12
2012

SVĚTELNÉ ZDROJE A SVÍTIDLA PRO VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ V ROCE 2012

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

SVĚTELNÉ ZDROJE A SVÍTIDLA PRO VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ V ROCE 2012

prosinec 2012

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

Obsah

1. ÚVOD 7

2. VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ 9

2.1 Proměny veřejného osvětlení 9

2.2 Základní pojmy 9

2.3 Prvky soustavy veřejného osvětlení 10

3. SVĚTELNÉ ZDROJE VE VEŘEJNÉM OSVĚTLENÍ 12

4. POROVNÁNÍ SOUSTAV VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ SE SODÍKOVÝMI VÝBOJKAMI A SVĚTELNÝMI DIODAMI 16

4.1 Světelné zdroje 16

4.2 Svítidla 17

4.3 Osvětlovací soustava 18

4.4 Kvalita světla 19

4.5 Bezpečnost 20

5. TRH LED SVÍTIDEL 21

6 . SHRNUTÍ DOPORUČENÍ 22

7. PŘÍKLADY Z PRAXE 23

8. VÝHLED DO BUDOUCNOSTI 25

9. PODĚKOVÁNÍ A ZDROJE 26

1 ÚVOD

Veřejné osvětlení je veřejnou službou, která slouží občanům pro zvýšení bezpečnosti a komfortu na veřejných místech.

Moderní veřejné osvětlení má splňovat několik důležitých požadavků, a to zejména na:

- bezpečnost osob a majetku, včetně zajištění vhodných zrakových podmínek pro řidiče a chodce,
- estetické vnímání – vzhled nočního města či obce a orientace,
- ekonomii provozu – náklady na spotřebu el. energie a na údržbu osvětlovací soustavy,
- omezení nevhodného vlivu na okolní prostředí (rušivé světlo).

K nejvýznamnějším změnám v oblasti světelné techniky v současné době patří prudký rozvoj nových polovodičových světelných zdrojů (LED), které se výraznou měrou začínají uplatňovat také ve veřejném osvětlení. Cílem publikace je proto informovat širokou veřejnost o možnostech využití nových typů světelných zdrojů (typu LED) ve veřejném osvětlení a jejich porovnání s dosud nejrozšířenějšími zdroji – vysokotlakými sodíkovými výbojkami. Část publikace se také věnuje probíhajícím změnám v parametrech a konstrukci nových typů LED svítidel pro veřejné osvětlení a prognózami jejich budoucího vývoje.

Publikace je určena zástupcům měst a obcí, dotčeným pracovníkům na obecních a městských úřadech, ale poslouží i projektantům osvětlení, pracovníkům technických služeb. Problematika je nicméně formulována zjednodušeně, aby byla srozumitelná široké laické veřejnosti.

Publikaci vytvořilo SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, jako nezávislá poradenská společnost. Významnou prioritou tedy byla odborná kvalita textu a jeho praktická využitelnost. Kvalifikované know-how publikace a korekturu publikace zajistila katedra elektroenergetiky Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze.

Věříme, že pro Vás bude publikace užitečná.

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

2 VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ

2.1 Proměny veřejného osvětlení

Veřejné osvětlení se v dějinách několikrát výrazně proměnilo. Počátky veřejného osvětlení lze nalézt již v antice (Pompeje). V té době bylo obvykle tvořeno pochodněmi, kahany a olejovými lampami zavěšenými na náměstích a rozích domů.

První výraznou změnou ve veřejném osvětlení bylo zavedení plynového osvětlení (v Praze od roku 1847). Další mezník představuje využití elektrických světelných zdrojů. Hlavním propagátorem elektrického veřejného osvětlení byl u nás František Křižík. V roce 1881 bylo v Praze zřízeno dočasné osvětlení **obloukovými lampami**. První stálé elektrické osvětlení v českých zemích bylo instalováno v Jindřichově Hradci v roce 1887.

Významného rozvoje dosáhlo elektrické osvětlení v průběhu 20. století. Obloukové lampy byly postupně nahrazovány klasickými žárovkami a posléze **vysokotlakými rtuťovými** či **směsovými výbojkami**.

Od 70. let 20. století se začaly instalovat účinnější **vysokotlaké sodíkové** výbojky, jejichž podíl ve veřejném osvětlení v ČR tvoří dle výsledků výzkumu z roku 2010 přibližně 90 %. Vedle vysokotlakých sodíkových výbojek se pro osvětlování některých specifických míst (např. centra měst, křižovatky, přechody pro chodce) využívají **halogenidové výbojky**.

V posledních čtyřech letech se v oblasti veřejného osvětlení začínají postupně uplatňovat nové typy světelných zdrojů – **světelné diody** (LED). Rychlý růst měrného výkonu, dlouhá doba života i postupný pokles ceny světelných diod vytvářejí předpoklady pro stále širší uplatnění těchto světelných zdrojů i v oblasti veřejného osvětlení.

2.2 Základní pojmy

Pro následující porovnání hlavních typů světelných zdrojů pro veřejné osvětlení je důležité znát několik základních termínů z oblasti osvětlování: především světelný tok, jas, osvětlenost, doba života, teplota chromatičnosti, index podání barev, měrný výkon a také termíny související se samotnými svítidly: předřadník, optické části, světelný zdroj, účinnost svítidla, křivky svítivosti, činitel využití a udržovací činitel.

