

## KOMPUTEROWY PROJEKT OŚWIETLENIA ELEKTRYCZNEGO BOISKA PIŁKARSKIEGO

Stanisław CZAPP, Kamil BABIŃSKI

Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki  
tel.: 347-13-98 fax: 347-18-98 e-mail: stanislaw.czapp@pg.gda.pl

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wybrane elementy komputerowego projektu oświetlenia elektrycznego boiska piłkarskiego o nawierzchni sztucznej. Obliczenia i wizualizacje wykonano z wykorzystaniem programu DIALux. W projekcie uwzględniono zalecenia m.in. FIFA i UEFA.

**Słowa kluczowe:** oświetlenie elektryczne, boisko piłkarskie, projektowanie, wizualizacja komputerowa

### 1. CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANEGO BOISKA PIŁKARSKIEGO

Komputerowy projekt oświetlenia elektrycznego dotyczy boiska piłkarskiego należącego do Centrum Sportu Akademickiego Politechniki Gdańskiej. Jest to boisko o nawierzchni sztucznej i wymiarach  $100\text{ m} \times 64\text{ m}$ . Nawierzchnia boiska otrzymała certyfikat FIFA, dzięki czemu przy odpowiednim oświetleniu możliwe jest rozgrywanie meczów piłkarskich na szczeblu krajowym.

Wymagania oświetleniowe dla boisk piłkarskich są zawarte w normie [1] i publikacjach [2-4]. Zgodnie z [3] boiska piłkarskie dzieli się na następujące klasy i związane z nimi przeznaczenie:

- klasa pierwsza: treningi i rekreacja,
- klasa druga: rozgrywki ligowe,
- klasa trzecia: rozgrywki krajowe,
- klasa czwarta: rozgrywki krajowe transmitowane przez telewizję,
- klasa piąta: rozgrywki międzynarodowe transmitowane przez telewizję.

Pod względem oświetlenia rozpatrywane boisko ma spełniać wymagania klasy czwartej. W projekcie budowlano-wykonawczym boiska [5] założono też, że każda jego połowa może stanowić odrębne boisko klasy pierwszej.

Podstawowe wymagania odnośnie do oświetlenia boisk piłkarskich, w zależności od ich klasy, przedstawiono w tabelicy 1. W przypadku boisk, dla których przewiduje się transmisję telewizyjną (klasa czwarta i piąta) określa się również dodatkowe wymagania, w szczególności najmniejsze dopuszczalne pionowe natężenie oświetlenia. Dane te zawarto w tabelicy 2.

W ramach projektu oświetlenia wykonano symulację komputerową dla następujących wariantów oświetlenia obiektu:

- oświetlenie techniczne boiska  $\Rightarrow E_{\text{hsr}} = 2\text{ lx}$ ,

- klasa pierwsza dla każdej połowy boiska  $\Rightarrow E_{\text{hsr}} = 75\text{ lx}$ ,
- klasa druga dla całego boiska  $\Rightarrow E_{\text{hsr}} = 200\text{ lx}$ ,
- klasa trzecia dla całego boiska  $\Rightarrow E_{\text{hsr}} = 500\text{ lx}$ ,
- klasa czwarta dla całego boiska  $\Rightarrow E_{\text{hsr}} = 1000\text{ lx}$ .

Tabela 1. Podstawowe wymagania oświetleniowe dla boisk piłkarskich [3]

Klasa boiska	Poziome natężenie oświetlenia (średnie) $E_{\text{hsr}}$ [lx]	Równomierność oświetlenia		IG [%]	GR [-]	$R_a$ [-]
		$\frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{hsr}}}$	$\frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{max}}}$			
I	$\geq 75$	$\geq 0,5$	-	$\leq 55$	$\leq 50$	$\geq 20$
II	$\geq 200$	$\geq 0,6$	-	$\leq 55$	$\leq 50$	$\geq 65$
III	$\geq 500$	$\geq 0,7$	-	$\leq 55$	$\leq 50$	$\geq 80$
IV	1000+2000	$\geq 0,8$	$\geq 0,6$	$\leq 20$	$\leq 50$	$\geq 80$
V	1500+3000	$\geq 0,8$	$\geq 0,6$	$\leq 20$	$\leq 50$	$\geq 80$ (pref. 90)

