

Sprawozdanie część B

RAPORT Z BADAŃ CHARAKTERYSTYK PARAMETRÓW EMISJI ELEKTROMAGNETYCZNEJ ZBADANYCH NOWO WPROWADZANYCH URZĄDZEŃ OŚWIETLENIOWYCH

Wykonawcy:

**dr inż. Jolanta Karpowicz
dr inż. Krzysztof Gryz
dr inż. Agnieszka Wolska
mgr inż. Wiesław Leszko
mgr inż. Andrzej Pawlak
mgr inż. Włodzimierz Miądowicz
mgr inż. Patryk Zradziński
Andrzej Wolski**

Obejmuje:

- Metodykę laboratoryjnych badań porównawczych parametrów amplitudowo-częstotliwościowych i przestrzennych emisji elektromagnetycznych urządzeń oświetleniowych i aparaturę wykorzystaną do badań
- Interpretację wyników pomiarów emisji elektromagnetycznych badanych urządzeń oświetleniowych
- Wnioski w kontekście parametrów użytkowych i zagrożeń związanych z emisjami elektromagnetycznymi badanych urządzeń oświetleniowych
- Szczegółowe wyniki pomiarów parametrów użytkowych i zagrożenia fotobiologicznego, zagrożeń elektromagnetycznych oraz opracowane charakterystyki emisji elektromagnetycznych badanych urządzeń oświetleniowych

B1. METODYKA LABORATORYJNYCH BADAŃ PORÓWNAWCZYCH PARAMETRÓW AMPLITUDOWO-CZĘSTOTLIWOŚCIOWYCH I PRZESTRZENNYCH EMISJI ELEKTROMAGNETYCZNYCH URZĄDZEŃ OŚWIETLENIOWYCH I APARATURA WYKORZYSTANA DO BADAŃ

B1.1. Cel i wykonawcy pracy naukowo - badawczej

W celu ograniczenia niekorzystnego oddziaływania na środowisko naturalne produktów zużywających energię elektryczną określono warunki i kryteria charakterystyk środowiskowych, które zostały zawarte w dyrektywie „Energy Using Products Directive” (EUP) 2005/32/WE [5] dotyczącej eko-projektowania tych produktów. Zgodnie z tą dyrektywą [5] w 2009 r. rozpoczął się zaplanowany do 2016 r. proces poprawy wydajności energetycznej produktów stosowanych do oświetlenia gospodarstw domowych, biur oraz dróg. Źródła światła, stateczniki i oprawy oświetleniowe wprowadzane do obrotu handlowego w obszarze UE będą musiały spełniać określone wymagania efektywności energetycznej. W ciągu kilku lat z rynku zostaną wycofane produkty o parametrach niespełniających tych wymagań w aspekcie efektywności energetycznej, takie jak tradycyjne żarowe źródła światła. Aktem wspomagającym realizację wymagań zawartych w dyrektywie EUP w zakresie produktów oświetleniowych jest rozporządzenie Komisji (WE), które zostało przyjęte 26 września 2008 r. [24]. Przepisy tego rozporządzenia dotyczą wycofywania niewydajnych energetycznie produktów oświetleniowych i harmonogramu takich działań.

Celem pracy naukowo – badawczej prezentowanej w niniejszym opracowaniu było kompleksowe rozpoznanie oraz opracowanie charakterystyki parametrów emisji elektromagnetycznej dostępnych na rynku nowowprowadzanych urządzeń oświetleniowych będących zamiennikami tradycyjnych żarówek.

Jako **urządzenie oświetleniowe** w ramach niniejszego opracowania należy rozumieć zespół elementów składający się ze źródeł światła wraz z układami zasilającymi lub zapłonowymi.

Zrealizowane prace obejmowały:

- przegląd wymagań dotyczących parametrów użytkowych i kryteriów oceny zagrożeń związanych z emisjami elektromagnetycznymi (w zakresie pól elektromagnetycznych oraz promieniowania optycznego) urządzeń oświetleniowych
- przegląd urządzeń oświetleniowych z typowymi nowowprowadzanymi źródłami światła stanowiącymi zamienniki żarówek głównego szeregu i wybór reprezentatywnej próbki do badań laboratoryjnych (co najmniej 40 rodzajów)
- opracowanie metodyki laboratoryjnych badań porównawczych parametrów amplitudowo-częstotliwościowych i przestrzennych emisji elektromagnetycznych z uwzględnieniem oceny statystycznej reprezentatywności badanych urządzeń oświetleniowych
- przeprowadzenie badań laboratoryjnych 41 urządzeń oświetleniowych
- opracowanie charakterystyki emisji elektromagnetycznych nowowprowadzanych urządzeń oświetleniowych.

Realizacja badań naukowych została wykonana przez zespół specjalistów CIOP-PIB przedstawionych w tabeli B1.1.

Tabela B1.1.

Zespół specjalistów uczestniczących realizacji badań.

Specjaliści	Obszar kompetencji	Potwierdzenie kompetencji
dr inż. Krzysztof Gryz dr inż. Jolanta Karpowicz mgr inż. Patryk Zradziński	badania parametrów amplitudowo-częstotliwościowych i przestrzennych pól elektromagnetycznych urządzeń oświetleniowych, tj. źródeł światła i elementów zasilających	- członkowie Grupy Ekspertów ds. pól elektromagnetycznych Międzyresortowej Komisji ds. NDS i NDN Czynn timerów Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy - członkowie Komitetu Technicznego ds. Kompatybilności Elektromagnetycznej (KT 104) przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym - akredytacja Polskiego Centrum Akredytacji w zakresie pomiarów pól elektromagnetycznych (AB038) i wzorcowania mierników do pomiaru pól

		elektromagnetycznych (AP061)
mgr inż. Andrzej Pawlak dr inż. Agnieszka Wolska	badania spektrometryczne promieniowania optycznego urządzeń oświetleniowych, tj. źródeł światła i elementów zasilających	▪ członkowie Grupy Ekspertów ds. promieniowania optycznego Międzyresortowej Komisji ds. NDS i NDN czynników szkodliwych w środowisku pracy ▪ akredytacja Polskiego Centrum Akredytacji w zakresie pomiarów parametrów oświetlenia elektrycznego oraz promieniowania optycznego ▪ liczne publikacje naukowe i wystąpienia konferencyjne dotyczące badań i oceny zagrożeń promieniowaniem optycznym oraz badań i oceny parametrów oświetlenia

W związku z tym, że celem badań było kompleksowe rozpoznanie i porównanie charakterystyki parametrów emisji elektromagnetycznej dostępnych na rynku nowowprowadzanych urządzeń oświetleniowych będących zamiennikami tradycyjnych żarówek, metodykę badań dostosowano do omówionych w Części A sprawozdania parametrów technicznych takich urządzeń i kryteriów oceny parametrów emisji elektromagnetycznych, jakie są istotne z punktu widzenia ochrony zdrowia i bezpieczeństwa pracowników. Wykonane badania dotyczyły emisji elektromagnetycznych z dwóch zakresów częstotliwości:

- pola i promieniowanie elektromagnetyczne o częstotliwości nie przekraczającej 300 GHz, stanowiące niepożądany czynnik środowiska pracy ze względu na zagrożenia zdrowia pracowników
- promieniowanie optyczne, obejmujące zarówno użyteczne dla użytkowników urządzenia oświetleniowego promieniowanie widzialne, jak i pozostałe składowe promieniowania optycznego związane z zagrożeniami bezpieczeństwa i zdrowia pracowników.

B1.2. Metodyka badań parametrów promieniowania optycznego dla potrzeb określania grupy ryzyka lampy

Metodyka badania parametrów promieniowania optycznego dla potrzeb określania grupy ryzyka lampy opracowana została na podstawie normy PN EN 62471 [30].

Pomiary promieniowania optycznego w celu obliczenia parametrów zagrożenia fotobiologicznego porównywanych z wartościami granicznymi emisji elektrycznych źródeł światła wykonane zostały w zakresie 200 – 3 000 nm.

B1.2.1. Warunki pomiaru

- **Starzenie źródeł światła**

W celu otrzymania stabilnej emisji strumienia energetycznego emitowanego przez źródła światła podczas procesu pomiarowego i otrzymania powtarzalnych wyników, źródła światła przed wykonaniem pomiarów promieniowania optycznego były odpowiednio wyświecane (tzw. starzenie lub sezonowanie). Wszystkie świetlówki wyświecane były przez 100 godzin, żarówki halogenowe przez 1 godzinę, a źródła ledowe przez 10 godzin.

- **Środowisko badań**

Pomiary wykonano w ciemni fotometrycznej w laboratorium promieniowania optycznego CIOP-PIB. Ciemnia fotometryczna zapewnia eliminację wpływu promieniowania optycznego bezpośredniego pochodzącego od innych źródeł niż badane oraz promieniowania odbitego od elementów wyposażenia oraz ścian pomieszczenia a także wyposażenia pomiarowego. Ponadto pomieszczenie to jest klimatyzowane, dzięki czemu możliwe jest utrzymanie temperatury otoczenia na poziomie 19-22°C, co jest istotne ze względu na utrzymanie stabilnej pracy badanych źródeł światła i ograniczenie błędu pomiarowego przy pomiarach promieniowania podczerwonego emitowanego przez te źródła.

B1.2.2. Aparatura pomiarowa

Do wyznaczenia parametrów oceny zagrożenia fotobiologicznego niezbędne jest wykonanie pomiarów rozkładu widmowego:

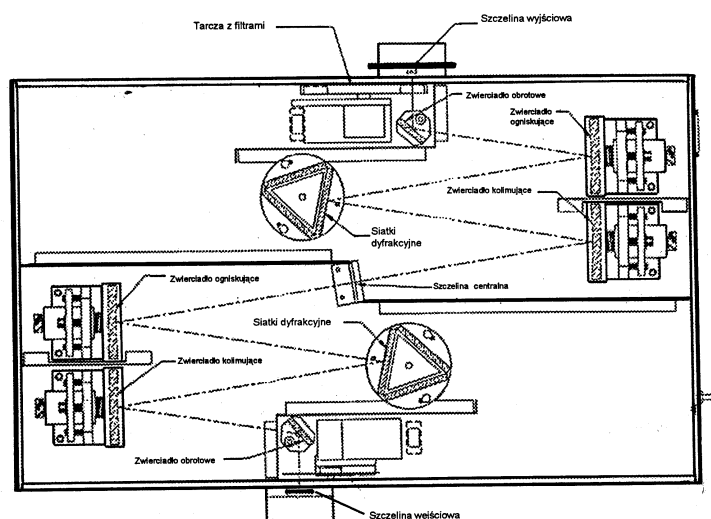
- natężenia napromienienia w zakresie 200-3000 nm
- luminancji energetycznej w zakresie 300-1400 nm.

Pomiary rozkładu widmowego promieniowania optycznego wykonano zalecanym przez normę PN EN [30] wyposażeniem pomiarowym - systemem spektrometrycznym wyposażonym w podwójny monochromator.

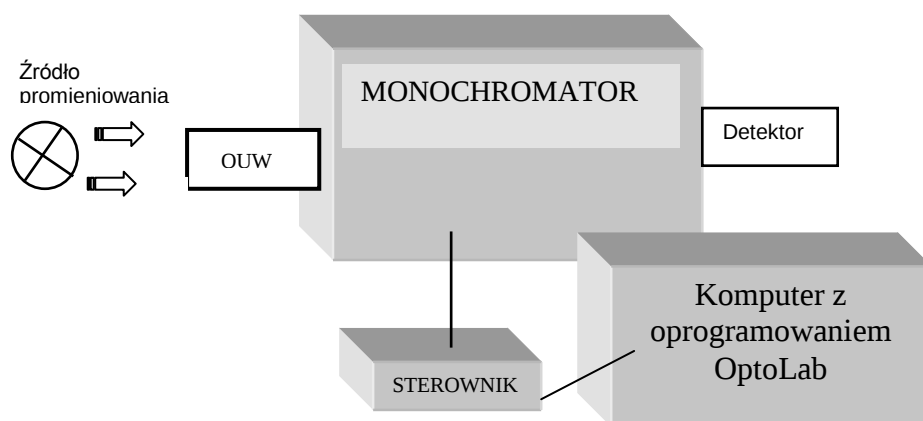
Zastosowany do pomiarów system spektrometryczny OL 750 firmy Optronic Laboratories złożony był z podwójnego monochromatora OL 750-M-D (rys. B1.1), sterownika OL750-C, detektora krzemowego OL 750 HSD-300 Silicon lub detektora PbS OL 750-HSD-340 oraz optycznego układu wejściowego (kuli całkującej stosowanej do pomiaru natężenia napromienienia lub teleskopu do pomiaru luminancji energetycznej). Zakres pomiarowy detektora OL 750 HSD-300 wynosi 200 – 1 100 nm natomiast detektora OL 750-HSD-340 – 1 000 – 3 000 nm. Mierzone promieniowanie było rozszczepiane przez układ trzech siatek dyfrakcyjnych umieszczonych w monochromatorze [22]:

- 1 200 linii/mm - w zakresie UV, który umożliwia uzyskanie wysokiej rozdzielczości spektralnej maksymalnie 0,25 nm oraz zapewnia bardzo niski poziom promieniowania rozproszonego (10^{-8}),
- 600 linii/mm i 300 linii/mm w zakresie VIS i IR.

W przypadku pomiaru rozkładu widmowego natężenia napromienienia układem wejściowym zastosowanym w systemie była kula całkująca OL455 Integrating Sphere o średnicy 152,4 mm oraz średnicy żrenicy wejściowej (przysłony aperturowej) 31,74 mm [22] umożliwiającą równomierny rozkład strumienia promieniowania na wejściu monochromatora (ze względu na dobrą korekcję kosinusową dla całego kąтового pola widzenia). Natomiast w przypadku pomiaru rozkładu widmowego luminancji energetycznej układem wejściowym zastosowanym w systemie był Reflex Teleskop OL 730-9. Schemat blokowy systemu spektrometrycznego przedstawiono na rys. B1.2.



Rys. B1.1. Schemat budowy podwójnego monochromatora OL 750-M-D stosowanego w badaniach [22]



Rys. B1.2. Schemat blokowy systemu spektrometrycznego (OUW - optyczny układ wejściowy – kula całkująca lub teleskop)

Sterowanie pracą systemu spektrometrycznego odbywało się za pomocą kontrolera OL 750-C oraz programu komputerowego OptoLab, zgodnie z instrukcją obsługi [22].

B1.2.3. Źródła wzorcowe

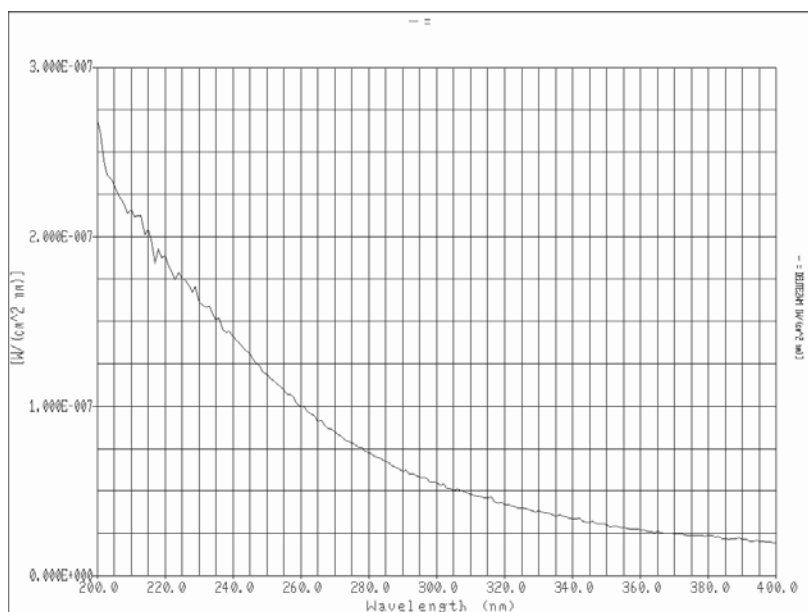
Zalecanymi przez normę PN-EN [30] źródłami wzorcowymi stosowanymi do kalibracji systemu są:

- lampa deuterowa - do wzorcowania w zakresie nadfioletu,
- lampa halogenowa- do wzorcowania w zakresie widzialnym i podczerwonym.

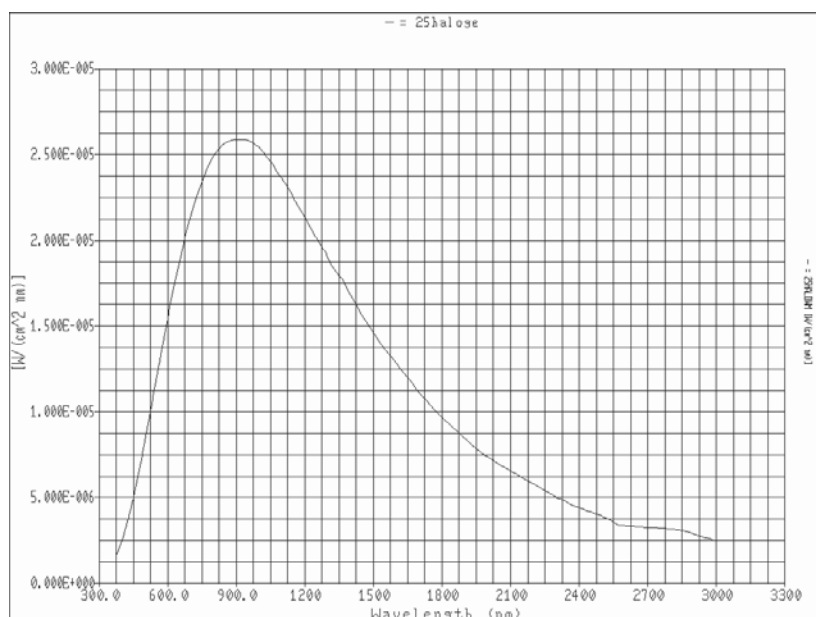
Do wzorcowania systemu spektrometrycznego OL 750 wykorzystano trzy źródła wzorcowe:

- lampę deuterową OL UV-40 (zakres emisji 200 - 400 nm) o charakterystyce widmowej przedstawionej na rys. b.1.3
- lampę halogenową OL 200 IR (zakres emisji 250 - 4500 nm) o charakterystyce widmowej przedstawionej na rys. B1.4
- lampę halogenową OL 455 (zakres emisji 350 - 1100 nm) o charakterystyce widmowej przedstawionej na rys. b.1.5.

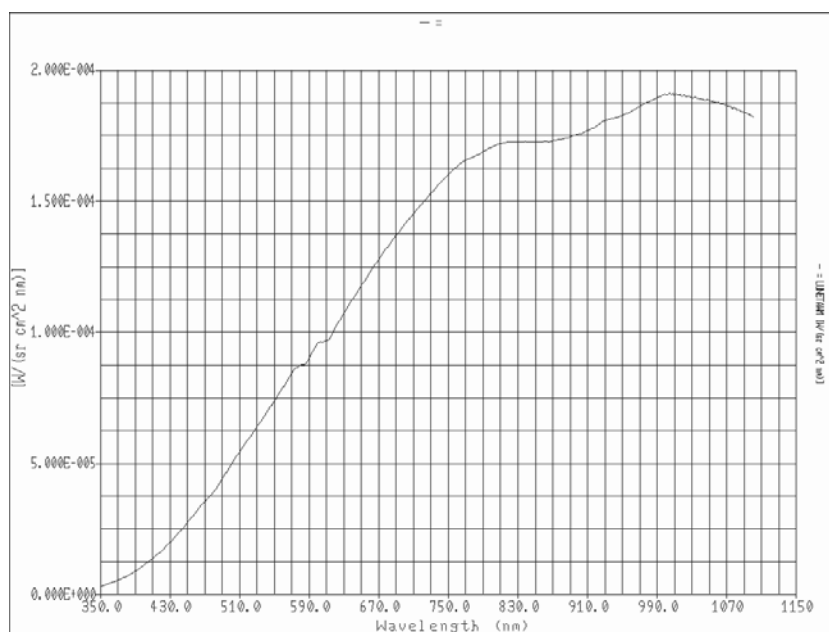
Lampę deuterowa i halogenową OL 200 IR wykorzystano do wzorcowania systemu spektrometrycznego do pomiarów natężenia napromienienia a lampę halogenową OL 455 do pomiarów luminancji energetycznej.



Rys. B1.3. Charakterystyka widmowa promieniowania optycznego emitowanego przez wzorcową lampę deuterową typu OL UV-40



Rys. B1.4. Charakterystyka widmowa promieniowania optycznego emitowanego przez wzorcową lampę halogenową typu OL 200 IR



Rys. B1.5. Charakterystyka widmowa promieniowania optycznego emitowanego przez wzorcową lampę halogenową typu OL 455

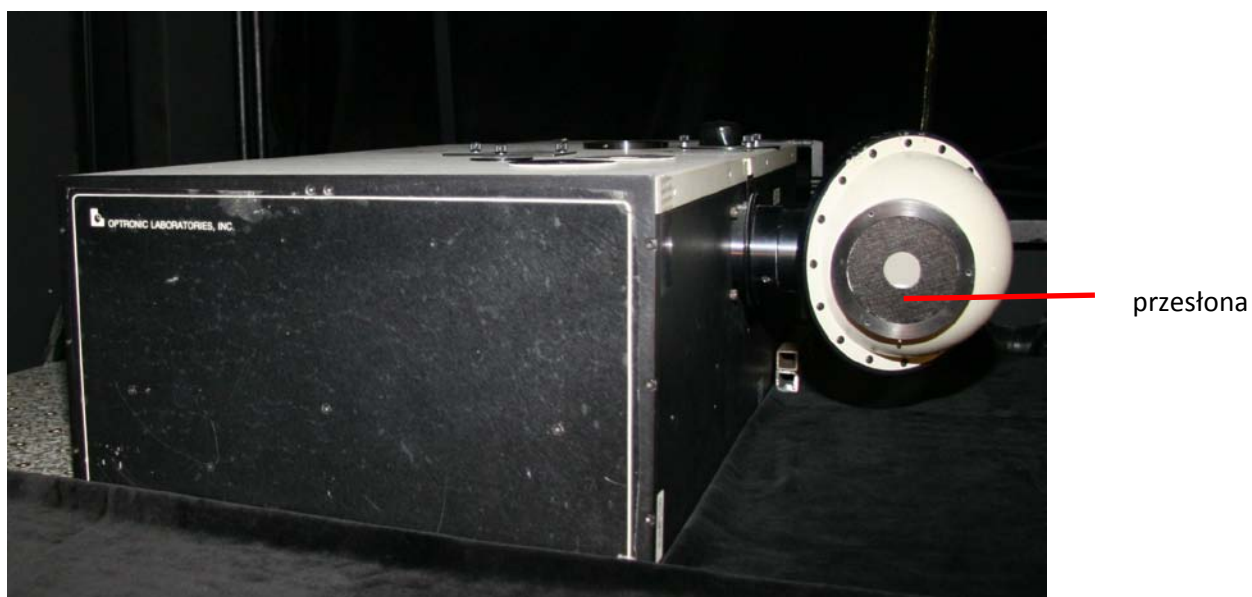
B1.2.4. Kalibracja systemu spektrometrycznego

Spektrometr wykalibrowano na stole optycznym w ciemni fotometrycznej przy użyciu lamp wzorcowych i odpowiedniego do mierzonego parametru układu wejściowego: kuli całkującej lub teleskopu, opisanych poniżej.

