XVI KONFERENCJA

OŚWIETLENIE DRÓG I MIEJSCE PUBLICZNYCH - SPOSOBY ZARZĄDZANIA SYSTEMAMI OŚWIETLENIA

26-27 KWIETNIA 2023 R., WISŁA

Organizator

PTPiREE

Sponsor

Schréder
Experts in lightability™

Materiały konferencyjne
zostały przygotowane na podstawie
składów komputerowych
dostarczonych przez Autorów

Wydawca: Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej
ul. Wołyńska 22, 60-637 Poznań
tel. +48 61 846-02-00, fax +48 61 846-02-09
www.ptpiree.pl e-mail: ptpiree@ptpiree.pl

SPIS TREŚCI

Referaty zostały umieszczone w materiałach zgodnie z kolejnością nadsyłania

Nr sesji / Nr referatu	*Tytuł*	*Strona*
1/2	**Czy technika oświetlania błądzi? Błędy w naszym życiu – czy to dobrze, czy źle, że są?** *Danuta Baranowska (EduPlus Poland - Braga), dr inż. Paweł Baranowski (Wydz. Architektury Politechniki Poznańskiej)*	5
1/3	**Omówienie najważniejszych obowiązków dla gmin wprowadzonych na mocy ustawy z 7.10.2022 r. o szczególnych rozwiązaniach służących ochronie odbiorców energii elektrycznej w 2023 roku w związku z sytuacją na rynku energii elektrycznej oraz bieżących regulacji prawnych UE/krajowych obligujących do redukcji zużycia energii elektrycznej** *Mec. Tomasz Ogłódek (Kancelaria Radców Prawnych T. Ogłódek)*	23
2/1	**Możliwości redukcji zużycia energii elektrycznej przez oświetlenie wnętrzowe na przykładzie oświetlenia ciągu komunikacyjnego** *dr inż. Roman Sikora, dr inż. Przemysław Markiewicz (Politechnika Łódzka)*	35
2/2	**Analiza parametrów eksploatacyjnych wnętrzowych opraw oświetleniowych o regulowanym strumieniu świetlnym** *dr inż. Roman Sikora, dr inż. Przemysław Markiewicz, inż. Jakub Klimaszewski (Politechnika Łódzka)*	47
2/3	**Wymagania dotyczące ekoprojektu dla źródeł światła - weryfikacja parametrów fotometrycznych, kolorymetrycznych i elektrycznych** *dr inż. Roman Sikora, dr inż. Przemysław Markiewicz (Politechnika Łódzka)*	55
3/2	**Model biznesowy light as service** *dr hab. inż. Paweł Bartoszczuk (Szkoła Główna Handlowa w Warszawie)*	73
3/3	**Analiza efektywności układów zasilania w oprawach ze źródłami LED** *dr inż. Marek Kurkowski (Politechnika Częstochowska)*	83
4/2	**Rozkład luminancji na powierzchni diod elektroluminescencyjnych wykorzystywanych w oświetleniu drogowym** *dr inż. Dariusz Czyżewski (Politechnika Warszawska)*	93
4/3	**Konserwacja instalacji oświetlenia drogowego** *dr inż. Roman Sikora, dr inż. Przemysław Markiewicz (Politechnika Łódzka)*	95
1/4	**Przegląd wymagań normalizacyjnych dla oświetlenia drogowego w Stanach Zjednoczonych Ameryki** *dr inż. Dariusz Czyżewski (Politechnika Warszawska)*	107

CZY TECHNIKA OŚWIETLANIA BŁĄDZI?
BŁĘDY W NASZYM ŻYCIU – CZY TO DOBRZE, CZY ŹLE, ŻE SĄ?

Danuta Baranowska (EduPlus Poland)
Paweł Baranowski (EduPlus LDA - Portugalia)

MOTTO:

1. *Czytanie książek nie sprawia, że ktoś staje się mądrzejszy, podobnie jak jedzenie wołowiny nie zamienia człowieka w krowę.*
2. *W 1831 roku papież Grzegorz XVI zakazał używania latarni, bo nie po to Bóg wyraźnie rozgraniczył dzień i noc, żeby ktoś to zmieniał.*

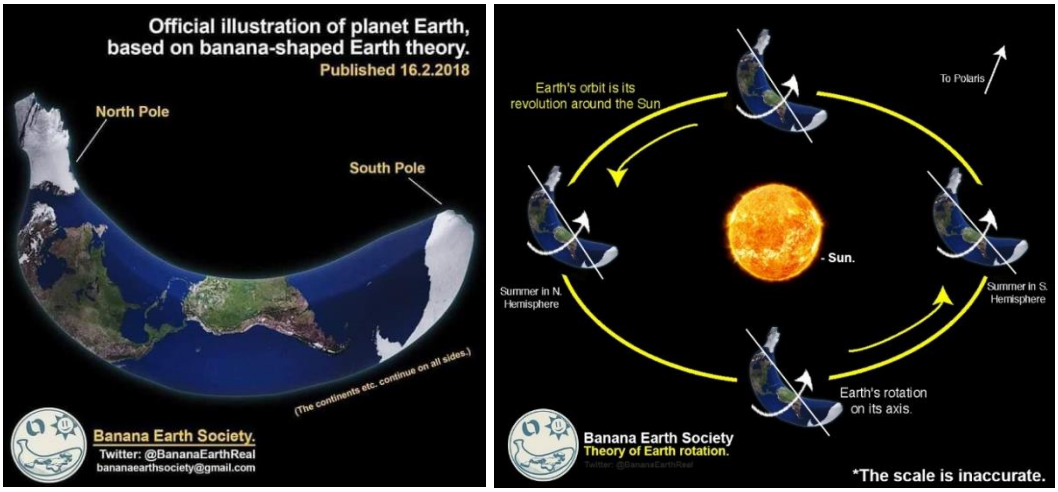
Prawda w oczy

Zauważyliście Państwo, jak przyjemnie jest mieć rację? Dotyczy to każdej sytuacji, bez względu czego ta racja dotyczy. Niestety, nasze racje nie wytrzymują konfrontacji z rzeczywistością. Święte prawdy jednego pokolenia staną się kłamstwem dla kolejnego. Nauka rozwija się i niegdysiejsze teorie stają się nieaktualne.

Nauczono nas w szkole, że coś może być albo prawdą albo fałszem. Zdanie może być prawdziwe i wtedy przypisujemy mu wartość logiczną 1, albo jest fałszywe i przyjmuje wartość 0. Jak coś nie jest prawdziwe, to jest fałszywe albo na odwrót. Trzeciej możliwości nie ma.

A tymczasem jest trzecia możliwość! Wtedy, gdy popełniamy błąd. Błąd nie jest to fałsz ani prawda. Jest to przekonanie, że coś jest jednym, wtedy, gdy w istocie jest tym drugim.

Na przykład – czy dla osób przekonanych, że Ziemia ma kształt banana, błędny jest przedstawiony na prawym rysunku model Układu Słonecznego?

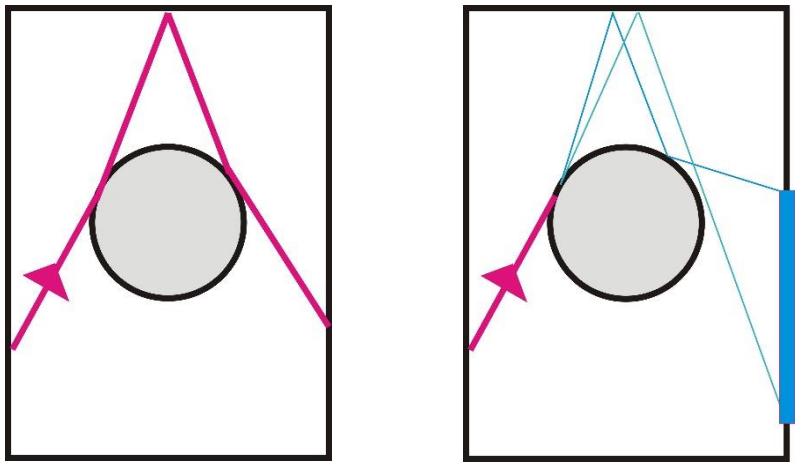


Rys 1. *Model Układu Słonecznego, według Banana Earth Society*

Decyzję w sprawie banana łatwo podjąć, opierając się na wiedzy naukowej. A czy błędem było to, że w 1831 papież Grzegorz XVI zakazał używania latarni, bo Bóg wyraźnie rozgraniczył dzień i noc? Tu odpowiedź jest trudniejsza. A czy błędny jest świetnie działający program Sameera Singha? Ten program to algorytm rozpoznawania i rozróżniania wilka i psa husky na fotografiach. Jest to program niezwykle skuteczny i wydawał się świetny, ale okazało się że pracował tak, że identyfikował każde zdjęcie, na którym był śnieg, jako zdjęcie wilka. Odpowiedź była prawidłowa, ale sposób jej uzyskania dyskusyjny. Nauczono nas w szkole, że implikacja jest zawsze prawdziwa, jeżeli teza jest prawdziwa. W codziennym życiu takim prawem logiki nie chcemy się posługiwać, bo wydaje się nam niestety absurdalne. Czy logika matematyczna oderwała się od rzeczywistości? Dlaczego królowa nauk uczy nieprawdy?

Rozważanie o błędach należałoby zacząć od definicji prawdy. I tu pojawi się pierwszy problem. W prosty sposób możemy powiedzieć, że prawda to zgodność z rzeczywistością, ale przecież taka zgodność może być na różne sposoby i z różnym skutkiem weryfikowana. Na przykład wynik wyborów albo ustalenie ojcostwa ma zupełnie inny wymiar i konsekwencje niż odpowiedź na pytanie żony, czy dobrze wygląda w niebieskiej sukience. A skąd wiemy, że Bóg nie życzy sobie używania latarni ulicznych? Czy dogmat nieomylności papieskiej jest dla wszystkich wystarczającym argumentem, tym bardziej, że został ogłoszony 39 lat później od tej nieszczęsnej decyzji w sprawie latarni. Czy dogmat o nieomylności działa wstecz?

Istotnym pojęciem jest waga błędu (na przykład omyłka co do miejsca, w którym położyłem kluczyki od auta, albo omyłkowe naciśnięcie przycisku uruchamiającego rakietę dalekiego zasięgu, skierowaną w Kreml) generują trudności z porównywaniem prawd. Poprzestaniemy na dwóch niewystarczających definicjach z różnych obszarów – błąd to albo odstępstwo od prawdy, albo zaburzenie pewności co do przekonań (a przykład, gdy zawiedliśmy się na małżonku lub partii politycznej). Z tych definicji wynika, że nigdy nie możemy mieć uczucia „bycia w błędzie”. Błędy popełniamy nieświadomie i w dobrej wierze. Do tego zawsze uważamy, że mamy rację! Zwróćmy uwagę, że konsekwencje błędu mogą być bardzo duże. Ilustruje to rysunek 1. Niewielkie odchylenie od kierunku uderzenia w kulę bilardową powoduje po trzecim odbiciu bardzo dużą rozbieżność trafień.



Rys. 2. *Niewielkie odchylenia od kierunku uderzenia kuli bilardowej powoduje znaczne różnice ostatecznych trafień*

Jeśli nawet uświadomimy sobie, że jakieś przekonanie było mylne, to natychmiast zastępujemy je nowym i zapominamy lub uznajemy za nieważne to dotychczasowe. Jest to ewidentne w nauce. Nowa prawda wypiera starą. Na lekcjach fizyki nie uczy się już podstaw systemu

geocentrycznego, albo teorii flogistonu. A czy mamy świadomość, że współczesne teorie, na których opieramy widzenie świata okażą się też w przyszłości błędne i zapomniane?

Przecież już wiadomo, że takie osiągnięcia nauki, do których jeszcze nie dorośliśmy (na przykład teoria strun, współczynnik IQ, …) są już przestarzałe i niesłuszne. Nie lubimy sytuacji, w których dobrze poukładany świat okazuje się nieprawdziwy. Przeżywamy rozczarowanie, jak dzieci, które dowiadują się, że to nie święty Mikołaj przynosi prezenty…

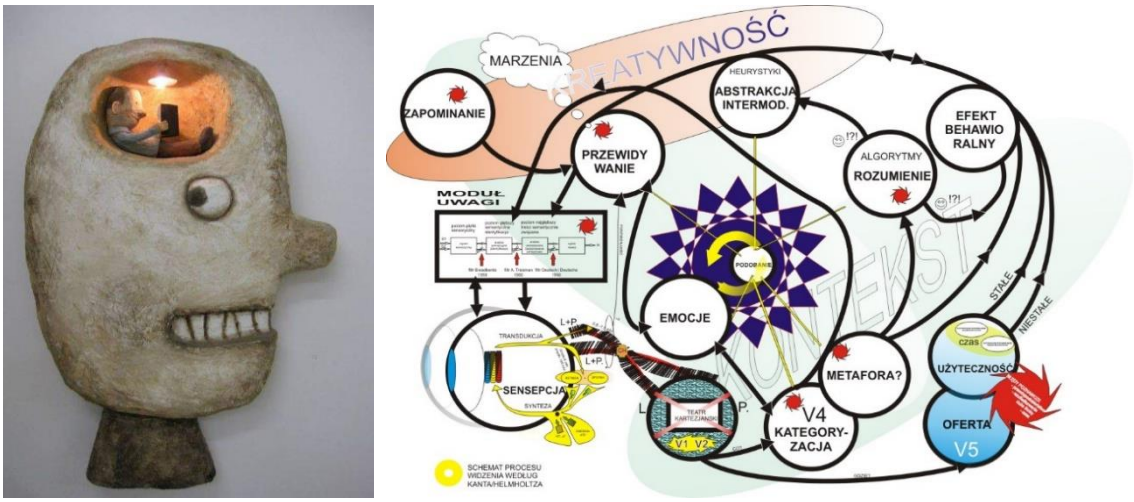
Co sądzimy o popełnianiu błędów?

Pierwsza nasuwająca się odpowiedź jest taka, że błędów należy unikać. Popełnienie błędu jest uważane za okoliczność wstydliwą i nie chcemy się do tego przyznać. Aż dziwne, że są kultury, w których błąd jest okazją do wyciągania wniosków i że specjalnie się go nagłaśnia a osoby które popełniły błąd awansują w hierarchii społecznej, bo mają dzięki niemu większe doświadczenie.

Zapraszam Czytelnika na wspólną wyprawę do krainy błędów. Zaczniemy od najprostszych dotyczących percepcji, później poznamy błędy związane z pracą umysłu, ze schematami interpretacji danych zmysłowych, omówimy błędy w relacjach społecznych, błędy popełniane w przestrzeni publicznej oraz zgubne dla ludzkości błędy w skali całych ginących cywilizacji.

A kiedy już to wszystko prześledzimy, to postawię tezę, że to dzięki błędom gatunki przystosowują się do środowiska i rozwijają się. Dzięki błędom rozwija się nauka, sztuka i ogólnie myśl ludzka. Błędy są źródłem humoru, wiedzy a przede wszystkim pozytywnych zmian. Błędy mogą stanowić źródło nadziei albo śmiertelne zagrożenie. Taką tezę zamierzam zilustrować na różnych, coraz bardziej zaawansowanych poziomach - na poziomie zmysłów, umysłu, relacji społecznych, kultury i cywilizacji.

Pomocny w tych rozważaniach okaże się nowy schemat procesu widzenia, według Helmholtza.



Rys. 3. *Dotychczasowy model procesu widzenia (w głowie powstaje kolorowy telewizor, na którym oglądamy świat) oraz proponowany przez Autorów model Helmholtza (bardziej prawdopodobny)*

Model Helmholtza był przedmiotem wcześniejszych prezentacji na Konferencjach PTPiREE. Nikomu nie chce się nim zajmować, bo wygląda na zbyt skomplikowany, a my preferujemy proste wyjaśnienia.

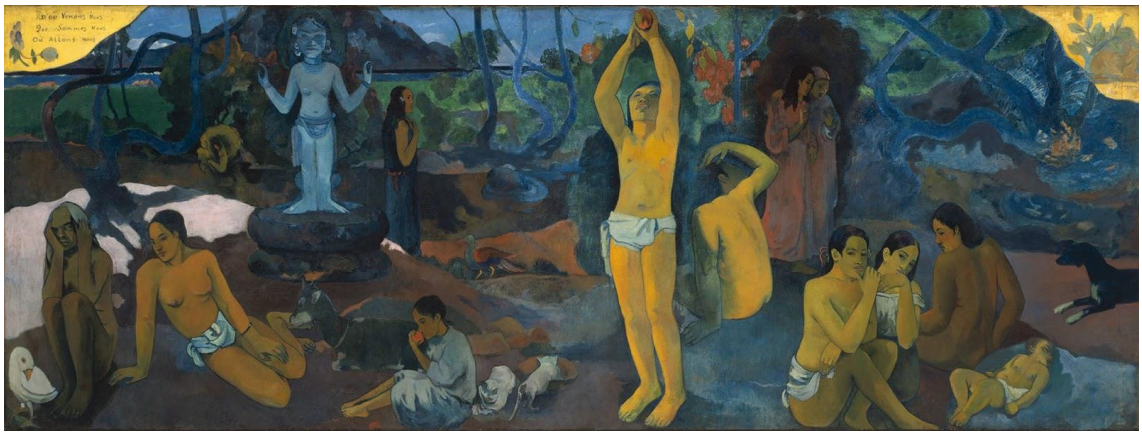
I okazuje się nieważnym, że stosowany przez nas jako podstawa techniki oświetlania model pochodzi z czasów (1834), kiedy jeszcze nie wynaleziono żarówki (w 1838 roku Marcellin Jobard badał włókno węglowe żarzące się w próżni a Edison opatentował żarówkę dopiero w 1860 roku). Dla zobrazowania, jak dawno powstał model widzenia według Műllera dodam, że w 1834 roku ukazało się w Paryżu pierwsze wydanie Pana Tadeusza. Ważne i wystarczające dla nas okazuje się to, że model coś tam wyjaśnia, a że wyjaśnia źle, cząstkowo lub wcale, to już nie nasz problem.

Dla zrozumienia procesów zachodzących w umyśle podczas percepcji wzrokowej wspomniany i powszechnie używany model Műllera jest tak samo pożyteczny, jak model z bocianem tłumaczący skąd się biorą dzieci. Dlatego proponuję model oparty o rozważania Kanta-Helmholtza, który pozwala wyjaśnić niezrozumiałe dotychczas zagadki procesu widzenia (na przykład dlaczego jeden malarz widzi inaczej od drugiego (rys.4a.) albo dlaczego zapłacimy w sklepie 80 złotych za butelkę whisky, przy której napisano, że kosztuje 46 złotych – rys 4b)

Rys. 4. *Model Helhmoltza pozwala wyjaśnić niezrozumiałe dotąd zagadki ludzkości*

Dokąd zmierzamy? Trzy pytania Paula Gauguina

W 1891 roku malarz Paul Gauguin wyjechał z Francji na Haiti. Malował tamtejsze dziewczęta oraz poszukiwał „szlachetnego dzikusa” uosabiającego proste, prawdziwe życie, pozbawione sztuczności i konwenansów. W tym czasie na skutek osobistego kryzysu (wiadomość o śmierci córki w 1897) namalował mural, który jest uważany za jedno z największych dzieł, podsumowujących przemyślenia artysty. Na muralu zawarł w lewym górnym narożniku trzy fundamentalne pytania: „Skąd przychodzimy? Kim jesteśmy? Dokąd zmierzamy?



Rys. 5. *Trzy pytania Paula Gauguina (w lewym górnym rogu)*

Obraz (rys.5.) odzwierciedla stan psychiczny malarza, chorego i rozczarowanego europejskim życiem. Autor zalecał, aby oglądać obraz od prawej, rozpoczynając od śpiącego dziecka. Postacie rozmyślają nad ludzką egzystencją. Kobieta z lewej, bliska śmierci, zrezygnowana akceptuje swój los.

Możemy podjąć próbę odpowiedzi na trzecie z pytań Gauguina. Jeśli analizujemy kurs statku, którego historię i kierunek znamy, to potrafimy określić cel do którego zmierza. Nasze życie, mimo chwilowych zawirowań zmierza w nieodwracalnym kierunku, poprawy. Oceniamy postęp poprzez rozwój techniki. Maczuga jest skuteczniejsza od pięści a pocisk wypiera strzałę ale gdzie jest kres? W Chinach wynaleziono proch, powstały fajerwerki petardy, pociski, bomby... i ludzkość zrobiła kolejny krok naprzód. Pojawiła się bron atomowa. Postęp zaszedł zbyt daleko. Obecny postęp jest tak dynamiczny, że może zagrozić planecie (np. efekt cieplarniany albo nieodpowiedzialne decyzje przywódców)..

Demon zagłady towarzyszy ludzkości od czasów kiedy postęp nabrał rozpędu. W roku 1600 nauka nie miała znaczenia. Ksiądz i wróżka stanowili autorytet wyjaśniający problemy geologiczne (wiek ziemi). Szekspir pisał, że niebo to zawieszone stropy i dach z szafiru.

James Ussher i John Lightfoot określili dokładny czas stworzenia świata "Święta Trójca stworzyła człowieka 23 października 4004 roku przed Chrystusem, o dziewiątej rano".

Dopiero Charles Lyell opublikował w latach trzydziestych XIX wieku „Zasady Geologii”, w których napisał, że Ziemia jest 10 razy starsza, niż wynika to z Biblii. Powstała przestrzeń dla teorii Darwina („O powstawaniu gatunków” 1871). Tak jak dzieci, które dowiadują się, że to nie bocian... tak opinia publiczna traciła zaufanie do dawnych mitów.

Kiedy Gauguin zadawał pytania umieszczone na muralu, Maria Skłodowska pracowała nad promieniotwórczością a na podstawie prawa rozpadu Bertram Boltwood i Ernest Rutherford udowodnili w 1907 roku, że wiek ziemi należy liczyć w miliardach lat a człowiek pojawił się znacznie później niż zwierzęta.

Człowiek wykształcił przekazywaną z pokolenia na pokolenie kulturę. Porządkuje chaos za pomocą słowa. To słowa tworzą grunt pod kolejne odkrycia. Teoria Darwina nie mogłaby powstać w 1600 roku. Niebezpieczne jest to, że człowiek uniezależnił się od środowiska i sam o sobie stanowi. Nie zawsze mądrze, o czym będzie mowa w dalszej części.

Przykłady błędnej percepcji

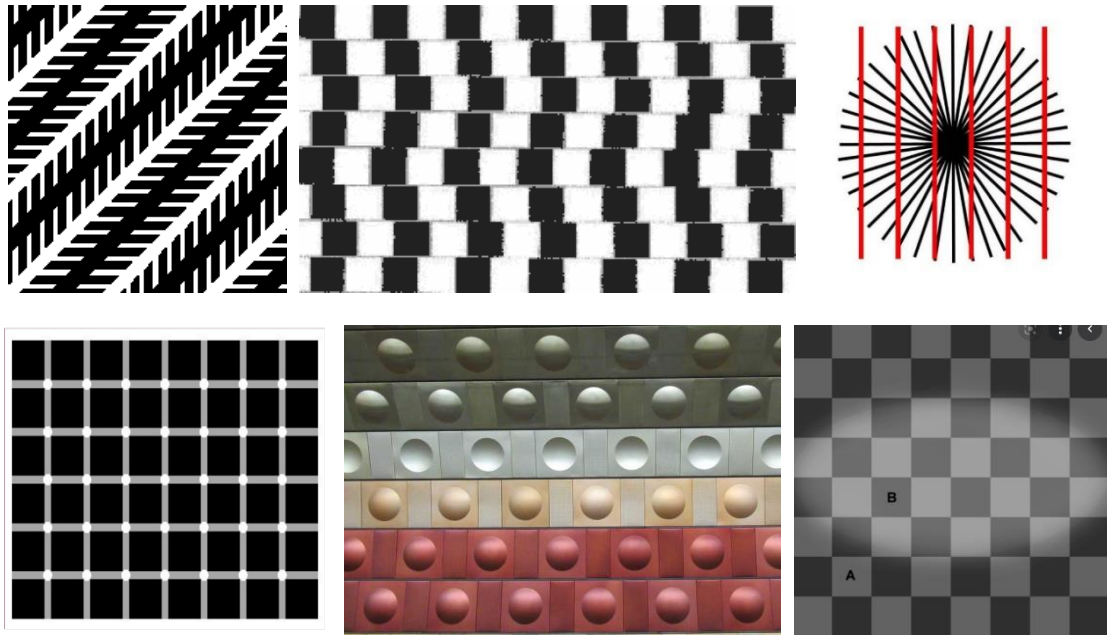
W przyrodzie obowiązuje zasada, że KAŻDY ORGANIZM OTRZYMUJE ZE ŚWIATA ZEWNĘTRZNEGO TYLE TYLKO INFORMACJI, ILE JEST MU NIEZBĘDNYCH DO PRZEŻYCIA!

1. **To czego nie widzimy.** Wspominanie o zjawiskach pozazmysłowych powoduje u odbiorcy uśmiech pobłażania, ale z pewnością spotkaliśmy się w życiu ze zdarzeniami, których nie rozumiemy. Wiemy, że nie wszystkie informacje za świata są dla każdego z nas dostępne. Zadaniem systemu percepcji jest odrzucanie informacji a nie jej gromadzenie. Nie chcę wspominać to o wróżbach i jasnowidzeniu, ale w latach 50. XX wieku zaobserwowano, że z mostu Overtoun w Szkocji psy zeskakują (tylko w jednym miejscu na moście) w kilkunastometrową (15 m) przepaść. Nieoficjalne źródła mówią o liczbie ponad 600 przypadków. Zdarzało się nawet, że psy, które przeżyły skok z mostu, wracały i skakały

ponownie. Przyczyna takiego zachowania nie jest znana. Dzieje się tam coś, czego nie widzimy i nie rozumiemy.

2. **Wynikające ze zjawisk fizycznych** - miraże, fatamorgany. W tym przypadku widzimy to, czego nie ma, albo to, co jest daleko, ale przyczyna błędu nie wynika z ułomności organu widzenia a z przyczyn natury zewnętrznej

3. **Wynikające z budowy siatkówki** i sposobu opracowywania sygnałów z fotoreceptorów. Złudzenia takie są efektem mechanizmów działania percepcji, które zazwyczaj pomagają w postrzeganiu, ale mogą powodować wrażenia pozorne. Ludzki mózg nie jest w stanie przetworzyć wszystkich informacji, które docierają do oka. Dlatego ułatwia sobie zadanie wybierając najbardziej prawdopodobną interpretację tego, na co patrzymy. Dlatego nie zawsze to, co widzimy, jest dokładnie tym, na co patrzymy. Na przykład szybciej dostrzegamy jasne części obrazka. Dlatego ciemniejsze fragmenty wydają się poruszać w stronę tych jaśniejszych.



Rys. 6. *Błędy na poziomie sensepcji*

4. **Rozbieżność obserwacji i wiedzy.** Nauka dowiodła, że niebo nie jest obracająca się kopułą, gwiazdy nie są otworami w nieboskłonie, ziemia nie jest płaska a tory kolejowe nie mają punktu wspólnego w nieskończoności. Jest to sprzeczne z naszymi obserwacjami. Dlatego często zdarza się, że w przestrzeni publicznej pojawiają się poglądy osób, które bardziej ufają swoim zmysłom, intuicji albo internetowym autorytetom.

Pierwszym filozofem, który zainteresował się z problemem błędności był Protagoras. Zapytał tak: jeśli ja uważam, że w pokoju jest ciepło a żona, że jest zimno, to jak jest naprawdę? Doświadczeni małżonkowie wiedzą, że takich pytań nie należy stawiać, bo żona ma zawsze rację, ale Protagoras odpowiedział, że dla niego jest ciepło, a dla żony zimno i tyle. Nie ma zewnętrznej rzeczywistości a ważna jest informacja dostarczana przez zmysły i każdy ma swoją rację. Takie stanowisko oburzyło Platona, który twierdził, że wiatr musi mieć własną esencję, bez względu na to, kogo owiewa, a Protagoras niech sobie kupi termometr. Platon kulturalnie nie zasugerował Protagorasowi zmiany małżonki.

Od wieków nurtowało ludzkość pytanie: jak nasze zmysły pozyskują informacje o świecie i skąd mamy pewność, że są one trafne. Model Helmholtza pozwala zbliżyć się do odpowiedzi. Bycie w błędzie to efekt aktywności systemów, które zazwyczaj bardzo sprawnie pracują, ale tylko zazwyczaj, szczególnie w afrykańskiej sawannie, w której powstały. Ma to fundamentalne znaczenie dla naszego przetrwania, ale są to mechanizmy niezbędne do przeżycia skuteczne 200 pokoleń wstecz, w innym środowisku przyrodniczym i kulturowym.

Błędy kategoryzacji

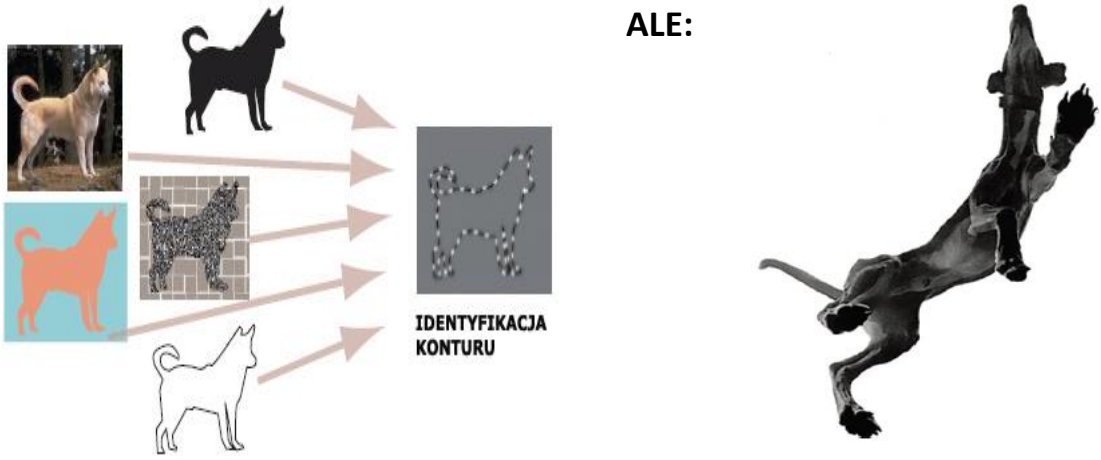
To etap podczas którego z plątaniny linii w polu widzenia wybieramy fragmenty, którym zostanie przypisane znaczenie. Tego przypisywania znaczenia uczymy się w początkowym etapie życia a różne osoby opanują tę umiejętność w różnym stopniu

Na przykład nie wszyscy dostrzegą dziewczynę na poniższej fotografii. Niektóre osoby nie poradzą sobie z plątaniną linii.

Decyzja o tym co widzimy zależy od wielu czynników. Spośród wielu możliwości, wybieramy taką, która najlepiej pasuje do kontekstu, dostosowując jednocześnie proponowane rozwiązanie do prawdopodobnego poziomu ziarnistości.

Rys. 7. *Błędna kategoryzacja sprowokowana kontekstem*

Pies może być dla nas czworonogiem, ssakiem, jamnikiem, przyjacielem. Ten sam obiekt może być na różnych poziomach dekodowania (ziarnistości) przyporządkowany różnym kategoriom i zależnie od nich zupełnie inaczej postrzegany. Potrafimy nadawać obiektowi odpowiednią kategorię, nawet wtedy, gdy informacja zawiera zaledwie szczątkowe i zdeformowane cechy.



Rys. 8. *Co powoduje, że kategoryzujemy obiekt jako psa?*

Błędna kategoryzacja spowoduje, że zobaczymy coś (na przykład królika) tam, gdzie go nie ma albo niewłaściwie zinterpretujemy obraz na rysunku środkowym (patelnie w Lidlu) albo doszukamy się świństwa na trzecim (nie ma tu nic nieprzyzwoitego).

Czy widzisz tu głębię? *Czy widzisz szkielet?* *Czy górna belka jest pozioma?*

Rys. 9. *Błędna kategoryzacja może być przyczyną nieporozumień*

Na rysunku z lewej widzimy perspektywę, bo nasze schematy postrzegania decydują, że taki układ linii powinien kojarzyć się z wrażeniem głębi. Widzimy tę perspektywę mimo, że rozsądek podszeptuje, że jest to płaski obraz.

Na obrazie środkowym nie ma szkieletu (są to gałęzie),. Mimo to, widzimy szkielet, bo taki obraz ma u demona decyzji priorytet. Jest to dla organizmu ważne, bo tam, gdzie jest szkielet, może występować niebezpieczeństwo. Osobniki, które nie zastanawiają się nad tym, co widzą, a natychmiast uciekają, mają większe szanse przeżycia od „myślicieli”. Taka jest geneza takiego szybkiego sposobu reagowania. Na rysunku prawym widzimy przechyloną belkę, bo takie jej

położenie wydaje się naszemu umysłowi zgodne z działaniem zaznaczonej na rysunku siły. Podobnych zagadnień dotyczy teoria „sił spostrzeżeniowych” w kompozycji plastycznej.

Błędy kategoryzacji nakazują polemizować ze słowami Leonarda da Vinci „Wiesz tyle na ile pozwala twoja percepcja”. Percepcja, stanowiąca dla nas najważniejsze źródło wiedzy jest bardzo zawodna.

Jest ona zawodna również dla sztucznej inteligencji. Algorytm Sameera Singha świetnie radził sobie z rozróżnianiem wilka od psa husky. Wydawał się świetny, dopóki nie okazało się że identyfikował każde zdjęcie, na którym był śnieg, jako fotografię wilka. Podobnie działał algorytm wykrywania raka skóry. Raka stwierdzano tam, gdzie na fotografii była linijka.

Na zakończenie tej (dotyczącej kategoryzacji) części, wspomnę oryginalne podejście do tego zagadnienia. Otóż Jorge Luis Borges opisał encyklopedię chińską, w której zwierzęta dzieli się na trzy kategorie:
- te, które należą do cesarza,
- te, które z daleka przypominają muchę,
- te, które właśnie rozbiły wazon.

Błędy na poziomie umysłu

Percepcja nie jest fotografowaniem otoczenia a raczej eksploracją pola widzenia, połączoną z eliminowaniem informacji niepotrzebnych. Decyzja o tym co jest nam potrzebne a co nie zapada na ogół poza świadomością.

Doskonałą ilustracją jest tu zjawisko ślepoty przez nieuwagę (inattentional blindness) ukazane w filmie z gorylem Daniela SImonsa i Christophera Chabrisa. Koncentrujemy się na zadaniu wzrokowym, co znacznie ogranicza możliwości postrzegania. Trudno skoncentrować się na tym co ważne, jeśli silnie narzucają się odrzuceniu rzeczy nieistotne. Może to mieć tragiczne skutki. Na przykład w roku 1972 podczas lotu 401 do Miami, samolot podchodził do lądowania i jedna z kontrolek przestała świecić. Załoga skoncentrowała się na tej mało istotnej kontrolce i samolot się rozbił.

Pamiętajmy, że skoro widzenie polega na eksploracji i eliminacji, które są sterowane poza świadomością, to świadectwo zmysłów może być bardzo zawodne. Model Helmholtza, w przeciwieństwie do modeli wcześniejszych pozwala wyjaśnić mechanizmy powstawania takich błędów percepcji.