Světelný tok

Světelný tok odpovídá množství světla, které vyzařuje světelný zdroj či svítidlo. Udává se v lumenech (lm) a označuje se Φ (fí). Světelný tok tedy představuje výkon světelného zdroje či svítidla měřený ve světelně technických jednotkách. Např. vysokotlaká sodíková výbojka o příkonu 100 W vyzařuje světelný tok cca 10 000 lm.

Jas

Jas je měřítkem reakce lidského oka na světlo, které se odráží od pozorované plochy směrem k pozorovateli. Jas se označuje L a jednotkou je kandela na metr čtvereční (cd/m^2). Jas je veličina, kterou se hodnotí úroveň osvětlení na pozemních komunikacích vyšších tříd určených pro motorovou dopravu (ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Požadavky). Požadované průměrné hodnoty jasu povrchu zmíněných komunikací se pohybují v rozmezí 0,3 až 2 cd/m^2.

Osvětlenost

Osvětlenost je měřítkem světelného toku dopadajícího na osvětlovanou plochu. Označuje se písmenem E a jednotka osvětlenosti je lux (lx). Osvětlenost je veličina, kterou se hodnotí úroveň osvětlení na pozemních komunikacích nižších tříd (ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Požadavky) – především vedlejších komunikací s omezenou rychlostí vozidel, komunikací pro pěší či cyklisty apod. Požadované průměrné hodnoty osvětlenosti zmíněných komunikací se pohybují v rozmezí 2–50 lx.

Doba života světelného zdroje

Doba života světelného zdroje je doba, po kterou světelný zdroj splňuje stanovené požadavky. Doba života se označuje písmenem t a udává se v hodinách (h). Požadavky, na jejichž základě se posuzuje doba života zdroje, se vážou buď na pokles světelného toku v průběhu provozu (světelný tok každého světelného zdroje v provozu postupně klesá), nebo na podíl výpadku zdrojů ze zkoušeného souboru. Pro popis podílu výpadků zdrojů ze zkoušeného souboru se používá tzv. **střední doba života**, což je doba, po jejímž uplynutí zůstává funkčních ještě 50 % světelných zdrojů. Pro charakterizování pokle-

su světelného toku světelných zdrojů se používá tzv. **efektivní doba života**, která odpovídá době provozu, po které klesne světelný tok na určitou hodnotu, např. 70 %.

Teplota chromatičnosti

Teplota chromatičnosti charakterizuje bílý tón barvy vyzařovaného světla. Označuje se T_c a udává se v kelvinech (K). Tón barvy bílého světla se obvykle dělí do tří skupin, a to světlo s teple bílým tónem barvy (méně než 3 300 K), s neutrálně bílým tónem (v rozmezí 3 300–5 300 K) a s chladně bílým tónem (více než 5 300 K). Například světelné diody se vyrábějí v širokém rozsahu teplot chromatičnosti (cca od 3 000 K do 8 000 K); naproti tomu klasické žárovky mají teple bílý tón světla s teplotou chromatičnosti 2 700 K.

Index podání barev

Index podání barev (R_a) vystihuje míru zkreslení vjemu barev pod určitým typem světelných zdrojů v porovnání s vjemem barev ve světle teplotních zdrojů (Slunce, žárovka). Index podání barev se pohybuje v rozmezí 0–100. Věrný vjem barev charakterizuje index podání barev 100 (světlo klasických či halogenových žárovek) a naopak případ, kdy člověk nerozlišuje barvy vůbec, charakterizuje index podání barev 0 (např. prakticky jednobarevné světlo nízkotlaké sodíkové výbojky). Porovnání jednotlivých světelných zdrojů užívaných pro veřejné osvětlení je patrné z tabulky č. 2.

Měrný výkon

Měrný výkon světelného zdroje udává účinnost přeměny elektrické energie na světelnou. Je roven poměru vyzařovaného světelného toku světelného zdroje a jeho elektrického příkonu. Měrný výkon se používá pro vzájemné porovnání účinnosti světelných zdrojů. Označuje se η (éta) a udává se v lumenech na watt (lm/W). Například sériově vyráběné světelné diody mají měrný výkon 150 lm/W.

Křivky svítivosti

Křivky svítivosti nebo také vyzařovací charakteristiky popisují rozložení světelného toku svítidla do prostoru.

Účinnost svítidla

Účinnost svítidla udává míru využití světelného toku zdroje. Stanoví se jako poměr světelného toku vyzařovaného svítidlem a toku světelných zdrojů instalovaných ve svítidle. Například účinnost kvalitních svítidel určených pro osvětlování pozemních komunikací pro motorovou dopravu se pohybuje v rozsahu 80–90 %.

Činitel využití toku svítidla

Činitel využití světelného toku svítidla je roven podílu světelného toku dopadajícího na osvětlovanou plochu (např. plocha vozovky) a celkového toku vyzařovaného svítidlem. Popisuje skutečnost, že ne veškerý světelný tok vyzářený svítidlem dopadne na osvětlovaný povrch.

