

Świetlówka liniowa VS LED cz.1

Obecnie przeżywamy rozwój nowej technologii LED. Zalewani jesteśmy różnymi propozycjami wymiany istniejącej instalacji oświetleniowej na zupełnie nową, energooszczędną, ekologiczną wydajną i coraz tańszą technologię. Obiecuje się nam fantastyczne parametry, krótkie czasy zwrotów, praktyczną niezniszczalność, kosmiczne zyski, komfort oświetlenia itd. Czy jednak jest tak na pewno? Czy najbardziej popularne produkty, które sprzedają się jak ciepłe bułeczki dają nam to, co nam obiecano? Postanowiłem się przyjrzeć produktowi, który podbija nie tylko nasz rodzimy rynek. Mowa tu o „świetlówkach” LED, czyli bezpośrednich zamiennikach świetlówek liniowych.

U większość producentów lub importerów technologii LED możemy spotkać właśnie takie rozwiązania. Czy rzeczywiście są one aż tak dobre jak jest to przedstawiane? Czy nie jest to czasami tylko tzw. papka marketingowa? Skoro jest to tak popularny produkt, który znajdują się w ofercie tak poważnych marek jak Philips czy Osram to powinien spełniać nasze oczekiwania dotyczące zasadności tego typu rozwiązania. Przygotowując się niedawno do audytu oświetleniowego w jednym z wielkopowierzchniowych sklepów przyjrzałem się dokładnie tej technologii. Nie ukrywam, że podchodziłem do tematu bardzo sceptycznie pomimo dookólnego optymizmu danych sprzedażowych. Zapraszam do krótkiej analizy i przesłania wniosków, które mi się nasunęły.

Przyjrzyjmy się zatem obecnie spotykanym rozwiązaniom na rynku. Pierwsze „świetlówki” LED wykonywane były w technologii diod przewlekanych DIP (Dual In Package) 3 mm i 5 mm.



Rys. 1. „Świetlówka” LED w technologii diod przewlekanych DIP

Diody DIP charakteryzują się względnie dużą sprawnością okupioną relatywnie krótką trwałością ze względu na brak możliwości odprowadzenia ciepła i niskimi parametrami jakości światła (niski współczynnik oddawania barw CRI<80) przy bardzo korzystnej cenie.

Poniższy wykres pokazuje jak spada strumień w funkcji czasu dla różnych technologii, w tym LED DIP.

Typical Lumen Maintenance Values



Rys. 2. Spadek strumienia w czasie (GVN Technologies)

Jak pokazuje fioletowa linia odnosząca się do technologii LED DIP 5mm strumień spada w zastraszającym tempie. Już po 7 tys. godzin może on spaść do poziomu 50%. Jest to czas świecenia około 1,5 roku w sklepie wielkopowierzchniowym lub większym zakładzie przemysłowym. Wartość absolutnie nieakceptowalna. Można oczywiście podawać trwałość 30 000 – 50 000 godzin, bo taki LED ma szansę „świecić” przez ten czas, jednak wartość strumienia pod koniec życia produktu będzie znikoma. Dodatkową wadą jest często ręczny montaż diod typu DIP objawiający się zawodnością i błędami produkcyjnymi.

Najbardziej popularną technologią stosowaną w „świłtłówkach” LED jest technologia SMD (Surface Mounted Devices) lub inaczej SMT (Surface Mount Technology), czyli montażu powierzchniowego elementów elektronicznych. W odróżnieniu od diod DIP montaż dokonywany jest maszynowo.



Rys. 3. „Świłtłówka” LED w technologii SMD

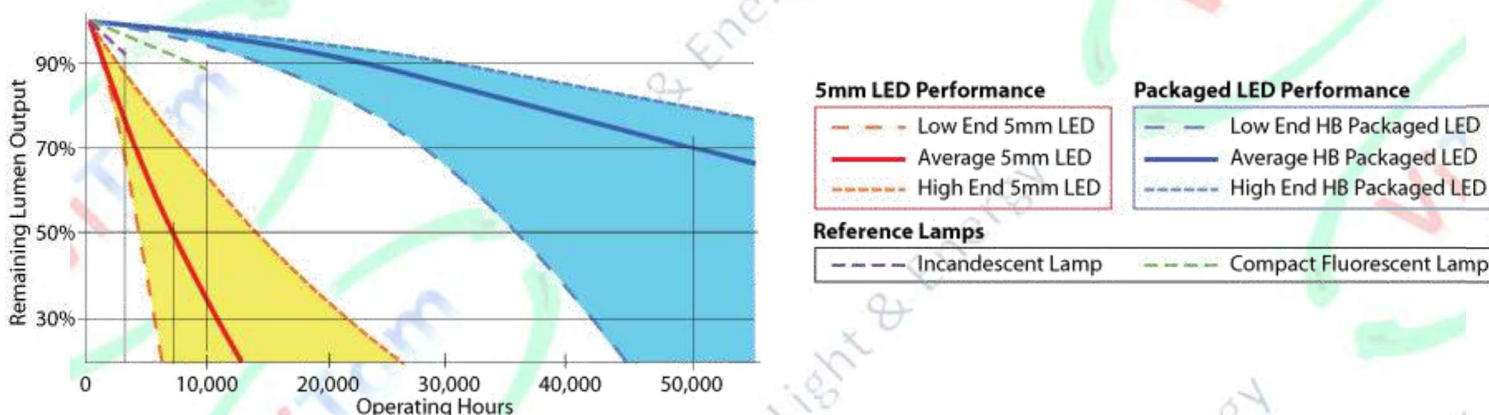
Stosowane są różne typy diod SMD. Najpopularniejsze to 3528 (3,5 mm x 2,8 mm), 5050 (5,0 mm x 5,0 mm), 5630 (5,6 mm x 3,0 mm), 3020 (3,0 mm x 2,0 mm) oraz 3014 (3,0 mm x 1,4 mm).



Rys. 4. Typy diod SMD

Diody różnią się nie tylko wymiarami, ale również parametrami. W zależności od typu, temperatury barwowej i współczynnika oddawania barw CRI ich sprawność wynosi 2-7,5 lm/W. Rysunek poniżej porównuje spadek strumienia diod SMD z diodami DIP.

LED „Lamp” Lumen Loss and Service Life



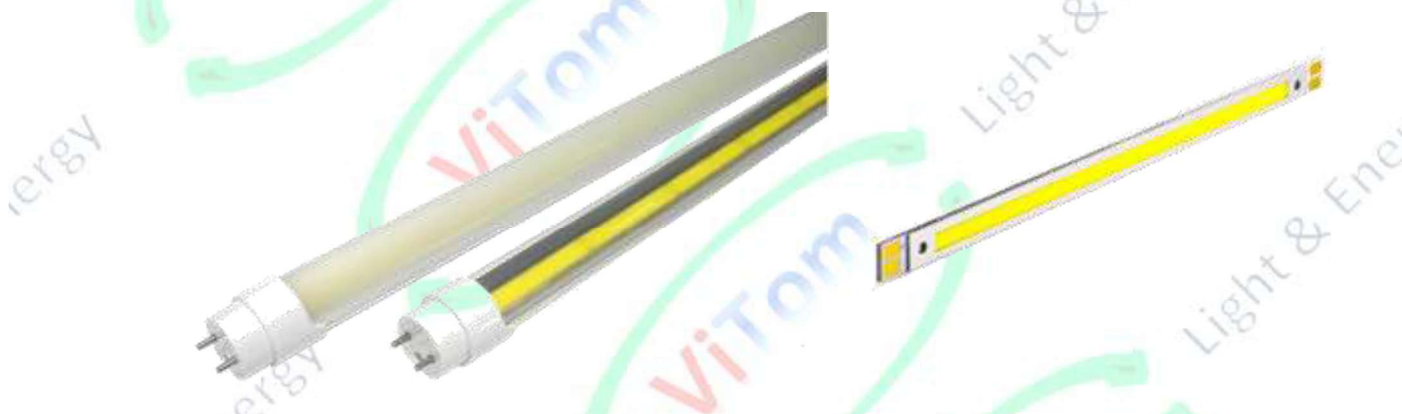
Rys. 5. Porównanie spadku strumienia diod typu SMD i DIP

Rzadziej spotykanym rozwiązaniem jest stosowanie diod mocy (POWER LED). Wiąże się to przede wszystkim z wysoką ceną oraz dużą luminancją poszczególnych chipów.