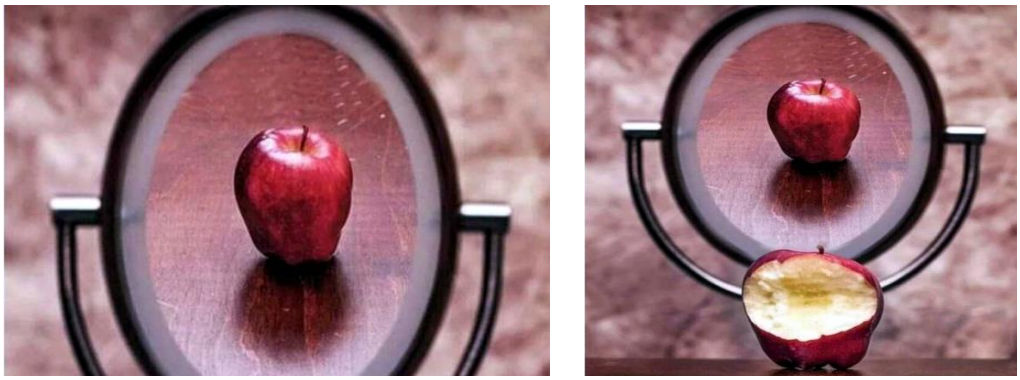
Błędy percepcji dostrzeżono już dawno. W roku 1748 David Hume (Szkocja) stwierdził, że pojedyncze omylne świadectwo nie może obalać praw przyrody. Do czasów współczesnych przyjmowano, że analiza przypadku powinna być oparta na zrozumieniu procesów przyczynowych. Obecnie dominuje pogląd, że analiza danych nie wymaga subiektywnego zaangażowania. Dane statystyczne mają pierwszeństwo przed interpretacjami i opiniami, a to, że czasami prowadzi to do błędu jest ceną , jaką płacimy za szybkie otrzymanie wyniku. Nikt już nie panuje nad algorytmami którymi posługuje się sztuczna inteligencja w wyszukiwarkach typu Google albo w Facebooku, ale wiadomo, że przeprowadzana jest tam analiza danych statystycznych a nie ma czasu ani ochoty na zasady logiki.

W ocenie sytuacji popełniamy błędy, mające źródła w ewolucji. Na przykład przyciągają nas zaskakujące wiadomości a te są niestety częściej złe niż dobre. Na przykład we wrześniu 2001 (miesiąc ataku na WTC) dziesięć razy więcej obywateli USA zmarło na skutek palenia tytoniu niż na skutek ataków terrorystycznych ale mimo to czas ten wspominamy jako okres wzmożonego zagrożenia terroryzmem przy zupełnym pominięciu skutków palenia.

Ponadto mamy skłonność do optymizmu. Na przykład przeceniamy prognozowaną długość własnego życia, perspektywę kariery, talent, jesteśmy ślepi na ryzyko choroby, rozwodu. Kahnemann nazywa przesadną wiarę w siebie jednym z najważniejszych błędów poznawczych.

Lubimy podejmować decyzje w oparciu o bardzo skromną liczbę danych i jesteśmy pewni swojego zdania. Przykład Michaela Blastlanda: Na łące stoją dwie owce. Ile owiec jest na łące?

Odpowiedź wydaje się prosta, ale nie poinformowano nas, że jedna z nich to jagnię a druga właśnie rodzi. Sytuacja się wtedy komplikuje, prawda? A ile pielęgniarek pracuje w szpitalu, skoro są dwie ale na pół etatu? Czy powinniśmy zakupić jabłko przedstawione na lewej fotografii? Inną decyzję podejmiemy na podstawie tej fotografii (odbicie w lustrze), a inną jeżeli poznamy całą prawdę (fotografia prawa).



Rys. 10. *Na decyzję o zakupie wpłynie to, czy znamy całą prawdę*

Na błędy interpretacji wcześniej skategoryzowanych danych mają wpływ wykształcone przez ewolucję programy. Na przykład mamy zakodowany program odczuwania strachu (np. obniżenie progu lęku w ciemności), przyjemności z jedzenia (zamiłowanie do słodyczy i tłuszczu – to, co kiedyś pomagało przetrwać, we współczesnych warunkach okazuje się szkodliwe, ale program nadal działa), choroba lokomocyjna (skoro obraz nie jest stabilny, prawdopodobnie uległeś zatruciu), emocje towarzyszące oglądaniu filmu w telewizji, stan zakochania (utrata zdolności krytycznego myślenia), sztuczne wywoływanie efektu nagrody (narkotyki), itp…

Nassim Taleb twierdzi, że największy wpływ na nasze życie mają niezgodności z przewidywaniami (czarne łabędzie). Tragicznie brzmi tu przykład kurczaka, który obserwuje, że codziennie rankiem przychodzi dobry gospodarz i przynosi jedzenie. Wnioskuje stąd, że gospodarz go kocha i że tak będzie zawsze, skoro wystąpiło już wiele razy. Niestety któregoś dnia gospodarz pojawi się z nożem i to inne od codziennych zdarzenie będzie miało największy wpływ na życie kurczaka.

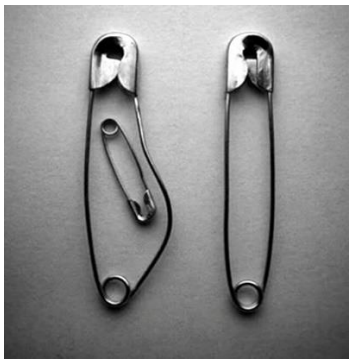
Odchyłki w drugą, pozytywną stronę mogą być przyczyną skoków cywilizacyjnych. Przypadkowe odkrycie penicyliny, odkrycie promieniotwórczości, pola magnetycznego w sąsiedztwie przewodu z prądem, wynalezienie maszyny parowej… itp., spowodowały skok cywilizacyjny.

Błąd na poziomie metaforycznym

O nadaniu wartości metaforycznej mówimy wtedy, kiedy to samo będzie widziane zupełnie inaczej ze względu na to, co niewidoczne.

Wyobraź sobie, że siedzisz w restauracji a przed tobą stoi talerz ze smacznym obiadem. Jeśli teraz dowiemy się, że kucharzy właśnie nadzorowała Magda Gessler, to obiad zyska na wartości, ale jeśli ktoś chwilę później powie, że widział szczura w kuchni nasz odbiór obiadu będzie już inny.

Nadawanie obiektom wartości metaforycznej wymaga uruchomienia dodatkowych procesów: uwagowych, pamięciowych, kategoryzacyjnych, afektywnych i wyobrażeniowych. Zależy ona od mnóstwa czynników dodatkowych – wiedzy, doświadczenia kulturowego, kontekstu, dystraktorów, itp. Dodajmy, że wszystkie te procesy są dynamiczne, zmienne w czasie. Przykładowo, proces kategoryzacji nie tylko jest dynamiczny ale zależy od wielu czynników, od kultury, poziomu wiedzy… a nawet od poziomu ”lenistwa umysłowego” człowieka. Ten sam obiekt może być przez różne osoby widziany inaczej. Liść klonu jest dla Kanadyjczyka symbolem ojczyzny, dla biologa systemem komórkowym, dla dziecka zabawką a dla ogrodnika kompostem.



Rys. 11. *Różnie postrzegany liść klonu* ***Rys. 12.*** *Zaszyfrowana wiadomość?* ***Rys. 13.*** *Pochwała przemocy?*

Chłopak w wojsku, który otrzyma od dziewczyny list z fotografią przedstawioną na rys. 12., nie odbierze jej, jako reklamy pasmanterii. Opornik noszony w klapie marynarki w czasach stanu wojennego wcale nie oznaczał, że jestem elektrykiem. Autorka obrazu z rys.13 została poddana ostrej krytyce za propagowanie przemocy seksualnej (!?).

Przeprowadzono niedawno badania - co dla indyka jest interesującego w indyczce. Wykonano fantom indyczki i stopniowo pozbawiano go ogona, skrzydeł, itp. Okazało się, że dla indyka interesująca była sama głowa na patyku.

Taką głową na patyku jest to, czego nie widzimy, jest to bajka dodana do produktu albo do obrazu. Wartość obrazu polega przede wszystkim na tym, że namalował go Karol Bąk albo, że ktoś (papież, producent ulubionej tektury, szef lokalnej mafii, znany polityk ulubionej opcji …) zachwycił się i chciał kupić ten obraz za wielkie pieniądze. Obraz zyska na wartości, jeśli Szefowa Galerii odmówi nam sprzedaży, bo już obraz ten zarezerwowała Angela Merkel do swojej sypialni. To właśnie metafora i bajka dodana do przedmiotu nadaje mu największą wartość, ale każdy odczyta dodaną do przedmiotu bajkę inaczej.

Niektórzy ludzie oglądając „Czarny kwadrat na białym tle” K. Malewicza zobaczą w nim jedynie niewartą zainteresowania ciemną plamę na jasnym tle, inni doszukają się w tym dziele

przejmującego studium minimalizmu kolorystycznego, kontrastu, opozycji barw i proporcji geometrycznej.

Błędy w relacjach międzyludzkich

Nasza ułomna percepcja, ograniczony intelekt, zawodna pamięć i emocje powodują, że jesteśmy skazani na popełnianie błędów. Popełniamy błędy nie tylko w skali indywidualnej, ale również w relacjach z innymi ludźmi.

Sokrates twierdził, że nie można zdefiniować błędu, nie znając pojęcia prawdy. Tradycyjnie przyjmuje się, że błąd to przekonanie, że coś, co jest w istocie fałszem, jest prawdą, lub, że coś, co jest prawdą, jest fałszem. A co w sytuacji, kiedy nie potrafimy powiedzieć jaka jest prawda (na przykład w dziedzinie moralności (…należy unikać seksu), albo estetyki (…ładnie wyglądam w tej sukience…, czy nie wyglądam grubo)?

Wyróżnia się wiele kategorii błędów – omyłki, potknięcia, błędne projektowanie, wykonanie, działanie, zaniechanie itd. Skoro błąd jest odstępstwem od prawdy, a prawda jest zmienna lub nieznana, co często zdarza się w relacjach z innymi ludźmi, to trudno wtedy ocenić, czy mamy do czynienia z błędem.

Potrafimy zrozumieć, że nie istnieje światło. Podobnie możemy się zgodzić, że kolor jest iluzją. Istnieją one wyłącznie w naszych umysłach. Idźmy dalej. Trudniej pogodzić się z tym, że nasz obraz świata jest również iluzją, tylko nieco bardziej skomplikowaną!

Jeszcze wyższy stopień takiej koncepcji to „teoria umysłu”, czyli świadomość, że przekonania innych ludzi mogą być odmienne od naszych. Przykładem może być odbiór „Romea i Julii” w teatrze. Widzowie wiedzą, że Julia śpi, bo wypiła miksturę ojca Laurentego, ale jeśli spojrzą na sytuację oczami Romea, rozumieją że cierpi on, bo Julia umarła a jego samobójstwo staje się w takiej sytuacji zrozumiałe.

Skoro nasze postrzeganie jest naszą własną iluzją musimy dopuścić myśl, że jest ono zawodne, że wspomnienia bywają fałszywe a wyobrażenia na temat innych ludzi nietrafne. Żyjemy niestety w nieustannym błędzie.

Podam tu **kilka przykładów**, wynikających z ewolucyjnie zaprogramowanych schematów interpretacji.

- Własne sukcesy przypisujemy na ogół własnej wspaniałości a porażki niekorzystnym zbiegom okoliczności. W przypadku osób innych, ich sukcesy są skutkiem korzystnych zbiegów okoliczności (ma wujka w Zarządzie, miał szczęście…) a porażki efektem cech osobistych (nie nadaje się na to stanowisko).

- Wydaje się nam, że znamy innych ludzi, a tymczasem staramy się ich zrozumieć i ocenić na podstawie skąpych oznak zewnętrznych (a siebie oceniamy na podstawie niedostępnych dla innych osób cech wewnętrznych).

- Mamy skłonność do wnioskowania na podstawie ograniczonych informacji. Tworzymy na tej podstawie kompletną narrację, żeby uzupełnić luki i wtedy uzupełniamy tę narrację programem pewności swoich przekonań!

- Miłość to decyzja hormonalna i jednocześnie może się okazać, że prowadzi do najkosztowniejszej transakcji finansowej w życiu. Koniec małżeństwa pokazuje, że nie znaliśmy naprawdę drugiej osoby (byli małżonkowie opisują dwa różne związki). Miało się to przecież nigdy nie skończyć a tymczasem wpadamy w otchłań niechęci i samotności, doznajemy poczucia krzywdy.

  Tu należy wspomnieć, że jeśli ktoś nas okłamuje, albo ma odmienne zdanie, to jesteśmy w stanie się z tym pogodzić (patrz niżej), ale jeżeli okaże się, że nasze przekonania okazały się niesłuszne, to wtedy nie zgadzamy się z samym sobą. Wątpimy w to, kim jesteśmy a nie w to, co wiemy. Nie lubimy zmieniać przekonań bo zmiana nie tylko uderza w przekonanie o własnej słuszności, ale tracimy wtedy poczucie tożsamości a to jest już poważny problem natury egzystencjalnej

- Mamy powody psychologiczne, społeczne i praktyczne powody aby uważać, że nasze przekonania są prawdziwe. Na przykład jeśli jestem z dziada pradziada producentem zielonej herbaty, to mam głęboko zakorzenione przekonanie, że moja herbata ma korzystny wpływ na zdrowie i że robię dla ludzi coś dobrego. Rodzina będzie mnie utwierdzać w tym przekonaniu a dodatkowo jest to dla mnie źródło dochodu. Im bardziej pragniesz, aby coś było prawdą, tym większe są szanse, że uwierzysz w historię, która zawyża prawdopodobieństwo tej rzeczy.

- Władza wiąże się z tym, że w otoczeniu pojawią się pochlebcy. Pochlebcy utwierdzają szefa w przekonaniu o własnej nieomylności i doskonałości. Przekonanie to jest proporcjonalne do posiadanej władzy. Dlatego osoby z kręgu władzy szczególnie boleśnie przeżywają upadki.

Rys. 14. *Iluzja końca historii*

- Żyjemy w nieustannej iluzji końca historii. Tak, jakby nasza osobista historia właśnie się skończyła a my zostaliśmy ostatecznie ukształtowani.

A co **jeśli ktoś ma inne przekonania** od naszych? Wtedy uważamy, że: (trzy etapy oswajania)

1. **jest on niedoinformowany** (nie ma dostępu do rzetelnej wiedzy)
   jeśli go poinformujemy, że błądzi a on nadal myśli niesłusznie:

2. **jest głupi** (trzeba go edukować)
   jeśli przedstawimy argumenty a on nadal myśli niesłusznie:
3. **jest złym człowiekiem** albo zarabia na tym pieniądze (ma inny interes).

Błędy na poziomie społeczeństwa

Współpraca społeczna to sposób ludzkości na przetrwanie i rozmnażanie. Łacińska sentencja uczy, że historia jest nauczycielką życia. Czy to prawda? Czy scenariusze rozwoju ludzkości powtarzają się? A może jednak jesteśmy zaskakiwani „czarnymi łabędziami” i to one mają wpływ na nasze życie? Uczymy się historii, myśląc, że poznajemy stare dzieje a tymczasem historia to zaledwie opowieść o tym, co garstka ludzi robiła w czasie, gdy cała reszta ludzkości z trudem zmagała się z naturą, głodem i chorobami. Historia ludzkości jest w istocie historią jej promila, który z różnych przyczyn sprawował eksponowane stanowiska. Ludzkość od wieków zmaga się z tym, na co nie ma wpływu (np. pogoda), czemu może ewentualnie zapobiegać albo uciekać (zarazy), oraz tym, co reaguje na tworzone przez ludzkość mity (wierzenia, prognoza cen ropy, itp.).

Przechodząc do przykładowego szczegółu - według Instytutu Medycyny USA, każdego roku około 700 tysięcy pacjentów pada ofiarą błędów w sztuce lekarskiej, co powoduje od 44 do 98 tysięcy zgonów. To taka ilość zmarłych, jakby co trzy dni spadał boeing 747 z kompletem pasażerów. Czy w naszym kraju jest inaczej? Czy przeciętny Kowalski ma jakikolwiek wpływ na kondycję służby zdrowia?

Błędy w relacjach społecznych są szczególnie istotne, bowiem zagrażają życiu i zdrowiu.

W 1267 roku zakonnik Roger Bacon przesłał papieżowi Klemensowi IV własną książkę o błędach. Błędy sprowadzają się według niego do:
- Tendencji do maskowania ignorancji i pozorowania wiedzy
- Posłuszeństwa dla autorytetu
- Przestrzegania obyczajów
- Powszechnego przekonania

To zestawienie Bacona potwierdza tezę, że większość błędów ludzi (ponad 75%) wynika z przyczyn natury społecznej. Dziś, każdy stworzony przez człowieka porządek jest pełen wewnętrznych sprzeczności. Na przykład współczesny system polityczny opiera się na równości oraz na wolności jednostki. Równość można osiągnąć jedynie poprzez ograniczenie swobód warstwom uprzywilejowanym. Wolność natomiast uderza w tak pojętą równość. Stąd wniosek, że kulturę najlepiej rozumieć przez sprzeczności. Porządek naturalny jest stabilny, na przykład nie zdarzy się aby grawitacja przestała działać. Porządkowi wykreowanemu nieustannie zagraża upadek, bowiem opiera się na nietrwałych mitach. Z drugiej strony to właśnie mity dają homo sapiens umiejętność współpracy z niezliczoną liczbą nieznajomych. Nie dzieje się to za darmo. Mamy coraz lepszy i szybszy dostęp do informacji, ale coraz trudniej odfiltrować z zalewu danych to, co fałszywe. Nie tylko wczorajsza prawda może okazać się fałszem. Dziś nawet współczesna prawda może być fałszem.

Zdolność do współpracy społecznej w oparciu o mity jest cechą typowo ludzką. Nie przekonamy małpy, aby dała nam banana, obiecując, że w zamian zapewnimy jej po śmierci tysiąc bananów.

Relacja prawdy i fałszu jest dynamiczna. Niegdysiejsze, słuszne decyzje okazują się błędnymi z poziomu późniejszej wiedzy. Na przykład w roku 1484 papież Innocenty VIII nakazał palenie kotów razem z czarownicami. Było to na gruncie ówczesnej doktryny słuszne, skoro koty pomagały w kontaktach ze diabłem. Niestety, eksterminacja kotów doprowadziła do epidemii i śmierci wielu osób. Ludzkość niczego się na tych błędach nie nauczyła, bowiem kilkaset lat później w Europie wybuchła znów epidemia dżumy i ponownie za nieszczęścia obwiniono koty. Tysiące wymordowano. Epidemię przeżyli tylko ci ludzie, którzy kochali koty i nie posłuchali odgórnych zaleceń. Koty łapały szczury, uniemożliwiając przenoszenie zarazy.

Inny przykład - 22 września 1666 wybuchł wielki czterodniowy pożar Londynu. Zniszczył 80 procent miasta. Oczywiście natychmiast szukano winnych. O podpalenie oskarżono przybyłego do miasta Francuza. Francuz przyznał się i zasłużenie go powieszono. Smaczku sprawie dodaje to, że ów Francuz przybył do Londynu 3 dni po wybuchu pożaru. Czy można tu mówić o błędzie? Ludność domagała się ukarania sprawcy i została usatysfakcjonowana? Śmierć niewinnego człowieka była ceną za poczucie sprawiedliwości kilkuset tysięcy żadnych zemsty Londyńczyków.

Reasumując – rozmowa o błędach na poziomie społeczeństwa jest trudna, bo mamy do czynienia z trudno sterowalnym systemem złożonym, ale z przekonaniem graniczącym z pewnością możemy stwierdzić, że większość błędów ludzkości spowodowana jest właśnie zawirowaniami w relacjach społecznych. Każda jednostka ma swoją prawdę, grupy składające się z tych jednostek mają już prawdę inną i pojawia się dodatkowo syndrom myślenia grupowego, który tę wspólną prawdę umacnia i nie dopuszcza do krytyki. Do tego w społeczeństwie uaktywniają się poglądy skrajne, nieakceptowane społecznie, które z przyczyn politycznych bywają faworyzowane. Na to wszystko nakładają się wynalazki ostatnich lat – psychomanipulacja, propaganda, postprawda i trolling. W tak dynamicznej zupie informacyjnej trudno jednoznacznie określić co jest prawdą a co fałszem. Dlatego nie wiemy również, co jest błędem, dopóki nie przekonamy się o tym na własnej skórze.

Błędy w skali cywilizacji

Błędy w skali cywilizacji mogą w ekstremalnym wypadku doprowadzić do wyczerpania kapitału naturalnego lub społecznego. Skutkiem tego drugiego zjawiska były na przykład rewolucja francuska, czy rosyjska, ale o tym nie będziemy tu mówić, bo temat jest złożony, delikatny i zbyt obszerny. Skoncentrujemy się na dwóch przykładach dotyczących środowiska. Są to niestety przykłady, które ludzkości niczego nie nauczyły.

Ronald Wright wskazuje w „Krótkiej historii postępu” na niebezpieczeństwo zachłyśnięcia się sukcesem. Podaje przykład myśliwych, którzy nauczyli się zabijać dwa mamuty, zamiast jednego (na przykład zaganiając zwierzęta na skraj przepaści). Kolejnym etapem było zabijanie całych stad. Plemię miało pod dostatkiem mięsa, żyło na wysokim poziomie i nie będąc w stanie wszystkiego zjeść marnotrawiło zasoby, ale trwało to krótko. Zabrakło mamutów. Wszyscy umarli z głodu. Postęp jeśli nie jest rozsądny, prowadzi niestety do komplikacji.

Przenieśmy się myślami na Bliski Wschód. Na terenie dawnego Edenu (okolice Morza Martwego) od 6000 lat p.n.e ludzie powiększają tereny rolne, wypalając i wycinając lasy. Lasy przestają zapewniać równowagę wodną. Skutkiem tego powodzie nawiedzają osady, położone zwykle w dolinach, na terenach rolnych. Ludność przenosi się wobec tego 500 lat później w inne żyzne tereny (dzisiejszy Irak – okolice Basry). Rolnictwo rozwija się ponownie, dobrobyt wzrasta. Dotychczas niczyje grunty staja się własnością silniejszych. Skutkuje to rozwarstwieniem

społeczeństwa. Pojawia się przemoc i wyzysk. Władza zaczyna pochodzić z nadania niebios. Pojawiają się około 2500 roku p.n.e. korporacje kapłańskie, mające bezpośredni kontakt z niebiosami, utrwalające podział społeczny i posługujące się propagandą. Rozwiązły i rozpasany tryb życia władzy i kapłanów (opisane w Gilgameszu – najstarszym sumeryjskim zabytku piśmiennictwa) prowadzi do wyczerpywania kapitału społecznego, ale aparat przemocy skutecznie eliminuje niezadowolonych. Zycie bogatych ma większą wartość niż życie biednych. Jeśli umiera bogacz, cały jego dwór jest zabijany i chowany razem z nim a budowniczowie zamykający grobowiec są uśmiercani przez strażników, których następnie mordują inni strażnicy i tak dalej aż do wykonawcy ostatniej woli.

Rozwój rolnictwa wymaga pozyskiwania nowych terenów. Nowo pozyskane obszary są nawadniane siecią kanałów. Niestety, rzeki zwykle niosą do morza sól, wypłukiwaną ze skał. Woda rozprowadzana na dużych powierzchniach odparowuje, pozostawiając sól. Plony pszenicy gwałtownie spadają. Zbliża się głód. Pszenica zostaje zastąpiona jęczmieniem, ale to pomaga na krótko. Hodowane obficie kozy zjadają resztki zieleni, ludzie zjadają kozy, później psy a w końcu siebie nawzajem.

Sumerowie nie przewidzieli skutków rozwoju kosztem nadmiernego wykorzystywania zasobów naturalnych, przy kurczowym trzymaniu się wierzeń i praktyk. Kilka pokoleń dobrobytu władców i klas uprzywilejowanych, ich wyścigi we wznoszeniu majestatycznych budowli doprowadziły do upadku, z którego Mezopotamia nigdy się nie podźwignęła. Władza przeniosła się na północ do Babilonu i tam powtórzyła poprzednie błędy. Cywilizacja upada a do tej pory połowa gruntów Iraku nie odzyskała żyznej gleby.

A teraz zapraszam na Wyspę Wielkanocną. Jest to wyspa uważana za najbardziej izolowaną na świecie. Jest oddalona o 3600 kilometrów od wybrzeża Chile (dla porównania z Warszawy do Paryża jest 1600 kilometrów). Sekretem wyspy jest pochodzenie tajemniczych posągów (jest ich 887, a najcięższy waży prawie 270 ton). Na wyspie nie ma ludzi, zwierząt ani drzew. Skąd wzięły się te posągi i jaką kryją tajemnicę?

Rys. 15. *Położenie Wyspy Wielkanocnej i jej główna atrakcja turystyczna*

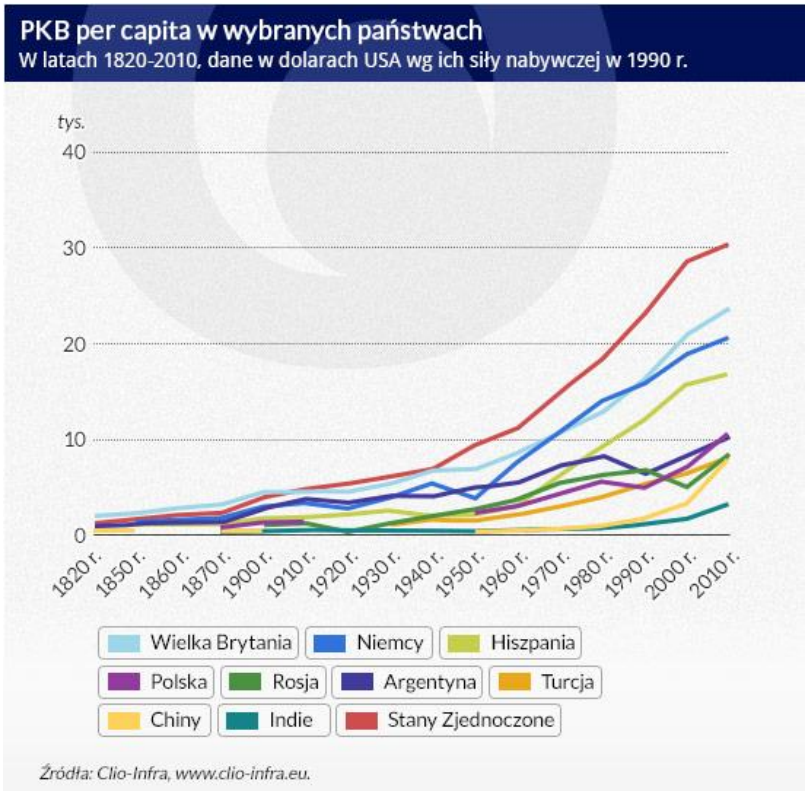
Ludzie osiedlili się tu w V wieku naszej ery. Wody były tu bogate w pożywienie, grunty wykarczowano pod uprawy Populacja wzrosła przez pięćset lat do około 10 tysięcy osób. Hierarchia społeczna była oparta na klanach, które stawiały swoim przodkom posągi. Posągi wykuwano ze skały wulkanicznej w odległym kamieniołomie i transportowano na obracających się pniach drzew. W mniejszym kamieniołomie wykuwano kapelusze dla posągów. Każda kolejna generacja rzeźb była większa i wymagała więcej drzew do transportu. Do roku 1400 wycięto w tym celu wszystkie drzewa. Nie było już drewna do budowy łodzi i domów. Zapanował głód i toczono krwawe wojny o zużyte deski. Ludzie zjedli wszystkie psy i małe zwierzęta.

Czy w tej sytuacji zaprzestano wykonywania posągów? Otóż, nie! Kapłani obiecywali, że dobre czasy powrócą, jeśli ludzie będą oddawać należną im cześć. Na pytanie jak przetransportować rzeźby z kamieniołomu na nabrzeże odpowiedziano, że jak nadejdzie czas, to posągi same udadzą się na swoje ołtarze. Wtedy powstał wykuty w kamieniołomie największy gigant, mający 20 metrów długości i ważący ponad 200 ton. Niestety, do dziś obiecane lepsze czasy nie nadeszły, a nowe głowy nie udały się samodzielnie na ołtarz na wybrzeżu.

Mieszkańcy Wyspy Wielkanocnej są dowodem na to, że nieograniczony wzrost populacji przy rozrzutnym eksploatowaniu zasobów, niszczeniu środowiska i ufności, że bóstwa zatroszczą się o ich przyszłość prowadzi do katastrofy.

Richard Wright opisuje w swojej „Krótkiej historii postępu” również inne, późniejsze cywilizacje i podobne przyczyny ich upadku. Zgodnie z jego tezą żadna z dotychczasowych cywilizacji nie była w stanie skutecznie obronić się przed skutkami sukcesu. Większość nawet nie próbowała się zreformować, dopóki nie było na to zbyt późno. Rozwojowi musi towarzyszyć rozsądek i dbałość o środowisko naturalne i społeczne. W każdej cywilizacji populacja rośnie tak długo, jak długo ma zapewnione dostawy żywności. Do tego wszystkie cywilizacje stają się hierarchiczne – bogactwo lokuje się na szczycie piramidy społecznej. Pod koniec XX wieku majątek trojga najbogatszych ludzi świata (Amerykanie) wynosił więcej niż majątek 48 najbiedniejszych państw. Elity, które mają silną zdolność decyzyjną, nie są zainteresowane zmianą status quo, bowiem prosperują świetnie nawet wtedy, kiedy środowisko naturalne i ludzie zaczynają cierpieć.

Obecnie nasza cywilizacja rozwija się niezwykle dynamicznie a na horyzoncie pojawiają się skutki klimatyczne, surowcowe i społeczne. Czy nasza cywilizacja poradzi sobie z problemami, wobec których poprzednie cywilizacje były bezradne?



Rys. 15. *Jak rozwija się gospodarka różnych państw?*
źródło: https://www.obserwatorfinansowy.pl/bez-kategorii/rotator/swiat-na-dwustuletnim-dorobku/

Podsumowanie

Popełnianie błędów jest nierozerwalnie związane z aktywnością człowieka. Błąd jest postrzegany w naszej kulturze jako powód do wstydu, dowód niechlujstwa lub zaniedbań. To niekoniecznie jest prawda! Błąd może mieć negatywne skutki ale również może stanowić szansę rozwoju. Zarówno w pierwszym jak i drugim przypadku powinien być przedmiotem rozsądnej analizy. Jeżeli skutki są złe, należy takich błędów unikać, ale trudno będzie ich unikać, jeżeli zostaną zatajone. Dlatego w rozsądnych przedsiębiorstwach z błędów wyciąga się wnioski a pracownicy, którzy popełnili błąd są doceniani, jako osoby z większym doświadczeniem.

Błąd i przypadek mogą stymulować rozwój. Nie byłoby penicyliny, gdyby nie błąd Fleminga, Henry Becquerel nie odkryłby promieniotwórczości a Hans Christian Ørsted nie odkryłby pola elektromagnetycznego, gdyby przypadkiem nie umieścił kompasu w pobliżu przewodu elektrycznego.

Bywa, że wydaje się, że coś jest błędem, bo nie zgadza się z regułami naszej nauki. Łatamy wtedy rzeczywistość, do czasu kiedy sprzeczności spiętrzą się do tego stopnia, że stają się zbyt trudne do zaakceptowania. Wtedy, zgodnie z teorią Kuhna następuje zmiana paradygmatu. Taka właśnie sytuacja zmusiła Kopernika do rewizji dotychczasowego stanowiska astronomów. Tak Michaił Łomonosow i Antoine Lavoisier obalili teorię flogistonu a Darwin podniósł błąd replikacji do rangi przyczyny powstawania gatunków.

A co ma z tym wszystkim wspólnego konferencja poświęcona technice świetlnej?

Model na którym opiera się technika oświetlania, czyli model Műllera nie jest błędny. Ten model jest zaledwie wstępem do tego, co trzeba wiedzieć o percepcji wzrokowej, aby móc wyjaśnić zjawiska związane z widzeniem. Dlatego proponujemy model bardziej rozbudowany, będący podsumowaniem osiągnięć nauki od roku 1834 do czasów obecnych. Ten model pozwala wyjaśnić, dlaczego każdy widzi inaczej, dlaczego ekspert widzi nawet w ciemności, jak dystraktor wpływa na widzenie, jakimi kryteriami kieruje się moduł uwagi.

Czy model Helmholtza ma szanse się przyjąć? Odpowiedź brzmi: NIE! Dlaczego?

A dlatego, ze model Műllera jest prostszy a my lubimy nieskomplikowane i pozornie logiczne wyjaśnienia. To nic, że niekompletne i nieprawdziwe. Wykazaliśmy w poprzednich wystąpieniach na Konferencji, że technika oświetlania oparta jest na wiedzy „z kapelusza” i oświetlanie ma niewiele wspólnego z rzeczywistymi potrzebami obserwatora. Dlatego obojętnym jest na jakim modelu technika oświetlania jest lub będzie oparta. No, a skoro to wszystko jedno, to lepiej oprzeć się na czymś prostszym i zrozumiałym, niż komplikować życie.

Podobnie jak z elitami sumeryjskimi i tymi z Wyspy Wielkanocnej, nasze elity mające zdolność decyzyjną, nie są zainteresowane zmianą czegoś, co działa. One prosperują świetnie nawet wtedy, kiedy są świadome, że model dyscypliny, którą się zajmują pozostawia wiele do życzenia.

A my i tak nie zrozumiemy świata, który nas otacza a szczególnie tego wewnątrz nas. Nie wiemy, co to jest jaźń, świadomość, nie wiemy nawet na czym polega widzenie. Model Helmholtza też wyjaśnia enigmatycznie, że widzenie to zaledwie skutek uboczny kołowego procesu percepcji wzrokowej. **I co z tego? - NIC!**

Będziemy nadal tkwić w błędzie, bo tak nam wygodniej.

OMÓWIENIE NAJWAŻNIEJSZYCH OBOWIĄZKÓW DLA GMIN WPROWADZONYCH NA MOCY USTAWY Z 7.10.2022 R. O SZCZEGÓLNYCH ROZWIĄZANIACH SŁUŻĄCYCH OCHRONIE ODBIORCÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ W 2023 ROKU W ZWIĄZKU Z SYTUACJĄ NA RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ ORAZ BIEŻĄCYCH REGULACJI PRAWNYCH UE/KRAJOWYCH OBLIGUJĄCYCH DO REDUKCJI ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Mec. Tomasz Ogłódek
Kancelaria Radców Prawnych T. Ogłódek

XVI Konferencja pod nazwą
OŚWIETLENIE DRÓG I MIEJSC PUBLICZNYCH - SPOSOBY ZARZĄDZANIA SYSTEMAMI OŚWIETLENIA 26-27 kwietnia 2023 r.

Radcy prawny Tomasz Ogłódek

Kancelaria Radców Prawnych
Radca prawny Tomasz Ogłódek
Ul. Kopernika 12/7
40-064 Katowice

TEMAT: Najważniejsze problemy praktyczne dotyczące jednostek samorządu terytorialnego na gruncie ustaw

USTAWA O ŚRODKACH NADZWYCZAJNYCH MAJĄCYCH NA CELU OGRANICZENIE WYSOKOŚCI CEN ENERGII ELEKTRYCZNEJ ORAZ WSPARCIU NIEKTÓRYCH ODBIORCÓW W 2023 ROKU z dnia 27 października 2022 r. (Dz.U. z 2022 r. poz. 2243) – tak zwana ustawa „mrożąca”.

USTAWA O SZCZEGÓLNYCH ROZWIĄZANIACH SŁUŻĄCYCH OCHRONIE ODBIORCÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ W 2023 ROKU W ZWIĄZKU Z SYTUACJĄ NA RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ z dnia 7 października 2022 r. (Dz.U. z 2022 r. poz. 2127) tj. z dnia 13 stycznia 2023 r. (Dz.U. z 2023 r. poz. 269).

2

USTAWA „MROŻĄCA” – Ustawa o środkach nadzwyczajnych [...]

- uprawnieni odbiorcy w okresie wskazanym w ustawie mają zagwarantowaną niższą cenę energii elektrycznej
- podmiot uprawniony - definicja
- wykonywanie zadań zleconych i zadań własnych, w tym usług świadczonych w ogólnym interesie gospodarczym między innymi w celu oświetlenia dróg, ulic, mostów, placów oraz organizacji ruchu drogowego
- wykonywanie zadań zleconych i zadań własnych, w tym usług świadczonych w ogólnym interesie gospodarczym między innymi w celu oświetlenia dróg, ulic, mostów, placów oraz organizacji ruchu drogowego

3

USTAWA „MROŻĄCA” - Ustawa o środkach nadzwyczajnych [...]

