



Náhrady lineárních zářivek lineárními moduly LED

Přehled, praktické informace, bezpečnost, úspory

Náhrady lineárních zářivek lineárními moduly LED

přehled, praktické informace, bezpečnost, úspory

listopad 2011



STŘEDISKO PRO EFEKTIVNÍ VYUŽÍVÁNÍ ENERGIE, o.p.s.
THE ENERGY EFFICIENCY CENTER



Publikace byla zpracována za finanční podpory
Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie
pro rok 2011 – Program EFEKT.

Poděkování

prof. Ing. Jiří Habel, DrSc. a Ing. Petr Žák, Ph.D., ČVUT FEL, Praha
Ing. František Jandura, Elektrotechnický zkušební ústav

Obsah

1	Úvod	5
2	Situace na trhu	6
	2.1 Užívané názvy	6
	2.2 Výkonové řady a náhrady	6
	2.3 Světelně technické vlastnosti	7
	2.4 Způsob náhrady a úprava svítidla	9
	2.5 Porovnání deklarovaných parametrů se skutečností	9
3	Normy, legislativa, bezpečnost	10
4	Na co si dát pozor v praxi?	11
5	Posouzení potenciálu úspor	15
6	Závěr a manažerský souhrn	17

Uzávěrka textů v listopadu 2011.

Šíření povoleno s uvedením zdroje.

1 Úvod

V současné době se mnohem častěji a ve více oblastech objevují možnosti uplatnění světelných diod (LED). Světelné zdroje LED se díky svým příznivým vlastnostem začínají využívat jak v komerčním sektoru (osvětlení v obchodech, v kancelářích), v designovém osvětlení (architektonické osvětlení), tak také ve veřejném osvětlení, v domácnostech a v automobilovém průmyslu.

Specifickou oblastí, ve které se objevuje aplikace světelných zdrojů LED, jsou náhrady lineárních zářivek o průměru 26 mm (T8) v nainstalovaných svítidlech za LED moduly se stejnou patičí. Tato část trhu se v poměrně krátkém čase zaplavila různými výrobci a přinesla mnohé otázky. Jedná se o např. problémy spojené se standardy při výměně a zásahu do svítidla, problémy světelně-technické, problematika označování a skutečného potenciálu úspor, kvůli kterým jsou náhrady činěny.

Tato oblast není v současné době příliš popsána a kvalitních informací není mnoho. Tato publikace si klade za cíl poskytnout několik základních rad a zkušeností s lineárními LED moduly určenými pro interiérová zářivková svítidla. Zaměření publikace je spíše praktické, tedy pro odbornou veřejnost, která se ve své praxi setkává s nabídkami výrobců lineárních LED modulů. Jde tedy např. o facility managery a podnikové energetiky.

Věříme, že pro vás bude publikace přínosná.

2 Situace na trhu

Trh s lineárními LED moduly pro náhradu lineárních zářivek je nový a je zaplaven především výrobky z Číny a Taiwanu. Příznaků nového segmentu trhu je několik: značně kolísá kvalita jednotlivých výrobků, neexistují ustálené výkonové řady, není jednotné značení výrobků a liší se i další vlastnosti typ od typu (např. vyzařovací úhel, širší dostupných světelně-technických informací, apod.).

Renomovaní výrobci až na výjimky lineární LED moduly s patičí G13 nenabízejí. Většina těchto světelných zdrojů tak pochází od méně známých výrobců. Obvyklá je také nabídka stejných typů s různými obchodními názvy. V mnoha případech je nicméně výrobce přímo neznámý a nelze zjistit ani typ použitých diod.

2.1 Užívané názvy

Lineární LED moduly určené jako náhrada za lineární zářivky se označují několika názvy. V angličtině převládá označení „LED tube“, „T8 Retrofit“ nebo „T8 Tube“ (podle označení lineárních zářivek T8 s průměrem 26 mm). Méně často se objevuje analogické označení „T5 Retrofit“ (průměr 16 mm) a „T12 Retrofit“ (průměr 38 mm). V češtině trh inklinuje k používání názvu „LED zářivka“ či „LED trubice“. Pro odborné použití i pro použití v této publikaci je užito termínu „lineární LED modul“.