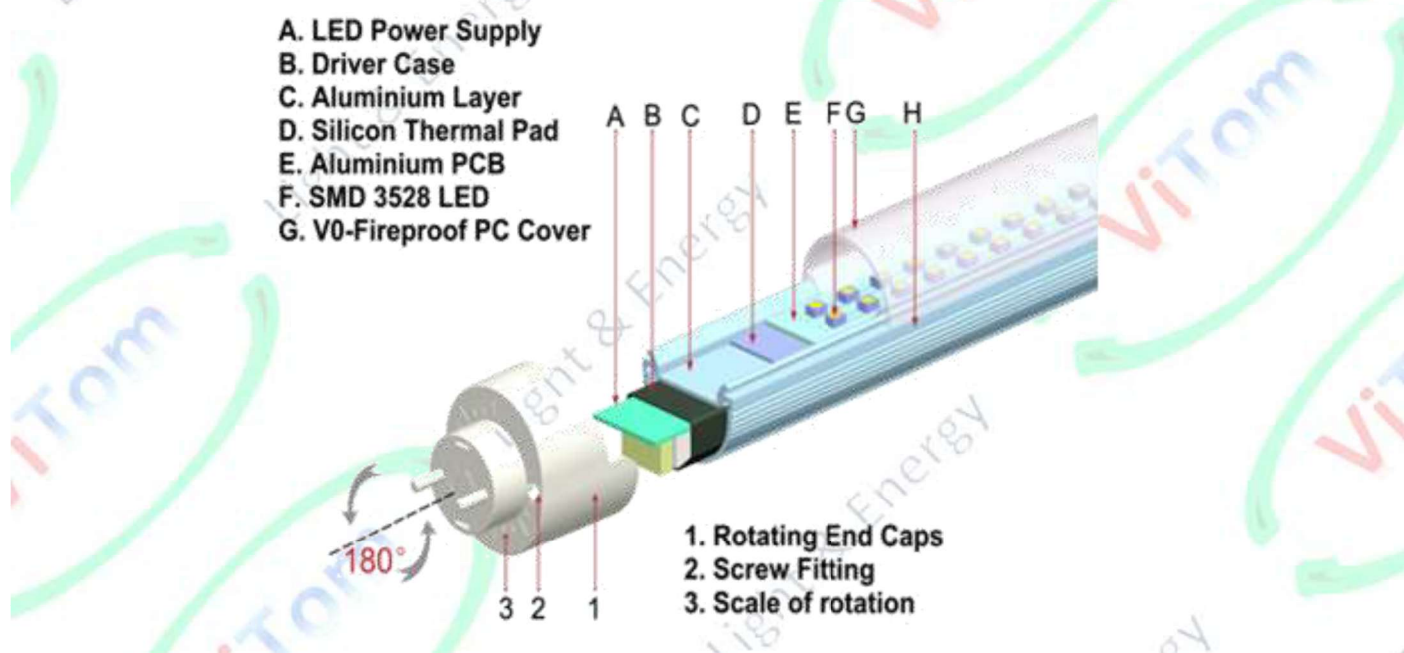
Rys. 6. „Świetlówka” LED bazująca na diodach mocy

Jeszcze inne rzadko spotykane rozwiązania oparte są na diodach COB (Chip-on-Board), czyli modułu LED składającego się z wielu chipów na większej powierzchni.



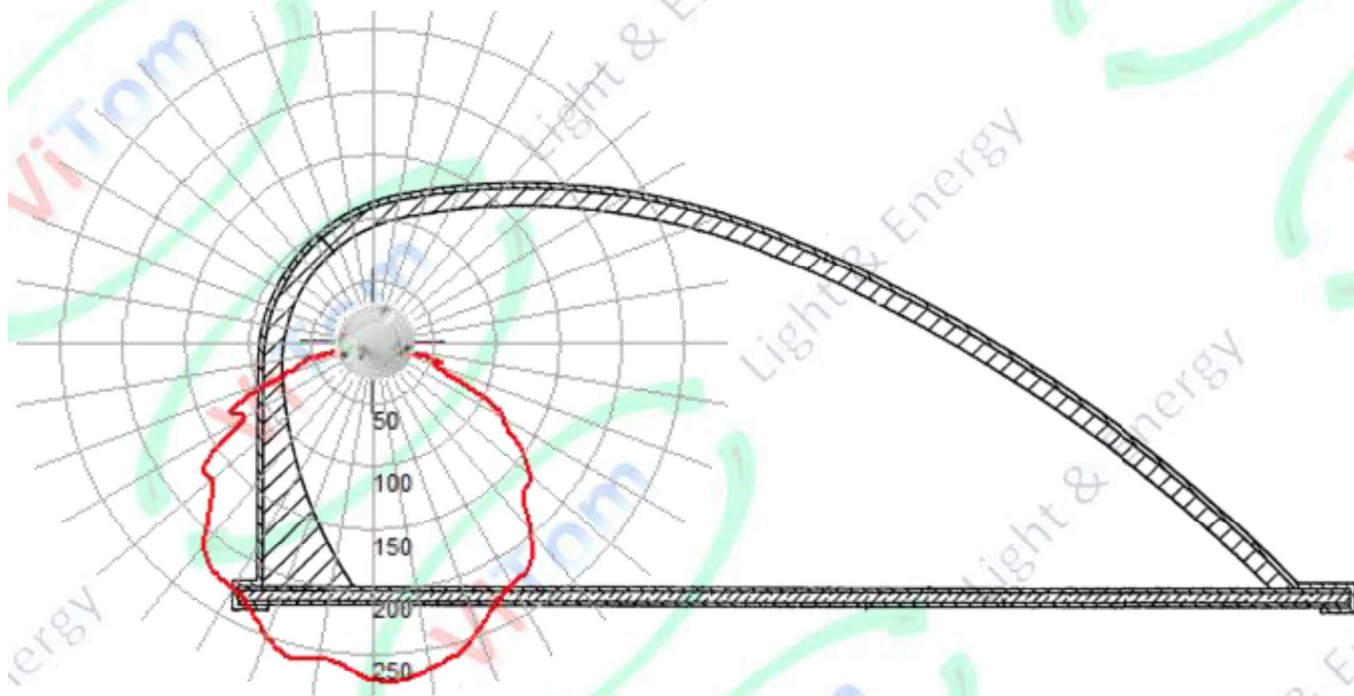
Rys. 7. „Świetlówka” LED oparta na module COB

Ze względu na potrzebę odprowadzania ciepła, konieczność umieszczenia układu zasilającego i ograniczone wymiary budowa „świetlówki” LED jest praktycznie podobna u wszystkich producentów.



Rys. 8. Budowa typowej „świłtłłwki” LED (Lumenique – inside Solid-State Lighting)

Coraz częściej spotyka się obrotowy trzonek umoŹliwiający ukierunkowanie światła. Jest to szczególnie wskazane ze względu na emisję światła tylko w określonej półprzestrzeń. Brak obrotowego trzonka moŹe spowodować, Źe w niektórych typach opraw Źródło moŹe być źle ukierunkowane. Jest to uzależnione od pozycji gniazda. Problem ten dotyczy w szczególności opraw asymetrycznych.



