



**TRILUX**  
SIMPLIFY YOUR LIGHT.

# TECNOLOGIA LED I ZAMIENNIKI

KONTEKST



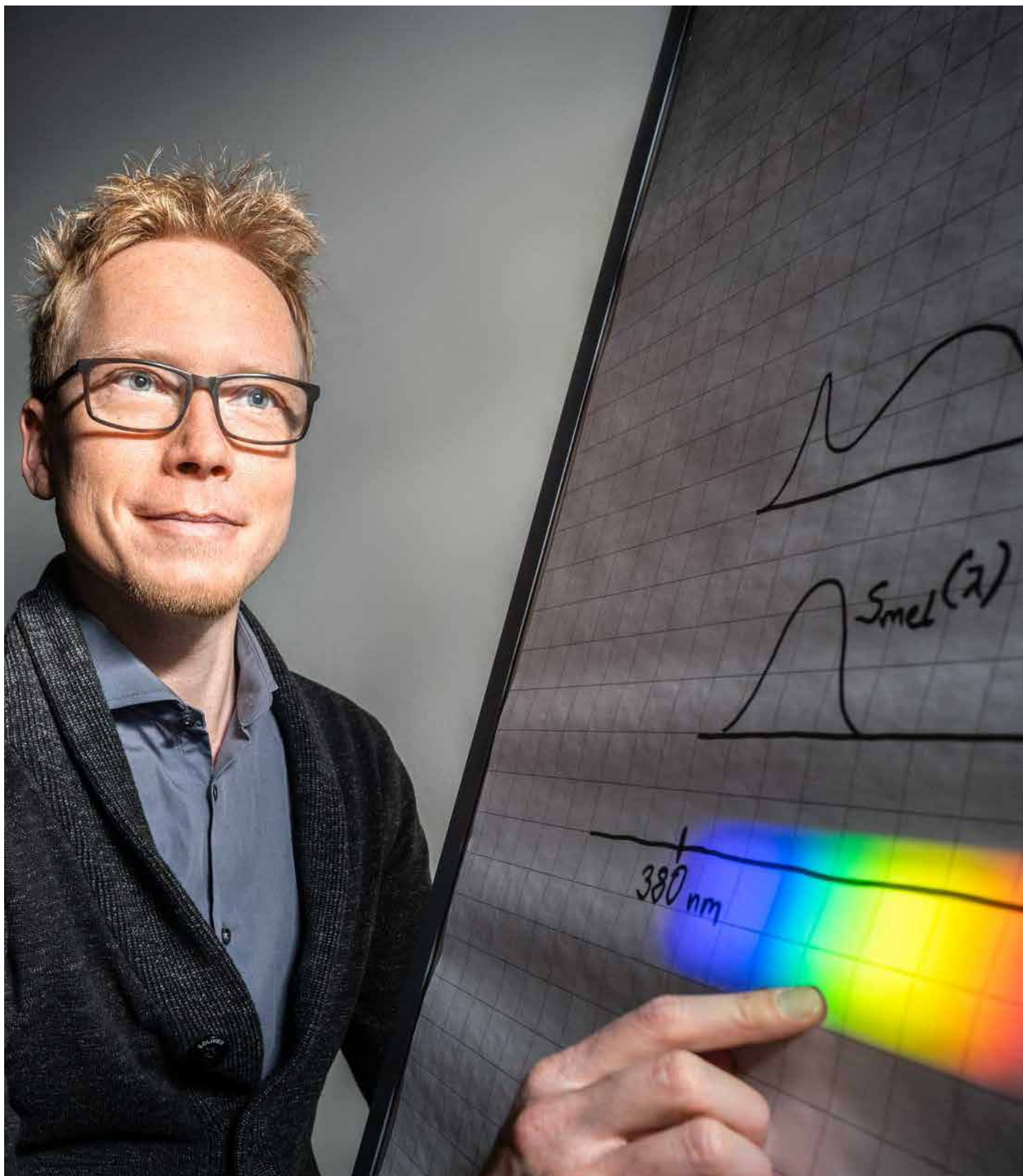
## **CO NALEŻY WIEDZIEĆ O ZAKAZIE STOSOWANIA NIEKTÓRYCH LAMP, ZAMIENNIKACH I PRZEJŚCIU NA TECHNOLOGIĘ LED**

Przez dziesięciolecia, zawierające rtęć świetlówki o wysokim poziomie skuteczności świetlnej były standardowymi produktami do oświetlania stanowisk pracy. Z tego powodu lampy wyładowcze zawierające rtęć jeszcze do niedawna były wyłączone z ogólnego zakazu stosowania rtęci w produktach wprowadzonego w Europie w 2011 r. wraz z 2. wydaniem dyrektywy RoHS.

Wraz z pojawieniem się na rynku źródeł światła LED – około 2013 roku – sytuacja zasadniczo się zmieniła. Obecnie, zaawansowane technicznie i ekonomiczne rozwiązania LED są dostępne dla niemal wszystkich zadań oświetleniowych. W wielu przypadkach ich zapotrzebowanie na energię jest o ponad połowę niższe niż w przypadku świetlówek.

Dlatego też w lutym 2022 r. europejscy prawodawcy zdecydowali o stopniowym wycofywaniu specjalnych zezwoleń na stosowanie rtęci w lampach wyładowczych. W szczególności od 25 lutego 2023 r. nie można już wprowadzać do obrotu w Europie, tzn. nie można produkować ani importować w celu sprzedaży, świetlówek kompaktowych, a od 25 sierpnia 2023 r. świetlówek liniowych.

W rezultacie lampy te, po wyprzedaniu stanów magazynowych, nie będą już dostępne na rynku. Najpóźniej wtedy, nie będzie już możliwe zastąpienie wcześniej używanych źródeł światła identyczną technologią. Nadszedł więc czas, aby pomyśleć o zmianie technologii.



## TECHNOLOGIA LED I ZAMIENNIKI

1. KONWERSJA NA LED POPRZEZ WYMIANĘ LAMP –  
RÓWNANIE Z WIELOMA NIEWIADOMYMI

# 1. KONWERSJA NA LED POPRZEZ WYMIANĘ LAMP – RÓWNANIE Z WIELOMA NIEWIADOMYMI

Zamiennik to lampa zastępcza oparta na nowoczesnej technologii, którą można używać jako prosty zamiennik w istniejących oprawach oświetleniowych. Obecnie oznacza to zazwyczaj zastąpienie tradycyjnych lamp technologią LED. Jeżeli do działania lampy zastępczej konieczna jest ingerencja w układ elektryczny oprawy (np. wyłączenie statecznika), to nie mówimy już wtedy o zamienniku, ale o lampie konwersyjnej. W obu przypadkach zamiast opraw wymieniane są źródła światła.

