

Zbigniew TURLEJ

ELEMENTY PROZDROWOTNE W OŚWIETLENIU

STRESZCZENIE *Jak dotychczas sztuczne oświetlenie rozwijało się jako dziedzina związana z ergonomią widzenia. W ostatnich latach stwierdzono istotny wpływ sztucznego oświetlenia na układ hormonalny człowieka – stąd czynnik zdrowia w praktyce oświetleniowej stał się nowym impulsem rozwoju. W części pierwszej, drugiej i trzeciej przedstawiono kolejno perspektywy rozwoju, zarys podstaw oraz przegląd światowych innowacji w zakresie zdrowotnych aspektów oświetlenia. W części czwartej omówiono systemy oświetlenia prozdrowotnego opracowane w Instytucie Elektrotechniki.*

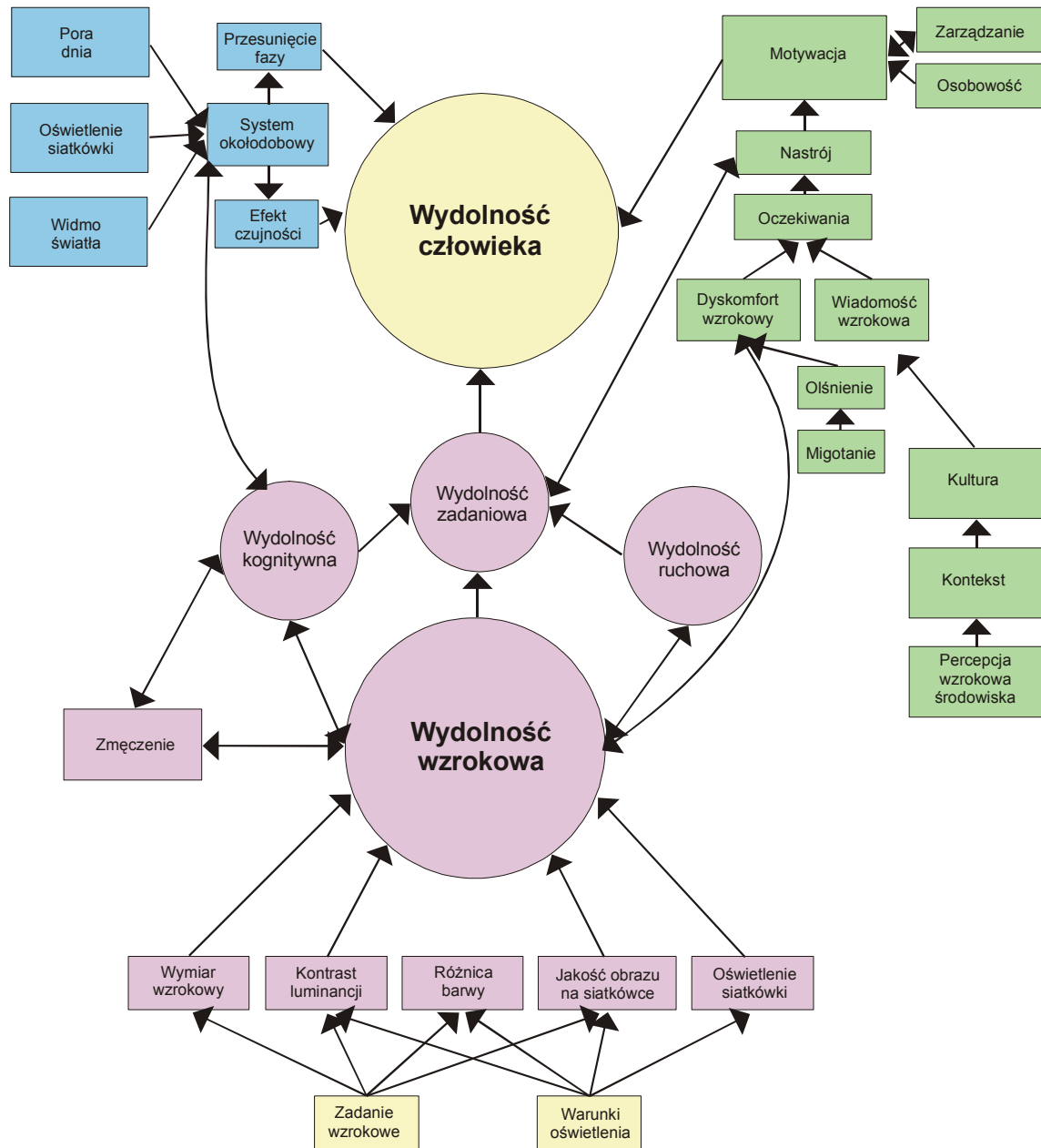
Słowa kluczowe: *oświetlenie i zdrowie, światło biodynamiczne, systemy oświetleniowe, układ hormonalny człowieka*

1. WSTĘP

Ostatnie lata w nauce przyniosły pogłębioną wiedzę o funkcjonowaniu mózgu człowieka [2], [3], [5], [11]. Wiedza ta wprowadza rewolucję w podstawach oświetlenia. Niżej przedstawiono zarys nowych podstaw oświetlenia na przykładzie modelu (rys. 1) wpływu zadania wzrokowego i warunków oświetleniowych na wydolność człowieka, opracowanego przez Boyce'a [1].

dr inż. Zbigniew TURLEJ
e-mail: z.turlej@iel.waw.pl

Zakład Techniki i Systemów Oświetlenia
Instytut Elektrotechniki



Rys. 1. Model wpływu zadania wzrokowego i warunków oświetleniowych na wydolność człowieka wg Boyce'a z wyodrębnionymi trzema szlakami oddziaływań i interakcji, skoncentrowanymi wokół systemu wzrokowego (centrum), okołodobowego (lewa strona) oraz percepcyjnego (prawa strona). Strzałki jednokierunkowe oznaczają oddziaływanie od bodźca do efektu, natomiast strzałki dwukierunkowe oznaczają interakcje

W modelu wyodrębniono podstawowe bodźce i reakcje, wydolność wzrokową z elementami oraz trzy szlaki oddziaływań oświetlenia skoncentrowane wokół systemu wzrokowego, percepcyjnego i okołodobowego. Szlaki te prowadzą do wydolności człowieka, rozumianej tutaj jako biologiczna zdolność organizmu człowieka do wykazywania skutecznej adaptacji do różnych warunków oświetlenia w środowisku. Opis ten, zawierający 34 oddziaływania i 7 interakcji, ma szczególne znaczenie dla rozwoju technik i systemów oświetleniowych, ponieważ m.in. ujmuje kompleksowo nowe biologiczne podstawy techniki świetlnej. Podstawy te stają się przesłanką do kształtowania nowych prozdrowotnych kierunków w projektowaniu oświetlenia i urządzeń oświetleniowych [7].

2. ZARYS PODSTAW ELEMENTÓW PROZDROWOTNYCH W OŚWIETLENIU

Podstawy elementów prozdrowotnych dotyczą synergii oświetlenia i funkcji hormonów w organizmie człowieka zarządzanych przez zegar biologiczny. Niżej omówiono model zegara biologicznego, elementy procesu hamowania i wydzielania melatoniny oraz skuteczność fototransdukcji okołodobowej.