Udržovací činitel

Světelný tok vyzařovaný svítidly během provozu osvětlovací soustavy postupně klesá. Míru tohoto poklesu vystihuje udržovací činitel. Příčinou zmíněného snížení světelného toku je jednak pokles světelného toku zdrojů vlivem jejich stárnutí, a jednak znečištění a degradace optických částí svítidel. Požadované světelně technické parametry uváděné v normách musí však být dodrženy v průběhu celé doby provozu osvětlovací soustavy. Proto je nezbytné osvětlovací soustavu na počátku provozu předimenzovat.

2.3 Prvky soustavy veřejného osvětlení

Světelný zdroj

Světelný zdroj slouží k přeměně elektrické energie na světelnou. Mezi jeho základní parametry patří světelný tok Φ (lm), elektrický příkon P (W), měrný výkon η (lm/W), doba života t (h), index podání barev R_a (–), teplota chromatičnosti T_c (K). Podle způsobu vzniku světla se elektrické světelné zdroje dělí na teplotní, výbojové a polovodičové (LED). Ve veřejném osvětlení se v současnosti teplotní zdroje již nepoužívají. Podrobnější informace o zdrojích jsou uvedeny v kapitole 3.

Svítidlo

Svítidlo je technické zařízení, které slouží k úpravě prostorového rozložení světelného toku, který vyzařuje světelný zdroj umístěný ve svítidle. Dále svítidlo zajišťuje omezení povrchových jasů zdrojů a případně může sloužit ke změně spektrálního složení vyzařovaného světla. Součástí elektrických svítidel jsou, vedle světelných zdrojů, předřadných zařízení a elektrické výzbroje, rovněž optické části a díly potřebné pro upevnění a ochranu světelných zdrojů. Konstrukce svítidel musí mít takové provedení, aby jejich provoz byl bezpečný.

Výbojové i polovodičové světelné zdroje nelze připojit přímo k napájecí rozvodné síti, ale potřebují ke svému provozu předřadná zařízení. Svítidla pro výbojové světelné zdroje mohou mít dva typy předřadníku: **elektromagnetický** (indukční – tlumivka) a **elektronický**. Doposud nejpoužívanějším typem je elektromagnetický předřadník. Elektronický předřadník zajišťuje lepší napájecí podmínky pro světelné zdroje, obvykle prodlužuje dobu života zdroje a v porovnání s elektromagnetickým předřadníkem má nižší ztráty. Příkon klasického elektromagnetického předřadníku tvoří asi pětinu celkového příkonu svítidla, příkon elektronického předřadníku asi desetinu. Nevýhodou elektronického předřadníku je vyšší pořizovací cena. Předřadná zařízení u svítidel pro světelné diody (LED) jsou proudové zdroje, zajišťující optimální podmínky pro provoz diod. Ztráty v předřadném zařízení u LED svítidel se pohybují v rozmezí 10–15% příkonu celého svítidla.

Úpravu rozložení světelného toku zdrojů zajišťují optické části svítidel, k nimž patří reflektory, refraktory, difuzory, čočky, clony a stínítka. Reflektor upravuje rozdělení toku odrazem, refraktor a čočka lomem a difuzor rozptylem. U svítidel se světelnými diodami lze upravit rozložení světelného toku i nasměrováním jednotlivých čipů. Více informací o odlišnostech mezi výbojkovými svítidly a LED svítidly je v kapitole 4.1.

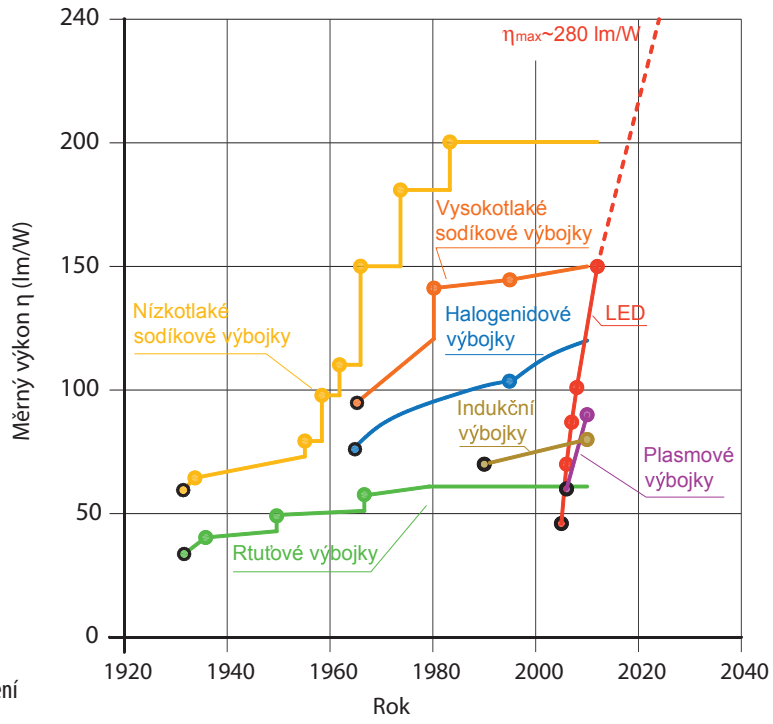
Nosné konstrukce

Vzhledem k prostorovému uspořádání světelných míst ve veřejném osvětlení je třeba svítidla umisťovat na různé nosné konstrukce (stožár, výložník, rameno, převěsové lano). Nosná konstrukce může být vyrobena z různých materiálů, obvykle ocel, beton, hliník, plast, dřevo.