- podmiot uprawiony aby skorzystać z niższej ceny powinien do sprzedawcy złożyć oświadczenie w odpowiedniej formie i o odpowiedniej treści
- problem – zmiana sprzedawcy w toku roku
- początkowo sprawa przekazania oświadczenie uprawnionego odbiorcy między spółkami obrotu nie była uregulowana; ustawodawca dostrzegł ten brak i nowelą wprowadzono nową normę

4

USTAWA „MROŻĄCA” – Ustawa o środkach nadzwyczajnych [...]

niezłożenie przez odbiorcę uprawnionego oświadczenia, o którym mowa w ust. 1, w terminie, o którym mowa w ust. 2, uprawnia podmiot uprawniony do niestosowania wobec tego odbiorcy ceny maksymalnej

złożenie przez odbiorcę uprawnionego oświadczenia, o którym mowa w ust. 1, po upływie terminu, o którym mowa w ust. 2, zobowiązuje podmiot uprawniony do stosowania wobec tego odbiorcy ceny maksymalnej ze skutkiem od miesiąca następującego po miesiącu, w którym złożono oświadczenie

dopilnowanie „przejścia” złożonego przez uprawionego odbiorcę oświadczania, a jeśli do takiego przejścia nie doszło ponowne złożenia oświadczenia u nowego sprzedawcy - prawo określa jak dany podmiot powinien się zachować a nie jak zachowa się w rzeczywistości

5

USTAWA O SZCZEGÓLNYCH ROZWIĄZANIACH SŁUŻĄCYCH OCHRONIE [...]

obowiązek realizacji celu w zakresie zmniejszenia zużycia energii elektrycznej

normy nie są interpretowane jednolicie i w prasie samorządowej, biznesowej i energetycznej ustawa jest przedmiotem ożywionych dyskusji

6

USTAWA O SZCZEGÓLNYCH ROZWIĄZANIACH SŁUŻĄCYCH OCHRONIE [...]

- **podejmowanie działań w celu realizacji obowiązkowego celu zmniejszenia całkowitego zużycia energii elektrycznej w zajmowanych budynkach lub częściach zajmowanych budynków oraz przez wykorzystywane urządzenia techniczne, instalacje i pojazdy**
- **zmniejszenie zużycia o 10 %**

7

USTAWA O SZCZEGÓLNYCH ROZWIĄZANIACH SŁUŻĄCYCH OCHRONIE [...]

- **sankcje za nie podjęcie działań zmniejszających zużycie, a także za nie wykonanie obowiązku raportowania do Prezesa URE do 20 000 zł**
- **problem: jednostki samorządu terytorialnego, które w przednich latach podjęły znaczny wysiłek w kierunku osiągnięcia poprawy efektywności energetycznej zostały postawione przed zadaniem praktycznie niemożliwym do wypełnienia** (np. gminy, które podjęły działania modernizujące oświetlenie uliczne przed wprowadzeniem Ustawy)
- **obecnie wprowadzone działania są bardzo niebezpieczne – późniejsze załączanie oświetlenia oraz wcześniejsze poranne jego wyłączanie**

8

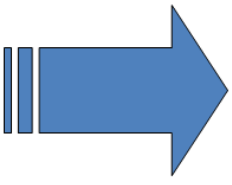
USTAWA O SZCZEGÓLNYCH ROZWIĄZANIACH SŁUŻĄCYCH OCHRONIE [...]

w sprawie wypowiadało się na wniosek samorządów Ministerstwo Klimatu i Środowiska - według ministerstwa samorządy nie muszą oszczędzać energii zużywanej na cele oświetlenia ulicznego. Pismo Ministra nie jest jednak źródłem prawa, a normy nie są jednoznaczne

niezależnie od tego czy gminy podzielają stanowisko Ministerstwa Klimatu i Środowiska co do wyłączenia oświetlenia ulicznego w cele oszczędnościowe - w przypadku gospodarnych jednostek samorządu terytorialnego które podjęły uprzednio działania zmierzające do poprawy efektywności energetycznej wykonanie obowiązku ustawowego jest bardzo trudne lub wręcz niemożliwe do realizacji

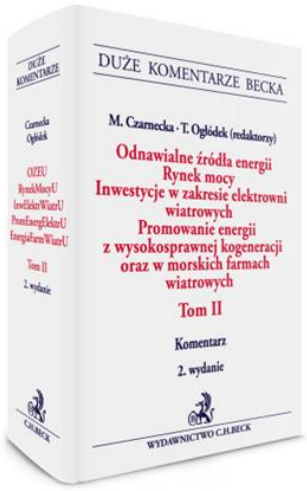
9

USTAWA O SZCZEGÓLNYCH ROZWIĄZANIACH SŁUŻĄCYCH OCHRONIE [...]



zmiana ustawy powinna prowadzić do wyłączenia z obowiązku „oszczędnościowego” zmodernizowanych instalacji (w szczególności oświetleniowych) oraz jasnego określenia mocniejszego prawnie niż interpretacja Ministerstwa Klimatu i Środowiska, iż oświetlenie uliczne - w szczególności zmodernizowane - nie jest rozliczane

10



Dziękuję za uwagę!

Radca prawny Tomasz Ogłódek

Kancelaria Radców Prawnych
Radca prawny Tomasz Ogłódek
Ul. Kopernika 12/7
40-064 Katowice

Tel. 32 251 94 28
Email: tomasz.oglodek@tolegal.pl
Email: sekretariat@tolegal.pl

11

NAJWAŻNIEJSZE PROBLEMY PRAKTYCZNE DOTYCZĄCE

JEDNOSTEK SAMORZĄDU TERYTORIALNEGO NA GRUNCIE USTAW

1. USTAWY O ŚRODKACH NADZWYCZAJNYCH MAJĄCYCH NA CELU OGRANICZENIE WYSOKOŚCI CEN ENERGII ELEKTRYCZNEJ ORAZ WSPARCIU NIEKTÓRYCH ODBIORCÓW W 2023 ROKU Z DNIA 27 PAŹDZIERNIKA 2022 R. (DZ.U. Z 2022 R. POZ. 2243) – TAK ZWANA USTAWA „MROŻĄCA”.

ORAZ

2. USTAWY O SZCZEGÓLNYCH ROZWIĄZANIACH SŁUŻĄCYCH OCHRONIE ODBIORCÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ W 2023 ROKU W ZWIĄZKU Z SYTUACJĄ NA RYNKU ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z DNIA 7 PAŹDZIERNIKA 2022 R. (DZ.U. Z 2022 R. POZ. 2127) TJ. Z DNIA 13 STYCZNIA 2023 R. (DZ.U. Z 2023 R. POZ. 269).

Z PERSPEKTYWY RADCY PRAWNEGO

Ad. 1

USTAWA O ŚRODKACH NADZWYCZAJNYCH MAJĄCYCH NA CELU OGRANICZENIE WYSOKOŚCI CEN ENERGII ELEKTRYCZNEJ ORAZ WSPARCIU NIEKTÓRYCH ODBIORCÓW W 2023 ROKU z dnia 27 października 2022 r. (Dz.U. z 2022 r. poz. 2243) – zakłada, iż uprawnieni odbiorcy w okresie wskazanym w ustawie mają zagwarantowaną niższą cenę energii elektrycznej. W art. 2 pkt 2 d – wskazano iż podmiotem uprawnionym są jednostki samorządu terytorialnego, miasto stołeczne Warszawa, związek metropolitalny w województwie śląskim, o którym mowa w przepisach ustawy z dnia 9 marca 2017 r. o związku metropolitalnym w województwie śląskim (Dz.U. z 2022 r. poz. 2578), lub podmiot świadczący na rzecz tych podmiotów usługi, w tym samorządowy zakład budżetowy, samorządową jednostkę budżetową oraz spółki, o których mowa w art. 9 ust. 1 oraz art. 14 ust. 1 ustawy z dnia 20 grudnia 1996 r. o gospodarce komunalnej (Dz.U. z 2021 r. poz. 679), w zakresie, w jakim zużywają energię elektryczną na potrzeby wykonywania zadań zleconych i zadań własnych, w tym usług świadczonych w ogólnym interesie gospodarczym między innymi w celu oświetlenia dróg, ulic, mostów, placów oraz organizacji ruchu drogowego.

Zgodnie z art. 3 ust. 3 Podmiot uprawniony, który po dniu 23 lutego 2022 r. zawarł z odbiorcami uprawnionymi, o których mowa w art. 2 pkt 2 lit. b-f, umowę sprzedaży, o której mowa w art. 5 ust. 2 pkt 1 ustawy - Prawo energetyczne, albo umowę kompleksową, o której mowa w art. 5 ust. 3 ustawy - Prawo energetyczne, w zakresie dostawy energii elektrycznej do dnia poprzedzającego dzień wejścia w życie ustawy, dokonuje z tymi odbiorcami rozliczeń wynikających ze stosowania ceny maksymalnej proporcjonalnie, w miesięcznych ratach, w okresie do dnia 31 grudnia 2023 r.

Zgodnie z art. 5 cytowanej ustawy podmiot uprawiony aby skorzystać z niższej ceny powinien do sprzedawcy złożyć oświadczenie w odpowiedniej formie i o odpowiedniej treści. Forma i treść oświadczenia zostały określone w ROZPORZĄDZENIU MINISTRA KLIMATU I ŚRODOWISKA W SPRAWIE WZORU OŚWIADCZENIA ODBIORCY UPRAWNIONEGO z dnia 10 listopada 2022 r. (Dz.U. z 2022 r. poz. 2299)[1].

[1] Zob. ROZPORZĄDZENIE MINISTRA KLIMATU I ŚRODOWISKA W SPRAWIE WZORU OŚWIADCZENIA ODBIORCY UPRAWNIONEGO z dnia 10 listopada 2022 r.

Problem jaki pojawia się na tle stosowania ustawy, to zmiana sprzedawcy w toku roku. Spółki obrotu, zobowiązane są do przekazywania oświadczenia uprawionego odbiorcy wraz ze zmianą sprzedawcy. Uprawnieni odbiorcy rozpisują przetargi na zakup energii elektrycznej. Dla uprawionych odbiorców problematyczne bywają przypadki nie przekazania w terminie oświadczenia między dotychczasowym a nowym sprzedawcą energii elektrycznej.

Początkowo sprawa przekazania oświadczenie uprawnionego obiorcy między spółkami obrotu nie była uregulowana. Ustawodawca dostrzegł ten brak i nowelą do omawianej ustawy z dnia … wprowadzono nową normę o brzmieniu *art. 7 ust 3. W przypadku gdy dotychczasowy sprzedawca energii elektrycznej nie posiada informacji, jaki podmiot będzie nowym sprzedawcą energii elektrycznej, dotychczasowy sprzedawca energii elektrycznej przekazuje kopię oświadczenia odbiorcy uprawnionego przedsiębiorstwu energetycznemu wykonującemu działalność gospodarczą w zakresie dystrybucji lub przesyłania energii elektrycznej, do sieci którego odbiorca uprawniony jest przyłączony. Przedsiębiorstwo wykonujące działalność gospodarczą w zakresie dystrybucji lub przesyłania energii elektrycznej, do sieci którego odbiorca uprawniony jest przyłączony, niezwłocznie przekazuje kopię oświadczenia odbiorcy uprawnionego do nowego sprzedawcy. I dalej w ust 4. Cenę maksymalną nowy sprzedawca energii elektrycznej stosuje od dnia rozpoczęcia dostawy energii elektrycznej.*[2]

Zgodnie z art. 5 ust 5 niezłożenie przez odbiorcę uprawnionego oświadczenia, o którym mowa w ust. 1, w terminie, o którym mowa w ust. 2, uprawnia podmiot uprawniony do niestosowania wobec tego odbiorcy ceny maksymalnej. Natomiast art. 5 ust 6 stanowi, iż złożenie przez odbiorcę uprawnionego oświadczenia, o którym mowa w ust. 1, po upływie terminu, o którym mowa w ust. 2, zobowiązuje podmiot uprawniony do stosowania wobec tego odbiorcy ceny maksymalnej ze skutkiem od miesiąca następującego po miesiącu, w którym złożono oświadczenie.

W przypadku wygrania przetargu przez nowego sprzedawcę, z ceną wyższą niż cena maksymalna określona w ustawie jako cena maksymalna dla uprawnionego odbiorcy i nie przekazania oświadczenia przez dotychczasowego sprzedawcę, istnieje ryzyko, iż jeden miesiąc uprawniony odbiorca może być obciążany ceną wyższą.

Zadanie, jakie jest po stronie służb odpowiedzialnych za stosowanie prawa zamówień publicznych i zakupy energii, to dopilnowanie „przejścia” złożonego przez uprawionego odbiorcę oświadczania, a jeśli do takiego przejścia nie doszło ponowne złożenia oświadczenia u nowego sprzedawcy. Kwestią otwartą pozostaje możliwość składania reklamacji w zakresie zawyżonej ceny wobec uprawnionego odbiorcy oraz co za tym idzie korekty faktur. Jeśli do uznania takiej reklamacji nie doszło – wówczas otwarta pozostaje sprawa domagania się odszkodowania różnicy między ceną wynikającą z ustawy a tą wynikającą z przetargu. Nowelizacja ustawy - wyżej cytowana - wskazuje jedynie obowiązek przedsiębiorstwa obrotu dopilnowania „przejścia oświadczenia za odbiorcą”. Prawo określa jak dany podmiot powinien się zachować a nie jak zachowa się w rzeczywistości[3].

[2] Zob. art. 10 - USTAWY O ZMIANIE USTAWY O SZCZEGÓLNYCH ROZWIĄZANIACH W ZAKRESIE NIEKTÓRYCH ŹRÓDEŁ CIEPŁA W ZWIĄZKU Z SYTUACJĄ NA RYNKU PALIW ORAZ NIEKTÓRYCH INNYCH USTAW z dnia 8 lutego 2023 r. (Dz.U. z 2023 r. poz. 295)

[3] Dualizm prawny między bytem i powinnością -zob Roman Wójcik „Czysta teoria prawa…” za https://repozytorium.amu.edu.pl/bitstream/10593/20859/1/005%20ROMAN%20W%C3%93JCIK.pdf

Ad. 2

Druga z omawianych ustaw wprowadziła w art. 1 pkt 6 obowiązek realizacji celu w zakresie zmniejszenia zużycia energii elektrycznej. Normy nie są interpretowane jednolicie i w prasie samorządowej, biznesowej i energetycznej ustawa jest przedmiotem ożywionych dyskusji[4]. Szczegóły realizacji obowiązku zostały określone w Rozdziale 5 cytowanej ustawy. Art. 37 zobowiązuje kierowników jednostek sektora finansów publicznych wymienionych w Ustawie to jest: organy władzy publicznej, w tym organy administracji rządowej, organy kontroli państwowej i ochrony prawa oraz sądy i trybunały, jednostki samorządu terytorialnego oraz ich związki, związki metropolitalne, instytucje gospodarki budżetowej, państwowe fundusze celowe, Zakład Ubezpieczeń Społecznych i zarządzane przez niego fundusze oraz Kasa Rolniczego Ubezpieczenia Społecznego i fundusze zarządzane przez Prezesa Kasy Rolniczego Ubezpieczenia Społecznego, Narodowy Fundusz Zdrowia, uczelnie publiczne, Polska Akademia Nauk i tworzone przez nią jednostki organizacyjne, państwowe i samorządowe instytucje kultury do podejmowania działań w celu realizacji obowiązkowego celu zmniejszenia całkowitego zużycia energii elektrycznej w zajmowanych budynkach lub częściach zajmowanych budynków oraz przez wykorzystywane urządzenia techniczne, instalacje i pojazdy.

Celem jest zmniejszenie zużycia o 10%. Ustawa zobowiązuje kierowników jednostek sektora finansów publicznych do składania raportów do Prezesa URE.

---

[4] https://samorzad.pap.pl/kategoria/aktualnosci/gminy-wiejskie-zawiedzione-wyjasnieniami-mkis-ws-oszczedzania-pradu-w-jst

https://samorzad.infor.pl/sektor/zadania/bezpieczenstwo/5638911,samorzady-chca-zmian-w-przymusowym-oszczedzaniu-pradu-Sprzeciw-przeciwko-karom.html

https://serwisy.gazetaprawna.pl/samorzad/artykuly/8630790,zuzycie-energii-elektrycznej-prad-samorzad-10-procent-kary.html

https://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/gminy-bez-watpliwosci-uzyskanie-10-proc-oszczednosci-na-pradzie-jest-niemozliwe,429272.html

https://www.gramwzielone.pl/trendy/20136364/jsfp-musza-zmniejszyc-zuzycie-energii-o-10-proc-sprawdzi-to-ure

https://samorzad.pap.pl/kategoria/aktualnosci/mkis-obowiazek-oszczednosci-pradu-tylko-w-urzedach-gminy-nie-musza-wylaczac

https://www.prawo.pl/samorzad/oszczednosc-pradu-w-gminach,519107.html

https://www.cire.pl/artykuly/serwis-informacyjny-cire-24/czy-gminom-uda-sie-zaoszczedzic-10-proc-energii-elektrycznej

https://wiadomosci.onet.pl/kraj/samorzady-oszczedzaja-na-energii-widac-pierwsze-efekty/zj2px1n

https://nowiny24.pl/podkarpackie-urzedy-z-obowiazku-oszczedzania-energii-wywiazuja-sie-nawet-ponad-plan-zobacz-ktory-samorzad-robi-to-najlepiej/ar/c1-17442267

https://innpoland.pl/192818,ile-pradu-zuzywaja-resorty-w-kprm-praca-bez-lampek-w-dni-sloneczne

https://pap-mediaroom.pl/polityka-i-spoleczenstwo/prawopl-sady-na-rozne-sposoby-wpisuja-sie-w-program-oszczedzania-energii

https://katowice24.info/ostatni-w-urzedzie-gasi-swiatlo-katowice-beda-musialy-wykazac-ze-zmniejszyly-zuzycie-pradu/

https://samorzad.infor.pl/sektor/zadania/bezpieczenstwo/5615426,tani-prad-maksymalna-cena-pradu-zamrozenie-odbiorca-uprawniony-oszczedzanie-pradu-urzad-gmina-poradnik-JST-PPE-licznik.html

https://metropolie.pl/artykul/prad-nalezy-oszczedzac-rozwaznie

Tak określone przez ustawę obowiązki zostały wzmocnione poprzez wprowadzenie w art. 38 ust 1 pkt 3 i 4 – sankcji za nie podjęcie działań o których mowa w art. 37 ust 1 a także za nie wykonanie obowiązku raportowania o którym mowa w art. 38 ust 3.

Kara którą wymierza Prezes URE jest dotkliwa – a jej górna wysokość wynosi 20.000 zł (co wprost wynika z art. 37 ust 4).

W tak opisanym stanie prawym jednostki samorządu terytorialnego, które w przednich latach podjęły znaczny wysiłek w kierunku osiągnięcia poprawy efektywności energetycznej zostały postawione przed zadaniem praktycznie niemożliwym do wypełnienia.

W szczególności należy zwrócić uwagę na gminy, które podjęły działania modernizujące oświetlenie uliczne. Co prawda w sprawie wypowiadało się na wniosek samorządów Ministerstwo Klimatu i Środowiska - według ministerstwa samorządy nie muszą oszczędzać energii zużywanej na cele oświetlenia ulicznego. [5] Pismo ogólne Ministra nie jest jednak źródłem prawa, a normy nie są jednoznaczne.

Nie jest przesadne postawienie tezy, iż niezależnie od tego czy gminy podzielają stanowisko Ministerstwa Klimatu i środowiska co do włączenia oświetlenia ulicznego w cele oszczędnościowe - w przypadku gospodarnych jednostek samorządu terytorialnego, które podjęły uprzednio działania zmierzające do poprawy efektywności energetycznej wykonanie obowiązku ustawowego jest bardzo trudne lub wręcz niemożliwe do realizacji.

Wobec niejednoznacznych przepisów, nie podzielając wykładni prawa wyrażonej stanowisku Ministerstwa Klimatu i Środowiska, niektóre gminy, ograniczyły zużycie energii na cele oświetlenia ulicznego. Odbyło się to ze szkodą dla jakości życia mieszkańców, w celu wykonania obowiązku ustawowego podjęły działania, jedyne możliwe do zastosowania w celu osiągnięcia celów ustawy, to jest poprzez ograniczenie czasu działania instalacji oświetleniowych[6]. Wprowadzone działania oszczędnościowe sprowadzały się do bardzo niebezpiecznego[7] dla użytkowników dróg późniejszego załączania oświetlenia (w czasie popołudniowego szczytu powrotów do domu) oraz wcześniejszego porannego wyłączania instalacji oświetleniowej (w czasie wzmożenia pooranego ruchu mieszkańców do pracy i szkoły).

Ponieważ doświadczenie sezonu zimowego 22/23 nie są zachęcające, co do możliwych do osiągnięcia celów oszczędności energii elektrycznej, w szczególności w gminach, które uprzednio przeprowadziły różne działania modernizacyjne (w tym dotyczące oświetlenia) – celowe jest rozważanie lobowania za nowelizacją ustawy. W szczególności zmiana ustawy powinna prowadzić do wyłączenia z obowiązku „oszczędnościowego” zmodernizowanych instalacji oświetleniowych oraz jasnego określenia, mocniejszego prawnie niż interpretacja Ministerstwa Klimatu i Środowiska[8], iż oświetlenie uliczne w szczególności zmodernizowane – nie jest rozliczane.

---

[5] Zob. https://samorzad.pap.pl/kategoria/aktualnosci/mkis-obowiazek-oszczednosci-pradu-tylko-w-urzedach-gminy-nie-musza-wylaczac

[6] https://samorzad.pap.pl/kategoria/aktualnosci/nie-tylko-ograniczenia-w-oswietleniu-ulic-tak-gminy-oszczedzaja-energie

[7] https://serwisy.gazetaprawna.pl/orzeczenia/artykuly/8555690,oszczedzanie-na-oswietleniu-samorzad-przestepstwa.html

[8] Do dokonywania wiążącej interpretacji prawa uprawniony jest wyłącznie organ, który wydał akt prawny. Interpretować prawo w sposób wiążący mogą również sądy i organy administracji, jednak

Taka zmiana z jednej strony stanowiłaby ulgę dla gmin, które uprzednio już podjęły wysiłek modernizacyjny, a z drugiej strony zachętę dla gmin które jeszcze tego wysiłku nie podjęły do dokonania modernizacji energetycznej .

Problem został dostrzeżony przez Polski Związek Gmin i Powiatów, który wystąpił z apelem o zmianę przepisów w tym zakresie[9].

tylko w odniesieniu do spraw indywidualnych i nie może to dotyczyć zdarzeń przyszłych. Jest to tak zwana wykładnia autentyczna.

[9] Zob. https://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/maja-problem-z-obowiazkiem-zmniejszenia-zuzycia-energii-bo-robili-to-od-lat,453828.html

MOŻLIWOŚCI REDUKCJI ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ PRZEZ OŚWIETLENIE WNĘTRZOWE NA PRZYKŁADZIE OŚWIETLENIA CIĄGU KOMUNIKACYJNEGO

Roman Sikora, Przemysław Markiewicz
Politechnika Łódzka

1. Wstęp

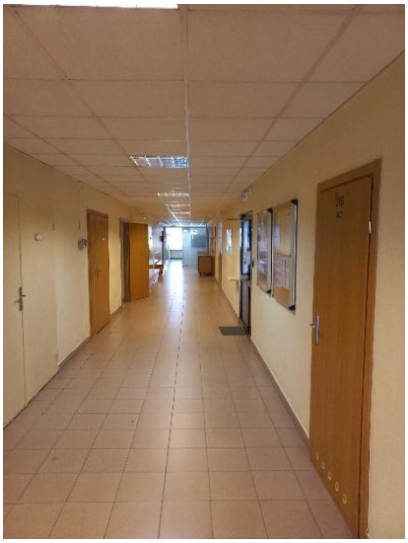
Oświetlenie stanowi istotny składnik zużywanej energii przez budynki. Ilość tej energii wpływa na efektywność energetyczną budynku co znajduje odzwierciedlenie w świadectwie energetycznym. Gwałtowny wzrost cen energii elektrycznej wymusza podjęcie działań związanych ze zmniejszeniem zużycia energii. Redukcja zużycia energii przekłada się również na zmniejszenie jej kosztu. Można sobie wyobrazić radykalne działania podejmowane przez użytkowników polegające na czasowym ograniczeniu np. godzin pracy danej instytucji lub nawet jej zamknięcie z powodu wysokich kosztów energii elektrycznej. Cena energii zależy od wielu czynników, w tym ekonomicznych, geopolitycznych i społecznych. W związku z wysoką inflacja, której jedną z przyczyn jest wojna na Ukrainie ceny energii w ostatnim roku gwałtownie się zwiększyły. Wzrost cen energii elektrycznej w dużym stopniu dotknął jednostki samorządu terytorialnego. Samorządy są odpowiedzialne za utrzymanie wielu instytucji oświatowych, kulturalnych, urzędów itd. Koszt energii elektrycznej na cele oświetleniowe w budynkach będących w gestii samorządów stanowi istotny składnik całkowitych kosztów utrzymania tych budynków. W przypadku wielu instytucie nie jest możliwe podjęcie drastycznej decyzji np. o zamknięciu szkoły lub placówki kultury przez organ prowadzący. Jednym z rozwiązań tego problemu jest modernizacja oświetlenia wnętrzowego w budynkach zarządzanych przez jednostki samorządu terytorialnego. Najprostsza modernizacja polega na wymianie tylko źródeł światła na energooszczędne lub wymianie całych opraw. Wymieniając całą oprawę można rozważyć zastosowanie inteligentnych opraw oświetleniowych LED wyposażonych w czujniki ruchu lub obecności, które dostarczają sygnały sterujące do układów sterowania zaimplementowanych w tych oprawach. Niektóre rozwiązania takich opraw dają możliwość dostosowania algorytmu świecenia oprawy przez użytkownika. W ten sposób można dostosować świecenie oprawy do specyfiki danego obszaru lub przestrzeni. Zastosowanie takiego algorytmu pozwoli na duże oszczędności energii elektrycznej. Kolejną zaleta takiego rozwiązania jest to, że użytkownicy nie muszą pamiętać o ręcznym wyłączeniu oświetlenia. Oprawy automatycznie się wyłączą, jeśli czujniki nie wykryją ruchu lub obecności osób w oświetlanej przestrzeni.

W referacie zostały przedstawione wyniki analizy instalacji oświetleniowej ciągu komunikacyjnego w Instytucie Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej. Oświetlenie na jednym z korytarzy zostało poddane modernizacji polegającej na wymianie opraw oświetleniowych do świetlówek liniowych wyposażonych w stateczniki magnetyczne na nowoczesne inteligentne oprawy oświetleniowe wykonane w technologii LED. Zastosowane oprawy są wyposażone w czujniki ruchu pozwalające na redukcję strumienia świetlnego w chwili, kiedy dany ciąg komunikacyjny nie jest użytkowany. Jeśli ciąg komunikacyjny nie jest użytkowany przez założony czas oprawy są automatycznie wyłączane – przechodzą w stan czuwania (standby). Ze względu na to, że modernizacja dotyczyła jedynie jednego z korytarzy, to możliwe było wykonania badań porównawczych na innym bliźniaczym korytarzu wyposażonym w te same oprawy

świetlówkowe. Prezentowane wyniki analizy porównawczej zostały wykonane dla rzeczywistych obiektów. Wyniki analizy można uogólnić dla innych podobnych obiektów. Zaprezentowane wnioski pokazują jak dany rodzaj modernizacji wpływa na redukcję zużycia i koszty energii elektrycznej na cele oświetleniowe. Ponadto w referacie porównano przebiegi mocy czynnej i biernej instalacji oświetleniowych z oprawami świetlówkowymi ze statecznikami magnetycznymi i sterowanych (inteligentnych) opraw LED.

2. OPIS CIĄGU KOMUNIKACYJNEGO I OPRAW OŚWIETLENIOWYCH

Do analizy wybrano dwa ciągi komunikacyjne znajdujące w Instytucie Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej w budynku A11 na trzecim (Fot. 1) i drugim (Fot. 2) piętrze.



Fotografia 1. *Widok korytarza na 3 piętrze w Instytucie Elektroenergetyki PŁ (zdjęcie własne)*

Fotografia 2. *Widok korytarza na 2 piętrze w Instytucie Elektroenergetyki PŁ (zdjęcie własne)*

Korytarz na trzecim piętrze jest oświetlony oprawami do świetlówek liniowych (Fot. 3) i na nim nie była prowadzona modernizacji. Traktowany jest jako obiekt referencyjny. Bliźniaczy korytarz na drugim piętrze jest wyposażony w inteligentne oprawy LED (Fot. 4). Korytarz na trzecim piętrze ma wymiary 2,5 x 27 m i jest na nim zainstalowane 9 opraw świetlówkowych. Piętro niżej korytarz ma 2,5 x 25 m i jest wyposażone w 7 opraw LED. Podczas pomiarów jedna oprawa na korytarzu na piętrze trzecim nie świeciła z powodu uszkodzenia. Świeciło tylko 8 opraw.

Fotografia 3. *Widok oprawy świetlówkowej 4x18W oświetlającej korytarz na 3 piętrze w Instytucie Elektroenergetyki PŁ (zdjęcie własne)*

Fotografia 4. *Widok oprawy LED oświetlającej korytarz na 2 piętrze w Instytucie Elektroenergetyki PŁ (zdjęcie własne)*

Dane stosowanych opraw oświetleniowych uzyskane na podstawie tabliczek znamionowych i przeprowadzonych pomiarów zostały zestawione w tabeli 1. W oprawach LED został zaimplementowany algorytm regulacji strumienia świetlnego działający w ten sposób, że w momencie pojawienia się ruchu w korytarzu przez czujnik oprawy pracują z pełną mocą, następnie po kilkudziesięciu sekundach (30s) następuje redukcja strumienia o 50%. Po dłuższej chwili, kiedy nie jest wykrywany ruch moc jest redukowana do 30%.

W przypadku dłuższej przerwy oprawy automatycznie przechodzą w stan czuwania. W chwili pojawienia się ruchu oprawa jest uruchomiana na pełną moc.

Tabela 1. *Dane znamionowe opraw oświetleniowych*

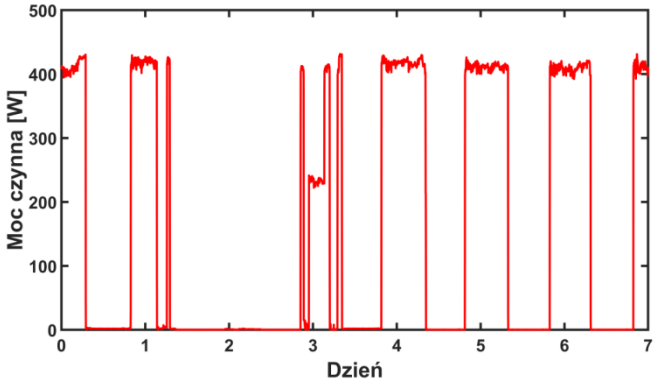
	Moc znamionowa P [W]	**Moc w stanie czuwania $P_{standby}$ [W]**	**Strumień świetlny Φ [lm]**
Oprawa świetlówkowa ze statecznikiem magnetycznym	72[1)] – 95,5[2)]	-	-
Oprawa LED	64	0,5	5270

[1)] Moc źródeł światła, bez uwzględnienia strat mocy w stateczniku magnetycznym
[2)] Moc oprawy uzyskana w wyniku pomiarów.

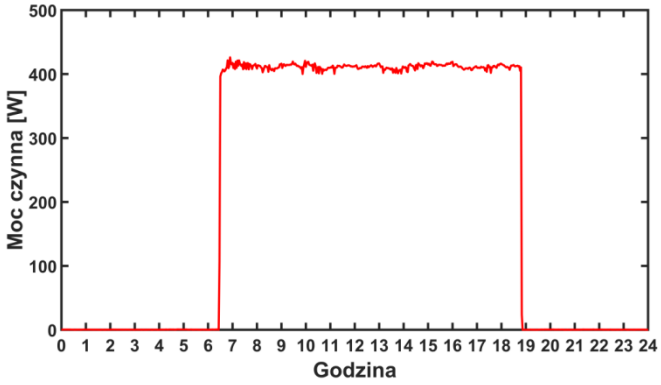
3. Analiza wyniki pomiarów

Dla każdego z analizowanych korytarzy pomiary prowadzone były przez tydzień na wydzielonym obwodzie oświetleniowym każdego w pięter. Do pomiarów wykorzystano analizator jakości energii elektrycznej FLUKE 1760. W trakcie prowadzenia pomiarów Instytut Elektroenergetyki

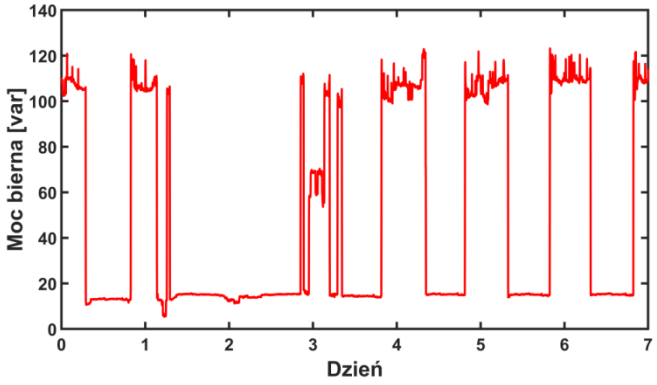
pracował normalnie. Rejestrowane były przebiegi mocy i energii zarówno czynnej jak i biernej. Uzyskane wyniki zostały przedstawione na rysunkach od 1 do 6.



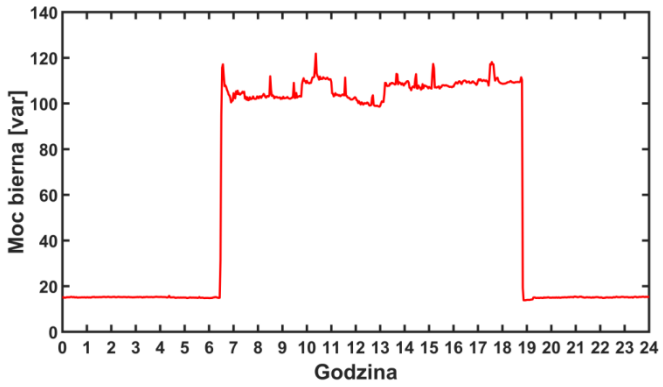
Rysunek 1. *Przebieg mocy czynnej dla korytarza z oprawami do świetlówek liniowych w czasie tygodnia*



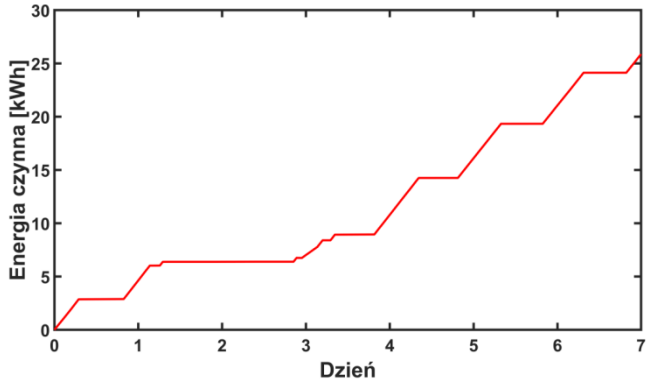
Rysunek 2. *Przebieg mocy czynnej dla korytarza z oprawami do świetlówek liniowych dla jednego dnia*



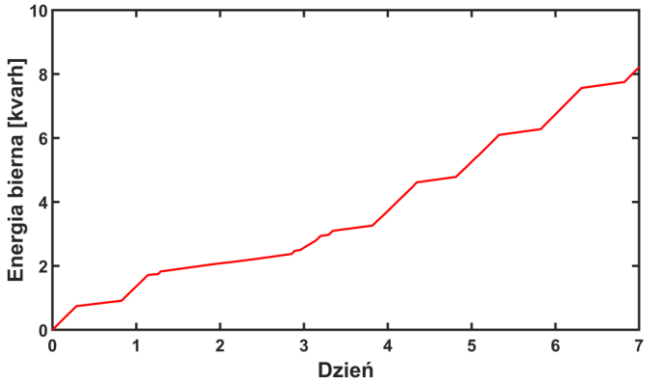
Rysunek 3. *Przebieg mocy biernej dla korytarza z oprawami do świetlówek liniowych w czasie tygodnia*



Rysunek 4. *Przebieg mocy biernej dla korytarza z oprawami do świetlówek liniowych dla jednego dnia*



Rysunek 5. *Zużycie energii czynnej dla korytarza z oprawami do świetlówek liniowych w czasie tygodnia*

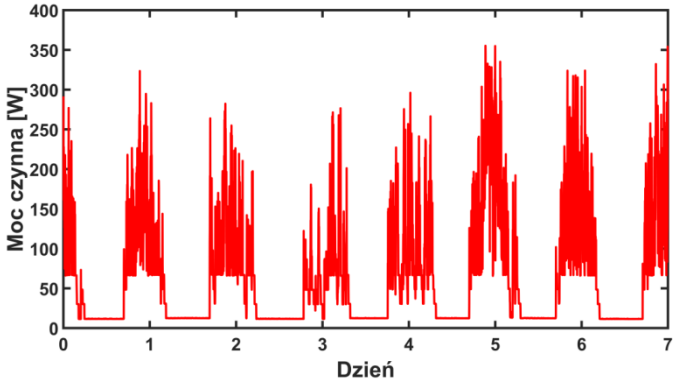


Rysunek 6. *Zużycie energii biernej dla korytarza z oprawami do świetlówek liniowych w czasie tygodnia*

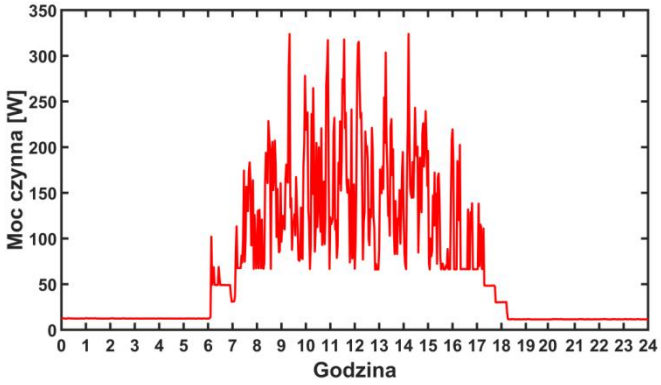
W trakcie tygodniowego cyklu pracy instalacja oświetlenia korytarza zużyła 25 kWh energii czynnej oraz 8 kvarh energii biernej. Przebiegi mocy czynnej i biernej były wymuszone chwilami załączenia instalacji w godzinach rannych przez pracownika, podobnie instalacja była wyłączana po wyjściu ostatniego pracownika.

