

ROZKŁAD NATĘŻENIA OŚWIETLENIA DZIENNEGO DLA PROSTYCH STRUKTUR ZABUDOWY

HEIM Dariusz ¹

KUJAWSKI Arkadiusz ²

¹ Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych, Politechnika Łódzka

² Absolwent Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska PŁ

DAYLIGHTING ILLUMINANCE DISTRIBUTION FOR SIMPLE URBAN STRUCTURE

This paper presents numerical analysis for predicting surface irradiance in the urban context. In this the focus is on means of accounting for the effects of nearby obstructions on illuminance distribution (reducing direct sky radiation and on contributing reflected radiation). Analysis have been done for five different geometry of the squares surround by the regular buildings 15 and 30 metres high. Four external surface finishing lining: concrete grey, white grey, brushed aluminium and bluegreen reflective glass have been also considered. Simulations have been carried out for 21 of June and 21 of December at noon and 3:00 p.m. respectively, using the overcast sky distribution model. The results show considerably effect of analysed parameters on daylighting intensity and distribution. Obtained results (especially distribution on the building facades) give useful information about boundary conditions for further interior daylighting analysis.

STRESZCZENIE

Celem niniejszej pracy jest wyznaczenie natężenia oświetlenia dziennego w wybranych układach urbanistycznych. Symulacji dokonano dla czterech układów urbanistycznych, czterech rodzajów materiałów elewacyjnych, dwóch pór roku i dwóch pór dnia. Analizy przeprowadzono przy użyciu programu Desktop Radiance opartego na metodzie wstecznego śledzenia promienia. Założono, że rozkład natężenia oświetlenia na zewnętrznych powierzchniach elementów otoczenia – budynków, a tym samym we wnętrzach, jest silnie zależny od materiału pokrywającego elewację, jego faktury i kolorystyki, układu i wysokości otaczającej zabudowy, pory roku i pory dnia, rodzaju nieboskłonu (stopnia zachmurzenia) oraz od orientacji powierzchni budynków względem stron świata. Zgodnie z założeniami wyznaczono rozkłady natężenia oświetlenia na powierzchni placów otoczonych budynkami i na powierzchniach elewacji tych budynków.

1. WSTĘP

W gęstej zabudowie miejskiej, światło dzienne odbite od otaczających powierzchni może w istotny sposób decydować o natężeniu oświetlenia wewnątrz pomieszczeń. Budynki wysokie wpływają na dostęp światła dziennego, redukując udział światła pochodzącego od nieboskłonu a czasami utrudniają nawet penetrację bezpośrednich promieni słonecznych. Dodatkowo rodzaj powierzchni gruntu jak i powierzchni elementów otaczających, mogą poprzez wielokrotne odbicia kierować światło słoneczne do

pomieszczeń zmieniając jego rozkład i zwiększając natężenie. Promieniowanie odbite pełni szczególną rolę przy takich położeniach budynku i podczas takich pór dnia, kiedy promienie słońca nie docierają bezpośrednio do powierzchni okien.

Techniki komputerowe dały nowe możliwości w analizie projektów architektonicznych i urbanistycznych. Symulacje zjawisk dotyczących światła słonecznego zachodzących w przestrzeni miejskiej, stały się możliwe nawet dla dużych założeń projektowych. Wyniki analiz dotyczące dostępu światła dziennego, przy odpowiedniej znajomości narzędzi, mogą być generowane sprawnie i szybko. Projekty budynków i osiedli mieszkalnych oceniane są pod kątem wymaganego poziomu natężenia światła dziennego. Analizie powinny być poddane najniższe piętra, gdzie spodziewamy się ograniczenia dopływu światła dziennego oraz najwyższe kondygnacje, gdzie istnieje ryzyko olśnienia. Dzięki temu, mogą być tworzone wytyczne dotyczące rozmieszczenia i wysokości budynków w kontekście dostępu światła dziennego. Przy analizie konkretnych przypadków, symulacje komputerowe mogą być przydatne do projektowania zewnętrznych osłon przeciwsłonecznych oraz odpowiedniego przeszklenia dla interesujących nas pomieszczeń. Ostatecznie może to doprowadzić do modernizacji fasad budynków, których geometria i rodzaj materiałów decydują o dostępie światła.

