

WPŁYW POWSZECHNEGO WDROŻENIA ENERGOOSZCZĘDNYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA NA SPRAWNOŚĆ I KOMFORT WIDZENIA OSÓB STARSZYCH

IMPACT OF ENERGY-SAVING LIGHT SOURCES ON THE EFFICIENCY AND COMFORT VISION OF ELDERLY PEOPLE

*Elżbieta Janosik, Stanisław Marzec, Marcin Łaciak, Jolanta Nowicka,
Jolanta Zachara*

*Zakład Szkodliwości Fizycznych, Fizjologii Pracy i Ergonomii
Instytutu Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego*

Kierownik Zakładu: dr n. przyr. S. Marzec, Dyrektor Instytutu: dr n. med. P.Z. Brewczyński

Streszczenie

W artykule omówiono wyniki badań wpływu światła świetlówek kompaktowych i dla porównania światła żarówek na sprawność i komfort widzenia osób starszych. W badaniach zastosowano tradycyjne żarówki oraz świetlówki o różnych temperaturach barwowych. Wyznaczano wartości szeregu parametrów, opisujących sprawność i komfort widzenia przy danym świetle i poddano je analizie porównawczej. Na podstawie uzyskanych wyników badań podjęto próbę określenia ewentualnych konsekwencji powszechnego wdrożenia energooszczędnych źródeł światła zamiast żarówek.

Słowa kluczowe: żarówki, świetlówki kompaktowe, temperatura barwowa T_c, widzenie, wiek

Abstract

This article discusses findings of compact fluorescent lamps' light impact including contrast incandescent lamps' light on the vision efficiency and comfort of elderly people. Traditional incandescent lamps and compact fluorescent lamps with different color temperatures were applied. The values of several parameters were defined describing vision efficiency and comfort for given light and comparative analysis was employed. On the basis of these results, an attempt was made to determine possible consequences of common use of energy-save light sources instead of traditional bulbs.

Key words: incadescent lamps, compact fluorescent lamps (CFL), color temperature T_c, vision, age

Nadesłano: 5.07.2011

Zatwierdzono do druku: 22.08.2011

Wprowadzenie

Ostatnie dziesięciolecie przyniosły dynamiczny rozwój elektrycznych źródeł światła. Obecnie, najczęściej stosowanymi źródłami światła w pomieszczeniach powszechnego użytku są żarówki oraz świetlówki kompaktowe. Sytuacja ta zmieni się, ponieważ od 2009 aż do końca 2012 roku na mocy Rozporządzenia Komisji Europejskiej nr 244/2009 [1] wycofywane są z obiegu tradycyjne żarówki i zastępowane źródłami energooszczędными. Zmiany te są praktycznym sposobem wdrażania w życie polityki proekologicznej UE, mającej na względzie konieczność zapobiegania efektowi cieplarnianemu (poprzez zmniejszenie emisji CO₂) oraz oszczędności energii elektrycznej. W zamierzeniach jest zmniejszenie emisji CO₂ oraz redukcja zużycia energii docelowo o 20% do roku 2020 w porównaniu do roku 1990 [1, 2].

Przez ponad sto lat najpopularniejszym, elektrycznym źródłem światła była żarówka. W żarówce światło powstaje w wyniku przepływu prądu przez skrętkę wolframową, która rozgrzana do wysokiej temperatury staje się źródłem emisji promieniowania (o widmie ciągłym). Nieco inaczej światło wytwarzane jest w niskoprężnych lampach rtęciowych czyli świetlówkach. W lampach tych światło wytwarzane jest na drodze luminescencji. Pod wpływem pola elektrycznego w gazie i parach rtęci zachodzą wyładowania elektryczne, czego efektem jest emisja promieniowania nadfioletowego, z max. promieniowania 253,7 nm, które padając na warstwę luminoforu przetwarzane jest na światło widzialne. Bezpośrednim zamiennikiem żarówki jest świetlówka kompaktowa, wprowadzona na rynek po raz pierwszy w 1985 r. [3].

Wobec perspektywy zastąpienia żarówek świetlówkami kompaktowymi potrzebnym stało się zbadanie oddziaływania na narząd wzroku i samopoczucie człowieka światła źródeł oświetleniowych o innym (pasmowym) niż żarówki widmie promieniowania. Badania te wydają się być szczególnie istotne w aspekcie oddziaływania światła świetlówek na osoby starsze, które do wykonywania prac wzrokowych potrzebują ilościowo więcej światła. Wobec powyższego, podjęto badania wpływu światła żarówek i nowoczesnych świetlówek kompaktowych na sprawność i komfort widzenia osób starszych, a uzyskane wyniki poddano ocenie porównawczej.

Materiał i metodyka badań

Badania polegały na wyznaczeniu u wolontariuszy – przy świetle świetlówek i dla porównania przy świetle żarówek wybranych parametrów opisujących sprawność wzrokową i komfort widzenia, a następnie na analizie uzyskanych wyników.

W badaniach udział wzięło 30 osób (śr. wieku 59 lat), którzy – jak wykazał wywiad lekarski – odznaczali się dobrym stanem zdrowia, tzn. nie posiadali chorób ogólnoustrojowych, wpływających na funkcjonowanie narządu wzroku i układu nerwowego. Badania okulistyczne ujawniły, że wszyscy wolontariusze wymagali korekcji okularowej do blizy – średnio na poziomie +2,8 dioptrii, uzyskując po korekcji prawidłową ostrość wzroku do blizy.

