

MODERNIZACJA OŚWIETLENIA SALI KONFERENCYJNEJ, ANALIZA SYMULACYJNA I WERYFIKACJA WYNIKÓW

Dariusz HEIM^{*}, Maciej JARZĘBIAK^{*}

^{*} Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych
Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, e-mails: dariusz.heim@p.lodz.pl, jarzebiak@o2.pl

Streszczenie: W pracy porównano wyniki analiz numerycznych wykonanych metodą energetyczną oraz śledzenia promienia dla zaproponowanych rozwiązań oświetlenia istniejącej sali konferencyjnej. Wyniki otrzymane dla przyjętego modelu w stanie istniejącym porównano z wynikami pomiarów luksonierem wykonanych w wybranych punktach pomieszczenia. Dla wykalibrowanego modelu pomieszczenia zaproponowano szereg rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych. Oszacowano efekty energetyczne wynikające z zastosowania danego rozwiązania oraz poprawę parametrów oświetleniowych.

Słowa kluczowe: oświetlenie dzienne, oświetlenie sztuczne, komfort wizualny, oślnienie, półki świetlne.

1. WPROWADZENIE

Przedmiotem analizy jest pomieszczenie pełniące funkcję sali konferencyjnej, które znajduje się w budynku Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska PŁ. Odbywają się w nim seminaria, wykłady oraz posiedzenia Rady Wydziału. Sala ta jest pomieszczeniem użyteczności publicznej oraz miejscem pracy. Z tego tytułu jej oświetlenie podlega ścisłym wymogom określonym przez normę: PN-EN 12464-1 „Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy”. Istotne jest również zapewnienie pracującym w nim osobom pełnego komfortu oświetleniowego, tak aby realizacja wykonywanych przez nie zadań przebiegała w możliwie optymalnych warunkach. Niniejsza praca ma na celu:

- ocenę istniejących warunków oświetleniowych w pomieszczeniu.
- propozycję działań modernizacyjnych, mających na celu polepszenie warunków oświetlenia pomieszczenia światłem naturalnym, oraz propozycja nowego rozwiązania oświetlenia sztucznego.

Ocenie podlega oświetlenie sali światłem dziennym. Ocena została przeprowadzona na podstawie pomiarów, które wykonano w wybranych punktach sali i poza nią. Punkty

miarowe zostały wybrane ze względu na przeznaczenie i funkcję, jaką pełni sala konferencyjna. Pomiarów dokonano dla tych miejsc w sali, gdzie wykonywana jest praca, tj. dla powierzchni stołów, na których realizowane są takie zadania jak czytanie, pisanie, itp. Wszystkie pomiary zostały wykonane za pomocą odpowiedniego urządzenia. Pomiarzone zostało natężenie oświetlenia w pomieszczeniu.

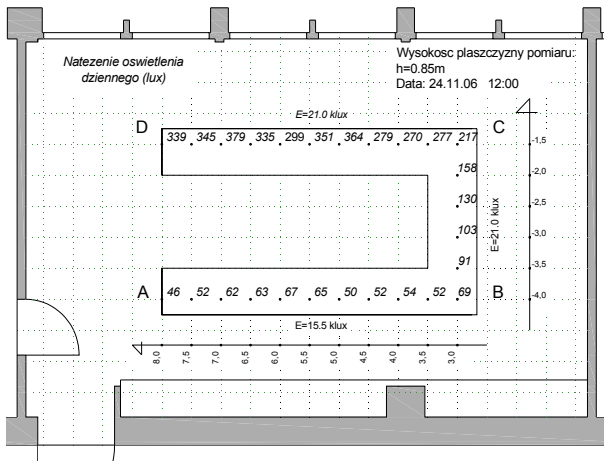
Propozycje modernizacji zostały opracowane przy wykorzystaniu nowoczesnego oprogramowanie komputerowego. Analizy dotyczyły wpływu współczynnika odbicia światła na powierzchniach wewnętrznych, wpływu współczynnika przepuszczalności szyb okiennych oraz wpływu dodatkowego systemu półki doświetlającej (zewnątrznej), służącej przekierowaniu światła słonecznego do wnętrza pomieszczenia. Dodatkowo przeanalizowano oświetlenie sztuczne: sprawdzono różne scenariusze rozmieszczenia i doboru opraw oświetleniowych dla uzyskania najlepszych warunków oświetlenia w polu pracy. Dodatkowo, przeprowadzono również symulację, aby wykazać, zasadność sterowania oświetleniem sztucznym i jego wpływ na zapotrzebowanie na energię elektryczną, oraz symulację oświetlenia uzupełniającego.