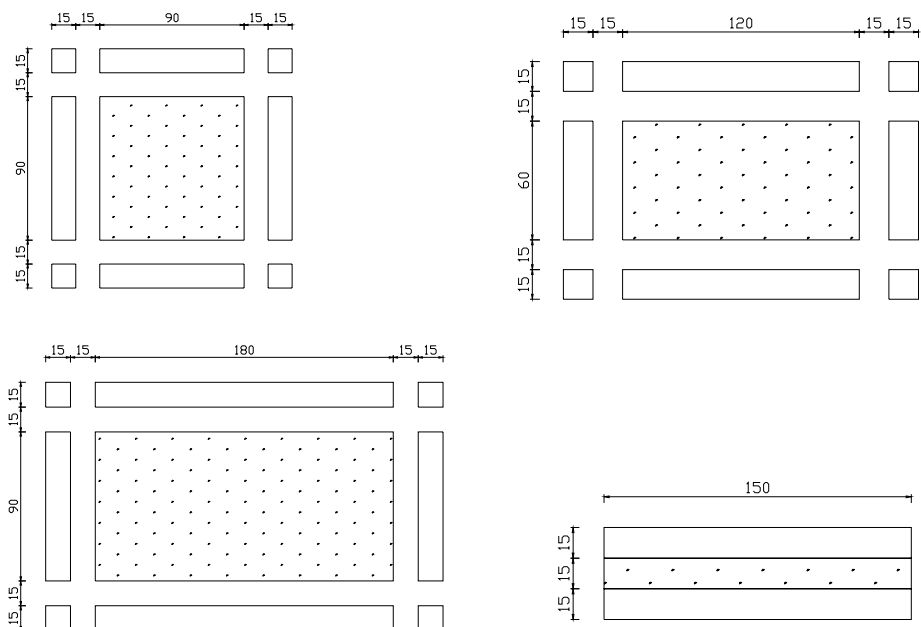
Niniejsza praca dotyczy analizy dostępu światła dziennego dla prostych struktur zabudowy miejskiej. Przeanalizowano natężenie oświetlenia na poziomych powierzchniach placów otoczonych budynkami i na powierzchniach elewacji tych budynków, a także wpływ wzajemnych odbić promieni słonecznych w analizowanych układach na zmianę natężenia oświetlenia na badanych powierzchniach. Na elewacjach rozpatrywanej zabudowy zadano różne rodzaje materiałów, które charakteryzują się innymi właściwościami fizycznymi, co wpływa na ilość i jakość odbijanego światła.

2. DOSTĘP ŚWIATŁA DZIENNEGO W PRZESTRZENIACH MIEJSKICH

Budynki wysokie zlokalizowane w gęstej zabudowie wpływają na ilość i rozkład światła dziennego we wnętrzach. Należy zauważyć, że bezpośrednie światło słoneczne stanowi około połowę energii słonecznej docierającej do fasady budynku (zależnie od orientacji, zacienienia, itp.) [1]. Reszta promieniowania dociera głównie od nieboskłonu i przeważnie dotyczy światła rozproszonego. Bezpośredni dostęp światła słonecznego ograniczony jest szczególnie w porze zimowej, gdy Słońce znajduje się nisko na nieboskłonie. Odpowiednia wiedza na temat wykorzystania światła dziennego pozwala na tworzenie przyjaznego, ze względu na dostęp światła, środowiska miasta [2]. Projektowanie układów urbanistycznych wiąże się bezpośrednio z wymogami dotyczącymi poziomu natężenia światła dziennego w pomieszczeniach. Zapewnienie odpowiedniej ilości światła dziennego realizowane jest poprzez zapewnienie odpowiedniej wartości współczynnika oświetlenia dziennego zależnie od przeznaczenia pomieszczenia, emisyjności powierzchni wewnętrznych i głębokości pomieszczeń.