Badania przeprowadzono na stanowisku doświadczalnym w pomieszczeniu bez światła dziennego. Do badań zastosowano 3 rodzaje świetlówek firmy PHILIPS, typu GENIE, o mocy 14 W, strumieniu świetlnym 760–810 lm, współczynnika oddawania barw Ra = 80/82, natomiast o różnych temperaturach barwowych Tc: 2700 K (barwa ciepłobiała), 4000 K (barwa biała), 6500 K (barwa dzienna). Dla porównania zastosowano żarówkę A55 clear firmy PILA, o mocy 60 W, strumieniu świetlnym 710 lm, wskaźniku oddawania barw Ra = 100, temperaturze barwowej 2700 K. Testowane źródła światła zainstalowano w przysufitowych oprawach typu ARUBA. Wykonano 12 eksperymentów badawczych (4 rodzaje źródeł światła × 3 poziomy natężenia oświetlenia – 100, 200 i 500 lx).

Zadaniami do wykonania dla wolontariuszy były:

- a) przeczytanie tekstu gazetowego (140 wierszy, czcionka Arial 8 pkt),
- b) wykonanie testu Bourdona (54 linie złożone z ciągu różnych liter, w tym 420 liter „m” do skreślenia),
- c) odczytywanie optotypów z tablic okulistycznych, sprawdzających ostrość wzroku (tablice ETDRS, tablice Snellena) [4, 5],
- d) wykonanie testu L’Anthony’ego sprawdzającego zdolność rozróżniania barw (pogorszenie postrzegania barw nazywane anomaliami to: protanomalia – pogorszenie spostrzegania barwy czerwonej, deuteranomalia – barwy zielonej i tritanomalia – barwy niebieskiej [6]),
- e) określenie odczuwanych dolegliwości oczu po wykonaniu zadań [7],
- f) dokonanie subiektywnych ocen m.in.: czytelności tekstu, klimatu świetlnego.

Uzyskano szereg parametrów, opisujących sprawność i wygodę widzenia oraz umożliwiających porównawczą ocenę warunków oświetleniowych, tj.:

1. Czas czytania tekstu gazetowego (w sekundach);
2. Liczba poprawnych skreśleń litery „m” na jednostkę czasu w tekście Bourdona;
3. Wyrażona liczbowo (zakodowana) ostrość wzroku:

- wyznaczana tablicami ETDRS (kody z zakresu 1–8, odpowiadające ułamkowi ETDRS o wartościach z zakresu –0,3–0,4),

- wyznaczana tablicami Snellena do bliży (kody z zakresu 1–14, odpowiadające ułamkowi Snellena do bliży o wartościach z zakresu 1,14–0,04);
- 4. Liczba objawów zmęczenia oczu zgłoszonych po wykonaniu pracy w danych warunkach oświetleniowych;
- 5. Liczba błędów popełnionych w teście L’Anthony’ego;
- 6. Rodzaj anomalii widzenia barwnego, ujawniony w teście L’Anthony’ego (kody: 0 – bez anomalii, 1 – protanomalia, 2 – deuteranomalia, 3 – tritanomalia);
- 7. Czytelność tekstu gazetowego (oceny z zakresu 1–5, przy czym: 1 – b. słaba, 2 – słaba, 3 – wystarczająca, 4 – dobra, 5 – b. dobra);
- 8. Rodzaj panującego w pomieszczeniu klimatu świetlnego (oceny z zakresu 1–5, przy czym: 1 – nie do zniesienia, 2 – irytujący, 3 – neutralny, 4 – dość przyjemny, 5 – b. przyjemny).

Opracowanie statystyczne uzyskanych danych polegało na obliczeniu dla zmiennych ilościowych podstawowych parametrów opisowych, weryfikacji normalności rozkładu wyników testem Shapiro-Wilka, realizacji testu analizy wariancji z klasyfikacją potrójną dla powtarzanych pomiarów oraz w zależności od istotności efektów głównych i efektów interakcji przeprowadzeniu analizy post hoc (test Bonferoniego) i porównań szczegółowych (analizą wariancji i dla niektórych zmiennych tzn. tych z małą ilością pozycji skali nieparametryczny testem U – Manna-Whitneya). Dla zmiennych jakościowych wyznaczono rozkłady liczebności i procentów względem poszczególnych kategorii.

Wyniki badań i ich omówienie

Uzyskane wyniki badań przedstawiono na rysunkach, a następnie omówiono kolejne wyznaczone parametry.

Rysunek 1 obrazuje wyniki dotyczące czasu czytania tekstu gazetowego. Średni czas czytania tekstu wynosił 359–435 s w zależności od eksperymentu. Na czas czytania tekstu gazetowego nie miały wpływu badane poziomy natężenia oświetlenia czy też rodzaj źródła światła (nie stwierdzono istotności statystycznej różnic wyników).

Rysunek 2 dotyczy liczby poprawnych skreśleń na jednostkę czasu w teście Bourdona. Wolontariusze dokonywali podobną ilość skreśleń na sekundę (0,52–0,61) przy żarówkach, świetłówkach 2700 K i 4000 K, natomiast najgorsze wyniki uzyskali przy świetłówe 6500 i $E = 500$ lx (różnice istotne statystycznie z wynikami uzyskanymi dla pozostałych źródeł światła).

Na rysunku 3 przedstawiono wyniki badań ostrości wzroku tablicami ETDRS. Średnia ostrość wzroku wynosi 0–0,1 (kod 4 i 5) i wykazuje różnice istotne statystycznie między poziomami natężeń oświetlenia (dla 100 i 500 lx), natomiast rodzaj źródła światła nie ma znaczenia.