2. POMIARY TERENOWE

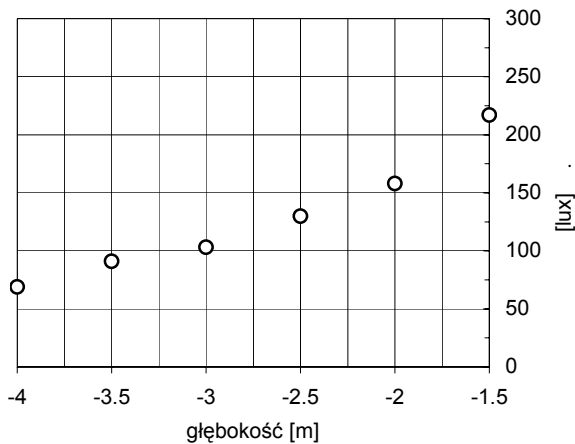
Pomiary zostały wykonane 24 listopada 2006. Punkty pomiarowe zostały wybrane zgodnie z charakterem wykonywanej w pomieszczeniu pracy. Jest to pokój konferencyjny, w którym stoły ustawiono w kształcie litery U. Punkty pomiarowe wyznaczono w siatce 0.5 m w odległości 25 cm od zewnętrznej krawędzi stołów (na wysokości $h = 0,85$ m), tak aby wchodziły w skład pola pracy osób siedzących po zewnętrznej stronie stołów.

Pomiar w pomieszczeniu dokonano w dwóch etapach. W pierwszym dokonano pomiaru w sali na osi A-B (rys. 1).

Następnie ze względu na zmieniający się rozkład luminancji nieboskłonu, zmierzono wartość natężenia oświetlenia na zewnątrz budynku. W drugim etapie pomierzono wartości w osiach B-C oraz C-D (rys.1). Po czym zrobiono końcowy pomiar jasności nieba. Otrzymane wyniki potwierdzają charakter oświetlenia typowy jak dla pomieszczenia z bocznym oświetleniem naturalnym.



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów i wyniki pomiarów.
Fig. 1. Control points for measurements and results.



Rys. 2. Zmiana natężenia oświetlenia wraz z głębokością wzdłuż osi B-C.
Fig. 2. Illuminance distribution inside the room along B-C line.

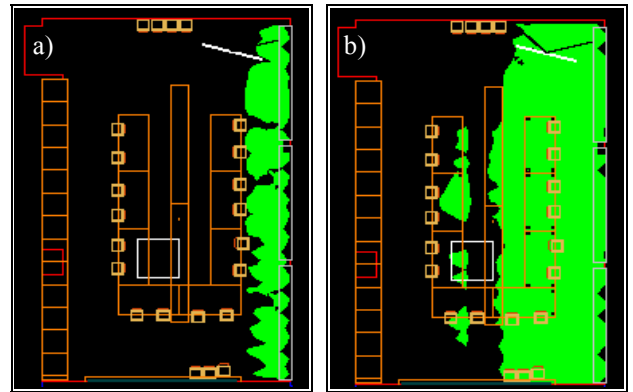
3. ANALIZA NUMERYCZNA DLA STANU ISTNIEJĄCEGO

Analizę dla stanu istniejącego wykonano przy następujących założeniach:

- analizowana płaszczyzna robocza usytuowana na wysokości 0,85m nad powierzchnią podłogi,
- brak oświetlenia sztucznego,

- model nieba - standardowe niebo zachmurzone (CIE standard Overcast Sky),
- rozsył światła we wnętrzu pomieszczenia przy założeniu uśrednionych charakterystyk odbiciowych powierzchni,
- współczynnik czystości pokoju - 0,64 - pokój średni/duży, średnio brudny po trzech latach eksploatacji.