2.2 Výkonové řady a náhrady

Lineární LED moduly s patičí G13 nemají obvyklé výkonové řady jako u lineárních zářivek. Přesto jsou katalogové výkony často obdobné a shrnuje je následující tabulka 1.

Na trhu se objevují rovněž náhrady za lineární zářivky s průměrem 16 mm/T5 s patičí G5. Tyto náhrady jsou mnohem méně časté (pravděpodobně díky vyšší účinnosti těchto zářivek a jejich menšímu podílu na trhu oproti zářivkám s průměrem 26 mm/T8).

Některé lineární LED moduly se objevují také jako náhrady zářivek s průměrem 38 mm/T12 či 32 mm/T10. Obvykle jde ale o stejné výrobky jako v případě náhrad T8 zářivek s větším průměrem.

Tabulka 1. Porovnání běžných typů lineárních zářivek a lineárních LED modulů

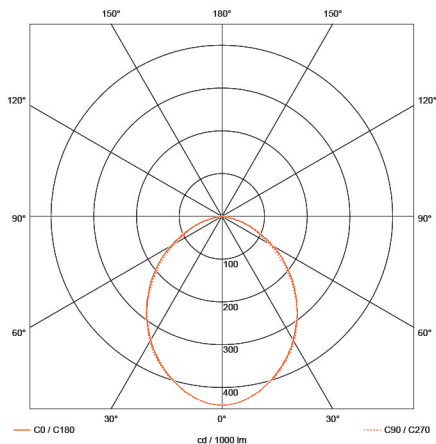
Délka světelného zdroje l	Lineární zářivky		Lineární LED moduly	
	Příkon (W)	Světelný tok Φ (lm)	Příkon (W)	Světelný tok Φ (lm)
600 mm / T8	18	1350	8–12 (nejčastěji 10)	500–1000
900 mm / T8	30	2400	13–17	800–1250
1200 mm / T8	36	3300	12–22 (nejčastěji 18)	1200–2100
1500 mm / T8	58	5200	18–28 (nejčastěji 25)	1750–2500

2.3 Světelně technické vlastnosti

Z hlediska světelně technických parametrů jsou nabízené světelné zdroje nejednotné a jejich technická dokumentace je obvykle velmi omezená. Výrobci či prodejci nejčastěji udávají pouze napájecí napětí, příkon, dobu života a světelný tok. Někteří prodejci také doplňují barevný tón světla, úhel vyzařování, index podání barev a účinník. Prakticky žádný výrobce ale neudává činitel stárnutí světelného zdroje a křivku svítivosti.

Světelný tok Φ (lm) – udává množství světla, které světelný zdroj vyzařuje. Jednotkou je jeden lumen (lm). Jmenovité hodnoty světelných toků vybraných typů zdrojů jsou v tabulce 1.

Vyzařovací úhel γ (°) – je to úhel mezi směry, kde hodnota svítivosti dosahuje poloviny maximální svítivosti (u lineárních LED trubice je maximální svítivost ve směru svislice). Způsob vyzařování světelného toku ze zářivek a lineárních LED modulů se výrazně liší. Zatímco u běžných lineárních zářivek je kolmo k podélné ose světelný tok vyzařován rovnoměrně do celého prostoru, u lineárních LED modulů je světelný tok vyzařován pouze do jednoho poloprostoru. Pro popis vyzařování



Příklad vyzařovací charakteristiky lineárního LED modulu (120°); obvyklá lineární zářivka by měla křivku svítivosti téměř kruhovou se středem uprostřed polárního diagramu (360°).

LED modulů se používá tzv. vyzařovací úhel, vymezující část prostoru, do kterého je převážná část jejich světelného toku vyzařena.

Obvyklý úhel poloviční svítivosti je u lineárních LED modulů 120°, někdy výrobci uvádějí 160°. Podrobněji se vyzařování lineárních LED modulů popisuje křivkami svítivosti.