Celem zamienników jest wykorzystanie zalet nowoczesnej technologii bez konieczności gruntownej przebudowy istniejącej instalacji oświetleniowej.

To, co w teorii brzmi tak prosto i przekonująco, w praktyce często okazuje się skomplikowane. Stosowanie zamienników i lamp konwersyjnych w technicznie i konstrukcyjnie bardzo niejednorodnych oprawach oświetleniowych pochodzących od wielu różnych producentów rodzi w detalach wiele pytań. Dotyczą one w szczególności

- bezpieczeństwa elektrycznego, odpowiedzialności za produkt i gwarancji
- jakości i korzystania
- zgodności z normami i przepisami BHP.

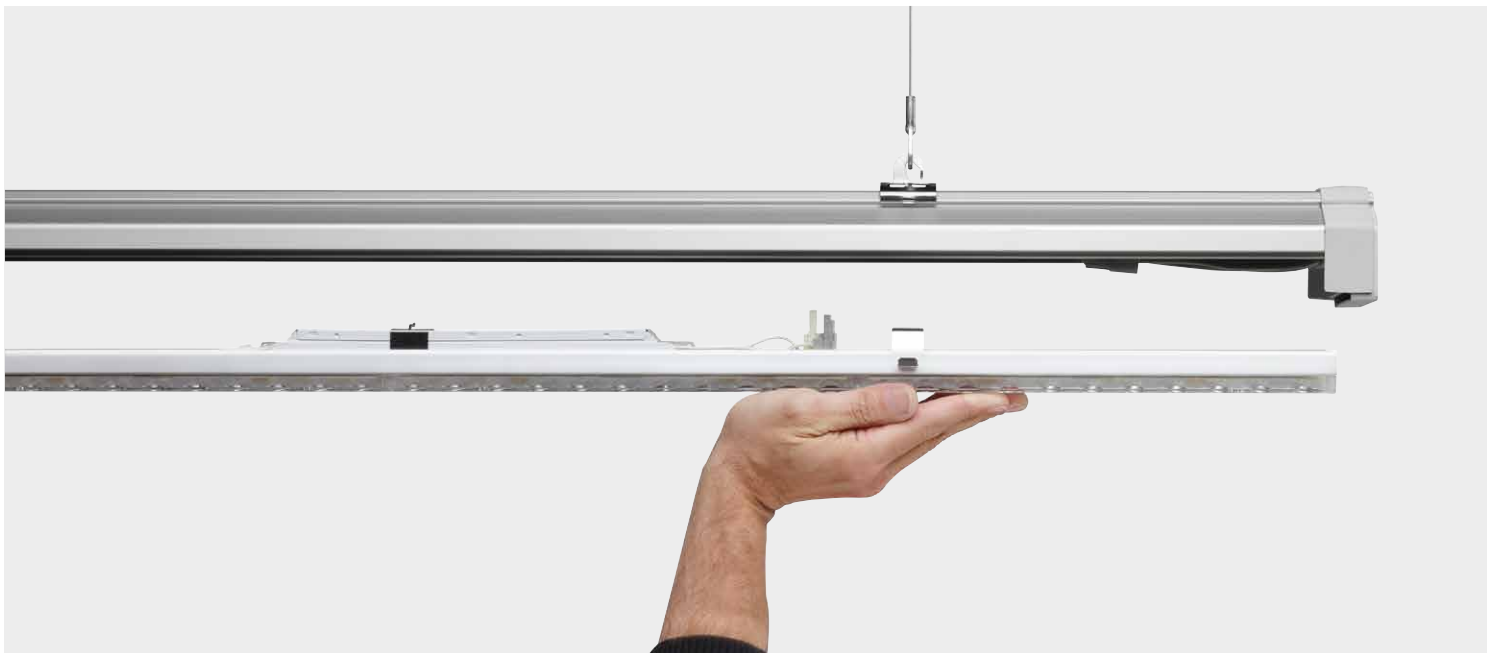
Z jednej strony wymiana przestarzałych świetlówek T5/T8 na zamienniki LED obiecuje szybkie, łatwe i stosunkowo niedrogie oszczędności w kosztach energii, ale z drugiej strony wymagane są szeroko zakrojone testy wstępne w profesjonalnym środowisku. W przypadku budynków administracji publicznej publikacja „Beleuchtung, Hinweise für die Beleuchtung öffentlicher Gebäude” (Oświetlenie, wskazówki dotyczące oświetlenia budynków użyteczności publicznej) (stan z lipca 2023 r.) wydana przez Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik Staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) (Grupę Roboczą „Technika Maszyn i Elektrotechnika w Administracji Państwowej i Komunalnej”) wyraźnie odnosi się do tego faktu.

Pod względem faktycznie dostępnego strumienia świetlnego, jego rozkładu przestrzennego, jakości światła wymaganej przez normy oraz trwałości opraw i źródeł światła możliwe jest jedynie określenie, czy i jak lampa i oprawa współpracują ze sobą po modernizacji. Wiele usterek ujawnia się dopiero w dłuższej eksploatacji.

Dla porównania oprawy LED od renomowanych producentów z fabrycznie zintegrowanymi modułami LED wyróżniają się doskonałym dopasowaniem poszczególnych komponentów i precyzyjnie przewidywalnym parametrom jakości i wydajności.

Ponadto w porównaniu należy również uwzględnić ogólną efektywność ekonomiczną i kwestie zrównoważonego rozwoju.