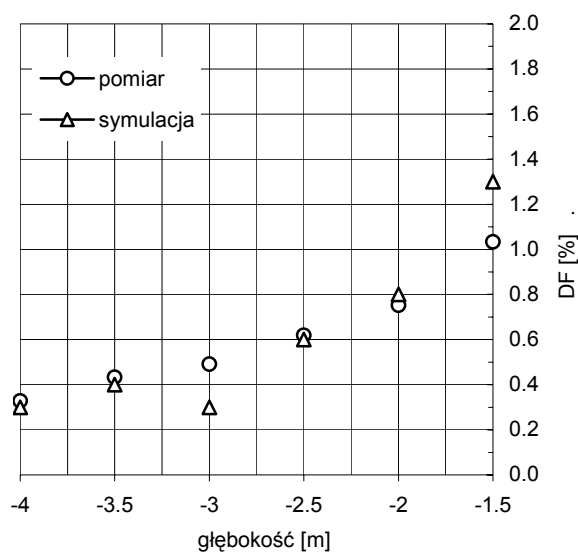
Na rysunku 3 pokazano granice obszarów, dla których natężenie oświetlenia dziennego w pomieszczeniu wynosi 50 oraz 500 luksów. Rysunek 4 przedstawia rozkład luminancji dla przykładowego pola widzenia (miejsce wejścia do sali). Na rysunku 5 pokazano zmianę natężenia oświetlenia wraz z głębokością pomieszczenia dla wartości pomierzonych oraz otrzymanych z symulacji. Istotne różnice zaobserwowano jedynie dla dwóch punktów pomiarowych.



Rys. 3. Rozkład natężenia oświetlenia w pomieszczeniu dla wartości granicznej 500lx (a), 50lx (b).
Fig. 3. Illuminance distribution inside the room for 500lx (a), 50lx (b).



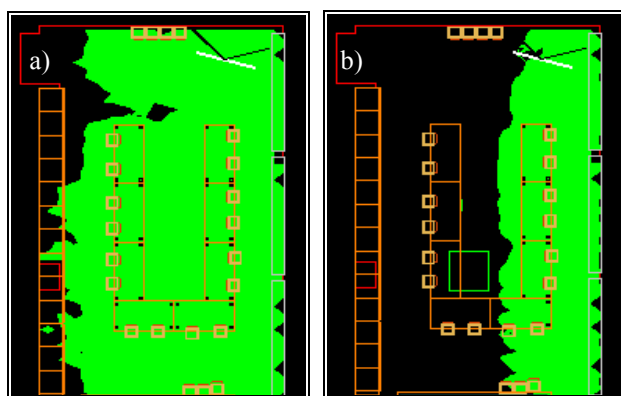
Rys. 4. Rozkład luminancji dla wybranego pola widzenia [cd/m²].
Fig. 3. Luminance distribution for selected view point [cd/m²].



Rys. 5. Zmiana współczynnika oświetlenia dziennego wzdłuż osi B-C - pomiary i obliczenia dla wykalibrowanego modelu.
Fig. 5. Daylight Factor distribution along B-C line - measurements and simulation results for calibrated model.

Z otrzymanych rezultatów wynika, że poziom oświetlenia (przy wykorzystaniu jedynie światła dziennego) znacznie odbiega od wymaganego dla danych warunków pracy - pomieszczenie konferencyjne. Zasięg oświetlenia dziennego na poziomie 500lx kończy się w odległości około 1 m od okna (dla nieboskłonu zachmurzonego). Wartości zmierzone oraz wyniki symulacji można uznać za zgodne dla ostatecznego modelu przyjętego do analizy.