Objaśnienia:  
 IG – przyrost pionowego i poziomego natężenia oświetlenia pomiędzy dwoma stykającymi się punktami pomiarowymi: siatka pomiarowa  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ ,  
 GR – wskaźnik oślnienia; przykładowe wartości: 10 – oślnienie niezauważalne, 30 – oślnienie zauważalne, 50 – oślnienie nieprzeszkadzające, 70 – oślnienie przeszkadzające, 90 – oślnienie nie do zniesienia,  
 $R_a$  – wskaźnik oddawania barw

Tabela 2. Dodatkowe wymagania dla boisk piłkarskich, jeżeli przewiduje się transmisję telewizyjną (kamery stałe)

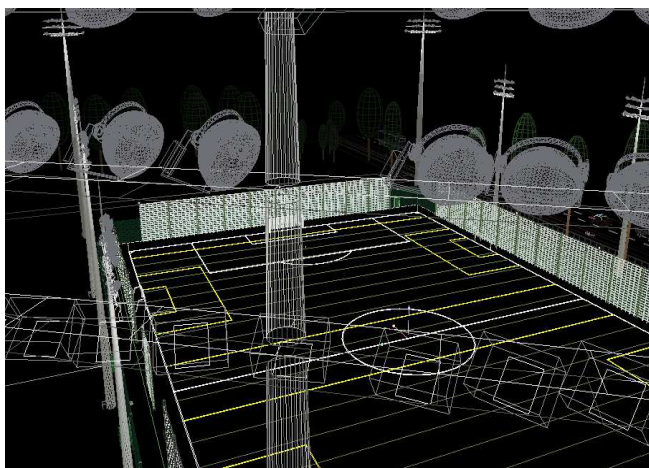
Klasa boiska	Pionowe natężenie oświetlenia (średnie) $E_{\text{vsr}}$ [lx]	$\frac{E_{\text{vmin}}}{E_{\text{vsr}}}$	$\frac{E_{\text{vmin}}}{E_{\text{vmax}}}$
IV	$\geq 1000$	$\geq 0,6$	$\geq 0,4$
V	$\geq 1400$	$\geq 0,7$	$\geq 0,5$

Oświetlenie zostało zaprojektowane tak, aby można było oświetlać tylko jedną połowę boiska lub całe boisko, spełniając wymagania odpowiedniej klasy. Do sterowania oświetleniem przewidziano wykorzystanie systemu KNX [6]. Ze względu na obszerność tematyki, skupiono się

jedynie na komputerowym projekcie oświetlenia, który wykonano z wykorzystaniem programu DIALux.

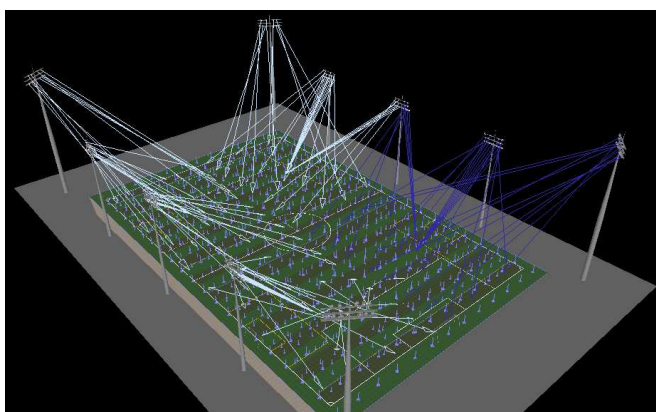
## 2. MODEL KOMPUTEROWY

Celem wykonania komputerowego modelu obiektu było jak najlepsze odzwierciedlenie jego elementów, tzn. nawierzchni boiska, bramek, a także najbliższego otoczenia. Boisko i jego otoczenie zamodelowano za pomocą prostopadłościanów, walców, kul oraz płaskich, prostokątnych elementów. Model składa się łącznie z ponad 2000 elementów. Na rysunku 1, dla przykładu, przedstawiono złożoność ich konstrukcji.