Doba života t (h) – je doba, po kterou světelný zdroj splňuje stanovené požadavky. Udává se v hodinách (h). Významným faktorem pro posouzení doby života je **činitel stárnutí světelného zdroje** (někdy se označuje zkratkou LLMF). Tento činitel určuje pokles světelného toku vůči počáteční hodnotě po určité době provozu. Má-li lineární LED modul jmenovitý světelný tok 1000 lm a činitel stárnutí pro 25 tisíc hodin je 0,7, bude světelný tok po deklarované době života pouze 700 lm. Činitel stárnutí je důležitým parametrem při návrhu osvětlovací soustavy a je vhodné ho po prodeji žádat kvůli deklarované vysoké době života LED modulů.

Teplota chromatičnosti T_c (K) vystihuje barevný tón vyzařovaného světla. Jednotkou teploty chromatičnosti je Kelvin (K). V praxi se rozlišují tři základní skupiny zdrojů: s teple bílým barevným tónem ($T_c = 2700$ K až 3500 K), s neutrálně bílým barevným tónem ($T_c = 3500$ K až 5000 K) a s chladně bílým barevným tónem ($T_c > 5000$ K).

Index podání barev R_a (-) je číslo vystihující věrnost podání barev ve světle zkoušeného zdroje v porovnání s vjemem barev ve světle teplotního zdroje (Slunce, žárovka). Označuje se R_a , v zahraničních materiálech CRI, a nabývá hodnoty 0–100. Ve světle teplotních zdrojů se rozlišují barvy věrně ($R_a = 100$), ve světle zdrojů s monochromatickým spektrem (nízkotlaká sodíková výbojka) se nerozlišují barvy vůbec ($R_a = 0$). Zářivky a lineární LED moduly mají horší index podání barev než žárovka. Výrobci lineárních LED modulů nicméně hodnotu indexu podání barev velmi často neuvádějí. V některých případech bývá menší než u běžné lineární zářivky ($R_a < 80$).

Napájecí napětí U (V) – Výrobci uvádějí rozsah povoleného střídavého napájecího napětí. Tento rozsah je často široký a zahrnuje užívané instalace po celém světě (100–240 V, 50/60 Hz). V podmínkách České republiky je napájecí napětí 230 V s tolerancí $\pm 10\%$ (tzn. 207–253 V).

Měrný výkon η (lm/W) – udává účinnost přeměny energie elektrické na světelnou. Jednotkou je lumen na watt (lm/W). U lineárních zářivek se jeho hodnota pohybuje v rozmezí 70–105 lm/W. Nejběžnější typy lineárních zářivek o příkonu 36 W a 58 W mají měrný výkon cca 90 lm/W (v případě lineárních zářivek je nicméně třeba kalkulovat také s příkonem předřadníku, takže měrný výkon svítidla je potom menší, viz kap. 4). Výrobci lineárních LED modulů udávají obvykle měrný výkon v rozmezí 90–100 lm/W¹.

¹ Vzhledem ke stálému vývoji LED čipů je pravděpodobné, že tato hodnota se bude postupně zvyšovat.

2.4 Způsob náhrady a úprava svítidla

Lineární zářivky mohou pracovat pouze s předřadným přístrojem – předřadníkem, který vedle zapálení výboje slouží ke stabilizaci hoření oblouku.

Obdobně také světelné zdroje LED vyžadují předřadný přístroj, který v tomto případě slouží k úpravě napájecích podmínek. Proto v praxi není možné kombinovat předřadníky určené pro lineární zářivky s předřadníky pro LED. Při náhradě lineárních zářivek lineárními LED moduly je tak většinou nutná větší úprava původního zářivkového svítidla.

Nezbytné úpravy vybavení svítidel se u jednotlivých výrobců lineárních LED modulů liší. Většina lineárních LED modulů má vestavěný předřadník a je konstruována pro přímé připojení na síťové napětí. Pro úpravu je tak potřeba vyřadit původní předřadník a připojit napětí na jednotlivé konce lineárního LED modulu. Někteří výrobci nabízejí sadu lineárního modulu a nového předřadného přístroje. Existují také výrobci, kteří nabízejí lineární LED moduly, které mohou pracovat s existujícím předřadníkem pouze po zkratování startéru. Tyto výrobky tak nevyžadují zásah do svítidla.