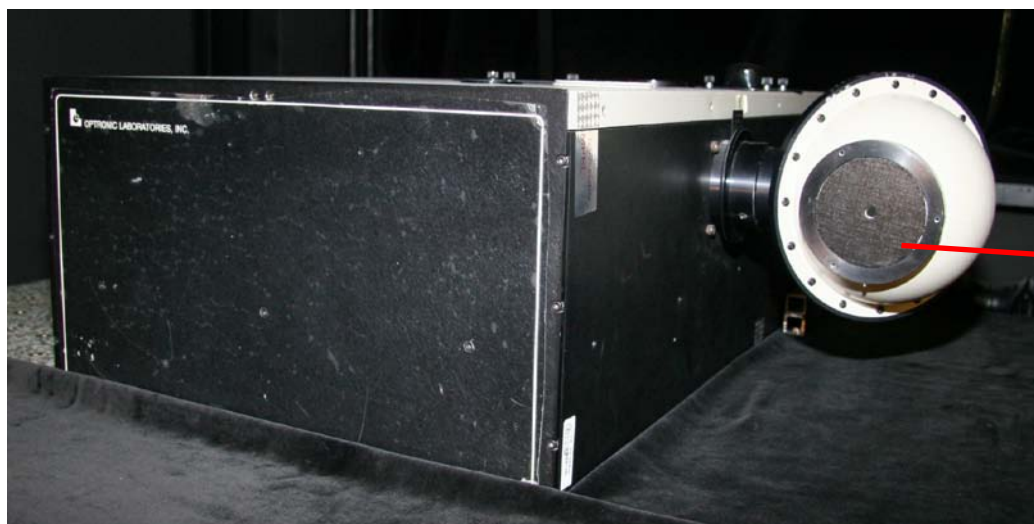
Kalibracje systemu wykonano zgodnie z metodą opisaną w instrukcji obsługi systemu spektrometrycznego Optronic Laboratories oraz poszczególnych źródeł wzorcowych [13, 17, 34] Źródła wzorcowe zasilane były poprzez przeznaczone do nich stabilizowane zasilacze. Pliki kalibracyjne utworzono na bazie plików wzorcowych dostarczonych przez firmę Optronic Laboratories razem ze źródłem wzorcowym.

Kalibracja pomiaru natężenia napromienienia

Uwzględniając zalecenia normy [30] system spektrometryczny do pomiaru natężenia napromienienia wykalibrowano przy dwóch aperturach wejściowych kuli całkującej o średnicach: 25 mm i 7 mm. Aby ograniczyć standardową aperturę wejściową do kuli wykonano specjalne przesłony otworu wejściowego kuli bezpośrednio na nią nakładane, co przedstawiają zdjęcia na rys. B1.6 i B1.7.

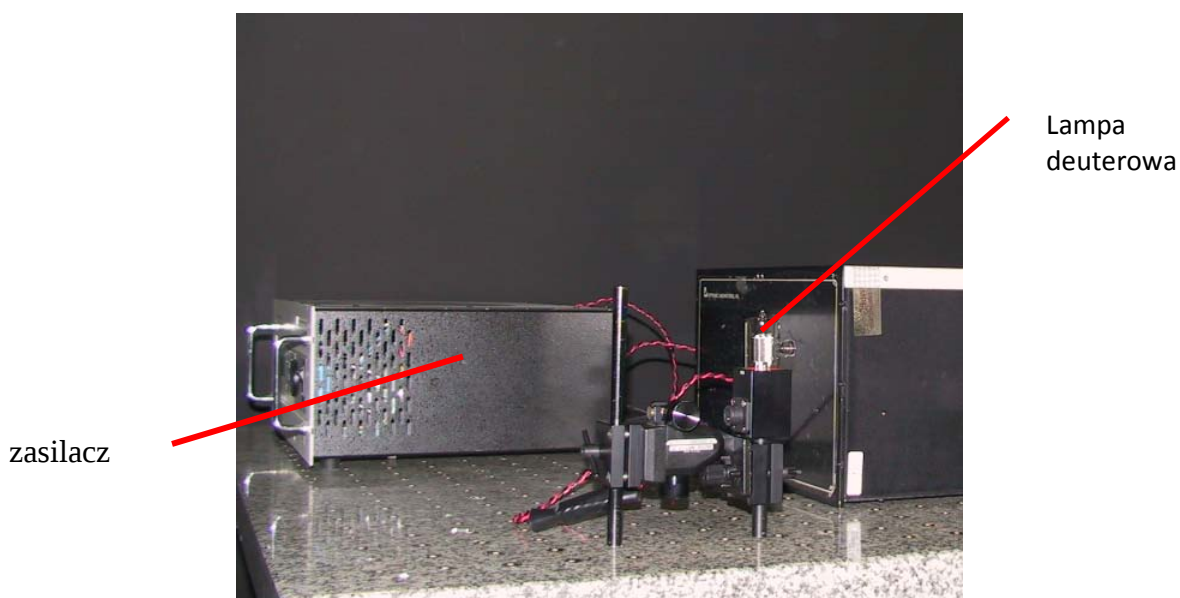


Rys. B1.6. Układ wejściowy kuli całkującej z przesłoną ograniczającą aperturę do 25 mm [fot. zbiory autorów]



Rys. B1.7. Układ wejściowy kuli całkującej z przesłoną ograniczającą aperturę do 7 mm [fot. zbiory autorów]

Do wzorcowania systemu spektrometrycznego do pomiaru natężenia napromienienia wykorzystano dwa źródła wzorcowe: lampę deuterową OL UV-40 z zasilaczem OL 45 D Deuterium Lamp Precision Current Source (rys. B1.8) i lampę halogenową OL 200 IR z programowanym zasilaczem OL 83A (rys. B1.9). Procedura kalibracji wykonywana był zgodnie z instrukcjami obsługi [13, 17, 34, 35].



Rys. B1.8. Widok wzorcowej lampy deuterowej OL UV-40 podłączonej do zasilacza OL 45 D [fot. zbiory autorów]



Rys. B1.9. Widok wzorcowej lampy halogenowej OL 200IR podłączonej do zasilacza OL 83A [fot. zbiory autorów]

Przedział próbkowania (w nm) przy pomiarach spektrometrycznych ustala się na podstawie dyspersji danej siatki monochromatora (w nm/mm) i szerokości jego szczeliny wejściowej (w mm). Fakt, że przy zmianie siatek podczas pomiaru zmienia się dyspersja, to uwzględnić podczas kalibracji i pomiarów. Dokonywanie kilkakrotnych zmian szczeliny wejściowej i wyjściowej w monochromatorze tak, aby uzyskać w całym zakresie widma 200 – 3 000 nm stały interwał pomiarowy jest czasochłonne i dość kłopotliwe.

Aby tego uniknąć przyjęto, że szerokości szczeliny wejściowej i wyjściowej monochromatora nie będą zmieniane, a zmieniany będzie jedynie interwał pomiarowy. W pomiarach zastosowano szerokość szczeliny wejściowej i wyjściowej wynoszącą 2,5 mm i uwzględniając dyspersje poszczególnych siatek monochromatora przyjęto przedstawione w tabeli B1.2 interwały pomiarowe w zakresach pomiarowych odpowiadających poszczególnym siatkom.

Tabela B1.2.

Interwały pomiarowe przyjęte dla kalibracji systemu spektrometrycznego (na podstawie [19])

Symbol siatki monochromatora	Zakres pomiarowy dla danej siatki, μm	Dyspersja, nm/mm	Interwał pomiarowy (przy szczelinie 2,5 mm), nm
LG03-2400	0,20 – 0,57	2	5
LG10-600	0,58 – 1,36	4	10
LG10-300	0,36 – 3,50	8	20

Pliki kalibracyjne wykonano odpowiednio dla dwóch apertur wejściowych kuli tj. 25 mm i 7 mm. Dla zakresu UV 200 - 400 nm pliki kalibracyjne wykonano z wykorzystaniem lampy deuterowej OL UV-40 a dla zakresu 380 – 3010 nm - z wykorzystaniem lampy halogenowej OL 200 IR.

Kalibracja pomiaru luminancji energetycznej

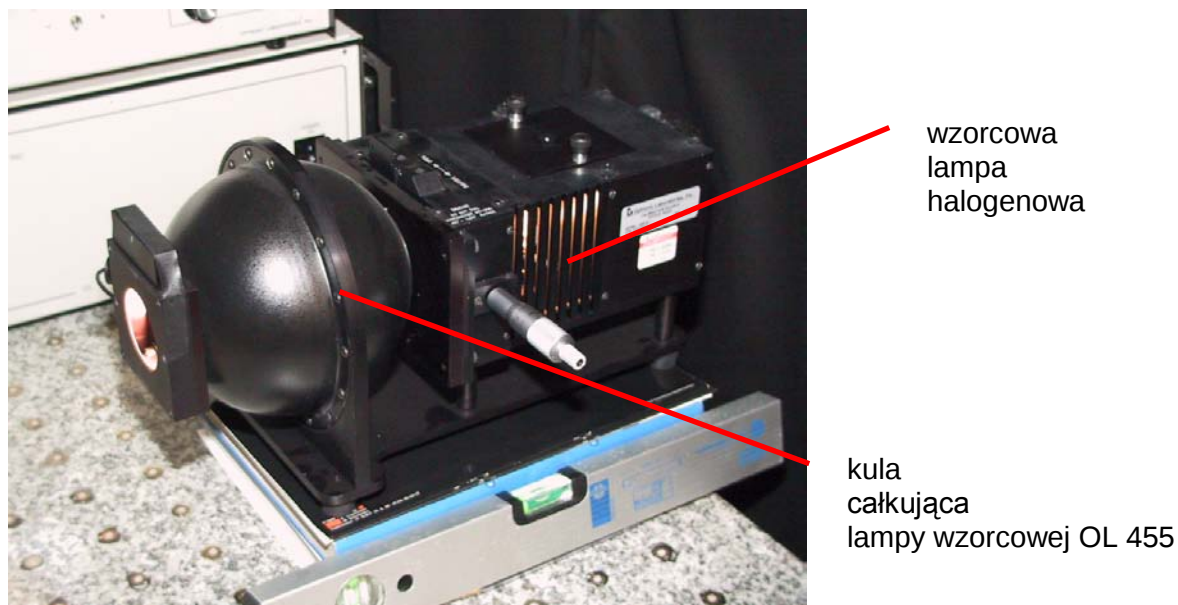
Uwzględniając zalecenia normy [30] system spektrometryczny do pomiaru luminancji energetycznej wykalibrowano przy kołowej aperturze wejściowej teleskopu o średnicy 7 mm.

Widok układu wejściowego – Reflex teleskopu OL 730-9 przedstawiono na rys. B1.10.

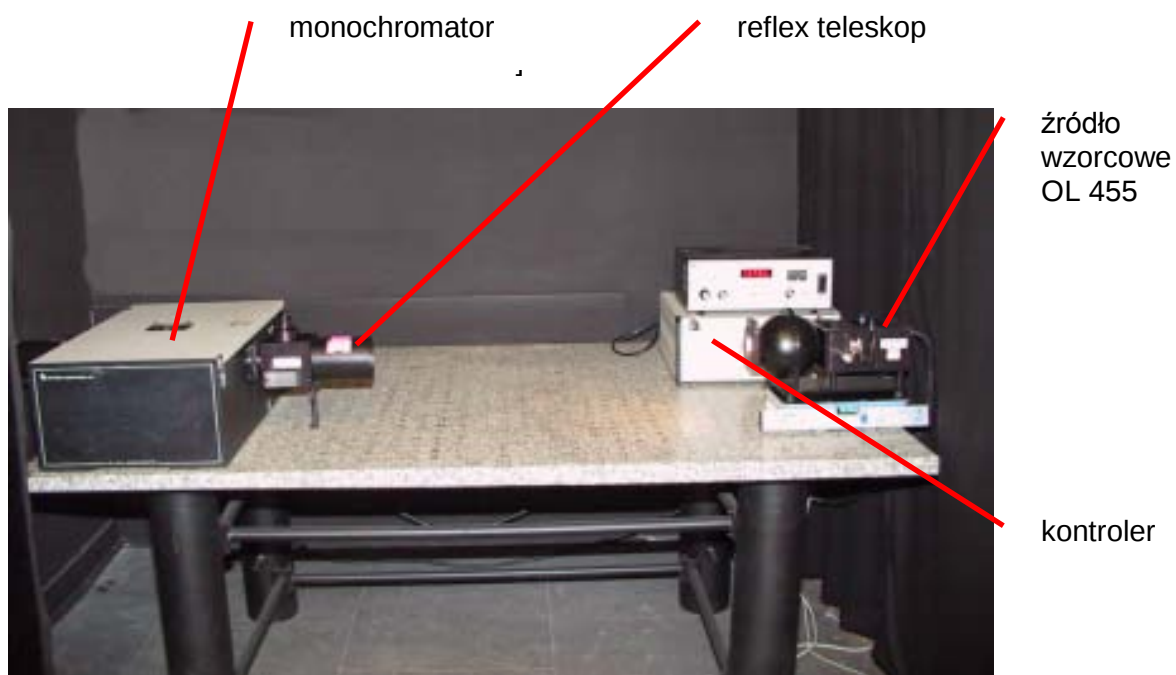


Rys. B1.10. Widok Reflex Teleskopu - układu wejściowego systemu spektrometrycznego do pomiaru luminancji energetycznej [fot. zbiory autorów]

Do wzorcowania systemu spektrometrycznego do pomiaru luminancji energetycznej wykorzystano źródło wzorcowe: OL 455 (lampa halogenowa z kulą całkującą) i zasilaczem OL 450 (rys. B1.11). Zakres widmowy źródła wzorcowego wynosi 350 – 1 100 nm [18]. Procedura kalibracji wykonywana był zgodnie z instrukcjami obsługi [18, 19, 20]. Na rys. B1.12 przedstawiono widok systemu spektrometrycznego przy wykonywaniu kalibracji. Pliki kalibracyjne wykonano dla apertury wejściowej 7 mm w zakresie 350-1 100 nm.



Rys. B1.11. Widok wzorcowej lampy halogenowej OL 455 podłączonej do zasilacza OL 450
[fot. zbiory autorów]



Rys. B1.12. Stanowisko do kalibracji systemu spektrometrycznego przeznaczonego do pomiaru luminancji energetycznej [fot. zbiory autorów]

B1.2.5. Metoda pomiaru

Rozkład widmowy natężenia napromienienia

Zgodnie z PN-EN [30] do pomiarów rozkładu natężenia napromienienia przyjęto odległość pomiaru przy której natężenie oświetlenia przy układzie wejściowym (otworze kuli) wynosi

500 lx, lecz odległość ta nie powinna być mniejsza niż 0,2 m. W przypadku, gdy przy odległości 0,2 m nie uzyskiwano jeszcze wymaganego poziomu natężenia oświetlenia pomiary wykonywano przy odległości 0,2 m (z zaznaczeniem jaki poziom natężenia oświetlenia był uzyskiwany). W przypadku źródeł światła o jednorodnym rozkładzie przestrzennym promieniowania zgodnie z PN EN [30] przyjmowano do pomiarów aperturę 25 mm, natomiast dla źródeł niejednorodnych (np. lampy z reflektorem o wąskim rozsyśle) przyjmowano do pomiarów aperturę 7 mm.

Pomiary wykonywano na uzyskanych podczas kalibracji plikach kalibracyjnych przyjmując takie same jak podczas kalibracji interwały pomiarowe.

Norma [30] zaleca aby obliczenia wartości parametrów służących do wyznaczania stopnia zagrożenia fotobiologicznego były wykonane po odpowiedniej interpolacji, a następnie przez sumowanie z odpowiednim interwałem. Uzyskane pliki z wartościami natężenia napromienienia dla mierzonych długości fal poddawano interpolacji liniowej tak, aby zgodnie z PN EN [30] otrzymać wartości pośrednie przy wymaganych interwałach dla poszczególnych przedziałów widmowych:

- co 1 nm dla zakresu poniżej 400 nm
- co 5 nm dla zakresu powyżej 400 nm

Ważenie uzyskanych wartości pomiarowych przez odpowiednie funkcje skuteczności biologicznej oraz sumowanie widmowego natężenia napromienienia wykonywano wówczas przy ww. interwałach.

Natężenie oświetlenia

Pomiary natężenia oświetlenia wykonano zgodnie z normą PN [27, 28] z wykorzystaniem luksomierzem L-100 firmy SONOPAN z sondą pomiarową o czułości względnej dopasowanej do czułości względnej oka ludzkiego V_{λ} . Pomiar wykonywano w płaszczyźnie pionowej w miejscu otworu wejściowego do kuli całkującej spektrometrii. Zmieniając odległość źródła badanego obserwowano zmiany wskazań luksomierza. Jeśli wskazanie na luksomierzu wynosiło 500 ± 5 lx przyjmowano daną odległość jako odległość pomiarową przy pomiarach rozkładu widmowego natężenia napromienienia.

Rozkład widmowy luminancji energetycznej

Zgodnie z PN-EN [30] do pomiarów rozkładu widmowego luminancji energetycznej przyjęto kołową aperturę wejściową teleskopu o średnicy 7 mm, czego bezpośrednią konsekwencją

było takie usytuowanie badanego źródła od układu wejściowego, aby ostry obraz jego powierzchni świecącej wypełniał siedem pierścieni w przysłonie aperturowej teleskopu widzianych na podglądzie w wizjerze teleskopu [20]. Jednocześnie, zgodnie z instrukcją obsługi Reflex Teleskopu [20] źródło badane nie mogło być usytuowane w odległości mniejszej niż 85 cm od układu wejściowego. Po usytuowaniu źródła względem układu wejściowego, zgodnie z wyżej opisaną zasadą, mierzono przymiarem zwijającym odległość źródła od teleskopu oraz średnicę powierzchni świecącej. Na podstawie tych dwóch pomiarów wyznaczano wielkość kątową źródła promieniowania w radianach.

Pomiary wykonywano na uzyskanych podczas kalibracji plikach kalibracyjnych przyjmując takie same jak podczas kalibracji interwały pomiarowe.

Norma [30] zaleca aby obliczenia wartości parametrów służących do wyznaczania stopnia zagrożenia fotobiologicznego były wykonane po odpowiedniej interpolacji a następnie przez sumowanie z odpowiednim interwałem. Uzyskane pliki z wartościami luminancji energetycznej dla mierzonych długości fal poddawano interpolacji liniowej tak, aby zgodnie z PN EN [30] otrzymać wartości pośrednie przy interwale co 5 nm.

Ważenie uzyskanych wartości pomiarowych przez odpowiednie funkcje skuteczności biologicznej oraz sumowanie widmowej luminancji energetycznej wykonywano wówczas przy ww. interwałach.

B1.3. Sposób wyznaczania parametrów użytkowych i zagrożenia fotobiologicznego

Po wykonaniu pomiarów rozkładów widmowych natężenia napromienienia i dokonaniu ich interpolacji dokonano odpowiednich obliczeń w celu uzyskania parametrów użytkowych oraz zagrożenia fotobiologicznego dla poszczególnych źródeł światła.

B1.3.1. Parametry użytkowe

Jedynymi parametrami użytkowymi, które można wyznaczyć z uzyskanych rozkładów widmowych promieniowania w zakresie widzialnym (380 – 780 nm) są temperatura barwowa i wskaźnik oddawania barw. Wyznaczane są one za pomocą programu komputerowego dołączonego do systemu spektrometrycznego OL Series 750. Metody, według których wyznaczane są te parametry przedstawione są poniżej.

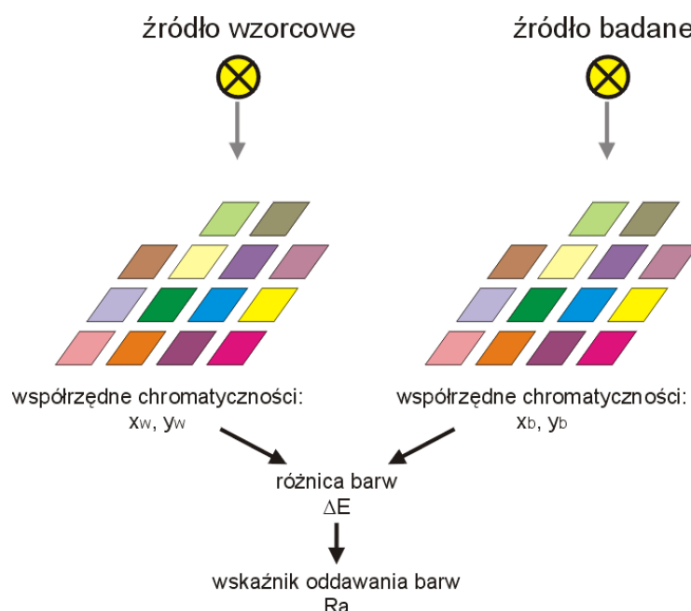
Wyznaczanie temperatury barwowej oparte jest na ścisłej zależności pomiędzy temperaturą ciała doskonale czarnego, a rozkładem widmowym jego promieniowania czyli jego chromatycznością (barwą). Jeżeli źródło światła ma chromatyczność identyczną z jedną

z tych, które są zawarte w gamie barw ciała doskonale czarnego, to barwa takiego promieniowania jest określona temperaturą odpowiadającą tej samej chromatyczności ciała czarnego, tzw. **temperaturą barwową**. W praktyce temperatura barwowa źródła światła o względnym rozkładzie widmowym znacznie odbiega od rozkładu widmowego ciała doskonale czarnego, gdyż punkt chromatyczności takiego promieniowania tylko przypadkowo może leżeć na krzywej ciała czarnego. W ogólnym przypadku wymieniony punkt leży poza krzywą, można zatem określić tylko przybliżoną zgodność barw poprzez znalezienie punktu, który odpowiada największej zgodności barwy ciała czarnego z barwą źródła. Określona jest wówczas tzw. **temperatura barwowa najbliższa**, która odpowiada punktowi krzywej ciała czarnego, który jest położony najbliżej (w sensie geometrycznym) punktu reprezentującego chromatyczność rozważanego promieniowania na wykresie równomiernej przestrzeni barw (u,v) CIE 1960. Pojęcie temperatury barwowej najbliższej, nazywanej w skrócie temperaturą barwową ma szerokie zastosowanie w technice źródeł światła, gdyż daje ono dostatecznie ściśle określenie barwy światła źródeł lub różnic między barwami światła dwóch różnych źródeł [4].

Wskaźnik oddawania barw określa stopień zniekształcenia kolorymetrycznego, czyli zmiany chromatyczności przedmiotów oglądanych przy świetle dziennym i w zwykłych warunkach obserwacji, tzn. oświetlonych sztucznym źródłem światła. W tym celu określa się własność oddawania barw danego źródła światła poprzez porównanie chromatyczności oświetlanego przez dane źródło zespołu wybranych próbek o znanym widmowym współczynniku odbicia z chromatycznością tych próbek oświetlonych iluminantem odniesieniowym. Jako źródło odniesienia przyjmuje się iluminant o innym rozkładzie widmowym lecz o tej samej chromatyczności co źródło badane, przy tym źródło o temperaturze barwowej najbliższej poniżej 5000 K porównuje się z promieniowaniem ciała doskonale czarnego, zaś źródło o temperaturze barwowej najbliższej powyżej 5000 K z rozkładem widmowym promieniowania naturalnego (Iluminant D_{65}). Do wyznaczania wskaźników oddawania barw wybrano z atlasu Munsella 14 próbek wzorcowych i oznaczono je kolejnymi liczbami (od 1 do 14). Osiem pierwszych ma średnie nasycenie i w przybliżeniu jednakową jasność. Służą one do obliczania ogólnego wskaźnika oddawania barw. Dalszych 6 płytek, z których cztery mają intensywną barwę czerwoną, żółtą, zieloną i niebieską, jedna barwę skóry, a jedna zielonych liści są różnej jasności i nasycenia. Służą one do obliczenia szczególnego (dodatkowego) wskaźnika oddawania barw. Własność oddawania barw źródeł określa się w tej metodzie (tzw. wskaźników oddawania barw) przesunięciem punktu chromatyczności zespołu próbek przy ich oświetleniu źródłem badanym zamiast źródła odniesienia oraz wartościami ogólnego i szczególnego wskaźnika oddawania barw. Metoda ta ma zastosowanie do badania właściwości oddawania barw wszystkich źródeł światła

achromatycznego, a więc żarowych i fluorescencyjnych, jak i tych źródeł wyładowczych, które nie mają dominującego promieniowania monochromatycznego, jak np. niskoprężne lampy sodowe.

Na rys. B1.13 przedstawiono w sposób poglądowy schemat wyznaczania wskaźnika oddawania barw, a w dalszej części tekstu opisano jego algorytm.