Rys. 1. Ukazanie złożoności konstrukcji poszczególnych elementów modelu boiska i jego otoczenia

W początkowym etapie projektowania utworzono płytę boiska oraz maszty oświetleniowe, co jest widoczne na rysunku 2. Wykonanie komputerowych obliczeń oświetleniowych na tak wstępnie przygotowanym modelu (bez elementów odwzorowujących otoczenie) zajmowało około 30 sekund. W przypadku kompletnego modelu czas ten wydłużał się do 7 godzin. Łączna liczba opraw oświetleniowych to 234, z których część (45 opraw) można obracać.



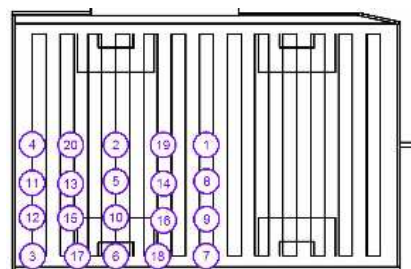
Rys. 2. Widok uproszczonego modelu boiska do wstępnych obliczeń

Wyniki obliczeń poziomego natężenia oświetlenia na boisku, pionowego natężenia oświetlenia dla kamer stałych i równomierności oświetlenia przedstawiono w tabelicy 3. W tabelicy tej zawarto informację o tym, czy spełnione są wymagania podane w tabelicy 1 i tabelicy 2.

Tablica 3. Wyniki obliczeń natężenia oświetlenia i równomierności oświetlenia

Parametr	Wartość obliczona		Czy spełniono wymagania podane w tabl. 1 i 2
Klasa pierwsza dla jednej połowy boiska $\Rightarrow E_{\text{hsr}} = 75 \text{ lx}$			
$E_{\text{hsr}}$ [lx]	111		TAK
$\frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{hsr}}}$ [-]	0,77		TAK
Klasa druga dla całego boiska $\Rightarrow E_{\text{hsr}} = 200 \text{ lx}$			
$E_{\text{hsr}}$ [lx]	244		TAK
$\frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{hsr}}}$ [-]	0,66		TAK
Klasa trzecia dla całego boiska $\Rightarrow E_{\text{hsr}} = 500 \text{ lx}$			
$E_{\text{hsr}}$ [lx]	515		TAK
$\frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{hsr}}}$ [-]	0,75		TAK
Klasa czwarta dla całego boiska $\Rightarrow E_{\text{hsr}} = 1000 \text{ lx}$			
	war. 1	war. 2	
$E_{\text{hsr}}$ [lx]	1227	1337	TAK
$\frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{hsr}}}$ [-]	0,81	0,84	TAK
$\frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{max}}}$ [-]	0,7	0,73	TAK
$E_{\text{vsr}}$ [lx] (dla kamer stałych)	1214	1323	TAK
$\frac{E_{\text{vmin}}}{E_{\text{vsr}}}$ [-]	0,81	0,84	TAK
$\frac{E_{\text{vmin}}}{E_{\text{vmax}}}$ [-]	0,68	0,7	TAK

Ważnym elementem, który należy uwzględnić podczas projektowania oświetlenia boisk jest zapewnienie odpowiedniego wskaźnika ośnienia GR. W przypadku analizowanego boiska wskaźnik ten nie powinien być większy niż 50 (tabl. 1). Informację o tym wskaźniku otrzymuje się poprzez rozmieszczenie na płycie boiska odpowiedniej liczby obserwatorów, co przedstawiono na rysunku 3.