Zásahem do svítidla přestává být zodpovědnost a certifikace věci výrobce svítidla, ale montážní firmy provádějící zásahy do svítidla. Více viz kap. 3. Rovněž provozováním jiných než ke svítidlu určených světelných zdrojů dochází ke změně vyzařování světla a pravděpodobně dojde k narušení původně navržené osvětlovací soustavy. Více viz kap. 4.

2.5 Porovnání deklarovaných parametrů se skutečností

V roce 2011 bylo na ČVUT fakultě elektrotechnické, katedře elektroenergetiky v Praze provedeno měření souboru 25 ks lineárních LED modulů v délce 600 mm od různých výrobců. Byly ověřovány elektrické (napětí, proud, příkon a vyšší harmonické) i světelně technické parametry (světelný tok a měrný výkon). Posuzovaly se také rozdíly mezi naměřenými a výrobcí deklarovanými katalogovými údaji. Katalogové údaje byly dostupné pouze u poloviny posuzovaných zdrojů.

Mezi nejdůležitější závěry měření patří:

- ■ ■ Existuje velký rozptyl hodnot světelného toku a měrného výkonu u lineárních LED zdrojů stejné délky (600 mm). Například rozptyl naměřených hodnot světelného toku se pohyboval v rozsahu od 342 lm do 1097 lm.
- ■ ■ Existují velké rozdíly mezi deklarovanými a naměřenými parametry LED zdrojů. Ve většině případů byly naměřené hodnoty světelného toku v porovnání s hodnotami deklarovanými výrazně menší, v některých případech až poloviční.

- ■ ■ Při náhradě lineárních zářivek lineárními LED moduly je třeba vzít v úvahu spektrální vlastnosti vyzařovaného světla (index podání barev a teplota chromatičnosti), které přímo souvisejí s jejich měrným výkonem.
- ■ ■ Velmi častá, nejasná a nejednoznačná identifikace lineárních LED zdrojů znesnadňuje jejich hodnocení a posouzení vhodnosti náhrady.
- ■ ■ Rozdílné vyzařovací charakteristiky lineárních zářivek a lineárních LED modulů vyžadují při hodnocení záměn posuzování nejen vlastních světelných zdrojů, ale i celých svítidel.
- ■ ■ Průměrná hodnota měrného výkonu ze všech měřených vzorků je 68 lm/W, a to při maximu 85 lm/W a minimu 35 lm/W.

3 Normy, legislativa, bezpečnost

Náhrada lineárních zářivek za LED moduly s sebou nese několik úskalí. Jedním z významných problémů je otázka shody s platnými předpisy týkající se bezpečnosti světelných zdrojů, elektromagnetické kompatibility a všeobecných požadavků a zkoušek.

Otázkou zkoušek a bezpečnosti v rámci zásahů do svítidel a náhrady za LED moduly se zabývá mnoho profesních skupin. Hlavní zjištění a závěry lze shrnout do několika bodů:

- ■ ■ je-li originální svítidlo modifikováno či nově přeinstalováno, zodpovědnost leží na subjektu (montážní firmě), který změnu provedl,
- ■ ■ je-li originální svítidlo modifikováno či nově přeinstalováno, uvádí montážní firma na trh nový výrobek a musí tedy zajistit posouzení rizik výrobku z hlediska bezpečnosti, značení, návodu k použití, apod.,
- ■ ■ shoda s platnými předpisy pro LED světelné zdroje by měla být provedena prostřednictvím norem týkajících se všeobecné bezpečnosti světelných zdrojů, včetně fotobiologické bezpečnosti: EN 60968:1990, IEC 62560, EN 62031:2008, EN 62471:2008, i podle norem elektromagnetické kompatibility (EMC): EN 61000-3-2:2006, EN 55015:2006, EN 61547:1995; k tomu by mělo být svítidlo řešeno ještě podle řady norem EN 60598-1 pro všeobecné požadavky a zkoušky,
- ■ ■ subjekt provádějící změny ve svítidle musí převzít plnou budoucí zodpovědnost za svítidlo s ohledem na jeho bezpečnost, EMC, fotometrické vlastnosti a na životní prostředí (platí to rovněž pro stav, kdy je svítidlo vráceno do původního stavu).