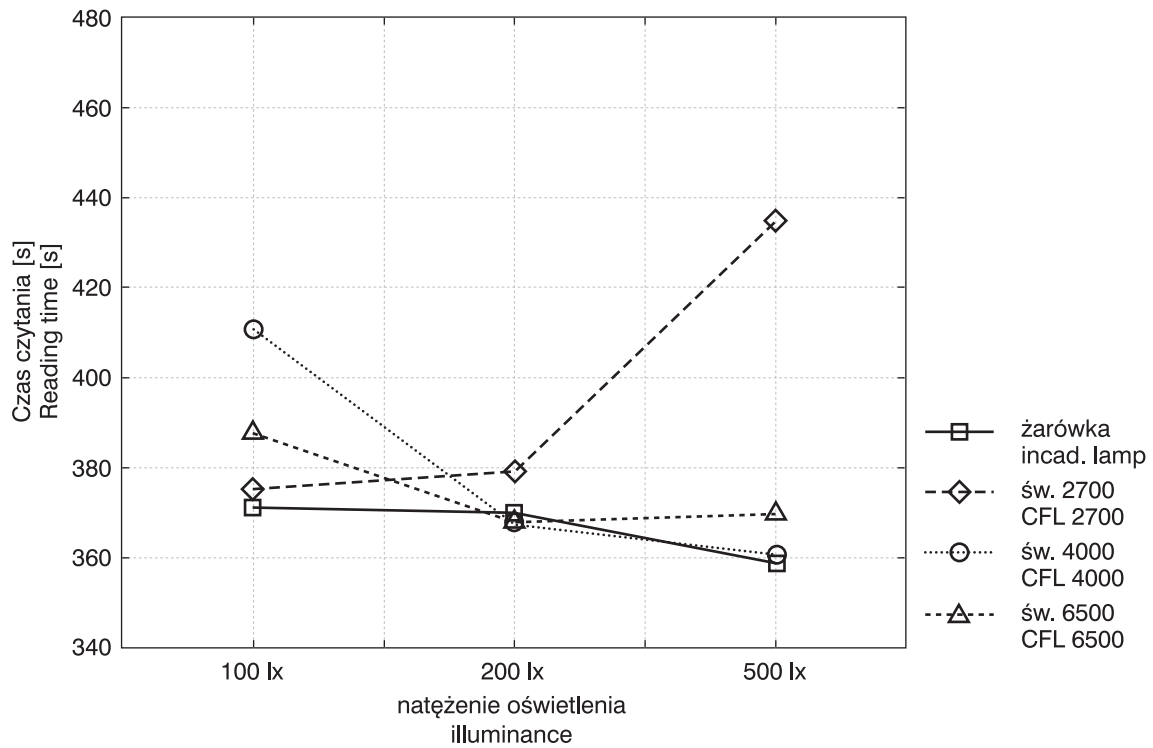
Rysunek 4 obrazuje wyniki badania ostrości wzroku tablicami Snellena do bliży. Średnia ostrość wzroku wynosi 0,89–1 (kod 3 i 2) i wykazuje istotność statystyczną różnic dla natężenia oświetlenia (100 i 500 lx) – im wyższy poziom natężenia oświetlenia tym lepsza ostrość widzenia z bliska. Stwierdzono też istotność statystyczną różnic wyników uzyskanych dla różnych źródeł światła tzn. dla żarówki i świetłówki 6500 K oraz świetłówki 2700 K i świetłówki 6500 K (pogorszenie widzenia przy świetłówe 6500 K).

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki dotyczące liczby objawów zmęczenia oczu. Nie stwierdzono istotnej statystycznie zależności ilości objawów od rodzaju źródła światła, natomiast stwierdzono zależność istotną statystycznie od poziomu natężenia oświetlenia tzn. spadek liczby objawów wraz ze wzrostem natężenia oświetlenia (dla świetłówek 2700 K i 4000 K). Najistotniejszymi objawami zmęczenia oczu były: pieczenie oczu, łzawienie oraz rozmazany obraz.

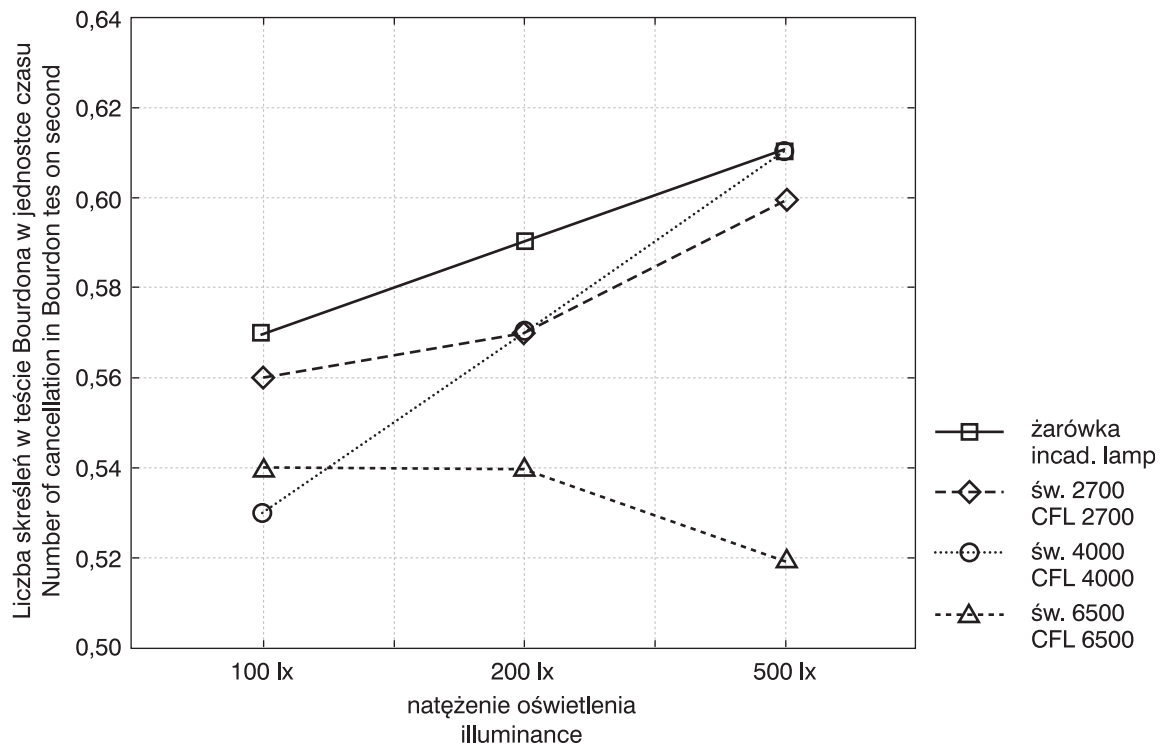
Z kolei na rysunku 6 przedstawiono liczbę popełnionych błędów w teście L’Anthony’ego, a na rysunku 7 rodzaje anomalii widzenia barwnego. Wolontariusze popełniali średnio 5,17–9,67 błędów, najwięcej podczas pracy przy żarówkach oraz świetłówkach 2700 K, mniej przy świetłówkach 4000 K i 6500 K. Stwierdzono istotność statystyczną różnic między wynikami uzyskanymi dla żarówek i świetłówek 2700 K, a wynikami uzyskanymi dla świetłówek 4000 K i 6500 K. Anomalie widzenia, które wystąpiły u wolontariuszy to: 95 tritanomalii i 1 protanomalia. Liczne przypadki tritanomalii wystąpiły podczas eksperymentów z żarówkami (50 przypadki) i świetłówkami 2700 K (33 przypadki).

