60	30	17	9		
Racketball (patrz uwaga 2)	PA:	18,3	9,1	11	5		
Squash (patrz uwaga 2)	PA:	9,7	6,4	9	5		
Tenis stołowy	PA:	9	4,5	9	3		
Klasa	Poziome natężenie oświetlenia		Pionowe natężenie oświetlenia (tylko dla szermierki)		Poziome natężenie oświetlenia (krykieta halowy)		Wskaźnik oddawania barw
	E_{av}/lx	E_{min}/E_{av}	E_{av}/lx	E_{min}/E_{av}	E_{av}/lx	E_{min}/E_{av}	
I	750	0,7	500	0,7	1 500	0,8	60
II	500	0,7	300	0,7	1 000	0,8	60
III	300	0,7	200	0,7	750	0,8	20

UWAGA 1: Zaleca się, aby żadna oprawa nie była umieszczona w części sufitu znajdującej się nad powierzchnią podstawową.
 UWAGA 2: Zaleca się unikanie prowadzenia instalacji oświetleniowej w odległości mniejszej niż 1 m od ścian.
 UWAGA 3: Przy wysokości montażu poniżej 8 m, zaleca się, aby stosunek E_{min}/E_{max} był większy niż 0,5. Dla klasy III równomierność może być obniżona do 0,5.

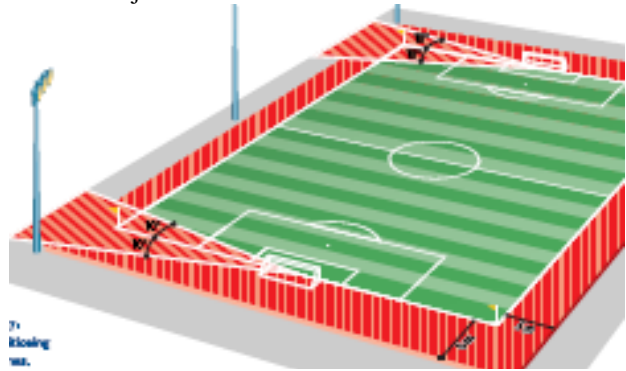
4.3. Wymagania oświetleniowe wg przepisów federacji, strefy zakazane, posadowienie słupów - obiekty rekreacyjne i treningowe



Rys. 2. Wymiary montażowe dla opraw oświetleniowych przy boisku piłkarskim

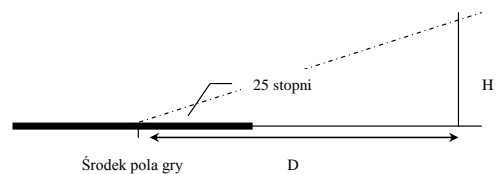
Zalecenia i nakazy:

- Bezwzględny zakaz montażu słupów w odległości mniejszej niż 4 m od linii bocznych,
- Minimalna wysokość zawieszenia opraw 15 m (rekreacja), 18 m (zawody lokalne)
- Unikanie montażu opraw w strefie wolnej ze względu na olśnienie bramkarza (patrz rys. 2.)
- Optymalne rozmieszczenie 3 lub 4 masztów wzdłuż linii bocznej



Rys. 3. Rozmieszczenie stref zakazanych usytuowania masztów oświetleniowych.

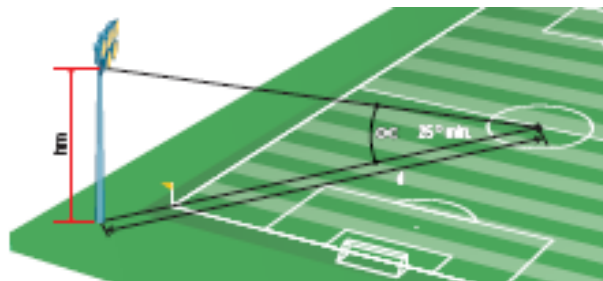
- W przypadku 8 słupów dwa skrajne umieszcza się za plecami bramkarza poza strefą wolną



Rys. 4 Wysokość masztu jako funkcja odległości od środka pola gry – wg FIFA

- W przypadku konieczności montażu słupów poza liniami bocznymi, ze względu na trybuny wysokość słupów ustala się wg zależności (1):

$$H = D \times \text{tg } 25^\circ \quad (1)$$



Rys. 5. Ilustracja zasady ustalania wysokości słupa oświetleniowego umieszczonego poza liniami bocznymi

4.4. Olśnienie przykre i światło przeszkadzające
 Zarówno norma PN-EN 12193 jak i przepisy federacji bardzo jednoznacznie określają dopuszczalne wskaźniki

poziomu oślnienia, najbardziej szczegółowe wskazówki daje w tym względzie zeszyt CIE 150 oraz zeszyt CIE 117.

Światło przeszkadzające szczególnie dokuczliwe jest w strefach miejskich mocno zurbanizowanych, gdzie niepożądana dystrybucja światła do górnej półprzestrzeni dotyka obiekty mieszkalne nawet o kilku kondygnacjach, jak również uczestników ruchu drogowego i pieszego, powodując zagrożenie bezpieczeństwa.