Rysunki od 7 do 12 przedstawiają zarejestrowane przebiegi mocy i energii zarówno czynnej jak i biernej dla korytarza na 2 piętrze z oprawami LED. Cały obwód oświetleniowy w czasie tygodniowego cyklu pracy zużył około 10 kWh energii czynnej oraz 5 kvarh energii biernej.

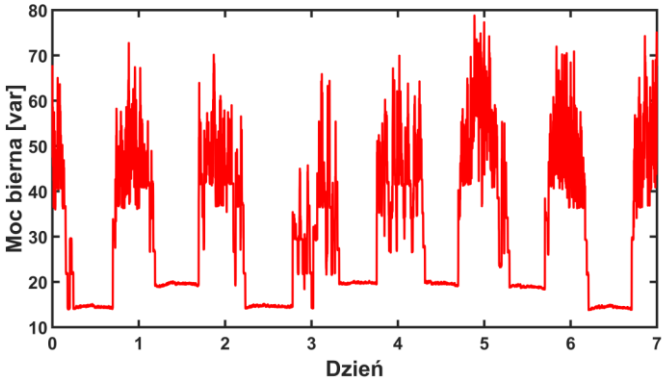
Kształt przebiegu zarówno mocy czynnej i biernej był zdeterminowany działającym algorytmem regulacji strumienia świetlnego.



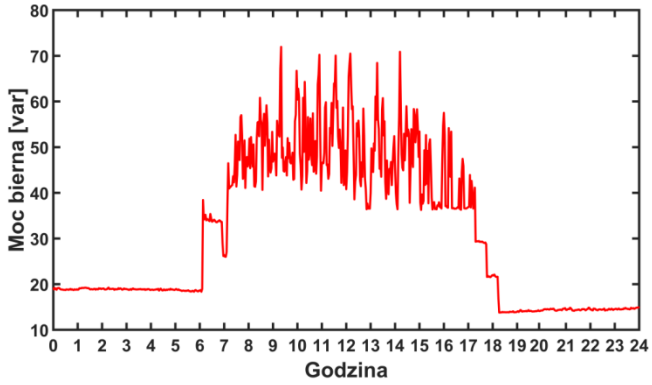
Rysunek 7. *Przebieg mocy czynnej dla korytarza z oprawami LED w czasie tygodnia*



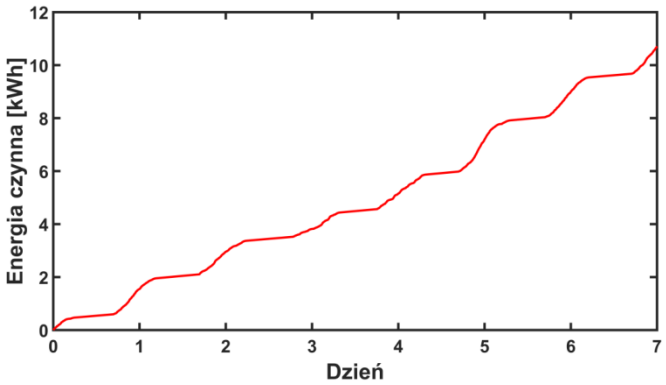
Rysunek 8. *Przebieg mocy czynnej dla korytarza z oprawami LED dla jednego dnia*



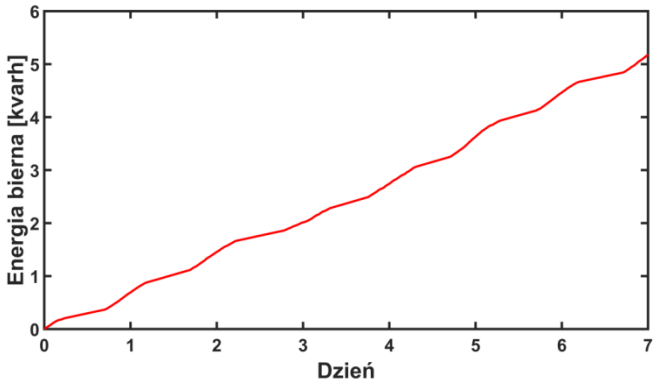
Rysunek 9. *Przebieg mocy biernej dla korytarza z oprawami LED w czasie tygodnia*



Rysunek 10. *Przebieg mocy biernej dla korytarza z oprawami LED dla jednego dnia*



Rysunek 11. *Zużycie energii czynnej dla korytarza z oprawami LED wczasie tygodnia*



Rysunek 12. *Zużycie energii biernej dla korytarza z oprawami z oprawami LED w czasie tygodnia*

4. Obliczenia mocy zainstalowanej, zużycia energii elektrycznej oraz jej kosztów dla czterech wariantów modernizacji oświetlenia ciągu komunikacyjnego

Dysponując wynikami pomiarów wykonanych w istniejącej instalacji oraz danymi katalogowymi opraw oświetleniowych udostępnianymi przez producentów w następnym kroku prowadzonej

analizy porównawczej dokonano szacunkowych obliczeń zużycia energii elektrycznej oraz kosztów energii przy założonym poziomie jej cen.

Analizę wykonano dla następujących pięciu wariantów oświetlenia ciągu komunikacyjnego:

1. **Wariant 1 (bazowy)** - Oświetlenie za pomocą opraw świetlówkowych 4x18W ze statecznikiem magnetycznym eksploatowanych aktualnie – zużytych (opisanych w poprzednim rozdziale)
2. **Wariant 2** - Oświetlenie za pomocą nowych opraw świetlówkowych 4x18W ze statecznikiem magnetycznym, moc oprawy przyjęto na podstawie karty katalogowej,
3. **Wariant 3** - Oświetlenie za pomocą nowych opraw świetlówkowych 4x18W ze statecznikiem elektronicznym, moc oprawy przyjęto na podstawie karty katalogowej,
4. **Wariant 4** - Oświetlenie za pomocą opraw świetlówkowych 4x18W, w których świetlówki zastąpiono „retrofitem” w postaci liniowej lampy LED , moc oprawy obliczono jako 4 x PLED, gdzie PLED jest mocą pojedynczej liniowej lampy LED uzyskaną w wyniku pomiarów równą 8,86W,
5. **Wariant 5** - Oświetlenie za pomocą sterowanych opraw LED opisanych w poprzednim rozdziale.

Założono, że ciąg komunikacyjny oświetlany jest za pomocą 7 opraw oświetleniowych. Wartości mocy czynnej pojedynczej oprawy oraz mocy zainstalowanej całego obwodu zostały zamieszczone w tabeli 1. Obliczenia zostały wykonane dla wcześniej wymieniowych wariantów modernizacji instalacji oświetleniowej.

Tabela 1. *Wyniki obliczeń mocy zainstalowanych*

	P_{OPR} [W]	P_{ZI} [W]
Wariant 1 (bazowy)	95,50	668,50
Wariant 2	86,00	602,00
Wariant 3	76,00	532,00
Wariant 4	4x8,86 = 35,45	248,15
Wariant 5	64,00	448,00

P_{OPR} – moc pojedynczej oprawy,
P_{ZI} – moc zainstalowana instalacji oświetleniowej.

W celu obliczenia zużycia energii elektrycznej przez oświetlenie rozważanego ciągu komunikacyjnego przyjęto czasy świecenia uzyskane z pomiarów opisanych w poprzednim rozdziale dla korytarza znajdującego się na 2 piętrze. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 2.

Zastosowanie sterowanych opraw LED umożliwiło uzyskanie znaczącej redukcji rocznego zużycia energii elektrycznej w porównaniu z pozostałymi analizowanymi wariantami oświetlenia, które wynoszą odpowiednio :

- dla Wariantu 1 - W_{OW2} = **2382,04 kWh** - czyli o **463,23%**,
- dla Wariantu 2 - W_{OW3} = **2093,93 kWh** - czyli o **407,20%**,
- dla Wariantu 3 - W_{OW4} = **1790,66 kWh** - czyli o **348,22%**,
- dla Wariantu 4 - W_{OW5} = **560,88 kWh** - czyli o **109,07%**.

Tabela 2. *Obliczone wartości zużytej energii elektrycznej przez oświetlenie dla analizowanych pięciu wariantów*

Przedział świecenia Dzień	Czas świecenia t_S [h]	Zużycie energii elektrycznej				
		W_{W1} [kWh]	W_{W2} [kWh]	W_{W3} [kWh]	W_{W4} [kWh]	W_{W5} [kWh]
1	5,90	5,90	3,94	3,55	3,14	-
2	11,73	11,73	7,84	7,06	6,24	-
3	12,97	12,97	8,67	7,81	6,90	-
4	12,93	12,93	8,64	7,78	6,88	-
5	13,40	13,40	8,96	8,07	7,13	-
6	14,2	14,2	9,49	8,55	7,55	-
7	12,13	12,13	8,11	7,30	6,45	-
8	7	7,00	4,68	4,21	3,72	-
Zużycie tygodniowe		**60,34**	**54,34**	**48,02**	**22,40**	**10,71**
Zużycie miesięczne		**241,36**	**217,35**	**192,07**	**89,59**	**42,85**
Zużycie roczne		**2896,26**	**2608,15**	**2304,88**	**1075,10**	**514,22**

W_{W1} – zużycie energii przez oświetlenie dla Wariantu 1, W_{W2} – zużycie energii przez oświetlenie dla Wariantu 2, W_{W3} – zużycie energii przez oświetlenie dla Wariantu 3, W_{W4} – zużycie energii przez oświetlenie dla Wariantu 4, W_{W5} – zużycie energii przez oświetlenie dla Wariantu 5,

W ustawie [1] dotyczącej zamrożenia cen energii elektrycznej dla samorządów maksymalny koszt energii elektrycznej wynosi 785 zł za MWh (0,785 zł/kWh). Przyjmując do obliczeń powyższą cenę 1kWh obliczono roczne koszty oświetlenia ciągu komunikacyjnego dla poszczególnych wariantów oraz uzyskane oszczędności przez zastosowanie wymianę wyeksploatowanych opraw świetlówkowych na nowe oprawy świetlówkowe ze statecznikiem magnetycznym (Wariant 2), elektronicznym (Wariant 3), liniowe lampy LED (Wariant 4) i sterowane oprawy LED (Wariant 5). Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 3. Ponadto obliczono koszty i potencjalne oszczędności dla wzrostu ceny 1 kWh nawet o 100%.

Na rysunkach 13 oraz 14 przedstawione zostały poziomy zużywanej energii oraz jej kosztów dla rozważanych wariantów modernizacji instalacji oświetleniowej. Zastosowanie stateczników elektronicznych do opraw świetlówkowych przynosi oszczędności tylko na poziomie niecałych 26%. Wymiana wyeksploatowanych opraw na nowe oprawy ze statecznikiem magnetycznym i nowe świetlówki powinno przynieść 11,05% oszczędności. Zastąpienie świetlówek przez liniowe lampy LED daje 169,39% oszczędności. Inteligentne oprawy LED z algorytmem sterowania mogą przynieść oszczędności nawet na poziomie 463 %. Jedyną wadą tych opraw jest ich wysoka cena.

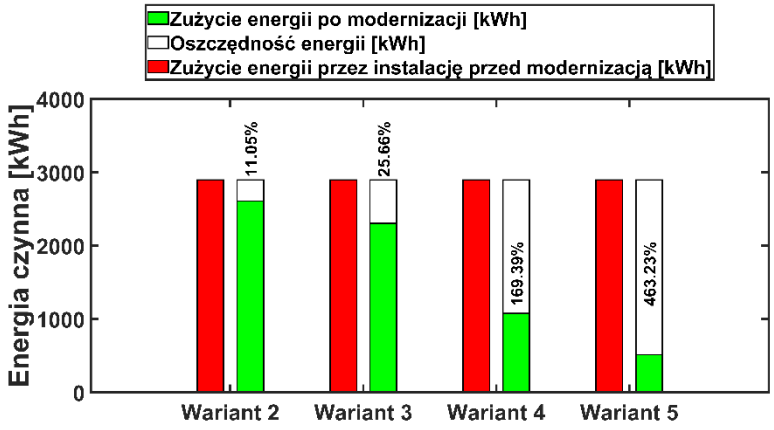
Tabela 3. *Roczne koszty oświetlenia ciągu komunikacyjnego dla poszczególnych wariantów*

Procentowy wzrost ceny energii elektrycznej	Koszt 1kWh	K_{W1} [zł]	K_{W2} [zł]	K_{W3} [zł]	K_{W4} [zł]	K_{W5} [zł]
	0,785	2273,57	2047,40	1809,33	843,96	403,67
10%	0,864	2500,92	2252,14	1990,26	928,35	444,03
20%	0,942	2728,28	2456,88	2171,20	1012,75	484,40
30%	1,021	2955,64	2661,62	2352,13	1097,14	524,77
40%	1,099	3182,99	2866,36	2533,06	1181,54	565,13
50%	1,178	3410,35	3071,10	2714,00	1265,94	605,50
60%	1,256	3637,71	3275,84	2894,93	1350,33	645,87
70%	1,335	3865,06	3480,58	3075,86	1434,73	686,23
80%	1,413	4092,42	3685,32	3256,79	1519,12	726,60

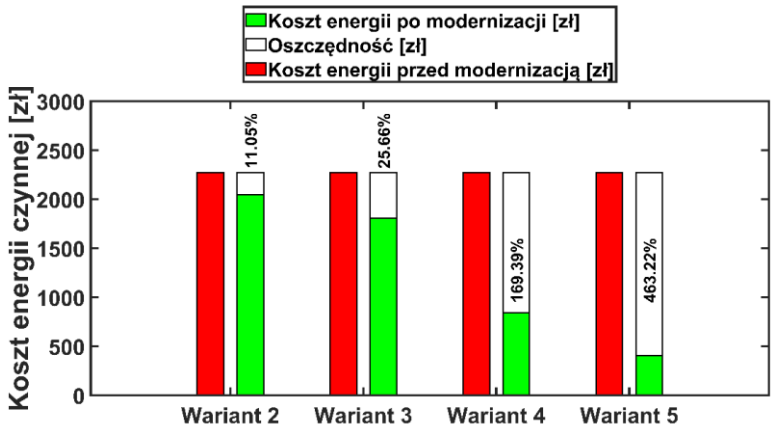
90%	1,492	4319,78	3890,06	3437,73	1603,52	766,97
100%	1,570	4547,13	4094,80	3618,66	1687,91	807,33

Tabela 4. *Uzyskane oszczędności w wyniku zastosowania inteligentnych opraw LED*

Procentowy wzrost ceny energii elektrycznej	O_{W2} [zł]	O_{W3} [zł]	O_{W4} [zł]	O_{W5} [zł]
	226,17	464,24	1429,61	1869,90
10%	248,78	510,66	1572,57	2056,89
20%	271,40	557,08	1715,53	2243,88
30%	294,02	603,51	1858,49	2430,87
40%	316,63	649,93	2001,45	2617,86
50%	339,25	696,35	2144,41	2804,85
60%	361,87	742,78	2287,37	2991,84
70%	384,48	789,20	2430,34	3178,83
80%	407,10	835,62	2573,30	3365,82
90%	429,72	882,05	2716,26	3552,81
100%	452,33	928,47	2859,22	3739,80



Rysunek 13. *Zestawienie ilości zużywanej energii elektrycznej dla rozważanych wariantów z przewidywanym poziomem uzyskiwanych oszczędności*



Rysunek 14. *Zestawienie kosztów energii elektrycznej dla rozważanych wariantów z przewidywanym poziomem uzyskiwanych oszczędności*

5. Podsumowanie

Wzrost cen energii elektrycznej wymusza podejmowanie przez użytkowników instalacji oświetleniowych działań poprawiających efektywność energetyczną instalacji. Mogą to być działania w pierwszym podejściu polegające na wymianie istniejących źródeł światła w postaci świetlówek liniowych na nich zamienniki LED w istniejących oprawach. W celu uzyskania większych oszczędność można rozważyć modernizacje instalacji polegającą na wymianie opraw świetlówkowych, często zużytych, oprawami LED z zaawansowanym algorytmem sterowania strumieniem świetlnym z wykorzystaniem czujników obecności. W referacie przedstawiono wyniki pomiarów uzyskanych dla rzeczywistej instalacji oświetleniowej uzupełnionych obliczeniami kosztów eksploatacyjnych dla założonych wariantów modernizacji. Zastosowanie wariantu z zaawansowanym algorytmem regulacji przynosi oszczędności w stosunku do wariantu bazowego na poziomie ponad 300%. Dla pełnej analizy rozważanego problemu należałyby dodatkowo uwzględnić koszty inwestycyjne.

Literatura

[1] Ustawa z dnia 27 października 2022 r. o środkach nadzwyczajnych mających na celu ograniczenie wysokości cen energii elektrycznej oraz wsparciu niektórych odbiorców w 2023 roku, Dz.U. 2022 poz. 2243, (https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20220002243)

ANALIZA PARAMETRÓW EKSPLOATACYJNYCH WNĘTRZOWYCH OPRAW OŚWIETLENIOWYCH O REGULOWANYM STRUMIENIU ŚWIETLNYM

Roman Sikora, Przemysław Markiewicz, Jakub Klimaszewski
Politechnika Łódzka

1. Wstęp

Szybki wzrost cen energii elektrycznej spowodował, że pojawiła się potrzeba, a wręcz nawet konieczność oszczędzania energii elektrycznej. Energia zużywana na cele oświetleniowe jest istotnym składnikiem bilansu energetycznego całego budynku. Oprawy oświetleniowe do lamp wyładowczych są zastępowane oprawami oświetleniowymi wykonanymi w technologii LED. Oprócz innej technologii wytwarzania światła można wykorzystać możliwości regulacji strumienia świetlnego w zależności od aktualnej potrzeby. W tym celu wykorzystywane są układy regulacyjne wyposażone w czujniki światła dziennego, zajętości, itp. Stateczniki elektroniczne w oprawach świetlówkowych lub zasilacze elektroniczne w oprawach LED umożliwiają sterowanie takich opraw. Oprawy oświetleniowe wyposażone w moduły komunikacyjne mogą być częścią systemu zarządzania budynkiem BMS (ang. Building Management System). Do komunikacji można wykorzystać protokoły transmisji danych . Jednym z nich jest system DALI (ang. Digital Addressable Lighting Interface) [2].

Obniżenie poziomu mocy czynnej oprawy (strumienia świetlnego) ma za zadanie ograniczyć zażycie energii bez pogorszenia komfortu widzenia. Oprócz uzyskania wymiernych oszczędności regulacja strumienia świetlnego może powodować pewne negatywne skutki w sieci zasilającej w postaci np. wzrostu poziomu odkształcenia prądu zasilającego lub jeszcze inne.

W referacie dostały przedstawione wyniki badań laboratoryjnych nowoczesnej oprawy oświetleniowej wykonanej w technologii LED wyposażonej w cyfrową magistralę DALI powszechnie stosowaną do tego celu. Założonym celem prowadzonych badań było uzyskanie w miarę możliwości pełnych charakterystyk regulacyjnych badanego wyrobu zawierających zależności wartości podstawowych parametrów elektrycznych, kolorymetrycznych i fotometrycznych od przyjętego poziomu wysterowania.

2. Charakterystyka oprawy LED i stanowiska pomiarowego

Do badań wykorzystano oprawę wykonaną w technologii LED wyprodukowaną w 2021 r. Oprawa przeznaczona jest do montażu w suficie modułowym o wielkości otworu montażowego 60 cm x 60 cm. Oprawa może być zatem traktowana jako zamiennik typowej oprawy świetlówkowej 4x18W Po połączeniu oprawy z centralą sterującą wykorzystującą protokół DALI możliwa jest regulacja strumienia świetlnego – mocy czynnej oprawy w szerokim zakresie. Analizę parametrów fotometrycznych (strumienia świetlnego), elektrycznych i kolorymetrycznych wykonano dla zakresu zmian strumienia świetlnego od 10% do 100%. Do sterowania oprawą wykorzystano aplikację mobilną połączoną ze sterownikiem DALI. W tabeli 1 zestawiono parametry znamionowe katalogowe badanej oprawy LED [1].

Strumień świetlny oprawy zmierzono w kuli całkującej o średnicy 2 m z wykorzystaniem luksomierza L-100. Do pomiaru parametrów elektrycznych wykorzystano analizator jakości energii elektrycznej Topas 1000. Parametry kolorymetryczne zmierzono spektroradiometrem GLSpectis 5.0 Touch. Oprawę zasilono napięciem sieciowym.

Tabela 1. *Parametry znamionowe badanej oprawy LED [1]*

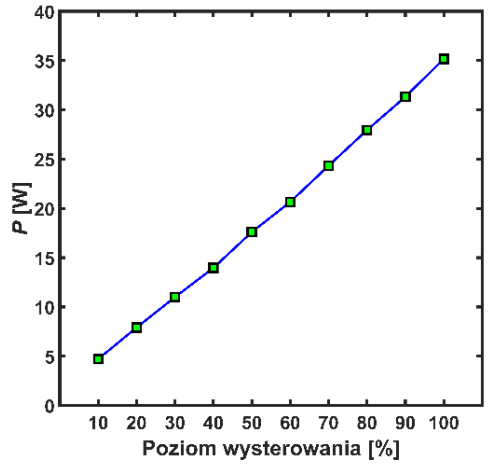
Parametr	**Wartość**
Moc znamionowa *P* [W]	36
Napięcie znamionowe *U* [V]	220…240
Prąd znamionowy *I* [mA]	178
Współczynnik mocy	> 0,90
Strumień świetlny Φ [lm]	3600
Skuteczność świetlna η [lm/W]	100
Temperatura barwowa (CCT) T_C	4000
Wskaźnik oddawania barw R_a (CRI)	>80

3. Wyniki pomiarów

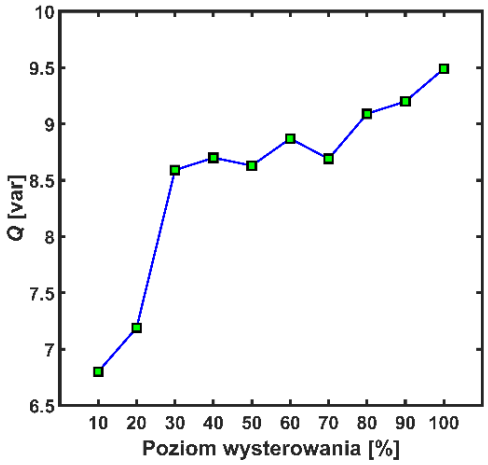
Na poniższych rysunkach przedstawiono wybrane parametry elektryczne analizowanej oprawy LED takie jak: moc czynna P, moc bierna Q, wartość skuteczna prądu I, całkowity współczynnik odkształcenia prądu THD_I, współczynnik mocy $\cos\varphi$ (współczynnik mocy przesunięcia fazowego) oraz współczynnik mocy *PF* (λ, współczynnik mocy odkształcenia) w funkcji poziomu wysterowania (*dimming*). Zestawienie uzyskanych parametrów elektrycznych w zależności od poziomu wysterowania przedstawiono tabeli 2.

Tabela 2. *Zestawienie parametrów elektrycznych analizowanej oprawy w funkcji wysterowania [1]*

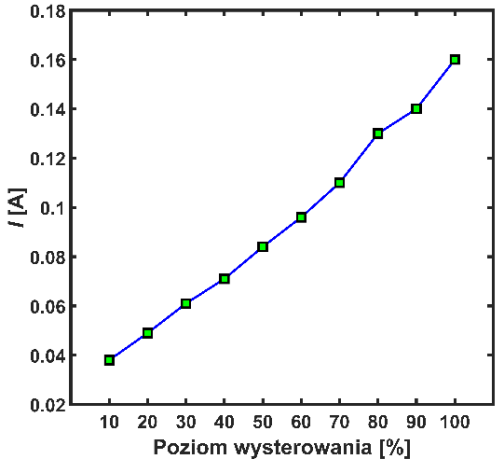
Poziom wysterowania [%]	*P [W]*	*I [mA]*	*Q [var]*	*cosφ*	*PF*	*tgφ*	*THD_I [%]*
100	*35,18*	*156,24*	*9,49*	*0,97*	*0,96*	*0,27*	*6,38*
90	*31,33*	*140,12*	*9,20*	*0,96*	*0,96*	*0,29*	*6,86*
80	*27,95*	*126,04*	*9,09*	*0,95*	*0,95*	*0,33*	*6,81*
70	*24,33*	*110,87*	*8,69*	*0,94*	*0,94*	*0,36*	*8,23*
60	*20,65*	*96,11*	*8,67*	*0,92*	*0,92*	*0,43*	*9,45*
50	*17,60*	*84,30*	*8,63*	*0,90*	*0,89*	*0,49*	*11,39*
40	*13,96*	*71,13*	*8,70*	*0,85*	*0,84*	*0,62*	*14,86*
30	*11,00*	*60,78*	*8,59*	*0,79*	*0,77*	*0,78*	*18,58*
20	*7,91*	*48,97*	*7,19*	*0,74*	*0,69*	*0,91*	*37,76*
10	*4,71*	*38,47*	*6,80*	*0,57*	*0,52*	*1,44*	*38,82*



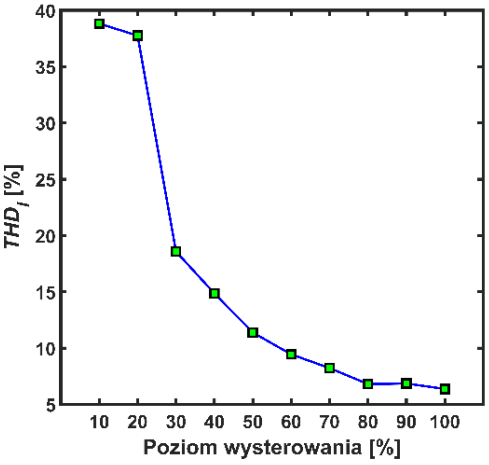
Rysunek 1. *Zależność mocy czynnej P w funkcji poziomu wysterowania*



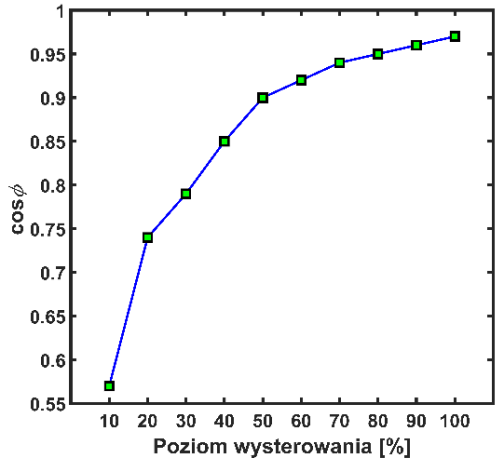
Rysunek 2. *Zależność mocy biernej Q w funkcji poziomu wysterowania*



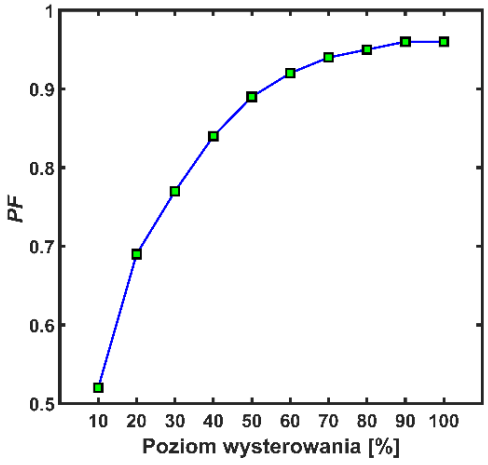
Rysunek 3. *Zależność prądu pobieranego przez oprawę I w funkcji poziomu wysterowania*



Rysunek 4. *Zależność całkowitego współczynnika odkształcenia prądu THD_I w funkcji poziomu wysterowania*



Rysunek 5. *Zależność współczynnika mocy cos w funkcji poziomu wysterowania*



Rysunek 6. *Zależność współczynnika mocy PF () w funkcji poziomu wysterowania*

Moc czynna *P* liniowo zależy od poziomu wysterowania (Rys.1), natomiast zależność mocy biernej *Q* jest silnie nieliniowa (Rys.2). Dla poziomu wysterowania 10 % moc bierna spada z poziomu 9.5 dla pełnego wysterowania do wartości 6.75 var. Wartość skuteczna prądu zasilającego oprawę zachowuje się podobnie jak moc czynna i jest wyraźnie liniowo zależna od poziomu wysterowania (Rys.3). Wraz ze zmniejszeniem poziomu wysterowania wyraźnie rośnie wartość całkowitego współczynnika odkształcenia prądu THD_I i jest to zależność silnie nieliniowa (Rys.4). Zmiany współczynnika mocy wraz ze zmianą poziomu wysterowania (Rys.5 i 6) są konsekwencją zachowania się mocy biernej Q przy regulacji strumienia.

W tabeli 3 zostały zestawione wyniki pomiarów parametrów fotometrycznych i kolorymetrycznych. Poziom wysterowania nie wpływa na kształt obydwu widm promieniowania, a jedynie na wartości gęstości mocy (Rys.7.) Na rysunku 8 przedstawiono zależność strumienia świetlnego również w funkcji poziomu wysterowania. W celu lepszej ilustracji zależności strumienia świetlnego w funkcji mocy czynnej na rysunku 9 przedstawiono tę zależność. Poziom wysterowania w małym stopniu wpływa na zmiany takich parametrów jak temperatura barwowa T_C i współczynnik oddawania barw R_a.

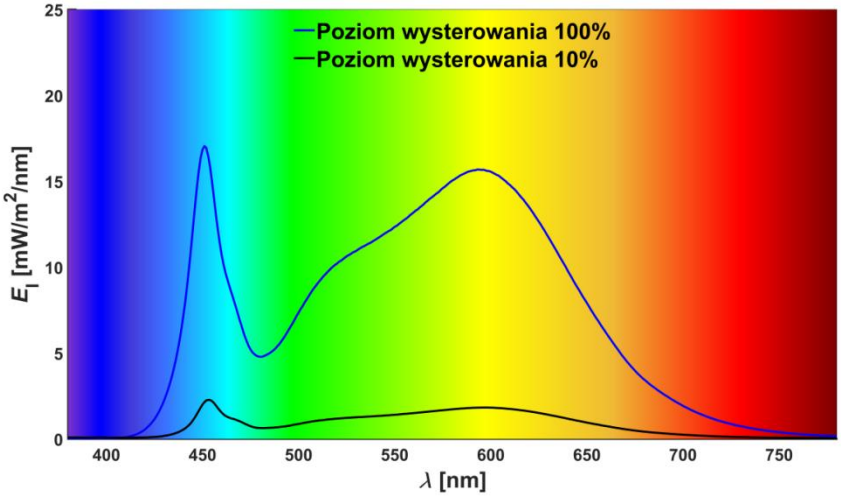
Tabela 3. *Zestawienie wartości strumienia świetlnego, skuteczności świetlnej, temperatury barwowej i współczynnika oddawania barw oprawy w funkcji wysterowania [1]*

Poziom wysterowania [%]	**Φ [lm]**	**T_C (CCT) [K]**	**R_a (CRI)**	**η [lm/W]**
100	3332	3988	83,2	94,71
90	3039	3984	83,3	97,00
80	2768	3980	83,4	99,03
70	2454	3877	83,6	100,86
60	2117	3973	83,7	102,52
50	1821	3973	83,9	103,47
40	1446	3971	84,1	103,58
30	1116	3974	84,3	101,45
20	750	3983	84,7	94,82
10	382	4013	85,5	81,10

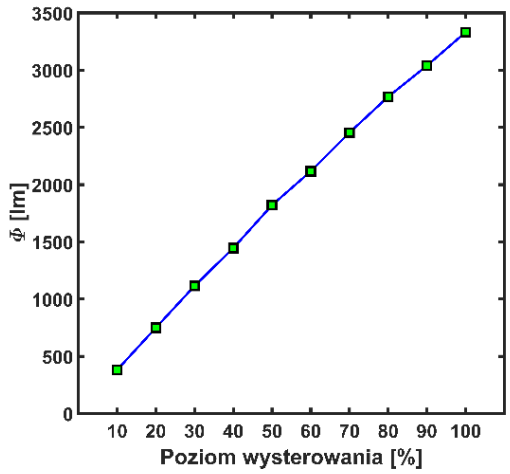
Procentowe zmiany wybranych parametrów zostały przedstawione w tabeli 4.

