

# Zapewnienie odpowiedniego oświetlenia dla osób starszych ze szczególnym uwzględnieniem wyboru wartości wskaźnika ograniczenia olśnienia (UGR)

---

Zalecenia dla projektantów oświetlenia

**CIOP  PIB**

**Warszawa 2013**

Wykorzystano wyniki II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej.

Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

**Autor opracowania**

dr inż.. Agnieszka Wolska – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy



## Spis treści

<b>1</b>	<b>WPROWADZENIE</b>	<b>4</b>
1.1	Zmiany fizjologiczne zachodzące w oku z wiekiem a parametry oświetlenia	4
1.2	Wskaźnik UGR a odczuwane subiektywnie olśnienie przykre	6
<b>2</b>	<b>WYNIKI POMIARÓW I OBLICZEŃ WSKAŹNIKA OGRANICZENIA OLŚNIENIA (UGR)</b>	<b>7</b>
2.1	Zastosowane metody wyznaczania UGR	7
2.2	Wyniki obliczeń i pomiarów UGR	7
2.3	Podsumowanie	9
<b>3</b>	<b>SUBIEKTYWNA OCENA OLŚNIENIA PRZYKREGO A WYZNACZONE WARTOŚCI UGR METODAMI OBIEKTYWNYMI</b>	<b>10</b>
3.1	Subiektywna ocena olśnienia	10
3.2	Wyniki oceny subiektywnej olśnienia przykrego	10
3.3	Analiza porównawcza subiektywnej oceny olśnienia przykrego z wyznaczonymi wartościami UGR dwoma metodami obiektywnymi	11
3.3.1	Warunki mniejszego olśnienia przykrego	12
3.3.2	Warunki większego olśnienia przykrego	12
3.3.3	Podsumowanie	12
3.4	Wnioski ogólne	13
<b>4</b>	<b>ZALECENIA DO PROJEKTOWANIA OŚWIETLENIA DLA OSÓB STARSZYCH</b>	<b>14</b>
4.1	Poziom natężenia oświetlenia i jego równomierność	14
4.2	Barwa światła i oddawanie barw	14
4.3	Ograniczenie olśnienia	15
4.3.1	Olśnienie przeszkadzające	15
4.3.2	Olśnienie przykre	15
4.3.2.1	Wybór wartości UGR	16
4.3.2.2	Sposoby ograniczania wartości UGR na etapie projektowania oświetlenia	16
4.3.2.3	Sposoby ograniczanie olśnienia na etapie rozmieszczania stanowisk pracy w pomieszczeniu	17
4.3.2.4	Weryfikacja poprawności wyznaczonego wskaźnika UGR	17
<b>5</b>	<b>PODSUMOWANIE</b>	<b>18</b>

## 1 Wprowadzenie

Od roku 2000 wskaźnik zatrudnienia osób w wieku 55-64 zarówno w krajach Unii Europejskiej jak i w Polsce rośnie. W roku 2010 wg. Eurostatu wyniósł on 46,3% dla UE-27, a dla Polski - 34%. Natomiast zgodnie z danymi GUS w roku 2015 przewidywany jest wzrost wskaźnika zatrudnienia osób w wieku powyżej 50 lat do 37% [1]. Wobec faktu wydłużenia wieku emerytalnego prowadzi się wiele badań w UE ukierunkowanych na tworzenie dla osób starszych odpowiednich do ich możliwości psychofizycznych warunków pracy, w tym warunków pracy wzrokowej.

Jak wynika z zaleceń normy PN-EN 12464-1: 2012 *Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach* [10] zwiększenie jedynie poziomu natężenia oświetlenia obszaru zadania o jeden stopień ze skali stopniowania natężeń oświetlenia nie jest wystarczającym środkiem poprawy warunków wzrokowych dla osób starszych. Istotnym jest także zastosowanie odpowiedniej barwy światła, doświetlanie miejsc pracy za pomocą odpowiednio dobranych opraw oświetlenia miejscowego, a także odpowiednie ograniczenie olśnienia pochodzącego od opraw oświetleniowych. O ile wiele dotychczasowych badań ukierunkowanych było na dostosowywanie poziomu natężenia oświetlenia do potrzeb osób starszych, określanie zalecanej barwy światła i zmiany postrzeganego olśnienia przeszkadzającego wraz z wiekiem, to nie prowadzono takich badań w odniesieniu do olśnienia przykrego.

*Czy można w tej sytuacji przyjmować, że olśnienie przykre jest odpowiednio ograniczone dla osób starszych, jeśli spełnia wymagania normatywne określone na podstawie badań osób młodych?*

Z doświadczeń własnych opartych na wieloletnich badaniach prowadzonych na stanowiskach pracy wynika, że pracownicy (zwłaszcza biurowi) często skarżą się na zbyt jaskrawe oświetlenia, co zwykle stanowi sygnał, że może występować olśnienie przykre. Jak dotąd ocena olśnienia przykrego wykonywana jest wyłącznie podczas projektowania oświetlenia wnętrz a wyznaczone w programach symulacyjnych jak np. DIALux wartości UGR porównywane są z wymaganiami PN-EN 12464-1 [10]. Zazwyczaj wyznaczana jest wartość ujednoczonego wskaźnika olśnienia UGR w odniesieniu do charakterystycznych kierunków obserwacji w pomieszczeniu, a nie w miejscach gdzie będą znajdować się stanowiska pracy.

*Czy można zatem przyjąć, że w danym pomieszczeniu na każdym stanowisku pracy olśnienie przykre będzie ograniczone jeśli wyznaczone w projekcie oświetleniowym wartości UGR odnoszą się tylko do standardowo przyjmowanych charakterystycznych kierunków obserwacji?*

Aby odpowiedzieć na te pytania podjęto się badań wpływu olśnienia przykrego na zdolność spostrzegania osób starszych w wieku 50+ i na podstawie uzyskanych wyników określono zalecenia dla projektantów oświetlenia, które przedstawiono w niniejszym opracowaniu.

### 1.1 Zmiany fizjologiczne zachodzące w oku z wiekiem a parametry oświetlenia

Wraz z wiekiem zachodzą zmiany fizjologiczne w oku, które wpływają negatywnie na wydolność wzrokową. Do skutków tych zalicza się m.in.: spadek zdolności przepuszczania światła przez elementy optyczne oka, „żółknięcie” soczewki oka, wzrost ilości światła rozproszonego w ośrodkach optycznych oka, spadek zdolności akomodacyjnych oka (presbiopia) i zwężenie średnicy źrenicy.

Zwężenie średnicy źrenicy wraz z wiekiem powoduje, że ilość światła docierającego do siatkówki oka osoby 65 letniej jest ok. 40% mniejsza niż osoby 25 letniej. W rezultacie, aby zapewnić osobie starszej porównywalne warunki widzenia obszaru zadania wzrokowego należy odpowiednio zwiększyć natężenie oświetlenia na tym polu zadania.

Spadek zdolności przepuszczania światła przez elementy optyczne oka z wiekiem nie jest taki sam dla całego spektrum promieniowania widzialnego. Największy spadek współczynnika przepuszczania występuje w zakresie fal krótkich tj. w zakresie barw niebieskiej i zielono-niebieskiej.