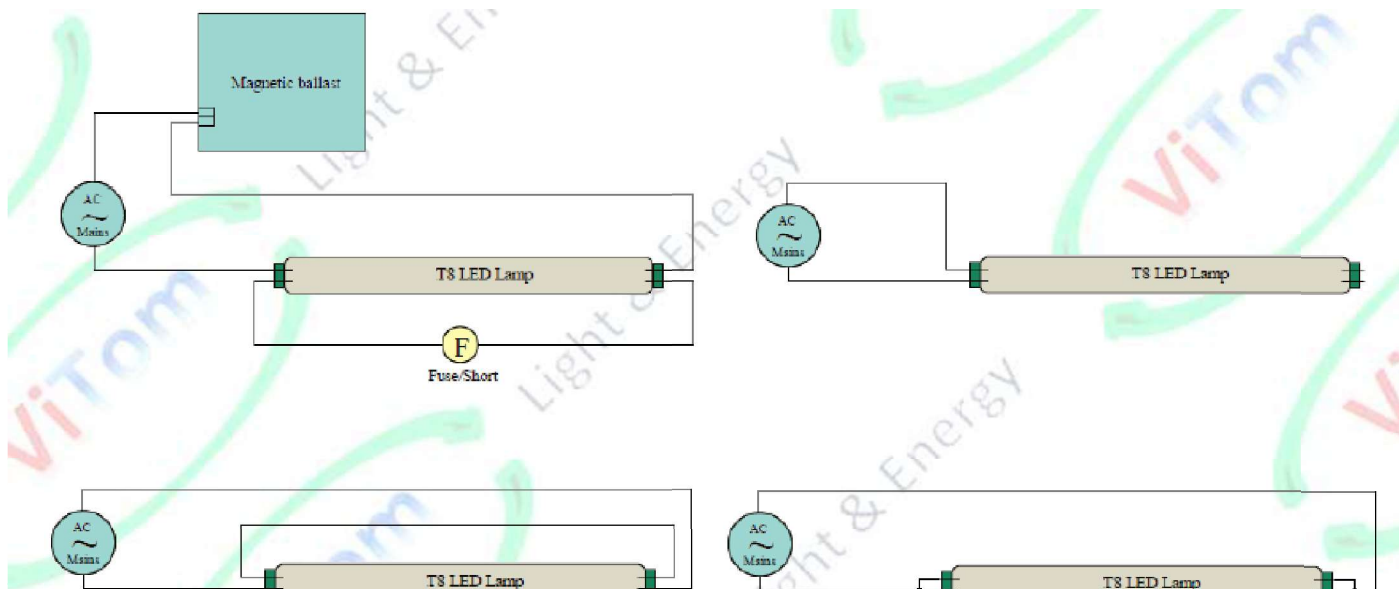
Rys. 9. Umieszczenie i pozycja „świłtłłwki” LED bez obrotowego trzonka w oprawie asymetrycznej

Taka pozycja Źródła i jego ukierunkowanie światła dyskredytuje to rozwiązanie do tego typu zastosowań. W powyŹszym przypadku dochodzi do znacznej straty strumienia świetlnego emitowanego w Źądanym kierunku.



Rys. 10. „Świłtłłwka” LED z obrotowym trzonkiem i blokadą pozycji.

JeŹeli chodzi o sposób wymiany tradycyjnych Źwiłtłłwek na Źródła LED to zależy on zarówno od systemu zasilania Źwiłtłłwki (układ konwencjonalny, statecznik elektroniczny) jak i od budowy Źródła LED. Większość systemów wymaga ingerencji w okablowanie oprawy, co nie pozostaje bez znaczenia w przypadku instalacji oŹwietleniowej będącej na gwarancji. WiąŹe się to oczywiŹcie z jej utratą.



Rys. 11. Przykłady połączeń „świłkówki” LED

Na rynku możemy spotkać źródła LED z trzema rodzajami przesłon: przezroczystą, ryflowaną (pryzmatyczną) oraz matową (mleczną).



Rys. 12. Różne rodzaje przesłon stosowane w „świłkówkach” LED (matowa, przezroczysta, pryzmatyczna)

Oczywiście w zależności od rodzaju materiału źródła te charakteryzują różne parametry świetlne (strumienie). Poniżej przedstawiam typowe zakresy strumieni w zależności od długości źródła, barwy światła i przesłony. Z założenia współczynnik oddawania barw $CRI \geq 80 < 90$, bo tylko takie źródła można uznać za pełnowartościowy zamiennik trójpasmej świetłkwi.

| Zamiennik mocy [W] | Długość [cm] | Moc źródła LED [W] | Temperatura barwowa [°K] | Strumień świetlny [lm] | | | Strumień świetlny świetłkwi [lm] |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|----------------------------------|
| | | | | Przesłona przezroczysta | Przesłona pryzmatyczna | Przesłona matowa | |
| 18 | 60 | 8 ÷ 11 | 3000 | 700 ÷ 860 | 650 ÷ 810 | 540 ÷ 750 | 1350 |
| | | | 4000 | 730 ÷ 900 | 610 ÷ 850 | 560 ÷ 810 | 1350 |
| | | | 6500 | 790 ÷ 970 | 660 ÷ 920 | 600 ÷ 870 | 1300 |
| 30 | 90 | 12 ÷ 17 | 3000 | 1050 ÷ 1290 | 980 ÷ 1210 | 810 ÷ 1120 | 2400 |
| | | | 4000 | 1100 ÷ 1350 | 910 ÷ 1270 | 840 ÷ 1210 | 2400 |
| | | | 6500 | 1180 ÷ 1450 | 990 ÷ 1380 | 900 ÷ 1300 | 2300 |
| 36 | 120 | 16 ÷ 22 | 3000 | 1400 ÷ 1720 | 1300 ÷ 1620 | 1080 ÷ 1500 | 3350 |
| | | | 4000 | 1460 ÷ 1800 | 1220 ÷ 1700 | 1120 ÷ 1620 | 3350 |
| | | | 6500 | 1580 ÷ 1940 | 1320 ÷ 1840 | 1200 ÷ 1740 | 3250 |
| 58 | 150 | 20 ÷ 28 | 3000 | 1750 ÷ 2150 | 1500 ÷ 2020 | 1350 ÷ 1870 | 5240 |
| | | | 4000 | 1830 ÷ 2250 | 1520 ÷ 2120 | 1400 ÷ 2020 | 5240 |
| | | | 6500 | 1970 ÷ 2420 | 1650 ÷ 2300 | 1500 ÷ 2170 | 5000 |

Rys. 13. Wykaz parametrów popularnych „światłówek” LED na dzień 04.2013 r.

Powszechnie „światłówka” LED została uznana przez rynek za bezpośredni zamiennik świetlówek. Producenci, dystrybutorzy i importerzy obiecują nam poprawę parametrów świetlnych istniejącego rozwiązania i zmniejszenie zużycia energii elektrycznej nawet o 85%! Czytając takie informacje można odnieść wrażenie, że jest to idealne rozwiązanie, tym bardziej, że szacowany zwrot nakładu inwestycji oscyluje w okolicy 2 lat. Zaczniemy więc od oszczędności energii elektrycznej. Przeanalizujemy przykład najpopularniejszej świetlówki stosowanej w przemyśle, handlu i produkcji o mocy 58W i temperaturze barwowej 4000 K (58W/840). Przyjmijmy za wiarygodne dane jednego z producentów proponującego zamiennik LED o mocy 20W i strumieniu 2250 lm, co wydaje się być rewelacyjnymi parametrami wskazującymi na skuteczność świetlną układu 112,5 lm/W! Zakładając najgorszy z możliwych układów zasilania świetlówki ze stabilizacją poprzez dławik elektromagnetyczny o stratności 20%* sprawność takiego źródła wynosi 75,3 lm/W. Oszczędność energii elektrycznej to 71%. Wygląda zatem, że to co obiecują producenci jest całkiem realne!

* Spotkałem już wyliczenia wykazujące 50% stratności na dławiku elektromagnetycznym. Wszystko po to, aby wykazać założone oszczędności i maksymalnie skrócić czas zwrotu z inwestycji (oczywiście tylko na papierze).

Analizując wartości strumienia źródła LED nasuwa się pytanie, czy przy strumieniu stanowiącym 43% strumienia emitowanego przez tradycyjną świetlówkę uzyskamy wzrost natężenia oświetlenia lub przynajmniej taką samą wartość jak przy istniejącym rozwiązaniu. Większość producentów motywuje to emisją zmniejszonego strumienia w jedną półprzestrzeń „światłówki” LED, a dokładniej mówiąc w kąt 120° (typowy kąt dla diody SMD). Bazując tylko na tym założeniu można uznać, że 1/3 pełnego kąta to strumień 1747 lm dla świetlówki 58W, a więc mniej niż z omawianego źródła LED.