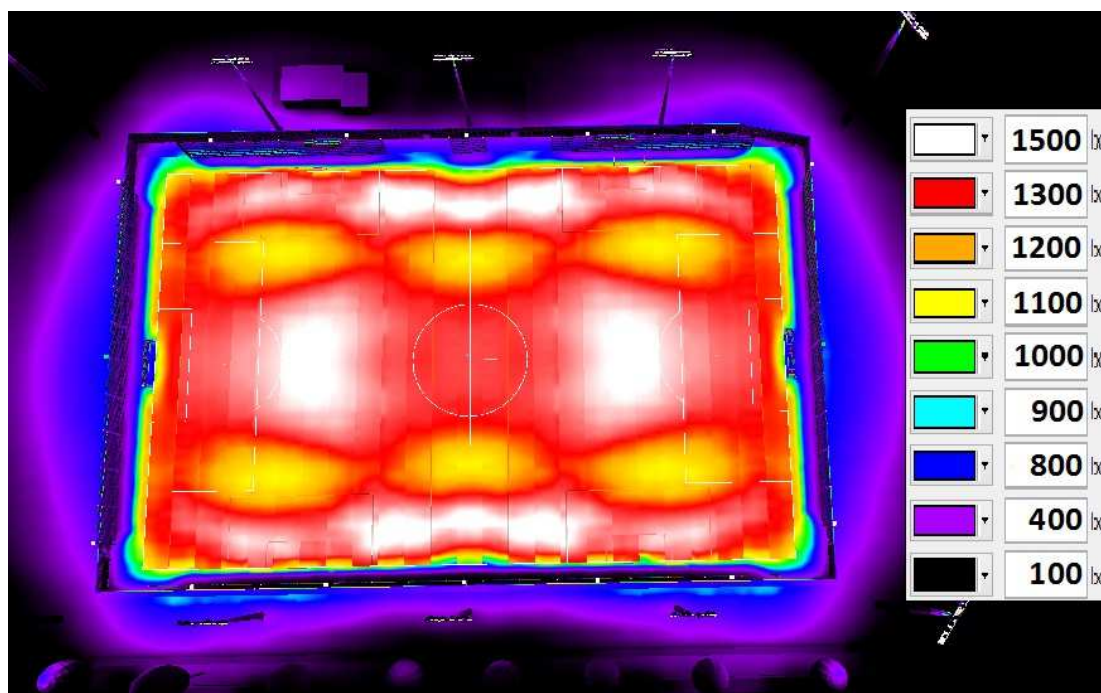


Rys. 3. Rozmieszczenie na płycie boiska 20 obserwatorów do określenia wskaźnika ośnienia GR

Wizualizację oświetlenia boiska dla wymaganego poziomu natężenia oświetlenia równego 1000 lx przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Wizualizacja oświetlenia boiska dla  $E_{\text{hsr}} = 1000 \text{ lx}$



Rys. 5. Płaszczyzna z rozkładem natężenia oświetlenia nałożona na model boiska ( $E_{\text{hsr}} = 1000 \text{ lx}$ )

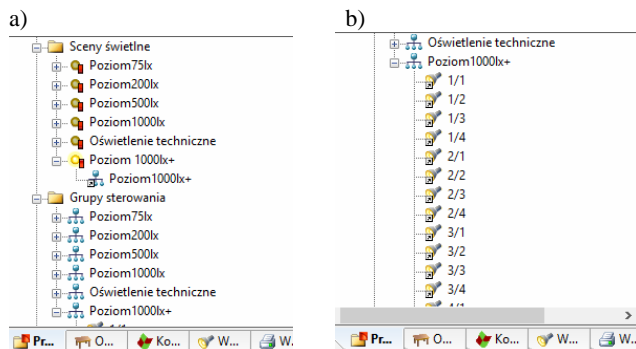
Na płycie boiska widoczne są m.in. linie białe oraz linie żółte. Linie białe wyznaczają charakterystyczne obszary i punkty (pole bramkowe, pole karne itp.) boiska pełnowymiarowego  $100 \text{ m} \times 64 \text{ m}$ , natomiast linie żółte, boiska mniejszego, utworzonego z połowy boiska pełnowymiarowego. Rysunek 5 obrazuje rozkład poziomego natężenia oświetlenia na boisku.

Aby umożliwić wielowariantowe oświetlenie boiska – założone poziomy natężenia oświetlenia to  $E_{\text{hsr}} = 2 \text{ lx}$ ,  $75 \text{ lx}$ ,  $200 \text{ lx}$ ,  $500 \text{ lx}$ ,  $1000 \text{ lx}$  – utworzono w programie DIALux odrębne grupy sterowania oświetleniem.