Soczewka oka składa się z warstw proteinowych. Małe nieregularności tej struktury powodują, że przechodzące przez nie światło jest rozpraszane na całą siatkówkę. Z wiekiem przezroczystość soczewki zmniejsza się na skutek dyfuzji czerwonych ciałek krwi (erytrocytów) do soczewki i akumulacji ognisk rozpraszających światło (tzw. „kryształizacja” soczewki). Podobne niekorzystne skutki są generowane przez koloidalne makrocząsteczki rozpuszczone w cieple szklistym oka. W rezultacie światło rozproszone docierające do siatkówki nakłada się na obraz ogniskowanego na niej przedmiotu obserwacji i powoduje tzw. luminancję zamglenia, której obecność oznacza występowanie olśnienia przeszkadzającego. Dlatego też starsi ludzie są bardziej wrażliwi na ten rodzaj olśnienia, uskarżają się na zmniejszoną wydolność wzrokową i dyskomfort widzenia. Niestety zmniejszona przezroczystość soczewki nie może być zrekomensowana przez okulary korekcyjne. Wobec powyższego najprostszym sposobem kompensacji ograniczonej w ten sposób ilości użytecznego światła docierającego do siatkówki jest zwiększenie poziomu natężenia oświetlenia na zadaniu wzrokowym.

Badania dotyczące oświetlenia dla osób starszych dotyczyły przede wszystkim stosowania doświetlenia miejscowego lub specjalnie zaprojektowanych opraw oświetlenia miejscowego oraz aspektu zwiększania poziomu natężenia oświetlenia dla tej grupy osób. Zgodnie z niektórymi doniesieniami w określonych przypadkach natężenie oświetlenia dla osób starszych powinno być dwukrotnie a nawet i trzykrotnie większe, aby zapewnić tę samą ilość użytecznego światła na siatkówce oka jak u osób młodych. Natomiast inne badania wykazały, że osoby starsze powyżej 70 roku życia potrzebują około 10-krotnie większego poziomu natężenia oświetlenia do wykonywania tej samej czynności z tą samą wydolnością wzrokową w porównaniu z osobami z grupy wiekowej 45-55 lat [1]. Jednocześnie wykazano wpływ poziomu natężenia oświetlenia na ostrość wzroku osób starszych i stwierdzono, że wraz ze wzrostem poziomu natężenia oświetlenia wzrasta ich wydolność wzrokowa oraz ostrość wzroku. Przy średnio trudnych zadaniach wzrokowych, dla których wymagania normatywne wynoszą 300 lx człowiek starszy potrzebuje około 1000 lx, aby osiągnąć taką samą wydolność wzrokową co osoby młode. Jednak biorąc pod uwagę, że osoby starsze są bardziej wrażliwe na olśnienie przeszkadzające to i natężenie oświetlenia przy oku powinno być odpowiednio ograniczone. Stąd najczęściej zaleca się stosowanie odpowiednio dobranego oświetlenia miejscowego, które zapewni wysoki poziom natężenia oświetlenia na zadaniu wzrokowym i jednocześnie nie powoduje nadmiernego poziomu natężenia oświetlenia przy oku obserwatora.

Badania dotyczące wpływu barwy światła na funkcje wzroku nie wykazały jej wpływu na ostrość wzroku, ale stwierdzono pewien wpływ barwy światła na szybkość spostrzegania osób powyżej 45 roku życia. Największa szybkość spostrzegania występowała przy temperaturze barwowej 4000 K [1].

## 1.2 Wskaźnik UGR a odczuwane subiektywnie olśnienie przykre

W powszechnym znaczeniu olśnienie może być określone jako swego rodzaju utrudnienie w widzeniu spowodowane przez zbyt dużą ilość światła docierającą do oczu. Według niektórych autorów „olśnienie jest tym w oświetleniu, co hałas w odniesieniu do brzmienia dźwięku”. Zgodnie z definicją CIE olśnienie przykre powoduje dyskomfort widzenia bez konieczności upośledzenia widzenia obiektów. Należy jednak pamiętać, że to ocena subiektywna stopnia odczuwanego olśnienia przykrego była podstawą do ilościowego określenia tego zjawiska poprzez różnego rodzaju numeryczne wskaźniki olśnienia, które stosowane są do celów projektowania oświetlenia. Badania subiektywne olśnienia wymagały określenia odpowiednich skal oceny jego odczucia, według których osoby badane oceniały stopień odczuwanego olśnienia przykrego. Wyniki badań wskazały, że najmniejszej odczuwalnej różnicy dyskomfortu powodowanego przez olśnienia odpowiada zmiana wartości UGR o jedną jednostkę, zaś istotnej (znaczącej w odczuciu) zmianie olśnienia odpowiada zmiana wartości UGR o trzy jednostki. W badaniach z udziałem człowieka jako weryfikatora skali UGR najczęściej stosowana była wielostopniowa skala Hopkinsona z oceną olśnienia od zaledwie zauważalnego do już nieznośnego [7]. Ta skala subiektywnej oceny olśnienia jest powiązana z wartościami numerycznymi wskaźnika ograniczenia olśnienia (UGR), tak jak przedstawiono w tabeli 1. W przyjętej przez CIE tabelarycznej metodzie ujednoczonego wskaźnika olśnienia - UGR stosowana jest siedmiostopniowa skala wartości UGR: 28-25-22-19-16-13-10 [9]. Im większa wartość liczbowa wskaźnika UGR tym większy stopień odczuwania olśnienia przykrego. Natomiast przyjęta skala oceny olśnienia przykrego w PN-EN-12464-1 jest pięciostopniowa: 28-25-22-19-16. Jak widać pominięte zostały najmniejsze wartości UGR: 10 i 13, które odpowiadają najmniejszemu subiektywnemu odczuwaniu olśnienia przykrego – a początek skali określi się jako olśnienie zaledwie zauważalne. Stąd w tabeli 1 odniesiono się wyłącznie do skali UGR występującej w ww. normie oświetleniowej.

Tabela 1. Wartości UGR i odpowiadająca im skala Hopkinsona subiektywnej oceny olśnienia [1, 7]

<b>UGR</b>	<b>Skala odczuć subiektywnych olśnienia</b>
<b>28</b>	<b>Już nieznośne</b>
23÷27	pomiędzy powodującym niewygodę a już nieznośnym (powodujące niewygodę w różnym stopniu nasilenia , ale jeszcze nie odczuwane jako nieznośne)
<b>22</b>	<b>Już powodujące niewygodę</b>
17÷21	Pomiędzy jeszcze do przyjęcia a już powodującym niewygodę (jeszcze nie powodujące niewygodę, ale już nie do przyjęcia)
<b>16</b>	<b>Jeszcze do przyjęcia</b>

Przedstawiona w tabeli 1 skala odczuć subiektywnych olśnienia została zastosowana w przeprowadzonych badaniach eksperymentalnych, których wybrane wyniki i wnioski zostały przedstawione w niniejszych zaleceniach.