3. ANALIZY NUMERYCZNE

W pracy przeanalizowano wpływ następujących parametrów na natężenie oświetlenia dziennego na placu w wybranych układach geometrycznych: rodzaju materiałów elewacyjnych, wysokości budynków i wariantu zabudowy.



Rys. 1. Geometria analizowanych układów urbanistycznych.
Fig. 1. Geometry of analysed urban structure.

Tablica 1. Właściwości materiałów zastosowanych na poszczególnych powierzchniach.
Table 1. External finishing materials and its properties.

Powierzchnia geometrii	PLAC	ULICE	DACH	ELEWACJE			
Rodzaj materiału	KAMIEN	ASFALT	ASFALT	BETON	ALU-MINIUM	TYNK BIAŁY	SZKŁO
Nazwa materiału w programie Desktop Radiance	Stone gray	Traffic Black	Traffic Black	Concrete gray	Brushed aluminum	White gray	Bluegreen reflective glass
CECHA	%	%	%	%	%	%	%
Współczynnik odbicia kierunkowego	3	0	0	3	50	3	-
Współczynnik odbicia światła rozproszonego	25,9	8,83	8,83	20	79	66	21,8
Przezroczystość	0	0	0	0	0	0	30,4
Chropowatość	2	0	0	2	10	2	-

Analizy symulacyjne przeprowadzono przy pomocy programu Desktop Radiance [3] dla następujących czterech, pokazanych na rysunku 1, układów urbanistycznych (placów otoczonych ciągłą zabudową oraz ulicy) przy dwóch wariantach wysokości budynków odpowiednio 15 i 30m. Symulacje przeprowadzono dla nieboskłonu: zachmurzonego – *overcast sky*, w dwóch okresach czasu 21.VI – godz. 12.00 i 21.XII – godz. 15.00. Plac zlokalizowano zgodnie z danymi dla Warszawy (szerokość geograficzna 52°, długość 21°). Przy analizie uwzględniono współczynnik zmętnienia atmosfery wpływający na propagację i rozproszenie promieni słonecznych docierających do powierzchni ziemi. Współczynnik przyjęto wg Linkego [4], dla klimatu umiarkowanego i obszaru miejskiego. W miesiącu czerwcu współczynnik ten wynosi 4.3, zaś w grudniu 3.1.

Dla zbadania wpływu rodzaju materiału wykończeniowego na natężenie zewnętrznego oświetlenia zadano cztery różne materiały pokrywające elewacje rozpatrywanego układu zabudowy (beton, tynk biały, aluminium i szkło elewacyjne). Dla jednego przypadku układu zabudowy przypisany jest jeden materiał elewacyjny, ten sam dla wszystkich powierzchni elewacyjnych budynków znajdujących się w rozpatrywanym układzie. Powierzchniom placu, ulic i dachu przypisano te same materiały we wszystkich rozpatrywanych układach zabudowy. Parametry fizyczne opisujące materiały, jak współczynniki odbicia światła rozproszonego i bezpośredniego, przezroczystość oraz chropowatość przedstawiono w tablicy 1. Wielkości tych parametrów mają bezpośredni wpływ na zachowanie się światła dziennego, przy kontakcie promieni z daną powierzchnią. Do opisu sceny zastosowano pewne uproszczenie polegające na przypisaniu jednego materiału do powierzchni elewacji występujących w danym przypadku, bez wyodrębniania w elewacji powierzchni okien.

4. WYNIKI ANALIZ

Otrzymane wyniki przedstawiono w formie liczbowej oraz graficznej, w postaci obrazów przedstawiających natężenie na powierzchniach badanej geometrii za pomocą izolinii lub w formie wykresów przestrzennych.

przypadku szkła także przepuszczalnością światła. W przypadku elewacji szklanych obserwujemy widoczne zmniejszenie poziomu natężenia na placu. Światło dzienne w większym stopniu jest przepuszczane do wnętrza budynku a w mniejszym odbite od szklanej powierzchni elewacji.