3 SVĚTELNÉ ZDROJE VE VEŘEJNÉM OSVĚTLENÍ

Světelné zdroje jsou hlavní součástí veřejného osvětlení a ovlivňují jeho podobu, energetickou náročnost, cenu i náklady na údržbu. Shrnutí základních parametrů je uvedeno v tabulce 2. Na většinu výbojových světelných zdrojů, předřadníků a svítidel se vztahuje nařízení (ES) č. 245/2009, doplněné nařízením č. 347/2010, které stanovuje minimální účinnosti a minimální kvalitativní parametry. Zjednodušený přehled požadavků je uveden v tabulce 1 na konci kapitoly.

Následující popis světelných zdrojů se zaměřuje na ty, které jsou v českém veřejném osvětlení nejvíce zastoupeny. Proto nejsou v přehledu uvedeny lineární zářivky a nízkotlaké sodíkové výbojky a nezaměřuje se na světelné zdroje pro architektonické osvětlení. Vývoj měrných výkonů světelných zdrojů pro veřejné osvětlení je graficky znázorněn na obr. 1.



Obrázek 1.
Graf vývoje měrných výkonů světelných zdrojů používaných ve veřejném osvětlení

Vysokotlaké rtuťové výbojky

Vysokotlaké rtuťové výbojky vyzařují modrozelené až modrobílé světlo, v němž chybí červená složka. Vnímání barev ve světle těchto zdrojů je velmi zkresleno. Měrný výkon klasických rtuťových výbojek bývá 50 lm/W a střední doba života 20 000 hodin. Kvůli relativně nízkému měrnému výkonu a nevhodným barevným vlastnostem bude tento typ výbojek stažen z trhu od roku 2015. Již v současnosti se tyto světelné zdroje nahrazují halogenidovými nebo vysokotlakými sodíkovými výbojkami.

Kompaktní zářivky

Zářivky jsou světelné zdroje, u kterých je záření generováno nízkotlakým výbojem v parách rtuti převážně v UV oblasti spektra a s využitím luminoforu je toto záření transformováno do viditelné oblasti spektra. Měrný výkon zářivek v závislosti na kvalitě luminoforu a typu předřadníku může dosahovat až 100 lm/W při střední době života až 15 000 hodin a kvalitním podání barev. Hlavní nevýhodou kompaktních zářivek je pokles světelného toku při poklesu teploty okolí.

V našich zeměpisných šířkách se veřejné osvětlení provozuje převážně v období nižších teplot, kdy je již pokles světelného toku zářivek citelný. K nevýhodám kompaktních zářivek patří též poměrně velké rozměry vyzařovací plochy, což zhoršuje podmínky přesnějšího směrování světelného toku zdrojů op-

tickým systémem svítidla na osvětlovanou plochu komunikace. Z uvedených důvodů je v naší republice použití zářivek ve veřejném osvětlení zpravidla omezeno jen na komunikace nižších tříd. Použití pro osvětlení komunikací pro motorovou dopravu je nevhodné.

Indukční výbojky

Indukční výbojky fungují podobně jako zářivky. Nemají ale elektrody, páry rtuti jsou buzeny vysokofrekvenčním elektromagnetickým polem. V porovnání s kompaktními zářivkami tedy nedochází při provozu k opotřebování elektrod. Z tohoto důvodu mají indukční výbojky dobu života až 60 000 hodin. Měrný výkon indukčních výbojek dosahuje 80 lm/W, při indexu podání barev $R_a > 80$. Nevýhodou je vysoká cena, jejich velké rozměry a nejednotný sortiment, tedy i malý výběr vhodných svítidel.

Halogenidové výbojky

Halogenidové výbojky jsou vysokotlaké rtuťové výbojky, u nichž je světlo generováno nejen zářením par rtuti, ale převážně zářením par příměsí halových prvků a vzácných zemin. Dosahují obvykle měrného výkonu až 100 lm/W při střední době života 12 000 h a kvalitním podání barev ($R_a > 80$). Některé typy vykazují měrný výkon i 115 lm/W při střední době života 30 000 hodin. Halogenidové výbojky poskytují příjemné bílé světlo při věrnějším vjemu barev v porovnání s běžně používanými zdroji ve veřejném osvětlení. Při volbě halogenidových výbojek je třeba vzít v úvahu relativně nižší dobu života a vyšší cenu. Proto se halogenidové výbojky používají zejména k osvětlení městských částí se zvýšeným pěším provozem (historická centra, nákupní třídy apod.) a pro osvětlení nebezpečných míst (přechody pro chodce, křižovatky apod.).