Każda grupa wymaga utworzenia oddzielnej sceny świetlnej, co pokazano na rysunku 6. Uzyskanie wymienionych poziomów natężenia oświetlenia następuje poprzez załączanie odpowiednich grup lamp.

Zastosowano następujące oprawy i źródła światła firmy Philips:

- oprawy MVF403, źródła światła  $76 \times \text{MHN-LA } 1000 \text{ W}$  oraz  $60 \times \text{MHN-SAH } 2000 \text{ W}$ ,
- oprawy HNF003, źródła światła  $84 \times \text{SON-T } 250 \text{ W}$ ,
- oprawy MMF183, źródła światła  $14 \times \text{CDM-TD } 70 \text{ W}$ .



Rys. 6. Menu projektu: a) sceny świetlne, b) grupy sterowania

W projekcie oświetlenia uwzględniono współczynnik konserwacji równy 0,77. Uwzględnia on spadek strumienia świetlnego spowodowany m.in. osadzaniem się brudu na oprawkach.

### 3. WNIOSKI KOŃCOWE

Wykonanie komputerowego projektu oświetlenia boiska piłkarskiego wraz wizualizacją oświetlenia jest zadaniem bardzo pracochłonnym. Dla ułatwienia realizacji zadania można posługiwać się gotowymi szablonami projektowymi znajdującymi się w bibliotece programu DIALux. W wielu przypadkach niezbędne jest jednak tworzenie własnych szablonów w bardziej rozbudowanym programie, np. Blender.

Opisany projekt oświetlenia boiska piłkarskiego został wykonany zgodnie z aktualnymi normami i może być wdrożony. Wielowariantowa analiza oświetlenia boiska oraz projekt elektrycznej instalacji zasilającej pozwala uzyskać dużą uniwersalność obiektu. Możliwe jest uzyskanie rozmaitych poziomów natężenia oświetlenia (stosownie do aktualnie wymaganej klasy boiska), co daje znaczne

oszczędności, jeżeli chodzi o zużycie energii elektrycznej. Komputerowa wizualizacja oświetlenia boiska piłkarskiego pozwala ocenić efekty planowanej inwestycji.

Osobnym zagadnieniem jest zasilanie elektroenergetyczne boiska piłkarskiego oraz infrastruktury z nim związanej. Szczególną uwagę należy zwrócić na niezawodność zasilania. W przypadku turniejów piłkarskich organizowanych przez FIFA lub UEFA wymagania te są bardzo ostre [4, 7, 8].

### 4. BIBLIOGRAFIA

1. PN-EN 12193:2008 – wersja angielska: Światło i oświetlenie – Oświetlenie w sporcie.
2. Guidelines and Recommendations for Floodlighting for all UEFA Competitions. UEFA, 2004.
3. Guide to the Artificial Lighting of Football Pitches. Wspólna publikacja FIFA i Philips Lighting, 2002.
4. Football Stadiums. Technical recommendations and requirements. FIFA, 2007, ISBN 978-3-9523264-0-4.
5. Projekt budowlano-wykonawczy boiska piłkarskiego na terenie Centrum Sportu Akademickiego Politechniki Gdańskiej w Gdańsku przy Al. Zwycięstwa 12, 2011.
6. Babiński K.: Projekt oświetlenia i instalacji elektrycznej stadionu piłkarskiego Centrum Sportu Akademickiego Politechniki Gdańskiej. Praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2013.
7. Boryń H., Czapp S.: Problemy niezawodności zasilania, ochrony przeciwporażeniowej i ochrony odgromowej na stadionie PGE Arena Gdańsk. Przegląd Elektrotechniczny, 2012, nr 4b, s. 316-321.
8. UEFA Stadium Infrastructure Regulations. Edition 2010.

## COMPUTER-AIDED ELECTRICAL LIGHTING DESIGN OF A FOOTBALL PITCH

**Key-words:** electrical lighting, football pitch, design, computer visualization

In the paper electric lighting design of a football pitch with artificial grass is presented. The electric lighting was modelled and calculated with the use of the software DIALux. Basic recommendations of FIFA and UEFA organizations for football stadiums were taken into account.