Mnoho lineárních LED modulů nespĺňuje ani základní bezpečnostní standardy (např. zkoušku dvojité izolace, apod.) a jejich použití může být životu nebezpečné. Detailní informace o provedení patřičných zkoušek lze získat od odborníků Elektrotechnického zkušebního ústavu. Většina lineárních LED modulů je dovážena ze zahraničí. V rámci Evropské unie funguje systém RAPEX pro rychlý výstražný informační systém o nebezpečných spotřebitelských výrobcích nepotravinářského charakteru a je vhodné zkontrolovat, zda daný výrobek zde není uveden. To je důležité zejména pro dovozce lineárních LED modulů. V této databázi jsou uváděny lineární LED moduly jako „LED lamp“, „LED lamp tube“, „LED tube lamp“, apod.

4 Na co si dát pozor v praxi?

Změna vlastností osvětlovací soustavy

Lineární LED moduly mají oproti lineárním zářivkám přibližně poloviční světelný tok (viz tab. 1). Výrobci nicméně přesto deklarují možnost náhrady lineárních zářivek s odkazem na směrový charakter vyzařování (do jednoho poloprostoru) lineárních LED modulů.

V některých aplikacích je toto tvrzení pravdivé, ve většině případů náhrad je situace komplikovanější. Každé svítidlo má svoji optickou část (reflektor, refraktor, difuzor apod.), která upravuje prostorové rozložení světelného toku vyzařovaného svítidlem. V případě výměny lineární zářivky za lineární LED modul se toto prostorové rozložení světelného toku svítidla může významně změnit vlivem charakteristického způsobu vyzařování lineárních LED modulů.

To může vést k situacím, kdy osvětlovací soustava nebude splňovat světelně technické požadavky norem související s ochranou zdraví a bezpečnosti vyžadované vyhláškou 268/2009 Sb. „O technických požadavcích na stavby“.

Proto v případech, kdy osvětlovací soustava se svítidly osazenými lineárními LED moduly je určena pro všeobecné osvětlování, je nezbytné znát křivky svítivosti použitých svítidel. Existují případy, na které se výše uvedená vyhláška nevztahuje, například dekorační osvětlení nebo akcentové osvětlení (osvětlení vitrín). Pak není nezbytně nutné znát křivku svítivosti takových svítidel.

Vnější kryty LED modulů a zábrana oslnění

Lineární LED moduly se dodávají s různými typy čelních krytů (čirý, prismatický, matný), které mění jas vyzařovacího povrchu LED modulů, což je třeba respektovat při posuzování zábrany oslnění. V případech, kdy se tyto zdroje mohou nacházet v zorném poli osob při běžných pohledech (například osvětlení vitrín) je vhodnější z pohledu oslnění používat lineární LED moduly s mléčným krytem, které mají nižší povrchový jas.

Vztah mezi měrným výkonem a indexem podání barev

Při návrhu osvětlení je jedním ze závazných světelně technických parametrů index podání barev R_a . Pro většinu pracovních prostorů musí být $R_a \geq 80$. V dnešní době běžně používané lineární zářivky této podmínce vyhovují na rozdíl od lineárních LED modulů, které vykazují R_a i nižší. Důležitou vlastností lineárních LED modulů je nepřímá úměrnost mezi měrným výkonem a indexem podání barev (čím větší index podání barev, tím menší měrný výkon). Proto při posuzování vhodnosti využití lineárních LED modulů v praxi je třeba hodnotit nejen jejich světelný tok a příkon, ale v závislosti na účelu použití, také index podání barev (tab. 2).

Tabulka 2. Požadavky na index podání barev pro často zastoupené prostory (dle normy ČSN EN 12464-1 Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory)

druh prostoru	min. požadavek R_a (-)	druh prostoru	min. požadavek R_a (-)
chodby, schodiště	40	kanceláře, administrativní prostory, učebny	80
parkovací prostory	20	kantýny, kuchyně, bufet	80
regálové sklady s obsluhou	60	toalety, umývárny, šatny	80
skladiště a zásobárny	60	prodejní prostory	80