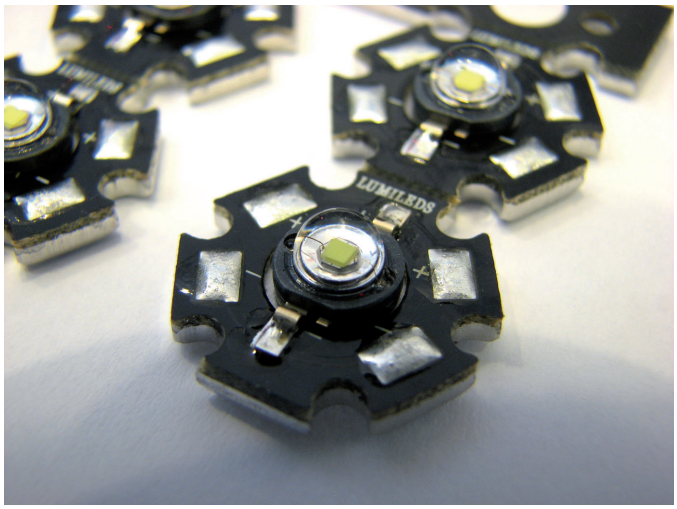
Vysokotlaké sodíkové výbojky

Vysokotlaké sodíkové výbojky jsou založeny na výboji v parách sodíku a vykazují vysoké měrné výkony (120 lm/W) při dlouhé době života (obvykle 25 000 h). Jejich nevýhodou je zhoršené podání barev (nízký index podání barev $R_a = 25$). Vzhledem k velké účinnosti přeměny elektrické energie na světelnou (vysoký měrný výkon), dlouhé době života i jejich spolehlivosti jsou ve veřejném osvětlení nejpoužívanějšími zdroji. Vysokotlaké sodíkové výbojky se rozdělují podle svého konstrukčního provedení na válcové (obr. 2) a elipsoidní. Válcové se používají ve svítidlech s přesnějším směrováním světelného toku a hodí se tak např. na osvětlení vozovek, chodníků a cyklostezek. Světlo elipsoidních výbojek se hůře směruje a užívají se především pro celkové osvětlení venkovního prostoru (parky, náměstí, apod.), kde se požaduje nejen osvětlení komunikací, ale také vertikálních rovin (fasády budov, obličeje chodců apod.)

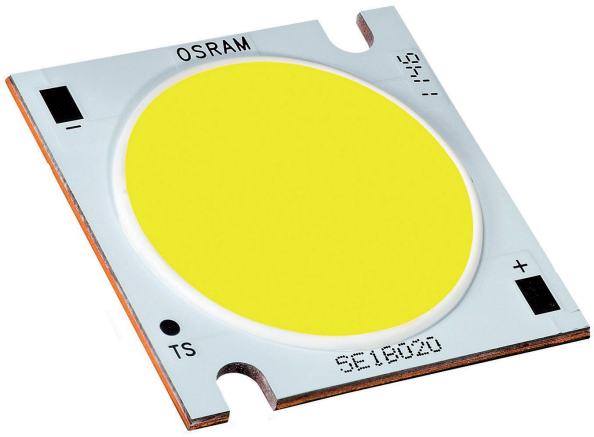
Obrázek 2. Příklad vysokotlaké sodíkové výbojky ve válcovém provedení (zdroj: Osram)

Světelné diody (LED)

Světelné diody patří do skupiny polovodičových světelných zdrojů a vzhledem ke svým vlastnostem a parametrům jsou považovány za perspektivní zdroje pro oblast veřejného osvětlení. Bílé světlo lze u světelných diod získat dvěma způsoby. U prvního způsobu je záření generováno převážně v modré oblasti spektra a do ostatních částí spektra je transformováno s využitím luminoforu. U druhého způsobu se bílé



Obrázek 3. Příklad výkonové diody 1 W, 350 mA (Philips)



Obrázek 4. Příklad vícečipové diody (Osram)

světlo získává míšením tří základních barevných tónů (červená, zelená, modrá – tzv. RGB systém). Doposud se nejčastěji využívá prvního zmíněného způsobu.

Měrné výkony světelných diod dosahují v současnosti až 150 lm/W při době života až 70 000 hodin (za předpokladu dodržení předepsaných teplotních poměrů při jejich provozu), a to i při dobrém podání barev ($R_a > 70$). K jejich dalším výhodám patří snadná regulace, možnost přesného usměrnění světelného toku (malé rozměry) a možnost volby barevného tónu světla. V současné době jsou světelné diody stále ve fázi vývoje, jejich měrný výkon i doba života neustále rostou (dnes jsou v laboratořích světelné diody s měrným výkonem cca 260 lm/W a očekává se růst až k hodnotám 280 lm/W).

Světelné diody lze podle příkonu dělit do tří skupin:

- standardní LED 0,1–1 W
- výkonové LED (HP LED) 1–10 W (obr. 3)
- vícečipové LED (COB LED) 10–180 W (obr. 4)

Další podrobnosti týkající se vysokotlakých sodíkových výbojek a světelných diod jsou uvedeny v kapitole 4.

Tabulka 1. Přehled legislativních omezení týkající se světelných zdrojů pro veřejné osvětlení