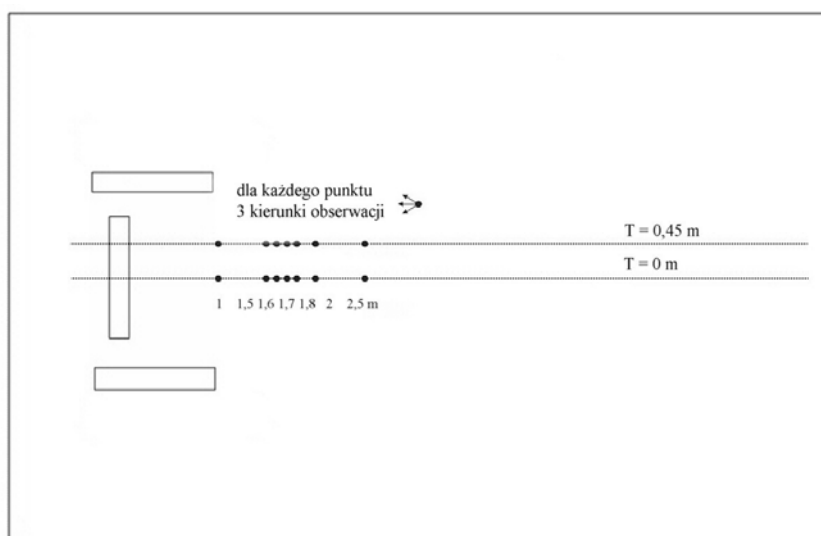
## 2 Wyniki pomiarów i obliczeń wskaźnika ograniczenia ośnienia (UGR)

### 2.1 Zastosowane metody wyznaczania UGR

Wykonano badania i porównano dwie obiektywne metody wyznaczania wskaźnika UGR:

- na podstawie symulacji rozkładu luminancji w programie komputerowym do obliczania oświetlenia - DIALux [1, 6] oraz
- na podstawie pomiarów rozkładu luminancji z wykorzystaniem fotometru LMK [2, 4, 5].

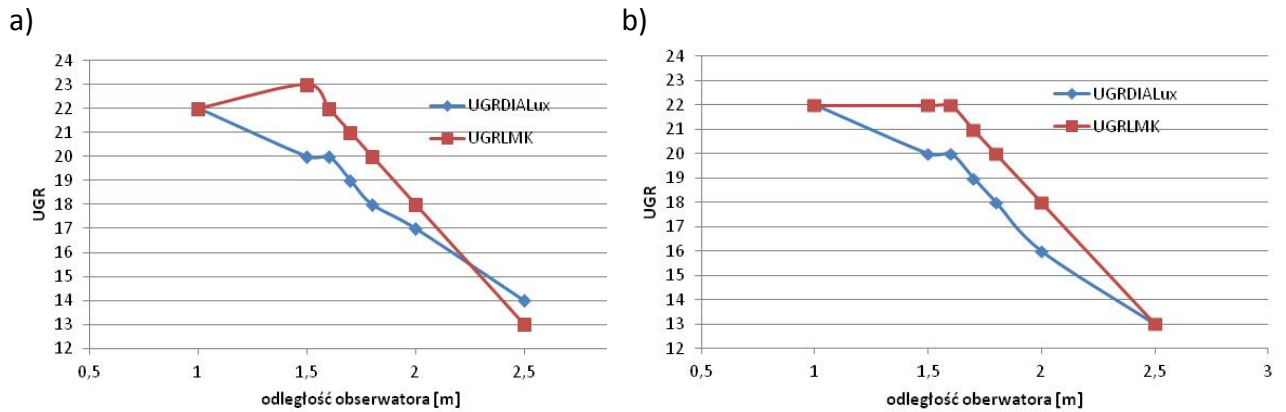
W tym celu przeprowadzono badania [3] polegające na obliczeniowym wyznaczeniu UGR w programie DIALux oraz wykonaniu serii pomiarów UGR dla 35 przypadków położenia linii obserwacji względem źródeł ośnienia wykorzystywanych w badaniach eksperymentalnych z udziałem osób badanych. Pomiar i obliczenia wykonano dla 14 punktów w pomieszczeniu (7 na osi symetrii opraw oraz 7 na osi równoległej do osi symetrii i oddalonej od niej o 0,45 m) jak przedstawiono na rys. 1. W punktach tych wykonano pomiary dla linii obserwacji na wprost ( $0^\circ$ ) oraz obróconej o  $30^\circ$  w prawo lub w lewo. Źródłami ośnienia były oprawy oświetleniowe: oprawa „środkowa”: oprawa świetlówkowa 2x 54 W, z rastrem z matowego aluminium z profilowanymi lamelami, oraz dwie oprawy „boczne” z wysokopolerownym rastrem parabolicznym.



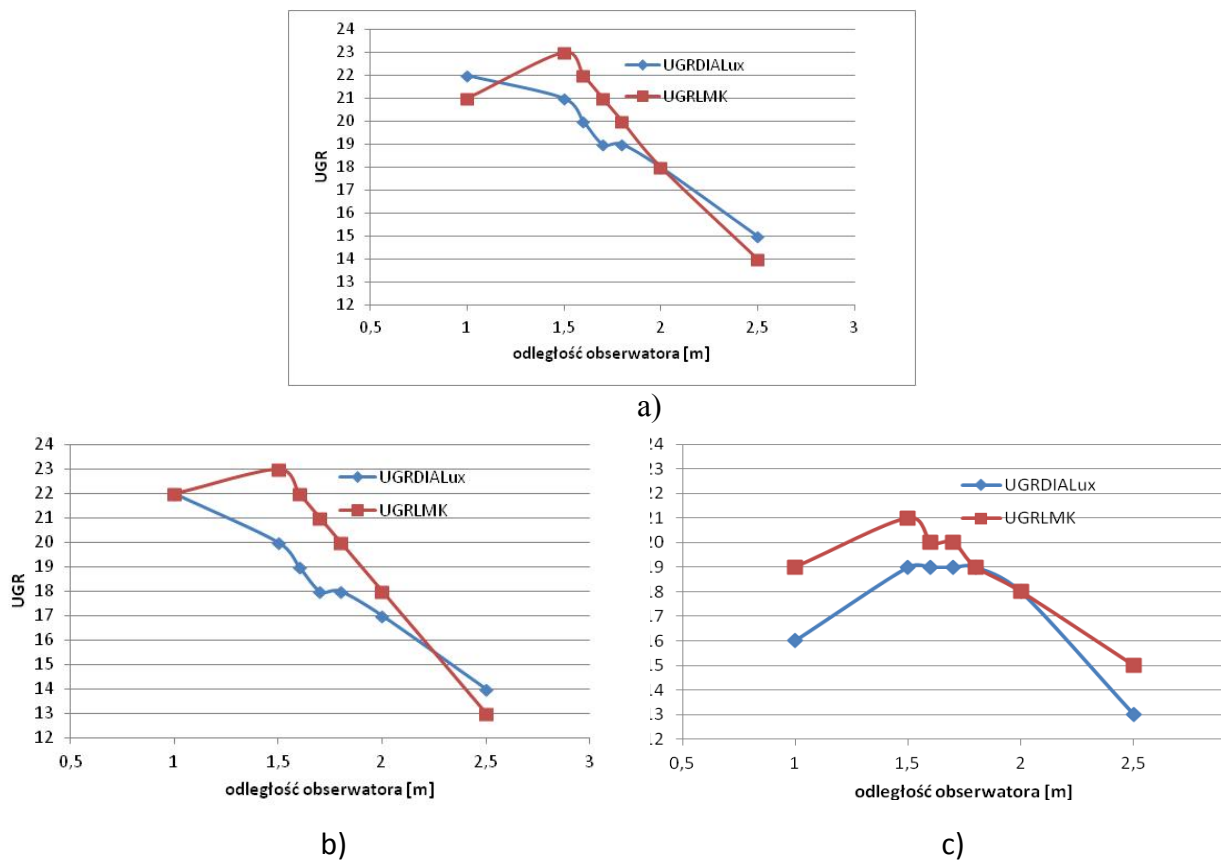
Rys. 1. Położenie punktów pomiarów i obliczeń wskaźnika UGR

### 2.2 Wyniki obliczeń i pomiarów UGR

Przykłady wyników obliczeń UGR obydwojema metodami przedstawiono na rysunkach 2 oraz 3. W większości przypadków wartości UGR wyznaczone na podstawie pomiarów fotometrem LMK są większe od tych wyznaczonych w programie DIALux. Różnice te wynoszą od 1 do 3 jednostek UGR.