## 1.1 Bezpieczeństwo i gwarancja

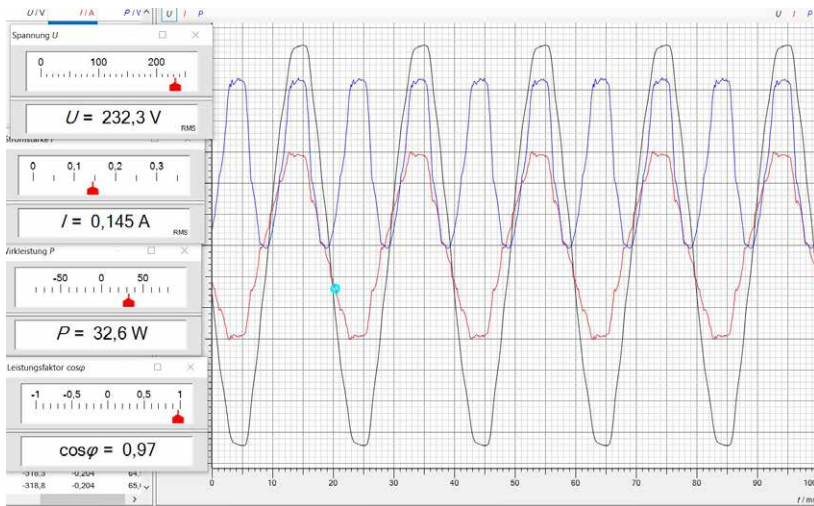
### 1.1.1 Zamienniki

#### Przed użyciem zamienników LED w oprawach oświetleniowych na świetłówki należy pamiętać:

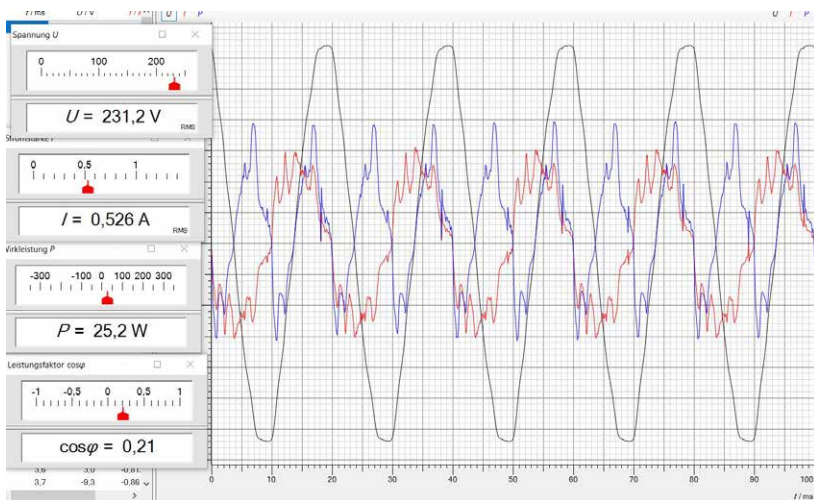
- Wygasa gwarancja i odpowiedzialność za produkt ze strony producenta oprawy.
- Ma to zastosowanie również, gdy montowany zamiennik LED ma oznakowanie VDE. Symbol VDE na zamienniku oznacza, że lampa zamienna została przetestowana przez VDE zgodnie z europejską normą DIN EN 62776:2015-12 (VDE 0715-16:2015-12) i że nie stanowi ona bezpośredniego zagrożenia<sup>1</sup>.
- W takim przypadku odpowiedzialność za produkt zostaje przeniesiona na producenta zamiennika.
- Przy korzystaniu z zamienników LED ze statecznikiem elektronicznym do świetłówek (tryb HF) należy pamiętać, że dopuszczenie producenta zamiennika – **z uwzględnieniem**<sup>2</sup> – wydawane jest tylko dla typów stateczników elektronicznych wymienionych na liście kompatybilności. Przy wymianie należy co najmniej upewnić się, że we wszystkich oprawach w instalacji oświetleniowej zamontowane są wyłącznie stateczniki elektroniczne wymienione na liście (patrz ilustracja 1 a). Należy wziąć pod uwagę wysoki koszt takich badań wstępnych.
- W przypadku opraw ściemnianych przejście na zamiennik LED jest możliwe tylko w szczególnych przypadkach i zgodnie z ograniczeniami wymienionymi na liście kompatybilności stateczników elektronicznych. W większości przypadków wymagane byłoby rozwiązanie konwersyjne (patrz poniżej).
- Przy korzystaniu z zamienników LED w oprawach z kompensacją równoległą może wystąpić bardzo mały współczynnik mocy  $\cos(\varphi)$  przetaczania i spowodować wysoki prąd bierny w instalacji elektrycznej (patrz również rysunek 1 b oraz <https://www.trilux.com/de/beleuchtungspraxis/leuchten/betrieb-von-leuchten-fuer-entladungs-lampen/blindleistungskompensation/>).
- W przypadku obwodów tandemowych (dwie świetłówki połączone szeregowo z jednym statecznikiem), co jest powszechne w istniejących oprawach oświetleniowych z kilkoma 18-watowymi lampami T8, należy osobno sprawdzić możliwość korzystania z zamienników LED. Może być konieczna konwersja oprawy (patrz niżej).

<sup>1</sup> Niniejsza norma odnosi się wyłącznie do zamienników do bezpośredniej wymiany, a nie do lamp konwersyjnych, których eksploatacja wymaga ingerencji w układ elektryczny oprawy. Do lamp konwersyjnych nie stosuje się znaku VDE.

<sup>2</sup> Na przykład na listach kompatybilności stateczników elektronicznych producentów lamp zaznaczono, że lista ta służy wyłącznie celom informacyjnym i należy ją traktować jako zalecenie. Tak więc informacje oparte są na testach w symulowanym środowisku laboratoryjnym w warunkach, które mogą różnić się w praktyce. Dlatego producent zamiennika nie ponosi odpowiedzialności, nie daje gwarancji ani nie zapewnia kompatybilności w przypadku korzystania z określonych urządzeń w warunkach innych niż przetestowane przez niego lub w przypadku korzystania z nowszych modeli określonych urządzeń. Mogą wtedy wystąpić usterki, np. migotanie, brak światła, przegrzanie, przedwczesne starzenie, awaria urządzeń itp. Również strumień świetlny może zmieniać się w zależności od zastosowanego statecznika.



**a)** Pomiar z zamiennikiem LED 23 W / 4000 K 1500 mm w oprawie TRILUX z niedopuszczonym statecznikiem elektronicznym. Lampa pracuje z podwyższoną mocą [32,6 W zamiast 23 W].



**b)** Pomiar z zamiennikiem LED 23 W / 4000 K 1500 mm w oprawie TRILUX do pomieszczeń wilgotnych (Aragon 158K, data produkcji ok. 2010) ze statecznikiem indukcyjnym i kompensacją równoległą. Współczynnik mocy  $\cos(\varphi) = 0,21$  powoduje wysoki prąd bierny, a w przypadku instalacji oświetleniowej z wieloma oprawami może doprowadzić do nadmiernego obciążenia i zadziałania wyłącznika automatycznego. Certyfikat VDE dla zamienników LED nie uwzględnia takich praktycznych usterek, a jedynie ocenia możliwość wystąpienia zagrożenia bezpieczeństwa, którego można uniknąć przy prawidłowej instalacji wyłącznika automatycznego.