termín	dotčená skupina výrobků	požadavek či důsledek nařízení	náhrada
duben 2012	**výbojky** (pouze patice E27, E40 a PGZ12)	■ Stažení standardních vysokotlakých sodíkových výbojek ■ Stažení neúčinných halogenidových výbojek ■ Definovány meze činitele stárnutí a činitele funkční spolehlivosti	■ Vysoce účinné vysokotlaké sodíkové výbojky ■ Účinné halogenidové výbojky
	předřadníky	■ Stažení neúčinných předřadníků pro vysokotlaké výbojky	
	svítidla	■ Povinnost uvádět technické informace k výbojkovým svítidlům (nad 2000 lm)	
duben 2015	**výbojky** (pouze patice E27, E40 a PGZ12)	■ Stažení vysokotlakých rtuťových výbojek a vysokotlakých sodíkových určených pro jejich přímou náhradu	■ Náhrada neexistuje, je třeba vyměnit svítidla
duben 2017	**kompaktní zářivky** bez integrovaného předřadníku	■ Stažení dvoukolíkových kompaktních zářivek	■ Náhrada neexistuje, svítidla s elektromagnetickým předřadníkem je třeba vyměnit za svítidla s elektronickým předřadníkem
	výbojky (pouze patice E27, E40 a PGZ12)	■ Další zpřísnění požadavků na měrný výkon halogenidových výbojek	■ Vysoce účinné halogenidové výbojky
	předřadníky	■ Další zpřísnění požadavků na účinnost předřadníků pro vysokotlaké výbojky ■ Zpřísnění požadavků na účinnost předřadníků pro kompaktní zářivky (elektronické předřadníky třída A2 a pro stmívatelné A1)	

Pozn.: Omezení vyplývající z nařízení Evropské komise ES č. 245/2009

Tabulka 2. Porovnání světelných zdrojů vhodných pro veřejné osvětlení

Parametr		Světelný zdroj				
		Kompaktní zářivka	Rtuťová výbojka	Vysokotlaká sodíková výbojka	Halogenidová výbojka	Světelná dioda
Obvyklé označení		TC-L	HQL, RVE	HST, HSE	HIT, HIE	HP LED, COB LED
Příkon	P (W)	36–80	50–400	50–250	35–250	1–180
Světelný tok	Φ (lm)	2 900–6 500	1 900–22 000	4 000–33 000	4 700–25 000	100–18 000
Měrný výkon	η (lm/W)	80	37–57	75–130	80–100	100–150
Doba života, výpadek 10%	$t_{n90\%}$ (h)	13 000	12 000	10 000–22 000	4 000–12 000	x*)
Doba života, výpadek 50%	$t_{n50\%}$ (h)	20 000	16 000	25 000–35 000	11 000–21 000	x
Pokles Φ po 10 000 h	z_z (–)	0,85–0,97	0,8–0,99	0,8–0,95	0,55–0,80	0,95–0,99
Teplota chromatičnosti	T_c (K)	2 700–6 500	3 500–4 200	2 000	3000–4000	2 600–8 500
Barevný tón		teple až chladně bílá	neutrálně bílá	teple bílá	teple až neutrálně bílá	teple až chladně bílá
Index podání barev	R_a (–)	80–90	39–56	20–25	80–90	65–90
Výhody		dobré podání barev, nízké investiční náklady		vysoký měrný výkon, dlouhá doba života	velmi dobré podání barev	vysoký měrný výkon, dlouhá doba života, velmi dobré podání barev
Nevýhody		teplotní závislost světelného toku, kratší doba života, horší usměrnění světelného toku	nízký měrný výkon, horší podání barev, kratší doba života	nízký index podání barev	kratší doba života, vyšší investiční náklady	vysoká cena, teplotní závislot technických parametrů
Použití		Obslužné komunikce, rezidenční oblasti, pěší zóny, náměstí	Obslužné komunikace	Všechny typy komunikací mimo komunikace s převažujícím pohybem chodců	Pozemní komunikace s převažujícím pohybem chodců (náměstí, pěší zóny), přechody pro chodce	Všechny typy pozemních komunikací

*) Pozn. V současné době nejsou k dispozici přesná statistická data. Za předpokladu dodržení předepsaných teplotních poměrů lze očekávat, že doba života při výpadku 10% zdrojů bude vyšší než 50 000 hodin.

4 POROVNÁNÍ SOUSTAV VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ SE SODÍKOVÝMI VÝBOJKAMI A SVĚTELNÝMI DIODAMI

Soustavy veřejného osvětlení se sodíkovými výbojkami a světelnými diodami se liší nejen použitými světelnými zdroji, ale také vlastnostmi svítidel, charakterem osvětlení, geometrií a provozem.

4.1 Světelné zdroje

V současnosti jsou v osvětlovacích soustavách veřejného osvětlení nejčastěji používány vysokotlaké sodíkové výbojky s příkony od 50 W do 150 W. Starší typy těchto výbojek s menším měrným výkonem nemohou být od roku 2012 v rámci nařízení evropské komise (ES) č. 245/2009 umisťovány na trh.

Od roku 2008 se začínají realizovat první pilotní projekty s LED svítidly v oblasti veřejného osvětlení. V počátcích parametry světelných diod zaostávaly za parametry vysokotlakých výbojek. Nicméně v rozmezí let 2010 a 2011 parametry sériově vyráběných světelných diod předních světových výrobců překonaly parametry vysokotlakých sodíkových výbojek běžně používaných ve veřejném osvětlení. Tento vývoj technických parametrů LED přispívá k jejich postupnému uplatňování ve veřejném osvětlení, nicméně jejich širokému využití stále brání relativně vysoká cena. Výroba světelného toku 1 lm je totiž v dnešní době u světelné diody přibližně 30 krát dražší než u vysokotlaké sodíkové výbojky.