2.1. Model zegara biologicznego

Mózg człowieka posiada wewnętrzny zegar, który steruje funkcjonowaniem organizmu człowieka według rytmu dnia i nocy, niezależnie od jego woli. Składa się on z zespołu komórek określanych jako jądro nadskrzyżowaniowe (SCN), które automatycznie pracują w ciągu dnia i wyciszają się w nocy. Polecenia z zegara powodują rozprowadzanie hormonów w całym organizmie. To tajemnicze SCN, nawet jeśli zostanie usunięte z organizmu, nadal oscyluje. Oscylacje te są częścią mechanizmu, dzięki któremu cztery typy genów zwanych Period (Per), Clock (clk), Cycle (Bmal1) (cyc) i Cryptochrome (cry) sterują produkcją białek, a po osiągnięciu przez nich krytycznego poziomu, zatrzymują produkcję na jakiś czas. Niedawno odbyła się interaktywna wystawa „Odkrywanie Czasu – nauka, eksperyment, zabawa” pochodząca z National Museum of Emerging Science and Innovation, Miraikan w Tokio [3]. Jednym z najbardziej interesujących eksponatów był model zegara biologicznego (rys. 2, tab. 1).



Rys. 2. W Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie od 27 lutego do 29 października 2006 r. odbywała się interaktywna wystawa „Odkrywanie Czasu – nauka, eksperyment, zabawa”. Na tej wystawie przedstawiono m.in. model funkcjonowania zegara biologicznego człowieka. Na okrągłej planszy rozmieszczono 24 kolejno podświetlone krążki symbolizujące upływ czasu w ciągu doby. Wokół krążków podano informacje jak w tabeli 1. Cztery zbiorniki z wodą symbolizują obecność genów (Period, Clock, Cycle i Cryptochrome). Aktywność tych genów, w ciągu doby, ukazuje zmienna ilość bąbelków w zbiornikach

2.2. Elementy procesu hamowania i wydzielania melatoniny

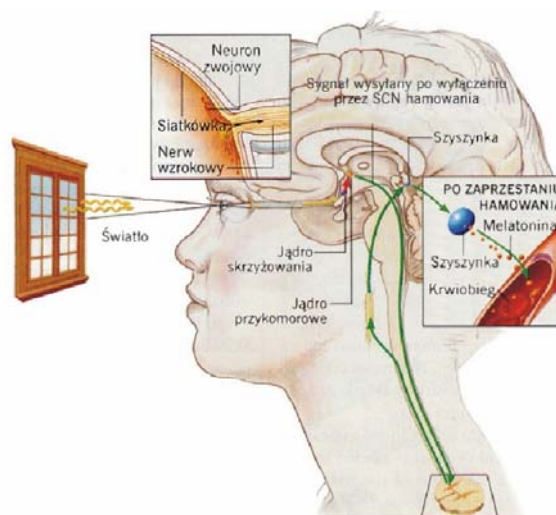
Człowiek posiada dwa podstawowe systemy sterujące funkcjonowaniem organizmu w środowisku [10]. Pierwszy to szybko działający system nerwowy, natomiast drugi, wolno działający, to system hormonalny, który zawiera gruczoły wydzielające do krwi chemiczne substancje sygnałowe, zwane hormonami. Hormony syntezowane są przez wyspecjalizowane komórki tych gruczołów. Są one wydzielane do krwi i z nią transportowane do narządów docelowych, w których regulują procesy fizjologiczne i biochemiczne. Obok hormonów dokrewnych, istnieją hormony tkankowe działające w bezpośrednim sąsiedztwie komórek, które je wytwarzają. Granica między hormonami, a innymi substancjami sygnałowymi jest płynna. Przekaznikowe substancje sygnałowe są wytwarzane raczej przez różnego rodzaju komórki, a nie przez wyspecjalizowane komórki gruczołowe. Po wydzieleniu substancje te działają podobnie do hormonów w swoim bliskim otoczeniu (np. przekazniki, neuroprzekazniki, czynniki

TABELA 1

Okołodobowe zmiany w organizmie człowieka wywołane funkcjonowaniem zegara biologicznego

Godz.	Zmiany w organizmie człowieka		
01.00			wydziela się melatonina
02.00	łatwiej popełnia się błędy	spada temperatura ciała	zaczyna się astma i bóle głowy
03.00			
04.00	temperatura ciała zaczyna wzrastać	rośnie stężenia kortyzolu	
05.00			
06.00			
07.00	gwałtowny wzrost ciśnienia krwi	przebudzenie	
08.00		większa łatwość w liczeniu	
09.00			
10.00	zwiększa się koncentracja	SCN aktywnie emituje sygnały	
11.00			
12.00	dobra pora na drzemkę		
13.00			
14.00			można szybko biegać
15.00			
16.00	ciśnienie krwi osiąga maksimum	zwiększa się koncentracja	
17.00			
18.00			
19.00	wzmacnia się układ odpornościowy	swędzenie staje się bardziej dokuczliwe	
20.00			
21.00	temperatura ciała osiąga maksimum		
22.00	temperatura ciała zaczyna spadać	senność	wydziela się hormon wzrostu
23.00			
24.00		głęboki sen	

wzrostu). Aktualnie poznano ponad sto hormonów i substancji podobnych [4]. Dobowy cykl światło-ciemność steruje m.in. procesami hamowania i wydzielania melatoniny. Mózg otrzymuje informacje o natężeniu i okresie trwania światła od neuronów zwojowych siatkówki. Bodźce świetlne są odbierane dzięki znajdującemu się w części z nich fotobarwnikowi, melanosynie. Sygnały te trafiają do jądra nadskrzyżowaniowego (SCN), które z kolei przesyła je do ośrodków sterujących cyklami okołodobowymi. Najlepiej poznano proces prowadzący do wydzielania przez szyszynkę melatoniny (rys. 3).



Rys. 3. Elementy procesu hamowania i wydzielania melatoniny, wg [11]. Pod wpływem światła dziennego SCN wysyła impulsy (krótka strzałka), które powodują, że inny rejon mózgu, jądro przykomorowe, nie emituje sygnału prowadzącego do wydzielania tego hormonu. Po zapadnięciu zmroku SCN przestaje hamować jądro przykomorowe, co umożliwia mu wydanie rozkazu „wydzielać melatoninę”, wędrującego do szyszynki przez neurony górnej części rdzenia kręgowego (długie strzałki)

2.3. Skuteczność fototransdukcji okołodobowej

Fototransdukcja okołodobowa jest pojęciem stosowanym do opisu, w jaki sposób siatkówka przetwarza światło na nerwowe sygnały, które regulują rytmy takie jak sen, temperatura ciała oraz wpływają na produkcję hormonów. W ostatnich piętnastu latach prowadzono wiele badań, których celem było określenie widmowej czułości systemu okołodobowego i fotoreceptorów zaangażowanych w proces fototransdukcji okołodobowej [6]. Obecnie wiadomo, że system ten jest maksymalnie czuły na światło krótkofalowe oraz w procesie tym uczestniczą klasyczne fotoreceptory (pręciki, czopki S, czopki M i czopki L) oraz nowo odkryte neurony zwojowe siatkówki ze światłoczułością własną (ipRGCs). Niedawno zbudowano model fototransdukcji okołodobowej człowieka. W tabeli 2 podano skuteczności świetlne i bodźce okołodobowe na Wat źródeł światła obliczone zgodnie z założeniami tego modelu.