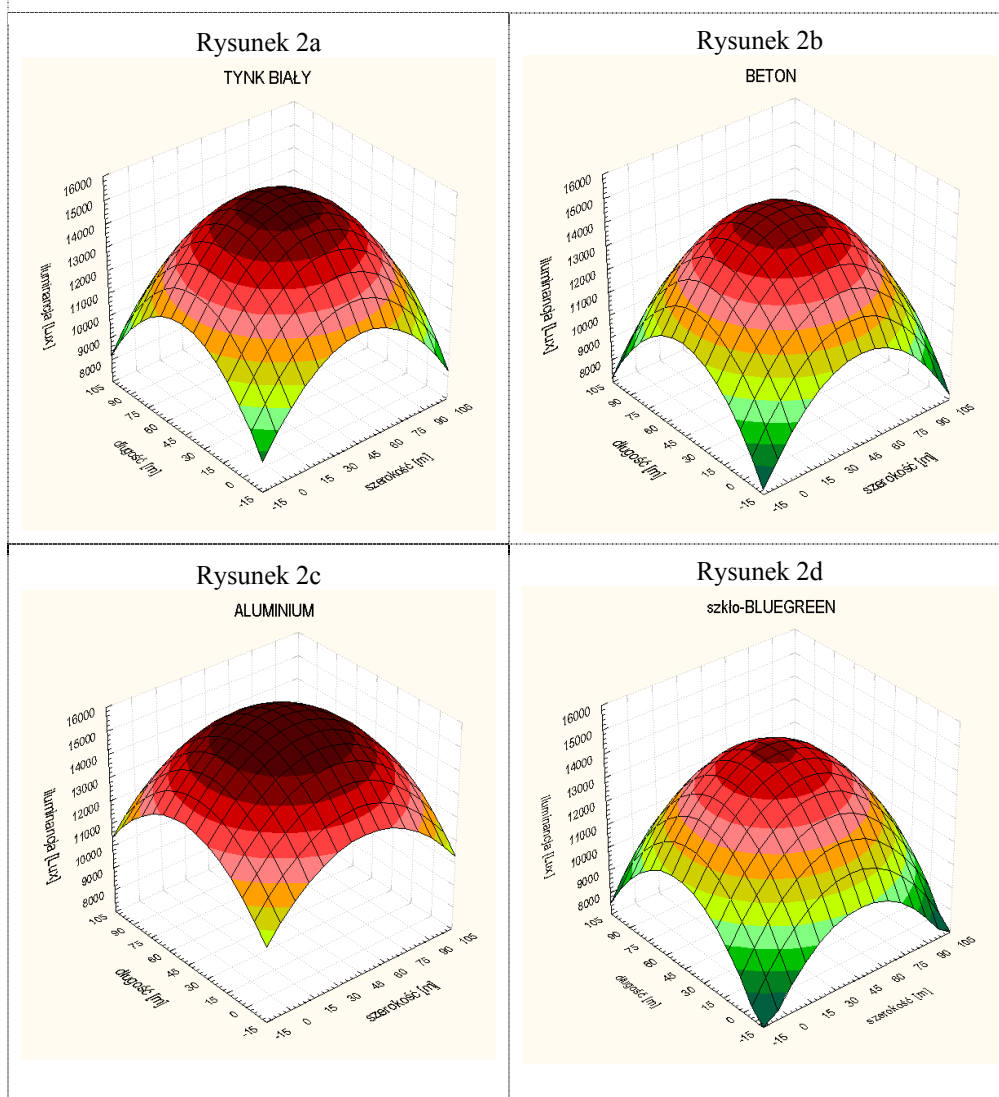
Maksymalne natężenie występuje w centralnej części placu, jest ono rzędu 15000 lx i większe, w zależności od zastosowanego materiału. Na otwartej przestrzeni w miesiącu czerwcu natężenie jest rzędu 17 000 lx. W okolicach zabudowy zaobserwowano znaczny spadek natężenia do około 10 000 lx (w sąsiedztwie samych budynków), natomiast w narożach placu natężenie spada do poziomu 8 000 lx (rys. 4). Dla nieboskłonu zachmurzonego (głównie wpływ promieniowania rozproszonego od nieboskłonu) wysokość budynków wpływa na redukcję docierającego światła. Mniejszy kąt widoczności nieboskłonu powoduje w znacznym stopniu redukcję oświetlenia w miejscach położonych bliżej budynków (rys. 4).