Rys. B1.13. Poglądowy schemat wyznaczania wskaźnika oddawania barw

Algorytm obliczania wskaźnika oddawania barw

1. Wyznaczenie rozkładu widmowego promieniowania badanego źródła światła.
2. Wybór iluminantu odniesienia i obliczenie jego rozkładu widmowego.
3. Obliczenie - na podstawie rozkładów widmowych obu źródeł (badanego źródła i iluminantu odbitego od próbek) oraz współczynników odbicia próbek - współrzędnych trójkromatycznych promieniowania w równomiernej przestrzeni barw (uv).
4. Porównanie oddawania barw czternastu próbek oświetlonych za pomocą rozpatrywanego źródła z oddawaniem tych samych barw oświetlonych iluminantem porównawczym. Jeżeli chromatyczność i -tej próbki barwnej oświetlanej jednym i drugim źródłem nie różni się, to indywidualny wskaźnik oddawania tej barwy R_i wynosi 100. Jeśli występuje różnica, to program wyraża ją liczbą n progów odczuwalności różnicy barwy w równomiernej przestrzeni barw (uv) i przypisuje tej próbce indywidualny wskaźnik oddawania barwy $R_i = 100 - n \cdot 5$. Jeżeli na przykład $R_2 = 65$, oznacza to, iż w przypadku drugiej próbki (o barwie ciemnej szarawożółtej) jej chromatyczność przy oświetleniu jednym i drugim źródłem tak

się różni, że można dostrzec między jedną a drugą barwą siedem progów odczuwalności różnicy barwy ($R_i = 100 - 7 \cdot 5 = 65$).

5. Powtórzenie osiem razy procedury przedstawionej w punkcie 4 kolejno dla ośmiu pierwszych próbek podstawowych wybranych z atlasu Munsella reprezentujących barwy dominujące w polu widzenia (jasna szarawoczerwona, ciemna szarawożółta, silna żółtozielona, średnia żółtawozielona, jasna niebieskawozielona, jasna niebieska, jasna fioletowa, jasna czerwono purpurowa), a następnie obliczenie średniej arytmetycznej z otrzymanych ośmiu indywidualnych wskaźników oddawania barw. Tak obliczona średnia przedstawia ogólny wskaźnik oddawania barw R_a :

$$R_a = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 R_i \quad (\text{B1.1})$$

Gdzie :

R_i – indywidualny wskaźnik oddawania barw dla każdej z ośmiu badanych próbek barwnych

Podsumowując, ogólny wskaźnik oddawania barw podawany przez producentów źródeł światła jest średnią arytmetyczną ośmiu wskaźników indywidualnych. Jeżeli ta średnia wynosi np. 80 czy 90 to znaczy, że wszystkie próbki wyglądają bardzo podobnie w rozpatrywanym oświetleniu i oświetleniu za pomocą wzorcowego iluminantu. Jeżeli ta średnia jest mała, np. 60, to nie wiadomo, czy w przypadku większości próbek występuje około ośmiu progów odczuwalności różnicy barwy, czy też niektóre barwy są oddawane bardzo dobrze, a inne bardzo źle i nie wiadomo dokładnie które. Ogólny wskaźnik oddawania barw R_a nie jest wystarczającą informacją do określenia jakości emitowanego światła, dopóki nie zna się temperatury barwowej najbliższej rozpatrywanego źródła światła, tzn. dopóki nie wie się, z jakim iluminantem porównywano oddawanie barw. W związku z tym świetlówki o dziennej barwie światła i świetlówki o ciepłej barwie światła, które mają wskaźniki oddawania barw bliskie 100 będą bardzo różnie oddawać barwy oświetlanych przedmiotów, gdyż mają inne iluminanty porównawcze. W przypadku różnych źródeł światła o niskich temperaturach barwowych najbardziej celowe jest porównanie wskaźnika R_a w przypadku gdy ich wartość temperatury barwowej różni się nie więcej niż o 300 K.

B1.3.2. Parametry do określania zagrożenia fotobiologicznego

Pomiary rozkładu widmowego natężenia napromienienia badanych źródeł światła stosuje się do obliczania parametrów służących do określania:

- zagrożenia aktywności promieniowaniem UV (E_s)
- zagrożenia bliskim UV (E_{UVA})
- zagrożenia termicznego rogówki i soczewki oka promieniowaniem IR (E_{IR})
- zagrożenia termicznego skóry (E_H)

Wartość aktywności natężenia napromienienia - E_s wyznacza się zgodnie z następującym wzorem

$$E_s = \sum_{200nm}^{400nm} E_\lambda \cdot S_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad (B1.2)$$

gdzie:

E_λ – natężenie napromienienia dla długości fali λ

S_λ - względna skuteczność widmowa zagrożenia aktywności promieniowaniem UV dla oka i skóry

$\Delta\lambda$ – interwał obliczeniowy = 2 nm (przy interwale pliku pomiarowego uzyskanym z interpolacji co 1 nm).

Wartość natężenia napromienienia UVA - E_{UVA} wyznacza się zgodnie z następującym wzorem

$$E_{UVA} = \sum_{315nm}^{400nm} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad (B1.3)$$

gdzie:

E_λ – natężenie napromienienia dla długości fali λ

$\Delta\lambda$ – interwał obliczeniowy = 2 nm (przy interwale pliku pomiarowego uzyskanym z interpolacji co 1 nm).

Wartość natężenia napromienienia dla zagrożenia termicznego rogówki i soczewki oka promieniowaniem IR - E_{IR} wyznacza się zgodnie z następującym wzorem

$$E_{IR} = \sum_{780nm}^{3000nm} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad (B1.4)$$

gdzie:

E_λ – natężenie napromienienia dla długości fali λ

$\Delta\lambda$ – interwał obliczeniowy = 2 nm (przy interwale pliku pomiarowego uzyskanym z interpolacji co 1 nm).

Wartość natężenia napromienienia dla zagrożenia termicznego skóry – E_H wyznacza się zgodnie z następującym wzorem

$$E_H = \sum_{380nm}^{3000nm} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad (B1.5)$$

gdzie:

E_λ – natężenie napromienienia dla długości fali λ

$\Delta\lambda$ – interwał obliczeniowy = 10 nm (przy interwale pliku pomiarowego uzyskanym z interpolacji co 5 nm).

Pomiary rozkładu widmowego luminancji energetycznej badanych źródeł światła stosuje się do obliczania parametrów służących do określania:

- zagrożenia siatkówki oka światłem niebieskim (L_B)
- zagrożenia termicznego siatkówki oka (L_R).

Wartość luminancji energetycznej dla zagrożenia siatkówki światłem niebieskim wyznacza się zgodnie z następującym wzorem

$$L_B = \sum_{350nm}^{700nm} L_\lambda \cdot B_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad (B1.6)$$

gdzie:

L_λ – luminancja energetyczna dla długości fali λ

B_λ - względna skuteczność widmowa wywoływania uszkodzenia fotochemicznego siatkówki oka

$\Delta\lambda$ – interwał obliczeniowy = 2 nm (przy interwale pliku pomiarowego uzyskanym z interpolacji co 1 nm)

Wartość luminancji energetycznej dla zagrożenia termicznego siatkówki wyznacza się zgodnie z następującym wzorem

$$L_B = \sum_{380}^{1100} L_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \Delta\lambda \quad (B1.7)$$

gdzie:

L_λ – luminancja energetyczna dla długości fali λ

λ - względna skuteczność widmowa wywoływania uszkodzenia termicznego siatkówki oka

$\Delta\lambda$ – interwał obliczeniowy = 2 nm (przy interwale pliku pomiarowego uzyskanym z interpolacji co 1 nm)

B1.4. Metodyka badań pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez źródła światła

Zgodnie z zakresem realizacji zadania przeprowadzono badania pól elektromagnetycznych w otoczeniu wytypowanych źródeł światła w celu identyfikacji i oceny zagrożeń elektromagnetycznych.

Pomiary odnoszące się do charakterystyki częstotliwościowej pól oraz ich poziomu i rozkładu w otoczeniu poszczególnych urządzeń zostały wykonane w oparciu o wymagania Polskiej Normie: PN-T-06580: 2002 „Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0 Hz do 300 GHz: Arkusz 01. Terminologia; Arkusz 03. Metody pomiaru i oceny pola na stanowisku pracy” [32, 33].

Zrealizowane badania obejmowały:

- identyfikację oscyloskopową parametrów pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez źródło światła (przebieg zmienności w czasie)
- analizę widmową pola elektromagnetycznego występującego w otoczeniu źródeł światła z wykorzystaniem techniki analizy przebiegów metodą Szybkiej Transformaty Fouriera (ang. Fast Fourier Transform - FFT)
- pomiary szerokopasmowe wartości chwilowej natężenia pola elektrycznego i indukcji magnetycznej) w otoczeniu źródeł światła w celu oceny rozkładu przestrzennego pola elektromagnetycznego o częstotliwościach z poszczególnych pasm w otoczeniu źródeł.

Pomiary dotyczyły pola elektromagnetycznego pierwotnego, niezakłóconego obecnością człowieka.

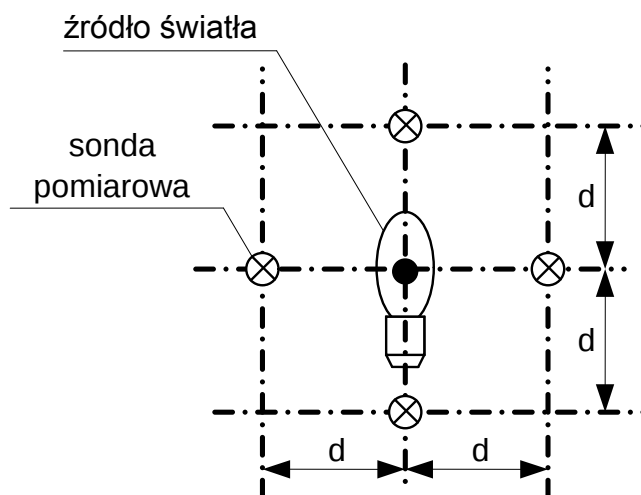
Pomiary wykonywano miernikami z sondami izotropowymi (dookólnymi). Wynikiem pomiaru był moduł wektora natężenia pola magnetycznego i elektrycznego w miejscu ustawienia sondy pomiarowej.

Pomiary punktowe w celu wyznaczenia rozkładu pola elektrycznego i magnetycznego w otoczeniu źródeł światła wykonywane były dookoła źródła światła, przy różnych odległościach sondy pomiarowej od źródła światła:

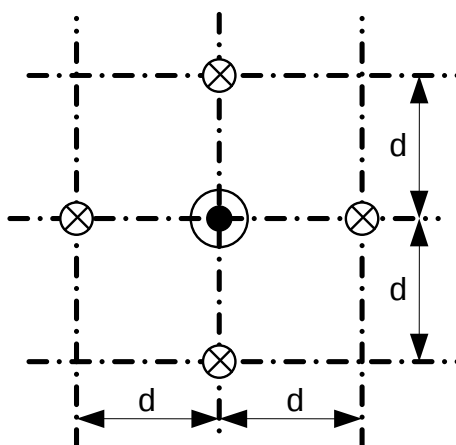
- na obudowie źródła światła

- oraz dla ustawienia środka srodek sondy pomiarowej w odległości 15 cm i 50 cm od środka źródła światła - z góry, z dołu i z boku źródła światła (rys. B1.14).

a)



b)



Rys. B1.14. Rozmieszczenie punktów pomiarowych wokół badanych źródeł światła: a) widok z boku; b) widok z góry – odległość $d = 15$ lub 50 cm

Badania pól zostały wykonane z wykorzystaniem następujących przyrządów pomiarowych (rys. B1.15):

do pomiarów pól magnetycznych zmiennych:

- szerokopasmowego miernika wartości skutecznej indukcji magnetycznej EFA-3 Field Analyzer prod. Wandel & Goltermann z sonda izotropową o zakresie pomiarowym od 10 nT do 10 mT, w regulowanym paśmie częstotliwości od 5 Hz do 30 (32) kHz

- szerokopasmowego miernika wartości skutecznej indukcji magnetycznej typu ELT-400 prod. Narda, z sondą izotropową o zakresie pomiarowym od 10 nT do 80 mT, w paśmie częstotliwości 1 Hz – 400 kHz oraz analogowym wyjściem sygnału np. do oscyloskopu
- szerokopasmowego miernika wartości skutecznej natężenia pola magnetycznego EMR 300 prod. Wandel & Goltermann (Narda), z sondą izotropową H-field probe type 13 o zakresie pomiarowym od 0,3 A/m do 250 A/m, w paśmie częstotliwości od 3 kHz do 3 MHz

do pomiarów pól elektrycznych zmiennych:

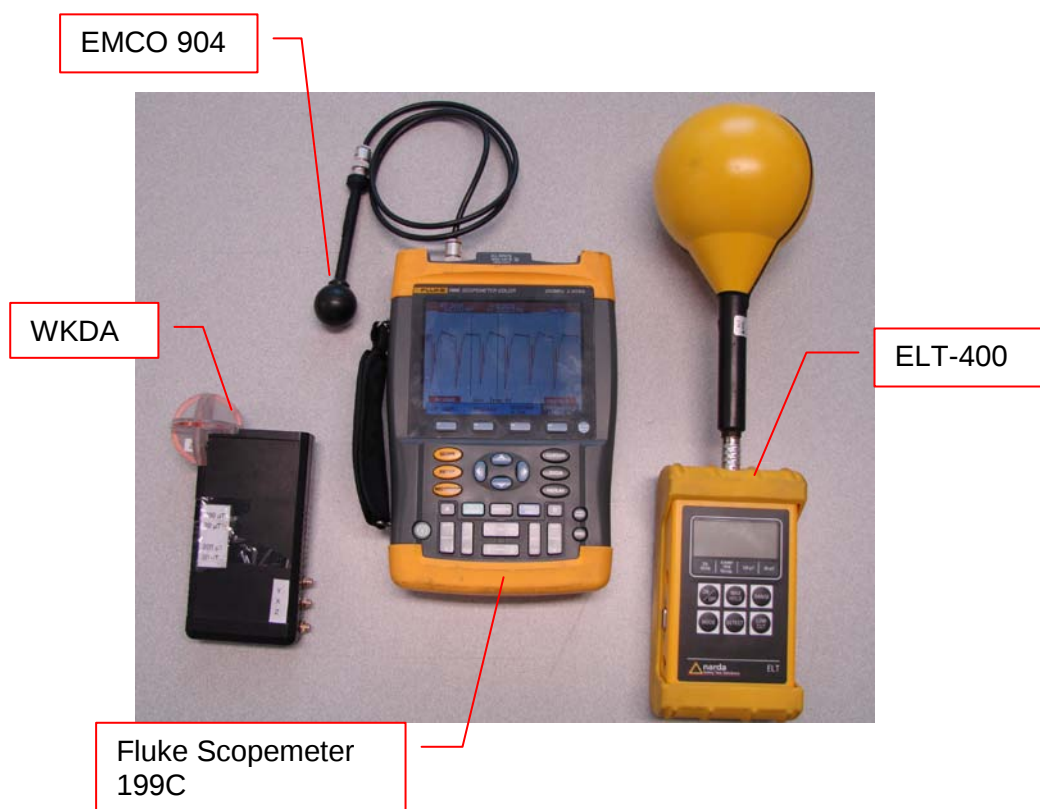
- szerokopasmowego miernika wartości skutecznej natężenia pola elektrycznego EFA-33 Field Analyzer prod. prod. Wandel & Goltermann z sondą izotropową o zakresie pomiarowym od 0,5 V/m do 100 kV/m, w regulowanym paśmie częstotliwości od 5 Hz do 30 kHz
- szerokopasmowego miernika wartości skutecznej natężenia elektrycznego EMR 300 prod. Wandel & Goltermann (Narda), z sondą izotropową E-field probe type 8 o zakresie pomiarowym od 1 V/m do 800 V/m, w paśmie częstotliwości od 100 kHz do 3 GHz – z wyznaczoną charakterystyką częstotliwościową i zmniejszoną czułością poza zakresem podstawowym miernika (poniżej 100 kHz), uwzględniona przy prezentacji wyników badań w tabelach z wynikami pomiarów pola elektrycznego o częstotliwościach kilohercowych.

Dla stosowanych szerokopasmowych mierników pola elektromagnetycznego wyznaczono czułość poza deklarowanym przez producenta pasmem przenoszenia, tak aby możliwe było użycie miernika EMR-300 do pomiarów pola elektrycznego o częstotliwości mniejszych od 100 kHz.

Do pomiarów oraz do identyfikacji, w dziedzinie czasu lub częstotliwości, charakterystyki pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez badane źródła światła wykorzystywano oscyloskopy cyfrowe z kalibrowanymi antenami obserwacyjnymi (typu EMCO 904 odnośnie pola elektrycznego z pasma częstotliwości powyżej 10 kHz oraz użytymi jako anteny: miernikiem typu WKDA odnośnie pola magnetycznego z pasma 5 Hz – 2 kHz i miernikiem ELT-400 odnośnie pola magnetycznego z pasma 1 Hz – 400 kHz) i oprogramowaniem do analizy widmowej metodą FFT (m.in. oscyloskop Fluke Scopemeter 199C – rys. B1.16).



Rys. B.1.15. Aparatura do pomiarów zmiennych pól elektromagnetycznych - mierniki typu EFA-3, ELT-400, EMR-300 [fot. zbiory autorów]



Rys. B.1.16. Zestaw pomiarowy do identyfikacji oscyloskopowej parametrów pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez źródła światła - przenośny oscyloskop cyfrowy Fluke Scopemeter 199C, antena EMCO 904 oraz miernik ELT-400 i miernik WKDA, pełniące rolę anteny pomiarowej [fot. zbiory autorów]

Poprawność wskazań użytych w badaniach mierników była sprawdzana w akredytowanym laboratorium Pracowni Zagrożeń Elektromagnetycznych, wchodzącym w skład Zespołu laboratoriów Wzorcujących CIOP-PIB z użyciem aparatury wytwarzającej wzorcowe pola elektromagnetyczne (certyfikat akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji nr AP 061).

Aby wykluczyć wpływ pól pochodzących od innych źródeł niż badane źródła światła na wynik pomiaru, badania wykonywano w laboratorium Pracowni Zagrożeń Elektromagnetycznych CIOP-PIB w kabinie ekranowanej (rys. B.1.17),



Rys. B.1.17. Kabina ekranowana w laboratorium CIOP-PIB [fot. zbiory autorów]

B.1.5. Procedura doboru źródeł do badań

Źródła światła wybrano do badań wg następujących założeń:

- określono grupy źródeł, które mogą być zamiennikami żarówek, tj. świetlówki kompaktowe, żarówki halogenowe oraz źródła ledowe,
- określono grupy konstrukcyjne:
 - świetlówek: z nieosłoniętymi rurkami, z dodatkową bańką osłaniającą rurki oraz typu reflektorowego,
 - źródeł ledowych: o kącie emisji strumienia świetlnego $\geq 120^\circ$ i typu reflektorowego,
 - żarówek halogenowych: starej i nowej generacji - zamontowanych w typowych bańkach żarówek głównego szeregu oraz z zamontowanym transformatorem elektronicznym,
- przyjęto, że z jednego typoszeregu źródeł będzie wytypowane do badań źródło o największej mocy, kierując się zasadą, że jeżeli w tym przypadku nie wystąpią żadne zagrożenia, to tym bardziej nie wystąpią one przy mniejszych mocach,
- przyjęto, że w przypadku źródeł, które są dostępne w wersjach o różnych wartościach temperatur barwowych zostanie wybrana o barwie ciepłej i zimnej, ewentualnie tylko zimnej, ze względu na większą możliwość wystąpienia ewentualnego zagrożenia wzroku światłem niebieskim,
- źródła światła pochodzą od różnych producentów – tzw. markowych (np. PHILIPS, OSRAM) oraz tzw. „niemarkowych „(dalekowschodnich),
- łatwa dostępność na rynku,
- niska lub umiarkowana cena,
- zróżnicowane parametry użytkowe poszczególnych źródeł takie jak: strumień świetlny, moc, moc tradycyjnej żarówki odpowiadająca temu samemu strumieniowi świetlnemu, trwałość oraz temperatura barwowa i wskaźnik oddawania barw,
- źródła z gwintem E 27, czyli takim jaki posiadają żarówki głównego szeregu oraz z gwintem E 14,
- wszystkie źródła przewidziane do zasilania napięciem sieciowym.

Ostatecznie przyjęto następującą procedurę doboru źródeł do badań :

- przegląd katalogów źródeł światła (internetowych oraz w wersji drukowanej) takich producentów jak: PHILIPS, OSRAM, General Electric (GE), ELGO, SYLVANIA, KANLUX, ACTIVE JET, SPECTRUM (WOJNAROWSCY),

- sporządzenie wstępnej listy planowanych do zakupu źródeł światła, według przyjętych założeń ,
- rekonesans miejsc, które są najbardziej powszechne do zakupu źródeł światła i posiadających największy ich wybór – supermarketów budowlanych: PRACTIKER, CASTORAMA, OBI, LEROY MERLIN oraz TESCO, a także w sieci hurtowni elektrotechnicznych i oświetleniowych GRODNO S. A.,
- zweryfikowanie listy źródeł światła przewidzianych do badań na podstawie dokonanego rozpoznania źródeł dostępnych aktualnie na rynku
- zakup ostatecznie wybranych źródeł światła do badań (przedstawione w tabeli B1.3).

Na podstawie dokonanego rekonesansu punktów przewidzianych do zakupu źródeł światła stwierdzono, że poza typowymi i popularnymi produktami firm OSRAM i PHILIPS w każdym z ww. miejsc sprzedaży są dostępne inne typy źródeł pochodzące od różnych producentów. Na przykład źródła GE dostępne były tylko w TESCO, a źródła ACRICHE firmy ELGO - w dwóch marketach z tym, że w jednym tylko w wersji trzonka GU 10, a w drugim tylko z gwintem E 14. Również w każdym z supermarketów były dostępne źródła światła producentów tzw. „niemarkowych”, łącznie z marką własną PRACTIKERA – BUDGET. Najliczniejszą grupę wśród zamienników żarówek stanowią świetlówki kompaktowe, dlatego z zakupionych źródeł praktycznie połowę liczby przewidzianych do badania źródeł (21 szt.) stanowią świetlówki. Wśród nich znajdowało się dziesięć świetlówek z nieosłoniętymi rurkami, sześć sztuk, w których rurki są osłonięte dodatkową bańką oraz pięć typu reflektorowego. Drugą co do liczebności próbkę źródeł wybrano z grupy źródeł ledowych (13 szt.), gdyż są to najnowocześniejsze źródła, których rozwój jest najszybszy i jednocześnie najwięcej jest wątpliwości przy ich stosowaniu. W grupie tej dziewięć źródeł było typu reflektorowego, a cztery miały kąt emisji strumienia świetlnego 120°. Ostatnią grupę reprezentowało siedem halogenów, w tym cztery tzw. nowej generacji. Źródła nowej generacji to kapsułki halogenowe zamontowane w typowych bańkach żarówek głównego szeregu z tym, że jedno z tych źródeł było z zamontowanym transformatorem elektronicznym. Pozostałe trzy halogeny były typu reflektorowego.

W sumie do badań zakupiono 35 sztuk źródeł z gwintem E 27, czyli takim jaki posiadają żarówki głównego szeregu, pięć źródeł jest z gwintem E 14 i jedno ledowe źródło z trzonkiem GU 10 - gdyż nie udało się znaleźć jego odpowiednika z gwintem E 14 lub E 27.

W tabeli B.1.3. zestawiono zakupione do badań źródła światła z informacją o konstrukcji układu świetlnego.

Tabela B1.3.