TABELA 2

Luminy fotopowe i bodźce okołodobowe na wat dla wybranych źródeł światła, wg [6]

Źródło światła	Lm/W	Bodźce okołodobowe/W
Świetlówka 3000 K	100	74
Świetlówka 7500 K	100	157
Żarówka	12	12
Illuminant D65	70	133
Rtęciówka (przezroczysta)	45	18
Niebieski LED (470 nm)	15	418

Z obliczeń wynika, że półprzewodnikowe źródło światła (niebieski LED, 470 nm) jest niezwykle skuteczne w fototransdukcji okołodobowej, co może mieć duże znaczenie przy projektowaniu oświetleniowych urządzeń prozdrowotnych [8]. Istnieje interesująca argumentacja wyjaśniająca dlaczego fototransdukcja okołodobowa człowieka wykazuje maksymalną czułość na niebieskie światło. Uważa się, że jest to dziedzictwo z okresu „kambryjskiej eksplozji” rozwoju życia złożonych organizmów w oceanach. W procesie tego rozwoju organizmy unikały szkodliwego promieniowania UV zanurzając się w dzień w głębsze strefy oceanu, gdzie promieniowanie to nie docierało. Do tych głębszych stref wnikało jedynie niebieskie światło, gdyż inne długości fal promieniowania słonecznego były pochłaniane przez morską wodę. Zatem organizmy te w dzień funkcjonowały w środowisku wypełnionym niebieskim światłem i dlatego czułość fototransdukcyjna na to światło stała się największa. Nocą organizmy wra-

cały do stref przypowierzchniowych oceanu. Uważa się również, że te dziennonocne migracje w oceanie przyczyniły się do rozwoju okołodobowego zegara biologicznego.

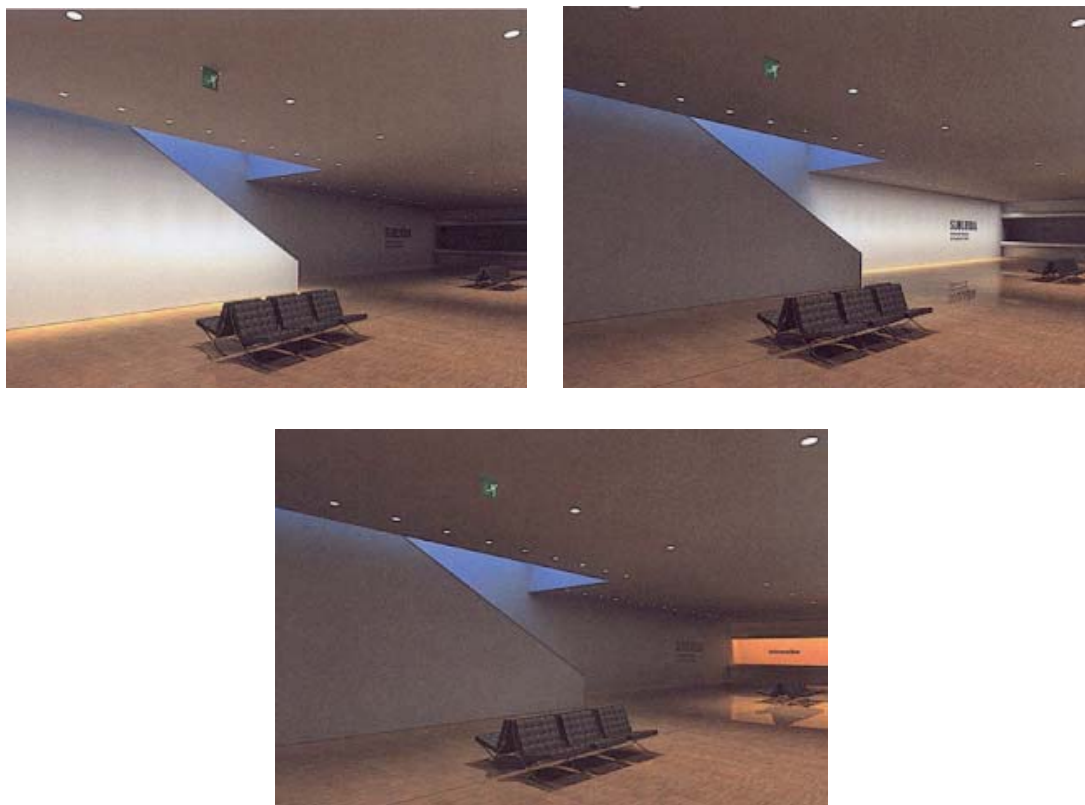
3. LIGHT + BUILDING 2006 - INNOWACJE W ZAKRESIE ZDROWOTNYCH ASPEKTÓW OŚWIETLENIA

Aktualnie, innowacyjne rozwiązania związane z oświetleniem i zdrowiem są przedmiotem działalności czołowych firm oświetleniowych [9], [12], [13]. Działalność ta przyjęła różne kierunki aktywności: dostrojenie światła (Erco), światło biodynamiczne (iGuzzini), emocje błękitu (Trilux), oświetlenie dynamiczne (Philips), równowaga humanergy (Zumtobel), lampy Lumilux Skywhite (Osram), lampy Activiva (Philips) i lampy Biolight (Narwa). Efekty tej działalności zapowiadają w najbliższych latach nowe wymagania i nowe techniki projektowania oświetlenia, gdzie kryteria widzialności zadań wzrokowych i wygody widzenia staną obok kryteriów prozdrowotnych.

3.1. Dostrojenie światła

Dostrojenie światła (tune the light) – oznacza nowy paradygmat w architektonicznym oświetleniu. Paradygmat ten wynika z rewolucji technologicznej w oświetleniu, która została wywołana nowym zróżnicowanym i wyspecjalizowanym sprzętem oświetleniowym, który tworzą m.in. lampy LED, systemy optyczne i systemy sterowania cyfrowego u progu dojrzałości rynkowej. Oprawy oświetleniowe są w stanie zmieniać jaskrawość i barwę światła oraz wkrótce kierunek i rozkład wiązki świetlnej. Protokół sterowania oparty na technologii DALI (Digital Addressable Lighting Interface) pozwala łączyć oprawy w sieci, które umożliwiają indywidualne adresowanie i grupowanie opraw niezależnie od systemu zasilania. W rezultacie powstaje wiele możliwości m.in. architektonicznego oświetlenia wnętrza, w szczególności użytecznych w pomieszczeniach wielofunkcyjnych. Cechy tych technologii zmieniają cele i techniki architektonicznego projektowania oświetlenia. W miejsce projektowania jednej lub, co najwyżej kilku sytuacji oświetleniowych związanych z instalacją zasilającą, projektowane są zbiory scen oświetleniowych w przestrzeni wnętrza. Sceny te stają się źródłem niemal nieograniczonej ilości dynamicznych efektów percepcyjnych (w tym prozdrowotnych) we wnętrzu. Do tworzenia tych efektów stosuje się sprzęt i opro-

gramowanie określane jako Light System DALI i Light Studio. Na rysunku 4, jako przykład widoczne są różne efekty przestrzeni, które powstają po zmianach oświetlenia na pionowych powierzchniach wnętrza.