**Ilustracja 1:** Pomiary z zamiennikami

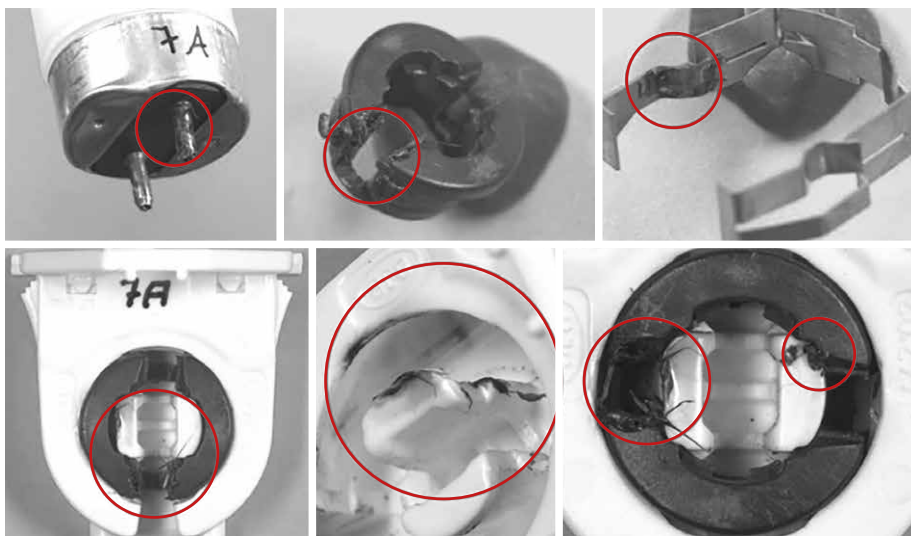
## 1.1.2 Konwersja

**Przed przystosowaniem oprawy do stosowania lamp konwersyjnych należy zwrócić uwagę na następujące kwestie:**

- Osoba przeprowadzająca konwersję staje się producentem tej oprawy oświetleniowej.
- Gwarancja i odpowiedzialność producenta za produkt tracą ważność i przenoszone są na osobę przeprowadzającą konwersję.
- Deklaracja zgodności producenta dla oprawy wygasa: karta danych VdS 2005 (październik 2021 r.) również wyraźnie odnosi się do tego.
- Osoba dokonująca konwersji musi sporządzić nową deklarację zgodności dla oprawy.
- Należy usunąć tabliczkę znamionową na oprawie i zastąpić ją nową z niezbędnymi informacjami.
- Należy upewnić się, że oprawa oświetleniowa nie stwarza ryzyka w przypadku korzystania z innej omyłkowo pasującej lampy, takiej jak świetlówka.

### 1.1.3 Trwałość i niezawodność

- W przypadku zastępczych lamp LED zazwyczaj nie podaje się żadnych informacji na temat awaryjności lub podaje się je w stosunkowo niekorzystny sposób (np. maks. 10% awarii w ciągu 6000 godzin).
- Znamionowy okres eksploatacji zamienników LED jest podawany dla degradacji L70 (spadek strumienia świetlnego o 30% do resztkowego strumienia świetlnego 70% na końcu okresu eksploatacji). Z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy (patrz niżej) należy więc wziąć pod uwagę, że pod koniec okresu eksploatacji pozostaje do dyspozycji tylko 70% początkowego strumienia świetlnego.
- Znamionowa trwałość zastępczych lamp LED jest zwykle określana dla temperatury otoczenia wynoszącej 25°C. Zakłada się, że temperatura ta jest standardową temperaturą otoczenia we wnętrzu. W zamkniętej oprawie działanie lampy może znacznie zwiększyć temperaturę wewnątrz, a tym samym znacznie skrócić trwałość lampy.
- W przypadku zastosowania w środowisku zanieczyszczonym chemicznie, określone niekompatybilności mogą prowadzić do uszkodzenia i awarii zastępczej lampy LED. Interakcje z komponentami oprawy mogą również doprowadzić do jej uszkodzenia.
- W zastosowaniach specjalnych (wysokie temperatury, naprężenia mechaniczne spowodowane wibracjami i inne) możliwe są duże odchylenia od normalnego działania zastępczych lamp LED, a także w porównaniu z działaniem świetlówek.
- Zastępcze lampy LED o większej wadze niż świetlówki mogą spowodować uszkodzenie gniazd. Może to powodować powstanie rezystancji między stykami cokołu a stykami gniazda i niedopuszczalne nadmierne temperatury. To z kolei może prowadzić do nieprawidłowego działania lub nawet całkowitej awarii oprawy. Jeśli gniazda są już zestarzałe i kruche ze względu na dotychczasowe użytkowanie, istnieje zwiększone ryzyko w tym zakresie.



**Ilustracja 2:** Uszkodzone gniazda, w których stosowane były zbyt ciężkie zamienniki

## 1.2 Jakość światła i bezpieczeństwo pracy

### 1.2.1 Strumień świetlny i natężenie oświetlenia

- Dostępne na rynku zamienniki LED często mają znacznie niższy strumień świetlny niż odpowiadające im świetlówki. Bezpośrednia wymiana prowadzi do znacznego zmniejszenia natężenia oświetlenia w pomieszczeniu.
- Nawet strumień świetlny zamienników LED o najwyższych wartościach dostępnych na rynku jest zwykle znacznie niższy niż we wcześniej używanych świetlówkach (np. 3700 lm jako zamiennik 5000 lm w przypadku lampy T8-58W, patrz tabela 1).
- Należy pamiętać, że w przypadku zamienników LED należy zasadniczo uwzględnić spadek strumienia świetlnego do 70% początkowego strumienia świetlnego do końca okresu użytkowania (np.  $3700 \text{ lm} \times 0,7 = 2590 \text{ lm}$ , patrz poniżej).

- Dane dotyczące wydajności świetlnej zamienników LED podano dla ich pracy w trybie swobodnym, bez uwzględnienia strat wynikających z pracy w oprawie. Pomiar pokazuje jednak, że rzeczywiste straty (czy sprawność eksploatacyjna oprawy) są często porównywalne z pracą ze świetłówkami.
- W rezultacie poziom oświetlenia często nie odpowiada już normom i nie jest zgodny z przepisami BHP.

Rodzaj lampy					
Długość	T8 (odniesienie)	Zamiennik Przykład 1	Przykład 2	Przykład 3	Przykład 4
600 mm	18 W 1300 lm	7,5 W 1100 lm (-15%)	6,6 W 720 lm (-45%)	8 W 1050 lm (-19%)	8 W 900 lm (-31%)
1 200 mm	36 W 3200 lm	15,0 W 2400 lm (-25%)	15 W 1800 lm (-44%)	14,7 W 2500 lm (-22%)	18 W 2000 lm (-38%)
1500 mm	58 W 5000 lm	22 W 4100 lm (-21%)	18,3 W 2200 lm (-56%)	21,7 W 3700 lm (-26%)	23 W 2700 lm (-46%)

**Tabela 1:** Liniowe zamienniki LED T8: przykłady zużycia energii i strumienia świetlnego produktów dostępnych na rynku (stan na listopad 2023 r.)