Zestawienie zakupionych do badań źródła światła

Lp	Symbol źródła	Typ źródła	Producent
ŚWIETLÓWKI KOMPAKTOWE			
1.	1S	DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825 (reflektorowa)	OSRAM
2.	2S	SPOT 63 ES 11W (reflektorowa)	GE
3.	3S	LS-M 18W 2700 K (nieosłonięte rurki)	APOLLO ¹⁾
4.	4S	PAR38 Downlighter ES 23W/827 (reflektorowa z szybką)	PHILIPS
5.	14S	Dulux Value Classic A 15W/827 (bańka mleczna)	OSRAM
6.	15S	Mini Eco ES 20W (nieosłonięte rurki)	GE
7.	23S	DULUXSTAR Mini Ball 20W/2500 K (bańka matowa)	OSRAM
8.	24S	ECO AMBIANCE 14W (bańka mleczna)	PHILIPS
9.	27S	PLATINUM 24W/827 (nieosłonięte rurki spiralne)	POLUX ¹⁾
10.	30S	Energy Saving 15W/2700 K (bańka mleczna)	GE
11.	31S	DULUXSTAR Mini Ball 15W/2700 K (bańka matowa)	OSRAM
12.	32S	Downlighter R 80 20W/827 (reflektorowa)	PHILIPS
13.	33S	„Żarówka energooszczędna” 7W/2700 K (reflektorowa z bańką przezroczystą)	Budget ¹⁾
14.	34S	MASTER PL-Electronic 20W/827 (nieosłonięte rurki)	PHILIPS
15.	35S	„Żarówka energooszczędna” 15W, WW opalizowana (bańka opalizowana)	Budget ¹⁾
16.	36S	„Żarówka energooszczędna” 15W, WW (nieosłonięte rurki)	Budget ¹⁾
17.	37S	TORNADO CDL 23W/865 (nieosłonięte rurki spiralne)	PHILIPS
18.	38S	TORNADO HIGH LUMEN 45W/827 (nieosłonięte rurki spiralne)	PHILIPS
19.	39S	TORNADO 23W/827 (nieosłonięte rurki spiralne)	PHILIPS
20.	40S	MASTER PL-Electronic 33W/827 (nieosłonięte rurki)	PHILIPS
21.	41S	MASTER PL-Electronic 33W/865 (nieosłonięte rurki)	PHILIPS

Lp	Symbol źródła	Typ źródła	Producent
ŹRÓDŁA LEDOWE			
22.	5L	PARATHOM GLOBE G95 3W, WW (bańka kulista przezroczysta)	OSRAM
23.	6L	Active Jet AJE-W 4827WHP 2,8W/3500 K (reflektorowa)	ACTIVE JET ¹⁾
24.	7L	AccentLED 4W, WW, 10D (reflektorowa)	PHILIPS
25.	8L	Master LED NR 63 MV 7 W, WW, 40D (4200 K) (reflektorowa)	PHILIPS
26.	9L	POWER LED 3W, CW (reflektorowa)	KANLUX ¹⁾
27.	10L	PARATHOM PAR 16, 5W, WW, 20D (reflektorowa)	OSRAM
28.	11L	PARATHOM PAR 16, 2W, CW, 30D (reflektorowa)	OSRAM
29.	12L	ACRICHE R50, 4,5W, CW (reflektorowa)	ELGO
30.	13L	ACRICHE R50, 4,5W WW (reflektorowa)	ELGO
31.	16L	LED Novallure 2W (kulka przezroczysta)	PHILIPS
32.	19L	PARATHOM R50, 6W, WW, 15D (reflektorowa)	OSRAM
33.	26L	Econic 5W (kulka opalizowana)	PHILIPS
34.	29L	PARATHOM CLASSIC A 40 8W/3000K (kulka opalizowana)	OSRAM
ŻARÓWKI HALOGENOWE			
35.	17H	HALOPAR 20 ALU 50W, 30D (reflektorowa)	OSRAM
36.	18H	HALOGEN SPOT R63 ES 42W, 30D (reflektorowa)	OSRAM
37.	20H	Eco Classic 30 Dimmable 140W (bańka przezroczysta)	PHILIPS
38.	21H	Eco Classic Dimmable 70W (bańka przezroczysta)	PHILIPS
39.	22H	Eco Classic 30 Dimmable 105W (bańka przezroczysta)	PHILIPS
40.	25H	HALOGEN SPOT R50 ES 28W, 30D (reflektorowa)	OSRAM
41.	42H	Eco Classic Dimmable 20W ES (bańka przezroczysta)	PHILIPS

¹⁾ tzw. producenci „niemarkowi”

B.1.6. Charakterystyka oraz wymagania dotyczące parametrów użytkowych badanych źródeł światła

Do parametrów użytkowych źródeł światła stanowiących zamienniki żarówek zalicza się: moc źródła i moc tradycyjnej żarówki odpowiadającą temu samemu strumieniowi świetlnemu danego zamiennika żarówki, strumień świetlny, trwałość oraz temperaturę barwową i wskaźnik oddawania barw. Dane te producenci podają na opakowaniu źródła. Natomiast danych dotyczących zagrożenia fotobiologicznego związanego z emisją promieniowania optycznego (jak np. nazwę grupy ryzyka zagrożenia fotobiologicznego) producenci nie podają, ani na swoich wyrobach, ani w katalogach. W dalszej części rozdziału, w tabeli B.1.5 podano podstawowe parametry użytkowe badanych źródeł, zaczerpnięte z opisu na ich opakowaniach (oprócz obliczonej przez autorów skuteczności świetlnej). W przypadku źródeł reflektorowych nie podaje się wartości strumienia świetlnego tylko wartość światłości. Jednak w przeważającej większości tego typu źródeł producent nie podaje wartości tego parametru na opakowaniu i należy go szukać w odpowiednim katalogu.

Opisy i wymagania dla podstawowych parametrów użytkowych źródeł światła przedstawiono poniżej.

- **Moc źródła [W]**, jest to moc jaką pobiera rozpatrywane źródło światła z sieci zasilającej. W przypadku żarówek oraz halogenów jest to ta sama wartość, którą można zmierzyć na zaciskach oprawki. Natomiast w przypadku świetlówek kompaktowych oraz źródeł ledowych na moc całkowitą składa się moc źródła oraz moc tracona w układzie zapłonowym. W tym przypadku producenci podają już moc sumaryczną danego źródła.
- **Moc odpowiadająca mocy tradycyjnej żarówki [W]**. Jest to wartość szacunkowa, która świadczy o stopniu energooszczędności danego źródła. W przypadku świetlówek z nieosłoniętymi rurkami można przyjąć, że są one pięć razy bardziej energooszczędne niż żarówki. Gdy szklane rurki świetlówek będą osłonięte dodatkową opalizowaną bańką wówczas wartość ta będzie nieco mniejsza. W tabeli B.1.4 podano moce dostępnych handlowo świetlówek z nieosłoniętymi rurkami i odpowiadające im moce żarówek.

W przypadku stosowania żarówek halogenowych zamiast tradycyjnych żarówek można zaoszczędzić około 30% energii. Natomiast stosując żarówki halogenowe nowej generacji można zaoszczędzić nawet 60% energii. W przypadku źródeł ledowych moc źródła ledowego w stosunku do mocy odpowiadającej mu żarówki jest około 4 do 7 razy mniejsza.

Tabela B.1.4.

Zestawienie mocy świetlówek z nieosłoniętymi rurkami i odpowiadających im mocy żarówek

Moc świetlówki [W]	Moc żarówki odpowiadająca mocy świetlówki [W]
11	60
15	75
18	90
20	100
23	125
27	140
33	175

- **Strumień świetlny (znamionowy) [lm]** - jest to całkowita ilość światła emitowana z danego źródła, deklarowana przez wytwórcę, przy zachowaniu określonych warunków jego pracy.
- **Skuteczność świetlna (η) [lm/w]** jest miarą efektywności źródeł światła. Jest to stosunek wysyłanego strumienia świetlnego do pobieranej mocy (z uwzględnieniem strat w układzie stabilizacyjno-zapłonowym, gdy jest on niezbędny do normalnej pracy lampy). Wartość tego parametru świadczy o zużyciu energii elektrycznej. Im jest on większy, tym dane źródło światła jest bardziej energooszczędne. Odzwierciedleniem wartości skuteczności świetlnej jest klasa efektywności energetycznej – im dane źródło ma ją bliżej litery A tym jest bardziej energooszczędne.
- **Trwałość** – określana jest przez producentów w godzinach lub latach. Określona jest ona czasem świecenia źródła do chwili jego wygaśnięcia lub, kiedy przestało ono spełniać wymagania dotyczące wartości emitowanego strumienia świetlnego zawarte w odpowiednich normach. Tak określona trwałość nazywana jest trwałością użyteczną. Występuje jeszcze trwałość deklarowana - określana przez producenta. Najczęściej jest ona większa od trwałości użytecznej. Oczywiście, im wartość trwałości jest większa, tym lepiej, ale wówczas za takie źródło więcej zapłacimy. W przypadku źródeł ledowych parametr ten nie został jeszcze zdefiniowany. Przewiduje się, że nastąpi to w 2012 r. [26].
- **Wskaźnik oddawania barw (R_a)** jest wartością niemianowaną. Jest on miarą stopnia zgodności wrażenia barwy obiektu oświetlonego danym źródłem światła z wrażeniem barwy tego samego obiektu oświetlonego źródłem odniesieniowym w określonych warunkach. Maksymalna wartość tego wskaźnika wynosi 100. Przyjmuje się ją dla

światła słonecznego i źródeł żarowych. Im wartość tego wskaźnika jest bliższa 100, tym dane źródło światła charakteryzuje się lepszą zdolnością oddawania barw. W związku z tym, ważny jest dobór źródła światła o odpowiednim stopniu oddawania barw do danego rodzaju pracy. Dokładność oddawania barw można ocenić jako [25]:

- bardzo dużą $100 > R_a \geq 90$
- dużą $90 > R_a \geq 80$
- średnią $80 > R_a \geq 60$

Źródła, które będą stosowane w biurach powinny mieć wartość tego wskaźnika ≥ 80 [25]. Pozostałe wymagania szczegółowe dotyczące zastosowań źródeł światła do oświetlania różnego rodzaju pomieszczeń i stanowisk pracy zawarte są w normie PN-EN 12464-1:2004 [31]. W przypadku oświetlania lokali mieszkalnych zalecane jest stosowanie źródeł światła o wskaźniku oddawania barw ≥ 80 .

- **Temperatura barwowa najbliższa (T_c) [K]**. Definiowana jest ona jako temperatura bezwzględna ciała czarnego, które promieniuje światło o tej samej lub prawie tej samej chromatyczności co dane źródło światła. Temperatura barwowa najbliższa współczesnych źródeł światła zawarta jest w przedziale od około 2 500 K do 6 500 K. Źródła, które emitują białą barwę światła, można podzielić, w zależności od temperatury barwowej najbliższej, na trzy grupy [25]:

- $T_c \geq 5\,300\text{ K}$ - barwa: **zimna**, (dzienna, chłodnobiała)
- $5\,300\text{ K} > T_c \geq 3\,300\text{ K}$ - barwa: **pośrednia**,
- $T_c < 3\,300\text{ K}$ - barwa: **ciepła**, (ciepłobiała).

Źródła światła o świetle zimnym mają rozkład widmowy zbliżony do światła dziennego. Źródła o pośredniej barwie światła mają zmniejszony niebieski zakres widma, natomiast źródła o barwie światła cieplej emitują większość światła w żółtoczerwonej części widma względem źródeł o barwie zimnej.

Przy doborze barwy światła, ogólną zasadą jest stosowanie światła o barwie cieplejszej w pomieszczeniach, w których ważny jest komfort np. w biurach, pomieszczeniach rekreacyjnych oraz mieszkaniach. Natomiast światło o chłodnej barwie należy stosować tam, gdzie wymagane są wysokie poziomy natężenia oświetlenia (powyżej 750 lx).

Do grupy parametrów użytkowych źródeł światła można jeszcze zaliczyć **klasę efektywności energetycznej**. Jest to skala, która określa energooszczędność urządzenia. Zaczyna się ona od litery A określającej urządzenia najbardziej energooszczędne, a kończy na literze G dla sprzętów najmniej energooszczędnych. Klasę efektywności energetycznej

wyznacza się porównując roczne zużycie energii przez urządzenie ze standardowym zużyciem energii urządzeń tego typu. Przykładowo żarówka o mocy 100 W emitująca strumień świetlny 1 360 lumenów posiada klasę efektywności energetycznej E. Aby energooszczędna świetlówka kompaktowa emitująca taki sam strumień świetlny jak żarówka o mocy 100 W posiadała klasę A nie może zużywać więcej niż 22,86 W. Na rys. A2.1. (str. A – 16) pokazano przykładową etykietę efektywności energetycznej źródła światła. Oprócz klasy efektywności energetycznej na etykiecie źródła światła podawane są jeszcze wartości strumienia świetlnego, mocy i trwałości źródła światła.

Obowiązek stosowania etykiet efektywności energetycznych wynika z Rozporządzenia Ministra Pracy i Gospodarki „W sprawie wymagań dotyczących dokumentacji technicznej, stosowania etykiet i charakterystyk technicznych oraz wzorów etykiet dla urządzeń” [24].

Na opakowaniach nielicznych źródeł światła podawane są jeszcze dwa parametry, które również można zaliczyć do grupy użytkowych:

- minimalna ilość cykli włącz / wyłącz; informacja ta jest szczególnie ważna w przypadku świetlówek kompaktowych. Liczba tych cykli dla standardowych świetlówek kompaktowych wynosi 3000 – 6000. W związku z tym nie powinno się ich instalować w miejscach, w których będzie się je zapalać dość często, czyli częściej niż średnio trzy razy dziennie, np. w toalecie lub na korytarzu z czujnikami ruchu, gdyż częste zapalanie może znacznie skrócić trwałość podaną na opakowaniu. Natomiast w przypadku źródeł ledowych oraz żarówek halogenowych liczba cykli włącz / wyłącz nie ma wpływu na ich trwałość.

Spośród badanych źródeł światła, producenci tylko dla siedmiu świetlówek kompaktowych podali ten parametr: OSRAM DULUXSTAR TARGET SPOT R63 (20000 cykli), OSRAM DULUXSTAR Mini Ball 20W/2500 (10000 cykli), OSRAM DULUXSTAR Mini Ball 15W/2700 (5000 cykli), OSRAM DULUXSTAR VALUE CLASSIC A (5000 cykli), PHILIPS MASTER: 33W/865, 33W/827, 20W/827 (unilimited).

- czas nagrzewania – jest to czas po którym dane źródło osiąga określoną wartość strumienia świetlnego. Informacja ta jest szczególnie ważna dla świetlówek kompaktowych. Standardowa świetlówka kompaktowa potrzebuje nieco więcej czasu, aby się nagrzać i osiągnąć znamionowy strumień świetlny, niż w przypadku źródeł ledowych oraz żarówek halogenowych. W praktyce dla świetlówek kompaktowych wynosi on do 2 sekund na zapalenie i do 60 sekund na osiągnięcie 60% swojego strumienia świetlnego. Jednak ten parametr nie jest określany przez wszystkich producentów jednakowo. W dwóch przypadkach badanych źródeł światła deklarowany czas odnosił się do momentu osiągnięcia przez źródło 60% znamionowego strumienia

światelnego i wynosił 60 s i 120 s, w innym do 70%, a w pozostałych nie podano w ogóle wartości strumienia.

Dla celów niniejszego opracowania autorzy przyjęli dodatkowy parametr użytkowy jakim jest odległość źródła od układu wejściowego spektrometri, przy której źródło światła zapewnia natężenie oświetlenia o wartości około 500 lx (d_{500lx}). Wynika to z metodyki stosowanej przy klasyfikacji źródeł światła do grup ryzyka ze względu na zagrożenie fotobiologiczne [30]. Wartość tego parametru może wskazywać na możliwość zastosowania badanego źródła w oprawach oświetlenia miejscowego, ogólnego lub akcentowego. Autorzy przyjęli następujące kryteria zastosowania badanego źródła w zależności od wartości parametru d_{500lx} :

$d_{500lx} \leq 0,3$ m - oświetlenie akcentowe,

$0,3 < d_{500lx} \leq 0,5$ m - oświetlenie miejscowe,

$0,5 < d_{500lx}$ - oświetlenie ogólne lub zlokalizowane.

Wartość graniczną 0,5 m przyjęto dla źródeł stosowanych do oświetlenia miejscowego ze względu na:

- ograniczenie olśnienia bezpośredniego od źródeł światła o bardzo dużej luminancji świetlnej (znacznie przekraczającej wartość 10 000 cd/m²),
- ograniczenie potencjalnie dużych kontrastów pomiędzy plamą świetlną źródła zamontowanego w oprawie miejscowej, a otaczającym ją tłem; dotyczy to szczególnie źródeł, których d_{500lx} osiąga wartości powyżej 1 m,
- zapewnienie doświetlenia pola zadania do wymaganego wysokiego poziomu natężenia oświetlenia za pomocą jednego źródła światła.

Wartość graniczną 0,3 m przyjęto dla źródeł stosowanych do oświetlenia akcentowego ze względu na:

- emitowanie przez źródła światła małego strumienia światelnego, który zapewnia małe poziomy natężenia oświetlenia w standardowej odległości źródła od oświetlanego pola zadania (co dyskwalifikuje je jako efektywne energetycznie do oświetlenia ogólnego lub miejscowego),
- uzyskanie małej plamy świetlnej (przy małej odległości źródła od powierzchni oświetlanej), która nie oświetli całego nawet pola zadania (jak np. kartka papieru wymiaru A4).

Źródła światła, które zapewniają natężenie oświetlenia o wartości około 500 lx z odległości przekraczającej 0,5 m należy stosować w oprawach oświetlenia ogólnego.

Tabela B.1.5.

Deklarowane przez producentów parametry użytkowe badanych źródeł światła

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Moc [W]	Odpowiadająca moc tradycyjnej żarówki [W]	Trwałość	Strumień świetlny [lm]	η [lm/W]
ŚWIETŁÓWKI KOMPAKTOWE								
1.	1S	DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825	OSRAM	11	60	6 lat	— ¹⁾	—
2.	2S	SPOT 63 ES 11W	GE	11	60	6 000 h	— ¹⁾	—
3.	3S	LS-M 18W 2700 K	APOLLO	18	90	6 000 h	1050	58
4.	4S	PAR38 Downlighter ES 23W/827	PHILIPS	23	150	8 lat	— ¹⁾	—
5.	14S	Dulux Value Classic A 15W/827	OSRAM	20	100	6 lat	1200	60
6.	15S	Mini Eco ES 20W	GE	20	100	6 lat	1152	58
7.	23S	DULUXSTAR Mini Ball 20W/2500 K	OSRAM	20	100	10 lat	1160	58
8.	24S	ECO AMBIANCE 14W	PHILIPS	14	75	6 lat	750	54
9.	27S	PLATINUM 24W/827	POLUX	24	120	12 000 h	1445	60
10.	30S	Energy Saving 15W/2700 K	GE	15	75	6 000 h	825	55
11.	31S	DULUXSTAR Mini Ball 15W/2700 K	OSRAM	15	75	6 lat	850	57
12.	32S	Downlighter R80 20W/827	PHILIPS	20	60	10 000 h	— ¹⁾	—
13.	33S	„Żarówka energooszczędna” 7W/2700 K	Budget	7	27	6 000 h	— ¹⁾	—
14.	34S	MASTER PL-Electronic 20W/827	PHILIPS	20	100	15 000 h	1200	60
15.	35S	„Żarówka energooszczędna” 15W,	Budget	15	63	6 000 h	800	53

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Moc [W]	Odpowiadająca moc tradycyjnej żarówki [W]	Trwałość	Strumień świetlny [lm]	η [lm/W]
		WW opal.						
16.	36S	„Żarówka energooszczędna” 15W, WW	Budget	15	64	6 000 h	810	54
17.	37S	TORNADO CDL 23W/865	PHILIPS	23	130	8 lat	1450	63
18.	38S	TORNADO HIGH LUMEN 45W/827	PHILIPS	45	200	8 lat	3100	69
19.	39S	TORNADO 23W/827	PHILIPS	23	130	8 lat	1550	67
20.	40S	MASTER PL-Electronic 33W/827	PHILIPS	33	175	15 000 h	2250	68
21.	41S	MASTER PL-Electronic 33W/865	PHILIPS	33	175	12 000 h	2150	65
ŹRÓDŁA LEDOWE								
22.	5L	PARATHOM GLOBE G95 3W, WW	OSRAM	3	15	25 lat	140	47
23.	6L	Active Jet AJE-W 4827WHP 2,8W/3500 K	ACTIVE JET	2,2	bd	30 000 h	220	100
24.	7L	AccentLED 4W, WW, 10D	PHILIPS	4	bd	35 000 h	— ¹⁾	—
25.	8L	Master LED NR 63 MV 7 W, 40D (4200 K)	PHILIPS	7	50	45 000 h	220	31,4
26.	9L	POWER LED 3W, CW	KANLUX	3	bd	bd	— ¹⁾	—
27.	10L	PARATHOM PAR 16, 5W, WW, 20D	OSRAM	5	20	15 lat	— ¹⁾	—
28.	11L	PARATHOM PAR 16, 2W, CW, 30D	OSRAM	2	bd	20 lat	— ¹⁾	—
29.	12L	ACRICHE R50, 4,5W, CW	ELGO	4,5	25	35 000 h	230	51
30.	13L	ACRICHE R50, 4,5W, WW	ELGO	4,5	25	35 000 h	150	33

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Moc [W]	Odpowiadająca moc tradycyjnej żarówki [W]	Trwałość	Strumień świetlny [lm]	η [lm/W]
31.	16L	LED Novallure 2W	PHILIPS	2	10	15 lat	bd	–
32.	19L	PARATHOM R50, 6W, WW, 15D	OSRAM	6	25	15 000 h	– ¹⁾	–
33.	26L	Econic 5W	PHILIPS	5	25	bd	bd	bd
34.	29L	PARATHOM CLASSIC A 40 8W/3000K	OSRAM	8	40	25 000 h	345	43
ŻARÓWKI HALOGENOWE								
35.	17H	HALOPAR 20 ALU 50W, 30D	OSRAM	50	63	2 000 h	– ¹⁾	–
36.	18H	HALOGEN SPOT R63 ES 42W, 30D	OSRAM	42	60	2 lata	– ¹⁾	–
37.	20H	Eco Classic 30 Dimmable 140W	PHILIPS	140	200	2 000 h	2800	20
38.	21H	Eco Classic Dimmable 70W	PHILIPS	70	92	2 000 h	1200	17
39.	22H	Eco Classic 30 Dimmable 105W	PHILIPS	105	150	2 000 h	1920	18
40.	25H	HALOGEN SPOT R50 ES 28W, 30D	OSRAM	28	40	2 000 h	– ¹⁾	–
41.	42H	Eco Classic Dimmable 20W ES	PHILIPS	20	40	3 lata	370	18,5

η - skuteczność świetlna [lm/W]

¹⁾ w przypadku źródeł reflektorowych nie podaje się wartości strumienia świetlnego tylko wartość światłości

bd - brak danych

Umowa nr 5165/0/993200/1/2010, TZ/370/41/10 z dnia 1.09.2010 r. / CIOP-PIB

B2. INTERPRETACJA WYNIKÓW POMIARÓW EMISJI ELEKTROMAGNETYCZNYCH BADANYCH URZĄDZEŃ OŚWIETLENIOWYCH

B2.1. Interpretacja wyników pomiarów promieniowania optycznego

B2.1.1. Parametry zagrożenia fotobiologicznego

Badane źródła światła zakwalifikowano do odpowiednich grup ryzyka przyjmując przedstawione w rozdziale A3.1.3 kryteria. W tabeli B2.1. przedstawiono wyniki wyznaczonych z pomiarów parametrów oceny zagrożenia fotobiologicznego badanych źródeł światła wraz z ich interpretacją tj. przyporządkowaniem do określonej grupy ryzyka. Wartość określonego dla danego zagrożenia fotobiologicznego parametru wpisywano w kolumnie odpowiadającej mu grupie ryzyka. Wyniki zestawiono osobno dla poszczególnych zagrożeń fotobiologicznych: aktywnym UV, bliskim UV, siatkówki oka światłem niebieskim, termicznego siatkówki oka, termicznego rogówki i soczewki oka oraz termicznego skóry. Kolorem pomarańczowym zaznaczono te parametry określonych źródeł światła, gdzie stwierdzono występowanie grupy ryzyka 2 (umiarkowane ryzyko). W tabeli B.2.1 nie występuje grupa ryzyka 3 (wysokie ryzyko), gdyż dla żadnego z badanych źródeł nie stwierdzono jego występowania. Zgodnie z kryteriami (patrz tabela A3.4 rozdz. A3.1.3) w przypadku zagrożenia termicznego siatkówki oka oraz zagrożenia termicznego skóry takie same wartości graniczne występują dla grupy wolnej od ryzyka i grupy ryzyka 1 (niskie ryzyko). Z tego względu nie rozdzielano tych grup w tabeli B2.1. a dane obliczeniowe parametrów zagrożenia fotobiologicznego wpisane zostały w jednej wspólnej kolumnie. W załączniku 1 do niniejszego opracowania przedstawiono zestawienie wyznaczonych dla poszczególnych źródeł światła wartości granicznych zagrożenia termicznego (wyznaczanych dla każdego źródła osobno, ze względu na różny kąt widzenia źródła).