Rys. 4. Różne efekty przestrzeni, które powstają po zmianach oświetlenia na pionowych powierzchniach wnętrza

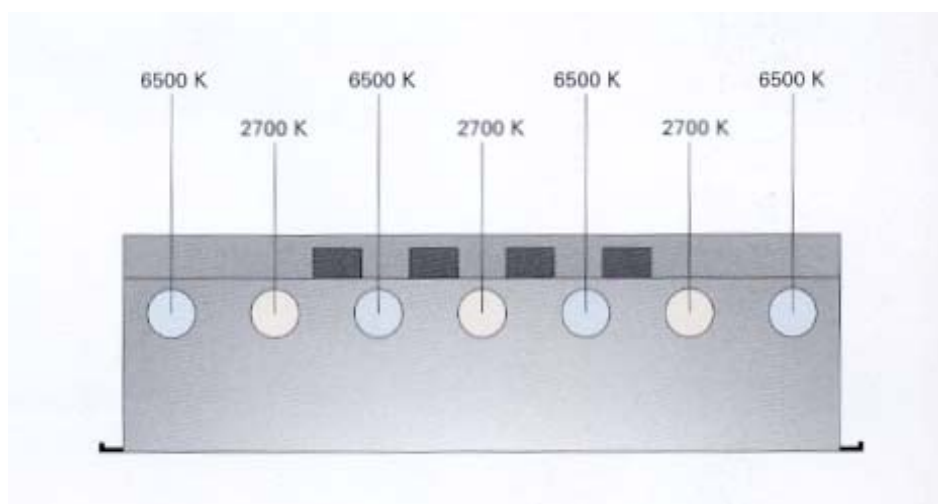
3.2. Światło biodynamiczne

Światło biodynamiczne (biodynamic light) – jest to koncepcja, która powstała jako wynik wielu lat współpracy producenta z czołowymi ośrodkami naukowymi (m.in. z Lighting Research Center of the Rensselaer Polytechnic Institute in Troy, Nowy Jork). Światło biodynamiczne ujmowane jest w czterech aspektach, jako: oddziaływanie fizjologiczne, wpływ psychologiczny oraz czynnik czasu i cech barwy w sztucznym oświetleniu. Pod wpływem właściwych oddziaływań fizjologicznych oświetlenia ludzie stają się bardziej aktywni i uważni. Odpowiednia dynamika oświetlenia wzmacnia zdolność stymulacji środowiska. Fizjologiczne oddziaływanie na organizm wynika również z poziomu oświetlenia i temperatury barwowej w środowisku. Psychologiczny wpływ oświetlenia na

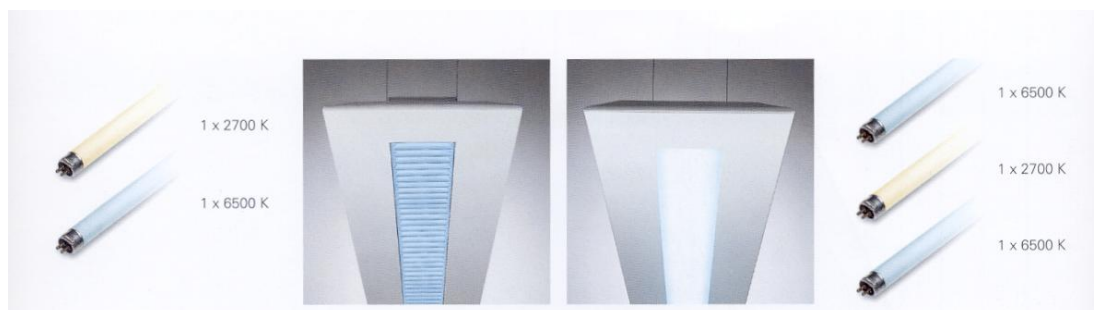
ludzi m.in. stwierdzimy, gdy zauważymy, że preferencja temperatury barwowej (K) będzie zależała od temperatury miejsca (C), z którego przyszliśmy.

Czynniki czasu i sztucznego oświetlenia we wnętrzu, podobnie jak w naturalnym środowisku, są istotnymi elementami synchronizującymi funkcjonowanie zegara biologicznego. Cechy barwy światła w sztucznym oświetleniu mogą być poprawione poprzez mieszanie barw lamp fluorescencyjnych o różnych temperaturach barwowych. Powstaje wówczas harmonijne i zrównoważone spektrum. Postulaty światła biodynamicznego (zmiany intensywności i barwy światła stosownie do pory dnia) są w pełni realizowane w systemach Sivra Compact i Light Air (rys. 5) z udziałem systemu sterowania Light Equalizer z zastosowaniem protokołu DALI.

a)



b)

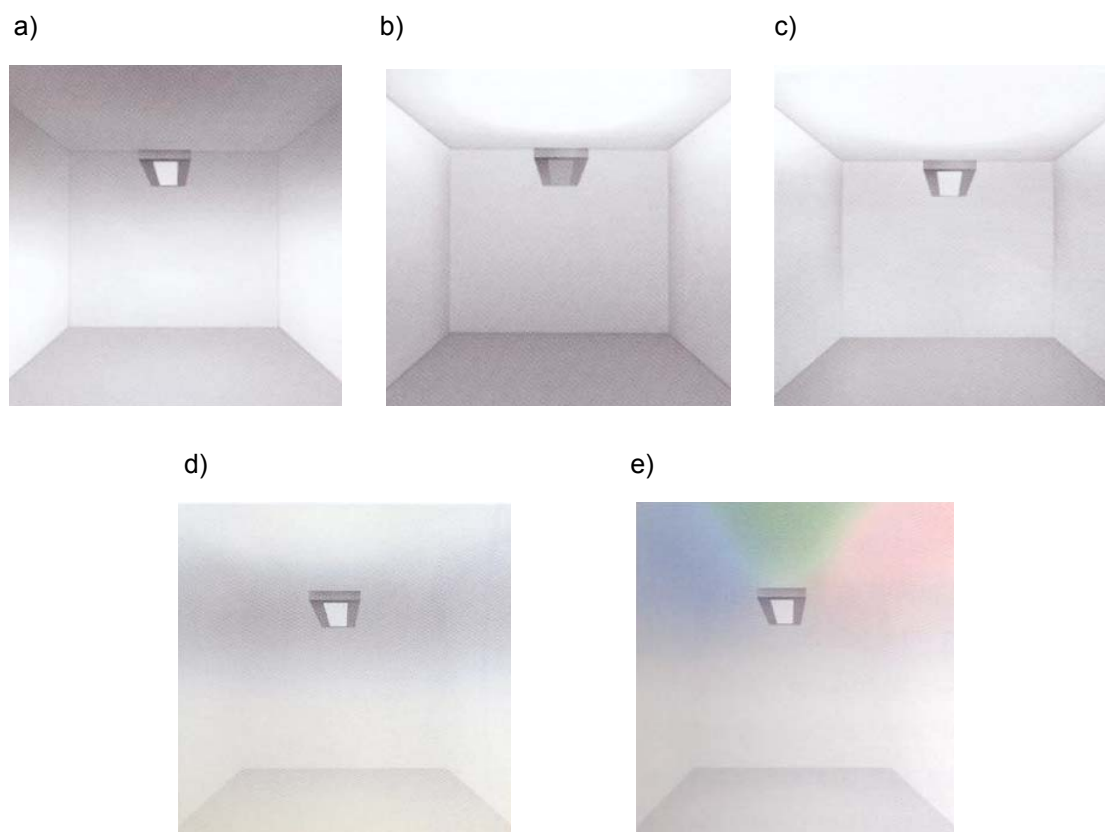


Rys. 5. Przykłady systemów z światłem biodynamicznym:

a) Sivra Compact – w systemie bezpośrednim do zmiany barwy światła zastosowano cztery świetlówki 6500 K i trzy świetlówki 2700 K przy zmianie intensywności oświetlenia od 50 do 1000 luksów, b) Light air – w systemach bezpośrednio-pośrednich zastosowano dwie lub trzy świetlówki o temperaturach barwowych 2700 K i 6500 K