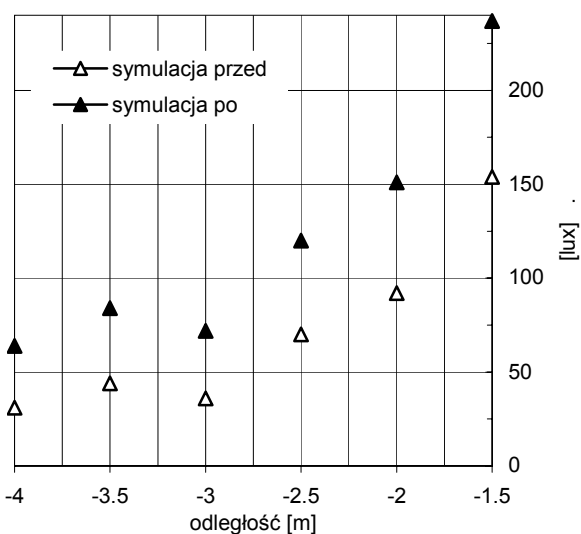
4. PROPOZYCJE MODERNIZACJI



Rys. 6. Rozkład natężenia oświetlenia w pomieszczeniu po odświeżeniu dla wartości granicznej 500lx (a), 50lx (b).
Fig. 6. Illuminance distribution inside the room after refreshing for 500lx (a), 50lx (b).

4.1. Zmiana emisyjności powierzchni wewnętrznych

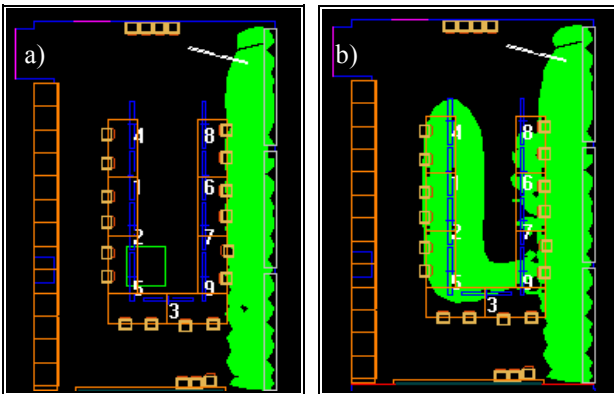
Celem niniejszego wariantu obliczeniowego jest poprawa właściwości emisyjnych powierzchni wewnętrznych. Zmiany proponowane w niniejszym wariantcie polegały na trzykrotnym zwiększeniu współczynnika odbicia światła dla ścian oraz poprawieniu czystości pokoju z 0,64 na 0,90 co odpowiada odświeżeniu powierzchni wewnętrznych. Przeprowadzone zabiegi dały następujące efekty oświetleniowe. Otrzymano wzrost średniego natężenia oświetlenia w stosunku do wartości wyjściowych dla osi A-B o 40 lx, zaś dla osi C-D nawet o 98 lx.



Rys. 7. Zmiana natężenia oświetlenia wzdłuż osi B-C - wyniki symulacji (przed i po modernizacji).
Fig. 7. Illuminance distribution along B-C line – simulation results (before and after modernization).

4.2. Zastosowanie oświetlenia uzupełniającego

Zadaniem tej części analizy było zaprojektowanie dodatkowego oświetlenia uzupełniającego. Przyjęto, że dodatkowe oświetlenie będzie systemem niezależnym od systemu podstawowego oświetlenia sztucznego. Ponadto ma zapewnić wymagany poziom światła przy zachowaniu minimalnego zapotrzebowania na energię. Analizy oświetlenia dziennego i sztucznego (uzupełniającego) dla pokoju konferencyjnego wykonano przy założeniu pełnego zachmurzenia (CIE standard Overcast Sky). Możliwość regulacji strumienia świetlnego na podstawie wskazań czujnika światła okazała się szczególnie istotna dla opraw zainstalowanych od strony okna (w tym miejscu jest największy udział światła dziennego w oświetleniu płaszczyzn pracy). Ponieważ program nie pozwala na płynną zmianę strumienia świetlnego opraw, ograniczono zatem analizy do sytuacji, w której rząd opraw w strefie okiennej ma stałą moc 18 W.

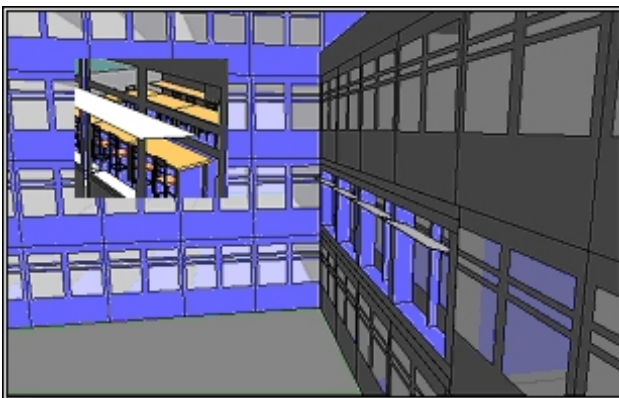


Rys. 8. Rozkład natężenia oświetlenia dziennego (a) oraz mieszanego (b) w pomieszczeniu dla wartości granicznej 500 lx.
Fig. 8. Illuminance distribution inside the room, daylight (a) daylight + supplementary (b) for 500 lx.