Tabela B2.1.

Zestawienie grup ryzyka dla badanych źródeł światła w przypadku poszczególnych zagrożeń fotobiologicznych

Lp	Kod źródła	Zagrożenie fotochemiczne nadfioletem						Zagrożenie siatkówki oka					Zagrożenie termiczne					
		rogówki i spojówki oka oraz skóry (zagrożenie aktyczne)			soczewki oka (zagrożenie bliskim UV)			światłem niebieskim			Kąt widzenia źródła	termiczne	rogówki i soczewki oka			skóry		
		E_s W/m ²			E_{UVA} W/m ²			L_B W/(m ² ·sr)			α , rad	$L_R^{*)}$ W/(m ² ·sr)	E_{IR} W/m ²			$E_H^{*)}$ W/m ²		
		grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	.	grupa wolna od ryzyka lub grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka lub grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2
1	1S	0,00018	-	-	0,0020	-	-	-	784	-	0,0975	17 518-	-	1,14	-	-	1,26-	-
2	2S	0,00056	-	-	0,0212	-	-	-	1 243	-	0,0810	22 458	-	1,70	-	-	2,88	-
3	3S	0,00042	-	-	0,0390	-	-	-	935	-	0,0605	17 695	-	0,05	-	-	1,23	-
4	4S	0,00034	-	-	0,0016	-	-	-	1 569	-	0,3538	28 682	-	2,26	-	-	3,51	-
5	14S	0,00018	-	-	0,0163	-	-	-	851	-	0,1079	15 065	-	0,17	-	-	1,23	-
6	15S	0,00067	-	-	0,0327	-	-	-	1 064	-	0,0402	19 791	-	0,48	-	-	1,61	-
7	23S	0,00029	-	-	0,0008	-	-	-	705	-	0,1049	15 449	-	1,59	-	-	1,68	-
8	24S	0,00035	-	-	0,0193	-	-	-	1 006	-	0,1079	18 293	-	1,34	-	-	2,51	-
9	27S	-	0,00201	-	0,0027	-	-	-	1 505	-	0,0956	25 146	-	0,36	-	-	1,54	-

*) w przypadku zagrożenia termicznego siatkówki oka oraz zagrożenia termicznego skóry takie same wartości graniczne występują dla grupy wolnej od ryzyka i grupy ryzyka 1, dlatego nie rozdzielano tych grup w tabeli

Lp	Kod źródła	Zagrożenie fotochemiczne nadfioletem						Zagrożenie siatkówki oka						Zagrożenie termiczne					
		rogówki i spojówki oka oraz skóry (zagrożenie aktyniczne)			soczewki oka (zagrożenie bliskim UV)			światłem niebieskim			Kąt widzenia źródła	termiczne		rogówki i soczewki oka			skóry		
		E_s W/m ²			E_{UVA} W/m ²			L_B W/(m ² ·sr)			α , rad	$L_R^{*})$ W/(m ² ·sr)		E_{IR} W/m ²			$E_H^{*})$ W/m ²		
		grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	.	grupa wolna od ryzyka lub grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka lub grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	
10	30S	0,00075	-	-	0,0053	-	-	-	297	-	0,0893	12 898	-	0,60	-	-	1,66	-	
11	31S	0,00085	-	-	0,0217	-	-	-	1 575	-	0,0893	28 522	-	1,13	-	-	2,31	-	
12	32S	-	0,00128	-	0,0200	-	-	-	935	-	0,1700	17 127	-	0,15	-	-	1,28	-	
13	33S	0,00084	-	-	0,0209	-	-	-	616	-	0,0614	12 374	-	0,45	-	-	1,57	-	
14	34S	0,00011	-	-	0,0280	-	-	-	1 144	-	0,1624	20 314	-	0,10	-	-	1,32	-	
15	35S	0,00002	-	-	0,0231	-	-	-	764	-	0,1216	14 096	-	0,05	-	-	1,28	-	
16	36S	0,00045	-	-	0,0366	-	-	-	763	-	0,1668	14 202	-	0,98	-	-	2,07	-	
17	37S	0,00082	-	-	0,0202	-	-	-	4 447	-	0,0767	53 567	-	0,57	-	-	1,87	-	
18	38S	0,00035	-	-	0,0321	-	-	-	1 190	-	0,2265	22 523	-	0,29	-	-	1,25	-	
19	39S	0,00015	-	-	0,0311	-	-	-	1 753	-	0,0620	30 473	-	0,10	-	-	1,18	-	

Lp	Kod źródła	Zagrożenie fotochemiczne nadfioletem						Zagrożenie siatkówki oka						Zagrożenie termiczne					
		rogówki i spojówki oka oraz skóry (zagrożenie aktyczne)			soczewki oka (zagrożenie bliskim UV)			światłem niebieskim			Kąt widzenia źródła	termiczne		rogówki i soczewki oka			skóry		
		E _s W/m ²			E _{UVA} W/m ²			L _B W/(m ² ·sr)			α, rad	L _R *) W/(m ² ·sr)		E _{IR} W/m ²			E _H *) W/m ²		
		grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	-	grupa wolna od ryzyka lub grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka lub grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	
20	40S	0,00168	-	-	0,0284	-	-	-	1 015	-	0,3608	18 233	-	1,13	-	-	2,37	-	
21	41S	0,00037	-	-	0,0166	-	-	-	2 746	-	0,3608	33 299	-	0,05	-	-	1,43	-	
22	5L	0,00068	-	-	0,0002	-	-	-	313	-	0,0899	5 843	-	0,31	-	-	1,15	-	
23	6L	0,00024	-	-	0,00001	-	-	-	2 614	-	0,0508	42 223	-	0,27	-	-	1,34	-	
24	7L	-	0,0017	-	0,0009	-	-	-	-	24 424	0,0448	454 020	-	1,14	-	-	2,28	-	
25	8L	0,00047	-	-	0,0001	-	-	4,81	-	-	0,0385	66	-	3,59	-	-	4,83	-	
26	9L	0,00040	-	-	0,0002	-	-	-	-	97 277	0,0243	1 152 856	-	0,01	-	-	1,37	-	
27	10L	0,00077	-	-	0,0002	-	-	-	-	10 669	0,0436	217 997	-	8,89	-	-	10,31	-	
28	11L	0,00020	-	-	0,0001	-	-	-	-	19 854	0,0120	317 368	-	1,10	-	-	2,32	-	
29	12L	0,00098	-	-	0,0002	-	-	-	-	41 953	0,0265	488 337	-	0,78	-	-	1,89	-	

Lp	Kod źródła	Zagrożenie fotochemiczne nadfioletem						Zagrożenie siatkówki oka						Zagrożenie termiczne					
		rogówki i spojówki oka oraz skóry (zagrożenie aktyczne)			soczewki oka (zagrożenie bliskim UV)			światłem niebieskim			Kąt widzenia źródła	termiczne		rogówki i soczewki oka			skóry		
		E_s W/m ²			E_{UVA} W/m ²			L_B W/(m ² ·sr)			α , rad	$L_R^{*)}$ W/(m ² ·sr)		E_{IR} W/m ²			$E_H^{*)}$ W/m ²		
		grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	.	grupa wolna od ryzyka lub grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka lub grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2
30	13L	0,00017	-	-	0,0001	-	-	-	7 038	-	0,0265	132 529	-	4,05	-	-	5,20	-	-
31	16L	0,00019	-	-	0,0002	-	-	-	448	-	0,0179	8 122	-	3,15	-	-	3,44	-	-
32	19L	0,00008	-	-	0,0001	-	-	-	-	62 790	0,0282	-	1 051 097	4,68	-	-	6,06	-	-
33	26L	0,00040	-	-	0,0001	-	-	-	548	-	0,1007	9 593	-	0,36	-	-	1,54	-	-
34	29L	-	0,0013	-	0,0008	-	-	-	1 500	-	0,0750	25 652	-	1,14	-	-	2,93	-	-
35	17H	0,00099	-	-	0,0008	-	-	-	-	16 853	0,0660	-	767 761	13,9	-	-	16,90	-	-
36	18H	0,000001	-	-	0,0004	-	-	-	-	10 746	0,0785	-	626 910	32,6	-	-	36,12	-	-
37	20H	0,00042	-	-	0,0001	-	-	-	-	17 497	0,0372	695 510	-	10,9	-	-	13,59	-	-
38	21H	0,00068	-	-	0,0014	-	-	-	9 284	-	0,0372	391 929	-	15,6	-	-	18,37	-	-
39	22H	0,00064	-	-	0,0017	-	-	-	-	13 387	0,0232	531 863	-	15,6	-	-	18,34	-	-

Lp	Kod źródła	Zagrożenie fotochemiczne nadfioletem						Zagrożenie siatkówki oka					Zagrożenie termiczne					
		rogówki i spojówki oka oraz skóry (zagrożenie aktyczne)			soczewki oka (zagrożenie bliskim UV)			światłem niebieskim		Kąt widzenia źródła	termiczne		rogówki i soczewki oka			skóry		
		E_s W/m ²			E_{UVA} W/m ²			L_B W/(m ² ·sr)		α , rad	$L_R^{*)}$ W/(m ² ·sr)		E_{IR} W/m ²			$E_H^{*)}$ W/m ²		
		grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	-	grupa wolna od ryzyka lub grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka	grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2	grupa wolna od ryzyka lub grupa ryzyka 1	grupa ryzyka 2
40	25H	0,00086	-	-	0,0008	-	-	-	4 680	-	0,0556	301 014	-	30,75	-	-	33,80	-
41	42H	0,00075			0,00066	-	-	-	3 249	-	0,0267	121 945	-	9,76	-	-	12,17	-
Łączna liczba źródeł określonej grupy ryzyka		37	4	0	41	0	0	1	30	10	-	38	3	41	0	0	41	0

B2.2. Parametry użytkowe badanych źródeł światła

W tabeli B2.2. zestawiono wartości wskaźnika oddawania barw oraz temperatury barwowej - deklarowanych przez producenta, z wyznaczonymi na podstawie zmierzonego za pomocą spektrometri widmowego rozkładu natężenia napromienienia w zakresie 380 – 780 nm. W ostatniej kolumnie podano odległość źródła od układu wejściowego spektrometri (d_{500lx}), przy której uzyskano natężenie oświetlenia wynoszące około 500 lx.

Tylko dwie spośród badanych świetlówek nie spełniły tego wymagania pomimo deklaracji producenta. Były to: TORNADO HIGH LUMEN 45W/827 (nr 18) i MASTER PL-Electronic 33W/865 (nr 21) obie produkcji PHILIPS.

W przypadku badanych źródeł ledowych deklarowana wartość wskaźnika oddawania barw wynosiła od 60 do 80. Dla sześciu źródeł (z trzynastu badanych) producenci nie podali wartości tego parametru. Tylko dla jednego źródła Master LED NR 63 MV 7 W, 40D (4200 K) PHILIPS (nr 25) wartość wskaźnika oddawania barw wyznaczonego z pomiarów była mniejsza od deklarowanego i wynosiła 67, a nie 70. Natomiast dla źródła LED Novallure 2 W PHILIPS (nr 31) wartość wskaźnika oddawania barw wyznaczonego z pomiarów była większa od deklarowanego w katalogu producenta i wynosiła 83, a nie 60. Uzyskana z pomiarów wartość wskaźnika oddawania barw wszystkich żarówek halogenowych jest zawarta w przedziale 98 – 100 co oznacza, że jest on zgodny z wartością podawaną w literaturze [25].

W przypadku badanych źródeł ledowych tylko dla jednego źródła (z trzynastu) producent nie podał wartości temperatury barwowej. W jednym przypadku wartość zmierzona temperatury barwowej wynosząca 7 853 K była znacznie większa od deklarowanej przez producenta w postaci przedziału: 5 700 - 6 300 K. Dotyczyło to źródła ACRICHE R50, 4,5W, CW ELGO (nr 29). W drugim przypadku odwrotnie – dla źródła PARATHOM PAR 16, 2W, CW, 30D OSRAM (nr 28) - wartość zmierzona temperatury barwowej wynosząca 3 107 K była znacznie mniejsza od deklarowanej przez producenta – 6 300 K. Zakres temperatur barwowych badanych żarówek halogenowych uzyskanych z pomiarów (2 500 – 2 700 K) jest nieco mniejszy od przyjętego na podstawie danych literaturowych (3000 – 3200 K) [25].

Zgodnie z przyjętymi w rozdziale A3.2 kryteriami zastosowania źródła światła w zależności od wartości parametru d_{500lx} , badane źródła można podzielić na trzy grupy zastosowań jako:

1. przeznaczone głównie do oświetlenia akcentowego, gdy $d_{500lx} \leq 0,3$ m;
2. przeznaczone głównie do oświetlenia miejscowego, gdy $0,3 < d_{500lx} \leq 0,5$ m;
3. przeznaczone głównie do oświetlenia ogólnego lub zlokalizowanego, gdy: $0,5$ m $< d_{500lx}$;

Tabela B2.2.

Zestawienie wartości wskaźnika oddawania barw oraz temperatury barwowej - deklarowanych przez producenta z wyznaczonymi na podstawie pomiaru widma oraz odległości źródła, przy której uzyskano natężenie oświetlenia wynoszące 500 lx.

Lp.	Symbo źródła	Typ źródła	Producent	$R_a^{1)}$ deklarowane [-]	$R_a^{2)}$ wyznaczone [-]	$T_c^{1)}$ deklarowane [K]	$T_c^{2)}$ wyznaczone [K]	$d_{500lx}^{3)}$ [m]
ŚWIETŁÓWKI KOMPAKTOWE								
1.	1S	DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825	OSRAM	85	80	2 500	2200	0,42
2.	2S	SPOT 63 ES 11W	GE	bd	82	bd	2673	0,45
3.	3S	LS-M 18W 2700 K	APOLLO ⁶⁾	bd	82	2 700	2602	0,355
4.	4S	PAR38 Downlighter ES 23W/827	PHILIPS	80	81	2 700	2608	0,88
5.	14S	Dulux Value Classic A 15W/827	OSRAM	80	82	2 700	2716	0,38
6.	15S	Mini Eco ES 20W	GE	bd	82	2 700	2563	0,55
7.	23S	DULUXSTAR Mini Ball 20W/2500 K	OSRAM	80 ⁴⁾	82	2 500	2369	0,47
8.	24S	ECO AMBIANCE 14W	PHILIPS	82 ⁴⁾	82	2 700 ⁴⁾	2703	0,4
9.	27S	PLATINUM 24W/827	POLUX ⁶⁾	80	81	2 700	2576	0,47
10	30S	Energy Saving 15W/2700 K	GE	bd	84	2 700	2616	0,41
11.	31S	DULUXSTAR Mini Ball 15W/2700 K	OSRAM	80 ⁴⁾	82	2 700	2634	0,41
12.	32S	Downlighter R80 20W/827	PHILIPS	80	81	2 700	2661	0,475
13.	33S	„Żarówka energooszczędna” 7W/2700 K	Budget ⁶⁾	bd	83	2 700	2543	0,35

Lp.	Symbo- l źródła	Typ źródła	Producent	R _a ¹⁾ deklarowane [-]	R _a ²⁾ wyznaczone [-]	T _c ¹⁾ deklarowane [K]	T _c ²⁾ wyznaczone [K]	d _{500lx} ³⁾ [m]
14.	34S	MASTER PL-Electronic 20W/827	PHILIPS	80	81	2 700	2713	0,5
15.	35S	„Żarówka energooszczędna” 15W, WW opal.	Budget ⁶⁾	bd	82	WW	2613	0,35
16.	36S	„Żarówka energooszczędna” 15W, WW	Budget ⁶⁾	bd	82	WW	2642	0,465
17.	37S	TORNADO CDL 23W/865	PHILIPS	80	83	6 500	6260	0,5
18.	38S	TORNADO HIGH LUMEN 45W/827	PHILIPS	80	71	2 700	3681	0,68
19.	39S	TORNADO 23W/827	PHILIPS	80	81	2 700	2679	0,51
20.	40S	MASTER PL-Electronic 33W/827	PHILIPS	80	81	2 700	2680	0,69
21.	41S	MASTER PL-Electronic 33W/865	PHILIPS	80	76	6 500	5777	0,67
ŹRÓDŁA LEDOWE								
22.	5L	PARATHOM GLOBE G95 3W, WW	OSRAM	60 ⁴⁾	60	3 000	2758	0,2
23.	6L	Active Jet AJE-W 4827WHP 2,8W/3500 K	ACTIVE JET ⁶⁾	bd	64	3 500	3244	0,4
24.	7L	AccentLED 4W, WW, 10D	PHILIPS	bd	76	WW	3019	1,53
25.	8L	Master LED NR 63 MV 7 W, 40D (4200 K)	PHILIPS	70 ⁴⁾	67	4 200	4145	1,04
26.	9L	POWER LED 3W, CW	KANLUX ⁶⁾	bd	75	CW	7486	1,09
27.	10L	PARATHOM PAR 16, 5W, WW, 20D	OSRAM	80 ⁴⁾	82	3 000 ⁴⁾	2909	0,83
28.	11L	PARATHOM PAR 16, 2W, CW, 30D	OSRAM	70 ⁴⁾	72	6 300 ⁴⁾	3107	0,57

Lp.	Symbo źródła	Typ źródła	Producent	$R_a^{1)}$ deklarowane [-]	$R_a^{2)}$ wyznaczone [-]	$T_c^{1)}$ deklarowane [K]	$T_c^{2)}$ wyznaczone [K]	$d_{500lx}^{3)}$ [m]
29.	12L	ACRICHE R50, 4,5W, CW	ELGO	bd	72	5 700 - 6 300 ⁴⁾	7853	0,61
30.	13L	ACRICHE R50, 4,5W, WW	ELGO	bd	83	3 000 ⁴⁾	2778	0,46
31.	16L	LED Novallure 2W	PHILIPS	60 ⁴⁾	83	2 700 ⁴⁾	2673	0,2
32.	19L	PARATHOM R50, 6W, WW, 15D	OSRAM	80 ⁴⁾	85	3 000 ⁴⁾	3251	1,14
33.	26L	Econic 5W	PHILIPS	bd	84	bd	2996	0,29
34.	29L	PARATHOM CLASSIC A 40 8W/3000K	OSRAM	80 ⁴⁾	84	3 000	3106	0,37
ŻARÓWKI HALOGENOWE								
35.	17H	HALOPAR 20 ALU 50W, 30D	OSRAM	100	100	3000 - 3200 ⁵⁾	2693	1,32
36.	18H	HALOGEN SPOT R63 ES 42W, 30D	OSRAM	100	100	3000 - 3200 ⁵⁾	2499	1,33
37.	20H	Eco Classic 30 Dimmable 140W	PHILIPS	100	100	3000 - 3200 ⁵⁾	2824	0,72
38.	21H	Eco Classic Dimmable 70W	PHILIPS	100	100	3000 - 3200 ⁵⁾	2754	0,48
39.	22H	Eco Classic 30 Dimmable 105W	PHILIPS	100	100	3000 - 3200 ⁵⁾	2797	0,47
40.	25H	HALOGEN SPOT R50 ES 28W, 30D	OSRAM	100	99	3000 - 3200 ⁵⁾	2407	0,71
41.	42H	Eco Classic Dimmable 20W ES	PHILIPS	100	98	3000 - 3200 ⁵⁾	2709	0,67

R_a - wskaźnik oddawania barw [-]

T_c - temperatura barwowa [K]

bd - brak danych

CW – temperatura barwowa zimna (chłodnobiała), WW – temperatura barwowa ciepła (ciepłobiała)

- ¹⁾ na podstawie deklaracji producenta
- ²⁾ parametr wyznaczony z pomiarów spektrometrycznych
- ³⁾ odległość źródła, przy której uzyskano natężenie oświetlenia 500 lx
- ⁴⁾ dane na podstawie katalogu producenta
- ⁵⁾ wartość temperatury barwowej żarówek halogenowych przyjęto na podstawie danych literaturowych [14]

B2.3. Interpretacja wyników pomiarów pola elektromagnetycznego

Przeprowadzone badania przebiegów zmienności pól elektromagnetycznych oraz ich analiza widmowa wykazała, że urządzenia oświetleniowe wytwarzają pola elektryczne i magnetyczne o zróżnicowanej charakterystyce częstotliwościowej.

Tradycyjne źródła żarowe (żarówki głównego szeregu) wytwarzają jedynie sinusoidalnie zmienne pole magnetyczne i elektryczne o częstotliwości prądu zasilającego (50 Hz) (tab. B2.3). Źródłem tego pola jest instalacja zasilająca i sam żarnik żarówki. W widmie częstotliwości pola emitowanego przez żarówki głównego szeregu brak zarówno wyższych harmonicznym zidentyfikowanej częstotliwości podstawowej, jak i pól z pasm wyższych częstotliwości.

Z zestawienia zaprezentowanego tabelach B2.3 – B2.5 wynika, że wszystkie zbadane w pracy rodzaje źródeł światła, tj:

- świetlówki kompaktowe zintegrowane
- żarówki halogenowe
- diody elektroluminescencyjne

wytwarzają pola elektromagnetyczne o przebiegu ciągłym (bez modulacji impulsowej).

Świetlówki kompaktowe zintegrowane oraz diody elektroluminescencyjne wytwarzają pola elektromagnetyczne z szerokiego pasma częstotliwości. Wszystkie zbadane egzemplarze tych źródeł światła wytwarzają pola elektromagnetyczne małej częstotliwości o częstotliwości podstawowej 50 Hz lub 100 Hz z dużą zawartością wyższych harmonicznym. Pola te są wytwarzane przez układy zasilania źródeł światła.

W przypadku diod elektroluminescencyjne zaobserwowano dużą różnorodność widma pól małej częstotliwości, np. zawartość 2-3 harmonicznym częstotliwości podstawowej (np. źródło JET AJE-W 4827WHP) lub 10-15 harmonicznym na poziomie 10% i więcej harmonicznym podstawowej (np. źródło OSRAM PARATHOM GLOBE G95 3W, WW i PHILIPS AccentLED 4W, WW, 10D).

W przypadku świetlówek kompaktowych dodatkowo wytwarzają one pola elektromagnetyczne z pasma średnich częstotliwości (o częstotliwościach podstawowych z zakresu 10-75 kHz), z dominującym udziałem składowej elektrycznej pola, wskutek procesu elektroluminescencji i wyładowań gazowych.

Żarówki halogenowe wytwarzają pola elektromagnetyczne małej częstotliwości o częstotliwości podstawowej 50 Hz. W widmie częstotliwości pola emitowanego przez większość zbadanych żarówek halogenowych (6 z 7), podobnie jak w przypadku żarówek

głównego szeregu, brak zarówno wyższych harmonicznych zidentyfikowanej częstotliwości podstawowej (przebieg sinusoidalny). Tylko jedna ze zbadanych żarówek halogenowych wytwarzała pola z pasma średnich częstotliwości (Eco Classic Dimmable 20W ES, PHILIPS).

Tabela B2.3.