Tabela 4. *Procentowe wyskalowanie zmian wybranych parametrów*

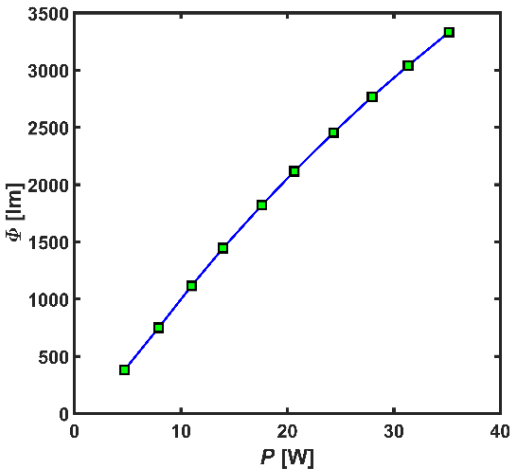
Poziom wysterowania [%]	$\Phi_{\%}$ [%]	$P_{\%}$ [%]	$Q_{\%}$ [%]	$THD_{I\%}$ [%]
100	100,00	100,00	100,00	100,00
90	89,06	91,21	96,94	107,52
80	79,45	83,07	95,79	106,74
70	69,16	73,65	91,57	129,00
60	58,70	63,54	91,36	148,12
50	50,03	54,65	90,94	178,53
40	39,68	43,40	91,68	232,92
30	31,27	33,49	90,52	291,22
20	22,48	22,51	75,76	591,85
10	13,39	11,46	71,65	608,46



Rysunek 7. *Widma promieniowania dla wybranych poziomów wysterowania*

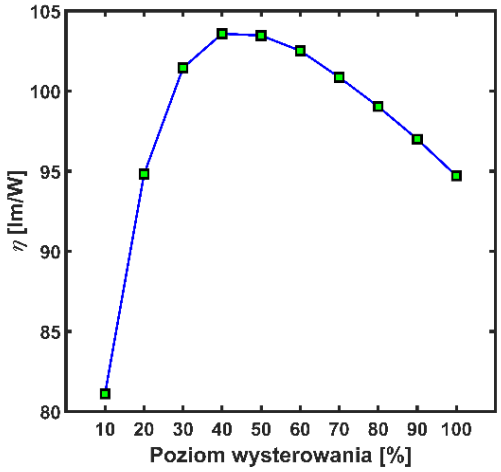


Rysunek 8. *Zależność strumienia świetlnego Φ w funkcji poziomu wysterowania*

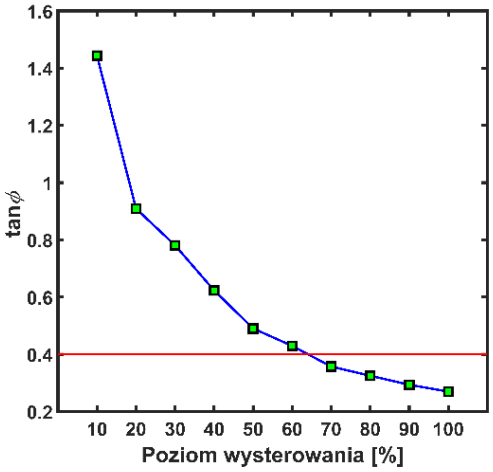


Rysunek 9. *Zależność strumienia świetlnego Φ w funkcji mocy czynnej P*

Strumień świetlny Φ zachowuje się przy regulacji podobnie jak moc czynna P i jest liniowo zależny do poziomu wysterowania (Rys.8 i 9). Dodatkowo obliczono wartości skuteczności świetlnej za pomocą wzoru (1) i tgφ (wzór 2) dla analizowanych poziomów wysterowania. Wyniki obliczeń zaprezentowano odpowiednio na rysunkach 10 i 11.



Rysunek 10. *Zależność skuteczności świetlnej η w funkcji poziomu wysterowania*



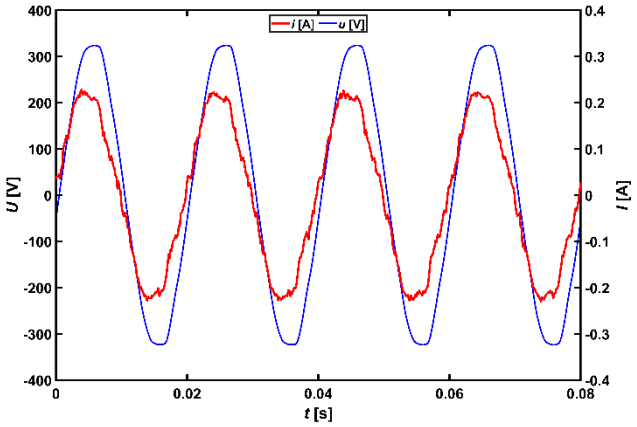
Rysunek 11. *Zależność współczynnika mocy tgφ w funkcji poziomu wysterowania*

Maksymalna skuteczność świetlna oprawy definiowana jako (1) jest osiągana dla poziomu wysterowania około 40% (Rys.10). Zwykle dopuszczalna wartość współczynnika mocy tgφ wynosi 0.4. Dla analizowanej oprawy wartość dopuszczalna tgφ nie jest przekroczona jeśli poziom wysterowania jest nie mniejszy niż 60%, co znacząco ogranicza pożądany zakres regulacji mocy (Rys.11).

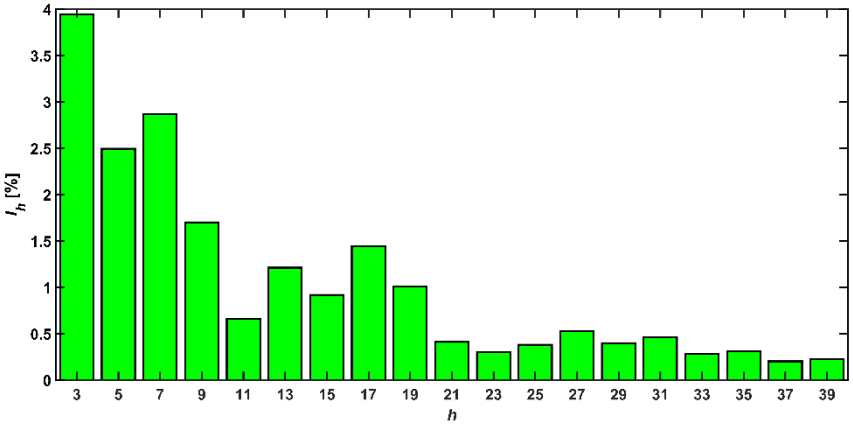
Rysunki 12 i 13 przedstawiają odpowiednio przebiegi chwilowe prądu oprawy i napięcia zasilającego oraz widmo wyższych harmonicznych prądu dla 100% wysterowania. Na rysunkach 14 i 15 przedstawiono odpowiednio przebiegi chwilowe prądu oprawy i napięcia zasilającego oraz widmo wyższych harmonicznych prądu dla 10% wysterowania.

$$\eta = \frac{\Phi}{P}\left[\frac{\text{lm}}{\text{W}}\right] \tag{1}$$

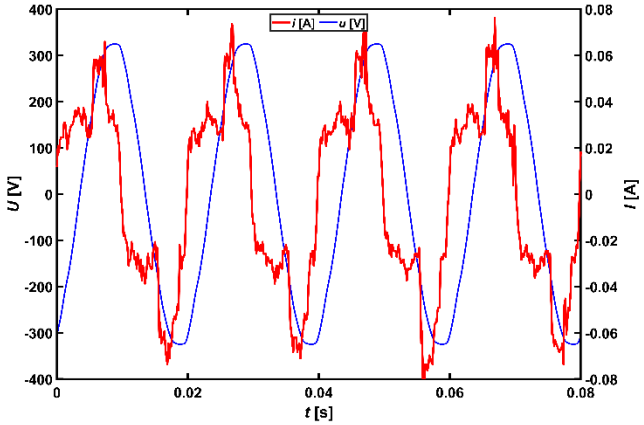
$$\text{tg}\varphi = \frac{Q}{P} \tag{2}$$



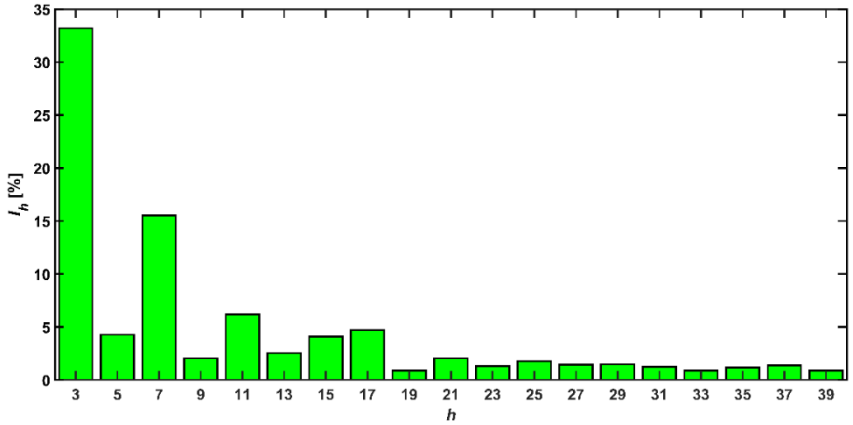
Rysunek 12. *Przebieg chwilowy prądu oprawy oraz napięcia zasilającego dla 100% wysterowania*



Rysunek 13. *Widmo wyższych harmonicznych prądu oprawy dla 100% wysterowania*



Rysunek 14. *Przebieg chwilowy prądu oprawy oraz napięcia zasilającego dla 10% wysterowania*



Rysunek 15. *Widmo wyższych harmonicznych prądu oprawy dla 10% wysterowania*

Poziom wysterowania znacząco wpływa na kształt oraz widmo wyższych harmonicznych. Dla pełnego wysterowania przebieg chwilowy prądu zasilającego jest odkształcony, ale odkształcenie jest stosunkowo niewielkie THD_I = 6,38% (Rys.11 i 12). Dla najmniejszego analizowanego poziomu wysterowania (10%) poziom odkształceń przebiegu wartości chwilowej

prądu znacząco wzrasta i wartość THD_I wynosi 38,82% (Rys.13 i 14). Dominująca trzecia harmoniczna prądu wzrasta z poziomu 4% do 33 % w odniesieniu do harmonicznej podstawowej.

4. Podsumowanie

Poprawa efektywności energetycznej instalacji oświetleniowej wymusza stosowanie środków technicznych pozwalających na ograniczenie zużycia energii elektrycznej. Cel ten może być osiągnięty poprzez zastosowanie systemu sterowania oświetleniem z oprawami o regulowanym strumieniu. Regulacja strumienia oprócz oczywistych korzyści w postaci ograniczenia zużywanej energii może mieć również pewne niepożądane konsekwencji w postaci np. spadku wartości współczynnika mocy czy wzrostu wartości całkowitego współczynnika odkształcenia prądu. W referacie zostały przedstawione kompleksowe wyniki badań laboratoryjnych oprawy oświetleniowej wykonanej w technologii LED z możliwością regulacji strumienia świetlnego poprzez cyfrową magistralę DALI. Zostały przedstawione oczywiste korzyści ze stosowania układu regulacji oraz co jest bardzo istotne również pewne niekorzystne zjawiska temu towarzyszące takie jak spadek współczynnika mocy czy wzrost współczynnika odkształcenia prądu zasilającego badaną oprawę.

Bibliografia

[1] Jakub Klimaszewski „Badanie parametrów elektrycznych oraz fotometrycznych opraw wnętrzowych sterowanych”, Praca dyplomowa inżynierska, Łódź 2022

[2] https://www.dali-alliance.org (dostęp na dzień 18.04.2023 r.)

WYMAGANIA DOTYCZĄCE EKOPROJEKTU DLA ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA - WERYFIKACJA PARAMETRÓW FOTOMETRYCZNYCH, KOLORYMETRYCZNYCH I ELEKTRYCZNYCH

Roman Sikora, Przemysław Markiewicz
Politechnika Łódzka

1. Ekoprojekt (Ecodesign)

Rozwój przemysłu i jego automatyzacja spowodowały, że ilość wytwarzanych obecnie produktów jest bardzo duża, co ma znaczący wpływ na stan środowiska naturalnego. Produkt wpływa na środowisko od chwili jego wyprodukowania przez eksploatację aż do jego utylizacji. Sam proces wytworzenia danego produktu związany jest z wykorzystaniem surowców i zasobów naturalnych. Następnie produkt należy zapakować i dostarczyć do klienta. W czasie eksploatacji dany wyrób – dla przykładu odbiornik energii elektrycznej – powinien zużywać jak najmniejszą ilość energii elektrycznej zapewniając jednocześnie odpowiednią użyteczność. W przypadku źródeł światła użyteczność można rozumieć jako:

- zapewnienie odpowiedniej wartości strumienia świetlnego, czyli np. zapewnienie wymaganego natężenia oświetlenia w obszarze zadania wzrokowego,
- małe zużycie energii elektrycznej,
- uzyskanie odpowiedniej barwy światła,
- zapewnienie odpowiedniego oddawania barw.

Końcowy etap życia produktu to aspekty związane z jego recyklingiem, zniszczeniem oraz utylizacją nieprzetwarzalnych odpadów. Decyzje, które podejmowane są na etapie projektowania danego produktu mają ponad 80% wpływ na środowisko. Reasumując, ekoprojekt polega na tym aby tak zaprojektować produkt aby począwszy od fazy jego wytwarzania aż do ostatecznej utylizacji zużyć jak najmniej zasobów naturalnych i surowców, ograniczyć wpływ jego transportu na środowisko naturalne, zmniejszyć zużycie przez produkt np. energii elektrycznej oraz mógłby praktycznie w całości podlegać recyklingowi.

Komisja Europejska aby poprawić efektywność energetyczną jak również ograniczyć oddziaływanie na środowisko produktów, opublikowała dyrektywę ramową 2005/32/WE [1]. Dyrektywa ta ustanowiła zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów wykorzystujących energię. Powyższa dyrektywa została następnie zastąpiona przez dyrektywę 2009/125/WE [2]. Również ta dyrektywa ustanawia dotyczy wymogów związanych ekoprojektem dla produktów związanych z energią.

2. Definicja źródła światła

W rozporządzeniach [3, 4] podano definicję źródła światła. W ten sposób wyeliminowano precyzyjnie określone jaki produkt jest uważany za źródło światła. Definicja źródła światła według [3, 4] jest następująca:

*„**źródło światła**" oznacza produkt elektryczny przewidziany do emitowania światła lub – w przypadku nieżarowego źródła światła – taki, który można dostosować w taki sposób, aby emitował światło, bądź oba te rodzaje, posiadający wszystkie następujące właściwości optyczne*...."

Aby produkt mógł być uważany za źródło światła powinien spełniać poniższe wymagania:

1) jego współrzędne chromatyczności x i y powinny znajdować się w zakresie:
   $0{,}270 < x < 0{,}530$;
   oraz
   $2{,}3172\ x^2 + 2{,}3653\ x - 0{,}2199 < y < -2{,}3172\ x^2 + 2{,}3653\ x - 0{,}1595$;
2) strumień świetlny urządzenia powinien być mniejszy niż < 500 lumenów na mm^2 rzutu powierzchni emitującej światło;
3) strumień świetlny powinien zawierać się w granicach od 60 do 82 000 lumenów;
4) wskaźnik oddawania barw (CRI) > 0.

Według [3, 4] źródłami światła nie są:

- kostki LED ani chipy LED;
- pakiety LED;
- produkty zawierające źródło lub źródła światła, z których te źródła światła można wyjąć w celu weryfikacji;
- elementy elektroluminescencyjne znajdujące się w źródle światła, z którego nie można ich wyjąć w celu weryfikacji, czy stanowią źródło światła.

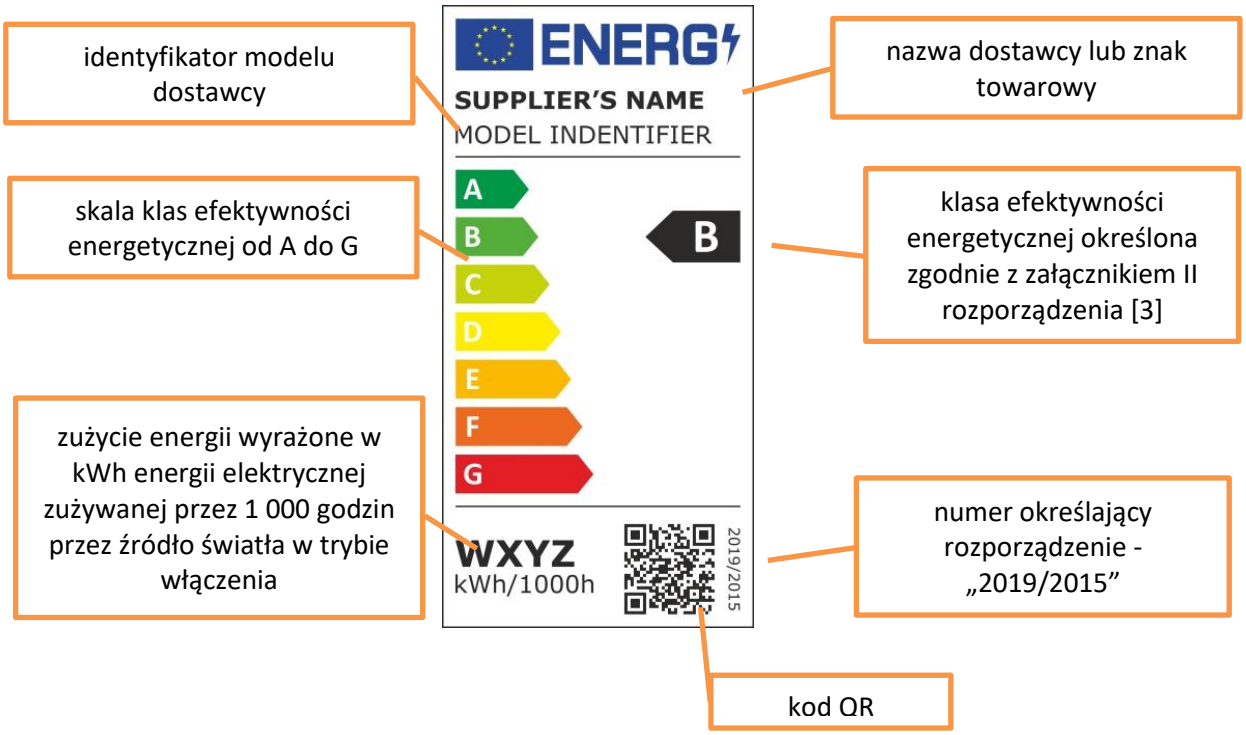
Do źródeł światła zalicza się urządzenia wykorzystujące do emisji promieniowania takie zjawiska jak: inkadescencję, fluorescencję, wyładowanie dużej intensywności i elektroluminescencję.

3. Etykiety energetyczne

Podstawowym celem etykietowania energetycznego jest kształtowanie świadomości konsumentów w zakresie zużycia energii elektrycznej przez produkty jak również skutki jakie wywiera zużycie energii elektrycznej na środowisko naturalne. Korzystając z etykiety energetycznej konsument może podjąć świadomą decyzję o zakupie produktu o małym zużyciu energii elektrycznej. Niestety jeszcze niewielu konsumentów postrzega zmniejszenie zużycia energii elektrycznej jako działanie na rzecz ochrony środowiska. Najważniejsze dla typowego konsumenta jest zmniejszenie opłat związanych ze zużyciem energii elektrycznej. Choć należy również z zadowoleniem stwierdzić, że akcje polegające na edukacji konsumentów w zakresie wpływu zużycia energii elektrycznej na środowisko naturalne przynoszą wymierna poprawę świadomości konsumentów w tej kwestii.

Celem etykietowania energetycznego jest oddziaływanie na świadomość konsumentów dotyczącą rzeczywistego zużycia energii przez produkty i wynikających z tego skutków. Etykietowanie wpływa na podejmowane przez konsumentów decyzje dotyczące energooszczędnych i przyjaznych środowisku zakupów.

Od 1 września 2021 r. obowiązują nowe etykiety energetyczne dla źródeł światła czyli oświetlenia zgodnie z dyrektywą 2009/125/WE [2]. Wzór nowej etykiety energetycznej jest ściśle określony przez rozporządzenie [3]. Na rysunku 1 zamieszczono wzór nowej etykiety energetycznej zdefiniowany w powyższym rozporządzeniu Komisji Europejskiej.



Rysunek 1. *Widok nowej etykiety energetycznej zaczerpnięty z [3]*

Największą zmianą w porównaniu do poprzedniej formy etykiety energetycznej jest zmiana skali klas efektywności energetycznej. Metoda wyznaczania nowych klas efektywności energetycznej opisana jest w [3] oraz [4].

4. Klasy efektywności energetycznej

Klasy efektywności energetycznej źródeł światła zdefiniowane w [3] zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1*. Klasy efektywności energetycznej według [3]*

Klasa efektywności energetycznej	Całkowita skuteczność sieci zasilającej η_{TM} (lm/W)
A	$210 \leq \eta_{TM}$
B	$185 \leq \eta_{TM} < 210$
C	$160 \leq \eta_{TM} < 185$
D	$135 \leq \eta_{TM} < 160$
E	$110 \leq \eta_{TM} < 135$
F	$85 \leq \eta_{TM} < 110$
G	$\eta_{TM} < 85$

Wartość całkowitej skuteczności świetlnej obliczana jest za pomocą wzoru (1).

$$\eta_{TM} = \frac{\Phi_{use}}{P_{on}} \cdot F_{TM} \left(\frac{\text{lm}}{\text{W}} \right) \quad (1)$$

Φ_{use} - deklarowany użyteczny strumień świetlny w (lm),
P_{on} - deklarowane zużycie energii w trybie włączenia w (W),
F_{TM} - współczynnik zależny od typu źródła światła, (-).

W tabeli 2 zestawiono wartości współczynnika F_{TM} zgodnie z [3].

***Tabela 2**. wartości współczynnika F_{TM} zgodnie z [3]*

Rodzaj źródła światła	Wartość współczynnika F_{TM}
Bezkierunkowe (NDLS) zasilane napięciem sieciowym (MLS)	1,000
Bezkierunkowe (NDLS) niezasilane napięciem sieciowym (NMLS)	0,926
Kierunkowe (DLS) zasilane napięciem sieciowym (MLS)	1,176
Kierunkowe (DLS) niezasilane napięciem sieciowym (NMLS	1,089

W rozporządzeniu [3] zamieszczono definicje bezkierunkowych i kierunkowych źródeł światła. Za kierunkowe źródło światła (DLS) uważa się takie źródło światła, którego co najmniej 80% całkowitego strumienia świetlnego jest wypromieniowane wewnątrz kąta przestrzennego wynoszącego π sr - odpowiada to stożkowi o kącie 120°. Za bezkierunkowe źródło światła" (NDLS) traktuje źródło światła, które nie jest kierunkowym źródłem światła. Natomiast źródło światła zasilane napięciem sieciowym (MLS) jest to źródło światła, które może być zasilane bezpośrednio z sieci elektroenergetycznej oraz są to takie źródła światła, które są zasilane pośrednio za pomocą oddzielnego sprzętu sterującego. Źródło światła niezasilane napięciem sieciowym (NMLS) jest to urządzenie, które aby mogło być zasilane z sieci elektroenergetycznej wymaga oddzielnego osprzętu sterującego.

We wzorze (1) występuje wielkość Φ_{use} oznaczająca deklarowany użyteczny strumień świetlny. Zgodnie z [3] jest to taka część całkowitego strumienia świetlnego wypromieniowanego przez źródło światła, którą uwzględnia się w obliczeniach efektywności energetycznej. Dla bezkierunkowych źródeł światła jest to strumień, który wypromieniowany jest w pełnym kącie bryłowym równym 4π sr. Dla przypadku źródeł kierunkowych wyróżnia się następujący podział w zależności od kąta promieniowania:

- kąt promieniowania ≥ 90° - uwzględnia się strumień świetlny wypromieniowany w kącie bryłowym równym π sr - odpowiada to stożkowi o kącie 120°,
- kąt promieniowania < 90° - uwzględnia się strumień świetlny wypromieniowany w kącie bryłowym równym 0,586π sr - odpowiada to stożkowi o kącie 90°.

Deklarowane zużycie energii w trybie włączenia (moc w trybie włączenia) P_{on} zdefiniowane jest jako moc czynna pobierana przez źródło światła przy *„pełnym obciążeniu i odłączonych wszystkich elementach sterowania oświetleniem i elementach niebędących oświetleniem.*" Dla przypadku źródeł światła niezasilanych napięciem sieciowym (NMLS) - wymagających dodatkowego sprzętu sterującego - deklarowane zużycie energii w trybie włączenia mierzone jest na wejściu źródła światła. Druga metoda polega na odjęciu mocy moc sprzętu sterującego od mocy pobranej przez badane źródło światła z sieci zasilającej.

Począwszy od dnia 1 września 2021 r. deklarowane zużycie energii przez źródło światła Pon nie powinno przekraczać maksymalnej dozwolonej mocy P_{onmax} obliczanej ze wzoru (2).

$$P_{on\max} = C \cdot \left(L + \frac{\Phi_{use}}{(F \cdot \eta)} \right) \cdot R\,(\mathrm{W}) \qquad (2)$$

η - wartości skuteczności progowej, w (lm/W),
L - końcowy współczynnik strat, w (W),
C - współczynnik korekcji,
F - współczynnik skuteczności,
R (CRI) - współczynnik oddawania barw.

Wartość skuteczności progowej η oraz końcowy współczynnik strat *L* nie odpowiadają rzeczywistym parametrom źródła światała - są wykorzystywane tylko do obliczeń. Ich wartości są zestawione w tabeli I załącznika II rozporządzenia [4]. Wartości współczynnika korekcji *C* zależą od typu źródła światała i podane są w tabeli II załącznika II rozporządzenia [4].

Wartości współczynnika skuteczności *F* zależą od tego czy rozważane jest kierunkowe źródło światła czy też bezkierunkowe źródło światła:

- dla bezkierunkowych źródeł światła (przy całym strumieniu) *F* =1,00
- dla kierunkowych źródeł światła (przy strumieniu w stożku) *F* =0,85.
- Symbolem *R* oznaczono współczynnik uwzględniający wpływ współczynnika oddawania barw R_a (CRI (ang. Colour Rendering Indeks)). W zależności od wartości R_a wynosi on:
- dla $R_a \le 25$ - $R = 0{,}65$,
- dla $R_a > 25$ - $R = \frac{R_a + 80}{160}$ (zaleca się obliczenie wartości współczynnika *R* z dokładnością do dwóch miejsc znaczących po przecinku).

W rozporządzeniu [4] podano wymogi w zakresie funkcjonalności źródeł światła,które również obowiązują od dnia 1 września 2021 r. dla poniższych funkcjonalności.

1. Oddawanie barw R_a (CRI)

Wartość współczynnika oddawania barw powinna być większa równa niż 80. Wyjątek stanowią tu wysokoprężne źródła światła Φ_{use} > 4 klm oraz źródła światła stosowanych w oświetleniu zewnętrznym i przemysłowy. Dla takich źródeł światła wartość R_a może być mniejsza niż 80. Jednakże informacja o przeznaczeniu musi wtedy być umieszczona na opakowaniu oraz w dokumentacji.

2. Współczynnik „przesuwu fazowego" *DF*, $\cos\varphi_1$ - przesunięcia fazowego w przypadku MLS LED i OLED

Dopuszczalne wartości współczynnika przesunięcia fazowego uzależnione są od mocy wejściowej P_{on}. Zestawione wartości dopuszczalne DF zestawione zostały w tabeli 3.

***Tabela 3**.Dopuszczalne wartości współczynnika przesunięcia fazowego zgodnie z [4]*

Moc wejściowa P_{on}	DF	tgφ
$P_{on} \leq 5$ W	bez ograniczeń	-
5 W < $P_{on} \leq 10$ W	≥ 0,5	1,72 dla $DF = 0,5$
10 W < $P_{on} \leq 25$ W	≥ 0,7	1,02 dla $DF = 0,7$
25 W < P_{on}	≥ 0,9	0,48 dla $DF = 0,9$

3. Współczynnik zachowania strumienia świetlnego (w przypadku LED i OLED)

Współczynnik zachowania strumienia świetlnego $X_{LMF,min\%}$ jest obliczany ze wzoru (3). Współczynnik zachowania strumienia świetlnego źródła światła nie powinien być mniejszy od $X_{LMF,min\%}$.

$$X_{LMF,MIN\%} = 100 \cdot e^{\frac{3000\ln(0,7)}{L_{70}}} \quad (3)$$

L_{70} - oznacza zadeklarowany okres trwałości $L_{70}B_{50}$ (w godzinach)

W przypadku, gdy $X_{LMF,min\%}$ jest większa niż 96% to przyjmuje się $X_{LMF,min\%}$ = 96,0%.

4. Współczynnik trwałości (w przypadku LED i OLED

Po przeprowadzeniu próby trwałości co najmniej 9 źródeł światła objętych próbą w badaniu musi być sprawnych po zakończeniu badania.

5. Jednolitość barwy w przypadku źródeł światła LED i OLED

Odchylenie współrzędnych chromatyczności powinno mieścić się w sześciostopniowej elipsie MacAdama lub mniejszej.

6. Migotanie w przypadku MLS LED i OLED

Współczynnik współczynnika migotania $P_{st\,LM}$ powinien być ≤ 1,0 w warunkach pełnego obciążenia.

7. Efekt stroboskopowy w przypadku MLS LED i OLED

Wskaźnik efektu stroboskopowego SVM powinien być mniejszy lub równy 0,4 w warunkach pełnego obciążenia. Wyjątkiem są tutaj wysokoprężne źródła światła o Φ_{use} > 4 klm jak również źródła światła przeznaczona do zastosowań przemysłowych i stosowanych w oświetleniu zewnętrznym (Ra<80).

5. Dopuszczalne odchylenia parametrów funkcjonalnych źródeł światła na potrzeby weryfikacji

W również informacje dotyczące dopuszczalne odchylenia parametrów funkcjonalnych źródeł światła na potrzeby weryfikacji.

1. Moc w trybie włączenia przy pełnym obciążeniu P_{on}

Wartości dopuszczalnych odchyleń mocy w trybie włączenia P_{on} zależą od jej wartości i zostały zestawione w tabeli 4.

***Tabela 4**.Wartości dopuszczalnych odchyleń mocy w trybie włączenia P_{on} zgodnie z [4]*

Moc wejściowa P_{on}	Współczynnik przesuwu fazowego *DF*
$P_{on} \leq 2$ W	Wartość ustalona nie może przekraczać wartości deklarowanej o więcej niż 0,20 W.
2 W < $P_{on} \leq 5$ W	Wartość ustalona nie może przekraczać wartości deklarowanej o więcej niż 10 %.
5 W < $P_{on} \leq 25$ W	Wartość ustalona nie może przekraczać wartości deklarowanej o więcej niż 5 %.
25 W < $P_{on} \leq 100$ W	Wartość ustalona nie może przekraczać wartości deklarowanej o więcej niż 5 %.
100 W < P_{on}	Wartość ustalona nie może przekraczać wartości deklarowanej o więcej niż 2,5 %.

2. Współczynnik przesuwu fazowego *DF*

Wartość współczynnika przesuwu (przesunięcia) fazowego zawiera się w granicach <0, 1> i nie może być mniejsza od wartości deklarowanej o więcej niż 0,1 jednostki.

3. Użyteczny strumień świetlny Φ_{use}

Wartość ustalona użytecznego strumienia świetlnego Φ_{use} nie może być mniejsza od wartości deklarowanej o więcej niż 10 %.

4. Współczynnik oddawania barw R_a (CRI)

Wartość ustalona współczynnika oddawania barw R_a (CRI) nie może być mniejsza od wartości deklarowanej o więcej niż 2,0 jednostki. Wartością maksymalną R_a (CRI) jest 100. Tylko dla tradycyjnej żarówki wartość CRI jest praktycznie równa 100.

5. Migotanie [$P_{st\,LM}$] i efekt stroboskopowy [*SVM*]

Wartość ustalona nie może przekraczać wartości deklarowanej o więcej niż 10 %.

6. Jednolitość barwy [stopnie w elipsie MacAdama]

Ustalona liczba stopni nie może przekraczać deklarowanej liczby stopni. Centrum elipsy MacAdama stanowi centrum deklarowane przez dostawców, z dopuszczalnym odchyleniem 0,005 jednostki.

7. Kąt promieniowania (stopnie)

Wartość ustalona nie może odbiegać od wartości deklarowanej o więcej niż 25 %.

8. Efektywność energetyczna osprzętu sterującego [0–1]

Wartość ustalona nie może być mniejsza od wartości deklarowanej o więcej niż 0,05 jednostki.

9. Współczynnik zachowania strumienia świetlnego (w przypadku LED i OLED)

Wskaźnik ten nie przewiduje dopuszczalnych odchyleń, ponieważ jest to sztywny wymóg i to producent deklaruje spełniającą go wartość $L_{70}B_{50}$.

10. Czystość wzbudzenia [%]

Wartość ustalona nie może być mniejsza od wartości deklarowanej o więcej niż 5 %.

11. Skorelowana temperatura barwowa T_C (CCT)

Wartość skorelowanej temperatury barwowej wyrażona jest w Kelwinach - [K]. Wartość ustalona nie może odbiegać od wartości deklarowanej o więcej niż 10 %. Temperatura barwowa promieniowania (światła) jest to temperatura ciała czarnego, które promieniuje światło o barwie identycznej z barwą tego źródła. Temperatura barwowa jest jednym z podstawowych parametrów źródeł światła, który charakteryzuje je od strony oddawania barwy obiektów oświetlanych.

6. Współczynnik mocy

W rozporządzeniu [4] podawany jest współczynnik mocy przesuwu - przesunięcia - fazowego DF (ang. *displacement power factor*) ($\cos\varphi_1$). W poprzednim rozporządzeniu 1194/2012 [5] wykorzystano współczynnik odkształcenia (ang. *distortion power factor*) *PF*. Różnica pomiędzy tymi dwoma współczynnikami jest zasadnicza. Współczynnik przesunięcia fazowego określa kąt przesunięcia fazowego pomiędzy podstawową harmoniczną napięcia i podstawową harmoniczną prądu (4). Poniższe zależności zostały zaczerpnięte z [6].

$$DF = \cos\varphi_1 = \frac{P_1}{S_1} \tag{3}$$

Współczynnik mocy odkształcenia *PF* obliczany jest ze wzoru (4). Jak można zauważyć współczynnik mocy odkształcenia *PF* uwzględnia poziom odkształcenia napięcia zasilającego jak i prądu pobieranego przez odbiornik.

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{\left[1+\left(\frac{P_H}{P_1}\right)\right]\cdot DF}{\sqrt{1+THD_I^2+THD_U^2+\left(THD_I\cdot THD_U\right)^2}} \tag{4}$$

THD_I - całkowity współczynnik odkształcenia prądu,
THD_U - całkowity współczynnik odkształcenia napięcia,

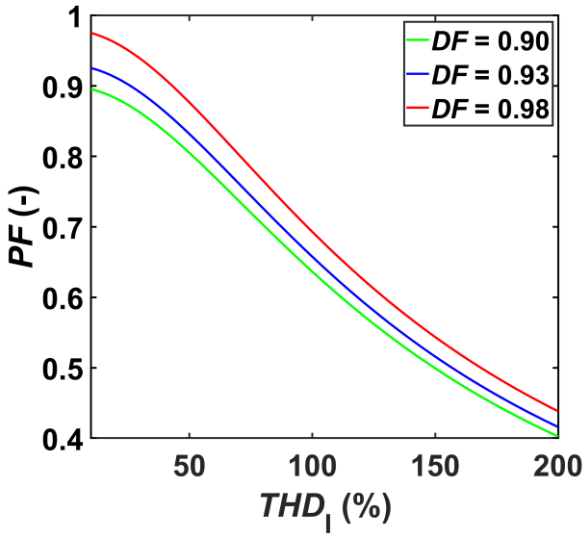
$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_{(h)}^2}}{U_{(1)}} 100\,\% \tag{5}$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_{(h)}^2}}{I_{(1)}} 100\% \tag{6}$$

W przypadku, kiedy napięcie zasilające jest praktycznie sinusoidalne to THD_U=0%, a więc:

$$PF = \frac{PF_1}{\sqrt{1 + THD_I^2}} \tag{7}$$

Załóżmy, że wartości współczynników przesunięcia *DF* są odpowiednio równe 0,9, 0,93 i 0,98. Załóżmy również, że wartości THD_I zmieniają się w zakresie od 10% do 200%. Można zatem obliczyć wartości współczynnika mocy odkształcenia *PF*. Na rysunku 2 przedstawiono obliczone charakterystyki *PF* w funkcji THD_I przy założeniu, że THD_U = 0. Dla *DF* = 0,9 wartość *PF* malała od 0,896 dla THD_I = 10% do *PF* = 0,403 dla THD_I = 200%. W przypadku, kiedy *DF* = 0,93 zmiany te są następujące *PF* = 0.925 dla THD_I = 10% i *PF* = 0,416 dla THD_I = 200%. Jeśli *DF* = 0.98 to dla THD_I = 10% wartość *PF* = 0,975, a dla THD_I = 200% to *PF* = 0,438.