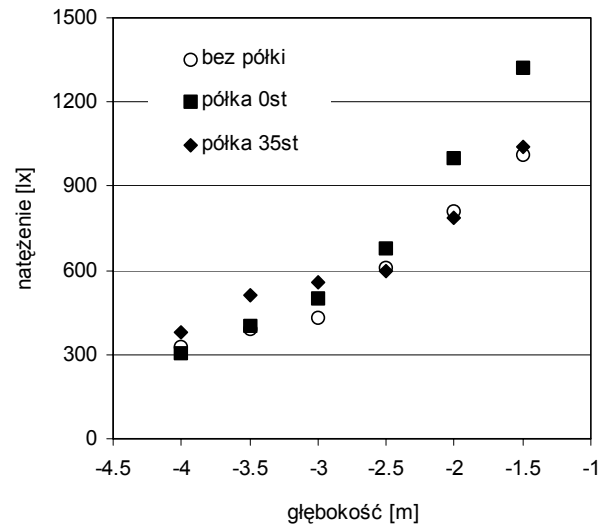
Zastosowane moce opraw w większości pokryły zapotrzebowania oświetleniowe w polu pracy. Brak możliwości sterowania mocą dla opraw oświetleniowych (brak możliwości zmiany krzywej rozkładu światłości) nie daje odpowiedzi na pytanie, jakie oszczędności mogłyby wynikać z takiego działania. Możliwość regulacji strumienia świetlnego na podstawie wskazań czujnika światła jest szczególnie istotna dla opraw zainstalowanych po stronie okna (w tym miejscu jest największy udział światła dziennego w doświetleniu płaszczyzn pracy).

4.3. Zastosowanie półek doświetlających

Ostatnim z wariantów było zastosowanie od strony zewnętrznej poziomej półki świetlnej o szerokości 0,70 m (rys. 9). Przeanalizowano dwa warianty nachylenia półki: idealnie pozioma (kąt 0°) oraz nachyloną pod kątem 35° w kierunku pomieszczenia. Na rysunku 10 porównano warianty z oraz bez półki doświetlającej.



Rys. 9. Sposób umieszczenia półki doświetlającej w fasadzie.
Fig. 9. The light shelf system in building façade.



Rys. 10. Zmiana natężenia oświetlenia wraz z głębokością wzdłuż osi B-C dla wariantów z oraz bez półki świetlnej.
Fig. 10. Illuminance distribution inside the room along B-C line with and without light shelf.

Z rysunku wynika, że możliwe jest uzyskanie wyższych wartości natężenie oświetlenia dla głębszych stref pomieszczenia doświetlając je półką świetlną. Należy jednak przy tym pamiętać, że prezentowane wyniki uzyskano dla nieboskładu bezchmurnego (najlepsze warunki pracy półki świetlnej). Natomiast w przypadku nieboskładów zachmurzonych półka świetlna zawsze nieznacznie pogorszy warunki oświetleniowe.

5. PODSUMOWANIE

W pracy omówiono różne warianty rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych i ich wpływ na poprawę warunków oświetleniowych w pomieszczeniu. Rozpatrzono także wariant dodatkowego oświetlenia uzupełniającego zapewniającego równomierny rozkład natężenia oświetlenia.

LIGHTING SYSTEM MODERNIZATION IN CONFERENCE ROOM, SIMULATION ANALYSIS AND VERIFICATION

Summary: The main purpose of this study was to analyze different daylight strategy for existing conference room. The results were obtained using numerical simulation techniques compared and verified by measurements of illuminance and assessments of daylight factor.

Literatura

[1] Praca zbiorowa, Klemm P. red. *Budownictwo ogólne, Fizyka Budowli*, tom 2, rozdział 7, Światło w pomieszczeniach, Arkady 2005, s. 482-507.