Charakterystyka pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez żarówkę głównego szeregu i badane świetlówki kompaktowe zintegrowane

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Składowa pola	Częstotliwość podstawowa pól od układu zasilania		Obecność harmonicznych sieci 100 Hz - 500 Hz	Rodzaj przebiegu pól od układu zasilania		Harmoniczna podstawowa wyższych częstotliwości	Rodzaj przebiegu pola	
					50 Hz	100 Hz		ciągły	modulowany		ciągły	modulowany
0	Żarówka głównego szeregu	Neolux 100 W	NEOLUX	E	+	-	-	+	-	-	-	-
				H	+	-	-	+	-	-	-	-
1	1S	DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825	OSRAM	E	+	-	+	+	-	40 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
2	2S	SPOT 63 ES 11W	GE	E	+	-	+	+	-	44 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
3	3S	LS-M 18W 2700 K	APOLLO	E	+	-	+	+	-	41 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
4	4S	PAR38 Downlighter ES 23W/827	PHILIPS	E	+	-	+	+	-	51 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	48 kHz	+	-
5	14S	Dulux Value Classic A 15W/827	OSRAM	E	+	-	+	+	-	45 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	11 kHz	+	-
6	15S	Mini Eco ES 20W	GE	E	+	-	+	+	-	75 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
7	23S	DULUXSTAR Mini Ball 20W/2500 K	OSRAM	E	+	-	+	+	-	48 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
8	24S	ECO AMBIANCE 14W	PHILIPS	E	+	-	+	+	-	27 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	49 kHz	+	-

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Składowa pola	Częstotliwość podstawowa pól od układu zasilania		Obecność harmonicznych sieci 100 Hz - 500 Hz	Rodzaj przebiegu pól od układu zasilania		Harmoniczna podstawowa wyższych częstotliwości	Rodzaj przebiegu pola	
					50 Hz	100 Hz		ciągły	modulowany		ciągły	modulowany
9	27S	PLATINUM 24W/827	POLUX	E	+	-	+	+	-	49 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	-	+	-
10	30S	Energy Saving 15W/2700 K	GE	E	+	-	+	+	-	38 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	40 kHz	+	-
11	31S	DULUXSTAR Mini Ball 15W/2700 K	OSRAM	E	+	-	+	+	-	39 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	40 kHz	+	-
12	32S	Downlighter R80 20W/827	PHILIPS	E	+	-	+	+	-	91 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	30 kHz	+	-
13	33S	„Żarówka energooszczędna” 7W/2700 K	Budget	E	-	+	+	+	-	38 kHz	+	-
				H	-	+	+	+	-	-	-	-
14	34S	MASTER PL-Electronic 20W/827	PHILIPS	E	-	+	+	+	-	42 kHz	+	-
				H	-	+	+	+	-	36 kHz	+	-
15	35S	„Żarówka energooszczędna” 15W, WW opal.	Budget	E	-	+	+	+	-	40 kHz	+	-
				H	-	+	+	+	-	-	-	-
16	36S	„Żarówka energooszczędna” 15W, WW	Budget	E	-	+	+	+	-	44 kHz	+	-
				H	-	+	+	+	-	-	-	-
17	37S	TORNADO CDL 23W/865	PHILIPS	E	+	-	+	+	-	54 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	47 kHz	+	-
18	38S	TORNADO HIGH LUMEN 45W/827	PHILIPS	E	+	-	+	+	-	48 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	48 kHz	+	-

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Składowa pola	Częstotliwość podstawowa pól od układu zasilania		Obecność harmonicznych sieci 100 Hz - 500 Hz	Rodzaj przebiegu pól od układu zasilania		Harmoniczna podstawowa wyższych częstotliwości	Rodzaj przebiegu pola	
					50 Hz	100 Hz		ciągły	modulowany		ciągły	modulowany
19	39S	TORNADO 23W/827	PHILIPS	E	+	-	+	+	-	48 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	51 kHz	+	-
20	40S	MASTER PL-Electronic 33W/827	PHILIPS	E	+	-	+	+	-	40 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	43 kHz	+	-
21	41S	MASTER PL-Electronic 33W/865	PHILIPS	E	+	-	+	+	-	39 kHz	+	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-

Tabela B2.4.

Charakterystyka pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez badane żarówki halogenowe.

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Składowa pola	Częstotliwość podstawowa pól od układu zasilania		Obecność harmonicznych sieci 100 Hz - 500 Hz	Rodzaj przebiegu pól od układu zasilania		Harmoniczna podstawowa wyższych częstotliwości	Rodzaj przebiegu pola	
					50 Hz	100 Hz		ciągły	modulowany		ciągły	modulowany
1	17H	HALOPAR 20 ALU 50W, 30D	OSRAM	E	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
				H	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
2	18H	HALOGEN SPOT R63 ES 42W, 30D	OSRAM	E	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
				H	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
3	20H	Eco Classic 30 Dimmable 140W	PHILIPS	E	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
				H	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
4	21H	Eco Classic Dimmable 70W	PHILIPS	E	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
				H	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
5	22H	Eco Classic 30 Dimmable 105W	PHILIPS	E	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
				H	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
6	25H	HALOGEN SPOT R50 ES 28W, 30D	OSRAM	E	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
				H	+ sinus	-	-	+	-	-	-	-
7	42H	Eco Classic Dimmable 20W ES	PHILIPS	E	+	-	+	+	-	133	+	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-

Tabela B2.5.

Charakterystyka pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez badane diody elektroluminescencyjne.

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Składowa pola	Częstotliwość podstawowa pól od układu zasilania		Obecność harmonicznych sieci 100 Hz - 500 Hz	Rodzaj przebiegu pól od układu zasilania		Harmoniczna podstawowa wyższych częstotliwości	Rodzaj przebiegu pola	
					50 Hz	100 Hz		ciągły	modulowany		ciągły	modulowany
1	5L	PARATHOM GLOBE G95 3W, WW	OSRAM	E	-	+	+	+	-	-	-	-
				H	-	+	+	+	-	-	-	-
2	6L	Active Jet AJE-W 4827WHP 2,8W/3500 K	ACTIVE JET	E	+	-	+	+	-	-	-	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
3	7L	AccentLED 4W, WW, 10D	PHILIPS	E	-	+	+	+	-	-	-	-
				H	-	+	+	+	-	-	-	-
4	8L	Master LED NR 63 MV 7 W, 40D (4200 K)	PHILIPS	E	-	+	+	+	-	-	-	-
				H	+	+	+	+	-	-	-	-
5	9L	POWER LED 3W, CW	KANLUX	E	+	-	+	+	-	-	-	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
6	10L	PARATHOM PAR 16, 5W, WW, 20D	OSRAM	E	+	-	+	+	-	-	-	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
7	11L	PARATHOM PAR 16, 2W, CW, 30D	OSRAM	E	+	-	+	+	-	-	-	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
8	12L	ACRICHE R50, 4,5W, CW	ELGO	E	+	-	+	+	-	-	-	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
9	13L	ACRICHE R50, 4,5W, WW	ELGO	E	+	-	+	+	-	-	-	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Składowa pola	Częstotliwość podstawowa pól od układu zasilania		Obecność harmonicznych sieci 100 Hz - 500 Hz	Rodzaj przebiegu pól od układu zasilania		Harmoniczna podstawowa wyższych częstotliwości	Rodzaj przebiegu pola	
					50 Hz	100 Hz		ciągły	modulowany		ciągły	modulowany
10	16L	LED Novallure 2W	PHILIPS	E	+	-	+	+	-	-	-	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
11	19L	PARATHOM R50, 6W, WW, 15D	OSRAM	E	-	+	+	+	-	-	-	-
				H	-	+	+	+	-	-	-	-
12	26L	Econic 5W	PHILIPS	E	-	+	+	+	-	-	-	-
				H	-	+	+	+	-	-	-	-
13	29L	PARATHOM CLASSIC A 40 8W/3000K	OSRAM	E	+	-	+	+	-	-	-	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-
				H	+	-	+	+	-	-	-	-

B2.4. Ocena statystyczna reprezentatywności badanych urządzeń oświetleniowych

B2.4.1. Ocena statystyczna reprezentatywności badanych urządzeń oświetleniowych w odniesieniu do promieniowania optycznego

W celu dokonania oceny statystycznej reprezentatywności badanych urządzeń oświetleniowych wybrano dwa rodzaje źródeł. Wyboru tego dokonano na podstawie wykonanych wcześniej wstępnych pomiarów emisji elektromagnetycznej wszystkich źródeł. Wybranymi źródłami były:

- świetlówka kompaktowa DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825 firmy OSRAM, która została wybrana ze względu na występujące nieco większe wartości emitowanego przez nie pola elektromagnetycznego w stosunku do pozostałych świetlówek kompaktowych,
- źródło ledowe PARATHOM R50, 6W, WW, 15D firmy OSRAM, które wybrano ze względu na jedno z największych zagrożeń siatkówki światłem niebieskim oraz termiczne siatkówki oka spośród badanych źródeł światła.

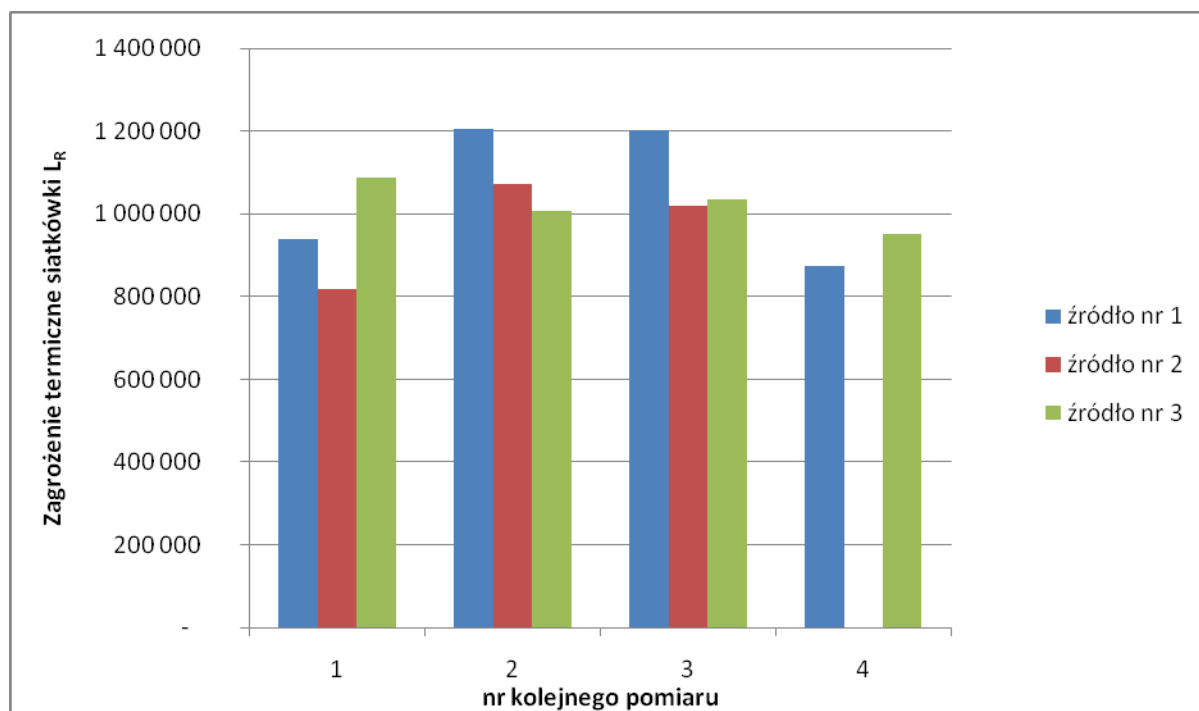
Ocena powtarzalności wyników pomiarów spektrometrycznych dla jednego źródła

Ocenę powtarzalności wyników pomiarów spektrometrycznych promieniowania optycznego wykonano dla źródła ledowego typu Parathom R50, 6W, WW, 15D firmy OSRAM (19L). W tym celu wybrano 3 egzemplarze tego źródła i dla każdego wykonano po 3 – 4 serie pomiarów spektrometrycznych, z których wyznaczono wartości skuteczne luminancji energetycznej do oceny zagrożenia termicznego siatkówki oka (L_R) oraz zagrożenia siatkówki oka światłem niebieskim (L_B). Następnie z pomiarów dla każdego ze źródeł wyznaczono wartości średnie arytmetyczne (graficznie przedstawione na rys. B2.1 i B2.2) i odchylenie standardowe oraz iloraz wartości minimalnej do maksymalnej skutecznej luminancji energetycznej, co przedstawia tabela B2.6. Różnice wyników badań wskazują, że powtarzalność wyników pomiarów zawiera się w granicach niepewności pomiaru spektrometrycznego wynoszącego ok. 30%.

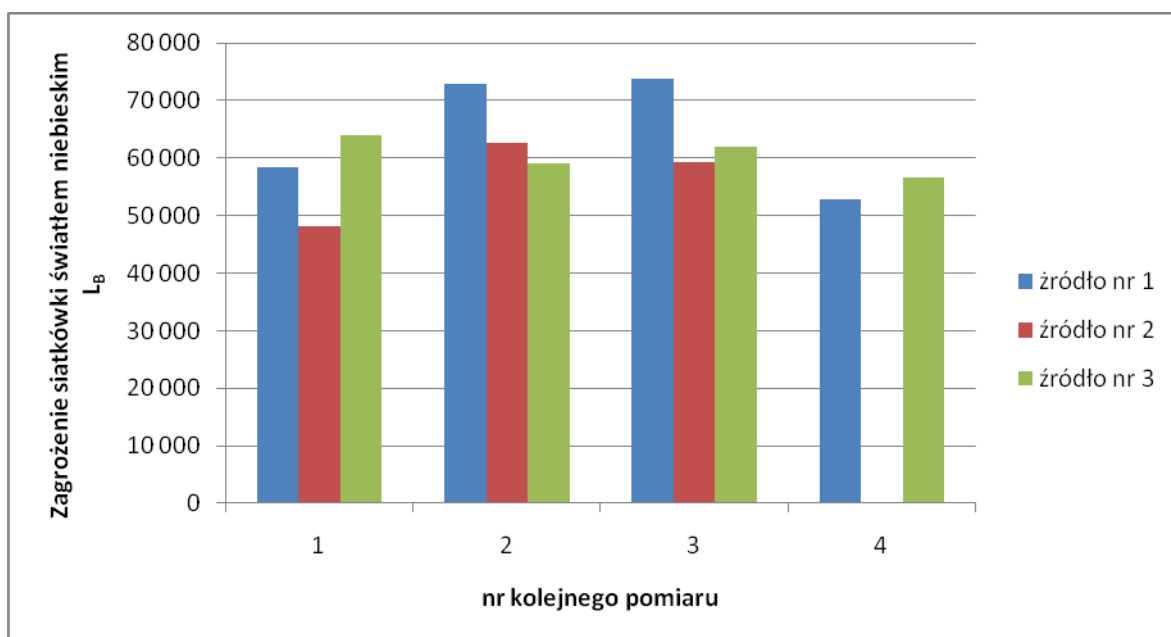
Tabela B2.6

Powtarzalność pomiarów spektrometrycznych luminancji energetycznej na przykładzie trzech źródeł typu Parathom R50, 6W,WW, 15D (19L) (po 3-4 serii pomiarowych dla każdego ze źródeł)

nr kolejny źródła	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3	pomiar 4	średnia	Odch. std	min/max
ZAGROŻENIE TERMICZNE SIATKÓWKI OKA L_R [$W/(m^2 \cdot sr)$]							
1	940 496	1 205 363	1 201 547	873 355	1 055 190	173 389	0,72
2	819 317	1 070 976	1 019 171	-	969 821	132 889	0,77
3	1 088 050	1 006 893	1 036 518	952 718	1 021 045	56 563	0,88
nr kolejny źródła	ZAGROŻENIE SIATKÓWKI ŚWIATŁEM NIEBIESKIM L_B [$W/(m^2 \cdot sr)$]						
1	58 506	72 910	73 847	52 866	64 532	10 478	0,72
2	48 210	62 572	59 245	-	56 676	7 518	0,77
3	64 012	59 010	62 017	56 535	60 394	3 293	0,88



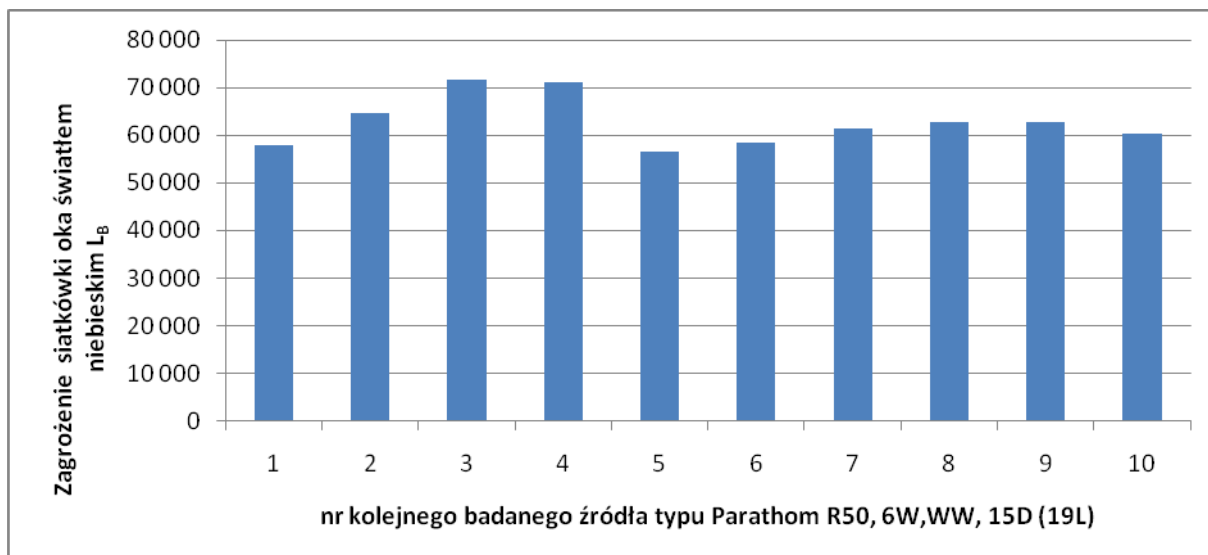
Rys. B2.1. Wartości skutecznej luminancji energetycznej L_R wyznaczone z kolejnych pomiarów dla 3 egzemplarzy źródła Parathom R50, 6W,WW, 15D



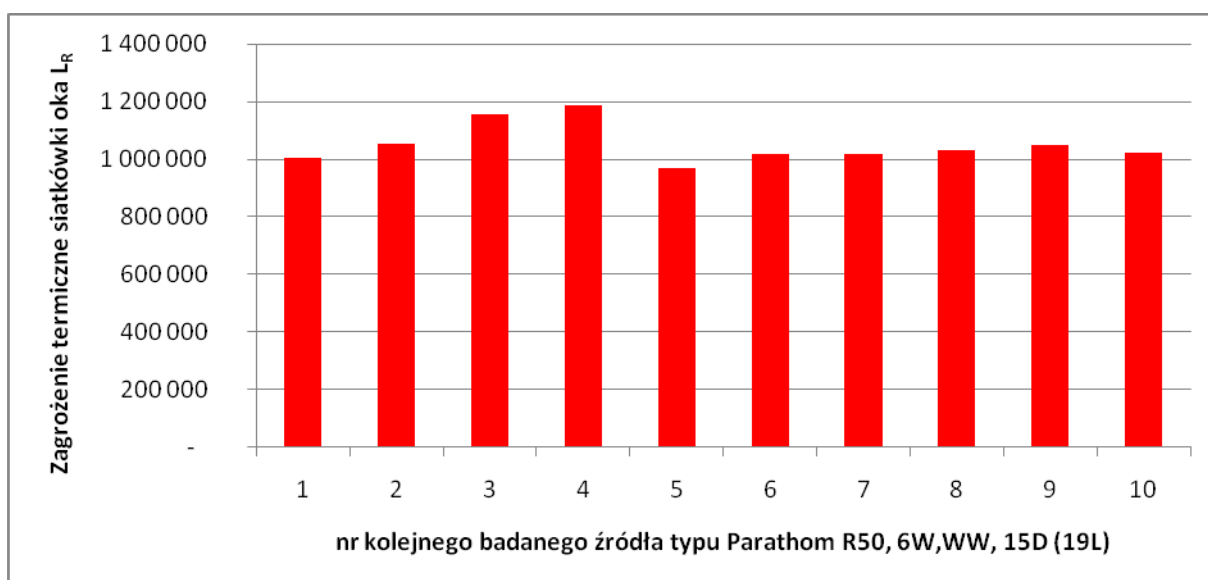
Rys. B.2.2. Wartości skutecznej luminancji energetycznej L_B wyznaczone z kolejnych pomiarów dla 3 egzemplarzy źródła Parathom R50, 6W, WW, 15D

Ocena statystyczna reprezentatywności badanych źródeł światła pod względem emisji promieniowania optycznego

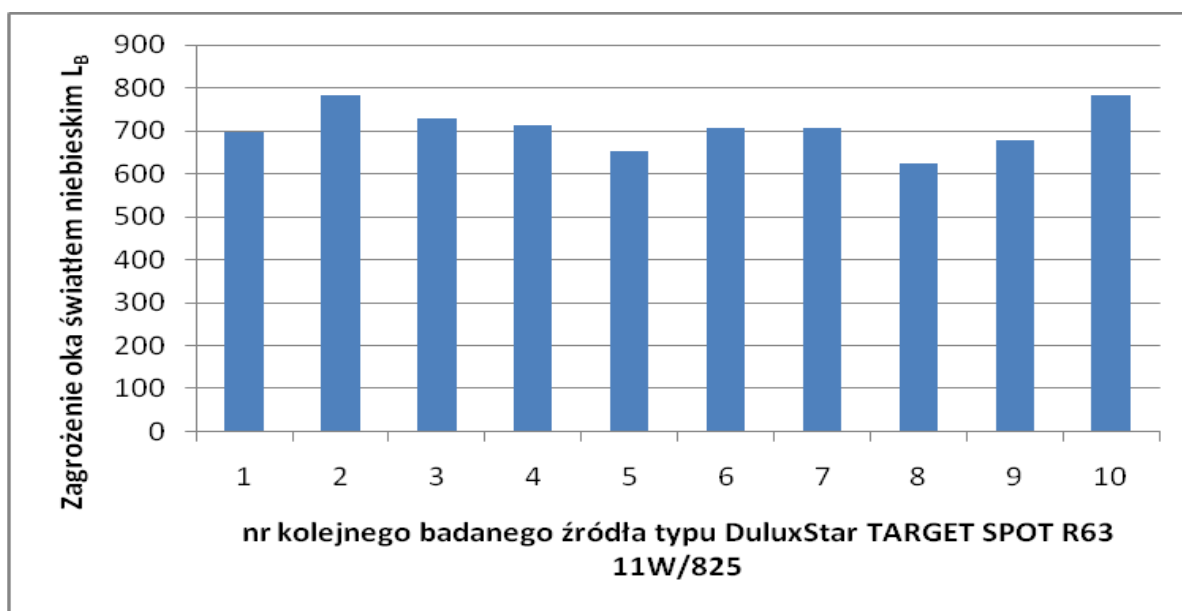
Ocenę statystyczną reprezentatywności badanych źródeł światła pod względem powtarzalności emitowanego przez nie promieniowania optycznego wykonano na podstawie pomiarów spektrometrycznych dla 10 egzemplarzy źródła ledowego typu Parathom R50, 6W, WW, 15D firmy OSRAM (19L) oraz 10 egzemplarzy świetlówki kompaktowej DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825. Dla każdego typu wykonano po serie pomiarów spektrometrycznych, z których wyznaczono wartości skutecznych luminancji energetycznej do oceny zagrożenia termicznego siatkówki oka (L_R) oraz zagrożenia siatkówki oka światłem niebieskim (L_B) graficznie przedstawione na rys. B2.3 – B2.6). Następnie z wyników pomiarów dla 10 źródeł danego typu wyznaczono wartości średnie arytmetyczne i odchylenie standardowe oraz iloraz wartości minimalnej do maksymalnej skutecznej luminancji energetycznej, co przedstawia tabela B2.7. Różnice wyników badań wskazują, że powtarzalność wyników pomiarów zawiera się w granicach. 18 - 33%.