Vztah mezi měrným výkonem a teplotou chromatičnosti

Dalším parametrem, kterým se hodnotí barevné vlastnosti osvětlení, je teplota chromatičnosti vyzařovaného světla, která vystihuje jeho barevný tón. Tento parametr není vyžadován platnými normami, nicméně ovlivňuje subjektivní vizuální vjem osvětleného prostoru v závislosti na hladině osvětlení (Kruithoffův diagram). V běžných pracovních prostorech dávají uživatelé přednost teple bílým, až neutrálně bílým barevným tónům odpovídajícím teplotě chromatičnosti v rozsahu přibližně od 2 700 K do 4 500 K. Použití vyšších teplot chro-

maticnosti se může projevit negativními reakcemi uživatelů. Podobně jako u indexu podání barev, existuje závislost mezi měrným výkonem a teplotou chromatičnosti. V tomto případě jde však o přímou úměrnost, tj. čím menší teplota chromatičnosti, tím menší měrný výkon.

Nereálné kalkulace a analýzy

Trh lineárních LED modulů je zaplaven menšími výrobci, v menší míře jsou zastoupeni tradiční renomovaní výrobci. Mnoho výrobců uvádí ne příliš reálné kalkulace, analýzy a doby návratnosti. Dané kalkulace je třeba vždy přepočítat pro konkrétní situaci za daných okolností. Pro příklad reálné kalkulace viz kap. 5.

Doba života

Pro ekonomické hodnocení záměny lineární zářivky lineárními LED moduly je jedním z rozhodujících parametrů jejich skutečná doba života. Mnoho výrobců udává pro lineární LED moduly dobu života 50 tisíc hodin i více. Tento údaj však platí pro určité standardizované teplotní poměry. Pokud se lineární LED moduly instalují například do uzavřených svítidel, kde se teplotní poměry výrazně liší od standardizovaných, může se jejich doba života výrazně zkrátit (až na 10 000 hodin). Doba života je přitom jedním ze základních parametrů při hodnocení návratnosti investice do lineárních LED modulů.

Činitel stárnutí světelných zdrojů

Jednou z okolností, kterou je třeba respektovat při návrhu osvětlovací soustavy, je pokles světelné toku zdrojů během jejich provozu. Tuto skutečnost vystihuje činitel stárnutí, který je roven poměru světelného toku po uplynutí předpokládané doby života k počátečnímu světelnému toku. Osvětlovací soustava je tedy na svém začátku předimenzována, aby požadované parametry osvětlení byly splněny v průběhu celé životnosti osvětlovací soustavy. Míra předimenzování závisí na hodnotě činitele stárnutí světelných zdrojů.

U moderních lineárních zářivek se hodnota činitele stárnutí pohybuje okolo 0,9. U lineárních LED modulů je výrazně nižší a bývá přibližně v rozsahu od 0,6 do 0,8. V případech, kdy se obnova osvětlovací soustavy řeší pouhou výměnou zastaralých světelných zdrojů a variantně se posuzuje použití moderních lineárních zářivek a lineárních LED modulů, je třeba pro dosažení shodných požadovaných světelně technických parametrů zohlednit udržovací činitele obou zdrojů. Proto instalovaný světelný tok svítidel s lineárními LED moduly v porovnání s lineárními zářivkami musí být o cca 10% až 50% větší.

Stroboskopický jev

Obecně při stmívání světelných diod (LED) může dojít ke stroboskopickému jevu obdobně jako u zářivek s klasickým elektromagnetickým předřadníkem. Při stmívání lineárních LED modulů v průmyslových prostorech (např. v závislosti na úrovni denní osvětlenosti) je tak vhodná kontrola výrobku z pohledu stroboskopického jevu.

Porovnání příkonů s lineárními zářivkami

Při porovnávání příkonů s lineárními zářivkami je třeba kalkulovat s příkonem celého svítidla, tedy i s příkonem předřadníku. Ve svítidle mohou být různé třídy elektromagnetických předřadníků. Elektromagnetické předřadníky se dělí do čtyř tříd:

D – elektromagnetické předřadníky s velkými ztrátami (21. 5. 2002);

C – elektromagnetické předřadníky se středními ztrátami (21. 11. 2005);

B2 – elektromagnetické předřadníky s malými ztrátami (13. 4. 2017);

B1 – elektromagnetické předřadníky s velmi malými ztrátami (13. 4. 2017).