Rys. 2. Wartości UGR wyznaczone w programie DIALux oraz fotometrem LMK dla położenia obserwatora, którego linia obserwacji pokrywa się z osią symetrii opraw dla a) linii obserwacji na wprost, b) linii obserwacji odchylonej o 30° w lewo lub prawo



Rys. 3. Wartości UGR wyznaczone w programie DIALux oraz fotometrem LMK dla położenia obserwatora, którego linia obserwacji jest odsunięta o 0,45 m od osi symetrii opraw dla a) linii obserwacji na wprost, b) linii obserwacji odchylonej o 30° w lewo, c) linii obserwacji odchylonej o 30° lub prawo

Widoczne na rysunkach 2 i 3 rozbieżności między UGR wyznaczonymi obydwojema metodami można wytłumaczyć sposobem liczenia tego współczynnika w programie symulacyjnym DIALux, gdzie do tego celu wykorzystywana jest krzywa światłości danej oprawy i trudno jest w ten sposób uwzględnić lokalne zależności geometryczne występujące



w polu widzenia oprawy. Można zauważyć, że dla linii obserwacji na wprost przy odległościach większych od 2m  $UGR_{DIALux}$  ma większą wartość niż  $UGR_{LMK}$ . Jest to najprawdopodobniej spowodowane tym, że obserwator umieszczony w odległości większej niż 2 m nie widzi całej rury świetlówki w obrazie oprawy, podczas gdy przy bliższych odległościach jest ona widoczna. W tym przypadku pojawia się również plama świetlna (relatywnie dużych rozmiarów i o dużej luminancji) będąca odbiciem światła od powierzchni oprawy. Takie zależności kątowe są trudne do uwzględnienia w wyznaczaniu UGR na podstawie krzywej światłości. Problem ten nie występuje dla pozostałych analizowanych odległości, gdzie widać duże obszary rury świetlówki stanowiące widoczny fragment histogramu.

### 2.3 Podsumowanie

- Stosowanie oprogramowania symulacyjnego do wyznaczenia wartości UGR jest bardzo wygodnym rozwiązaniem i powszechnie stosowanym do celów projektowych. Znany jest jednak brak możliwości poprawnego uwzględnienia odbicia światła od powierzchni w polu widzenia i powstawania wtórnych źródeł ośnienia. Powoduje to, że analiza ośnienia tą drogą musi być prowadzona bardzo ostrożnie. Uzyskane wyniki eksperymentu wskazały, że problem jest szerszy i w specyficznych, aczkolwiek typowych dla stanowiska pracy warunkach, mogą powstawać poważne błędy w wyznaczaniu wartości UGR.
- Bez względu na zastosowaną metodę obiektywnego wyznaczania UGR (obliczenia - DIALux, pomiar – fotometr LMK) można zauważyć tendencję malejącą wartości UGR wraz ze wzrostem odległości obserwatora od opraw. Występują przypadki, że zmiana odległości oczu obserwatora tylko o 0,5 m powoduje zmianę wyznaczonego w DIALUXie wskaźnika  $UGR_{DIALux}$  o trzy jednostki UGR, co w odczuciu subiektywnym człowieka stanowi o istotnej zmianie oceny dyskomfortu związanego z ośnieniem przykrym. Warto zwrócić uwagę, że w normalnych warunkach pracy człowieka zmiana położenia oczu względem opraw o 0,5 m może wystąpić nawet przy pochyleniu korpusu ciała podczas gdy pracownik pozostaje w tym samym miejscu na stanowisku pracy. W pracy biurowej z komputerem powszechnie występują sytuacje zmiany pochylenia korpusu ciała na krześle bądź w kierunku monitora, bądź w kierunku przeciwnym.
- Zastosowanie systemu pomiarowego wykorzystującego fotometr matrycowy może dać wiarygodny wynik wartości UGR. Trzeba jednak pamiętać o uwarunkowaniach procesu pomiarowego takim fotometrem. Poprawny algorytm pomiaru powinien dać poprawny wynik.
- Należy jednak pamiętać że jedynym sposobem weryfikacji poprawności oceny ośnienia przykrego tak naprawdę jest człowiek. I tylko jego ocena może wskazać, która z metod obiektywnych wyznaczania UGR jest bliższa odczuciom subiektywnym.

### 3 Subiektywna ocena oślnienia przykrego a wyznaczone wartości UGR metodami obiektywnymi

#### 3.1 Subiektywna ocena oślnienia

Jedynym sposobem weryfikacji poprawności wyznaczonego UGR jest człowiek. I jego ocena może wskazać, która z metod obiektywnych wyznaczania UGR jest bliższa odczuciom subiektywnym. Aby stwierdzić, która z zastosowanych metod wyznaczania UGR (obliczenia DIALux czy pomiar LMK) jest bliższa odczuciom subiektywnym badanych przeprowadzono badania eksperymentalne z udziałem 65 osób badanych, w tym: 33 osoby z grupy wiekowej 50+ oraz 32 osoby z grupy wiekowej poniżej 35 lat (grupa kontrolna) [2, 3]. Obserwatorzy wykonywali przez ok. godzinę zadanie wzrokowe na stanowisku z komputerem przy dwóch modelowanych warunkach oślnienia przykrego:  $UGR_{DIALux}=19$  (przy  $T=0$  m i odległości 1,7 m od układu opraw –rys. 1) i  $UGR_{DIALux} = 22$  (przy  $T=0$  m i odległości 1 m od układu opraw –rys. 5). Ocena wielkości odczuwanego oślnienia przykrego według przyjętej skali odczuć (patrz tabela 1) wykonywana była przez badanych przed i po eksperymencie. Na zastosowanej w badaniach skali oceny oślnienia przykrego badani zaznaczali na skali liniowej punkt odpowiadający stopniu odczuciu oślnienia. Na skali podane były opisy odczuwanego stopnia oślnienia przykrego odpowiadające wartościom UGR: 16, 22 i 28 [8]. Następnie zaznaczonym punktom na skali odczuć oślnienia przypisano odpowiednio wartości liczbowe UGR z zakresu  $16 \div 28$ , tak jak przedstawiono w tabeli 1 (rozdział 1.2).