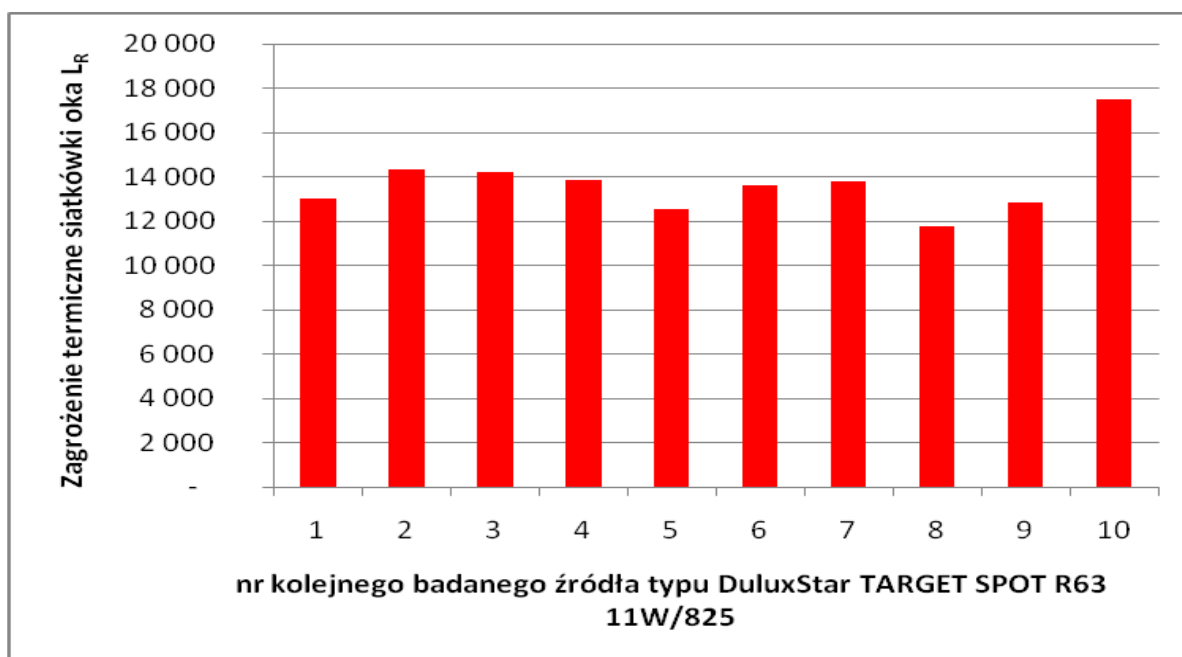
Rys. B2.3. Wartości skutecznej luminancji energetycznej L_B wyznaczone z 10 egzemplarzy źródła Parathom R50, 6W, WW, 15D



Rys. B2.4. Wartości skutecznej luminancji energetycznej L_R wyznaczone z 10 egzemplarzy źródła Parathom R50, 6W, WW, 15D



Rys. B2.5. Wartości skutecznej luminancji energetycznej L_B wyznaczone z 10 egzemplarzy źródła DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825



Rys. B2.6. Wartości skutecznej luminancji energetycznej L_R wyznaczone z 10 egzemplarzy źródła DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825

Tabela B2.7.

Statystyka dla powtarzalności wyników pomiarów dla dwóch typów źródeł przy liczbie badanych sztuk jednego typu $n = 10$

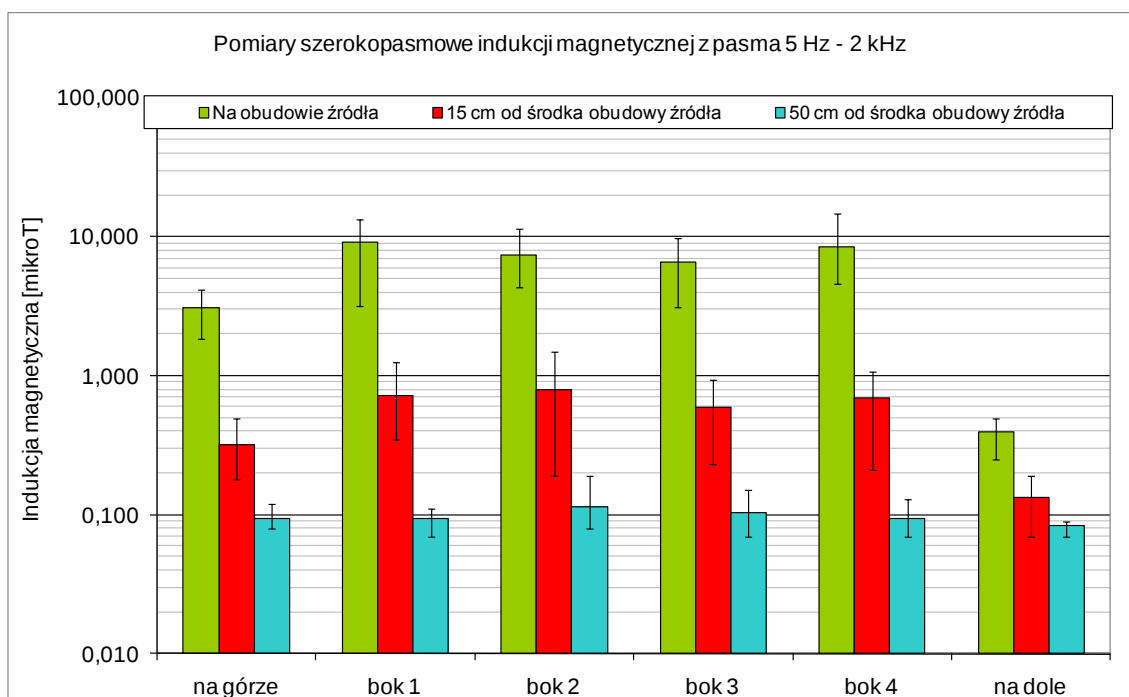
Parametr	Parathom R50, 6W,WW, 15D (19L)		DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825	
	L_B W/(m ² ·sr)	L_R W/(m ² ·sr)	L_B W/(m ² ·sr)	L_R W/(m ² ·sr)
średnia	62 790	1 051 097	708	13 760
odch. std	5 199	68 379	50,42	1547
min	56 676	969 821	624	11794
max	71 739	1 189 043	784	17519
min/max	0,79	0,82	0,79	0,67

B2.4.2. Ocena statystyczna reprezentatywności badanych urządzeń oświetleniowych w odniesieniu do pól elektromagnetycznych

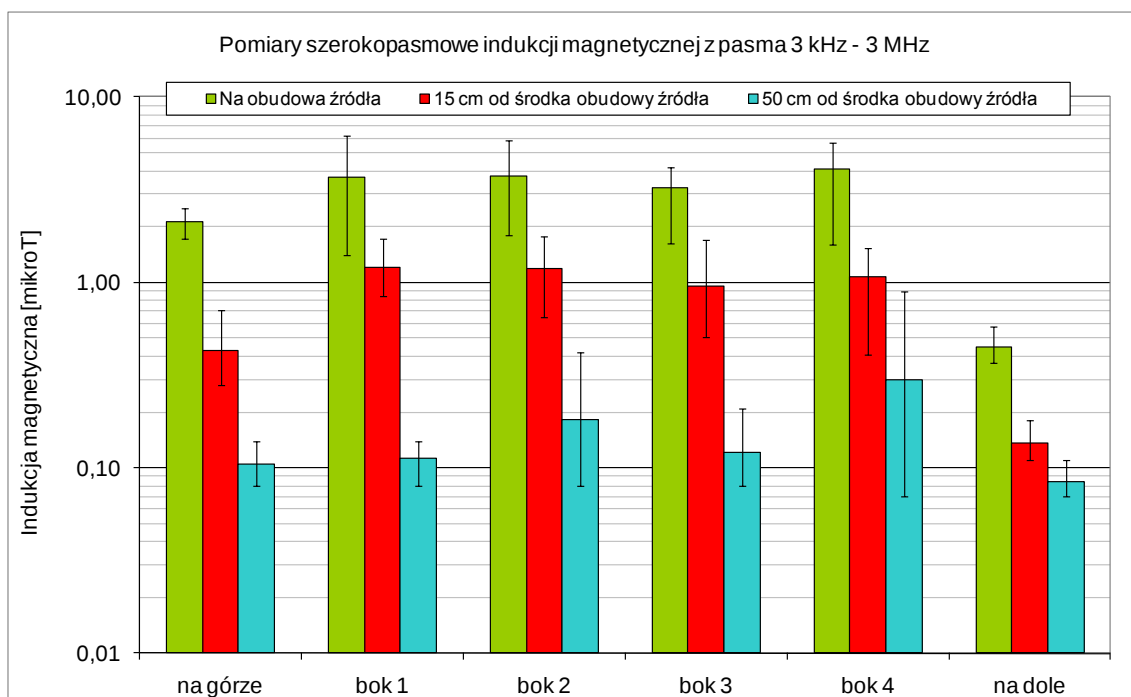
W celu dokonania oceny statystycznej reprezentatywności badanych urządzeń oświetleniowych wybrano jeden typ źródła (światłówkę kompaktową DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825 firmy OSRAM) charakteryzujący się największymi poziomami wytwarzanego pola elektromagnetycznego ze wszystkich źródeł objętych badaniami.

Ocenę statystyczną reprezentatywności badanego źródła światła pod względem emisji pola elektromagnetycznego wykonano dla 10 egzemplarzy ww. światłówki kompaktowej, mierząc dla każdego egzemplarza rozkład pola elektrycznego i magnetycznego według metodyki przedstawione w rozdziale B1.4.

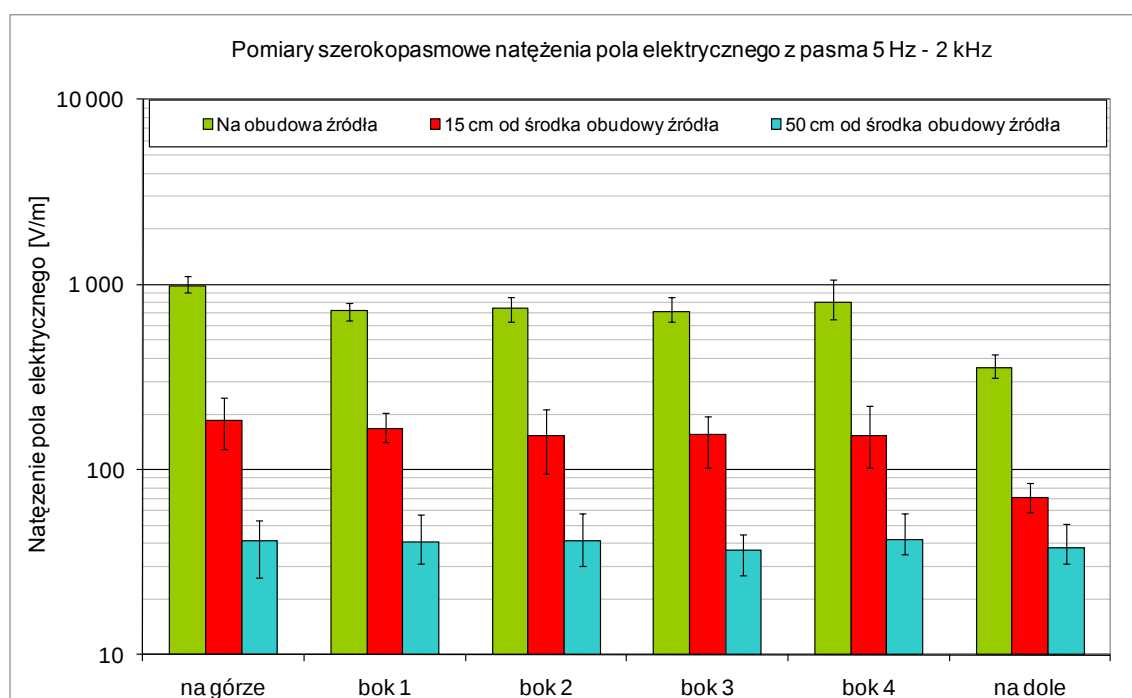
Na podstawie wyników pomiarów dla każdej lokalizacji sondy pomiarowej wyznaczono parametry statystyczne charakteryzujące powtarzalność charakterystyk emisji pól elektromagnetycznych przez poszczególne światłówki. Wyniki zmierzonych wartości średnich, maksymalnych i minimalnych natężenia pola elektrycznego i indukcji magnetycznej zaprezentowano na rys. B2.7 – B2.10.



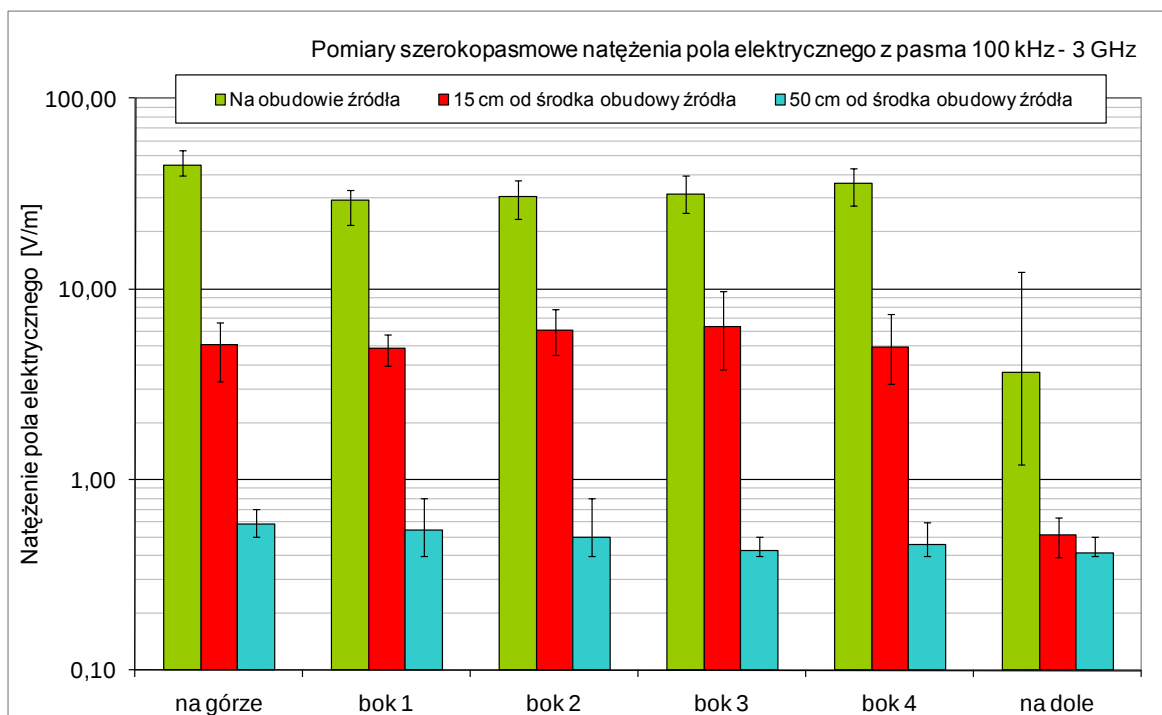
Rys. B2.7. Wartości średnie oraz maksymalne i minimalne indukcji magnetycznej, wyznaczone z szerokopasmowych pomiarów pola magnetycznego z pasma częstotliwości 5 Hz – 2 kHz dla 10 egzemplarzy światłówki kompaktowej DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825 firmy OSRAM



Rys. B2.8. Wartości średnie oraz maksymalne i minimalne indukcji magnetycznej, wyznaczone z szerokopasmowych pomiarów pola magnetycznego z pasma częstotliwości 5 kHz – 3 MHz dla 10 egzemplarzy świetlówki kompaktowej DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825 firmy OSRAM



Rys. B2.9. Wartości średnie oraz maksymalne i minimalne natężenia pola elektrycznego, wyznaczone z szerokopasmowych pomiarów pola elektrycznego z pasma częstotliwości 5 Hz – 2 kHz dla 10 egzemplarzy świetlówki kompaktowej DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825 firmy OSRAM



Rys. B2.10. Wartości średnie oraz maksymalne i minimalne natężenia pola elektrycznego, wyznaczone z szerokopasmowych pomiarów pola elektrycznego z pasma częstotliwości 100 kHz – 3 GHz dla 10 egzemplarzy świetlówki kompaktowej DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825 firmy OSRAM

Analiza wyników badań wskazuje, że wszystkie wyniki pomiarów, zawierające się między wartością maksymalną i minimalną, należą do przedziału o zakresie nie większym niż 44% wartości średniej z 10 pomiarów. Biorąc pod uwagę, że niepewność rozszerzona pomiarów pól elektromagnetycznych występujących w środowisku pracy (przy poziomie ufności 95% i dla współczynnik rozszerzenia $k=2$), wykonanych zaprezentowaną w rozdz. B1.4 aparaturą pomiarową jest szacowana na poziomie:

- 10% dla pomiarów pola elektrycznego w paśmie częstotliwości do 2 kHz
- 18% dla pomiarów pola elektrycznego w paśmie częstotliwości powyżej 2 kHz do 100 MHz
- 9 % dla pomiarów pola magnetycznego w paśmie częstotliwości do 2kHz
- 18,0% dla pomiarów pola magnetycznego w paśmie częstotliwości powyżej 2 kHz do 300 MHz

uzasadniony jest wniosek, że **przedstawione w sprawozdaniu wyniki badań cechuje pełna reprezentatywność w stosunku do poziomów pól elektromagnetycznych wytwarzanych przez urządzenia oświetleniowe badanych rodzajów.**

Różnice w poziomach pola elektrycznego i magnetycznego występującego w otoczeniu poszczególnych źródeł światła nie wpływają na wnioski wypływające z prezentowanej w niniejszym sprawozdaniu oceny emisyjności pola elektromagnetycznego, zaprezentowanej dla badanej świetlówki w tabeli A4.4 w oparciu o kryteria z rozdziału A3.3.3.

B3. WNIOSKI W KONTEKŚCIE PARAMETRÓW UŻYTKOWYCH I ZAGROŻEŃ ZWIĄZANYCH Z EMISJAMI ELEKTROMAGNETYCZNYMI BADANYCH URZĄDZEŃ OŚWIETLENIOWYCH

Zgodnie z celem niniejszej pracy naukowo-badawczej przedstawione poniżej wnioski dotyczą:

- **parametrów użytkowych**, do których zalicza się: moc źródła i odpowiadającą, temu same strumieniowi świetlnemu, moc tradycyjnej żarówki, strumień świetlny, trwałość oraz temperaturę barwową i wskaźnik oddawania barw
- **zagrożeń związanych z emisjami elektromagnetycznymi**, do których zalicza się zagrożenia fotobiologiczne promieniowania optycznego i zagrożenia pochodzące od pól elektromagnetycznych

badanych urządzeń oświetleniowych.

Analiza wyznaczonych parametrów użytkowych badanych źródeł światła wskazuje rodzaj ich przeznaczenia do celów oświetleniowych (oświetlenie: ogólne, miejscowe, zlokalizowane, akcentowe), lecz bez uwzględnienia ewentualnych zagrożeń dla użytkowników związanych z emisjami elektromagnetycznymi tych źródeł. Dopiero uwzględnienie wyznaczonych dla tych samych źródeł parametrów emisji elektromagnetycznych pozwala na zweryfikowanie rodzaju ich przeznaczenia tak, aby podczas ich stosowania do danego rodzaju oświetlenia nie występowały szkodliwe dla zdrowia ekspozycje na emisje elektromagnetyczne.

B3.1. Wnioski z wyników pomiarów parametrów użytkowych

Poniżej przedstawiono wyniki analizy parametrów użytkowych badanych źródeł światła na podstawie wyników badań zestawionych w tabeli B3.1 pod względem ich możliwości

stosowania do poszczególnych rodzajów oświetlenia a także deklarowanych przez producenta i wyznaczonych z pomiarów wskaźnika oddawania barw i temperatury barwowej.

- **Do grupy źródeł przeznaczonych do oświetlenia akcentowego** można zaliczyć cztery spośród badanych źródeł (5L, 16L, 26L). W przypadku dwóch źródeł: PARATHOM GLOBE G95 3W, WW (5L) i LED Novallure 2W (16L) nie uzyskano wartości 500 lx przy minimalnej dopuszczalnej przez normę [30] odległości pomiaru wynoszącej 0,2 m. natomiast dla źródła Econic 5W PHILIPS (26L) $d_{500lx} = 0,29$ m. W związku z przyjętymi kryteriami (opisanymi w rozdziale A3.2) ww. trzy źródła najlepiej nadają się do stosowania jako oświetlenie akcentowe.
- **Do grupy źródeł przeznaczonych do oświetlenia miejscowego** można zaliczyć 15 świetlówek (1S, 2S, 3S, 14S, 23S, 24S, 27S, 30S, 31S, 32S, 33S, 34S, 35S, 36S, 37S), 3 źródła ledowe (6L, 13L i 29L) oraz 2 żarówki halogenowe (21H, 22H) - w sumie 20 źródeł, które najlepiej nadają się do oświetlenia miejscowego.
- **Do grupy źródeł przeznaczonych do oświetlenia ogólnego lub zlokalizowanego**, można zaliczyć 7 źródeł ledowych (7L, 8L, 9L, 10L, 11L, 12L, 19L), 6 świetlówek (4S, 15S, 38S, 39S, 40S, 41S) i 5 żarówek halogenowych (17H, 18H, 20H, 25H, 42H). Zgodnie z przyjętymi kryteriami osiemnaście badanych źródeł najlepiej nadaje się do zastosowania w oprawach oświetlenia ogólnego lub zlokalizowanego.
- **Wskaźnik oddawania barw deklarowany a wyznaczony z pomiarów.** Tylko dwie spośród badanych świetlówek nie spełniły wymagania wskaźnika oddawania barw wynoszącego co najmniej 80, pomimo deklaracji producenta. Były to: TORNADO HIGH LUMEN 45W/827 (38S) i MASTER PL-Electronic 33W/865 (41S) obie produkcji PHILIPS. W przypadku badanych źródeł ledowych deklarowana wartość wskaźnika oddawania barw wynosiła od 60 do 80. Dla sześciu źródeł ledowych (z trzynastu badanych) producenci nie podali wartości tego parametru. Tylko dla jednego źródła ledowego Master LED NR 63 MV 7 W, 40D (4200 K) PHILIPS (8L) wartość wskaźnika oddawania barw wyznaczonego z pomiarów była mniejsza od deklarowanego i wynosiła 67, a nie 70. Natomiast dla źródła LED Novallure 2 W PHILIPS (16L) wartość wskaźnika oddawania barw wyznaczonego z pomiarów była większa od deklarowanego w katalogu producenta i wynosiła 83, a nie 60. Uzyskana z pomiarów wartość wskaźnika oddawania barw wszystkich żarówek halogenowych jest zawarta w przedziale 98 – 100 co oznacza, że jest on zgodny z wartością podawaną w literaturze [25] i przy ich stosowaniu występuje bardzo dobre oddawanie barw przedmiotów oświetlanych.
- **Temperatura barwowa deklarowana a wyznaczona z pomiarów.** Dziewiętnaście badanych świetlówek miało deklarowaną barwę ciepłą i wszystkie oprócz jednej -

TORNADO HIGH LUMEN 45W/827 PHILIPS (38S) stwierdzono pełną zgodność wartości deklarowanych temperatury barwowej z uzyskanymi z pomiarów. Ww. świetlówka zaliczona została, zgodnie z kryteriami przedstawionymi w rozdziale A3.2, do grupy barw pośrednich ze względu na wartość temperatury barwowej, która wynosiła 3 681 K. Natomiast świetlówka MASTER PL-Electronic 33W/865 PHILIPS (41S) pomimo, że wartość pomiarowa jej temperatury barwowej wynosiła 5 777 K, zamiast deklarowanej 6 500 K, to zawiera się ona nadal w grupie barw zimnych.