V závorkách je uvedeno datum, od kterého se určité třídy předřadníků již nesmějí v nových svítidlech používat.

Tabulka 3. Parametry svítidel s lineárními zářivkami s průměrem 26 mm (T8) pro různé třídy elektromagnetických předřadníků

Parametr	Třída předřadníku	Parametry svítidla se zářivkami T8/26 mm (příkon P (W) / světelný tok (lm)) (světelný zdroj + předřadné zařízení)		
		18 W	36 W	58 W
		1 350 lm	3 350 lm	5 200 lm
Příkon (W)	B1	24	41	64
	B2	26	43	67
	C	28	45	70
	D	> 28	> 45	> 70
Měrný výkon (lm/W)	B1	56	82	81
	B2	52	78	78
	C	48	74	74
	D	< 48	< 74	< 74

Příkon a měrný výkon svítidel při různých kombinacích lineárních zářivek s průměrem 26 mm (T8) a elektromagnetických předradníků je uveden v tab. 3. Z hodnot je zřejmý značný rozdíl v měrném výkonu mezi svítidly se zářivkou 18 W a zářivkami 36 W a 58 W. Nižší měrné výkony u svítidel se zářivkami 18 W zaručují efektivnější záměnu za svítidla s lineárními LED zdroji v porovnání s případy se svítidly pro zářivky 36 W, resp. 58 W.

5 Posouzení potenciálu úspor

Přímá náhrada lineárních zářivek může způsobit řadu světelně technických změn v osvětlovací soustavě. Není tedy možné obecně energeticky porovnávat dvě odlišné soustavy. Pro účely přesného energetického zhodnocení je třeba znát konkrétní nahrazovanou soustavu a dodržet veškeré podmínky původní osvětlovací soustavy.

Pro zhodnocení potenciálu úspor je použit modelový příklad náhrady lineárních zářivek v obvyklém svítidle 2×36 W s elektromagnetickým předradníkem s příkonem 84 W dvěma lineárními LED moduly s příkonem 18 W. Při výpočtu byla uvažována roční doba provozu 1200 hodin a cena elektrické energie 5 Kč/kWh. Porovnání a zhodnocení úspor je zřetelné z tabulky 4.

Tabulka 4. Kalkulace úspor energie.

	linární zářivka	lineární LED modul
Typ svítidla a světelného zdroje	36W/840 elmag. př.	18W
Počet světelných zdrojů	2	2 ks
Světelný tok	3 300	1 650 lm
Příkon	42	18 W
Počet nasvícených hodin za rok	1 200	1 200 hodin
Cena elektrické energie	5,0	5,0 Kč/kWh
Průměrná životnost světelného zdroje	10 000	25 000 hodin
Cena světelného zdroje	30,0	1 000,0 Kč/ks
Hodinová mzda údržby	160,0	160,0 Kč
Čas úpravy svítidla	0,0	60,0 minut
Cena úpravy svítidla	0,0	160,0 Kč

Tabulka 4. Kalkulace úspor energie (pokračování)

	linární zářivka	lineární LED modul
Náklady na energii za rok	504,00	216,00 Kč
Náklady na pořízení a úpravu svítidla	0,00	2 160,00 Kč
Celkové náklady na svítidlo za rok	504,00	216,00 Kč
Rozdíl mezi novou a původní instalací		288,00 Kč
Roční úspora nákladů		288 Kč
Jednorázové náklady		2 160 Kč
Prostá návratnost		7,5 roků
Diskontní sazba		7,0 %
Reálná doba návratnosti		11,0 roků

Pro posouzení významnosti jednotlivých parametrů byly provedeny citlivostní analýzy.