Charakter rozkładu natężenia oświetlenia dla budynków o wysokości 15m jest podobny do rozkładu dla budynków o wysokości 30m (rys. 3a-d). Dla budynków o wysokości 15m różnica natężenia na samym placu w funkcji odległości od budynków jest niewielka (rys. 3a i 3c) i zbliżona do wartości na terenie otwartym. Oznacza to, że wpływ zabudowy

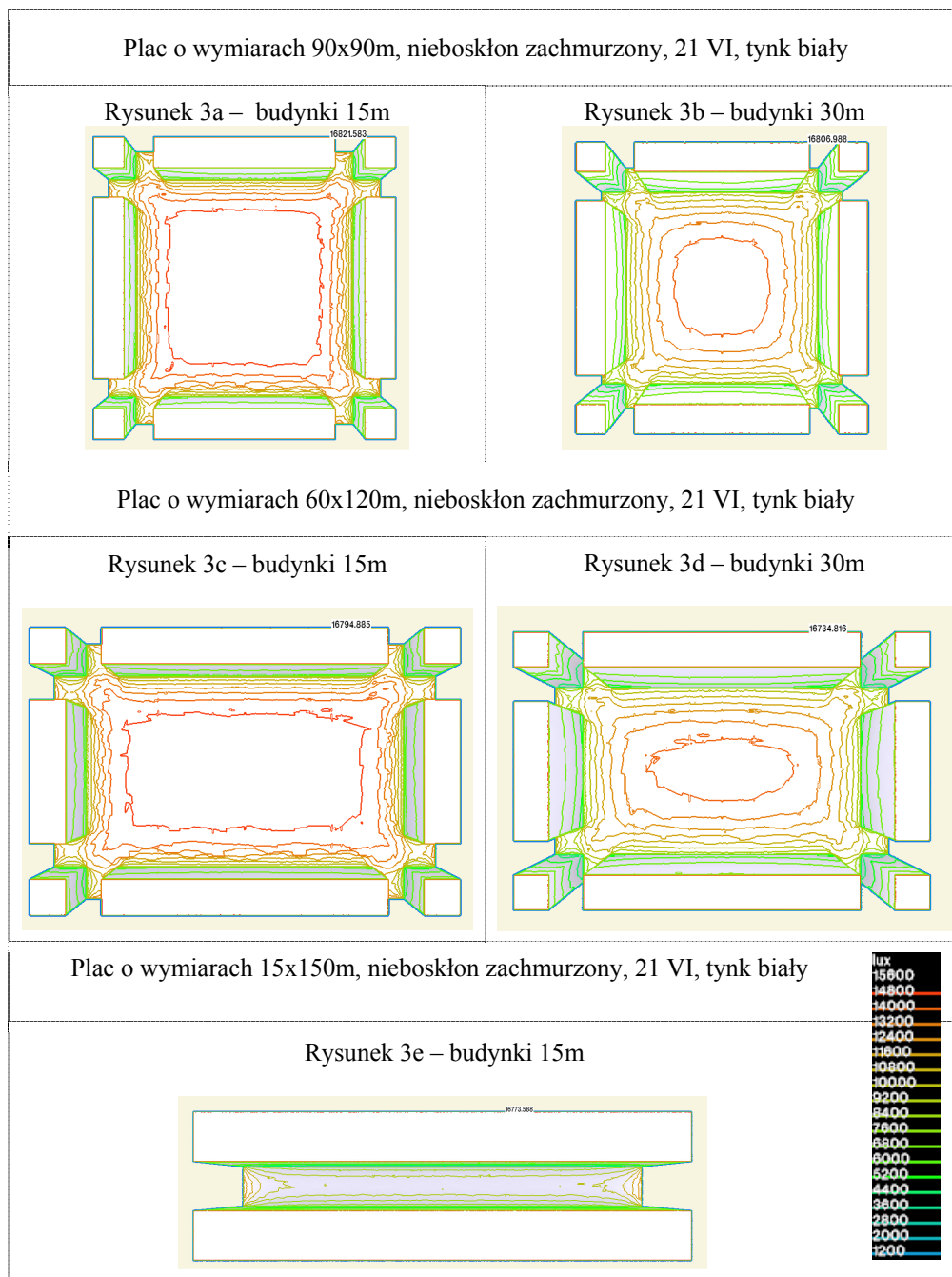
jest ograniczony do pasa równego, w zależności od jego geometrii, około $1/4 \div 1/6$ szerokości placu.