- Na podstawie powyższych analiz wyników pomiarowych wskaźnika oddawania barw i temperatury barwowej można stwierdzić, że dla 18% z badanych źródeł światła wyniki były rozbieżne w stosunku do deklarowanych przez producenta w przypadku wskaźnika oddawania barw i dla 12% - w przypadku temperatury barwowej. Ponieważ tylko siedem z badanych źródeł światła pochodziło od tzw. producentów „niemarkowych” nie można - zdaniem autorów - postawić generalnego wniosku, że te źródła są „gorsze” lub „lepsze”, w aspekcie tych dwóch parametrów, w stosunku do źródeł pochodzących od producentów uznanych na rynku.

Tabela B3.1.

Zestawienie wartości wskaźnika oddawania barw oraz temperatury barwowej - deklarowanych przez producenta z wyznaczonymi na podstawie pomiaru widma oraz odległości źródła, przy której uzyskano natężenie oświetlenia wynoszące 500 lx.

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	$R_a^{1)}$ deklarowane [-]	$R_a^{2)}$ wyznaczone [-]	$T_c^{1)}$ deklarowane [K]	$T_c^{2)}$ wyznaczone [K]	$d_{500lx}^{3)}$ [m]
ŚWIETŁÓWKI KOMPAKTOWE								
1.	1S	DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825	OSRAM	85	80	2 500	2200	0,42
2.	2S	SPOT 63 ES 11W	GE	bd	82	bd	2673	0,45
3.	3S	LS-M 18W 2700 K	APOLLO ⁶⁾	bd	82	2 700	2602	0,355
4.	4S	PAR38 Downlighter ES 23W/827	PHILIPS	80	81	2 700	2608	0,88
5.	14S	Dulux Value Classic A 15W/827	OSRAM	80	82	2 700	2716	0,38
6.	15S	Mini Eco ES 20W	GE	bd	82	2 700	2563	0,55
7.	23S	DULUXSTAR Mini Ball 20W/2500 K	OSRAM	80 ⁴⁾	82	2 500	2369	0,47
8.	24S	ECO AMBIANCE 14W	PHILIPS	82 ⁴⁾	82	2 700 ⁴⁾	2703	0,4
9.	27S	PLATINUM 24W/827	POLUX ⁶⁾	80	81	2 700	2576	0,47
10	30S	Energy Saving 15W/2700 K	GE	bd	84	2 700	2616	0,41
11.	31S	DULUXSTAR Mini Ball 15W/2700 K	OSRAM	80 ⁴⁾	82	2 700	2634	0,41
12.	32S	Downlighter R80 20W/827	PHILIPS	80	81	2 700	2661	0,475
13.	33S	„Żarówka energooszczędna” 7W/2700 K	Budget ⁶⁾	bd	83	2 700	2543	0,35

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	R _a ¹⁾ deklarowane [-]	R _a ²⁾ wyznaczone [-]	T _c ¹⁾ deklarowane [K]	T _c ²⁾ wyznaczone [K]	d _{500lx} ³⁾ [m]
14.	34S	MASTER PL-Electronic 20W/827	PHILIPS	80	81	2 700	2713	0,5
15.	35S	„Żarówka energooszczędna” 15W, WW opal.	Budget ⁶⁾	bd	82	WW	2613	0,35
16.	36S	„Żarówka energooszczędna” 15W, WW	Budget ⁶⁾	bd	82	WW	2642	0,465
17.	37S	TORNADO CDL 23W/865	PHILIPS	80	83	6 500	6260	0,5
18.	38S	TORNADO HIGH LUMEN 45W/827	PHILIPS	80	71	2 700	3681	0,68
19.	39S	TORNADO 23W/827	PHILIPS	80	81	2 700	2679	0,51
20.	40S	MASTER PL-Electronic 33W/827	PHILIPS	80	81	2 700	2680	0,69
21.	41S	MASTER PL-Electronic 33W/865	PHILIPS	80	76	6 500	5777	0,67
ŹRÓDŁA LEDOWE								
22.	5L	PARATHOM GLOBE G95 3W, WW	OSRAM	60 ⁴⁾	60	3 000	2758	0,2
23.	6L	Active Jet AJE-W 4827WHP 2,8W/3500 K	ACTIVE JET ⁶⁾	bd	64	3 500	3244	0,4
24.	7L	AccentLED 4W, WW, 10D	PHILIPS	bd	76	WW	3019	1,53
25.	8L	Master LED NR 63 MV 7 W, 40D (4200 K)	PHILIPS	70 ⁴⁾	67	4 200	4145	1,04
26.	9L	POWER LED 3W, CW	KANLUX ⁶⁾	bd	75	CW	7486	1,09
27.	10L	PARATHOM PAR 16, 5W, WW, 20D	OSRAM	80 ⁴⁾	82	3 000 ⁴⁾	2909	0,83

Lp.	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	R _a ¹⁾ deklarowane [-]	R _a ²⁾ wyznaczone [-]	T _c ¹⁾ deklarowane [K]	T _c ²⁾ wyznaczone [K]	d _{500lx} ³⁾ [m]
28.	11L	PARATHOM PAR 16, 2W, CW, 30D	OSRAM	70 ⁴⁾	72	6 300 ⁴⁾	3107	0,57
29.	12L	ACRICHE R50, 4,5W, CW	ELGO	bd	72	5 700 - 6 300 ⁴⁾	7853	0,61
30.	13L	ACRICHE R50, 4,5W, WW	ELGO	bd	83	3 000 ⁴⁾	2778	0,46
31.	16L	LED Novallure 2W	PHILIPS	60 ⁴⁾	83	2 700 ⁴⁾	2673	0,2
32.	19L	PARATHOM R50, 6W, WW, 15D	OSRAM	80 ⁴⁾	85	3 000 ⁴⁾	3251	1,14
33.	26L	Econic 5W	PHILIPS	bd	84	bd	2996	0,29
34.	29L	PARATHOM CLASSIC A 40 8W/3000K	OSRAM	80 ⁴⁾	84	3 000	3106	0,37
ŻARÓWKI HALOGENOWE								
35.	17H	HALOPAR 20 ALU 50W, 30D	OSRAM	100	100	3000 - 3200 ⁵⁾	2693	1,32
36.	18H	HALOGEN SPOT R63 ES 42W, 30D	OSRAM	100	100	3000 - 3200 ⁵⁾	2499	1,33
37.	20H	Eco Classic 30 Dimmable 140W	PHILIPS	100	100	3000 - 3200 ⁵⁾	2824	0,72
38.	21H	Eco Classic Dimmable 70W	PHILIPS	100	100	3000 - 3200 ⁵⁾	2754	0,48
39.	22H	Eco Classic 30 Dimmable 105W	PHILIPS	100	100	3000 - 3200 ⁵⁾	2797	0,47
40.	25H	HALOGEN SPOT R50 ES 28W, 30D	OSRAM	100	99	3000 - 3200 ⁵⁾	2407	0,71
41.	42H	Eco Classic Dimmable 20W ES	PHILIPS	100	98	3000 - 3200 ⁵⁾	2709	0,67

R_a - wskaźnik oddawania barw [-]T_c - temperatura barwowa [K]

bd - brak danych

CW – temperatura barwowa zimna (chłodnobiała), WW – temperatura barwowa ciepła (ciepłobiała)

¹⁾ na podstawie deklaracji producenta

²⁾ parametr wyznaczony z pomiarów spektrometrycznych

³⁾ odległość źródła, przy której uzyskano natężenie oświetlenia 500 lx

⁴⁾ dane na podstawie katalogu producenta

⁵⁾ wartość temperatury barwowej żarówek halogenowych przyjęto na podstawie danych literaturowych [14]

B3.2. Wnioski z wyników badań zagrożeń związanych z emisjami elektromagnetycznymi

B3.2.1. Zagrożenia fotobiologiczne

Na podstawie analizy wyników badań parametrów zagrożenia fotobiologicznego promieniowania optycznego emitowanego przez zbadane w pracy źródła światła (patrz tabela B3.2) można stwierdzić, co następuje:

- tylko jedno źródło światła zakwalifikowano do grupy wolnej od ryzyka (8L),
- 30 źródeł światła zakwalifikowano do grupy ryzyka 1 (niskie ryzyko) - ze względu na zagrożenie siatkówki światłem niebieskim oraz w 4 przypadkach jednocześnie ze względu na zagrożenie aktyczne UV,
- 10 źródeł światła zakwalifikowano do grupy ryzyka 2 (umiarkowane ryzyko) - ze względu na zagrożenie siatkówki światłem niebieskim oraz w 3 przypadkach jednocześnie ze względu na zagrożenie termiczne siatkówki oka,
- żadne z badanych źródeł światła nie zakwalifikowano do grupy ryzyka 3 (wysokie ryzyko),
- przy ekspozycji na promieniowanie optyczne pochodzące od wszystkich badanych źródeł światła nie występuje żadne z poniższych zagrożeń (co wynika z klasyfikacji do grupy wolnej od ryzyka):
 - termiczne rogówki i soczewki oka
 - termiczne skóry
 - fotochemiczne soczewki oka (bliskim UV)
- przy ekspozycji oka na promieniowanie optyczne pochodzące od wszystkich badanych źródeł największe zagrożenie, choć na niskim lub umiarkowanym poziomie, występuje dla siatkówki oka światłem niebieskim (w przypadku 40 badanych źródeł) oraz termiczne (w przypadku 3 badanych źródeł),
- wszystkie badane świetlówki kompaktowe (21 sztuk) zakwalifikowano do grupy ryzyka 1 (niskie ryzyko) ze względu na zagrożenie siatkówki światłem niebieskim oraz w 2 przypadkach jednocześnie ze względu na zagrożenie aktyczne UV,
- spośród 13 badanych źródeł ledowych: 1 zakwalifikowano do grupy wolnej od ryzyka, 6 – do grupy ryzyka 1 oraz 6 do grupy ryzyka 2, ze względu na zagrożenie siatkówki światłem niebieskim (w tym dla jednego źródła (19L) jednocześnie ze względu na zagrożenie termiczne siatkówki oka),

- spośród 7 badanych żarówek halogenowych: 3 zakwalifikowano do grupy ryzyka 1 oraz 4 zakwalifikowano do grupy ryzyka 2 ze względu na zagrożenie siatkówki światłem niebieskim oraz w 2 przypadkach jednocześnie ze względu na zagrożenie termiczne siatkówki.
- Analizując zagrożenie promieniowaniem UV (tabela A5.2) można stwierdzić, że promieniowanie emitowane przez większość przypadków zbadanych źródeł (90%) nie stanowi zagrożenia dla zdrowia. Jedynie w 4 przypadkach (32S, 7L, 29L, 27S), co stanowi 10% badanych źródeł, stwierdzono występowanie niskiego ryzyka ze względu na zagrożenie aktyczne nieosłoniętej skóry i oczu. Dotyczy to dwóch rodzajów badanych źródeł światła: świetlówek i źródeł ledowych. Nie stwierdzono takiego zagrożenia od żarówek halogenowych.
- Umiarkowane ryzyko (grupa ryzyka 2) dla zagrożenia termicznego siatkówki okazało się stwierdzono tylko dla dwóch żarówek halogenowych (17H i 18H) i jednego źródła ledowego (19L). Jednocześnie dla tych źródeł występowało umiarkowane ryzyko ze względu na zagrożenie światłem niebieskim. Tym samym w przypadku tych trzech źródeł światła, spośród badanych, występuje największe zagrożenie siatkówki zarówno fotochemiczne (światłem niebieskim) jak i termiczne.

Tabela B3.2.

Zalecenia bezpiecznego i praktycznego stosowania badanych źródeł światła z uwzględnieniem parametrów użytkowych i zagrożenia fotobiologicznego

Lp	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Klasa efektywności energetycznej	Grupa ryzyka	Zalecany rodzaj oświetlenia uwzględniający parametry użytkowe i zagrożenia fotobiologicznego
ODPOWIEDNIKI ŻARÓWEK O MOCY DO 40 W						
ŚWIE TLÓWKI KOMPAKTOWE						
13.	33S	„Żarówka energooszczędna” 7W/2700 K (reflektorowa z bańką przezroczystą)	Budget	bd	1	miejscowe
ŹRÓDŁA LEDOWE						
22.	5L	PARATHOM GLOBE G95 3W, WW (bańka kulista przezroczysta)	OSRAM	bd	1	akcentowe
23.	6L	Active Jet AJE-W 4827WHP 2,8W/3500 K (reflektorowa)	ACTIVE JET	A	1	akcentowe
24.	7L	AccentLED 4W, WW, 10D (reflektorowa)	PHILIPS	bd	2	akcentowe
26.	9L	POWER LED 3W, CW (reflektorowa)	KANLUX	bd	2	akcentowe
27.	10L	PARATHOM PAR 16, 5W, WW, 20D (reflektorowa)	OSRAM	bd	2	akcentowe
28.	11L	PARATHOM PAR 16, 2W, CW, 30D (reflektorowa)	OSRAM	bd	2	akcentowe

Lp	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Klasa efektywności energetycznej	Grupa ryzyka	Zalecany rodzaj oświetlenia uwzględniający parametry użytkowe i zagrożenia fotobiologicznego
29.	12L	ACRICHE R50, 4,5W, CW (reflektorowa)	ELGO	bd	2	akcentowe
30.	13L	ACRICHE R50, 4,5W, WW (reflektorowa)	ELGO	bd	1	miejscowe / akcentowe
31.	16L	LED Novallure 2W (kulka przezroczysta)	PHILIPS	bd	1	akcentowe
32.	19L	PARATHOM R50, 6W, WW, 15D (reflektorowa)	OSRAM	bd	2	akcentowe / ogólne
33.	26L	Econic 5W (kulka opalizowana)	PHILIPS	A	1	akcentowe
ODPOWIEDNIKI ŻARÓWEK O MOCY 40 W (DO 60 W)						
ŹRÓDŁA LEDOWE						
25.	8L	Master LED NR 63 MV 7 W, 40D (4200 K); (reflektorowa)	PHILIPS	bd	wolna od ryzyka	zlokalizowane / ogólne
34.	29L	PARATHOM CLASSIC A 40 8W/3000K (kulka opalizowana)	OSRAM	A	1	akcentowe
ŻARÓWKI HALOGENOWE						
40.	25H	HALOGEN SPOT R50 ES 28W, 30D (reflektorowa)	OSRAM	C	1	akcentowe

Lp	Symbol źródła	Typ źródła	Producent	Klasa efektywności energetycznej	Grupa ryzyka	Zalecany rodzaj oświetlenia uwzględniający parametry użytkowe i zagrożenia fotobiologicznego
41.	42H	Eco Classic Dimmable 20W ES (bańka przezroczysta)	PHILIPS	B	1	zlokalizowane
ODPOWIEDNIKI ŻARÓWEK O MOCY 60 W						
ŚWIETŁÓWKI KOMPAKTOWE						
1.	1S	DuluxStar TARGET SPOT R63 11W/825 (reflektorowa)	OSRAM	bd	1	miejscowe
2.	2S	SPOT 63 ES 11W (reflektorowa)	GE	bd	1	miejscowe
5.	14S	Dulux Value Classic A 15W/827 (bańka mleczna)	OSRAM	A	1	miejscowe / zlokalizowane
12.	32S	Downlighter R80 20W/827 (reflektorowa)	PHILIPS	bd	1	zlokalizowane
15.	35S	„Żarówka energooszczędna” 15W, WW opal. (bańka opalizowana)	Budget	A	1	miejscowe
16.	36S	„Żarówka energooszczędna” 15W, WW (nieosłonięte rurki)	Budget	A	1	zlokalizowane
ŻARÓWKI HALOGENOWE						
35.	17H	HALOPAR 20 ALU 50W, 30D (reflektorowa)	OSRAM	bd	2	ogólne

B3.2.2. Zagrożenia związane z polami elektromagnetycznymi

Poniżej przedstawiono analizę zagrożeń związanych z wytwarzaniem przez zbadane źródła światła pól elektromagnetycznych, w oparciu o tabelaryczne zestawienia wyników badań (tabele A4.4, B2.3, B2.4, B2.5) i zaproponowane w rozdziale A3.3.3. kryteria oceny.

- Tradycyjne źródła żarowe (żarówki głównego szeregu) wytwarzają sinusoidalnie zmienne pole magnetyczne i elektryczne o częstotliwości przemysłowej (50 Hz) bez obecności w widmie częstotliwości pola emitowanego przez żarówki głównego szeregu wyższych harmoniczných. Pole magnetyczne przy żarówkach głównego szeregu przekracza poziom typowy dla pomieszczeń biurowych (Poziom 0, według zaproponowanych kryteriów oceny emisji pola elektromagnetycznego) tylko bezpośrednio przy żarówce – już w odległości 15 cm wszystkie składowe pola magnetycznego żarówki nie przekraczają tego poziomu. Jedynie pole elektryczne o częstotliwości 50 Hz, emitowane przez instalację zasilającą, przekracza Poziom 0 w otoczeniu nieosłoniętych żarówek i kabli, jednakże jest to składowa pola elektromagnetycznego, którą można bardzo łatwo wyeliminować z otoczenia stosując proste ekranowanie kabla i oprawy oświetleniowej.
- Biorąc pod uwagę charakterystykę pól elektromagnetycznych emitowanych przez żarówki głównego szeregu należy stwierdzić, że wobec uzyskanych wyników badań laboratoryjnych różnego typu urządzeń oświetleniowych, które mogą pełnić rolę zamienników żarówek ze względu na właściwości emitowanego światła widzialnego, żaden zamiennik nie reprezentuje zbliżonych do żarówki lub lepszych właściwości w zakresie parametrów pól elektromagnetycznych ocenianych ze względu na poziom ich oddziaływania na ludzi.
- Ze względu na to, że poziom pól elektromagnetycznych zmniejsza się w miarę oddalania od źródła pola, właściwe dobranie zamienników żarówek powinno uwzględniać odległość urządzenia oświetleniowego od pracujących w jego otoczeniu ludzi. Podstawowym rozróżnieniem możliwości zastosowania danego źródła światła ze względu na wytwarzane przez źródło światła pola elektromagnetyczne powinien być, podobnie jak przy doborze parametrów użytkowych oświetleniowych, rodzaj oświetlenia: ogólne, zlokalizowane i miejscowe, do których może być ono dedykowane.
- Przyjmując, że pożądane jest aby na pracownika nie oddziaływało pole elektromagnetyczne od urządzeń oświetleniowych o poziomie przekraczającym granicę Poziomu 0, jedynie żarówki eksploatowane w oprawach metalowych spełniają takie kryteriów we wszystkich przypadkach ww. rodzaju oświetlenia.

- Zamienne żarówki głównego szeregu wytwarzają pola elektromagnetyczne z szerokiego pasma częstotliwości. Świetlówki kompaktowe zintegrowane oraz diody elektroluminescencyjne wytwarzają silnie zniekształcone pola elektromagnetyczne małej częstotliwości o częstotliwości podstawowej 50 Hz lub 100 Hz i wyższych harmonicznym, o przebiegu ciągłym (bez modulacji impulsowej). Pola te są wytwarzane przez układy zasilania źródeł światła. Świetlówki kompaktowych dodatkowo wytwarzają one pola z pasma średnich częstotliwości (o częstotliwościach podstawowych z pasma 10-75 kHz), także o przebiegu ciągłym (bez modulacji impulsowej) wskutek procesu elektroluminescencji i wyładowań gazowych. Żarówki halogenowe wytwarzają pola elektromagnetyczne małej częstotliwości o częstotliwości podstawowej 50 Hz bez wyższych harmonicznym zidentyfikowanej częstotliwości podstawowej (przebieg sinusoidalny).
- Przy dobieraniu zamienników żarówek głównego szeregu do opraw oświetleniowych znajdujących się bezpośrednio na stanowiskach pracy (oświetlenie miejscowe), należy unikać świetlówek kompaktowych zintegrowanych, ze względu na wytwarzanie przez nie pola średniej częstotliwości. Przy stosowaniu świetlówek kompaktowych zintegrowanych w oprawach znajdujących się w odległości kilku metrów od miejsca stałego przebywania pracownika (oświetlenie ogólne lub zlokalizowane) ze względu zmniejszanie się poziomu narażenia wraz z oddalaniem się od źródła pola, oddziaływanie pól średnich częstotliwości od świetlówek jest zaniedbywalne.
- Urządzenia oświetleniowe, w otoczeniu których zidentyfikowano występowanie pól elektromagnetycznych z kategorii Poziom 4, tj. występowanie w danym miejscu w otoczeniu źródła światła pola elektromagnetycznego strefy niebezpiecznej zdefiniowanej w przepisach prawa pracy [41], powinny być stosowane jedynie w oprawach znajdujących się w odległości co najmniej 1 m od miejsc stałego przebywania pracowników (oświetlenie ogólne).
- Pole elektryczne z zakresu średnich częstotliwości może w otoczeniu wszystkich świetlówek kompaktowych w odległościach mniejszych od 50 cm osiągać poziomy odpowiadające strefom ochronnym dla ekspozycji zawodowej. W odległościach większych niż 50 cm pole elektryczne nie przekracza wartości dopuszczalnych dla ekspozycji ogółu ludności.
- Poziom pola elektrycznego małej częstotliwości świetlówek kompaktowych jest porównywalny z poziomem pola wytwarzanym przez żarówki głównego szeregu i w odległościach większych od 50 cm osiąga typowe wartości występujące w otoczeniu układów i instalacji zasilającej 230 V (kilka- kilkanaście V/m).

- W przypadku źródeł ledowych i halogenowych poziom emisji pola magnetycznego jest porównywalny z emisją żarówek głównego szeregu i nie przekracza on poziomów uznawanych za bezpieczne dla pracowników z punktu widzenia postanowień przepisów BHP. Natężenie pola elektrycznego z uwagi na zasilanie źródeł napięciem 230 V nie odbiega od poziomów występujących przy innych układach i instalacjach zasilających 230 V.
- Spośród 3 grup zamienników żarówek głównego szeregu: świetlówek kompaktowych zintegrowanych, żarówek halogenowych oraz diód elektroluminescencyjnych najniższymi poziomami emisji pól elektromagnetycznych charakteryzują się żarówki halogenowe oraz diody elektroluminescencyjne i one powinny być stosowane w pierwszej kolejności zamiast żarówek, szczególnie w przypadku oświetlenia miejscowego stanowisk pracy, kiedy pracownik znajduje się blisko oprawy oświetleniowej, np. przy wykonywaniu precyzyjnych prac wzrokowych.

B4. SZCZEGÓŁOWE WYNIKI POMIARÓW I OPRACOWANE CHARAKTERYSTYKI PARAMETRÓW EMISJI ELEKTROMAGNETYCZNYCH BADANYCH URZĄDZEŃ OŚWIETLENIOWYCH

W dalszej części sprawozdania podano szczegółowe wyniki pomiarów dla każdego źródła światła, obejmujące:

- wyniki pomiarów rozkładów widmowych: natężenia napromienienia z zakresu nadfioletu (200-400 nm), natężenia napromienienia z zakresu promieniowania widzialnego i podczerwonego (380-3000 nm) i luminancji energetycznej z zakresu (350-1100 nm)
- wyniki identyfikacji parametrów pola elektrycznego i magnetycznego
- wyniki analizy widmowej pola elektromagnetycznego występującego w otoczeniu źródeł światła z wykorzystaniem techniki analizy przebiegów metodą szybkiej transformaty Fouriera
- wyniki pomiarów szerokopasmowych wartości chwilowej natężenia pola elektrycznego i indukcji magnetycznej w otoczeniu źródeł światła w celu oceny rozkładu przestrzennego pola elektromagnetycznego o częstotliwościach z poszczególnych pasm w otoczeniu źródeł.

Opracowane charakterystyki parametrów emisji elektromagnetycznych obejmują rozkłady widmowe: natężenia napromienienia i luminancji energetycznej, widma amplitudowo-częstotliwościowe pola magnetycznego i elektrycznego wytwarzanego przez źródła światła oraz wyznaczone na ich podstawie parametry emisji elektromagnetycznych. Dla każdego z badanych źródeł światła w dalszej części rozdziału B4 przedstawiono opracowane charakterystyki emisji elektromagnetycznych.