Na rysunku 8 zobrazowano ocenę czytelności tekstu gazetowego. Wolontariusze oceniali czytelność tekstu jako wystarczającą (ocena 4). Nie stwierdzono istotności statystycznej wpływu rodzaju źródła światła na ocenę czytelności tekstu, natomiast ujawnił się wyraźny wpływ poziomu natężenia oświetlenia (różnica istotna statystycznie).

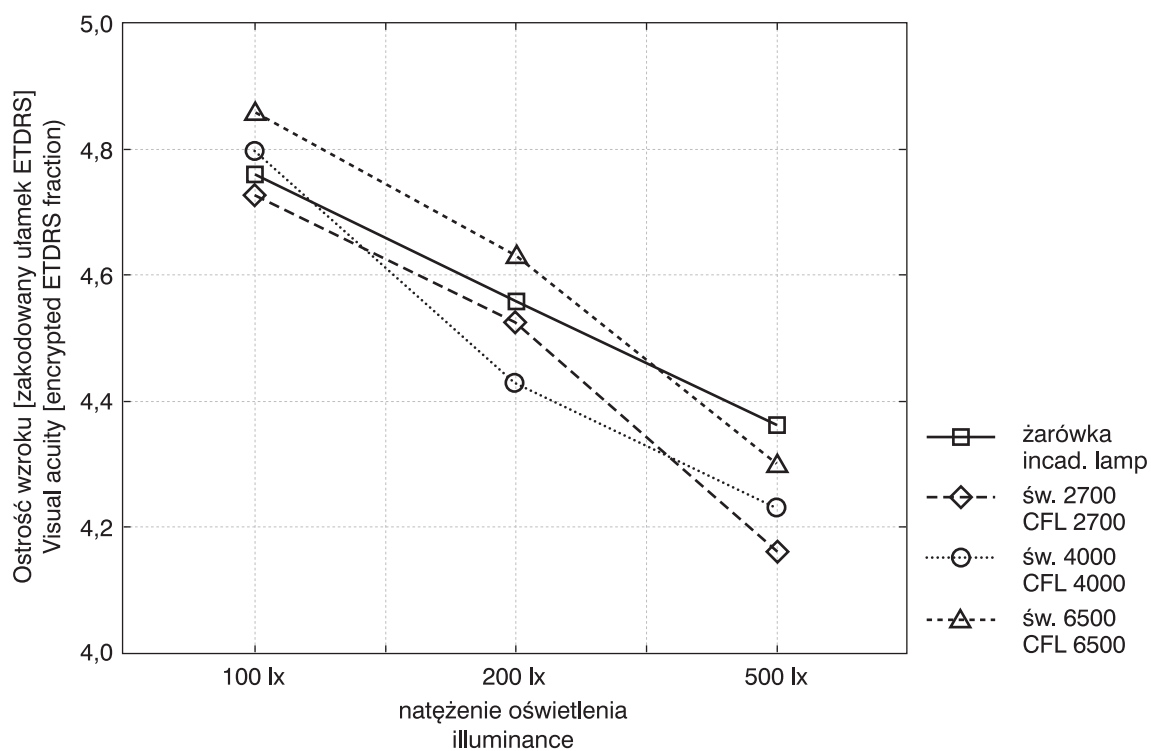
Rysunek 9 dotyczy oceny klimatu świetlnego panującego w pomieszczeniu. Oceniano klimat świetlny jako neutralny lub dość przyjemny (średnia ocena 2,50–3,60). Nie stwierdzono wpływu rodzaju źródła światła na ocenę klimatu, natomiast wpływ na ocenę miał poziom natężenia oświetlenia (im wyższy poziom natężenia oświetlenia tym wyższa ocena – zależność istotna statystycznie).