Idąc tym tropem postanowiłem przyjrzeć się temu rozwiązaniu na potrzeby audytu sklepu wielkopowierzchniowego. Aby mieć pewność co do słuszności rozwiązania postanowiłem dokonać symulacji oświetlenia dla istniejącego już zmodernizowanego obiektu na „światłówkach” LED. Korzystając z programu Dialux zasymulowałem stan obecny oświetlenia opartego na linii świetlnej 2x58W. Z bazy danych zaimportowałem źródło LED do opraw. Okazało się, że Dialux pobiera tylko informacje dotyczące strumienia świetlnego źródła i mocy, a nie uwzględnia krzywej światłości. W związku z tym uzyskałem o ok. 57% mniejsze natężenie oświetlenia proporcjonalnie do wartości dla obu źródeł. Postanowiłem przeprowadzić symulację uwzględniając krzywą światłości źródła LED zakładając, że wpływ odbłyśnika oprawy liniowej jest znikomy. Przyjąłem współczynnik zmniejszenia 85% z uwagi na to, iż instalacja ma zaledwie 1 rok. Uzyskałem następujące wartości:

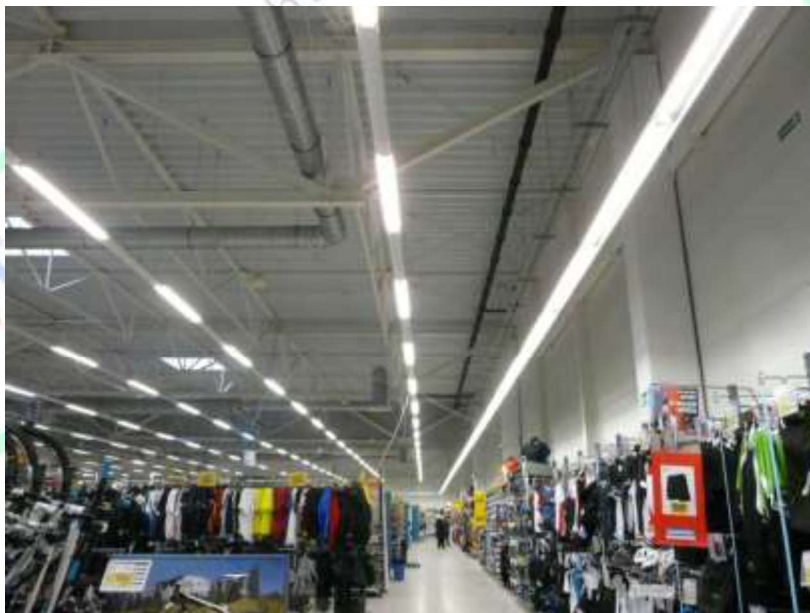
| LINIA ŚWIETLNA 2x58W | | | | | | "ŚWIETŁÓWKA" LED 2x20W | | | | | |
|--|------------|--|----------------------------|---------------------|-----------------|---|------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------|
| Wysokość pomieszczenia: 8.000 m, Wysokość montażu: 4.800 m, Współczynnik konserwacji: 0.85 | | | Wartości Lux, Skala 1:1284 | | | Wysokość pomieszczenia: 8.000 m, Wysokość montażu: 4.800 m, Współczynnik konserwacji: 0.85 | | | Wartości Lux, Skala 1:1284 | | |
| Powierzchnia | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m | Powierzchnia | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
| Płaszczyzna pracy | / | 1234 | 643 | 1310 | 0.522 | Płaszczyzna pracy | / | 716 | 411 | 764 | 0.575 |
| Podłoga | 20 | 1202 | 525 | 1311 | 0.436 | Podłoga | 20 | 896 | 327 | 764 | 0.470 |
| Sufit | 70 | 234 | 150 | 253 | 0.641 | Sufit | 70 | 138 | 65 | 150 | 0.687 |
| Ściany (4) | 50 | 411 | 154 | 1328 | | Ściany (4) | 50 | 238 | 97 | 638 | |
| Płaszczyzna pracy: Wysokość: 0.850 m Siatka: 128 x 128 Punkty Margines: 1.000 m | | | | | | Płaszczyzna pracy: Wysokość: 0.850 m Siatka: 128 x 128 Punkty Margines: 1.000 m | | | | | |
| Wykaz opraw | | | | | | Wykaz opraw | | | | | |
| Nr. | Ilość | Etykieta (Czynnik korekcyjny) | Φ (Oprawa) [lm] | Φ (Lampy) [lm] | P [W] | Nr. | Ilość | Etykieta (Czynnik korekcyjny) | Φ (Oprawa) [lm] | Φ (Lampy) [lm] | P [W] |
| 1 | 1690 | PHILIPS TTX150 581 2xTL-D58W-HFP (1.000) | 7755 | 10400 | 110.0 | 1 | 3380 | ATG (Typ 1)* (1.000) | 2250 | 2250 | 20.0 |
| | | | W sumie: 13106288 | W sumie: 17711200 | 135900.0 | Zwane dane techniczne | | | W sumie: 7605045 | W sumie: 7605000 | 57600.0 |
| Specyfikacja mocy przyłączeniowej: 13.58 W/m ² = 1.51 W/m ² 100 lx (Powierzchnia podstawowa: 10000.00 m ²) | | | | | | Specyfikacja mocy przyłączeniowej: 6.78 W/m ² = 0.94 W/m ² 100 lx (Powierzchnia podstawowa: 10000.00 m ²) | | | | | |

Rys. 14. Porównanie wyników obliczeń dla linii świetlnej opartej na świetłówkach 2x58W i linii LED 2x20W

- natężenie oświetlenia mniejsze dla rozwiązania LED o 42%,

- pobór mocy mniejszy dla rozwiązania LED o 64%.

Całość wyników została potwierdzona pomiarami na obiekcie. Natężenie oświetlenia wyniosło średnio dla przestrzeni otwartej 650 lx, a więc o 9% mniej niż wynika to z wyliczeń. Prawdopodobną przyczyną jest częściowa strata strumienia na odbłyśniku linii świetlnej, który w niewielkim stopniu uczestniczy w rozsyle światła. Wartość zmierzoną 650 lx należy zatem przyjąć za wiarygodną. Daje to nam natężenie oświetlenia niższe o 47% niż byłoby w przypadku zastosowania tradycyjnych świetlówek trójspasmowych. Potwierdzić zatem można zdecydowanie mniejsze zużycie energii jednak okupione znacznie niższym natężeniem oświetlenia.

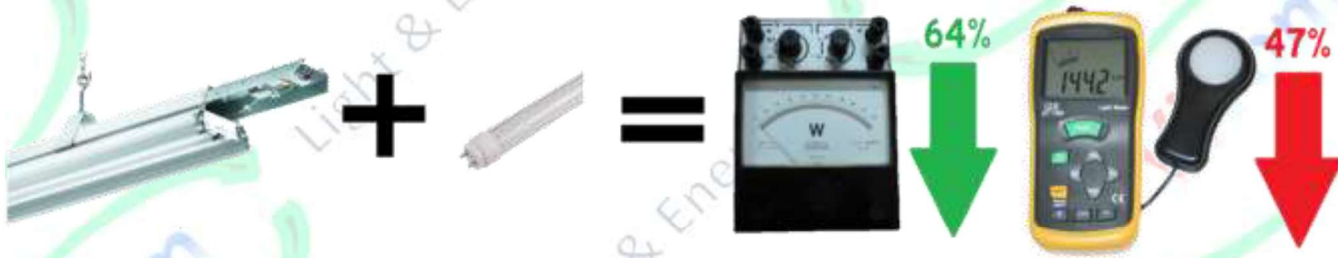


Rys. 15. Przykład hali sprzedaży ze świetłówkowymi liniami świetlnymi

Sprawność linii świetlnej wg. katalogu wynosi $LOR=0.74$. W związku z tym sumaryczny strumień wysyłany przez linię na dwie świetłówki 58W to $(2 \times 5240 \text{ lm}) \times 0.74 = 7755 \text{ lm}$, a dla „świetlówek” LED wynosi $2 \times 2250 \text{ lm} = 4500 \text{ lm}$ i pomniejszony o nieznaczny udział odbłyśnika stanowi 53% strumienia konwencjonalnej linii świetlnej, co pokrywa się z otrzymanymi wynikami.