Ve svítidlech pro veřejné osvětlení se v současné době používají dva typy světelných diod, a to výkonové (HP LED) a vícečipové (COB LED). Vícečipové diody se vyznačují větší vyzařovací plochou a tudíž usměrnění jejich světelného toku do požadovaných směrů by vyžadovalo náročnější a dražší optický systém svítidla. Proto se tento typ diod obvykle používá ve svítidlech s jednoduchými optickými systémy, jejichž hlavní funkcí je usměrnit světelný tok do dolního poloprostoru. V případě použití výkonových diod, které se vyznačují malou vyzařovací plochou, je sice třeba pro dosažení požadovaného světelného toku do svítidla instalovat větší počet diod, ale malé rozměry umožňují přesnější směrování světelného toku.

Porovnání nejdůležitějších parametrů a jejich rozsahu u sériově vyráběných vysokotlakých sodíkových výbojek a světelných diod je uvedeno v tab. 3.

Dosažení uvedených technických parametrů světelných diod je podmíněno dodržením předepsaných teplotních poměrů, což klade vyšší nároky na jejich chlazení. Zvýšení jejich provozní teploty nad povolenou mez vede k výraznému snížení světelného toku, zkrácení doby života a ke změně spektrálních vlastností.

Tabulka 3. Porovnání parametrů vysokotlakých sodíkových výbojek a světelných diod

Parametr		Vysokotlaké sodíkové výbojky	Světelné diody	
			HP LED	COB LED
Příkon	**P (W)**	50–150	1–10	10–180
Světelný tok	**Φ (lm)**	4 000–18 000	100–1000	1 000 - 18 000
Měrný výkon	**η (lm/W)**	80–110	80–150	100–150
Teplota chromatičnosti	**T_c (K)**	2 000	3 000–8 000	3 000–5 000
Index podání barev	**R_a (–)**	20–25	70–90	65–90
doba života	**t (h)**	30 000 *)	50 000 **)	50 000 **)

Pozn.: *) doba života při 50% výpadku zkoušeného souboru výbojek (střední doba života)
**) doba při poklesu světelného toku na 70% jmenovité hodnoty (efektivní doba života)

Při porovnávání parametrů vysokotlakých sodíkových výbojek a světelných diod je třeba upozornit na to, že zatímco u vysokotlakých sodíkových výbojek jsou rozdíly technických parametrů mezi jednotlivými výrobci velmi malé, v případě světelných diod jsou rozdíly velmi velké a výše uvedených parametrů dosahují pouze světelné diody předních světových výrobců.

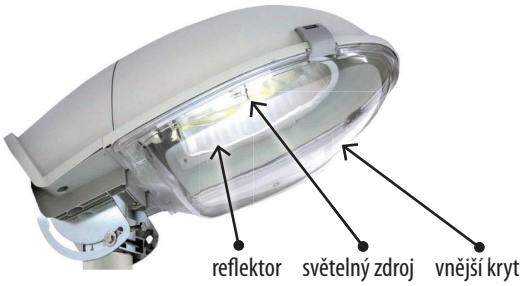
4.2 Svítidla

Svítidla se obecně skládají ze tří základních částí: optické, elektrické a mechanické. Optická část slouží k usměrnění světelného toku světelných zdrojů do požadovaných směrů, případně ke změně jejich spektrálních vlastností. Elektrická část slouží k připojení světlených zdrojů k napájecí síti a popřípadě k úpravě napájecích podmínek pro světelný zdroj. Mechanické části pak slouží k upevnění světelného zdroje uvnitř optického systému a k jeho ochraně.

Ve veřejném osvětlení lze podle účelu rozlišit dva základní typy svítidel. První typ slouží pro osvětlení povrchu pozemních komunikací a jejich účelem je co nejúčinněji osvětlit zmíněný povrch a maximálně omezit světlo vyzařované do jiných směrů. Druhý typ je určen pro osvětlení veřejných prostorů, tedy nejen povrchů komunikací, ale také vertikálních ploch, aby uživatelé byli schopni jak rozlišovat překážky na komunikaci, tak dobře vnímat okolní prostředí, včetně obličejů ostatních uživatelů, fasád budov, zeleně a dalších prvků městského prostoru.

Optický systém svítidla

Světelný tok vysokotlakých sodíkových výbojek je vyzařován do celého prostoru. Optický systém svítidel s těmito výbojkami musí jejich světelný tok usměrnit do dolního poloprostoru a upravit jeho rozložení podle charakteru osvětlované plochy. K tomuto účelu se používají reflektory, refraktory nebo difuzory, případně jejich kombinace (obr. 5).



Obrázek 5. Příklad optického systému svítidla pro osvětlení pozemní komunikace s vysokotlakou sodíkovou výbojkou (zdroj: Philips)

U svítidel se světlenými diodami se používá dvou základních typů optických systémů, a to:

- optický systém je součástí svítidla a usměrňuje světelný tok diod, resp. jejich modulů (obr. 6),
- optický systém je součástí světelných diod, resp. jejich modulů (obr. 7).

Ve svítidlech s prvním optickým systémem se zpravidla používají vícečipové světelné diody (COB LED), neboť jejich vyzařovací plocha je relativně velká a vyžaduje rozměrnější optický systém. Ve svítidlech s druhým typem optického systému se zpravidla využívají výkonové světelné diody (HP LED), jejichž vyzařovací plocha je velmi malá.