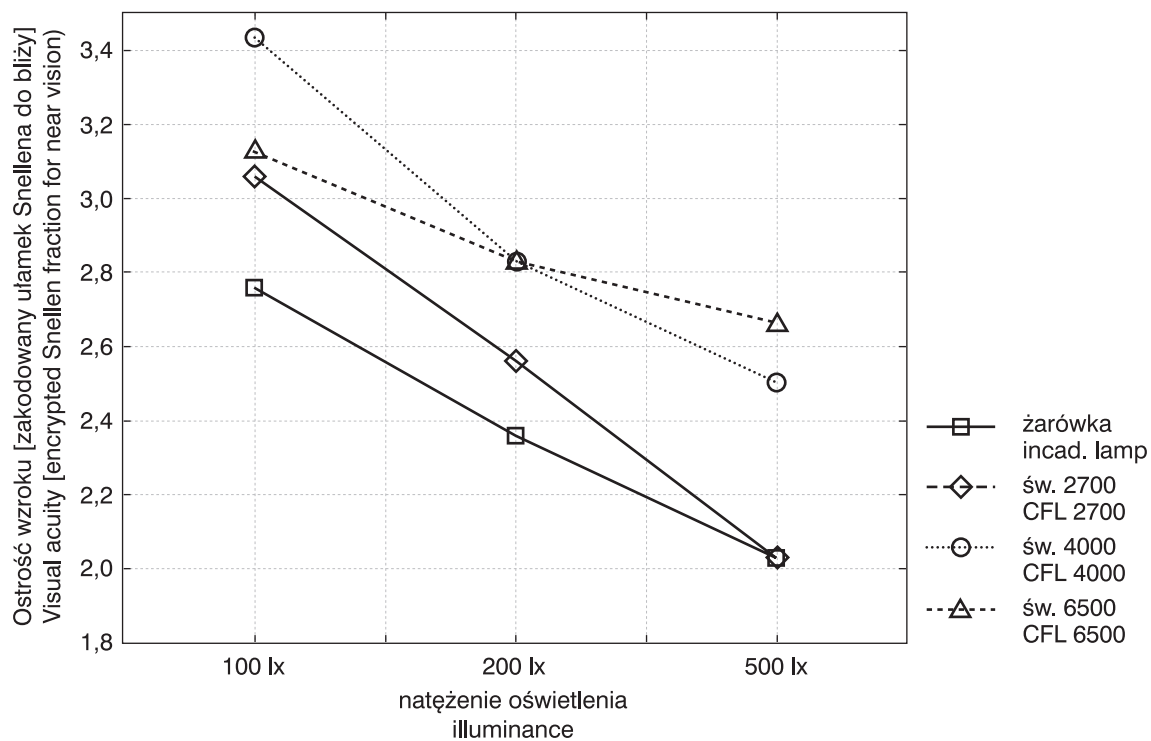
Rycina 1. Czas czytania tekstu gazetowego
Figure 1. Time of text reading



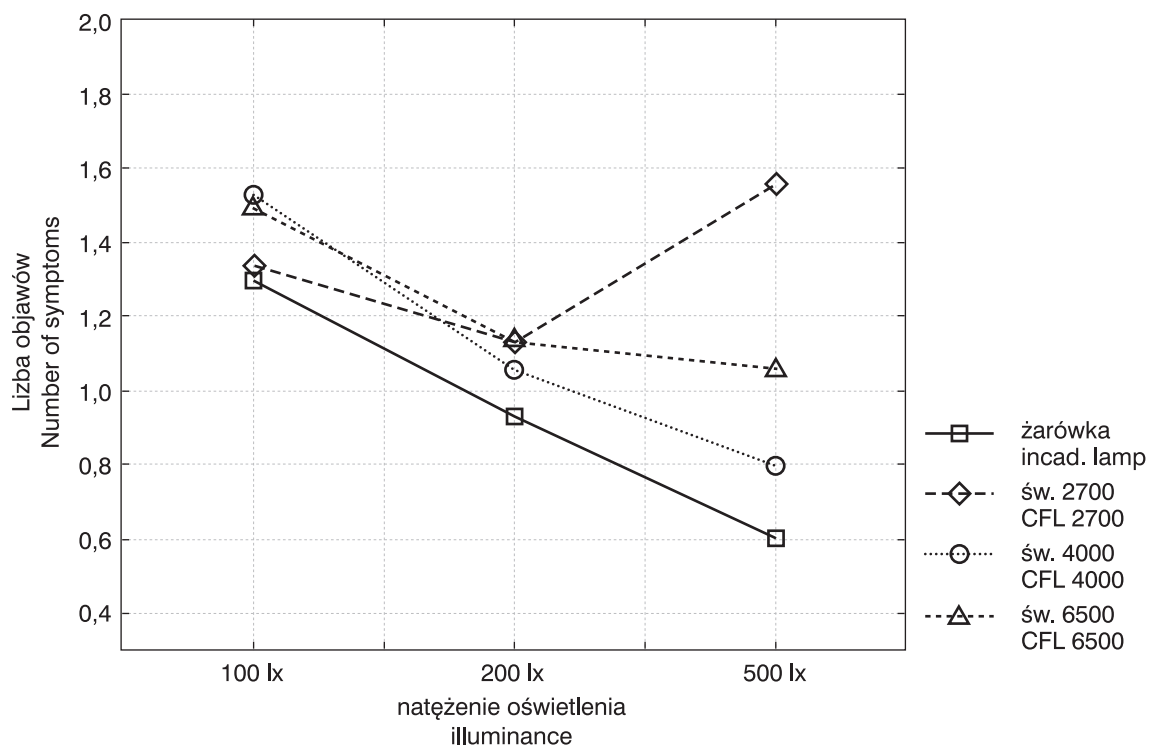
Rycina 2. Liczba prawidłowych skreśleń litery „m” w teście Bourdona na sekundę
Figure 2. Number of right crossings of a print character „m” in Bourdon test per second