#### 3.2 Wyniki oceny subiektywnej oślnienia przykrego

Wyniki oceny oślnienia przykrego według tak przyjętej skali dokonanej przed wykonaniem zadania wzrokowego oraz bezpośrednio po wykonaniu zadania wzrokowego przedstawiono w tabeli 2 i 3 odpowiednio do modelowanych warunków oślnienia przykrego [3].

Tabela 2. Wyniki oceny subiektywnej oślnienia przed i po wykonaniu zadania wzrokowego dla warunków mniejszego oślnienia przykrego:  $UGR_{DIALux}=19$

Parametr	Cała grupa		Grupa 50+		Grupa kontrolna	
	Przed	Po	Przed	Po	Przed	Po
średnia	18,86*	21,71	18,27	20,64	19,47	22,81
Odch. std.	2,92	2,44	2,71	3,62	3,04	2,89

Tabela 3. Wyniki oceny subiektywnej przed i po wykonaniu zadania wzrokowego dla warunków modelowanego większego oślnienia przykrego:  $UGR_{DIALux}=22$

Parametr	Cała grupa		Grupa 50+		Grupa kontrolna	
	Przed	Po	Przed	Po	Przed	Po
średnia	20,14	22,83	18,85	21,33	21,47	24,38
Odch. std.	3,61	3,19	3,12	3,14	3,64	2,45

Analiza wyników subiektywnej oceny oślnienia wskazuje, że:

- w grupie 50+ nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w ocenie oślnienia przykrego przy obu warunkach modelowanego oślnienia; osoby z tej grupy

- wiekowej podobnie oceniły stopień dyskomfortu dla obu warunków olśnienia, pomimo, iż modelowane warunki różniły się o trzy jednostki UGR;
- w grupie kontrolnej stwierdzono istotne różnice w ocenie olśnienia przykrego dla obu warunków olśnienia; znacząco większy dyskomfort spowodowany olśnieniem odczuwany był przez osoby z tej grupy wiekowej dla warunków większego modelowanego olśnienia przykrego ( $UGR_{DIALux} = 22$ );
  - w całej grupie łącznie stwierdzono istotne różnice w ocenie olśnienia przykrego dla obu warunków olśnienia; znacząco większy dyskomfort spowodowany olśnieniem odczuwany był dla warunków większego modelowanego olśnienia przykrego ( $UGR_{DIALux} = 22$ );
  - w grupie 50+, grupie kontrolnej oraz w całej grupie łącznie istotnie statystycznie różniły się oceny olśnienia przykrego przed i po wykonaniu zadania wzrokowego. Po wykonaniu zadania wzrokowego występowało większe odczuwane olśnienie przykre. Potwierdza to, że olśnienie przykre zależy od czasu ekspozycji i że wraz z wydłużeniem czasu ekspozycji na olśnienie stopień dyskomfortu wzrasta;
  - stwierdzono istotne statystycznie różnice między subiektywnymi ocenami olśnienia przykrego obu grup badanych (ocena po wykonaniu zadania wzrokowego) dla obu modelowanych warunków olśnienia:  $UGR_{DIALux} = 19$ ,  $UGR_{DIALux} = 22$ . Osoby z grupy kontrolnej oceniły olśnienie przykre jako znacząco większe (bardziej dyskomfortowe) niż osoby z grupy 50+, bez względu na modelowane warunki olśnienia przykrego;
  - w całej grupie stwierdzono korelację wieku badanych z oceną UGR przed i po wykonaniu zadania wzrokowego, które wskazują, że wraz z wiekiem olśnienie przykre oceniane było jako mniejsze (mniej dyskomfortowe).

### 3.3 Analiza porównawcza subiektywnej oceny olśnienia przykrego z wyznaczonymi wartościami UGR dwoma metodami obiektywnymi

Analizę różnic w odczuciach subiektywnych olśnienia przykrego u poszczególnych badanych osób z wartościami UGR wyznaczonymi w programie DIALux oraz fotometrem LMK wykonano dla dwóch warunków modelowego olśnienia przykrego opisanych w rozdziale 3.1.

Różnice między subiektywną oceną olśnienia dokonaną przez badanych po wykonaniu zadania wzrokowego na zastosowanej w badaniach skali odczuć olśnienia przykrego ( $UGR_{subiektywna}$ ) i wyznaczonej wartości UGR w programie DIALux ( $UGR_{DIALux}$ ) i systemie LMK ( $UGR_{LMK}$ ) zostały przeanalizowane [3]. Zestawienie wyznaczonych przez obie metody wartości UGR dla obu modelowanych warunków olśnienia zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Wyznaczone wartości UGR metodami obiektywnymi

Wyznaczony UGR	Olśnienie mniejsze	Olśnienie większe
$UGR_{DIALux}$	19	22
$UGR_{LMK}$	21	22

Analizę przeprowadzono wyznaczając odpowiednio różnice bezwzględne: ( $UGR_{DIALux} - UGR_{subiektywna}$ ) i ( $UGR_{LMK} - UGR_{subiektywna}$ ). Różnice bezwzględne wskazują czy wyznaczona daną metodą wartość UGR jest niedoszacowana lub przeszacowana względem subiektywnej oceny olśnienia.

### 3.3.1 Warunki mniejszego ośnienia przykrego

W tabeli 5 przedstawiono wyniki różnic między oceną subiektywną ośnienia przez badanych a wyznaczonymi wartościami UGR w DIALuxie i LMK, dla warunków modelowanego ośnienia mniejszego ( $UGR_{DIALux} = 19$ ,  $UGR_{LMK} = 21$ ).

Tabela 5. Różnice ocen ośnienia dla warunków oświetleniowych o mniejszym ośnieniu przykrym

parametr	Różnica					
	Cała grupa		Grupa 50+		Grupa kontrolna	
	$UGR_{DIALux} - UGR_{subiektywna}$	$UGR_{LMK} - UGR_{subiektywna}$	$UGR_{DIALux} - UGR_{subiektywna}$	$UGR_{LMK} - UGR_{subiektywna}$	$UGR_{DIALux} - UGR_{subiektywna}$	$UGR_{LMK} - UGR_{subiektywna}$
średnia	-2,71*	-0,71*	-1,64*	0,36*	-3,81*	-1,81*
Odch. std	3,44	3,44	3,62	3,62	2,89	2,89

\* różnice istotne statystycznie,  $p < 0,001$

### 3.3.2 Warunki większego ośnienia przykrego

W tabeli 6 przedstawiono wyniki różnic między oceną subiektywną ośnienia przez badanych a wyznaczonymi wartościami UGR w DIALuxie i LMK. W tym przypadku  $UGR_{DIALux} = UGR_{LMK} = 22$  i dlatego różnice ocen względem obu metod wyznaczania UGR są takie same.