Rysunek 2. *Obliczone charakterystyki PF w funkcji THD_I*

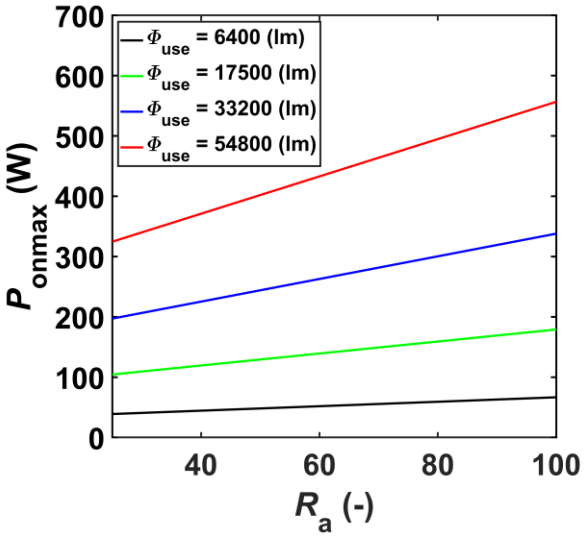
7. Wpływ CRI na maksymalną moc w trybie włączenia i wartość skuteczności świetlnej

W celu określenia wpływu wskaźnika oddawania barw R_a na wartość mocy maksymalnej w trybie włączenia (opisanej wzorem 2) przyjęto następujące założenia:

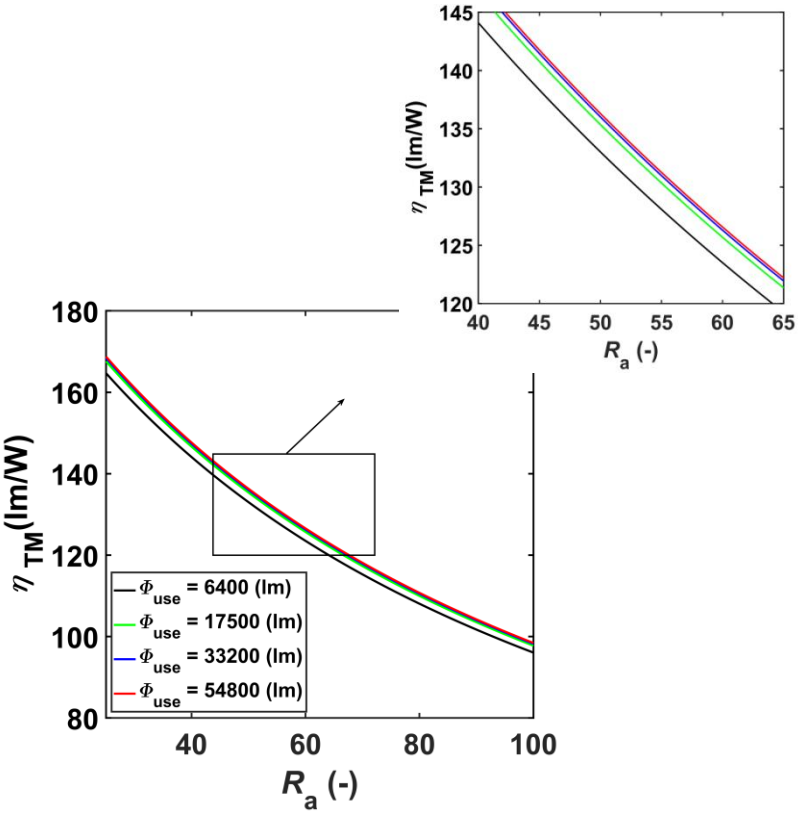
- źródło jest źródłem bezkierunkowym zasilanym bezpośrednio z sieci elektroenergetycznej wykonane w technologii LED, czyli:
  - współczynnik zależny od typu źródła światła F_{TM}=1;
  - wartości skuteczności progowej η = 120 lm/W;
  - końcowy współczynnik strat *L* = 1,5 W),
  - współczynnik korekcji, *C* = 1,08

  - współczynnik skuteczności F= 1.
- obliczenia zostaną wykonane dla R_a z zakresu od 25 do 100. Należy przy tym podkreślić, że wartość R_a = 100 jest wartością teoretyczną, którą można ewentualnie zastosować dla żarowego źródła światła.
- przyjęto cztery typowe wartości strumienia użytecznego dla lamp wysokoprężnych sodowych ponieważ oprawy LED są rozważane jako ich zamienniki. Zatem w obliczeniach przyjęto następujące wartości Φ_{use}: 6400 lm (HPS 70W), 17500 lm (HPS 150W), 33200 lm (HPS 250W) i 54800 lm (HPS 400W).

Na rysunku 3 zamieszczono obliczone wartości maksymalnej mocy w trybie włączenia w funkcji współczynnika oddawania barw, zaś na rysunku 4 przedstawiono zależność całkowitej skuteczności świetlnej również w funkcji współczynnika oddawania barw. Do obliczenia całkowitej skuteczności świetlnej przyjęto, że $P_{on} = P_{onmax}$.



Rysunek 3. *Wpływ wskaźnika oddawania barw R_a na maksymalną moc w trybie włączenia*



Rysunek 4. *Wpływ wskaźnika oddawania barw R_a na wartość skuteczności świetlnej*

8. Wpływ zmiany typu statecznika na parametry kolorymetryczne, elektryczne i strumień świetlny wysokoprężnych lamp sodowych

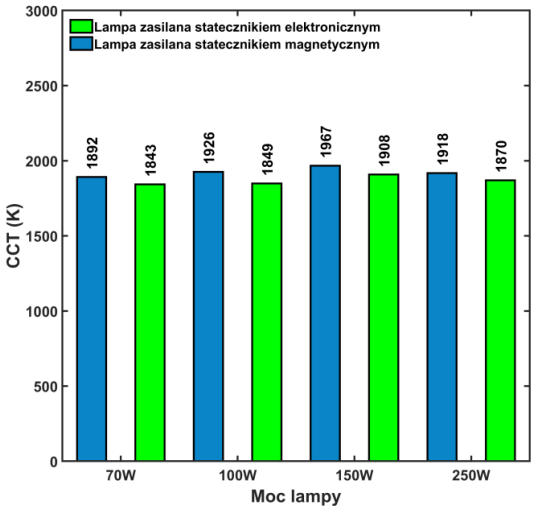
Przeanalizowano cztery wysokoprężne lampy sodowe o wartościach mocy znamionowych równych 70W, 100W, 150W i 250W. Pomiary wykonano dla dwóch wariantów sposobu zasilania lamp. W wariancie 1 układ pracy tych lamp był złożony ze statecznika magnetycznego, układu zapłonowego oraz kondensatora służącego do kompensacji mocy biernej. W wariancie 2 tradycyjny układ pracy zastąpiono statecznikiem elektronicznym. Zgodnie z danymi zamieszczonymi przez producenta w karcie katalogowej moc nominalna układu lampa – statecznik w normalnym cyklu pracy jest równa bądź niższa niż moc znamionowa lampy. W przypadku lampy 70W moc tego układu wynosi 70W. Dla lampy 100W ta jest równa 95W. Moc układu lampa-statecznik dla lampy 150W wynosi 140W. W przypadku lampy 250W jest to 225W. Zredukowane moce te powinny zawierać się w granicach ±5% mocy podanej w karcie katalogowej statecznika. Badany statecznik elektroniczny posiada w układ PFC (Power Factor Correction) oraz układ łagodnego rozruchu. Producent natomiast nie podaje informacji o wartości redukcji strumienia świetlnego po zmianie statecznika magnetycznego na statecznik. W danych katalogowych nie zamieszczono również informacji o zmianie parametrów kolorymetrycznych [7].

W tabeli 4 zestawiono pomierzone wartości parametrów elektrycznych, strumienia świetlnego Φ oraz obliczoną wartość skuteczności świetlnej η. Skuteczność świetlna została obliczona jako iloraz strumienia świetlnego oraz mocy czynnej [7].

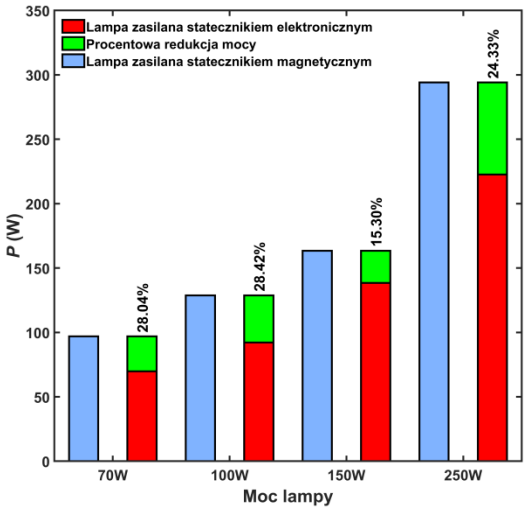
***Tabela 4**. Porównanie parametrów elektrycznych, strumienia świetlnego i skuteczności świetlnej wysokoprężnych lamp sodowych zasilanych za pomocą statecznika magnetycznego i elektronicznego [7]*

Lampa		*P* (W)	*Q* (var)	*I* (A)	*DF*	Charakter	*PF*	THD_I (%)	*Φ* (lm)	*η* (lm/W)
70W	Statecznik magnetyczny	96,92	1,88	0,43	0,999	ind	0,978	20,56	7775	80,59
	Statecznik elektroniczny	69,74	14,98	0,31	0,978	poj	0,976	6,35	5311	76,16
100W	Statecznik magnetyczny	128,76	11,31	0,58	0,996	ind	0,996	24,83	11728	91,10
	Statecznik elektroniczny	92,17	14,40	0,41	0,988	poj	0,987	5,05	7661	83,12
150W	Statecznik magnetyczny	163,47	23,97	0,73	0,989	ind	0,973	18,11	15595	95,42
	Statecznik elektroniczny	138,44	11,13	0,61	0,997	poj	0,996	4,36	12340	89,14
250W	Statecznik magnetyczny	294,10	19,34	1,31	0,998	poj	0,976	20,42	26838	91,26
	Statecznik elektroniczny	222,56	11,39	0,98	0,999	poj	0,994	8,48	21471	96,47

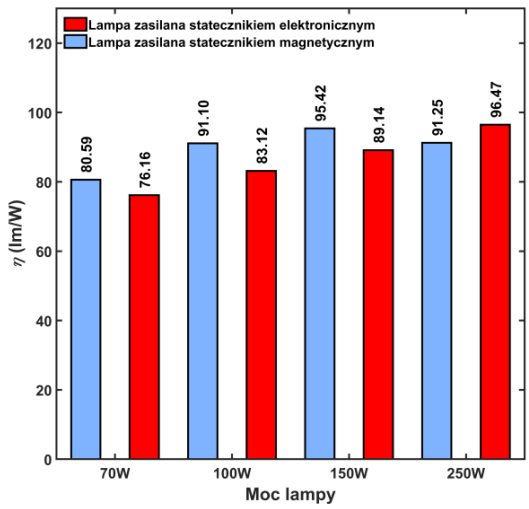
Na poniższych rysunkach zamieszczono wyniki pomiarów i porównania parametrów elektrycznych, fotometrycznych i kolorymetrycznych wysokoprężnych lamp sodowych zasilanych ze statecznika magnetycznego i elektronicznego.



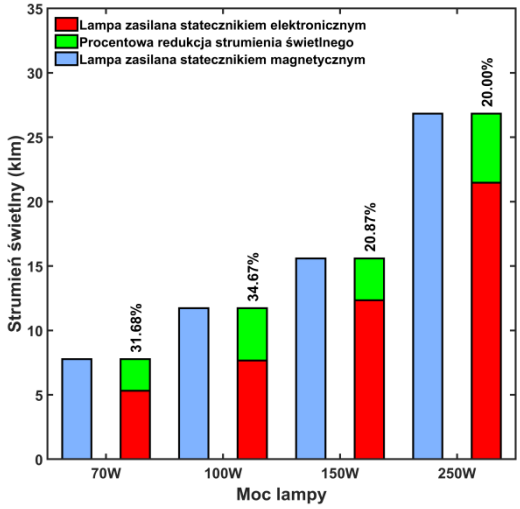
***Rysunek 5.** Porównanie wartości temperatury barwowej wysokoprężnych lamp sodowych zasilanych ze statecznika magnetycznego i elektronicznego [7]*



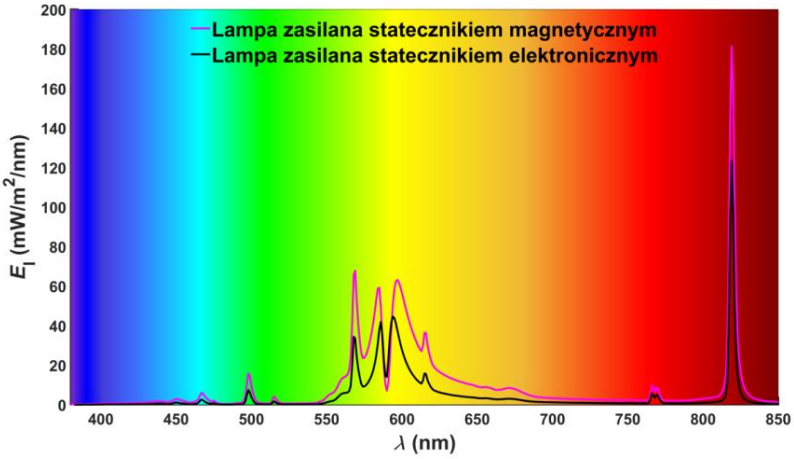
***Rysunek 6.** Porównanie mocy czynnych wysokoprężnych lamp sodowych zasilanych ze statecznika magnetycznego i elektronicznego [7]*



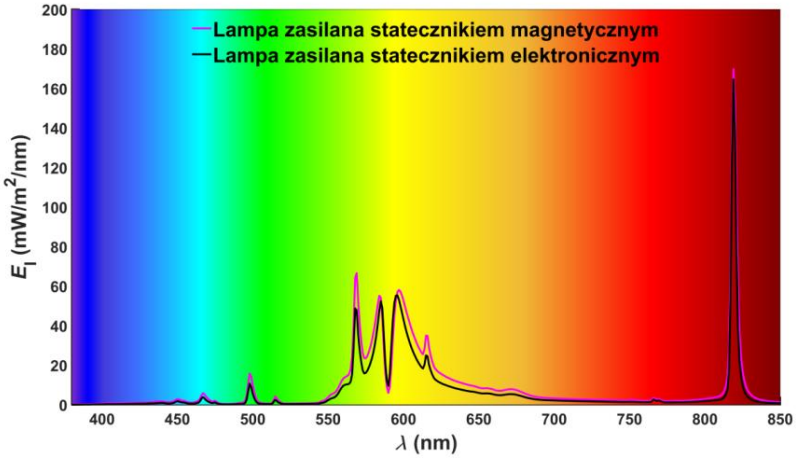
Rysunek 7. *Porównanie skuteczności świetlnych wysokoprężnych lamp sodowych zasilanych ze statecznika magnetycznego i elektronicznego [7]*



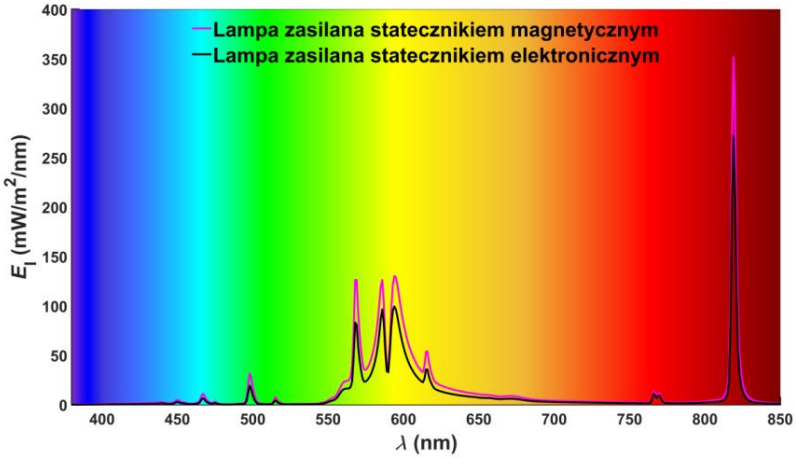
Rysunek 8. *Porównanie strumieni świetlnych wysokoprężnych lamp sodowych zasilanych ze statecznika magnetycznego i elektronicznego [7]*



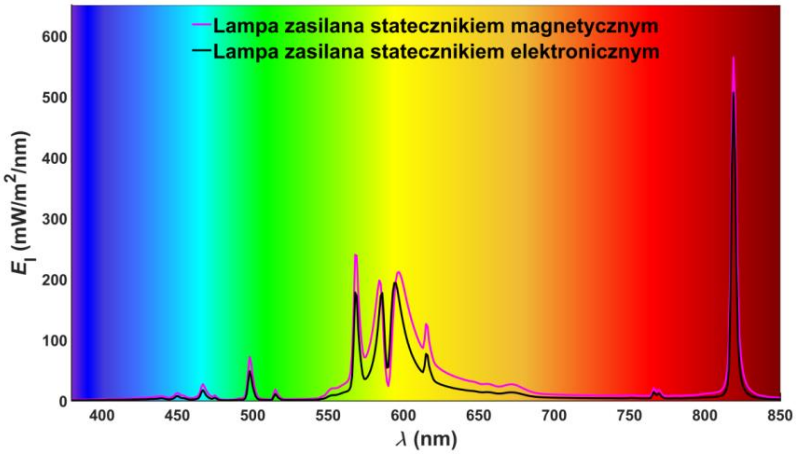
Rysunek 9. *Porównanie charakterystyk widmowych wysokoprężnej lampy sodowej zasilanej ze statecznika magnetycznego i elektronicznego o mocy 70W [7]*



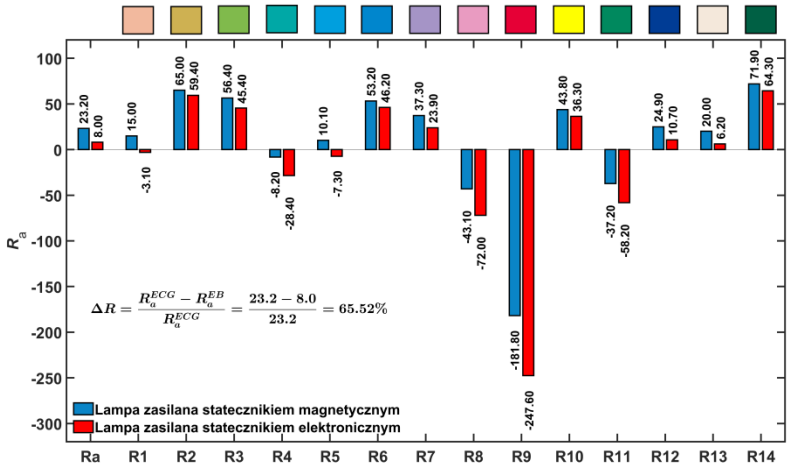
Rysunek 10. *Porównanie charakterystyk widmowych wysokoprężnej lampy sodowej zasilanej ze statecznika magnetycznego i elektronicznego o mocy 100W [7]*



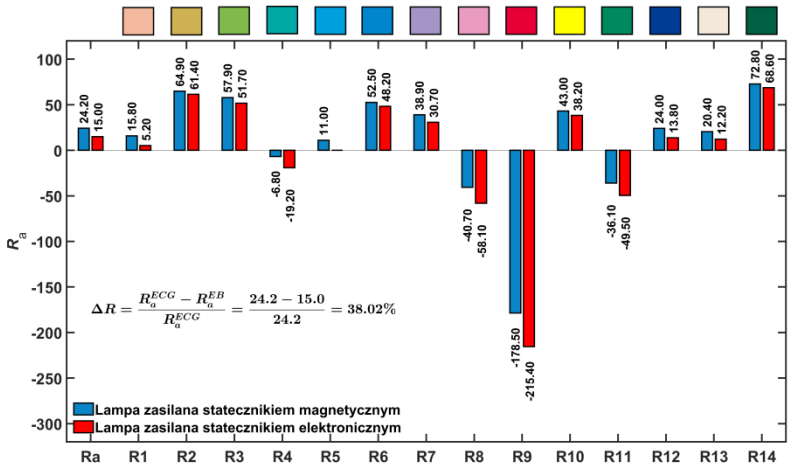
Rysunek 11. *Porównanie charakterystyk widmowych wysokoprężnej lampy sodowej zasilanej ze statecznika magnetycznego i elektronicznego o mocy 150W [7]*



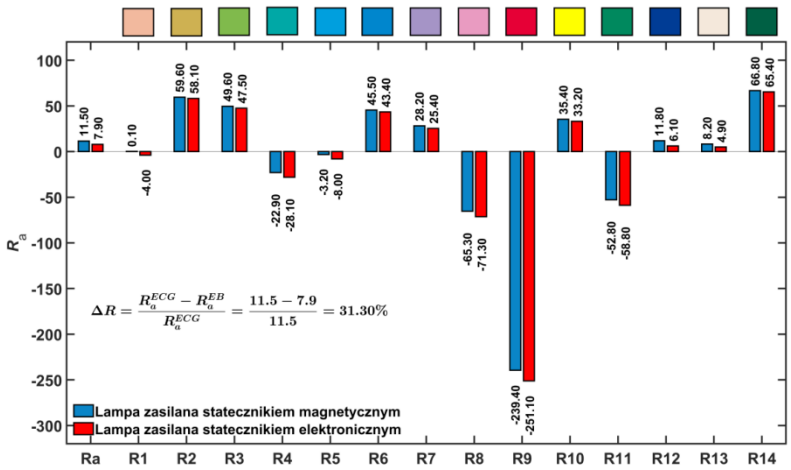
Rysunek 12. *Porównanie charakterystyk widmowych wysokoprężnej lampy sodowej zasilanej ze statecznika magnetycznego i elektronicznego o mocy 250W [7]*



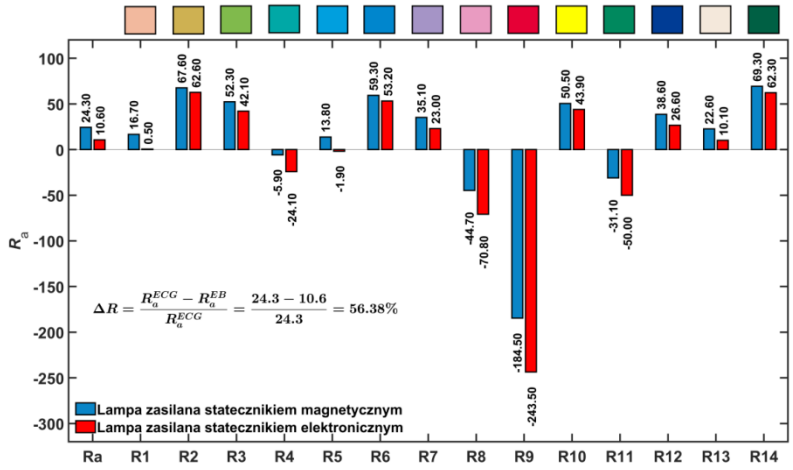
Rysunek 13. *Porównanie R_a wysokoprężnej lampy sodowej zasilanej ze statecznika magnetycznego i elektronicznego o mocy 70W [7]*



Rysunek 14. *Porównanie R_a wysokoprężnej lampy sodowej zasilanej ze statecznika magnetycznego i elektronicznego o mocy 100W [7]*



Rysunek 15. *Porównanie R_a wysokoprężnej lampy sodowej zasilanej ze statecznika magnetycznego i elektronicznego o mocy 150W [7]*



Rysunek 16. *Porównanie R_a wysokoprężnej lampy sodowej zasilanej ze statecznika magnetycznego i elektronicznego o mocy 250W [7]*

9. Podsumowanie

Akty prawne Unii Europejskiej dotyczące ekoprojektu obowiązują już od dłuższego czasu. Niestety wytyczne w nich zawarte nie były dotychczas przestrzegane przez wszystkich producentów i importerów sprzętu oświetleniowego. Wprowadzenie nowych wymogów dotyczących funkcjonalności źródeł światła nakłada na producentów i importerów sprzętu oświetleniowego obowiązek wykonania szeregu specjalistycznych badań, zwykle kosztownych. W związku z zaistniałą obecnie sytuacją geopolityczną i ekonomiczną już obserwuje się wzrost cen urządzeń zawierających elementy elektroniczne. Dotyczy to niestety również sprzętu oświetleniowego. Uwzględniając konieczność wykonania dodatkowych badań można domniemywać, że ich koszem zostanie obciążony konsument.

Celem etykietowania energetycznego, jak wcześniej wspomniano, jest kształtowanie świadomości konsumentów w zakresie zużycia energii elektrycznej przez produkty. Nie mniej ważnym celem jest uświadomienie konsumentów jakie skutki wywiera zużycie energii elektrycznej na środowisko naturalne. Etykieta energetyczna daje możliwość konsumentowi na podjęcie w pełni świadomej decyzji o zakupie źródła światła spełniającego zarówno wymagania związane z jego funkcjonalnością jak również z uwzględnieniem troski o środowisko naturalne.

Zarejestrowanie źródła światła w bazie EPREL -European Product Registry for Energy Labelling daje możliwość porównania parametrów źródeł światła. Jednym z celów jest wyeliminowanie z rynku produktów nie spełniających norm europejskich, z reguły niskiej jakości [8, 9].

W [4] wymagania dotyczą współczynnika mocy przesunięcia „przesuwu”. W poprzedniej wersji rozporządzenia (już nieaktualnej) 1194/2012 [5] wymagania dotyczyły współczynnika mocy odkształcenia. Współczynnik mocy odkształcenia uwzględnia wpływ odbiornika energii elektrycznej, jakim jest źródło światła na sieć zasilającą w postaci generowanych harmonicznych prądu. Przepływ prądu odkształconego przez elementy sieci elektroenergetycznej jest z kolei przyczyną odkształcenia napięcia zasilającego. Wykorzystanie w ocenie funkcjonalności źródeł światła współczynnika przesuwu fazowego nie uwzględnia tego wpływu. Konsument może jedynie ocenić jaką moc bierną pobiera źródło światła, jeśli posiada elementarną wiedzę

z zakresu elektrotechniki lub fizyki. Niestety zmiana współczynnika mocy odkształcenia na współczynnik przesuwu fazowego odbiera bardziej świadomym konsumentom możliwość wyboru produktu o mniejszej emisji harmonicznych prądu do sieci zasilającej.

Bibliografia

[1] DYREKTYWA 2005/32/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 6 lipca 2005 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów wykorzystujących energię oraz zmieniająca dyrektywę Rady 92/42/EWG, oraz dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 96/57/WE i 2000/55/WE, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005L0032&from=PL

[2] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0125&from=ES

[3] ROZPORZĄDZENIE DELEGOWANE KOMISJI (UE) 2019/2015 z dnia 11 marca 2019 r. uzupełniające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1369 w odniesieniu do etykietowania energetycznego źródeł światła oraz uchylające rozporządzenie delegowane Komisji (UE) nr 874/2012 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2015&from=pl

[4] ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) 2019/2020 z dnia 1 października 2019 r. ustanawiające wymogi dotyczące ekoprojektu dla źródeł światła i oddzielnego osprzętu sterującego na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE oraz uchylające rozporządzenia Komisji (WE) nr 244/2009, (WE) nr 245/2009 i (UE) nr 1194/2012 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2020&from=PL

[5] ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) NR 1194/2012 z dnia 12 grudnia 2012 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2009/125/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla lamp kierunkowych, lamp z diodami elektroluminescencyjnymi i powiązanego wyposażenia https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R1194&from=PL

[6] 1459-2010 - IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions

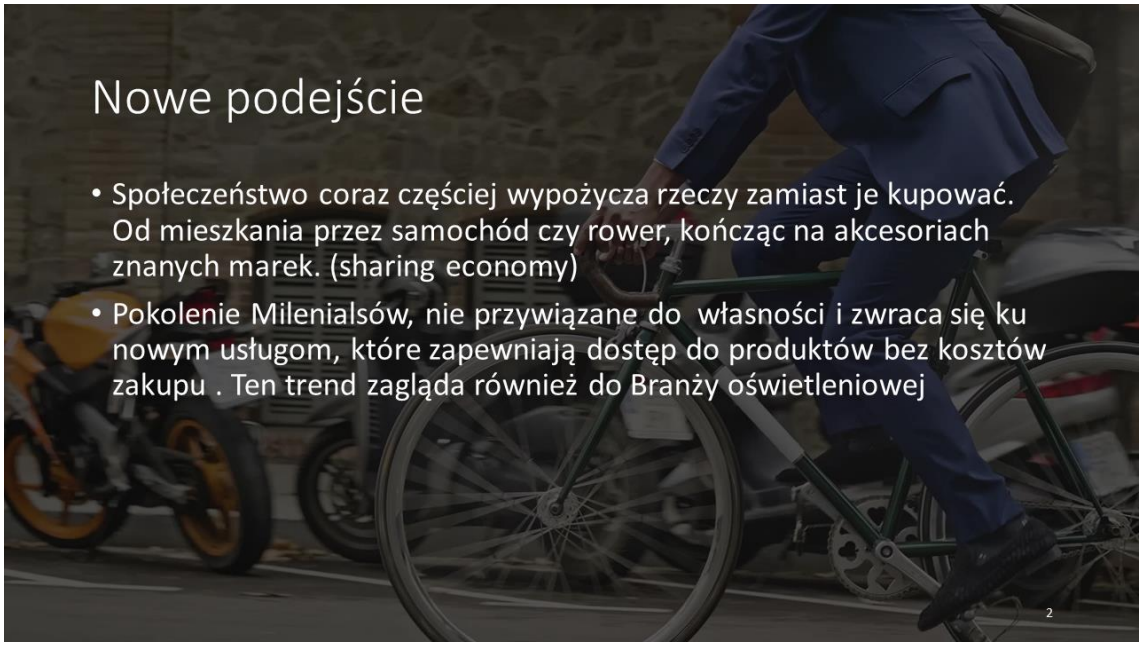
[7] Sikora R, Markiewicz P. Assessment of Colorimetric Parameters for HPS Lamp with Electromagnetic Control Gear and Electronic Ballast. Energies. 2020; 13(11):2909. https://doi.org/10.3390/en13112909

[8] https://ec.europa.eu/info/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/energy-efficient-products/lighting_en

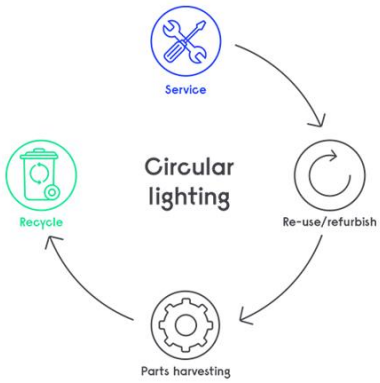
[9] https://www.gov.pl/web/klimat/baza-danych-o-produktach

MODEL BIZNESOWY LIGHT AS SERVICE

Paweł Bartoszczuk
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie



Koncepcja zamykania obiegu



3

Obieg zamknięty

- Obieg zamknięty koncentruje się na maksymalizacji ponownego wykorzystania i trwałości materiałów i zasobów; Dotyczy to również oświetlenia.
- W przeciwieństwie do liniowego systemu ekonomicznego, w którym produkty ostatecznie kończą swój cykl życia jako odpady, obieg zamknięty jest realizowany poprzez projektowanie towarów nadających się do recyklingu, wielokrotnego użytku i użyteczności, tworząc zamknięty system obiegu.

4

- Druk 3D istnieje już od jakiegoś czasu, ale te oprawy są pierwszą prawdziwą aplikacją oświetlenia detalicznego, która prowadzi do zrównoważonego rozwoju naszych sklepów i jest komplementarna z naszą strategią zrównoważonego rozwoju. „
- Oliver Knowles
- Research and Development Manager at M&S

Bruynzeel, Panningen, the Nederlands

- stała miesięczna opłata za oświetlenie. Nie musimy martwić się o zarządzanie i konserwację, skorzystamy z innowacji, które pojawią się w międzyczasie i będziemy mieli maksymalny komfort. "
- - Bart Sijben, Operational Manager, Bruynzeel Storage

Terminal 2 Schipol Amsterdam

- Dzięki współpracy firm Cofely i Royal Philips z Terminalem 2 lotniska Schiphol w Amsterdamie wprowadzony został cyrkularny model korzystania z oświetlenia. Podczas gdy lotnisko płaci jedynie za korzystanie ze światła, firma Philips pozostaje właścicielem instalacji oświetleniowej

7

Korzyści

Nasz wybór dla nowego oświetlenia w Lounge
2 pokazuje, że bierzemy na siebie odpowiedzialność
w wykorzystaniu zasobów surowcowych
i zobowiązujemy się do polityki zrównoważonego rozwoju.
To oświetlenie zapewnia maksymalną trwałość
przez cały czas i stale zabezpiecza
określony poziom wydajności."
André van den Berg
Executive Vice President & Chief
Commercial Officer Schiphol Group

8

Sustainable luminaires

Specjalnie opracowane, zrównoważone
oprawy oświetleniowe Philips, które wykonano jako atrakcyjny Design
w sali przesiadkowej,
spełniają rygorystyczne wymagania
Koncepcji oświetlenia cyrkuralnego. Oprawy te mają
zostały tak zaprojektowane, aby umożliwić szybkie i łatwe
naprawy lub wymianę. Jednak spełniają one również
wysokie wymagania lotniska Schiphol w zakresie
estetyki.

9

Oprawy oświetleniowe:

Oprawy te zostały zamontowane przez firmę ENGIE. “Zainstalowaliśmy oprawy i podpisał 5-letnią umowę serwisową z Schiphol i Philips Lighting, z opcją przedłużenia na kolejne 5 lat." ENGIE oferuje oświetlenie maksimum wydajność. "Mierzymy to

wobec KPI, które opierają się na wymaganiu

standardy wydajności. Na Schiphol udało się zainstalować najlepsze i najbardziej zrównoważone i energooszczędne

oświetlenie bez żadnych swoich nakładów inwestycyjnych

10

Przyjazne oświetlenie

Herman Kosmann, Partner/Kreatywny
Dyrektor Kossmann. dejong architekci opowiada
"Schiphol poprosił nas o stworzenie siedmiu
Różnych światów doświadczeń, ale jednocześnie
Czas zintegrować w jedną całość w
oczach pasażerów",

11

cechy

Zostały specjalnie opracowane zrównoważone oprawy oświetleniowych Philips dla sufitu, jako zrównoważony
i gotowe rozwiązanie do gospodarki o obiegu zamkniętym, z
Bardzo ładnym designem. Umieszczono
oprawy w kierunku okien do
zachęcania pasażerów do spojrzenia w kierunku
samolotu; innymi słowy, to ich następny cel

12

video

- https://www.lighting.philips.com/main/cases/cases/airports/schiphol-airport

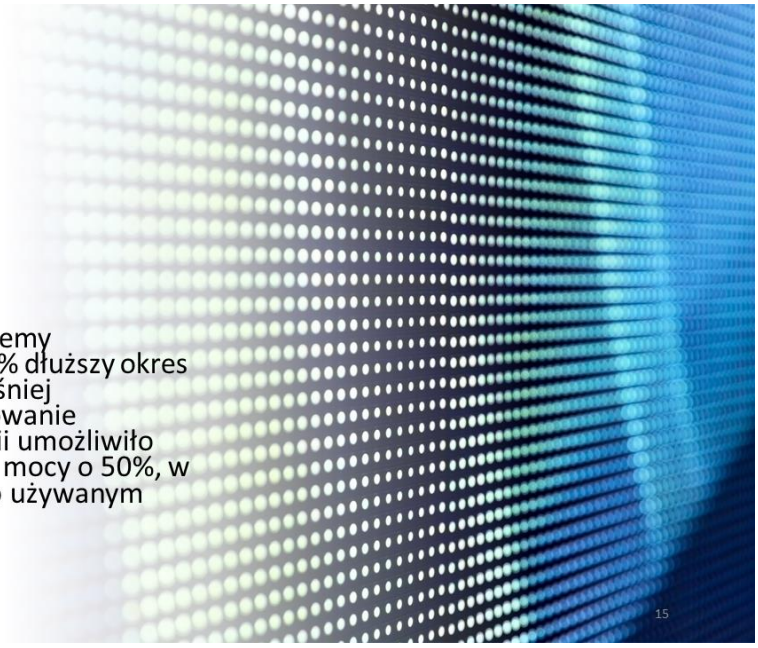
13

Warunki

- Fakt, że wyprodukowane dobra pozostają we własności Philips Lightning motywuje firmę do produkcji zrównoważonych systemów o najwyższej jakości, zaprojektowanych modułowo i w całości możliwych do naprawy.
- Kiedy kontrakt wynajmu systemu oświetleniowego wygasa, klient może przedłużyć, poprosić o aktualizację i ulepszenie lub wybrać całkowicie nowe systemy. Oprawa świetlna może być wówczas zwrócona do producenta i wykorzystana ponownie lub poddana recyklingowi.