Na rysunku 2 pokazano wpływ rodzajów materiałów elewacyjnych na natężenie oświetlenia na powierzchni placu. Na różnice te wpływają właściwości fizyczne poszczególnych materiałów, głównie zależności pomiędzy absorpcją a emisją, zaś w

Plac o wymiarach 90x90m, budynki 30m, 21 VI, nieboskłon zachmurzony, 4 materiały

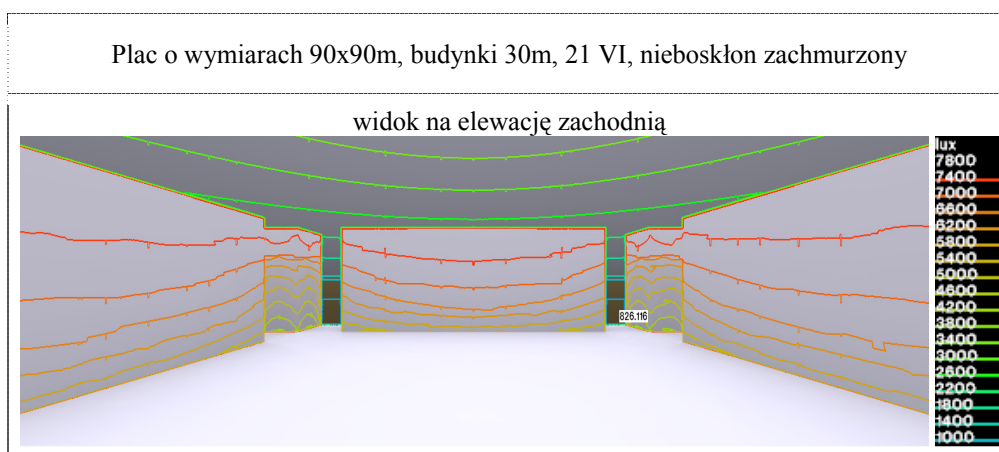


Rys. 2. Wpływ rodzaju materiału wykończeniowego na poziom natężenia oświetlenia.
Fig. 2. The influence of finishing material on illuminance distribution.



Rys. 3. Wpływ geometrii placu i wysokości budynków na rozkład natężenia oświetlenia.
 Fig. 3. The influence of square geometry and building high on illuminance distribution.

W przypadku wąskiej ulicy (rys. 3e), gdzie dostęp światła jest znacznie ograniczony zaobserwowano niewielkie różnice w wartościach natężenia pomiędzy częścią centralną a częścią przyścienną. O natężeniu decydować będzie w tym przypadku stosunek wysokości budynków (H) do odległości między nimi (B). W przypadku ulicy wynosi on $H/B=1/1$, zaś w przypadku placu wymiarach 90×90 jedynie $H/B=1/6$. Powoduje to dwukrotne różnice w natężeniu oświetlenia (rys. 3a i 3e).



Rys. 4. Rozkład natężenia oświetlenia na elewacjach budynków.
Fig. 4. Illuminance distribution on the building facades.