3.3. Emocje błękitu

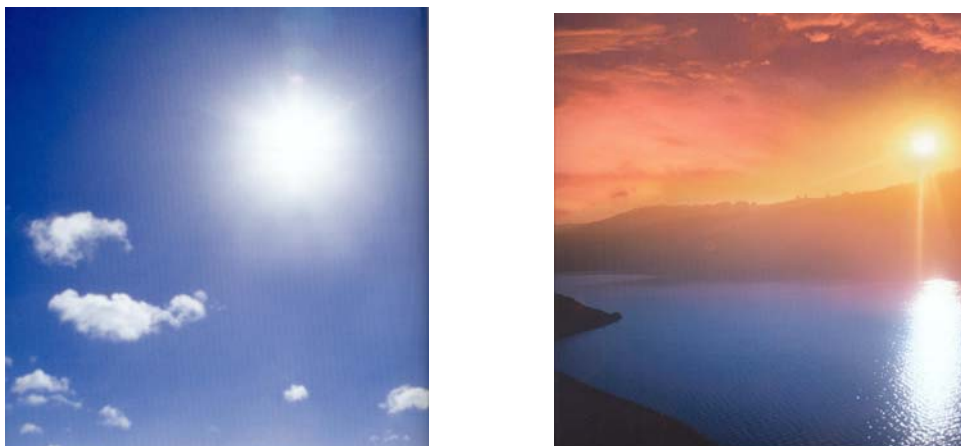
Emocje błękitu (bluemotion) są nową propozycją określenia cech systemów oświetlenia w pracy biurowej. Zaproponowano również zmodyfikowaną klasyfikację systemów oświetleniowych we wnętrzu: system bezpośredni, pośredni, bezpośrednio-pośredni, dynamicznie symulujący światło dzienne oraz system z barwną atmosferą światła (rys. 6).



Rys. 6. Zmodyfikowana klasyfikacja systemów oświetleniowych:

a) System bezpośredni kieruje światło na powierzchnie lub do strefy tam, gdzie jest to konieczne. Kierunkowe oświetlenie jest intensywne, tworzy ostre kontrasty i przeszkadzające cienie. System stosowany jest przy intensywnym oświetleniu zadań wzrokowych oraz przy konieczności lokalnego zwiększenia poziomu oświetlenia; b) System pośredni kieruje światło na sufit i powierzchnie pionowe, które po odbiciu wraca do wnętrza. Pośrednie oświetlenie daje przyjemne, miękkie kontury przedmiotów bez olśnienia. System powinien być wykorzystywany w otoczeniu jasnych powierzchni wnętrza; c) System bezpośrednio-pośredni łączy pozytywne cechy obu systemów. Powstaje jasna, przestrzenna atmosfera dzięki oświetleniu sufitu oraz pionowych i poziomych powierzchni. System ten tworzy komfort wzrokowy we wnętrzu, szczególnie pożądany jest w miejscach pracy z komputerem; d) System dynamicznie symulujący światło dzienne. System ten symuluje w otoczeniu dzienny rytm oświetlenia tworzony w wyniku zmian intensywności i barwy światła. Zatem możliwe staje się tworzenie we wnętrzu wirtualnych efektów słonecznego dnia od wschodu do zachodu słońca. Bezpośrednio-pośrednie oświetlenie wzmacnia odczuwanie dobrego samopoczucia, poprawia nastrój i potencjał aktywności; e) System z atmosferą barwnego światła. W systemie stosuje się sterowanie RGB barwą światła w różnych strefach wnętrza. Wzmacnia to emocjonalność efektów świetlnych, barwa może również uspakajać i wzmacniać kreatywność oraz tworzyć futurystyczne doznania

U podstaw tej nowej klasyfikacji leży przekonanie, że „światło w nas – światłem dla nas” (light in us – light for us) co oznacza, że naturalne emocje oświetleniowe ukształtowane przez obrazy natury (rys. 7) są podstawą do tworzenia optymalnego i przyjaznego (prozdrowotnego) sztucznego otoczenia świetlnego.



Rys. 7. Natura tworzy obrazy, które są źródłem naturalnych emocji oświetleniowych. Przywoływanie tych emocji w sztucznym otoczeniu świetlnym jest m.in. kluczem do tworzenia prozdrowotnych urządzeń oświetleniowych

Na rysunku 8 przedstawiono wybrane przykłady systemów oświetlenia tworzących naturalne emocje związane z obrazami natury. Systemy te mogą być sterowane manualnie lub automatycznie z pomocą DALI.

a)



b)



c)

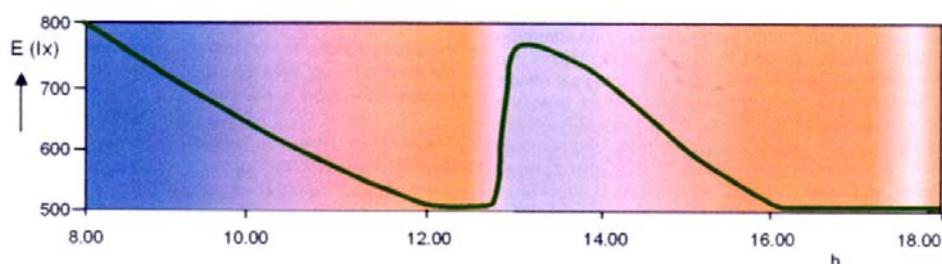


Rys. 8. Systemy oświetlenia symulujące obrazy natury:

a) życie i praca, jak pod błękitnym, czystym niebem; b) neutralna funkcjonalność światła pośredniego połączona z łagodnym użyciem światła bezpośredniego, jak przy jasnym zachmurzonym niebie; c) zmiany intensywności oświetlenia i temperatur barwowych, jak przy różnych porach dnia

3.4. Oświetlenie dynamiczne

Oświetlenie dynamiczne (dynamic lighting) realizowane jest w postaci dwóch koncepcji określanych jako dynamiczne otoczenie (dynamic ambience) oraz światło osobiste (personal light) [9], [12]. Istotą oświetlenia dynamicznego jest przenoszenie sygnałów z natury do wnętrza oraz synergia rytmów biologicznych człowieka i naturalnych efektów sztucznego oświetlenia (energia rano, relaks pory posiłku w środku dnia, koncentracja po południu i łagodne przejście do wieczora – rys. 9). Gdy synergia ta jest osiągnięta, to nasza uwaga ulega wzmocnieniu, popełniamy mniej błędów i zdarza się mniej wypadków. Oświetlenie we wnętrzu jest automatycznie sterowane zgodnie z upływem pory dnia, jednakże może być również sterowane manualnie zgodnie z osobistymi preferencjami związanymi z dobrym samopoczuciem, nastrojem lub rodzajem wykonywanej pracy. Aktualnie oświetlenie dynamiczne może być realizowane za pomocą szeregu systemów (rys. 10).