14

Efekty dla zrównoważonego rozwoju.



- Nowo zainstalowane systemy oświetleniowe mają o 75% dłuższy okres funkcjonowania niż wcześniej wykorzystywane. Zastosowanie nowoczesnych technologii umożliwiło również redukcję poboru mocy o 50%, w porównaniu z poprzednio używanym rozwiązaniem.

15

Redukcja zużycia w szkołach

- System edukacji to ważny obszar zainteresowania w Polsce. Przejście na technologię LED w szkołach to nie tylko redukcja kosztów energii elektrycznej, ale przede wszystkim znaczna poprawa warunków nauki oraz komfortu wzroku ucznia i nauczyciela. Z prawie 15 milionów opraw oświetleniowych w szkołach i na uczelniach w Polsce tylko 8% zostało zmodernizowanych do technologii LED (przy średniej w Europie Środkowo-Wschodniej 7%) Kolejna zmiana mogłaby przyczynić się do:

- rocznego zmniejszenia zużycia energii elektrycznej o 1201 GWh (redukcja o 60%),
- rocznej redukcji kosztów energii elektrycznej o 447,8 mln zł (redukcja o 60%)
- oraz redukcji śladu węglowego o 856 tysięcy ton CO2.

16

- Dzięki nowemu oświetleniu powierzchnia jest równomiernie oświetlona łagodnym światłem, nie powodującym efektu olśnienia. Nie mamy już problemów z kurzącymi się, mrugającymi i świecącymi różną barwą świetlówkami, wymagającymi ciągłych wymian. I co najważniejsze, znacznie zredukowaliśmy koszty eksploatacji. Rachunki za energię elektryczną obniżyły się o połowę!

17

Przykład Warszawa Wola, rowerowy pumptrack, energooszczędne rozwiązanie.

Na wolskim pumptracku zamontowano latarnie przypominające brzozy
Mieszkańcy oświetlenie mogą włączyć przy pomocy swojego smartfon
Dzięki temu z obiektu można korzystać o dowolnej porze, a także przy gorszych warunkach atmosferycznych
Oświetlenie będzie pracowało tylko w tych godzinach, kiedy ktoś faktycznie będzie korzystał z toru, co przyniesie dodatkowe oszczędności

18

koleje

- Zastosowanie 12 000 nowoczesnych opraw LED pozwala na oszczędność energii o ok. 4 200 MWh/rok, co odpowiada rocznym potrzebom ok. 1900 gospodarstw domowych. Wymiana opraw oświetleniowych to także konkretny zysk dla środowiska naturalnego – redukcja emisji CO2 o 3 250 ton rocznie. Dla porównania szacuje się, że 1 hektar lasu sosnowego jest w stanie wchłonąć w ciągu roku 20 ton CO2.

19

Oświetlenie, Smart city 4.0,

- Smart city 4.0, czyli technologia dla zrównoważonego rozwoju
- Idea smart city wkracza w czwartą fazę rozwoju. Smart City 4.0 to miasto, w którym rozwój nowoczesnych technologii idzie w parze z realizacją celów zrównoważonego rozwoju ONZ – wynika z analizy przeprowadzonej w 167 miastach z 82 państw świata.

20

ANALIZA EFEKTYWNOŚCI UKŁADÓW ZASILANIA W OPRAWACH ZE ŹRÓDŁAMI LED

Marek Kurkowski
Politechnika Częstochowska

WSTĘP

Jednym z przepisów wykonawczych dyrektywy 2005/32 było Rozporządzenie Komisji UE nr 278/2009 [1] w sprawie w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu w zakresie zużycia energii elektrycznej przez zewnętrzne układy zasilania w stanie bez obciążenia oraz ich średniej sprawności podczas pracy. Ustawodawca unijny określił między innymi, że rozporządzenie określa wymogi dotyczące ekoprojektu w zakresie zużycia energii elektrycznej przez zasilacze zewnętrzne w stanie bez obciążenia oraz ich średniej sprawności podczas pracy. Podano też grupy odbiorników co do których zapisy rozporządzenia 278/2009 nie mają zastosowania. Były to:

a) przetwornice napięcia;
b) zasilacze bezprzerwowe;
c) ładowarki do baterii;
d) przetwornice do oświetlenia halogenowego;
e) zasilacze zewnętrzne przeznaczone do urządzeń medycznych;
f) zasilacze zewnętrzne wprowadzone na rynek do dnia 30 czerwca 2015 r. jako części serwisowe lub części zamienne dla identycznych zasilaczy zewnętrznych. …

Ponieważ ustawodawca unijny wyłączył tu tylko zasilacze zewnętrzne stosowane w oświetleniu ze źródłami halogenowymi to procedura badawcza opisana w załącznikach rozporządzenia 278/2009 była szeroko stosowana (m.in. przez Autora artykułu, laboratoria UKE i inne) w pomiarach parametrów i wyznaczaniu efektywności energetycznej przekształtników / zasilaczy zewnętrznych stosowanych w układach ze źródłami LED.

W dniu 1 kwietnia 2020 roku weszło w życie Rozporządzenie Komisji UE nr 2019/1782 [2], zmieniające rozporządzenie nr 278/2009. Cel wprowadzenia regulacji podobny – poprawa efektywności energetycznej zasilaczy zewnętrznych. W znowelizowanym rozporządzeniu (2019/1782), podobnie jak w zmienionym (278/2009) również podano grupy urządzeń, co do których wymogi te nie mają zastosowania. Są to:

a) przetwornice napięcia;
b) zasilacze bezprzerwowe;
c) ładowarki do baterii;
d) przetwornice do oświetlenia;
e) zasilacze zewnętrzne przeznaczone do urządzeń medycznych;
f) iniektory mocy czynnej przez sieć Ethernet;
g) stacje dokujące do urządzeń autonomicznych;
h) zasilacze zewnętrzne wprowadzone do obrotu przed dniem 1 kwietnia 2025 r. jedynie jako części serwisowe lub części zamienne dla identycznych zasilaczy zewnętrznych, …

W dalszej części określono, że „**niskonapięciowy** zasilacz zewnętrzny (low voltage external power supply)” oznacza zasilacz zewnętrzny o znamionowym napięciu wyjściowym **poniżej 6 woltów** oraz znamionowym prądzie wyjściowym o wartości co najmniej 550 miliamperów

a **przetwornica do oświetlenia** oznacza zasilacz zewnętrzny stosowany do zasilania źródeł oświetlenia o **bardzo niskim napięciu zasilania** (extra low voltage light sources).

Logika nakazuje aby czytelnik rozporządzenia 1782/2019 czytający te definicje zrozumiał, że jeżeli „niskie napięcie” jest poniżej 6V to bardzo niskie powinno być mniejsze. Nic bardziej mylnego!!!

W normach [3,4] podano następującą definicję : **Obwody bardzo niskiego napięcia ELV (Extra Low Voltage) to obwody, do zasilania których wykorzystuje się napięcie U ≤ 50 V AC lub U ≤ 120 V DC.** Poniżej podano zestawienie tabelaryczne zakresów napięć zmiennych i stałych.

Tabela 1. *Zestawienie zakresów napięć zmiennych i stałych*

IEC zakres napięcia (voltage range)	Wartość skuteczna napięcia przemiennego AC RMS voltage (V)	Wartość napięcia stałego DC voltage (V)	Definicja ryzyka (Defining risk)
Wysokie napięcie (High voltage)	> 1 000	> 1 500	Łuk elektryczny (Electrical arcing)
Niskie napięcie (Low voltage)	50 ÷ 1 000	120 ÷ 1 500	Porażenie elektryczne (Electrical shock)
Bardzo niskie napięcie (Extra-low voltage)	< 50	< 120	Niskie ryzyko (Low risk)

Na podstawie przytoczonej definicji i podanej wartości granicznej napięcia stałego (120V) autor artykułu stwierdza ponad wszelką wątpliwość, iż przekształtniki/zasilacze do źródeł LED są wyłączone ze stosowania wymogów rozporządzenia UE 1782/2019.

/powyżej w tekście podano określenia, definicje i nazwy w wersji również angielskiej aby uniknąć podejrzenia o błędy w tłumaczeniu rozporządzeń UE/.

ZAPISY ROZPORZĄDZENIA UE 2019/2020 [5]

W dniu 1 października 2019 roku zostało opublikowane rozporządzenie ustanawiające wymogi dotyczące ekoprojektu dla źródeł światła i oddzielnego osprzętu sterującego na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE oraz uchylające rozporządzenia Komisji (WE) nr 244/2009, (WE) nr 245/2009 i (UE) nr 1194/2012. Wśród wielu zapisów dotyczących parametrów źródeł światła zamieszczono następujące definicje:

„osprzęt sterujący” oznacza co najmniej jedno urządzenie, które może być lub może nie być fizycznie zintegrowane ze źródłem światła lub nie, przeznaczone do dostosowania sieci zasilającej do formatu elektrycznego wymaganego przez co najmniej jedno określone źródło światła w ramach warunków brzegowych wyznaczonych przez kwestie bezpieczeństwa elektrycznego i kompatybilności elektromagnetycznej. **Proces ten może obejmować przekształcenie napięcia zasilania i napięcia zapłonowego, ograniczenie prądu roboczego i do nagrzewania wstępnego, zapobieganie zapłonowi na zimno, korygowanie współczynnika mocy lub ograniczanie zakłóceń radiowych.** Pojęcie „osprzęt sterujący” nie obejmuje zasilaczy

objętych zakresem rozporządzenia Komisji (WE) nr 278/2009 (do źródeł halogenowych). Pojęcie to nie obejmuje również elementów sterowania oświetleniem ani elementów niebędących oświetleniem, mimo że elementy te mogą być fizycznie zintegrowane z osprzętem sterującym lub wprowadzane do obrotu razem z nim jako jeden produkt.

„oddzielny osprzęt sterujący” oznacza osprzęt sterujący, który nie jest fizycznie zintegrowany ze źródłem światła, wprowadzany do obrotu jako oddzielny produkt lub jako element produktu wyposażonego;

„produkt wyposażony” oznacza produkt zawierający co najmniej jedno źródło światła lub co najmniej jeden oddzielny osprzęt sterujący, bądź oba te rodzaje. Przykłady produktów wyposażonych obejmują oprawy oświetleniowe, które można rozmontować w celu umożliwienia oddzielnej weryfikacji źródła lub źródeł światła znajdujących się wewnątrz oprawy, urządzenia gospodarstwa domowego zawierające źródło lub źródła światła, meble (półki, lustra, gabloty) zawierające źródło lub źródła światła. Jeżeli nie można rozmontować produktu wyposażonego w celu weryfikacji źródła światła i oddzielnego osprzętu sterującego, wówczas cały produkt wyposażony uznaje się za źródło światła;

„moc w trybie włączenia” (P_{on}), wyrażona w watach, oznacza zużycie energii elektrycznej przez źródło światła przy pełnym obciążeniu i odłączonych wszystkich elementach sterowania oświetleniem i elementach niebędących oświetleniem. Jeżeli elementy te nie mogą być odłączone, są one wyłączone lub ich zużycie energii jest zminimalizowane zgodnie z instrukcjami producenta. W przypadku źródeł światła niezasilanych napięciem sieciowym, których działanie wymaga oddzielnego osprzętu sterującego, P_{on} można zmierzyć bezpośrednio na wejściu źródła światła lub P_{on} określa się za pomocą osprzętu sterującego o znanej efektywności, którego zużycie energii elektrycznej jest następnie odejmowane od zmierzonej wartości energii pobieranej z sieci zasilającej;

„moc w stanie bez obciążenia” (P_{no}), wyrażona w watach, oznacza zużycie energii elektrycznej przez oddzielny osprzęt sterujący w stanie bez obciążenia;

„moc w trybie czuwania” (P_{sb}), wyrażona w watach, oznacza zużycie energii elektrycznej przez źródło światła lub oddzielny osprzęt sterujący w trybie czuwania;

„efektywność energetyczna osprzętu sterującego” oznacza moc wyjściową, która zasila źródło światła, podzieloną przez moc wejściową oddzielnego osprzętu sterującego P_{wy}/P_{we} z wykorzystaniem warunków i metod określonych w normach.

Wymogi dotyczące informacji

Od dnia 1 września 2021 r. mają mieć zastosowanie następujące wymogi dotyczące informacji dotyczących oddzielnego osprzętu sterującego:

Jeżeli oddzielny osprzęt sterujący jest wprowadzany do obrotu jako samodzielny produkt, a nie jako element produktu wyposażonego, wówczas na opakowaniu zawierającym informacje, które należy umieścić w sposób widoczny dla potencjalnych nabywców przed zakupem, umieszcza się w sposób jasny i wyraźny następujące informacje:

- maksymalną moc wyjściową osprzętu sterującego (w przypadku HL, LED i OLED) lub moc źródła światła, do której przeznaczony jest osprzęt sterujący (w przypadku FL i HID);
- typ źródła lub źródeł światła, do których osprzęt sterujący jest przeznaczony;

- **efektywność przy pełnym obciążeniu wyrażoną jako wartość procentowa;**
- moc w stanie bez obciążenia (P_{no}) wyrażoną w W i zaokrągloną do drugiego miejsca po przecinku lub informację, że dany osprzęt nie jest przeznaczony do działania w stanie bez obciążenia. Jeżeli wartość wynosi zero, można pominąć tę informację na opakowaniu, ale mimo wszystko należy ją umieścić w dokumentacji technicznej i na stronach internetowych;
- moc w trybie czuwania (P_{sb}) wyrażoną w W i zaokrągloną do drugiego miejsca po przecinku. Jeżeli wartość wynosi zero, można pominąć tę informację na opakowaniu, ale mimo wszystko należy ją umieścić w dokumentacji technicznej i na stronach internetowych;
- w stosownych przypadkach, moc w trybie czuwania przy podłączeniu do sieci (P_{net}) wyrażoną w W i zaokrągloną do drugiego miejsca po przecinku. Jeżeli wartość wynosi zero, można pominąć tę informację na opakowaniu, ale mimo wszystko należy ją umieścić w dokumentacji technicznej i na stronach internetowych;
- ostrzeżenie, jeżeli osprzęt sterujący nie jest odpowiedni do przyciemniania źródeł światła lub może być używany jedynie z określonymi typami źródeł światła z funkcją przyciemniania lub za pomocą określonych przewodowych lub bezprzewodowych metod przyciemniania. W dwóch ostatnich przypadkach na stronie internetowej producenta lub importera należy umieścić szczegółowe informacje dotyczące warunków, w jakich można używać osprzętu sterującego do przyciemniania;
- kod QR przekierowujący do ogólnodostępnej strony internetowej producenta, importera lub upoważnionego przedstawiciela lub adres strony internetowej, na której można znaleźć pełne informacje dotyczące osprzętu sterującego.

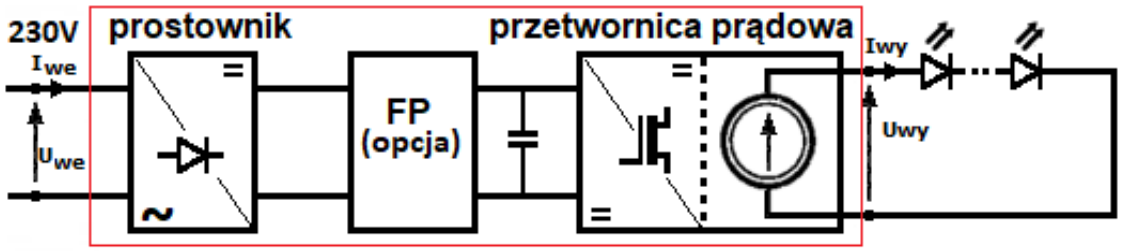
Informacje nie muszą być podane dokładnie w brzmieniu zgodnym z powyższym zestawieniem. Ewentualnie można je przedstawić w formie wykresów, rysunków lub symboli.

Od dnia 1 września 2021 r. w odniesieniu do minimalnych wymogów dotyczących efektywności energetycznej oddzielnego osprzętu sterującego działającego przy pełnym obciążeniu zastosowanie mają mieć wartości określone w tabeli 2.

Tabela 2a. *Minimalna efektywność energetyczna oddzielnego osprzętu sterującego przy pełnym obciążeniu*

Zadeklarowana moc wyjściowa osprzętu sterującego (P_{cg})	Minimalna efektywność energetyczna
…	…
Osprzęt sterujący do źródeł światła LED lub OLED o wszystkich mocach P_{cg}	$P_{cg}^{0,81}/(1{,}09 \times P_{cg}^{0,81}+2{,}10)$

Określenie mocy wyjściowej osprzętu sterującego P_{cg} przedstawiono na rysunku 1.



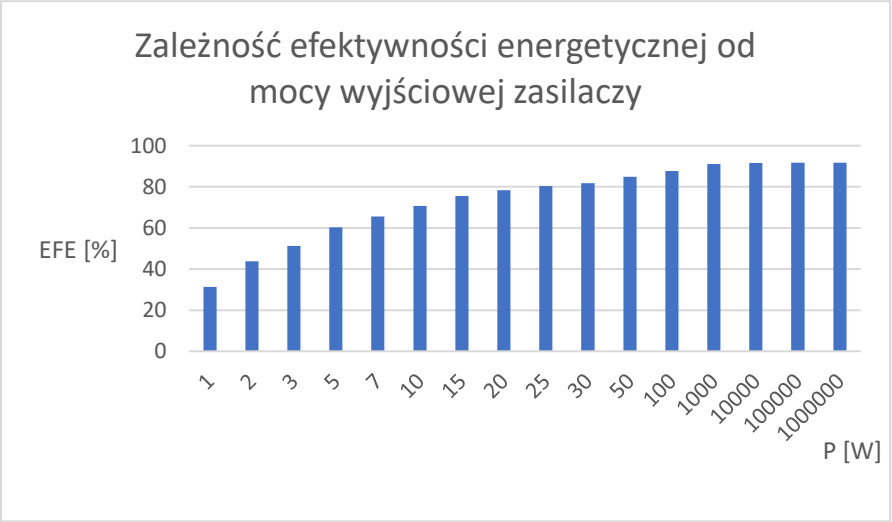
Rys. 1. *Uproszczony schemat osprzętu sterującego z diodami LED ($P_{cg} = U_{wy}/I_{wy}$) [6]*

Tabela 2b. *Minimalna efektywność energetyczna oddzielnego osprzętu sterującego przy pełnym obciążeniu dla różnych wartości mocy $P_{cg} \in (1 \div 1000000)$ W.*

P_{cg} [W]	1	2	3	5	7	10	15	20	25	30	50
EFE [%]	31,35	43,71	51,22	60,23	65,61	70,66	75,52	78,40	80,33	81,73	84,87
Pcg [W]	100	1000	10000		100000		1000000				
EFE [%]	87,69	91,09	91,64		91,73		91,74				

Jak widać z tabeli 2b wraz ze wzrostem wartości mocy wyjściowej rośnie wymagana wartość minimalnej efektywności energetycznej zewnętrznego osprzętu sterującego.

Wykres zależności efektywności energetycznej od mocy wyjściowej zasilaczy przedstawiono na rysunku 2 (skala logarytmiczna).



Rys. 2. *Zależność efektywności energetycznej od mocy wyjściowej zasilaczy (na podstawie [5])*

Aby sprawdzić rzeczywistą wartość efektywności energetycznej należy zgodnie z definicją podaną powyżej zmierzyć wartości U_{we} , I_{we} , U_{wy} , I_{wy} a następnie zgodnie z zależnością P_{wy}/P_{we} wyznaczyć poszukiwaną wartość EFE_R.

WYNIKI BADAŃ I POMIARÓW

W latach 2014-2020 zrealizowano badania parametrów elektrycznych zasilaczy stałonapięciowych i stałoprądowych [art. 7,8,9].

Tabela 3. *Deklarowane wartości parametrów elektrycznych układów zasilania modułów LED [7]*

Lp.	Dane znamionowe układów zasilania modułów LED
1.	**ZASILACZ LED 60W ~ 170-250VAC , 50/60 Hz , 0,8-0,6A / ⎓ 12VDC , 5,0A**
2.	**ZASILACZ LED 60W ~ 170-264VAC , 50/60 Hz , 0,47A / ⎓ 12VDC , 5,0A**
3.	**ZASILACZ LED 60W ~ 170-260VAC , 1,2 A , 50 /60 Hz / ⎓ 24VDC , 2,5A**
4.	**ZASILACZ LED 60W ~ 100-240VAC , 0,8 A , 50/60 Hz / ⎓ 36VDC , 1,7A**
5.	**ZASILACZ LED 60W ~ 170-250VAC , 0,43 A , 47/63 Hz / ⎓ 12±0,5VDC , 5,0A**
6.	**ZASILACZ LED 60W ~ 170-250VAC , 0,87 A , 47/63 Hz / ⎓ 12±0,5VDC , 5,0A**
7.	**ZASILACZ LED 60W ~ 170-250VAC , 0,56 A , 50/60 Hz / ⎓ 12±0,5VDC , 5,0A**

Tabela 4. *Wyniki testów (próbka 3) [7]*

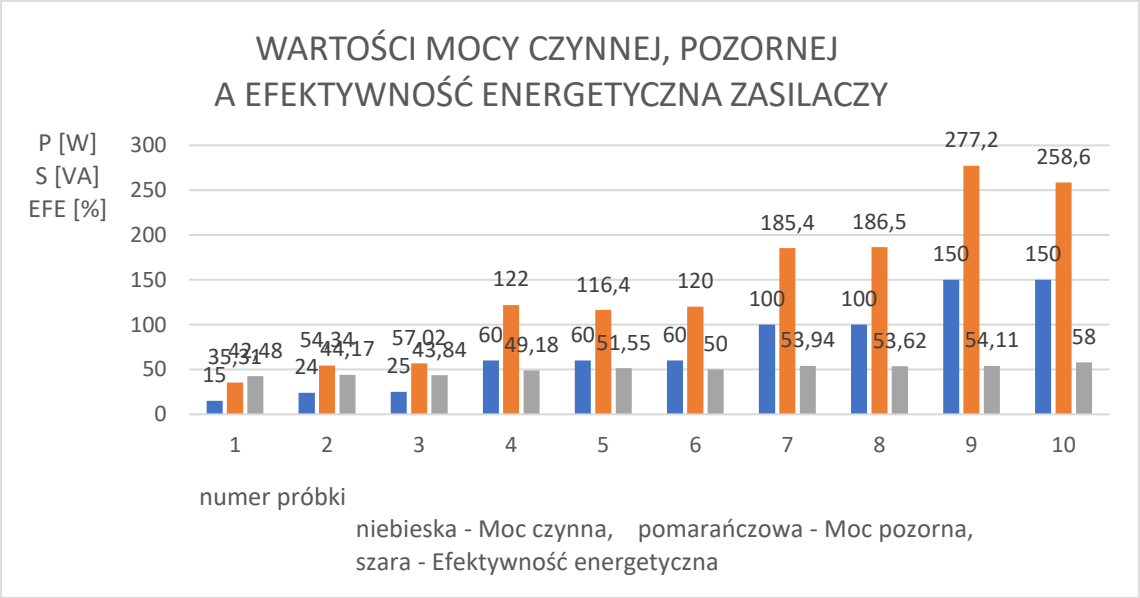
PROCENT ZNAMIONOWEGO PRĄDU WYJŚCIOWEGO (OBCIĄŻENIA)	NAPIĘCIE WEJŚCIOWE U_{WE} [V]	PRĄD WEJŚCIOWY I_{WE} [mA]	MOC WEJŚCIOWA CAŁKOWITA P_{WE} P_O [W]	THD_I [%]	THD_U [%]	WSPÓŁCZYNNIK MOCY λ
100%	230,0	301,0	69,36	15,85	2,663	0,957
	NAPIĘCIE WYJŚCIOWE U_{WY} [V]	PRĄD WYJŚCIOWY I_{WY} [A]	MOC WYJŚCIOWA P_{WY} P_{cg} [W]	MOC UZ MOD LED P_W [W]		SPRAWNOŚĆ [%]
	23,92	2,500	59,80	9,560		86,22

Tabela 5. *Zestawienie obliczonych wartości sprawności [7]*

Lp.	ŚREDNIA SPRAWNOŚĆ ZASILACZ LED WARTOŚĆ POMIAROWA	SPRAWNOŚĆ ZASILACZ LED WARTOŚĆ GRANICZNA **278/2009**	WYNIK	SPRAWNOŚĆ ZASILACZ LED WARTOŚĆ GRANICZNA **2019/2020**	WYNIK
1.	81,83%	82,00%	-	85,75%	-
2.	80,16%		-		-
3.	86,22%		+		+
4.	84,62%		+		-
5.	83,52%		+		-
6.	78,00%		-		-
7.	85,80%		+		+

Tabela 6. *Deklarowane wartości parametrów elektrycznych stałonapięciowych układów zasilania modułów LED oraz zmierzone wartości efektywności energetycznej [9]*

Lp.	Dane zmierzone układów zasilania modułów LED	Moc wyjściowa P_{cg} [W]	Efektywność energetyczna				
			Wartość zmierzona	Wartość dopuszczalna [278/2009] WYNIK		Wartość dopuszczalna [2019/2020] WYNIK	
1.	UZ LED 12V 153mA 35,31VA	15,00W	85,47 %	79,26	**+**	**75,52 %**	**+**
2.	UZ LED 12V 236mA 54,34VA	24,00W	83,68 %	82,22	**+**	**80,00 %**	**+**
3.	UZ LED 12V 247mA 57,02VA	25,00W	81,43 %	82,48	**-**	**80,33 %**	**+**
4.	UZ LED 12V 529mA 122,0VA	60,00W	81,02 %	82,00 %	**-**	**85,75 %**	**-**
5.	UZ LED 12V 504mA 116,4VA	60,00W	85,14 %		**+**	**85,75 %**	**-**
6.	UZ LED 12V 521mA 120,0VA	60,00W	83,07 %		**+**	**85,75 %**	**-**
7.	UZ LED 12V 805mA 185,4VA	100,00W	85,54 %		**+**	**87,69 %**	**-**
8.	UZ LED 12V 809mA 186,5VA	100,00W	85,18 %		**+**	**87,69 %**	**-**
9.	UZ LED 12V 1204mA 277,2VA	150,00W	82,06 %		**+**	**88,79 %**	**-**
10.	UZ LED 12V 1123mA 258,6VA	150,00W	88,03 %		**+**	**88,79 %**	**-**



Rys.3. *Wartości mocy czynnej i pozornej a efektywność energetyczna zasilaczy [9]*

Tabela 7. *Deklarowane wartości parametrów elektrycznych stałoprądowych układów zasilania modułów LED oraz zmierzone wartości efektywności energetycznej [8]*

Lp.	Dane zmierzone układów zasilania modułów LED		Efektywność energetyczna [%]				
			Wartość zmierzona	Wartość dopuszczalna [278/2009] WYNIK		Wartość dopuszczalna [2019/2020] WYNIK	
1.	UZ LED 350 mA 20-42V	14,70W	81,50 %	79,69 %	+	**75,30 %**	+
2.	UZ LED 350 mA 24-48V	16,80W	82,90 %	74,39 %	+	**76,71 %**	+
3.	UZ LED 350 mA 65-115V	40,25W	87,10 %	82,26 %	+	**83,66 %**	+
4.	UZ LED 700 mA 5-15V	10,50W	72,20 %	70,16 %	+	**71,29 %**	+
5.	UZ LED 700 mA 20-44V	30,80W	81,50 %	79,69 %	+	**81,92 %**	+
6.	UZ LED 700 mA 34-57V	39,90W	86,20 %	82,18 %	+	**83,61 %**	+
7.	UZ LED 700 mA 50-86V	60,20W	85,90 %	82,00 %	+	**85,76 %**	+
8.	UZ LED 1050 mA 9-48V	50,40W	87,20 %	84,28 %	+	**84,91 %**	+
9.	UZ LED 1050 mA 12-16V	16,80W	80,50 %	74,39 %	+	**76,71 %**	+
10.	UZ LED 1050 mA 34-57V	59,85W	86,50 %	82,00 %	+	**85,74 %**	+

Tabela 8. *Deklarowane wartości parametrów elektrycznych układów zasilania modułów LED [8]*

Lp.	Dane znamionowe stałoprądowych układów zasilania modułów LED
1.	**ZASILACZ LED 75W** **~ 220-240VAC , 50/60 Hz , 0,4-0,34A , 84W / ⎓35-108VDC , 300-1050 mA**
2.	**ZASILACZ LED 75W** **~ 120-277VAC , 50/60 Hz , 0,9A , 90W / ⎓68-152VDC , 0,35 – 0,7 A**

Tabela 9. *Wyniki testów (próbka 1 i 2) [8]*

Lp.	NAPIĘCIE WEJŚCIOWE U_{WE} [V]	PRĄD WEJŚCIOWY I_{WE} [mA]	MOC WEJŚCIOWA CAŁKOWITA P_{WE} P_O [W]	WSPÓŁCZYNNIK MOCY λ	THD_U [%]	THD_I [%]	
1.	230,0	234,0	50,43	0,974	0,662	7,241	
2.	230,0	220,0	48,67	0,922	0,752	22,65	
	NAPIĘCIE WYJŚCIOWE U_{WY} [V]	PRĄD WYJŚCIOWY I_{WY} [mA]	MOC WYJŚCIOWA P_{WY} P_{cg} [W]	MOC UZ MOD LED P_W [W]	Efektywność [%]	Wartość dopuszczalna [2019/2020] [%] / WYNIK	
1.	45,00	980	44,10	6,330	**87,352**	**86,69**	**+**
2.	68,00	630	41,84	6,830	**85,970**		**-**

WNIOSKI

Wymagania dotyczące efektywności energetycznej zasilaczy zewnętrznych do oświetlenia były dotychczas zdefiniowane w rozporządzeniu 278/2009. Nowelizacja tego rozporządzenia wprowadzona do realizacji na wiosną bieżącego roku (1782/2019) tylko pozornie obejmowała asortyment oświetleniowy. Ustawodawca unijny wprowadził rozporządzenie 2019/2020, którego zapisy oprócz wymagań do samych źródeł zawierają także wymogi pozwalające na sprawdzenie efektywności energetycznej zasilaczy zewnętrznych zwanych w tym rozporządzeniu „osprzętem sterującym”. Cennym zapisem jest tu nakazanie wykonania pomiarów rzeczywistych wartości napięć i prądów wejściowych i wyjściowych układu zasilacza, wyznaczenia wartości mocy wejściowej i wyjściowej i na tej podstawie wyznaczenie wartości efektywności energetycznej.

Na podstawie pomiarów i obliczeń parametrów elektrycznych 7 urządzeń zasilających do modułów LED (tabele 3,4,5) można stwierdzić, iż 4 układy zasilania modułów LED spełniają zapis dotyczący efektywności energetycznej (wg 278/2009) – (dla minimalnej wartości granicznej) sprawność powyżej 82 %. Według metodologii zawartej w rozporządzeniu 2019/2020 tylko 2 na 7 zasilaczy są poprawne. Uzyskane wartości mocy wyjściowej $P_{WY}=P_{cg}$ oscylują wokół deklarowanej przez producentów wartości 60W.

Przedstawione w tabeli 6 wyniki badań 10 układów zasilania modułów LED pokazują podobnie jak omawiane powyżej zmniejszenie poprawnych rozwiązań w świetle wymagań rozporządzeń 278/2009 i 2019/2020 – dopuszczalną wartość sprawności osiągają odpowiednio 8 i 3 układy zasilania. Na rysunku 3 pokazano oprócz wartości mocy czynnej P_{sg} także wartości mocy pozornej układów. Gdyby efektywność energetyczną liczyć na podstawie wartości skutecznych napięcia i prądu wejściowego (moc pozorna S_{we}) i wartości napięcia i prądu wyjściowego (wartości stałe) – (moc pozorna S_{we}) wartości efektywności oscylowałyby pomiędzy 35 a 58%.

Na podstawie pomiarów i obliczeń parametrów elektrycznych 10 stałoprądowych urządzeń zasilających do modułów LED (tabela 7) można stwierdzić, iż wszystkie układy zasilania modułów LED spełniają zapis dotyczący efektywności energetycznej (zarówno według zapisów rozporządzeń 278/2009 jak i 2019/2020).

W tabelach 8 i 9 przedstawiono wyniki pomiarów i obliczenia dwóch stałoprądowych układów zasilania modułów LED stosowanych w oprawach drogowych. Producenci tych opraw deklarują całkowitą moc wyjściową P_{cg} na poziomie 75W. Pozostałe parametry elektryczne są różne. Efektywność energetyczna próbki nr 1 jest prawidłowa mimo, iż układ charakteryzuje się wyższą wartością współczynnika mocy (λ= 0,974) i mniejszej wartości THD_I (7,241%). Układ ten dobrze realizuje przekształcanie napięcia zasilania, ograniczanie prądu roboczego, zapobieganie zapłonowi na zimno, korygowanie współczynnika mocy lub ograniczanie zakłóceń przewodzonych. Efektywność energetyczna próbki nr 2 jest nieprawidłowa - układ charakteryzuje się mniejszą wartością współczynnika mocy (λ= 0,922) i większą niezgodną z odpowiednimi przepisami wartością THD_I (20,65%).

Korzystne z punktu widzenia producentów jest zamieszczenie wymogów dotyczących efektywności energetycznej zasilaczy zewnętrznych w rozporządzeniu [5], które w większości zapisów dotyczy źródeł światła. Pozwala to na całościową realizację doboru poprawnych parametrów fotometrycznych i elektrycznych podzespołów stosowanych w oświetleniu przez producentów.

Ważnym zapisem jest tu nakazanie wykonania pomiarów rzeczywistych wartości napięć i prądów wejściowych i wyjściowych układu zasilacza, wyznaczenia wartości mocy wejściowej i wyjściowej i na tej podstawie wyznaczenie wartości efektywności energetycznej a nie wyznaczanie na podstawie danych deklarowanych przez producentów.

Literatura

[1] Rozporządzenie komisji (UE) nr 278/2009 z dnia 6 kwietnia 2009r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu w zakresie zużycia energii elektrycznej przez zasilacze zewnętrzne w stanie bez obciążenia oraz ich średniej sprawności podczas pracy

[2] Rozporządzenie komisji (UE) nr 1782/2019 z dnia 1 października 2019 r. ustanawiające wymogi dotyczące ekoprojektu dla zasilaczy zewnętrznych na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE oraz uchylające rozporządzenie Komisji (WE) nr 278/2009

[3] PN-HD 60364-4-41:2017-09/A11:2017-11 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa -- Ochrona przed porażeniem elektrycznym

[4] PN-EN 61140:2016-07 Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym -- Wspólne aspekty instalacji i urządzeń

[5] Rozporządzenie komisji (UE) 2019/2020 z dnia 1 października 2019 r. ustanawiające wymogi dotyczące ekoprojektu dla źródeł światła i oddzielnego osprzętu sterującego na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE oraz uchylające rozporządzenia Komisji (WE) nr 244/2009, (WE) nr 245/2009 i (UE) nr 1194/2012

[6] Kurkowski M.: Źródła, moduły i oprawy oświetleniowe LED w aspekcie wymagań normatywnych. Zagadnienia wybrane, Podręcznik akademicki, Instytut Naukowo-Wydawniczy Spatium, Radom 2019 r., s.137

[7] Kurkowski M.: Efektywność energetyczna układów zasilania źródeł i modułów LED Oświetlenie LED 4/2014, s. 12 – 16.

[8] Kurkowski M.: Efektywność energetyczna stałoprądowych układów zasilania źródeł i modułów LED Oświetlenie LED 1/2015, s. 12 – 15.

[9] Kurkowski M., Popławski T., Weżgowiec M.: Wyniki ekspertyz odbiorników energii elektrycznej (w tym oświetleniowych) oraz audytów instalacji elektrycznych, *materiały niepublikowane*

ROZKŁAD LUMINANCJI NA POWIERZCHNI DIOD ELEKTROLUMINESCENCYJNYCH WYKORZYSTYWANYCH W OŚWIETLENIU DROGOWYM

Dariusz Czyżewski
Politechnika Warszawska

Nowoczesne oprawy oświetlenia drogowego składają się z wielu półprzewodnikowych źródeł światła. Zazwyczaj w projekcie oświetlenia skupiamy się na strumieniu świetlnym oprawy, bryle fotometrycznej, temperaturze barwowej czy mocy czynnej i współczynniku mocy. Rzadko zastanawiamy się jak nowoczesne źródła światła rozsyłają strumień świetlny oraz jaką mają luminancję (jaskrawość) w różnych kierunkach.