Tabulka 5. Citlivostní analýza úspor a prosté návratnosti v závislosti na době provozu

Počet provozních hodin za rok (h)	Úspora (Kč/rok)	Prostá návratnost (roky)
1 000	240	9,0
1 200	288	7,5
1 500	360	6,0
2 000	480	4,5
4 000	960	2,3
6 000	1 440	1,5
8 760	2 102	1,0

Tabulka 6. Citlivostní analýza úspor a prosté návratnosti v závislosti na ceně lineárního LED modulu

Cena za lin. LED modul (Kč)	Jednorázové náklady (Kč)	Prostá návratnost (roky)
400	960	3,3
600	1 360	4,7
800	1 760	6,1
900	1 960	6,8
1 000	2 160	7,5
1 200	2 560	8,9

Tabulka 7. Citlivostní analýza úspor a prosté návratnosti v závislosti na ceně elektrické energie

Cena za el. energii (Kč/kWh)	Roční úspora (Kč)	Prostá návratnost (roky)
2,5	144	15,0
3,0	173	12,5
3,5	202	10,7
4,0	230	9,4
4,5	259	8,3
5,0	288	7,5
5,5	317	6,8
6,0	346	6,3

6 Závěr a manažerský souhrn

Stále častěji se objevují ve světelné technice aplikace světelných diod (LED). Jednou z těchto aplikací jsou i lineární LED moduly, které bývají v komerčních materiálech nevhodně označovány jako „LED trubice“ nebo „LED zářivky“. Zmíněné lineární LED moduly jsou určeny pro náhradu lineárních zářivek ve svítidlech. Tyto lineární LED moduly zažívají rychlý rozvoj obdobně jako mnoho dalších aplikací LED a zaměřilo se na ně mnoho malých prodejců. Díky tomu je trh zahlcen a kvalita jednotlivých produktů značně kolísá.

Lineární LED moduly pro náhradu běžných lineárních zářivek nelze obecně doporučit kvůli několika problematickým aspektům:

- ■ ■ Je-li originální svítidlo modifikováno či nově přeinstalováno kvůli použití LED modulu, neplatí pro nové svítidlo původní bezpečnostní a další prohlášení se všemi právními důsledky (toto neplatí pro lineární LED moduly nevyžadující zásah do svítidla).
- ■ ■ LED moduly namontované do svítidla určeného pro lineární zářivky výrazně mění světelně-technické parametry svítidla a při návrhu nelze zaručit normou předepsané hodnoty osvětleností, rovnoměrnosti a velmi často také indexu podání barev.
- ■ ■ V praxi nejsou dostupné křivky svítivosti svítidel nově osazených lineárními LED moduly, které jsou potřebné pro kvalifikovaný návrh osvětlovací soustavy.

- ■ ■ Mnoho současných lineárních LED modulů má nízký činitel stárnutí, což může při náhradě lineárních zářivek způsobit, že po několika letech nebudou splněny normou požadované hodnoty osvětlenosti. Při návrhu nové osvětlovací soustavy nízký činitel stárnutí zvyšuje investiční náklady na osvětlovací soustavu (pro stejný prostor je potřeba více světelných zdrojů).
- ■ ■ Pro běžné roční využití a za současných cen je využití lineárních LED modulů návratné (11 let při diskontní sazbě 7 %). Rozhodnutí o investování do použití lineárních LED modulů závisí na nákladech financování a vyhodnocení veškerých rizik. Ekonomická efektivnost opatření se výrazně zlepšuje v případě celoročního využití osvětlovací soustavy a pozitivně by ji ovlivnila vyšší cena za elektrickou energii.

Lineární LED moduly se mohou hodit především v aplikacích, kde není třeba dodržovat normu vztahující se k osvětlení pracovních prostorů a světelně technické požadavky norem související s ochranou zdraví a bezpečnosti vyžadované vyhláškou 268/2009 Sb.). Může se jednat např. o prostory bez pohybu lidí, designové osvětlení, akcentové osvětlení, apod. Někteří výrobci zaměřují lineární LED moduly jako náhrady lineárních zářivek pro osvětlení regálů a chladicích boxů. Za předpokladu splnění světelně technických a bezpečnostních podmínek je možné náhradu použít. Z tohoto hlediska je náhrada lineárních zářivek za lineární LED moduly nevhodná zvláště v případech, kdy záleží na rovnoměrnosti osvětlení (např. kancelářské prostory, garáže, apod.).



Připravilo:

SEVEN, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s.

Americká 17

120 00 Praha 2

Tel.: +420 224 252 115

E-mail: seven@svn.cz

www.svn.cz



MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU



Publikace byla zpracována za finanční podpory
Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných
zdrojů energie pro rok 2011 – Program EFEKT.