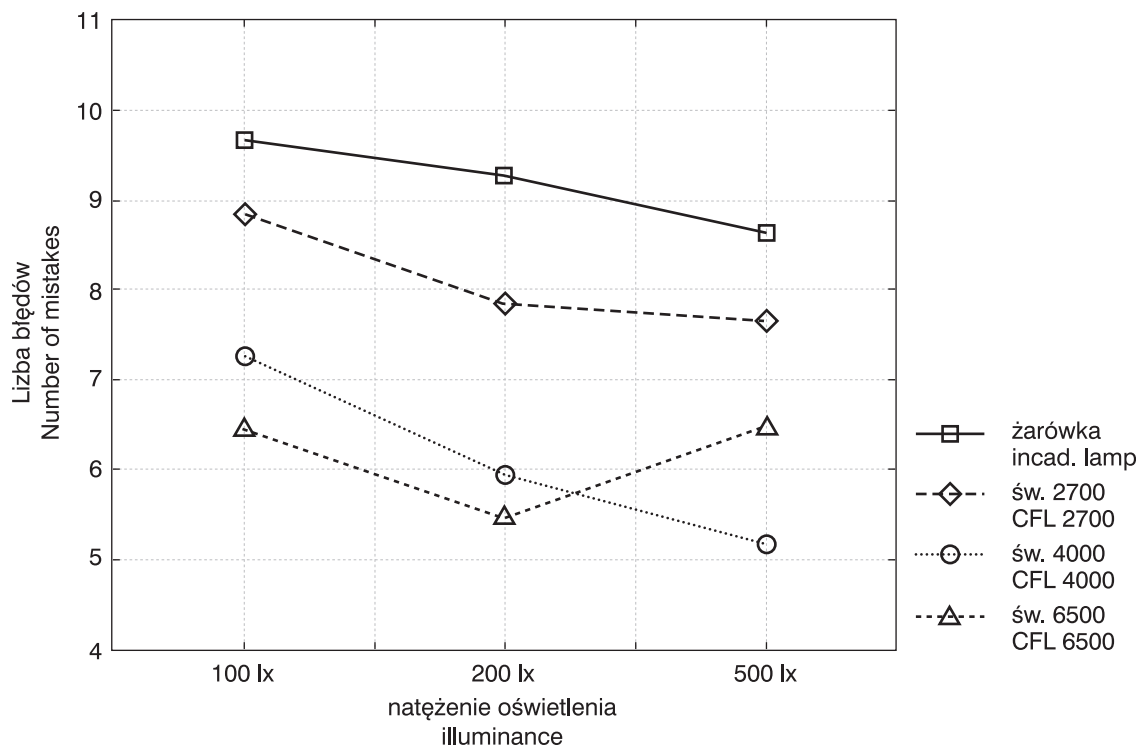
Rycina 3. Wyniki badania ostrości wzroku tablicami ETDRS
 Figure 3. Results of visual acuity by ETDRS



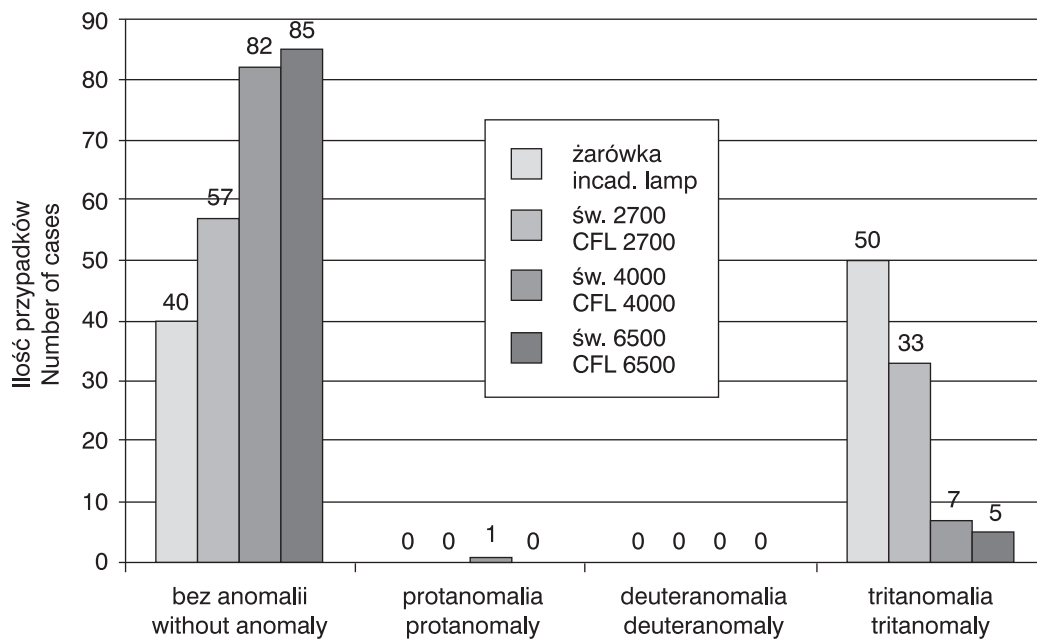
Rycina 4. Wyniki badania ostrości wzroku tablicami Snellena do blizy
 Figure 4. Results of visual acuity by Snellen tables for near vision