### 1.2.2 Rozsył światła i równomierność

- Rozsył światła zamiennika LED odbiegający od cylindrycznie symetrycznego rozsyłu (360 stopni) świetłówki może prowadzić do znacznej zmiany rozsyłu światła oprawy.
- Efektem tego może być zmniejszenie równomierności natężenia oświetlenia w pomieszczeniu. W tym zakresie należy sprawdzić zgodność z przepisami BHP.
- Rozsył światła zamiennika LED różniący się od rozsyłu światła świetłówki prowadzi przy oprawach zwieszanych z udziałem światła pośredniego do znacznego zmniejszenia iluminacji sufitu, czego efektem mogą być skargi użytkowników.

### 1.2.3 Ogólna jakość światła

- Zamienniki LED mogą wykazywać znaczne migotanie, które będzie o wiele większe niż w świetłówkach pracujących ze statecznikiem magnetycznym (patrz ilustracja 3.191 b) na stronie <https://www.trilux.com/de/beleuchtungspraxis/leuchten/betrieb-von-leuchten-fuer-entladungslampen/vorschaltgeraete/induktive-vorschaltgeraete/>).
- Zamienniki LED mają zazwyczaj niską spójność kolorów. Zazwyczaj renomowani producenci podają wartość tolerancji koloru (początkowy MacAdam)  $\leq 6$  SDCM. W niektórych przypadkach mocniejszych produktów podawana jest wartość  $\leq 5$  SDCM. Nawet przy SDCM 5 różnice barwy są wyraźnie widoczne. Dla porównania wartości dla opraw wysokiej jakości wynoszą 3 SDCM.

### 1.2.4 Aktualny stan wiedzy, wymagania aktualnej normy DIN EN 12464-1

Bezpośrednia wymiana świetłówek na zamienniki LED zasadniczo spełnia dotychczasowe wymogi tylko wtedy, gdy warunki pracy nie zmieniły się od czasu instalacji. Celem jest zatem jedynie utrzymanie aktualnego stanu. Wymagania zgodne z aktualnym stanem techniki opisane w normie DIN EN 12464-1 w aktualnej wersji 2021 nie są spełnione. Dlatego obecnie zaleca się w szczególności:

- zapewnienie w razie potrzeby jednego lub dwóch zwiększonych natężeń oświetlenia, które powinny być regulowane przez ściemniane oprawy i odpowiednie sterowanie oświetleniem, a także
- odpowiedni rozsył światła z minimalnym natężeniem oświetlenia na ścianach i sufitach, co często nie jest osiągnięte w istniejących budynkach (np. za pomocą opraw rastrowych o skupionym rozsyłe światła, opraw do ciemnego oświetlenia, patrz przykład „Oświetlenie biurowe”).





## 2. MODERNIZACJA ZAMIAST ZAMIENNIKÓW

Różne opcje modernizacji, które można dobrać do warunków technicznych i przestrzennych, oferują bezpieczny i zrównoważony sposób przejścia na technologię LED.

Największy potencjał optymalizacji tkwi w nowej koncepcji oświetlenia niezależnej od istniejącej sytuacji. Jednak w wielu przypadkach już zwykła wymiana opraw może przynieść zadowalające rezultaty. Należy pamiętać, aby wybrane oprawy spełniały po wymianie aktualne wymagania fotometryczne i elektryczne istniejącej konfiguracji.

Jeśli wymiana całych opraw nie jest pożądana ze względów konstrukcyjnych lub innych, TRILUX może na zapytanie dostarczyć bezgniazdowe wkłady świetlne z modułami LED – tzw. zestawy modernizacyjne. W indywidualnych przypadkach można również wymienić kompletny system optyczny na nowoczesną technologię oświetleniową.<sup>3</sup>

We wszystkich opcjach modernizacji można zastosować systemy zarządzania oświetleniem zapewniające dalsze oszczędności energii, które w razie potrzeby umożliwiają również sterowanie temperaturą barwową w zależności od pory dnia.

<sup>3</sup> Jeśli producent oferuje zestawy do konwersji produktów innych firm, gwarancja, odpowiedzialność za produkt i inne zobowiązania, podobnie jak w przypadku konwersji, spoczywają na osobie dokonującej konwersji. Zakres ewentualnego przejścia przez producenta i dostarczenie dokumentacji danych technicznych dla powstałych opraw oświetleniowych należy wyjaśnić wcześniej.

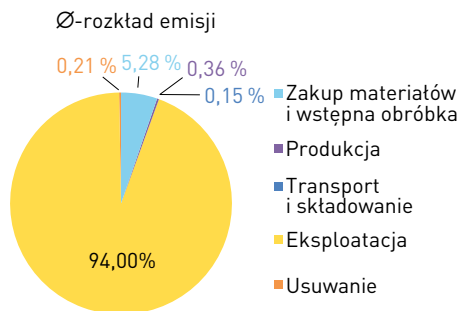
## 2.1 Bezpieczeństwo, jakość i efektywność ekonomiczna

Najważniejsze zalety modernizacji przy użyciu opraw LED firmy TRILUX w porównaniu z modernizacją przy użyciu zamienników LED:

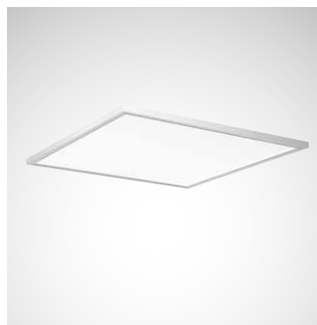
- Dokumentacja techniczna oświetlenia umożliwiająca sprawdzenie spełnienia wymogów bezpieczeństwa pracy przed modernizacją.
- Oprawy są objęte nieograniczoną odpowiedzialnością za produkt i gwarancją.
- Szczegółowo znane i gwarantowane elektrotechniczne dane eksploatacyjne.
- Trwałość określona dla resztkowego strumienia świetlnego wynoszącego co najmniej 80% ( $L \geq 80$ ).
- Przez cały okres eksploatacji nie należy spodziewać się praktycznie żadnych awarii (wskaźnik awaryjności bliski zeru).
- W temperaturze otoczenia dopuszczalnej w pomieszczeniu można oczekiwać udokumentowanej trwałości, która nie ulega skróceniu w wyniku wzrostu temperatury w oprawie.
- W wielu przypadkach dostępne są również wersje dla wyższych temperatur otoczenia.
- Niskie współczynniki migotania niwelują zaburzenie komfortu widzenia na skutek migotania o częstotliwości 100 Hz.
- Oprawy spełniają aktualne wymagania dotyczących jakości oświetlenia.
- Dla każdego zastosowania dostępne są również oprawy z możliwością ściemniania i odpowiedni system sterowania oświetleniem.
- W razie potrzeby dostępne są również oprawy ze zmienną temperaturą barwową do sterowania dobowego.
- Zoptymalizowana technika świetlna pozwala rozprowadzać światło odpowiednio w konkretnym zastosowaniu w znacznie bardziej odpowiedni sposób, niż było to możliwe w przypadku opraw świetłówkowych.
- Oprawy LED są zatem bardzo energooszczędne.
- Dzięki wysokiej jakości kategoryzacji mają wysoką spójność kolorów (tolerancja koloru  $\leq 3$  SDCM).
- Nie ma potrzeby wymiany uszkodzonych gniazd w istniejących oprawach.
- Lepsza wydajność i efektywność ekonomiczna w porównaniu z wymianą lamp na zamienniki LED.