Rys. 9. Przykład scenariusza oświetlenia dynamicznego ze zmianą intensywności i barwy światła (od chłodno-białej do ciepło-białej). Scenariusz ten jest zgodny z częścią rytmu okołodobowego człowieka



Rys. 10. Przykłady systemów, które można wykorzystać do realizacji oświetlenia dynamicznego

3.5. Lampy Activa

Lampy świetłówkowe Activa są nową propozycją dla zastosowań światła z powiększoną ilością promieniowania niebieskiego (25 lub 85 %) w miejscach pracy i życiu codziennym (rys. 11). Jak już wspomniano w pkt. 2.3. światło to wykazuje wysoką skuteczność fototransdukcji okołodobowej (rys. 12).

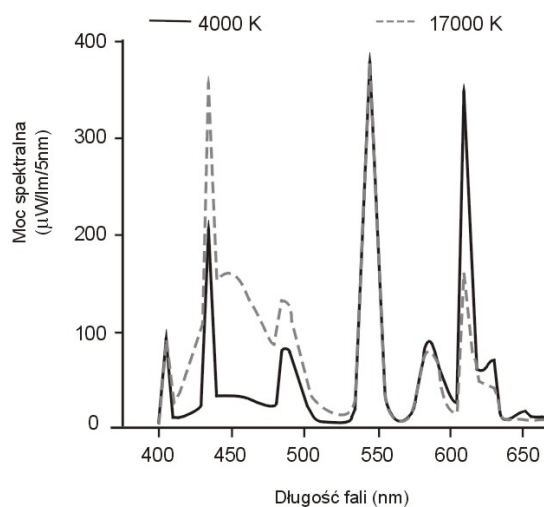


Rys. 11. Brabant Distribution Center – miejsce w Holandii, gdzie świetłówki Activa zostały pozytywnie zweryfikowane. Pracownicy odczuli poprawę samopoczucia, nastąpił również wzrost wydajności pracy ponad 10 %

a)



b)



Rys. 12. Świetłówki Activa:

a) w wersji TL 5 lub TL D, b) porównanie rozkładu spektralnego świetłówek białych (4000 K) i Activa (17 000 K)

3.6. Lamy Lumilux Skywhite T5 HO

Jak dotychczas, od dwóch lat na rynku dostępna jest pierwsza prozdrowotna lampa fluorescencyjna Lumilux Skywhite T8 o dużej zawartości promieniowania niebieskiego w zakresie od 410 do 460 nm. Obecnie staje się dostępna również wersja Lumilux Skywhite T5 HO (rys. 13).



Rys. 13. Nowa wersja prozdrowotnej lampy fluorescencyjnej Lumilux Skywhite T5 HO

3.7. Lamy Biolight

Lamy (Biolight) są nową rodziną fluorescencyjnych lamp linowych T5 (16 mm) i T8 (26 mm) i fluorescencyjnych lamp kompaktowych z trzonkami E27 i GX24q, których widma są zbliżone do światła słonecznego. Lamy te zalecane są do stosowania w domu, w pracy i szkole. Profilaktyczne cechy tych lamp związane są m.in. z działaniem relaksacyjnym, anty-stresowym, anty-depresyjnym i wspomaganie koncentracji.

3.8. Równowaga humanergy

Podstawowymi czynnikami wyboru właściwego oświetlenia są wymagania wzrokowe, wrażliwość emocjonalna oraz efekty biologiczne. Aby osiągnąć możliwie najlepszy sposób oceny jakości oświetlenia po raz pierwszy opracowano mierzalne wskaźniki ELI i LENI. ELI (Ergonomic Lighting Indicator), ergonomiczny wskaźnik oświetlenia uwzględnia w ocenie wydolność wzrokową, wygląd, emocjonalność i indywidualność, natomiast LENI (Lighting Energy Numeric Indicator), liczbowy wskaźnik energii oświetleniowej informuje o rocznym zużyciu energii oświetleniowej na metr kwadratowy, według definicji zawartej w no-

wej normie europejskiej (prEN 15193). Wskaźniki te, ujmujące ludzki aspekt oświetlenia i energetyczną efektywność, tworzą razem harmonijną ocenę oświetlenia, określaną jako równowaga humanergy [13].

4. SYSTEMY OŚWIETLENIA PROZDROWOTNEGO OPRACOWANE W INSTYTUCIE ELEKTROTECHNIKI

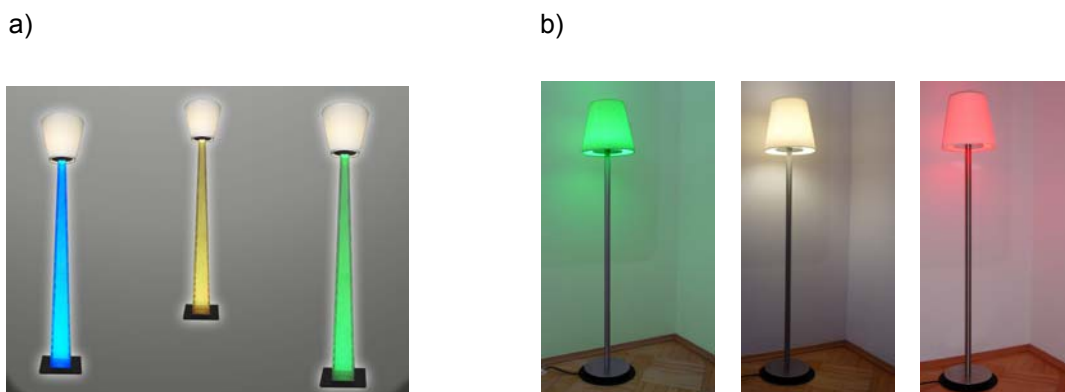
Systemy oświetlenia prozdrowotnego opracowane w Instytucie Elektrotechniki można ująć według pięciu kategorii zastosowań:

- poprawa samopoczucia i zwiększenie aktywności w pracy,
- praca na nocnej zmianie,
- działanie antydepresyjne w godzinach rannych w pracy,
- podnoszenie jakości snu,
- wspomaganie widzenia, szczególnie osobom starszym.

4.1. Poprawa samopoczucia i zwiększenie aktywności w pracy

W polskiej normie PN-EN 124641-1 Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: miejsca pracy we wnętrzach, podano minimalne projektowe wymagania oświetlenia wynikające z ergonomii widzenia. Natomiast nie określono wymagań wpływających na samopoczucie i aktywność pracowników, pozostawiając zagadnienia te w ramach działalności innowacyjnej projektanta.

Projektant oświetlenia, jak lekarz, powinien respektować zasadę „primum non nocere”. Aktualnie badania nad biologicznymi skutkami oświetlenia w pracy skłaniają do przyjęcia koncepcji oświetlenia dynamicznego, które charakteryzuje się dynamiką barwy i intensywności światła w różnych porach dnia. W porze dziennej w pracy wyróżnia się trzy fazy aktywności: poranna, południowa i popołudniowa. Zgodnie z rytmem tych naturalnych aktywności, rano pożądane jest oświetlenie intensywne i chłodne, około południa mniej intensywne i ciepłe oraz po południu znów intensywne i chłodne. Powstaje w ten sposób oświetlenie dynamiczne, które może poprawiać samopoczucie i zwiększać aktywność w pracy. W Instytucie Elektrotechniki opracowano eksperymentalne, wolno stojące systemy dynamicznego oświetlenia Metamorfoza i Bioambience (rys. 14).