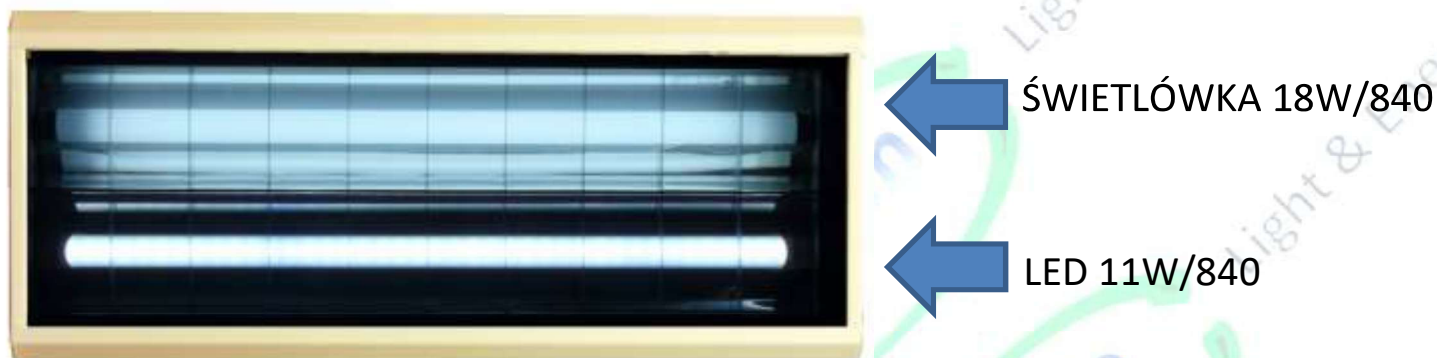
Rys. 16. Porównanie strumieni linii świetlnej w rozwiązaniu ze świetłówkami i źródłami LED dla linii świetlnej



Rys. 17. Podsumowanie aplikacji „świetlówek” LED w linii świetlnej

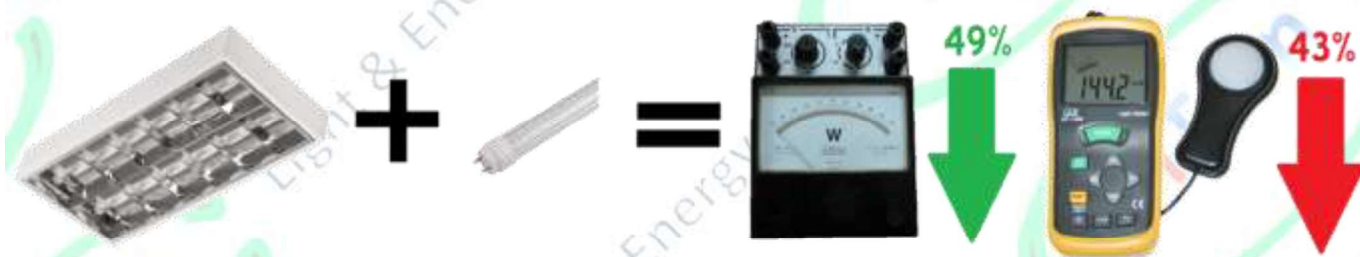
Aby sprawdzić rozwiązania „świetlówek” LED w różnych aplikacjach dokonałem pomiarów dla oprawy rastrowej na świetłówki 18W z rastrem parabolicznym. Sprawność oprawy wynosi $LOR = 0.59$. Strumień świetlny świetłówki 18W/840 wynosi 1350 lm. Badane źródło LED ma 11W, strumień świetlny 700 lm i matową przesłonę, czyli wyglądem najbardziej przypomina klasyczną świetłówkę. Jest to typ oprawy, w której, jak twierdzą producenci, źródło LED daje lepsze rezultaty od klasycznej świetłówki. Aby nie porównywać się do najlepszego rozwiązania ze statecznikiem elektronicznym skorzystałem z układu świetłówki z konwencjonalnym dławikiem elektromagnetycznym.

Na pierwszy rzut oka „świetłówka” LED wydaje się świecić „jaśniej”. Wynika to z wyższej luminancji tego źródła i może powodować większe olśnienie, co niezaprzeczalnie jest wadą.



Rys. 18. Porównanie świetłówki ze źródłem LED w oprawie rastrowej 18W

Jak widać na powyższym zdjęciu w przypadku źródła LED odbłyśnik praktycznie nie uczestniczy w rozsyłu światła. Jak zatem wyglądają wyniki?



Rys. 19. Podsumowanie aplikacji „świetlówek” LED w oprawie rastrowej

Jak widać ponownie mamy do czynienia ze znacznym spadkiem natężenia oświetlenia dorównującemu obniżeniu mocy pobieranej przez oprawę. Skąd tak duży spadek natężenia skoro źródło ma 700 lm, odbłyśnik w znikomym stopniu uczestniczy w rozsyłu, a świetłówka po uwzględnieniu sprawności oprawy daje 797 lm? Jeśli przyjmujemy, że producent podaje prawdziwe dane, wynikać to może z klosza matowego, który zmienia rozsył chipu LED ze 120° na większy i zmniejsza światłość w kierunku pomiaru natężenia oświetlenia. Dodatkowo brak uczestnictwa w całym procesie rozsyłu odbłyśnika dedykowanego do ukierunkowywania strumienia właśnie

w przestrzeń bezpośrednio pod oprawą może decydować o tak znacznym spadku natężenia oświetlenia. Tak czy inaczej wynik pomiaru to najlepszy wskaźnik do oceny tego rozwiązania.

Kolejnym typem oprawy, którą chciałbym poddać analizie jest oprawa szczelna (hermetyczna) stosowana najczęściej w garażach, parkingach, zakładach przemysłowych itp. Tym razem dokonam analizy teoretycznej na bazie oprawy wyposażonej fabrycznie w źródła LED 2x25W i jej odpowiednika o tej samej konstrukcji wyposażonego w świetlówki 2x58W.

Zastosowane źródło LED ma mleczną przesłonę i strumień 1900 lm co stanowi 36% strumienia świetlówki 58W. Sprawność badanej oprawy szczelnej dla świetlówki wynosi $LOR = 0.67$, natomiast dla źródła LED $LOR = 0,91$ (bardzo wysoka, straty liczone praktycznie tylko na kloszu ryflowanym).

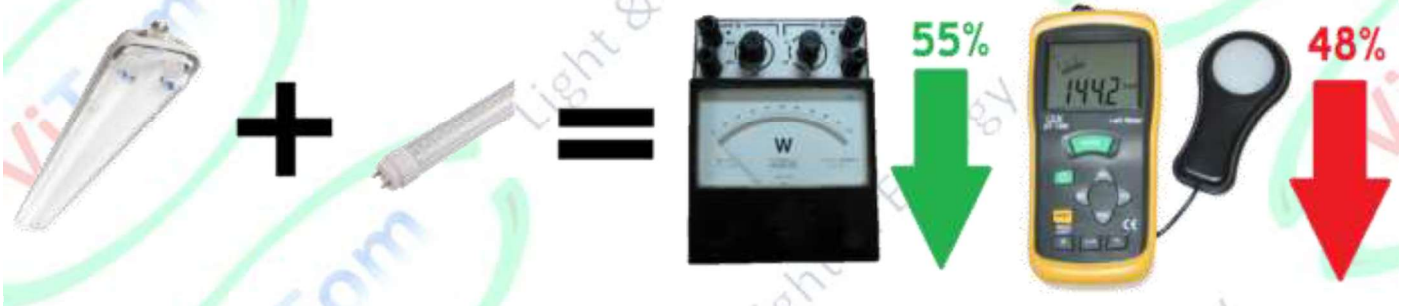


Rys. 20. Porównanie strumieni linii świetlnej w rozwiązaniu ze świetlówkami i źródłami LED dla oprawy szczelnej

| OPRAWA SZCZELNA 2x58W | | | | | | OPRAWA SZCZELNA 2x25W LED | | | | | |
|---|----------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|---|----------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|
| Wysokość pomieszczenia: 3.000 m, Wysokość montażu: 3.000 m, Współczynnik konserwacji: 0.85 | | | Wartości Lux, Skala 1:129 | | | Wysokość pomieszczenia: 3.000 m, Wysokość montażu: 3.000 m, Współczynnik konserwacji: 0.85 | | | Wartości Lux, Skala 1:129 | | |
| Powierzchnia | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m | Powierzchnia | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
| Plaszczyzna pracy | / | 1206 | 720 | 1428 | 0.597 | Plaszczyzna pracy | / | 624 | 352 | 744 | 0.563 |
| Podłoga | 20 | 1074 | 717 | 1303 | 0.667 | Podłoga | 20 | 560 | 341 | 675 | 0.608 |
| Sufit | 70 | 421 | 295 | 649 | 0.699 | Sufit | 70 | 187 | 148 | 268 | 0.788 |
| Ściany (4) | 50 | 842 | 506 | 1416 | / | Ściany (4) | 50 | 381 | 235 | 711 | / |
| Plaszczyzna pracy: | | | UGR | | | Plaszczyzna pracy: | | | UGR | | |
| Wysokość: | 0.850 m | Wzdłuż- | | W poprzek | do osi oświetlenia | Wysokość: | 0.850 m | Wzdłuż- | | W poprzek | do osi oświetlenia |
| Siatka: | 64 x 64 Punkty | Lewa ściana | 25 | 21 | | Siatka: | 64 x 64 Punkty | Lewa ściana | 22 | 19 | |
| Margines: | 0.000 m | Dolna ściana | 25 | 21 | | Margines: | 0.000 m | Dolna ściana | 22 | 19 | |
| (CIE, SHR = 0.25.) | | | | | | (CIE, SHR = 0.25.) | | | | | |
| Wykaz opraw | | | | | | Wykaz opraw | | | | | |
| Nr. | Ilość | Etykieta (Czynnik korekcyjny) | Φ (Oprawa) [lm] | Φ (Lampy) [lm] | P [W] | Nr. | Ilość | Etykieta (Czynnik korekcyjny) | Φ (Oprawa) [lm] | Φ (Lampy) [lm] | P [W] |
| 1 | 25 | PHILIPS TCW216 2xTL-D58W HFP (1.000) | 7022 | 10480 | 110.0 | 1 | 25 | PHILIPS BCW216 2xLT-GA25W/840 (1.000) | 3458 | 3800 | 50.0 |
| | | | W sumie: 175540 | W sumie: 262000 | 2750.0 | | | | W sumie: 86450 | W sumie: 95000 | 1250.0 |
| Specyfikacja mocy przyłączeniowej: 27.50 W/m ² = 2.28 W/m ² /100 lx (Powierzchnia podstawowa: 100.00 m ²) | | | | | | Specyfikacja mocy przyłączeniowej: 12.50 W/m ² = 2.00 W/m ² /100 lx (Powierzchnia podstawowa: 100.00 m ²) | | | | | |