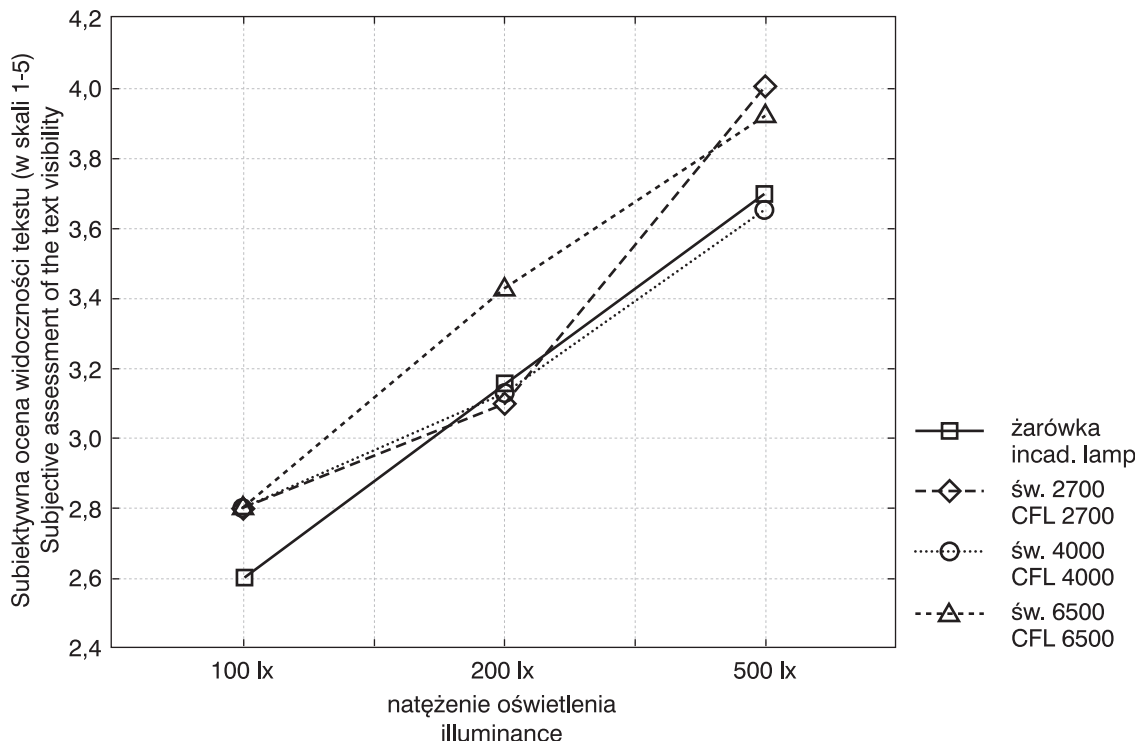
Rycina 5. Liczba objawów zmęczenia oczu zgłaszanych w poszczególnych eksperymentach
 Figure 5. Number of eye fatigue symptoms in particular experiments



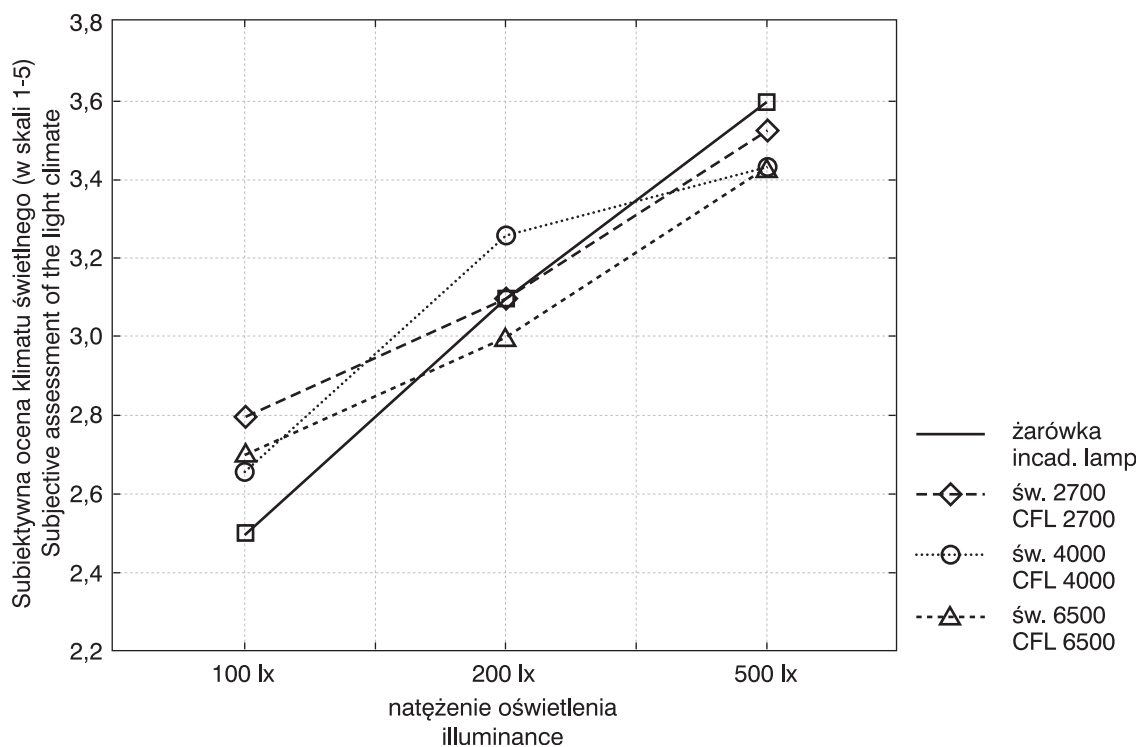
Rycina 6. Liczba popełnionych błędów w teście L'Anthony'ego
 Figure 6. Number of mistakes in L'Anthony test