Tabela 6. Różnice ocen ośnienia dla warunków oświetleniowych o większym ośnieniu przykrym

parametr	Różnica: 22 - $UGR_{subiektywna}$		
	Cała grupa	Grupa 50+	Grupa kontrolna
średnia	-0,83	0,67*	-2,38*
Odch. std	3,19	3,14	2,45

\* różnice istotne statystycznie,  $p < 0,001$

### 3.3.3 Podsumowanie

W warunkach mniejszego ośnienia ( $UGR=19$ ):

- wartości UGR wyznaczone na podstawie pomiaru fotometrem LMK są bliższe odczuciom subiektywnym ośnienia przykrego niż wyznaczone w programie DIALux, bez względu na przynależność do poszczególnych grup wiekowych osób badanych,
- różnice między  $UGR_{DIALux}$  a oceną subiektywną wskazują na **niedoszacowanie wartości UGR wyznaczonej w programie DIALux** dla wszystkich grup badanych, w grupie 50+ występowały najmniejsze różnice ocen subiektywnych względem wyznaczonej  $UGR_{DIALux}$ ,
- różnice między  $UGR_{LMK}$  a oceną subiektywną wskazują na **niedoszacowanie wartości UGR wyznaczonej w systemie LMK** w przypadku grupy kontrolnej oraz całej grupy badanej.

- przeszacowanie wartości UGR wyznaczonej w systemie LMK w przypadku grupy 50+; w tej grupie występowały też najmniejsze różnice ocen subiektywnych względem wyznaczonej  $UGR_{LMK}$ .

*W warunkach większego olśnienia ( $UGR=22$ ):*

- Różnice między UGR wyznaczonym obiektywnie a oceną subiektywną wskazują na:
  - niedoszacowanie wartości UGR wyznaczonej obiektywnie w przypadku grupy kontrolnej oraz całej grupy badanej,
  - przeszacowanie wartości UGR wyznaczonej obiektywnie w przypadku grupy 50+; w przypadku w tej grupie występowały też najmniejsze różnice ocen subiektywnych względem wyznaczonego UGR.

### **3.4 Wnioski ogólne**

Osoby z grupy kontrolnej oceniły olśnienie przykre jako znacząco większe (bardziej dyskomfortowe) niż osoby z grupy 50+, bez względu na modelowane warunki olśnienia przykrego. Zatem ogólnie można stwierdzić, że osoby młode (w wieku do 35 lat) są bardziej wrażliwe na olśnienie przykre niż osoby w wieku 50+, co powinno mieć odzwierciedlenie w zaleceniach dla projektantów oświetlenia.

**Uzyskane wyniki wskazują na zasadność stosowania większego ograniczenia olśnienia dla użytkowników w wieku do 35 lat.**

## 4 Zalecenia do projektowania oświetlenia dla osób starszych

### 4.1 Poziom natężenia oświetlenia i jego równomierność

Uwzględniając doniesienia literaturowe odnośnie do zalecanych poziomów natężenia oświetlenia natężenie oświetlenia w obszarze zadania dla osób starszych wskazanym jest zapewnienie **co najmniej dwukrotnie większego poziomu, niż jest to wymagane normatywnie dla osób młodych i zdrowych. Przy zadaniach o większej trudności pracy wzrokowej wskazane jest nawet 3-krotne zwiększenie poziomu natężenia oświetlenia w obszarze zadania.** Wówczas można zapewnić tę samą ilość użytecznego światła na siatkówce oka jak u osób młodych oraz przyczynić się do wzrostu wydolności wzrokowej. Zatem w wielu przypadkach podwyższenie poziomu natężenia oświetlenia o jeden stopień na skali stopniowania tak jak zaleca norma PN-EN 12464-1 może być niewystarczający, gdyż zawarte w niej stopniowanie poziomów natężenia oświetlenia ma krotność  $k=1,5$ .

Zapewnienie wysokich poziomów natężenia oświetlenia w obszarze zadania powinno być realizowane przez oświetlenie złożone. Należy tu jednak podkreślić następujące aspekty:

- udział oświetlenia ogólnego w oświetleniu złożonym nie powinien być mniejszy niż 20%,
- oprawa oświetlenia miejscowego nie może powodować olśnienia przeszkadzającego, zatem wskazane jest stosowanie takich źródeł światła i układów optycznych, aby olśnienie to było wyeliminowane; z tego względu nie zaleca się stosować w tych oprawach źródeł ledowych, które charakteryzują się bardzo wysokimi luminancjami osiągającymi wartości rzędu  $10^6$  cd/m<sup>2</sup>,
- oprawa oświetlenia miejscowego powinna zapewniać wystarczająco dużą plamę świetlną w obszarze zadania tak, aby cały obszar lub jego większość była równomiernie oświetlona,
- zalecana jest regulacja strumienia świetlnego oprawy miejscowej, tak aby osoba starsza mogła indywidualnie dostosować poziom natężenia oświetlenia do swoich potrzeb.

### 4.2 Barwa światła i oddawanie barw

W związku ze spadkiem zdolności przepuszczania światła przez elementy optyczne oka z wiekiem zwłaszcza w zakresie fal krótkich tj. w zakresie barw niebieskiej i zielono-niebieskiej, światło o tej barwie w mniejszym stopniu dociera do siatkówki. Z tego względu zalecenia odnośnie do barwy światła są zróżnicowane.

Z jednej strony zaleca się stosowanie źródeł światła o ciepłej barwie światła tj. o temperaturze barwowej do 4000 K, co wpływa na większą szybkość spostrzegania. Ponadto wówczas udział promieniowania widzialnego z zakresu krótkofalowego jest niewielki w strumieniu świetlnym danego źródła i tym samym występują mniejsze straty tego strumienia po dotarciu do siatkówki oka.

Z drugiej strony zaleca się stosowanie źródeł światła z dużą zawartością promieniowania w niebieskiej części widma, tak aby do siatkówki docierało również promieniowanie z tego zakresu i mniej upośledzone było widzenie barw niebieskich. Stosując się do tej zasady należy mieć na uwadze, że wówczas występują większe straty tego strumienia po dotarciu do siatkówki oka. Wtedy należałoby dodatkowo zwiększyć poziom natężenia oświetlenia tak, aby wyrównać te straty strumienia.

W związku z pewnym upośledzeniem widzenia barw z zakresu niebieskiego może występować również pewien dyskomfort związany z bardzo dobrym rozróżnianiem barw. W przypadku konieczności bardzo dobrego rozróżniania barw zalecane by było stosowanie źródeł o dużej składowej promieniowania z niebieskiej części widma i bardzo dobrym wskaźniku oddawania barw czyli  $Ra > 90$ .

### **4.3 Ograniczenie olśnienia**

#### **4.3.1 Olśnienie przeszkadzające**

Olśnienie przeszkadzające jest w dużym stopniu zależne od ilości strumienia świetlnego wchodzącego do oka i w niewielkim stopniu uzależnione od czasu ekspozycji. Olśnienie to wywoływane jest przez powstanie luminancji zamglenia na siatkówce oka na skutek rozproszenia światła w ośrodkach optycznych oka. i przez niewłaściwą adaptację oka.

W związku z większym rozpraszaniem się światła w ośrodkach optycznych oka osób starszych występuje u nich większe olśnienie przeszkadzające, co potwierdziły prowadzone na świecie badania eksperymentalne.

Projektując dla osób starszych oświetlenie ogólne lub zlokalizowane zaleca się stosować oprawy oświetleniowe o możliwie niskiej luminancji tj. poniżej  $10\,000\text{ cd/m}^2$ , tak aby nie powodowały one już olśnienia przeszkadzającego. Szczególnie zaleca się unikania stosowania opraw typu „spotlight”.