Diody elektroluminescencyjne, nazywane także LED od ang. Light Emitting Diodes, są dosyć nowymi, a jednocześnie najdynamiczniej rozwijającymi półprzewodnikowymi źródłami światła. Na przestrzeni lat powstało bardzo wiele rodzajów diod elektroluminescencyjnych. Generalny podział, to podział na diody niskomocowe (o mocach do 0,5W, gdzie typowe prądy pracy wynoszą do 30mA) oraz diody wysokomocowe (o mocach powyżej 0,5-1W, gdzie typowe prądy pracy wynoszą ponad 350mA). Ze względu na niskie moce jednostkowe pojedynczych LED-ów (dochodzące do 5W, ale typowe to 1W), chcąc stworzyć z nich zamienniki klasycznych źródeł światła (żarówek, lamp wyładowczych), stosuje się matryce diodowe, zawierające od kilku do kilkuset LED-ów. Oczywiście, im wyższa moc jednostkowa pojedynczego LED-a, tym mniej ich trzeba zastosować.

Obudowa diody pełni ważną rolę w procesie kształtowania bryły fotometrycznej diody elektroluminescencyjnej. Często w samej podstawce LED znajduje się mini odbłyśnik. Dlatego obudowę LED-a można nazwać pierwotnym układem optycznym. Poza pierwotnymi obudowami dodatkowo bryłę fotometryczną diody LED kształtuje się za po-mocą odbłyśników, soczewek oraz filtrów, które często na stałe zintegrowane są z dana diodą. Bardzo rzadko pierwotne układy optyczne projektowane są pod specjalne zastosowanie.

W procesie projektowania układów optycznych dla diod elektroluminescencyjnych, konieczna jest:
1. identyfikacja rzeczywistej powierzchni świecącej;
2. znajomość rozkładu luminancji na rzeczywistej powierzchni świecącej.

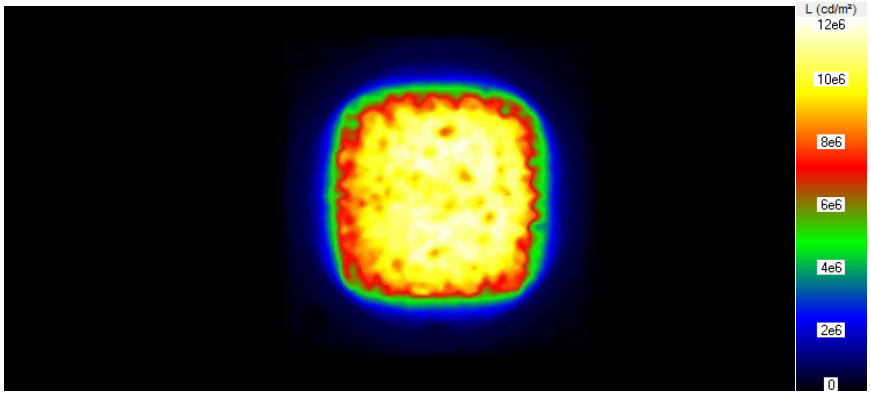
Najdokładniejszy model rozkładu luminancji danej diody elektroluminescencyjnej można uzyskać poprzez bezpośredni pomiar luminancji, a otrzymany rozkład jest wtedy zebrany np. w postaci macierzowej.

Z wymienionych na wstępie przesłanek, badaniom poddano diody wysokomocowe różnych producentów (europejskich oraz dalekowschodnich), ale o uznanej marce. Moc poszczególnych LED-ów wynosiła ok. 1W - czyli były to LED-y najbardziej popularne spośród wysokomocowych. Diody nie były specjalnie selekcjonowane, jedyny parametr na który zwrócono uwagę to stabilność parametrów technicznych podczas pracy oraz wysoka renoma producenta.

Analizując wyniki badań dotyczące rozkładu luminancji na powierzchni badanych LED można stwierdzić, że we wszystkich przypadkach rozkład nie był równomierny, czyli był niezgodny

z prawem Lamberta. Luminancja maksymalna również nie zawsze była w centralnym obszarze powierzchni świecącej LED.

Przykład rozkładu luminancji na powierzchni LED wysokomocowego zaprezentowano na rys. 1. Zaprezentowany popularny LED w oświetleniu drogowym, miał prąd wysterowania równy 350mA (moc 1W). W badaniach sprawdzono także wpływ warunków zasilania na rozkład luminancji na powierzchni LED. Stwierdzono, że zmianą warunków zasilania nie zmienia się charakter rozsyłu luminancji. Zmianie ulegają natomiast poziomy luminancji.



Rys. 1. *Rozkład luminancji na powierzchni wysokomocowego LED stosowane w oprawach drogowych*

Podsumowując badania można stwierdzić, że luminancje maksymalne na powierzchni LED są bardzo wysokie. Potrafią przekraczać nawet 100 Mcd/m^2. Należy ten fakt mieć na uwadze, konstruując układy optyczne kształtujące strumień świetlny diod elektroluminescencyjnych. Szczególnie jest ten aspekt istotny pod kątem ograniczenia zjawiska olśnienia.

KONSERWACJA INSTALACJI OŚWIETLENIA DROGOWEGO

Roman Sikora, Przemysław Markiewicz
Politechnika Łódzka

1. Wprowadzenie

Każda instalacja oświetlenia drogowego w wyniku działania czynników środowiskowych i czasu ulega procesom naturalnego zużycia. Objawia się to stopniowym ograniczeniem wartości strumienia świetlnego w wyniku przede wszystkim degradacji zastosowanych źródeł światła, zabrudzeniem lub zmatowieniem kloszy opraw jak również w wyniku zmiany wartości parametrów zastosowanych stateczników lub zasilaczy. Proces ten jest nieunikniony, podlega mu właściwie każdy obiekt inżynierski i ten fakt musi być uwzględnimy już na etapie projektowania instalacji oświetleniowej zarówno wnętrzowej jak i drogowej. Projektant dobierając oprawy oświetleniowe do danych warunków drogowych powinien opracować plan konserwacji. W nim powinna być zawarta informacja o terminie i zakresie czynności konserwacyjnych niezbędnych do utrzymania instalacji w dobrej kondycji technicznej. Po zaprojektowaniu i wykonaniu instalacja jest przekazywana inwestorowi do eksploatacji. Po jej uruchomieniu odpowiedzialność za utrzymanie jej we właściwym stanie spada na inwestora lub końcowego użytkownika. W jego gestii jest użytkowanie instalacji, wykonywanie ewentualnych napraw i konserwacji. Zawsze te czynności powinny być prowadzone przez podmioty lub osoby posiadające odpowiednią i doświadczenie w tym zakresie. Zaniechanie wykonywania czynności konserwacyjnych może doprowadzić znacznego pogorszenia warunków oświetleniowych.

Podstawowe elementy instalacji niezbędne do jej prawidłowej pracy to:

- oprawy oświetleniowe wyposażone w źródła światła,
- konstrukcje wsporcze w postaci słupów, fundamentów słupów i wysięgników,
- kable i przewody niezbędne do dostarczenia energii elektrycznej do punktów oświetleniowcy,
- komplet zabezpieczeń przed skutkami zwarć i przeciążeń przewidzianych do zamontowania w tabliczce słupowej i rozdzielnicy oświetleniowej,
- układ sterowania,
- dla instalacji autonomicznych zasilanych z odnawialnych źródeł energii konieczne są panele PV jak również mikroturbiny wiatrowe jako źródła energii oraz akumulatory wraz z układem ładowania.

Dla każdego elementu składowego instalacji użytkownik powinien posiadać wiedzę oraz możliwości techniczne, aby konserwacja była prowadzana w sposób właściwy zapewniający utrzymania istotnych parametrów technicznych na założonym poziomie.

2. Projektowanie instalacji oświetleniowych a konserwacja

W trakcie normalnej eksploatacji instalacji oświetleniowej zachowanie odpowiedniego stanu technicznego opraw oświetleniowych decyduje o utrzymaniu parametrów oświetleniowych na drodze co ściśle wiąże się z zapewnieniem bezpieczeństwa ruchu drogowego. Dla oprawy do

wysokoprężnej lampy sodowej na jej prawidłowe działanie wpływa stan źródła światła jak i pozostałych komponentów oprawy. W trakcie eksploatacji oprawy jej pierwotny strumień świetlny ulega zmniejszeniu i na ten proces ma wpływ degradacja samego źródła jak i samej oprawy.

Aby uwzględnić to zjawisku już na etapie procesu projektowania powinna być ustalona przez projektanta wartość współczynnika utrzymania (*MF ang. maintenance factor*) definiowanego za pomoca wzoru (1).

$$MF = \frac{L_t}{L_0} \tag{1}$$

gdzie L_0 jest to luminancja drogi założona przez projektanta w momencie rozpoczęcia eksploatacji instalacji, a L_t jest to przewidywana luminancja pod koniec okresu, po którym powinna być przeprowadzona konserwacja wynikająca z jej planu. W sposób sztuczny projektant tym samym nieco świadomie przewymiaruje instalację tak, aby pod koniec przewidywanego interwału pomiędzy kolejnymi konserwacjami luminancja na drodze nie spadła poniżej wartości wymaganej przez akty prawne i normalizacyjne. Współczynnik utrzymania opisany wzorem (1) jest iloczynem następujących składników:

$$MF = LLMF \cdot LMF \tag{2}$$

gdzie odpowiednio *LLMF* jest to współczynnik utrzymania strumienia świetlnego lampy, a *LMF* jest to współczynnik utrzymania oprawy. Typowe wartości współczynnika *LLMF* dla wyładowczych źródeł światła są opisane w tabeli 1 [1].

***Tabela 1**. Wartości współczynnika utrzymania strumienia świetlnego lampy [1]*

Typ lampy	***LLMF***				
	Czas pracy [tyś. godzin]				
	5	6	8	10	12
Wysokoprężna sodowa	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Wysokoprężna metahalogenkowa	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88

Na wartość współczynnika utrzymania oprawy wpływa stopień zanieczyszczenia środowiska, w którym jest eksploatowana oprawa. Im same otoczenia jest bardziej zanieczyszczone, tym szybciej następuje proces zabrudzenia oprawy. Dla opraw oświetleniowych cechujących się wyższą wartością współczynnika odporności na wnikanie ciał stałych (stopień ochrony IP) proces degradacji następuje nieco wolniej. Typowe wartości współczynnika *LMF* dla wybranych stopni ochrony opraw są przedstawione w tabeli 2 [1].

***Tabela 2**. Wartości współczynnika utrzymania strumienia świetlnego oprawy [1]*

IP oprawy	**Środowisko**	***LMF***				
		Czas pracy [lata]				
		1,0	**1,5**	**2,0**	**2,5**	**3,0**
IP2X	Czyste	0,90	0,82	0,79	0,78	0,75
	Przeciętne	0,62	0,58	0,56	0,53	0,52
	Brudne	0,53	0,48	0,45	0,42	0,41
IP5X	Czyste	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
	Przeciętne	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Brudne	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
IP6X	Czyste	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89
	Przeciętne	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Brudne	0,91	0,90	0,88	0,86	0,83

Dla opraw do wysokoprężnych lamp sodowych należy przewidzieć wymianę źródeł światła zgodnie w wcześniej przyjętym harmonogramem, czyszczenie kloszy opraw, odbłyśników, sprawdzenie kompletności oprawy, stanu wewnętrznych połączeń elektrycznych, itp.

3. Skutki zaniedbań konserwacji instalacji oświetleniowych

Eksploatacja instalacji jak wcześniej było już sygnalizowane powoduje szereg niekorzystnych efektów takich jak zmniejszenie wartości strumienia świetlnego, zmianą bryły fotometrycznej oprawy spowodowana przez zabrudzenie lub uszkodzenie klosza i zmiana parametrów elektrycznych oprawy. Przykłady skutków tej degradacji są przedstawione na fotografiach od 1 do 3. Nawet stosunkowo krótki okres eksploatacji może powodować negatywne następstwa w postaci warstwy zanieczyszczeń na kloszu (Fot.3). W wyniku uszkodzenia klosza oprawa nie posiada już wymaganego stopnia ochrony co może spowodować wystąpienie zwarcia i może wystąpić przy wystąpieniu niekorzystnych warunków zagrożenie porażeniem prądem elektrycznym.

***Fot. 1.** Poluzowane jarzmo oprawy oraz uszkodzony klosz opraw oświetleniowej po wielu latach pracy (fotografia własna)*

Fot. 2. *„Wysoki” stopień ochrony obudowy zapewne też po wielu latach pracy - oprawa pozbawiona klosza (fotografia własna)*

Fot. 3. *„Czysty” klosz oprawy dla instalacji eksploatowanej krótko eksploatowanej (fotografia własna)*

Fot. 4. *Otwarta pokrywa komory oprawy najprawdopodobniej przez silny wiatr lub błąd konserwatora (fotografia własna)*

Działanie bocznego wiatru przy poluzowanym jarzmie oprawy może spowodować jej obrócenie wokół osi wysięgnika. W skrajnym przypadku po całkowitym poluzowaniu jarzma może ona zawisnąć na przewodzie zasilającym, a nawet spaść na jezdnię lub chodnik. W celu określenia wpływu na parametry oświetleniowe na jedni ma ewentualne obrócenie oprawy pokazują wyniki obliczeń przedstawionych poniżej. Do analizy został wybrany fragment jezdni o następujących parametrach:

- szerokość jedni 5m,
- liczba pasów ruchu 2,
- rodzaj nawierzchni R3,
- klasa drogi M4 (w/g PN-EN 13201-2 [3]).

Wyniki obliczeń wykonanych w programie DIALux zostały zamieszczone w tabeli 1. Dla wybranego fragmentu drogi wybrano oprawy do wysokoprężnej lampy sodowej o mocy 100W. Przyjęto założenie, że zamontowana prawidłowo oprawa zapewnia spełnienie przyjętych wymagań (wariant bazowy). Następnie wykonano obliczenia dla zmieniającego się kąta obrotu oprawy. Wyniki obliczeń zostały przedstawione dla obserwatora, dla którego uzyskano mniejsze wartości parametrów oświetleniowych na drodze.

Tabela 3. *Zestawienie wyników obliczeń na drodze*

	L_m [cd/m^2]	U_o	U_l	F_{TI} [%]	R_{EI}
Wartości zadane dla założonej klasy	≥ 0.75	0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Wyniki obliczeń symulacyjnych - wariant bazowy	0.85	0.45	0.61	7	0.87
Wyniki obliczeń symulacyjnych -kąt obrotu 10°	0.81	0.44	0.58	4	0.87
Wyniki obliczeń symulacyjnych -kąt obrotu 20°	0.74	0.44	0.56	3	0.86
Wyniki obliczeń symulacyjnych -kąt obrotu 30°	0.66	0.42	0.46	2	0.87

gdzie:

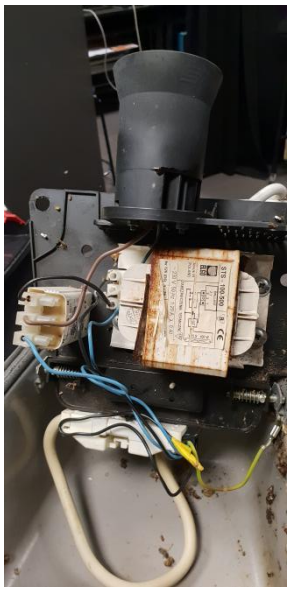
L_m – luminancja średnia,
U_o – równomierność całkowita luminancji,
U_l – równomierność wzdłużna luminancji,
F_{TI} – przyrost wartości progowej,
R_{EI} – współczynnik oświetlenia poboczy jezdni.

W tabeli 3 uzyskane wyniki nie spełniające wymagań są oznaczone kolorem **czerwonym.** Przy kącie obrotu oprawy wynoszącym 10° nastąpił spadek wartości równomierności wzdłużnej luminancji poniżej wartości dopuszczalnej. Dalszy wzrost kąta obrotu powoduje również spadek luminancji średniej poniżej wartości dopuszczalnych. Wyniki obliczeń zamieszczone w tabeli 1 wykonane zostały w wykorzystaniem danych fotometrycznych oprawy w dobrym stanie technicznym choć używanej.

Dla wybranego odcinka drogi przy założeniu zaniedbania czynności konserwacyjnych należy się spodziewać niespełnienia założonych wymagań. Ważna jest także ewentualna skala spadku wartości parametrów oświetleniowych na drodze. Dla tych założeń ponownie zostały wykonane obliczenia symulacyjne, a ich wyniki zostały zamieszczone w tabeli 4. Również w tym przypadku zestawiono wyniki obliczeń dla obserwatora, dla którego uzyskano mniejsza wartości. Oprawa oświetleniowa była w złym stanie technicznym bezpośrednio zdemontowana z istniejącej instalacji (Fot.5). Na fotografii 6 przedstawiono widok świecącej oprawy, a na fotografii 7 widok urządzeń układu pracy oprawy z widocznymi śladami eksploatacji statecznika magnetycznego .

Fot. 5. *Widok mocno zabrudzonej oprawy do wysokoprężnej lampy sodowej z widocznymi pęknięciami klosza (fotografia własna)*

Fot. 6. *Widok świecącej mocno zabrudzonej oprawy do wysokoprężnej lampy sodowej (fotografia własna)*

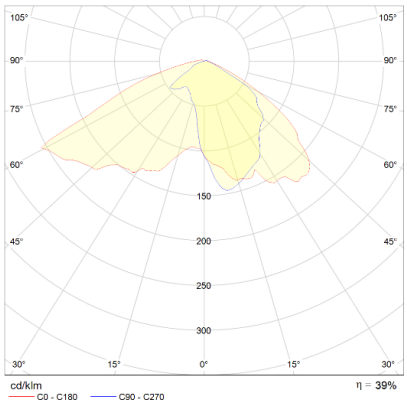


Fot. 7. *Widok urządzeń układu pracy oprawy z widocznymi śladami eksploatacji statecznika magnetycznego (fotografia własna)*

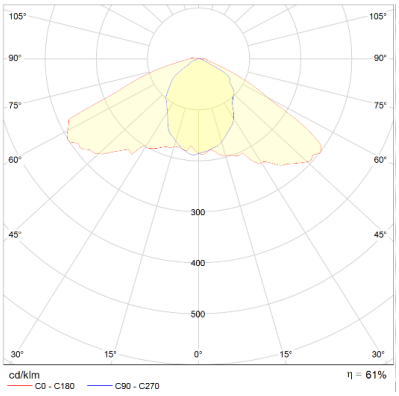
Na rysunku 1 przedstawiono krzywe rozsyłu światłości dla odpowiednio dla oprawy przed konserwacją (zabrudzonej) i po konserwacji - rysunek 2. Konserwacja w tym przypadku polegała na wyczyszczeniu odbłyśnika i wymianie źródła światła i klosza. Można zauważyć diametralną różnicę w wyglądzie (wartościach) krzywych rozsyłu światłości.

Tabela 4. *Zestawienie wyników obliczeń na drodze*

	L_m [cd/m^2]	U_o	U_l	F_{TI} [%]	R_{EI}
Wyniki obliczeń symulacyjnych	0.42	0.42	0.54	4	0.71
Wartości zadane dla założonej klasy	≥ 0.75	0.40	≥ 0.60	≤ 15	≥ 0.50
Spełnione/ nie spełnione	**nie**	**tak**	**nie**	**tak**	**tak**



Rys. 1. *Krzywa rozsyłu światłości dla oprawy po zdemontowaniu z instalacji opracowano za pomocą LDT editor*



Rys.2. *Krzywa rozsyłu światłości dla oprawy po czynnościach konserwacyjnych opracowano za pomocą LDT editor*

Degradacja oraz zabrudzenie klosza oprawy wraz z degradacją samego źródła światła powoduje znaczne obniżenie wartości luminancji na drodze oraz pogorszenie równomierności wzdłużnej luminancji. W tym stanie nie są spełnione wymagania dla założonej klasy drogi M4. Spełnione w tym przypadku są wymagania dla klasy jedynie M6 a wymagane są parametry dla klasy oświetleniowej M4. W oczywisty sposób będzie to wpływało na znaczne pogorszenie bezpieczeństwa ruchu drogowego na analizowanym odcinku drogi. Poczynione oszczędności na czynności konserwacyjne lub ich zaniedbanie może mieć bardzo daleko idące negatywne konsekwencje.

4. Konserwacja konstrukcji wsporczych opraw oświetleniowych

Każda oprawa oświetleniowa jest przystosowana do pracy na konstrukcji wsporczej w postaci wysięgnika, słupa oraz jego fundamentu. Fundament słupa wykonany w betonu i jest w założeniu bardzo trwały, a więc zwykle nie wymaga specjalnych czynności konserwacyjnych. Ważny jest przede wszystkim stan gruntu wokół niego, czy nie jest np. podmyty po intensywnych opadach. Osłabiony w ten sposób fundament może spowodować przewrócenie się słupa wraz z oprawą. Sam słup oraz wysięgnik bez względu z jakiego materiału są wykonane nie wymagają szczególnych czynności konserwacyjnych poza dbaniem o stan techniczny powłok antykorozyjnych. Na fotografii 8 przedstawiono uszkodzenie powłoki antykorozyjnej słupa oświetleniowego po ponad 4 latach eksploatacji. Mocno wyeksploatowany słup betonowy może być w złym stanie technicznym (Fot. 7)

Fot. 7. *Słup betonowy po wielu latach eksploatacji z widoczną uszkodzoną warstwą betonu i odsłoniętym zerodowanym zbrojeniem (fotografia własna)*

Fot. 8. *Uszkodzona powłoka antykorozyjna słupa oświetleniowego po ok. 4 latach eksploatacji (fotografia własna)*

Istotnym, aczkolwiek nie zawsze należycie docenianym jest problem prawidłowego stanu połączeń śrubowych pomiędzy oprawą, wysięgnikiem i ewentualnie słupem. Zbyt mały moment dokręcenia śrub mocujących może spowodować przekręcenie się oprawy a w ostateczności nawet jej upadek na chodnik lub jednię. Poważne tego konsekwencje przede wszystkim dla zarządcy instalacji są oczywiste i nie wymagają tutaj dodatkowego komentarza.

5. Konserwacja instalacji zasilania i sterowania oprawami oświetleniowymi

Integralną częścią każdej instalacji oświetleniowej jest instalacja elektryczna niezbędna do zasilenia opraw oświetleniowych. Czynności konserwacyjne w instalacjach elektrycznych niezbędne do je prawidłowej i bezawaryjnej pracy są ogólnie znane. Zatem które czynności konserwacyjnych są w tym przypadku szczególnie istotne. Instalacje oświetlenia drogowego pracują w trudnych warunkach środowiskowych, gdzie występuje oddziaływanie czynników atmosferycznych oraz efekty wywołane przez ruchu kołowy - wibracje gruntu przenoszące się na konstrukcję słupa. Instalacje pracują w miejscach dostępnych dla osób postronnych i tutaj czynnikiem decydującym jest zachowanie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej. Otwarta tabliczka słupowa na pewno nie poprawia ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym (Fot. 9a i 9b).

a) b)

Fot. 9. *Niezabezpieczona tabliczka słupowa (fotografia własna)*

W czasie przeglądów powinien być sprawdzany stan uziemień, prawidłowe zabezpieczenie aparatury w tabliczkach słupowy przed dotykiem części czynnych. W przypadku zadziałania zabezpieczeń w rozdzielnicy oświetleniowej i tabliczce słupowej w postaci wkładek bezpiecznikowych uszkodzone koniecznie być wymienione na wkładki **tego samego typu i tym samym prądzie znamionowym**. W przeciwnym przypadku warunek skuteczności ochrony przeciwporażeniowej dla sieci np. TT opisany wzorem (4) nie będzie spełniony.

$$R_a \cdot I_a \leq U_L \qquad (4)$$

We wzorze (4) R_a jest sumą rezystancji uziomu i przewodu ochronnego, I_a jest prądem zapewniającym szybkie samoczynne wyłączenie a U_L jest wartością skuteczną napięcia względem ziemi. Zastosowanie wkładki bezpiecznikowej o większym prądzie znamionowym może spowodować, że zależność (4) nie zostanie spełniona. Podobny skutek może spowodować za duża wartość R_a spowodowana stanem technicznym uziomu oraz połączeń. W trakcie konserwacji należy sprawdzić czy typ i prąd znamionowy wkładki jest zgodny z założeniami projektowymi.

W trakcie wykonywania czynności konserwacyjnych należy sprawdzić poprawność działania układu sterowania, czy algorytm sterowania jest poprawny pracy instalacji jest zgodny z założeniami projektowymi. Ponadto należy sprawdzić moduł komunikacyjny m.in. czy poprawnie działa karta SIM. W razie konieczności należy dokonać niezbędnych napraw.

6. Konserwacja instalacji autonomicznych

Instalacje autonomiczne oświetlenia drogowe są wykonywane w miejscach, gdzie jest utrudniony lub niemożliwy dostęp do sieci energetycznej (Fot.10).

Fot. 10. *Przykładowa instalacja autonomiczna (fotografia własna)*

Fot. 11. *Oprawa oświetleniowa z wyraźnymi zabrudzeniami (fotografia własna)*

Drugim istotnym argumentem za takim rozwiązaniem jest możliwość wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Instalacja autonomiczna składa się z oprawy oświetleniowej umieszczonej na konstrukcji wsporczej, źródeł energii odnawialnej w postaci paneli PV i (lub) mikro turbiny wiatrowej. Taka instalacja też powinna podlegać czynnością konserwacyjnym dotyczące samych opraw jak i pozostałych elementów instalacji. Pomimo krótkiego czasu działania zastosowane w niej oprawy oświetleniowe mogą już nosić ślady zużycia (Fot. 11).

W przypadku instalacji autonomicznych należy pamiętać o czyszczeniu powierzchni czynnej paneli PV. Ilość energii wytworzonej prze panel jest zależna oczywiście od poziomu nasłonecznienia, ale również od stopnia zabrudzenia panelu. Przy czyszczeniu powierzchni panelu należy się kierować wytycznymi zawartymi w dokumentacji technicznej dostarczonej przez producenta. Ważnym elementem instalacji są akumulatory stosowane jako magazyny energii. Dobrze dobrany sterownik powinien zapewnić prawidłowe ładowanie akumulatora. Ze względu na to, że akumulatory są montowane po ziemią dobrym zwyczajem byłoby cykliczne sprawdzanie ich stanu, ewentualnego zalania wodą komory. Projektant powinien przewidzieć taką możliwość. Akumulatory są przewidziane na pewien czas eksploatacji i należy przewidzieć ich cykliczną wymianę w celu zapewnienia prawidłowej pracy instalacji.

Innym istotnym aspektem jest hałas emitowany przez mikroturbiny wiatrowe. Przy silnym wietrze hałas emitowany przez mikroturbinę może być uciążliwy dla mieszkańców. Ponad to podmuchy silnego wiatru powodują poruszanie się i wibracje całej konstrukcji wsporczej. Jest to spowodowane działaniem wiatru na panele fotowoltaiczne jak również w wyniku szybkiego wirowania wirnika mikroturbiny. Wibracje mogą być przyczyną poluzowania się jarzma oprawy, co jak już wcześniej wspomniano może spowodować zmianę kąta nachylenia oprawy (Fot. 10, 11 i 12).

Fot. 11. *Widok oprawy z nieprawidłowym kątem nachylenia (fotografia własna)*

Fot. 12. *Widok opraw z nieprawidłowym kątem nachylenia (fotografia własna)*

7. Uszkodzenia matryc LED

W przypadku nieprawidłowego zaprojektowania oprawy LED, jej niestarannego montażu, wadliwych komponentów lub próby uzyskania zbyt dużej skuteczności świetlnej może dojść do uszkodzenia matrycy LED. Przyczyną uszkodzeń może też być wystąpienie przepięć w sieci zasilającej. Uszkodzenie matrycy może objawić się w postaci braku świecenia całej matrycy lub uszkodzeniem pojedynczych diod. Przy uszkodzeniu pojedynczych diod matryca świeci dalej, ale już nie uzyska się znamionowego strumienia świetlnego. Ponad to zmieni się bryła fotometryczna co z kolei ma wpływ na parametry oświetleniowe na drodze. Na fotografii 13 przedstawiono widok uszkodzonej matrycy LED w oprawie oświetlenia drogowego w instalacji autonomicznej.

Fot. 11. *Widok uszkodzonej matrycy LED (fotografia własna)*

8. Podsumowanie

Każda instalacja oświetleniowa w trakcie normalnej eksploatacji podlega nieuchronnemu procesowi degradacji. Dla zapewnienia jej prawidłowej pracy w trakcie całego okresu użytkowania muszą być wykonywane czynności konserwacyjne. Czynności konserwacyjne powinny być przewidziane już na etapie projektowania instalacji i powinny być znane użytkownikowi odpowiedzialnemu na jej eksploatację. Zaniedbanie czynności konserwacyjnych przez użytkownika instalacji prowadzi do pogorszenia warunków oświetleniowych na drodze, a tym samym stwarza potencjalne niebezpieczeństwo w ruchu drogowym. Ze względu na trudne warunki pracy instalacji o obecność w jej pobliżu osób postronnych ważne jest dbanie o ochronę przeciwporażeniową oraz zapobieganie zagrożeniom w postaci spadających na ziemię całych opraw lub ich części składowych np. kloszów. Dobrym zwyczajem byłoby stworzenie instrukcji konserwacji danej instalacji na podstawie wiedzy inżynierskiej i doświadczeń eksploatacyjnych.

Bibliografia

[1] Małgorzata GÓRCZEWSKA, Przemysław SKRZYPCZAK, Dariusz CZYŻEWSKI „WSPÓŁCZYNNIK UTRZYMANIAW OŚWIETLENIU DRÓG OPRAWAMI LED”, Electrical Engineering, No 92, 2017, DOI 10.21008/j.1897-0737.2017.92.0022

[2] PN–EN 13201–1:2016–02 Oświetlenie dróg – Część 1: Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia.

[3] PN–EN 13201–2:2016–03 Oświetlenie dróg Część 2: Wymagania eksploatacyjne.

[4] PN–EN 13201–3:2016–03 Oświetlenie dróg – Część 3: Obliczenia parametrów oświetleniowych.

[5] PN–EN 13201–4:2016–03 Oświetlenie dróg – Część 4: Metody pomiaru efektywności oświetlenia.

[6] PN–EN 13201–5:2016–03 Oświetlenie dróg – Część 5: Wskaźniki efektywności energetycznej.

PRZEGLĄD WYMAGAŃ NORMALIZACYJNYCH DLA OŚWIETLENIA DROGOWEGO W STANACH ZJEDNOCZONYCH AMERYKI

Dariusz Czyżewski
Politechnika Warszawska

Oświetlenie drogowe jest bardzo istotnym działem techniki świetlnej. Zapewnia ono wszystkim użytkownikom dróg zarówno komfort, jak i bezpieczeństwo w porze nocnej. Stąd właściwie zaprojektowane i wykonane oświetlenie drogowe nie jest tylko dobra wola danego inwestora, ale ze względu na bezpieczeństwo to wręcz konieczność. Potwierdzają to liczne badania naukowe, gdzie wskazuje się że w miejscach zastosowania oświetlenia drogowego spadała liczba wypadków i kolizji drogowych.

W Polsce aktualnie zbiór najnowszych wskazań technicznych odnośnie oświetlenia drogowego reguluje polska norma z 2016 roku. Pierwsza część przedmiotowej normy to CEN/TR 13201-1:2016 „Wybór klas oświetlenia” jest Raportem Technicznym. Cześć ta pozwala na wybór klas oświetlenia. Główny trzon normy PN-EN 13201:2016 stanowią cztery części: części 2 „Wymagania oświetleniowe”, 3 „Obliczenia parametrów oświetleniowych”, cześć 4 „Metody pomiaru efektywności oświetlenia” i części 5 „Wskaźniki efektywności energetycznej”. Norma ta jest podstawą projektowania oświetlenia drogowego w Polsce.

W Stanach Zjednoczonych Ameryki (USA) normy techniczne opracowywane są przez pozarządową instytucję ANSI (ang. American National Standards Institute). Amerykańska norma dla oświetlenia drogowego reguluje norma ANSI/IES RP-8-18 (ang. Recommended Practice for Lighting Roadway and Parking Facilities), która została opracowana przez IES (ang. Illuminating Engineering Society) w porozumieniu z ANSI. Illuminating Engineering Society to Amerykańska organizacja, która zrzesza specjalistów z zakresu oświetlenia, głównie z USA, Kanady i Meksyku. Zajmuje się publikacjom norm amerykańskich, poradników oraz artykułów, o szeroko pojętej tematyce oświetlenia.

W amerykańskiej normie ANSI/IES RP-8-18 (ang. „Recommended practice for design and maintainance various sections of roadway and parking facility lighting”) rozdzielono wymagania dla oświetlenia ulicznego (ang. Street lighting) oraz oświetlenia dróg szybkiego ruchu (ang. Highway lighting). Oświetlenie dróg szybkiego ruchu, dotyczy autostrad i dróg ekspresowych o ograniczonym dostępie, ruch pieszych, rowerzystów. Dodatkowo parkowanie pojazdów jest zabronione.

Wymagania oświetleniowe dla dróg szybkiego ruchu różnią się zasadniczo od wymagań europejskich. Zestawienie wymagań dla dróg szybkiego ruchu zawarto w tabeli 1.

Tabela 1. *Zestawienie wymagań dla dróg szybkiego ruchu na podstawie ANSI/IES RP-8-18*

Klasa drogi	Średnia luminancja L_{avg} (cd/m2)	Współczynnik średniej równomierności L_{avg}/L_{min}	Współczynnik maksymalnej równomierności L_{max}/L_{avg}	Współczynnik maksymalnej luminancji zamglenia $L_{v,max}/L_{avg}$
Freeway Class A	0,6	3,5	6	0,3
Freeway Class B	0,4	3,5	6	0,3
Expressway	1	3	5	0,3

Gdzie:
Lavg – średnia luminancja nawierzchni drogi (cd/m2);
Lavg/Lmin – współczynnik średniej równomierności;
Lmax/Lmin - współczynnik maksymalnej równomierności;
Lv,max/Lavg - współczynnik maksymalnej luminancji zamglenia;
Lmin – minimalna luminancja nawierzchni drogi (cd/m2);
Lv,max – maksymalna luminancja zamglenia (cd/m2).

Dla pozostałych dróg wymagania również są odmienne niż w Europie. Zestawienie wymagań oświetleniowych dla poszczególnych klas oświetlenia ulicznego, zgodnie ANSI/IES RP-8-18, zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. *Zestawienie wymagań dla innych klas dróg na podstawie ANSI/IES RP-8-18*

Klasa drogi	Aktywność pieszych	Średnia luminancja L_{avg} (cd/m^2)	Średni wskaźnik równomierności L_{avg}/L_{min}	Maksymalny wskaźnik równomierności L_{max}/L_{avg}	Maksymalny wskaźnik luminancji zamglenia $L_{v,max}/L_{avg}$
Główna ulica	Wysoka	1,2	3	5	0,3
	Średnia	0,9	3	5	0,3
	Niska	0,6	3,5	6	0,3
Droga dystrybucyjna lub zbiorcza	Wysoka	0,8	3	5	0,4
	Średnia	0,6	3,5	6	0,4
	Niska	0,4	4	8	0,4
Lokalna ulica	Wysoka	0,6	6	10	0,4
	Średnia	0,5	6	10	0,4
	Niska	0,3	6	10	0,4

Analiza zestawionych wymagań w tabeli 1 i tabeli 2 jasno wskazuje, że oświetlenie dróg w USA jest znaczniej bardziej energooszczędne niż w Europie. Szczególnie widać to na przykładzie autostrad i dróg szybkiego ruchu. W wymaganiach europejskich właśnie dla tych dróg przeznaczone są najwyższe wymagania oświetleniowe, gdzie na przykład średnia luminancja jezdni jest na poziomie 1,5-2 cd/m^2.

Dalsze prace badawcze będą poświęcone analizie porównawczej konkretnych rozwiązań oświetlenia drogowego na podstawie wymagań europejskich oraz amerykańskich.