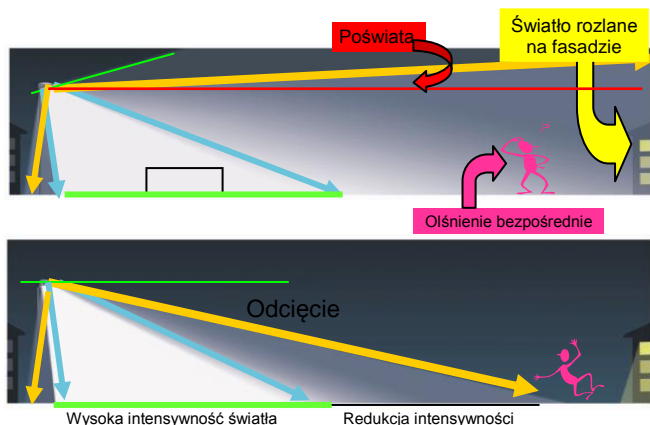
W tabelicy 6 podano przykładowe maksymalne, dopuszczalne wartości natężenia oświetlenia w różnych strefach od obiektu sportowego.

Tablica 5. Fragment tabeli parametrów normatywnych oświetlenia wg PN-EN 12193 dla danej dyscypliny sportu

Tablica A.21

Na zewnątrz		Powierzchnia odniesienia		Liczba punktów siatki	
		Długość m	Szerokość m	Długość	Szerokość
Piłka nożna	PA:	od 100 do 110	od 64 do 75	od 19 do 21	od 13 do 15
	TA:	od 108 do 118	od 72 do 83	21	od 13 do 15

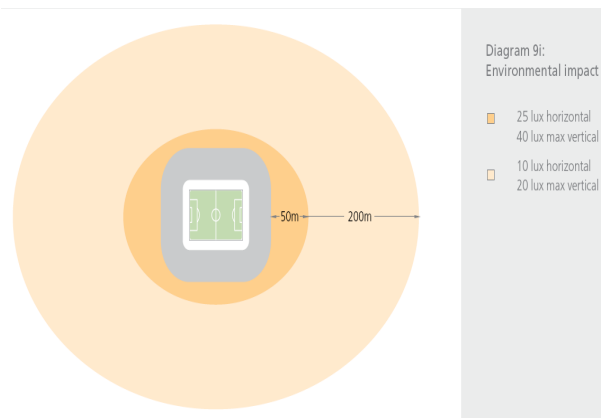
Klasa	Poziome natężenie oświetlenia		GR	Wskaźnik oddawania barw
	E_{av} lx	E_{min}/E_{av}		
I	500	0,7	50	60
II	200	0,6	50	60
III	75	0,5	55	20



Rys. 6. Zobrazowanie występowania problemu zaśmieciania światłem otoczenia obiektu sportowego – CIE 150

Tablica 6. Dopuszczalne wartości natężenia oświetlenia w różnych strefach od obiektu sportowego

Angle of illumination	Distance from stadium perimeter	
Horizontal spill	50m from stadium perimeter	25 lux
Horizontal spill	200m further	10 lux
Maximum vertical	50m from stadium perimeter	40 lux
Maximum vertical	200m from stadium perimeter	20 lux



Rys. 7. Strefy oświetlenia przeszkadzającego oraz maksymalne wartości referencyjne natężenia oświetlenia dla obiektu klasy I

5. PODSUMOWANIE

W artykule dokonano próby zwrócenia uwagi na najistotniejsze problemy związane z projektowaniem i realizacją oświetlenia obiektów sportowych. Ogrom informacji zawartych w aktach normatywnych oraz wytycznych federacji sportowych wskazuje jednoznacznie na konieczność profesjonalnego podejścia na każdym etapie realizacji projektu począwszy od koncepcji z zakończywszy na pomiarach i odbiorze tych instalacji omawianego tematu. Współdziałanie i koordynacja oraz specjalistyczna wiedza fachowa wszystkich osób biorących udział w procesie budowlanym jest gwarancją wysokiej jakości systemu.

Należy również podkreślić szczególnie ważny aspekt ekologiczny i finansowy każdego projektu. Dotyczy to zwłaszcza prawidłowego doboru ilości oraz typu opraw oświetleniowych i źródeł światła.

Prawidłowo optymalnie dobrany sprzęt oświetleniowy gwarantuje doskonały efekt w odbiorze widowisk sportowych przy jednoczesnym zminimalizowaniu kosztów jego eksploatacji.

BIBLIOGRAFIA

1. PN-EN 12193 – Światło i oświetlenie – Oświetlenie w sporcie.
2. PN-EN 12464-1 – Technika świetlna – Oświetlenie miejsca pracy – Część 1: Miejsca pracy wewnątrz pomieszczeń.
3. Wybrane publikacje Międzynarodowego Komitetu Oświetleniowego (CIE)
4. Poradniki międzynarodowych federacji sportowych „Guide to the artificial lighting” GAISF EBU, FIFA, IHF, ITF.
5. Andrzej Wiórek: „Kryteria oświetleniowe dla obiektów sportowych” – PLP – Technika w Architekturze 04/2011
6. Materiały szkoleniowe, katalogi opraw oświetleniowych firmy Philips Lighting.
7. Katalogi opraw oświetleniowych GE Lighting.