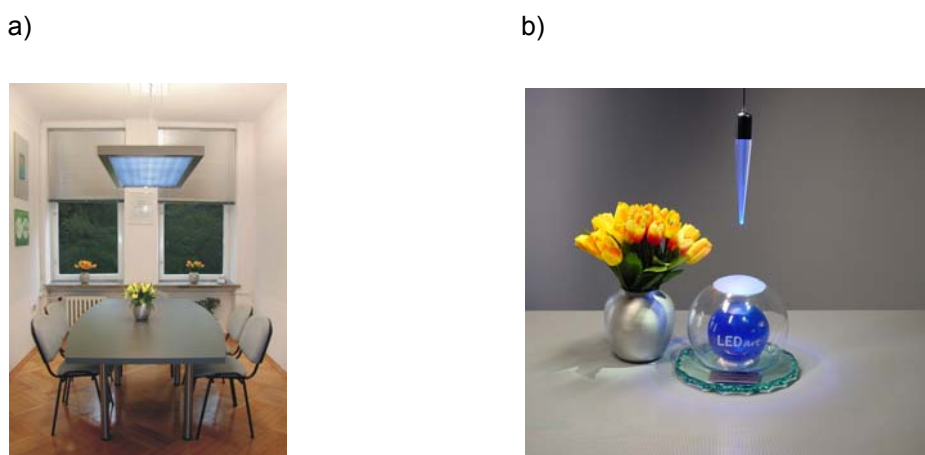


Rys. 14. Systemy dynamicznego oświetlenia:

a) Metamorfoza, b) Bioambience. W porze dziennej w pierwszym systemie źródłem zmienności barwy jest ażurowa podstawa, natomiast w drugim – abażur

4.2. Praca na nocnej zmianie

Przy pracy nocą powstają niekorzystne skutki rozstrojenia zegara biologicznego. Pracownicy odczuwają m.in. chroniczne zmęczenie, stres oraz dolegliwości układu pokarmowego i krwionośnego. Następuje obniżenie wydajności, wzrost absencji i wypadkowości. Aktualnie, badania wykazują, że dolegliwości te mogą być zmniejszone, gdy na stanowiskach pracy stosowane jest intensywne oświetlenie z niebieskim odcieniem w porze intensywnego wydzielania melatoniny. Oświetlenie to przesunęło wydzielanie melatoniny o kilka godzin do przodu. Wówczas lepiej można odespać nocną pracę w dzień. Dobre efekty może również dawać dodatkowe światło niebieskie LED 470 nm (rys. 15).



Rys. 15. Systemy oświetlenia do pracy nocą:

a) Feniks R 858/B z niebieskim odcieniem światła, b) Sopol LED jako dodatkowe niebieskie światło 470 nm

4.3. Działanie antydepresyjne w godzinach rannych w pracy

Współczesny człowiek cierpi na niedobór światła w ciągu dnia, szczególnie w sezonie jesienno-zimowym. Często w pracy ludzie przebywają w miejscach bez dostatecznego dostępu do światła dziennego, a zimą dojeżdżają i wracają, gdy jest ciemno. Sztuczne oświetlenie w pracy rzadko przekracza 500 luksów, gdy tymczasem dzienne oświetlenie na zewnątrz, wynosi od kilku do kilkudziesięciu tysięcy luksów. W ten sposób powstaje cywilizacyjny niedobór światła dziennego, który m.in. zakłóca naturalny okołodobowy rytm aktywności i snu człowieka. W przypadku cywilizacyjnego niedoboru światła, dzienne poziomy melatoniny stają się nadmiernie wysokie i to często staje się przyczyną złego nastroju oraz może inicjować proces depresji sezonowej. Oświetlenie antydepresyjne powstaje wtedy, gdy rano przez kilkadziesiąt minut, zapewnia się dostatecznie intensywne oświetlenie, co najmniej 1000 luksów na twarzy, które skutecznie ogranicza ilość melatoniny we krwi. W Instytucie Elektrotechniki opracowano dwa systemy zlokalizowanego oświetlenia antydepresyjnego: wolno stojący system oświetlenia zintegrowany ze stolikiem – Feniks 85/SW oraz system oświetlenia nad stołem – Feniks R 858 (rys. 16).

a)



b)



Rys. 16. Systemy zlokalizowanego oświetlenia antydepresyjnego:

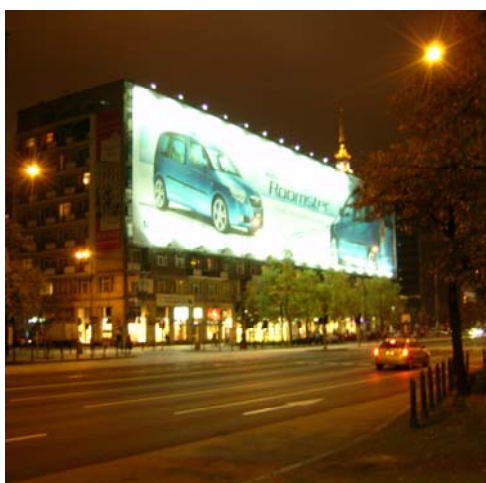
a) zintegrowany ze stolikiem zapewnia intensywne, co najmniej 2000 luksów oświetlenie na twarzach osób stojących przy stoliku, jest miejscem nadającym się do krótkiej rozmowy przy herbacie lub kawie, b) system zawieszony nad stołem również zapewnia efekty antydepresyjne, staje się szczególnie użyteczny podczas rannych spotkań i narad w firmie

4.4. Podnoszenie jakości snu

Dobra jakość snu w nocy jest możliwa tylko w pełnej ciemności. Ważne więc jest, aby światło z ulicy nie wnikało do naszej sypialni. Niestety, często zdarza się agresywne wnikanie światła sztucznego przez okna do wnętrz budynków mieszkalnych (rys. 17a i 17b). Gdy wstajemy na chwilę i potrzebujemy oświetlenia do celów orientacji, to wystarczy nam łagodne, miodowe światło LED, które nie zakłóca snu (rys. 18). Pamiętajmy, że nawet krótkotrwałe intensywne białe światło zakłóca sen w nocy i wówczas może:

- wpływać niekorzystnie na naszą aktywność dzienną,
- powodować rozdrażnienie, zaburzenia koncentracji oraz osłabienie pamięci,
- być przyczyną senności podczas dnia,
- zaburzać okołodobowy rytm aktywności i odpoczynku.

a)



b)



Rys. 17. Ulica Marszałkowska w Warszawie:

- a) przykład podświetlonej planszy reklamowej zainstalowanej na budynku mieszkalnym, b) agresywne wnikanie światła do okien mieszkalnych



Rys. 18. Oprawa Feniks 85/LED umożliwia korzystanie z łagodnego miodowego światła 530 nm, które nie zakłóca snu i umożliwia orientację w otoczeniu

4.5. Wspomaganie widzenia, szczególnie osobom starszym

Powszechnie wiadomo, że sprawność widzenia szczegółów maleje z upływem lat. Osoby starsze potrzebują kilkakrotnie więcej światła niż młode. Dzieje się tak, ponieważ z wiekiem źrenica maleje, co redukuje ilość światła padającego na siatkówkę, mięśnie oczne stają się słabsze, soczewki tracą swą elastyczność – stąd zdolność ostrego widzenia szczegółów maleje. Soczewki żółkną, co ogranicza widzenie barw niebieskich. Stają się grubsze i mniej przezroczyste, co w efekcie wywołuje rozpraszanie światła w oku, nocną ślepotę oraz wzrost wrażliwości na olśnienie. Co można zrobić, aby wspomóc widzenie seniorom? Należy, przede wszystkim, zwiększyć intensywność oświetlenia, co najmniej do 1000 luksów na zadaniu wzrokowym i do 300 luksów w otoczeniu. Równocześnie należy zadbać o to, aby oświetlenie było ciepłe, łagodne i nie męczące.