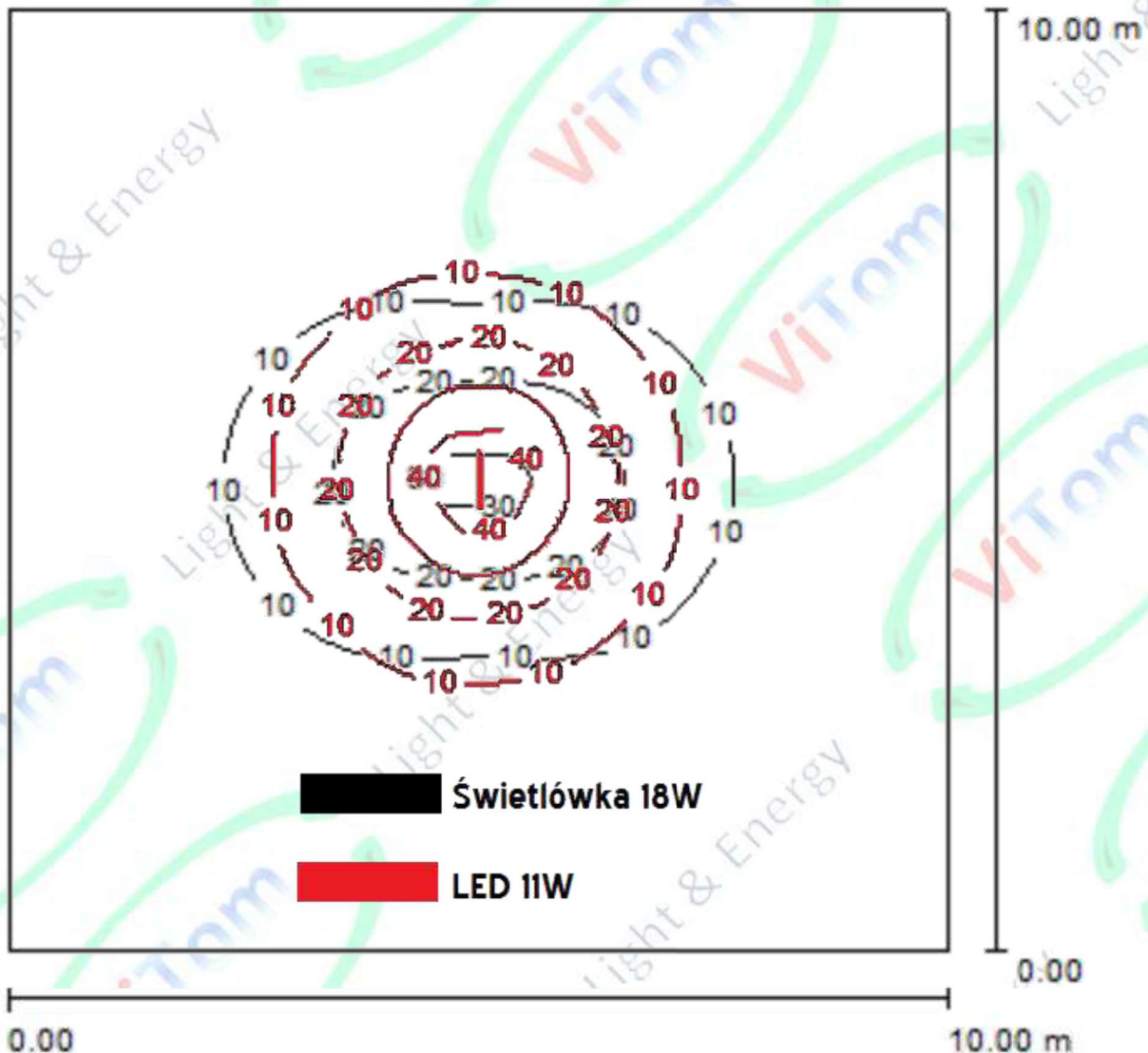
Rys. 21. Porównanie wyników obliczeń dla oprawy szczelnej opartej na świetłówkach 2x58W i źródłach LED 2x25W

Jak wynika z powyższego zestawienia natężenie oświetlenia jest mniejsze o 48% proporcjonalnie do strumienia wysyłanego z oprawy. Po raz kolejny mamy zmniejszenie poboru zużycia energii (o 55%) kosztem znacznie zmniejszonego natężenia oświetlenia.



Rys. 22. Podsumowanie aplikacji „świetlówek” LED w oprawie szczelnej

Ostatnią oprawą zdającą się rokować najlepiej do aplikacji „świetlówek” LED jest belka oświetleniowa bez odbłyśnika. Ponownie skorzystałem ze świetłówki 18W/840 (tym razem w układzie ze statecznikiem elektronicznym) i źródła LED z matową przesłoną 11W/840 700 lm. Dla prawidłowej analizy należy zapewnić znaczną przestrzeń nad belką oświetleniową, tak aby np. sufit nie pełnił roli niskosprawnego odbłyśnika (oprawa powinna być zwieszona). Sprawność takiej oprawy dla systemu świetłówkowego wynosi $LOR = 0.96$, a dla źródła LED można przyjąć $LOR = 1.0$ z uwagi na brak emisji strumienia w kierunku korpusu oprawy.

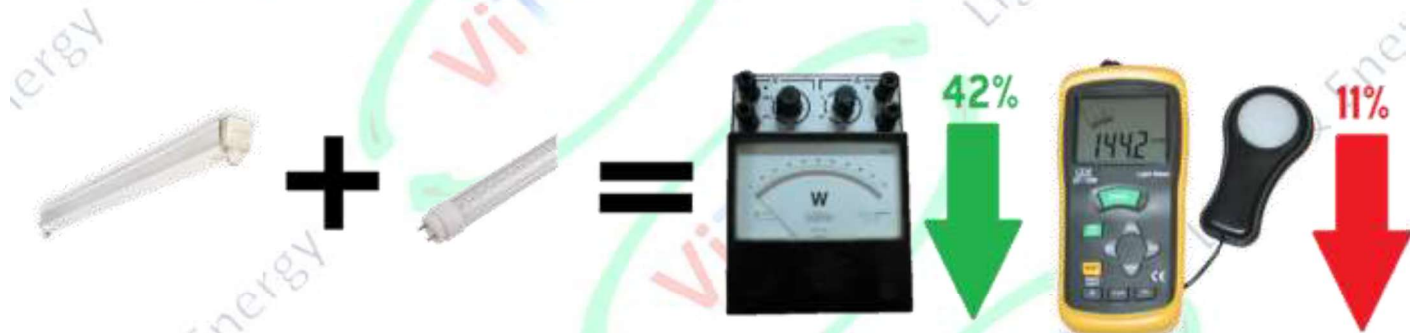


Rys. 23. Wizualizacja obliczeń dla belki świetlówkowej i źródła LED

Powyższy wykres zdaje się potwierdzać przeprowadzone pomiary. Wraz ze wzrostem odległości od oprawy w przypadku źródła LED w sposób wyraźny spada natężenie oświetlenia w stosunku do konwencjonalnej świetlówki. O ile natężenie oświetlenia bezpośrednio pod oprawą jest prawie identyczne w obu rozwiązaniach to w pewnej odległości od osi oprawy jest już na korzyść świetlówki.