## 2.2. Zrównoważony rozwój

Ważnym aspektem oceny ekologicznego zrównoważonego rozwoju może być analiza śladu węglowego opraw oświetleniowych. Oprócz zużycia energii wynikającego z eksploatacji produktu, uwzględnia się również emisje dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ) występujące na etapie przygotowania produktu. Przy określaniu ekwiwalentu  $\text{CO}_2$  ( $\text{CO}_2\text{e}$ ) należy więc uwzględnić cały cykl życia produktu. W ten sposób można odpowiednio ocenić nakłady w ramach przygotowania i eksploatacji produktu.

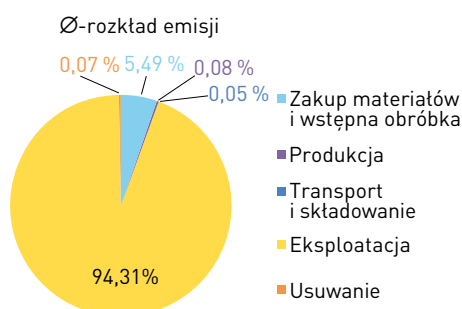


Ilustr. 3



**Ilustracja 3.21:** Arimo Fit  
 Charakterystyka:  
 Strumień świetlny: 4200 lm  
 Trwałość: min. 50 000 h  
 Temperatura otoczenia: 25°C  
 Stopień ochrony: IP40  
 Moc przyłączeniowa: 31 W  
 Masa całkowita: 4,67 kg  
 713,935 kg CO<sub>2</sub>e

Charakterystyka na ilustracji 3 pokazuje, że w przypadku zastosowania typowej standardowej oprawy biurowej z obudową z blachy stalowej i kloszem z PMMA eksploatacja stanowi prawie 95% emisji CO<sub>2</sub>.



Ilustr. 4



**Ilustracja 3.22:** Mirona Fit  
 Charakterystyka:  
 Strumień świetlny: 26000 lm  
 Trwałość: min. 50 000 h  
 Temperatura otoczenia: 50°C  
 Stopień ochrony: IP65  
 Moc przyłączeniowa: 188 W  
 Masa całkowita: 7,2 kg  
 3 344,412 kg CO<sub>2</sub>e

Ilustracja 4 przedstawia oprawę typoszeregu Mirona Fit do oświetlenia wysokich hal przemysłowych. Soczewkowy układ optyczny zapewnia optymalny rozsył światła, a zaawansowany technicznie i materiałowo korpus oprawy niezbędną regulację temperatury w celu zapewnienia długotrwałej i wydajnej pracy w wysokich temperaturach otoczenia. Charakterystyka na rysunku wskazuje, że dla tej bardziej skomplikowanej oprawy względny udział emisji CO<sub>2</sub> w dostarczeniu i usuwaniu pozostaje porównywalny. Nakłady techniczne i wymagania materiałowe rosną dla wyższych poziomów strumienia świetlnego, które można użytkować w wysokich temperaturach.

Z podanych przykładów jasno wynika, że w typowych zastosowaniach oświetleniowych nawet 90% lub więcej emisji CO<sub>2</sub> związane jest z eksploatacją oświetlenia. Przygotowanie i utylizacja oprawy generują łącznie 6% CO<sub>2</sub>, a więc w obu przypadkach odgrywają podrzędną rolę. Oznacza to, że w takich przypadkach zwiększenie wydajności oświetlenia o 6% poprzez wymianę oprawy na zoptymalizowaną energetycznie oprawę LED wystarczy, aby zrekompensować energię potrzebną do dostarczenia oprawy. Stosowanie wysokiej jakości korpusów opraw oświetleniowych i komponentów świetlnych ma zatem sens w celu zminimalizowania śladu węglowego.

Co najmniej równie duży potencjał tkwi we właściwym planowaniu w odniesieniu do danego zadania oświetleniowego. Dobrą podstawę dla efektywności i zrównoważonego rozwoju stanowi przede wszystkim stosowanie optymalnych technologii oświetleniowych odpowiednich do danego zastosowania dostępnych dzięki różnorodności nowoczesnych serii opraw LED.

TRILUX minimalizuje zużycie materiałów o ograniczonym dostępie poprzez wysoką naprawialność, w szczególności możliwość wymiany samych modułów LED i elektroniki, a także gwarantowaną długą dostępność części zamiennych.



### 3. PRZYKŁADOWA ANALIZA

W celu przeprowadzenia przykładowej analizy w laboratoriach TRILUX przeprowadzono szczegółowe pomiary działania zamienników LED w klasycznych oprawach TRILUX. W szczególności użyto dwóch lamp o najwyższym dostępnym strumieniu świetlnym i oznaczonych przez producentów jako lampy wysokiej jakości:

**Zamiennik 1:** 1500 mm, 4100 lm, 22,1 W, 4000 K

**Zamiennik 2:** 1500 mm, 3700 lm, 23,0 W, 4000 K

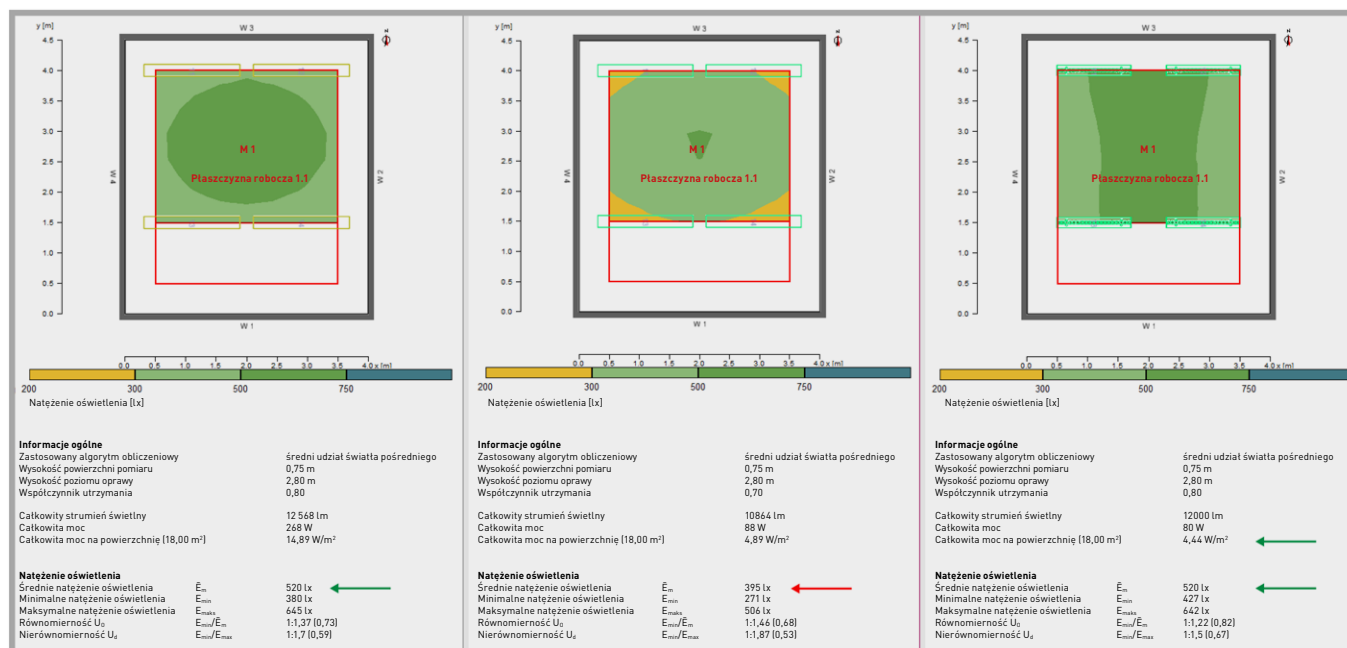
Pomiary przeprowadzono podczas pracy danej lampy w oprawie rastrowej z odbłyśnikiem BAP z serii TRILUX Atirion oraz w oprawie do pomieszczeń wilgotnych z serii Oleveon.

Zebrane dane zostały następnie wykorzystane do obliczeń porównawczych w typowych układach zastosowań oświetleniowych.

### 3.1 Przykład biura

W przykładowym biurze obszar między dwoma liniami świetlnymi w przykładzie pokazanym poniżej jest uważany za obszar widzenia zgodnie z definicją EN 12464-1, w którym powinny znajdować się obszary aktywności.

Długość	4,00 m	Wymagania dotyczące BHP:
Szerokość	4,50 m	$\bar{E}_m \geq 500 \text{ lx}$
Wysokość	2,80 m	$U_0 = E_{\min}/\bar{E}_m \geq 0,6$
Wysokość płaszczyzny roboczej	0,75 m	
Linie świetlne	2 x 2 oprawy	



	$\bar{E}_m$	MF	$U_0$	$\phi_{\text{catk.}}$	$W_{\text{catk.}}$	W/A	W/(A x $\bar{E}_m$ /100)
T8	520 lx	0,8	0,76	12 568 lm	268 W	14,89 W/m <sup>2</sup>	3,12 W/(m <sup>2</sup> · 100 lx)
Zamiennik 1	395 lx	0,7	0,68	10 864 lm	88 W	4,89 W/m <sup>2</sup>	1,31 W/(m <sup>2</sup> · 100 lx)
Creavo	520 lx	0,8	0,83	12 000 lm	80 W	4,44 W/m <sup>2</sup>	0,88 W/(m <sup>2</sup> · 100 lx)

**Ilustracja 5:** Wyniki obliczeń dla oświetlenia biura przed i po modernizacji z zastosowaniem zamiennika LED w porównaniu do zastosowania oprawy LED. Współczynnik utrzymania zmniejszony do wartości 0,7 dla zamiennika uwzględnia zwiększoną degradację tego źródła światła, którego trwałość określono na L70.

Porównano obliczenia fotometryczne dotyczące pracy oryginalnej lampy T8 o mocy 58 W w oprawie rastrowej TRILUX Atirion, a także wyposażenia identycznej oprawy w zamiennik o strumieniu świetlnym 4100 lm i aktualną oprawę TRILUX LED (CREAVO D2-L LW19-03 30-840 ETDD 01, TOC 7728451) ze zintegrowanymi modułami LED.

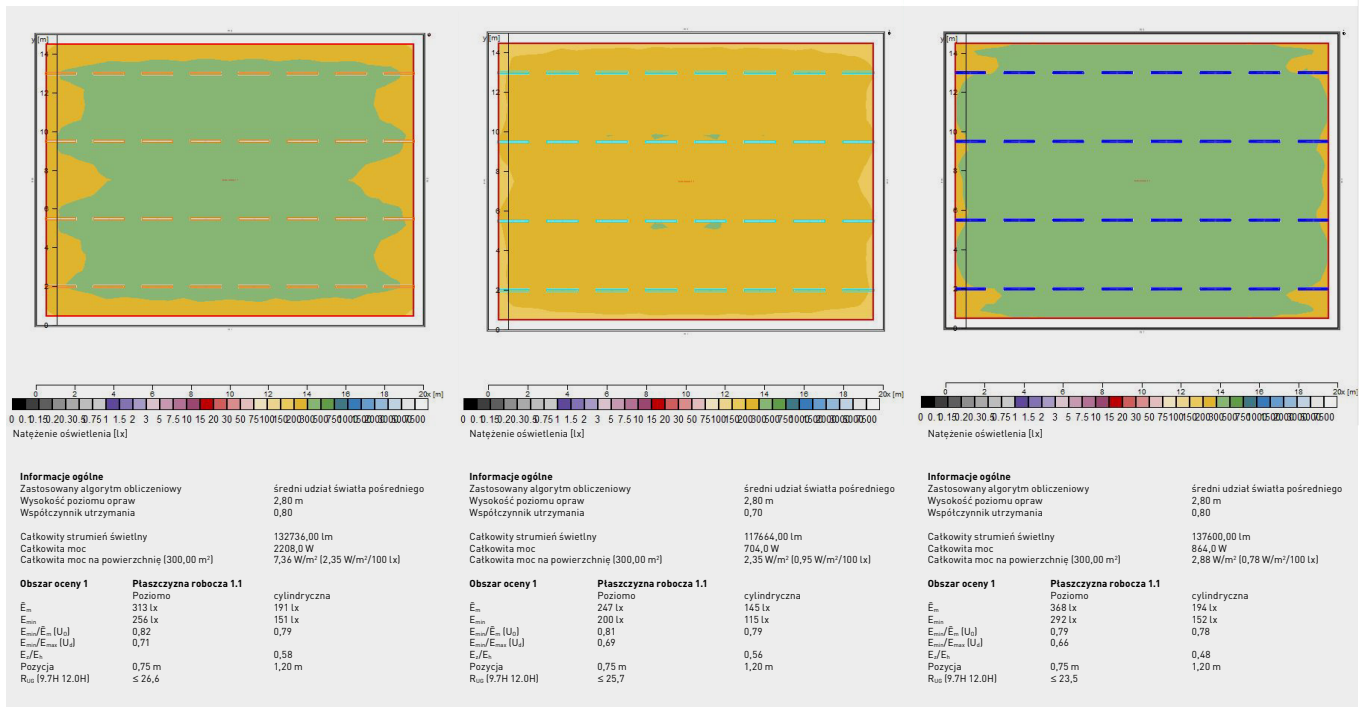
Przykład wyraźnie pokazuje, że w przypadku tej standardowej konfiguracji zastosowanie zamiennika nie spełniałoby wymagań BHP w odniesieniu do wymaganego natężenia oświetlenia.