Na rysunku 4 pokazano wyniki w postaci przykładowego rozkładu izolinii na elewacjach budynków otaczających analizowany plac. Bardziej szczegółowe wyniki dla innych typów nieboskłonów, pór roku oraz dnia zamieszczono w pracy [5].

5. PODSUMOWANIE.

W niniejszej pracy omówiono wpływ warunków otoczenia na propagację światła w prostych strukturach zabudowy. Analizę przeprowadzono przez porównanie wyników symulacji komputerowych, nie dysponując rzeczywistymi wartościami z pomiarów, mogącymi posłużyć do poszerzenia i uwiarygodnienia powyższego opracowania. Przedstawione rozważania wpływu różnych parametrów na natężenie oświetlenia ukazują jedynie ich ogólny charakter.

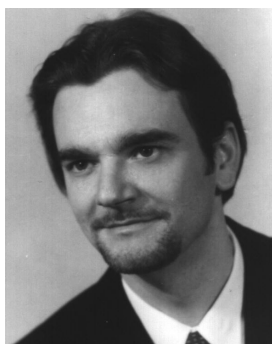
Zaproponowane układy zabudowy pokazują zależności, w kontekście zewnętrznego natężenia oświetlenia, wynikające z różnej geometrii placu i ulicy, jako form urbanistycznych miasta. Zaproponowane wymiary budynków oraz placu miały mieć charakter poglądowy a nie odzwierciedlać konkretnych przypadków występujących w rzeczywistości.

Przedstawione wyniki pozwalają stwierdzić, że zarówno geometria otoczenia jak i rodzaj zastosowanych materiałów mają istotny wpływ na natężenie oświetlenia, zaś różnice wynoszą od kilkunastu (w przypadku różnych materiałów) do kilkudziesięciu (w przypadku różnej geometrii) procent.

Przeprowadzone analizy mogą w przyszłości posłużyć do oceny parametrów komfortu wizualnego w nowych lub projektowanych układach urbanistycznych, jak i pomóc ocenić wpływ geometrii i rodzaju zabudowy na natężenie oświetlenia w budynkach.

6. LITERATURA.

- [1] SWEITZER G., MARDALJEVIC J., Quantification of Solar Access: A Novel Approach for Hong Kong”, Hong Kong Institute of Architects' Journal, Issue No. 31 / 1st Quarter, 2002.
- [2] LITTLEFAIR P., Site layout planning for daylight and sunlight: a guide to good practice. BR 209. Garston. CRC. 1991
- [3] LARSON G.W., SHAKESPEARE R.: Rendering with Radiance – The Art and Science of Lighting Visualization, Morgan Kaufman Publishers Inc., San Francisco, California, 1998.
- [4] Praca zbiorowa, New calculation of the Linke turbidity coefficient, Commission Internationale de l'Eclairage, 1975.
- [5] KUJAWSKI A., Analizy symulacyjne zewnętrznego natężenia oświetlenia dziennego w wybranych układach urbanistycznych, Praca magisterska na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska PŁ, Łódź, 2004.



Dr inż. Dariusz Heim, adiunkt w Katedrze Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych Politechniki Łódzkiej.

Tematyka zainteresowań: modelowanie i komputerowa symulacja procesów transportu masy i energii w budynkach oraz procesów ciepłno-wilgotnościowych w jego elementach, modelowanie i komputerowa symulacja zintegrowanych systemów energetycznych z uwzględnieniem odnawialnych źródeł energii, budownictwo ekologiczne i architektura bioklimatyczna, oświetlenie architektoniczne i urbanistyczne.
darkheim@p.lodz.pl



Mgr inż. Arkadiusz Kujawski, absolwent kierunku dyplomowania Budownictwo Ekologiczne na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Politechniki Łódzkiej.

Tematyka zainteresowań: modelowanie i komputerowa symulacja oświetlenia dziennego, oświetlenie dzienne w budynkach, budownictwo ekologiczne, renowacje i modernizacja budynków.
arkadiuszkujawski@wp.pl

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005-2007, jako projekt badawczy nr 4 T07E 033 28.