| BELKA OŚWIETLENIOWA 1x18W | | | | | | ŹRÓDŁO LED 11W | | | | | |
|--|------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------|------------------|--|------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------|-------|
| Wysokość pomieszczenia: 10.000 m, Wysokość montażu: 3.000 m, Współczynnik konserwacji: 0.85 | | | Wartości Lux, Skala 1:129 | | | Wysokość pomieszczenia: 10.000 m, Wysokość montażu: 3.000 m, Współczynnik konserwacji: 0.85 | | | Wartości Lux, Skala 1:129 | | |
| Powierzchnia | ρ [%] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_{max} | | Powierzchnia | ρ [%] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_{max} | |
| Plaszczyzna pracy | / | 6.54 | 1.86 | 0.285 | | Plaszczyzna pracy | / | 5.83 | 0.66 | 0.113 | |
| Podłoga | 20 | 5.81 | 2.42 | 0.416 | | Podłoga | 20 | 5.41 | 0.98 | 0.181 | |
| Sufit | 70 | 1.46 | 1.13 | 0.770 | | Sufit | 70 | 0.46 | 0.39 | 0.861 | |
| Ściany (4) | 50 | 2.98 | 1.15 | 0.386 | | Ściany (4) | 50 | 0.74 | 0.33 | 0.441 | |
| Plaszczyzna pracy: Wysokość: 0.850 m Siatka: 128 x 128 Punkty Margines: 0.000 m | | | UGR | Wzdłuż- | W poprzek | Plaszczyzna pracy: Wysokość: 0.850 m Siatka: 128 x 128 Punkty Margines: 0.000 m | | | | | |
| | | | Lewa ściana | 25 | 20 | | | | | | |
| | | | Dolna ściana | 25 | 20 | | | | | | |
| | | | (CIE, SHR = 0.25.) | | | | | | | | |
| Wykaz opraw | | | | | | Wykaz opraw | | | | | |
| Nr. | Ilość | Etykieta (Czynnik korekcyjny) | Φ (Oprawa) [lm] | Φ (Lampy) [lm] | P [W] | Nr. | Ilość | Etykieta (Czynnik korekcyjny) | Φ (Oprawa) [lm] | Φ (Lampy) [lm] | P [W] |
| 1 | 1 | PHILIPS TMS022 1xTL-D18W/HFS (1.000) | 1296 | 1350 | 19.0 | 1 | 1 | ATG (Typ 1)* (1.000) | 700 | 700 | 11.0 |
| | | | W sumie: 1296 | W sumie: 1350 | 19.0 | *Zwane dane techniczne | | | W sumie: 700 | W sumie: 700 | 11.0 |
| Specyfikacja mocy przyłączeniowej: 0.19 W/m ² = 2.91 W/m ² /100 lx (Powierzchnia podstawowa: 100.00 m ²) | | | | | | Specyfikacja mocy przyłączeniowej: 0.11 W/m ² = 1.89 W/m ² /100 lx (Powierzchnia podstawowa: 100.00 m ²) | | | | | |

Rys. 24. Porównanie wyników obliczeń dla belki oświetleniowej opartej na świetlówce 18W i źródle LED 11W



Rys. 25. Podsumowanie aplikacji „świetlówek” LED dla belki oświetleniowej

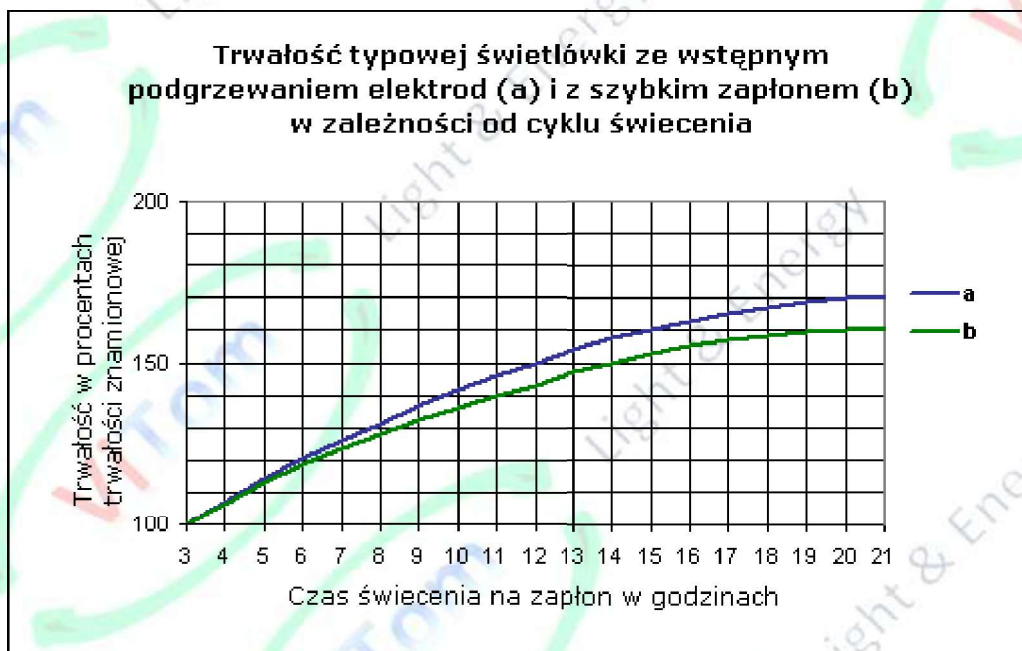
Podsumowanie:

Powyższa analiza skłania do zastanowienia, czy takie rozwiązanie ma w ogóle sens. W żadnym z wymienionych przypadków nie udało się zbliżyć z parametrami oświetleniowymi do rozwiązania świetlówkowego. Osiągnięto wprawdzie znaczne oszczędności energii sięgające nawet 64%, jednak są one prawie zawsze proporcjonalne do zmniejszenia strumienia, a co za tym idzie obniżenia natężenia oświetlenia. Czy można zatem proponować tego typu rozwiązania? Jeżeli instytucje zainteresowane wyrażą świadomie zgodę na obniżenie parametrów świetlnych instalacji to jak najbardziej. Trzeba sobie jednak zdawać sprawę co kryje się za pojęciem „oszczędności energii”.

W wielu przypadkach mamy do czynienia z jawnym naciąganiem potencjalnych klientów. Dla uzyskania zadowalającego wyniku i optymalnych czasów zwrotu zaniża się rzeczywistą trwałość świetlówek* wychwalając wielotysięczną trwałość „świetlówek” LED.

* Ekstremalną wartością, którą spotkałem to trwałość 3 000 godzin! Często podaje się 10 000-15 000 godzin.

Tymczasem trwałość średnia świetlówek dla systemu opartego na statecznikach elektronicznych z ciepłym startem w cyklu w jakim pracuje sklep wielkopowierzchniowy jest łatwa do wyliczenia na podstawie charakterystyki.



Rys. 26. Trwałość typowej świetlówki w funkcji świecenia na dobę

Przy 12/24 godzinach ciągłej pracy wynosi ona $150\% \times 20\ 000 = 30\ 000$ godzin, a więc teoretycznie dorównuje systemom LED. Oczywiście z definicji trwałości średniej wynika, że w ciągu 30 000 godzin połowa źródeł zostanie wymieniona, jednak po 20 000 godzin wymienimy zaledwie ok. 7% źródeł.