Wymiana istniejących opraw oświetleniowych 1:1 na oprawy LED pozwala jednak spełnić wymagania przy niższym zapotrzebowaniu na energię niż w przypadku zamienników. Wydajność i jakość oświetlenia są znacznie większe.

### 3.2 Przykład hali pakowania

Innym przykładem jest niewielka hala, w której prowadzone są prace związane z pakowaniem.

Długość	20,00 m	Wymagania dotyczące BHP:
Szerokość	15,00 m	$\bar{E}_m \geq 300 \text{ lx}$
Wysokość	2,80 m	$U_0 = E_{\min}/\bar{E}_m \geq 0,6$
Wysokość płaszczyzny roboczej	0,75 m	
Linie świetlne	4 x 8 opraw	



**Ilustracja 6:** Wyniki obliczeń dla oświetlenia hali pakowania przed i po modernizacji z zastosowaniem zamiennika LED w porównaniu do zastosowania oprawy LED. Współczynnik utrzymania zmniejszony do wartości 0,7 dla zamiennika uwzględnia zwiększoną degradację tego źródła światła, którego trwałość określono na  $L_{70}$ .

Porównano obliczenia fotometryczne dotyczące pracy oryginalnej lampy T8 o mocy 58 W w oprawie do pomieszczeń wilgotnych TRILUX Oleveon, a także wyposażenia identycznej oprawy w zamiennik o strumieniu świetlnym 4100 lm i aktualną wersję oprawy do pomieszczeń wilgotnych TRILUX Aragon Fit (ARAGF 15 PVW 44-840 ETDD, TOC 7401451) ze zintegrowanymi modułami LED.

Przykład wyraźnie pokazuje, że w przypadku tej standardowej konfiguracji zastosowanie zamiennika nie spełniałoby wymagań BHP.

- Strumień świetlny nie jest wystarczający do zapewnienia wymaganego natężenia oświetlenia.
- Wartość ograniczenia olśnienia  $R_{UGL} \leq 25$  wymagana obecnie przez normę EN 12464-1 nie jest spełniona.

Poprzez wymianę istniejących opraw 1:1 na oprawy LED można jednak z zapasem spełnić wymagania BHP oraz zwiększyć wydajność i jakość oświetlenia.

- Obecnie dostępne są oprawy LED o szerokim zakresie specyfikacji fotometrycznych odnośnie strumienia świetlnego, rozsytu światła i ograniczenia olśnienia.
- Zastosowanie wybranej oprawy LED umożliwia niezawodne osiągnięcie wymaganego natężenia oświetlenia.
- Oprawa LED jest zgodna z wartością ograniczenia olśnienia  $R_{UGL} \leq 25$  wymaganą obecnie przez normę EN 12464-1.
- Wydajność świetlna oprawy LED jest o 22% wyższa niż istniejącej oprawy z zamiennikiem LED.

## 4. PODSUMOWANIE

Po wymianie świetlówek na zamienniki LED w najkorzystniejszym przypadku można spełnić wymagania oświetleniowe wdrożone w momencie montażu instalacji oświetleniowej. W rezultacie pozostają one w najlepszym wypadku na poprzednim poziomie BHP, który jest wtedy ustalany na okres działania zamienników. Jednak w wielu przypadkach nawet to nie jest gwarantowane, co oznacza niemożność spełnienia wymagań w zakresie BHP i bezpiecznej eksploatacji instalacji oświetleniowej.

Po fachowej wymianie opraw uzyskuje się adekwatną jakość oświetlenia uwzględniającą aktualny stan wiedzy. Spełnione są, z reguły bez dodatkowych kosztów, również wymagania dotyczące kryteriów oświetleniowych zgodnie z nową normą oświetleniową DIN EN 12464-1; 2021-11. Ponadto możliwa jest instalacja kontrolowanego oświetlenia, np. ze skutecznością melanopową, aby wspierać rytm okołodobowy. Otwiera to dodatkowe możliwości oszczędzania energii, przy jednoczesnym zwiększeniu jakości oświetlenia.

Pod względem śladu węglowego w całym cyklu życia instalacji oświetleniowej wymiana opraw jest również znacznie bardziej zrównoważonym rozwiązaniem niż zastosowanie zamienników.

Rozważenie zoptymalizowanej nowej koncepcji może wygenerować dalszy, znaczący potencjał.



**(a)** Wczesnym rankiem i od późnego popołudnia



**(b)** W ciągu dnia około południa

**Ilustracja 7:** Przebieg temperatury barwowej sztucznego oświetlenia dostosowany do światła dziennego w biurze na planie otwartym



Więcej informacji można znaleźć na stronie:  
[www.trilux.com/beleuchtungssanierung](http://www.trilux.com/beleuchtungssanierung)



Zapraszamy również do odwiedzenia naszej Akademii TRILUX z ciekawymi ofertami dotyczącymi wiedzy o oświetleniu:  
[www.trilux-akademie.com](http://www.trilux-akademie.com)