Rycina 7. Liczba anomalii widzenia barwnego
 Figure 7. Number of color vision anomaly



Rycina 8. Ocena czytelności (widoczności) tekstu gazetowego
 Figure 8. Grade of text visibility of a print



Rycina 9. Ocena klimatu świetlnego
Figure 9. Grade of light atmosphere

Podsumowanie

Uzyskane wyniki badań wykazały, że sprawność i komfort widzenia wolontariuszy zależy od poziomu natężenia oświetlenia. Dla większości wyznaczonych parametrów lepsze wyniki uzyskiwano przy poziomach natężenia oświetlenia 500 lx. Im wyższy poziom natężenia oświetlenia, tym wydajniejsza praca wzrokowa i lepsza ocena komfortu widzenia. Ponadto okazało się, że wyniki uzyskane przy wyznaczaniu poszczególnych parametrów nie zależały zazwyczaj od rodzaju źródła światła. Choć w przypadku kilku parametrów (test Bourdona, ostrość wzroku wyznaczana tablicami Snellena do blizy) praca wzrokowa przebiegała mniej sprawnie przy świetłówkach 6500 K, a podczas oceniania oddziaływania danego światła na psychikę ocenę korzystną dostała świetlówka 2700 K, to jednak wyniki testu L'Anthony'ego ujawniły, że przy świetle żarówek i świetlówek 2700 K dochodzi u wolontariuszy do wyraźnych zaburzeń rozpoznawania barwy niebieskiej (tritanomalii). Dużo lepsze spostrzeżenie tej barwy zachodziło przy świetle świetlówek 4000 K i 6500 K, których widmo promieniowania jest intensywniejsze w zakresie krótkofalowym, a zatem prawdopodobnie bardziej stymuluje siatkówkę oka starszego.

Analiza uzyskanych wyników badań własnych pozwala stwierdzić, że oddziaływanie światła świetlówek nie różni się znacząco od oddziaływania światła żarówek na sprawność widzenia oraz psychikę człowieka. Sprawność i komfort widzenia bardziej zależały od poziomu natężenia oświetlenia niż od rodzaju źródła światła. Wyjątkiem była świetlówka o $T_c = 6500$ K, która wypadła gorzej (szczególnie przy 500 lx) nawet w porównaniu z pozostałymi świetłówkami – zarówno w testach badających sprawność widzenia, jak i w ocenie komfortu świetlnego. Wyniki badań dla tej świetłówki skłaniają do wniosku, iż oczy człowieka trudniej znoszą wyższe poziomy natężenia oświetlenia dla źródeł o wyższych temperaturach barwowych. Prawdopodobnie znaczenie ma rozkład widma tej świetłówki, rozbudowany o część krótkofalową (bardziej energetyczną od fal dłuższych). Z kolei zaletą świetłówki o $T_c = 6500$ K jest zdolność poprawy widzenia barwnego (w zakresie barw chłodnych) u osób starszych.

Odnosząc się do kwestii zasadności wycofywania z powszechnego stosowania do oświetlenia domostw i miejsc pracy tradycyjnych żarówek i zastępowania ich świetłówkami kompaktowymi, można stwierdzić, że świetłówki te są pełnowartościowymi

zamiennikami żarówek w zakresie tworzenia warunków oświetleniowych, zapewniających sprawne spostrzeganie i wygodę widzenia osobom starszym, przy czym w zastosowaniach codziennych (i do dłuższych ekspozycji) bardziej korzystnymi okazują się być świetlówki o niższej temperaturze barwowej, natomiast do zadań specjalnych (sytuacje prywatne i zawodowe z koniecznością dobrego rozróżniania barw, działanie aktywizujące, leczenie depresji) – świetlówki o wyższej temperaturze barwowej (istnieją doniesienia, że fale z zakresu 440-480 nm regulują przebieg cyklu cyrkadianego u człowieka [8] i mogą działać pobudzająco [9]).

Wykaz piśmiennictwa

1. Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 244/2009 z dnia 18 marca 2009 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/12/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla bezkierunkowych lamp do użytku domowego. Dz.Urz. UE 24.3.2009
2. Dz.U. nr 203, poz.1684, 2005. Protokół z Kioto do ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu.
3. Wiśniewski A.: Energooszczędne źródła światła. Przegląd Elektrotechniczny 2007; 83, 5: 106–107.
4. Krawczyk A., Szaflik J.P.: Ocena ostrości wzroku – za pomocą tablic Snellena czy ETDRS?, Kontaktologia i Optyka Okulistyczna 2009; 2(22): 15–17.
5. Falkenstein, I. A., Cochran D.E., Azen S.P. and al.: Badania ostrości widzenia u pacjentów ze zwyrodnieniami plamki z użyciem tablic Snellena oraz tablic ETDRS- porównanie wyników. Ophthalmology 2008; 115: 319–323.
6. Niżankowska M.H.: Podstawy okulistyki. Volumed, Wrocław 1992.
7. Salomon E., Borodulin-Nadzieja L., Janocha A.: Zmęczenie narządu wzroku podczas pracy z monitorem komputerowym. Medycyna Pracy 1997; XLVIII, 3: 341–346.
8. Glickman G., Byrne B., Pineda C. and al.: Light therapy for seasonal affective disorder with blue narrow-band light-emitting diodes (LEDs). Biol Psychiatry 2006; 59: 502–507.
9. Arendt J.: Shift work: coping with the biological clock. Occupational Medicine 2010; 60 (1): 10–20.

Adres do korespondencji:

*Elżbieta Janosik
Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego
41-200 Sosnowiec
ul. Kościelna 13
tel. 32 2660885 wew.144; fax. 32 2661124
e-mail: e.janosik@imp.sosnowiec.pl*