#### **4.3.2 Olśnienie przykre**

Olśnienie przykre zależy w największym stopniu od luminancji źródła olśnienia a następnie od luminancji tła, wielkości kątowej źródła i wskaźnika położenia obserwatora. Jednak w przypadku olśnienia przykrego czas jego oddziaływania na człowieka ma istotne znaczenie. Zwykle odczucie olśnienia przykrego narasta wraz z czasem ekspozycji na to olśnienie, tak jak ma to miejsce przy pracy biurowej, gdy w danym wnętrzu i określonej pozycji przebywa się bardzo długo.

W związku z mniejszą ilością światła docierającego do siatkówki oka osób starszych postrzegana luminancja obiektów jest również mniejsza, a tym samym olśnienie przykre może być przez te osoby odczuwane inaczej niż przez osoby młode. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że osoby starsze z grupy 50+ odczuwają subiektywnie to olśnienie jako istotnie mniejsze niż osoby młode w wieku poniżej 35 lat (rozdział 3.1). Jednak nie można jednoznacznie stwierdzić, że dla osób starszych można przyjmować mniej restrykcyjne wymagania odnośnie do ograniczenia olśnienia przykrego, niż wymaga to norma oświetleniowa PN-EN 12464-1.

Odczucia stopnia olśnienia przykrego przez osoby starsze były bliższe modelowanym warunkom olśnienia tj. dla  $UGR = 19$  i  $UGR = 22$ , niż osób młodych. Należy tu podkreślić, że modelowane warunki oświetleniowe opierały się na wyznaczonych wartościach UGR w programie DIALux, a więc powszechnie stosowanym programie do projektowania oświetlenia. Jednak jak ogólnie wiadomo wyniki obliczeń UGR w tym programie, zwłaszcza dla opraw rastrowych, obarczone są błędem, który może istotnie wpłynąć na wyznaczaną wartość UGR. Potwierdzają to przeprowadzone wyniki pomiarów przedstawiono w rozdziale 2.2. Wyniki wyznaczonych wartości UGR z wykorzystaniem fotometru LMK i obliczonych w programie DIALux istotnie różnią się dla jednych z modelowanych warunków olśnienia, gdyż różnica wynosi 3 jednostki UGR. Zatem tylko ocena subiektywna człowieka mogła zdecydować, która z wyznaczonych wartości UGR jest bliższa jego odczuciom. I ocenę taką

przeprowadzono, której wyniki przedstawiono w rozdziale 3. Ważnymi wnioskami z tych badań są dwa stwierdzenia:

- odczucia subiektywne olśnienia są bliższe pomiarom fotometrem LMK niż wyliczeniom DIALuxa,
- niedoszacowanie wartości UGR wyznaczanej w programie DIALux względem oceny subiektywnej (od 1 do 3 jednostek UGR, w zależności od rozpatrywanej grupy wiekowej).

#### 4.3.2.1 Wybór wartości UGR

Biorąc pod uwagę przedstawione w niniejszym opracowaniu wyniki badań zaleca się, aby przy projektowaniu oświetlenia w programie DIALux przyjmować w następujący sposób wartość graniczną  $UGR_{\text{graniczne}}$  dla **osób starszych** [3]:

- **o co najmniej jedną jednostkę UGR mniej (przy preferowanych 3 jednostkach UGR mniej)** niż wynika to wymagań normy PN-EN 12464-1 ( $UGR_{\text{PN-EN}}$ ),

$$UGR_{\text{PN-EN}} - 3 \leq UGR_{\text{graniczne}} \leq UGR_{\text{PN-EN}} - 1$$

- **zawsze trzy jednostki UGR mniej** niż wynika to wymagań normy PN-EN 12464-1, w przypadku gdy stosowane są oprawy z rastrem polerowanym i parabolicznym

$$UGR_{\text{graniczne}} = UGR_{\text{PN-EN}} - 3$$

Natomiast w przypadku projektowania oświetlenia dla **osób młodych** w wieku poniżej 35 lat zaleca się przyjmować wartość graniczną UGR **zawsze o trzy jednostki UGR mniej** niż wynika to wymagań normy PN-EN 12464-1, ze względu na ich znacznie większe odczuwanie dyskomfortu związanego z olśnieniem przykrym.

#### 4.3.2.2 Sposoby ograniczania wartości UGR na etapie projektowania oświetlenia

Zmniejszenie wyznaczanych w projekcie oświetlenia wartości UGR o jedną lub 3 jednostki UGR nie zawsze musi się wiązać ze zmianą wybranej oprawy oświetleniowej a tym samym wpływać na koszty realizacji projektu. Jeśli nie da się zmniejszyć wartości UGR poprzez zmianę opraw lub inne możliwe rozmieszczenie opraw oświetleniowych wówczas można rozważyć następujące sposoby jego ograniczenia [3] :

- zwiększenie współczynników odbicia ścian (wówczas zwiększa się luminancja tła i wyznaczana wartość UGR maleje),
- wyznaczenie w danym pomieszczeniu stref i kierunków obserwacji dla których wyznaczone w projekcie wartości  $UGR_{\text{projekt}}$  wynoszą:

$$UGR_{\text{projekt}} > UGR_{\text{PN-EN}}$$

$$UGR_{\text{projekt}} = UGR_{\text{PN-EN}}$$

$$UGR_{\text{projekt}} = UGR_{\text{PN-EN}} - 1$$

$$UGR_{\text{projekt}} = UGR_{\text{PN-EN}} - 3$$

Wymaga to wyliczenia wartości UGR w wielu punktach pomieszczenia i przy różnych kierunkach obserwacji, lecz jest to proste i stosunkowo mało czasochłonne do wykonania w programie DIALux. Dzięki temu można przedstawić w projekcie miejsca pomieszczenia o różnych wartościach UGR przy danym kierunku obserwacji oraz wskazać, w których jego strefach powinny znajdować się stanowiska pracy tak, aby zapewnić odpowiednie do wieku użytkownika ograniczenie olśnienia przykrego.



#### 4.3.2.3 *Sposoby ograniczanie olśnienia na etapie rozmieszczania stanowisk pracy w pomieszczeniu*

Nawet najlepiej zrealizowany projekt oświetlenia, w którym uwzględniono wszystkie wymagania normatywne i inne zalecenia, może być nieakceptowany później przez jego użytkowników. Należy zwrócić uwagę, że pomimo stosowania w biurach odpowiednich opraw oświetleniowych specjalnie przystosowanych do oświetlania stanowisk pracy z komputerem, pracownicy często uskarżają się na występowanie olśnienia. Taka sytuacja najczęściej wynika z nieprawidłowego usytuowania stanowiska pracy względem opraw oświetleniowych.

W przypadku, gdy architekt, pracodawca lub inna osoba projektująca rozmieszczenie stanowisk pracy w pomieszczeniu będzie dysponował dokładnymi informacjami o zmienności wartości UGR w pomieszczeniu w zależności od położenia obserwatora i kierunku obserwacji stanie się możliwym takie usytuowanie stanowisk pracy, aby osoby w przyszłości tam pracujące nie odczuwały dyskomfortu związanego z olśnieniem przykrym.