Rys. 27. Krzywa wygaśnięć źródeł światła

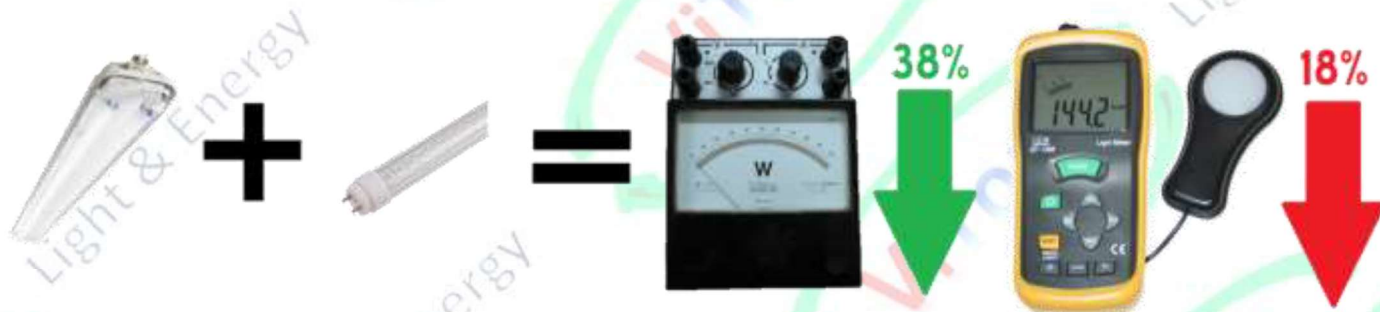
Zastanawiającym jest fakt, że liderzy branży oświetleniowej tacy jak PHILIPS, którzy mają dostęp do najnowszych technologii, laboratoriów i wiedzy mają w swojej ofercie „świetlówek” LED o gorszych parametrach niż konkurencja. W celach porównawczych warto zastanowić się nad parametrem sprawności źródła wyrażanym lm/W. Najbardziej wydajny retrofit (bezpośredni zamiennik) świetlówki w ofercie firmy PHILIPS dla temperatury barwowej

4000 K ma sprawność rzędu 88 lm/W, podczas gdy konkurencja osiąga wartości 101 lm/W dla produktu porównywalnego. Czy są to zawyżone parametry produktów skutkujące skróconą żywotnością, czy też może chwyt marketingowy w LEDowym wyścigu po klienta?

Firma PHILIPS wypuściła „światłóvkę” LED o mocy 34W i strumieniu 3000 lm. Ma ona typową budowę dla tego rodzaju produktów (ograniczony kąt wiązki światła do 140°, matowa przesłona). Po przeprowadzeniu symulacji dla oprawy szczelnej nawet tak technologicznie zaawansowane źródło nie jest w stanie dorównać tradycyjnej światłóvkce. Dodatkowo cena katalogowa 450,00 zł dyskredytuje to rozwiązanie ze względu na niesamowicie długi czas zwrotu.

| OPRAWA SZCZELNA 2x58W | | | | | | OPRAWA SZCZELNA 2x34W LED | | | | | |
|---|------------|--------------------------------------|---|---------------------|-----------------|---|------------|--|---|---------------------|-----------------|
| Wysokość pomieszczenia: 3.000 m, Wysokość montażu: 3.000 m, Współczynnik konserwacji: 0.85 | | | Wartości Lux, Skala 1:129 | | | Wysokość pomieszczenia: 3.000 m, Wysokość montażu: 3.000 m, Współczynnik konserwacji: 0.85 | | | Wartości Lux, Skala 1:129 | | |
| Powierzchnia | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m | Powierzchnia | ρ [%] | E_m [lx] | E_{min} [lx] | E_{max} [lx] | E_{min} / E_m |
| Płaszczyzna pracy | / | 1206 | 720 | 1428 | 0.597 | Płaszczyzna pracy | / | 985 | 555 | 1175 | 0.583 |
| Podłoga | 20 | 1074 | 717 | 1303 | 0.667 | Podłoga | 20 | 885 | 538 | 1066 | 0.608 |
| Sufit | 70 | 421 | 295 | 649 | 0.699 | Sufit | 70 | 296 | 233 | 423 | 0.788 |
| Ściany (4) | 50 | 842 | 506 | 1416 | / | Ściany (4) | 50 | 602 | 371 | 1123 | / |
| Płaszczyzna pracy: Wysokość: 0.850 m Siatka: 64 x 64 Punkty Margines: 0.000 m | | | UGR Wzdłuż- W poprzek do osi oświetlenia Lewa ściana 25 21 Dolna ściana 25 21 (CIE, SHR = 0.25.) | | | Płaszczyzna pracy: Wysokość: 0.850 m Siatka: 64 x 64 Punkty Margines: 0.000 m | | | UGR Wzdłuż- W poprzek do osi oświetlenia Lewa ściana 23 20 Dolna ściana 23 20 (CIE, SHR = 0.25.) | | |
| Wykaz opraw | | | | | | Wykaz opraw | | | | | |
| Nr. | Ilość | Etykieta (Czynnik korekcyjny) | Φ (Oprawa) [lm] | Φ (Lampy) [lm] | P [W] | Nr. | Ilość | Etykieta (Czynnik korekcyjny) | Φ (Oprawa) [lm] | Φ (Lampy) [lm] | P [W] |
| 1 | 25 | PHILIPS TCW216 2xTL-D58W/HFP (1.000) | 7022 | 10480 | 110.0 | 1 | 25 | PHILIPS BCW216 2xLT-GA25W/B40 (Typ 1)* (1.000) | 5460 | 6000 | 68.0 |
| | | | W sumie: 175540 | W sumie: 262000 | 2750.0 | | | | W sumie: 136500 | W sumie: 150000 | 1700.0 |
| Specyfikacja mocy przyłączeniowej: 27.50 W/m ² = 2.28 W/m ² /100 lx (Powierzchnia podstawowa: 100.00 m ²) | | | | | | Specyfikacja mocy przyłączeniowej: 17.00 W/m ² = 1.73 W/m ² /100 lx (Powierzchnia podstawowa: 100.00 m ²) | | | | | |

Rys. 28. Porównanie wyników obliczeń dla oprawy szczelnej opartej na światłóvkach 2x58W i źródłach LED 2x34W



Rys. 29. Podsumowanie aplikacji „światłóvkę” LED dla oprawy szczelnej na bazie najmocniejszego na rynku źródła LED





Już na samym początku warto było sobie zadać pytanie, czy system LED, którego sprawność jest porównywalna ze sprawnością światłóvkki może z nią konkurować. Sprawność dla najbardziej popularnej światłóvkki trójpasmowej T8 wynosi ok. 90 lm/W. Jeżeli będziemy brali pod uwagę światłóvkki T5 o sprawności powyżej 100 lm/W staje się to na dzień dzisiejszy praktycznie niemożliwe. Dodatkowo rozwiązania T5 ze względu na swoje niewielkie gabaryty wymagają umieszczenia układu zasilania poza obudową „światłóvkki”. Warto też zwrócić uwagę, że jednym z najłabszych elementów „światłóvkę” LED jest układ zasilający. To on, a nie LEDy determinują trwałość tego rozwiązania. Niektórzy z producentów w wyścigu o klienta obniżyli koszty produktu. Dotyczy to nie tylko stosowanych diod, ale również trwałości układu zasilającego. Z tego też powodu możemy spotkać rozwiązania będące hybrydą „światłóvkki” LED i wymiennego układu zasilającego jako najłabszego ogniwa systemu. Co prawda taki system może mieć zaletę, że w przypadku znacznego skoku technologicznego chipów LED będzie można przy niezmiętej mocy zastosować nowszy moduł LED. Tym samym tropem zdaje się podążać firma OSRAM oferująca „światłóvkki” LED z zewnętrznym układem zasilającym zmniejszając w ten sposób zawodność układu i obciążenie temperaturowe dla systemu. Obserwując rozwój tej technologii warto się zastanowić, czy oferowanie rozwiązań

gwarantujących wiele lat niezawodnej pracy (powyżej 50 000 godzin) jest uzasadnione. Już dziś w laboratoriach osiągnięte są skuteczności sięgające 200 lm/W. Można się spodziewać, że w niedalekiej przyszłości rozwiązania oparte na wysokowydajnych modułach LED znajdą zastosowania jako pełnowartościowe zamienniki systemów konwencjonalnych.



Rys. 30. Przykład „światłówki” LED z wymiennym układem zasilającym

Podsumowując całe te rozważania można dojść do wniosku, że rozwiązania w postaci „światłówek” LED nie są godnymi następcami tradycyjnych świetlówek. Nie znaczy to, że zintegrowane systemy LED (oprawy LED) nie są w stanie przynieść nam oszczędności i skutecznie poprawić parametrów zarówno świetlnych jak i elektrycznych. Skrojony na miarę potrzeb system na pewno będzie się znakomicie sprawdzał.

| Typ oprawy | Moc systemu LED | Natężenie dla oświetlenia LED | |
|---|----------------------------|--|---|
| | Moc systemu świetłówkowego | Natężenie dla oświetlenia świetłówkowego | |
|  | 64% ↓ | 47% | ↓ |
|  | 49% ↓ | 43% | ↓ |
|  | 55% ↓ | 48% | ↓ |
|  | 42% ↓ | 11% | ↓ |

Rys. 31. Podsumowanie wymiany świetlówek w różnych systemach na źródła LED

Po więcej informacji zajrzyj także na www.vitome.pl/artykuly/

Mgr inż. Tomasz Przytarski

Tomasz Przytarski