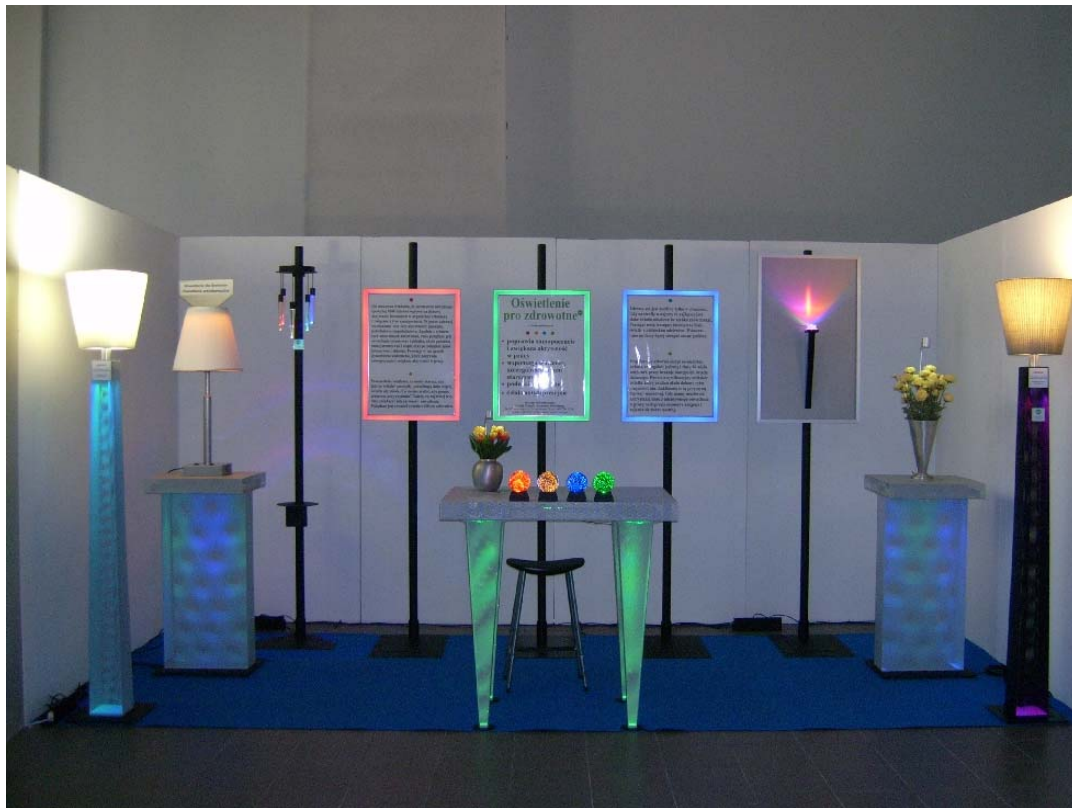
Dobre warunki oświetlenia dla seniora zapewnia opracowana w Instytucie Elektrotechniki oprawa z abażurem Feniks 85/P (rys. 19).



Rys. 19. Oprawa Feniks 85/P z kompaktową świetlówką energooszczędną. Średnie natężenie oświetlenia pod oprawą na powierzchni 0,5 m x 0,5 m wynosi 1230 luksów. Wartość ta jest 3,5-krotnie większa niż przy zwykłej żarówce 100 W

5. PODSUMOWANIE

W artykule omówiono elementy prozdrowotne w oświetleniu jako grupę interdyscyplinarnych zagadnień tworzących nowe kierunki rozwoju. Ze względu na społeczną wagę zagadnienia istotne staje się promowanie wiedzy o prozdrowotnych aspektach oświetlenia. Jednym z działań promocyjnych było stoisko pt. „Oświetlenie prozdrowotne” zorganizowane przez Zakład Techniki i Systemów Oświetlenia Instytutu Elektrotechniki w Instytucie Wzornictwa Przemysłowego z okazji Międzynarodowego Dnia Barwy w dniu 13 października br. (rys. 20).



Rys. 20. Stoisko "Oświetlenie prozdrowotne" na wystawie w Instytucie Wzornictwa Przemysłowego

LITERATURA

1. Boyce Peter R.: Lighting research for interiors: the beginning of the end or the end of the beginning, 25th Session of the CIE, San Diego, str. 1-34÷1-42, 2003.
2. Figuero M.G.: Research matters. Lighting Design + Application. May, str. 24-26, 2006.
3. Katalog wystawy „Odkrywanie czasu“, National Museum of Emerging Science and Innovation Miraikan, Warszawa, 27 lutego - 29 października, str. 16, 2006.
4. Koolman J., Rohm K.H: Hormony. Biochemia. Wyd. Lekarskie PZWL, str. 372-395, 2005.
5. NSVV Committee on Light and Health.: Light and Health in the Workplace. November, str. 24-28, 2003.
6. Rea M.S. et al.: A model of phototransduction by the human circadian system. Brain Research Reviews 50, str. 213-228, 2005.
7. Turlej Z.: Systemy oświetlenia biodynamicznego we wnętrzu, XV Krajowa Konferencja Oświetleniowa „Technika Świetlna'06”, Warszawa, str. 44-53, 2006.
8. Turlej Z.: Czynniki hormonalne w oświetleniu wnętrza, II Konferencja POOMT'06 Promieniowanie optyczne, oddziaływanie, metrologia, technologie, Krasiczyn, str. 297-306, 2006.

9. van Bommel WJM, van den Beld GJ: Lighting for work: a review of visual and biological effects, Lighting Research & Technology nr 4, str. 255-269, 2004.
10. Winston R.: Endocrine System. Body, str.18-19, 2005.
11. Wright K.: Czas życia. Świat Nauki. Listopad – grudzień, str. 40-47, 2004.
12. www.dynamiclighting.philips.com
13. www.zumtobel.com/HumanergyBalance

Rękopis dostarczono, dnia 05.03.2007r.

Opiniował: prof. dr hab. inż. Władysław Dybczyński

THE PROHEALTHY ELEMENTS OF IN LIHGTING

Zbigniew TURLEJ

ABSTRACT

The artificial lighting has been developed as a field connected with the visual ergonomics science. In recent years has been provided the impact of the light on the hormonal system and therefore the health factor is becoming a new source of development for a lighting technology. The first, second and third parts of this paper cover the some directions, frameworks and revive of the world innovations in the health and lighting. In the forth part is discussed the prohealthy lighting systems from Electrotechnical Institute in Warsaw, Poland.