Zawsze przydatne też mogą być proste zalecenia rozmieszczania stanowisk napisane przez projektanta w kilku punktach jak np.:

- nie ustawiać stanowisk bezpośrednio pod oprawami oświetleniowymi,
- w miarę możliwości ustawiać tak stanowiska, aby linia obserwacji była równoległa do linii opraw (w przypadku opraw kwadratowych – równoległa do linii świetlówek w niej zamocowanych!),
- w miarę możliwości ustawiać tak stanowiska, aby odległość obserwatora od osi oprawy była większa od X m,
- w przypadku braku możliwości ustawienia stanowiska tak, aby linia obserwacji była równoległa do linii opraw, zapewnić wystarczająco dużą odległość oczu obserwatora od opraw, to znaczy powyżej Y m.

#### 4.3.2.4 *Weryfikacja poprawności wyznaczonego wskaźnika UGR*

Weryfikacja pomiarowa poprawności wyznaczonego wskaźnika ograniczenia olśnienia dotyczy dwóch sytuacji:

- oddawania nowej instalacji oświetleniowej
- skarg pracowników na „zbyt jaskrawe” oświetlenie.

Weryfikacja pomiarowa poprawności wyznaczonego wskaźnika ograniczenia olśnienia UGR powinna być wykonywana przy oddawaniu nowej instalacji oświetleniowej, tak jak robi się to dla natężenia oświetlenia i równomierności, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12464-1.

Drugim przypadkiem, kiedy uzasadnione jest wykonanie pomiarów UGR są skargi pracowników na zbyt jaskrawe oświetlenie, czy też zaobserwowanie wyłączenia przez nich części opraw w pomieszczeniu. Jest to sygnał, że może występować nadmierne olśnienie przykre i wówczas należy sprawdzić na jakim jest ono poziomie i jakie dalsze działania należy podjąć.

O ile wykonanie pomiarów natężenia oświetlenia jest sprawą prostą a aparatura pomiarowa jest ogólnie dostępna, o tyle trudniejsza jest sprawa z pomiarem wielkości olśnienia. Dotychczas nie było możliwości weryfikacji wyznaczonego w projekcie UGR, ze względu na brak aparatury i metody pomiaru. Jednak aktualnie jest już taka aparatura a metoda badań UGR jest opracowana. W Polsce metoda taka została opracowana i jest prezentowana na szkoleniach specjalistycznych w CIOP-PIB w Warszawie. Istnieje zatem

możliwość „pomiarowego” wyznaczenia wielkości olśnienia przykrego, a uzyskane tą metodą wartości UGR są bliższe odczuciom subiektywnym człowieka, niż wyznaczone w programie DIALux. Poza tym zaletą metody pomiarowej jest to, że uwzględnia rzeczywiste rozkłady luminancji w pomieszczeniu wynikające z występujących w polu widzenia pracowników elementów wyposażenia stanowiska, pomieszczenia i umeblowania, które w projekcie nie mogły być uwzględnione. W ten sposób uzyskana wartość UGR jest bardziej miarodajna.

## 5 Podsumowanie

Uwzględnianie specyficznych potrzeb osób starszych odnośnie do warunków pracy, w tym pracy wzrokowej, wynika ze zmieniających się z wiekiem możliwości psychofizycznych człowieka. W czasach „starzejącego” się społeczeństwa, kiedy wydłużany jest okres aktywności zawodowej istotnym jest zapewnianie takich warunków pracy osobom starszym, aby ich wydolność wzrokowa była jak największa. W związku ze zmianami jakie zachodzą z wiekiem w oku, istotnym bardzo jest zapewnienie im odpowiedniego oświetlenia. Stąd wiele badań było i jest poświęconych tej tematyce. Ale żeby miały one przełożenie na praktykę konieczne jest nie tylko przekazywanie tych informacji projektantom oświetlenia i miejsc pracy ale również przedstawienie im prostych zaleceń do projektowania i zachęcenie do stosowania w praktyce zawodowej. Natomiast później zadaniem projektantów jest wdrażanie tych zaleceń w praktyce i tym samym do przyczyniania się do poprawy warunków pracy wzrokowej u pracowników starszych.

Więcej informacji można znaleźć w zestawionej poniżej literaturze.

### Literatura:

1. Wolska A., Pawlak A. Projekt IV.B.06 pt. Badanie wpływu olśnienia na zdolność spostrzegania u osób starszych dla potrzeb określania ujednoczonego wskaźnika ograniczenia olśnienia (UGR) przy projektowaniu oświetlenia pomieszczeń pracy Sprawozdanie z 1 etapu pt. *Opracowanie metody badania wpływu olśnienia na zdolność spostrzegania z wykorzystaniem kamery CCD skalibrowanej do pomiaru rozkładu luminancji. Budowa stanowiska badawczego. Publikacja.* Warszawa, CIOP-PIB, 2011 r. [praca nieopublikowana - dostępna w bibliotece CIOP-PIB].
2. Wolska A., Pawlak A. Projekt IV.B.06 pt. Badanie wpływu olśnienia na zdolność spostrzegania u osób starszych dla potrzeb określania ujednoczonego wskaźnika ograniczenia olśnienia (UGR) przy projektowaniu oświetlenia pomieszczeń pracy Sprawozdanie z 2 etapu pt. *Weryfikacja metody badań na podstawie badań pilotażowych. Przeprowadzenie badań właściwych na reprezentatywnej grupie badanych osób. Publikacja.* Warszawa, CIOP-PIB, 2012 r. [praca nieopublikowana - dostępna w bibliotece CIOP-PIB].
3. Wolska A., Pawlak A. Projekt IV.B.06 pt. Badanie wpływu olśnienia na zdolność spostrzegania u osób starszych dla potrzeb określania ujednoczonego wskaźnika ograniczenia olśnienia (UGR) przy projektowaniu oświetlenia pomieszczeń pracy Sprawozdanie z 3 etapu pt. *Analiza otrzymanych wyników badań. Opracowanie zaleceń dla projektantów oświetlenia odnośnie wyboru wskaźnika ograniczenia olśnienia (UGR) przy projektowaniu oświetlenia dla osób starszych. Szkolenie pilotażowe w zakresie wykonywania badań olśnienia przykrego na stanowiskach pracy dla osób wykonujących pomiary oświetlenia. Publikacja.* Warszawa, CIOP-PIB, 2013 r. [praca nieopublikowana - dostępna w bibliotece CIOP-PIB].

4. Sawicki D., Wolska A.: *Algorithm of HDR image preparation for discomfort glare assessment*, Przegląd Elektrotechniczny, R. 89 NR 2a/2013, 87-90
5. Wolska A., Sawicki D. *Problemy przy wyznaczaniu UGR na podstawie pomiarów fotometrem LMK*. Przegląd Elektrotechniczny, R 89 Nr 12/2013, 165-168.
6. Wolska A.: *Jak zmienia się ośnienie przykre przy różnym położeniu oka obserwatora?* Bezpieczeństwo Pracy 7/2012, s. 22-26
7. Wolska A., Sawicki D.. *Praktyczne aspekty subiektywnej oceny ośnienia przykrego. Materiały konferencyjne Technika Świetlna 2013*, Polski Komitet Oświetleniowy SEP , Warszawa 21-22.11.2013, 107-110.
8. Wolska A., Sawicki D.. *Evaluation of discomfort glare in the 50+ elderly: experimental study*, IJOMEH, 2014:27(3): 1-16.
9. Publication CIE no 117: 1995 *Discomfort glare in interior lighting*
10. PN-EN-12464-1: 2012. *Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.*