Obrázek. 6. Příklad svítidla s vlastním optickým systémem (reflektorem), osazeného LED modulem (zdroj: Philips)

Obrázek 7. Příklad svítidla se světelnými diodami vybavenými optickým systémem (optické čočky) (zdroj: Philips)

Využití světelného toku svítidla

U svítidel s vysokotlakými sodíkovými výbojkami je optickým systémem zpracovávána pouze část světelného toku zdrojů. Například u běžných uličních svítidel s čirým krytem je optickým systémem kontrolován pouze světelný tok dopadající na reflektor, který je odražen do požadovaných směrů. Světelný tok vyzařovaný přímo ze svítidla není optickým systémem kontrolován a může tudíž dopadat i mimo osvětlovanou plochu.

Světelné diody jsou světelné zdroje, u nichž je světelný tok vyzařován do jednoho poloprostoru a je tedy již částečně usměrněn. Vedle toho malé rozměry svíticích částí světelných diod umožňují konstrukci přesnějších optických systémů. Oba tyto aspekty přispívají k většímu využití světelného toku světelných diod.

Předřadné přístroje

Vysokotlaká sodíková výbojka potřebuje ke svému provozu předřadný přístroj, který je součástí svítidla a plní dvě funkce. Slouží jednak k zapálení výboje po zapnutí svítidla a jednak ke stabilizaci hoření oblouku v průběhu běžného provozu. Součástí předřadného přístroje je zapalovač generující vysokonapěťové impulsy a tlumivka omezující proud protékající obloukem výbojky. Elektromagnetické předřadníky s tlumivkou se dosud v praxi vyskytují nejčastěji. V poslední době se objevily i elektronické předřadníky pracující na vyšších frekvencích, které sice šetří samotné světelné zdroje, ale jejich využití je vzhledem k cenovým relacím velmi omezené. Světelná dioda je světelný zdroj, který pracuje na malém napětí. Z tohoto důvodu vyžaduje ke svému provozu předřadný přístroj, který upravuje napájecí podmínky (napětí, proud). V předřadných přístrojích dochází ke ztrátám, které u obou typů svítidel tvoří přibližně 10–15 % z celkového příkonu svítidla.

Příkonové řady

Pro identifikaci vysokotlakých sodíkových výbojek, předřadníků i svítidel se v praxi ustálilo používání příkonových řad. Danému příkonu vysokotlaké sodíkové výbojky odpovídal konkrétní světelný tok, přičemž rozdíly mezi jednotlivými výrobci byly minimální. To mělo výhodu v jednodušší orientaci při návrhu, údržbě i provozování osvětlovací soustavy. V případě LED svítidel jednotné příkonové řady neexistují, což je dáno rychlým vývojem měrného výkonu světelných diod a velkými rozdíly v parametrech světelných diod mezi jednotlivými výrobci. Světelné diody lze mimo to provozovat v určitém rozsahu příkonů a přizpůsobovat je tak konkrétním požadavkům. V současné době je jediným spolehlivým kvantitativním parametrem LED svítidel jejich výstupní světelný tok. Neexistence jednotné příkonové řady světelných diod má za následek ztíženou orientaci v nabídce jednotlivých výrobců a klade vyšší nároky na projektanty při výběru vhodných typů svítidel.

4.3 Osvětlovací soustava

Stmívání

Využití osvětlovací soustavy veřejného osvětlení je v průběhu jejího nočního provozu nerovnoměrné. Nejvíce je využívána po setmění a v brzkých ranních hodinách. Z tohoto důvodu je logické, že v době velmi malého provozu uprostřed noci by mohly být hladiny osvětleností na komunikacích nižší. Tento princip, označovaný také jako „adaptivní osvětlení“, se již objevuje v rámci mezinárodních doporučení (CIE) a předpokládá se, že bude zaveden do stávajících norem pro veřejné osvětlení. Nicméně i stávající normy připouštějí snížení hladiny osvětlení v době nižší intenzity provozu. Toto snížení lze principiálně dosáhnout dvěma způsoby:

- vypínáním části svítidel osvětlovací soustavy (například každé druhé);
- regulací světelného toku svítidel (plynulá, skoková).

První způsob snížení hladiny osvětlenosti není ve veřejném osvětlení vhodný, neboť se tím narušují základní požadované parametry, zejména rovnoměrnost osvětlení, a z pohledu dopravy vznikají potenciálně velmi nebezpečné situace (střídání tmavých a světlých míst na povrchu komunikace). Druhý způsob snížení hladiny osvětlenosti spočívá v regulaci světelného toku jednotlivých svítidel.

V případě vysokotlakých sodíkových výbojek se používá amplitudová nebo fázová regulace vstupního napětí. Regulovat lze pouze v omezeném rozsahu, který je ale pro veřejné osvětlení zpravidla dostačující. V praxi se používají nejčastěji centrální regulátory snižující napětí nebo speciální předřadné přístroje. Světelné diody lze stmívat v celém rozsahu světelného toku. V porovnání se svítidly pro vysokotlaké sodíkové výbojky je stmívání jednodušší a relativně levnější, jelikož tato funkce je již součástí elektronického předřadníku nebo součástí modulu, který lze do svítidla snadno integrovat. Rovněž případné komunikační funkce obvykle nejsou u LED svítidel další finanční a technickou zátěží.

Dimenzování osvětlovacích soustav

Při provozu osvětlovací soustavy dochází k jejímu stárnutí, které se projevuje poklesem vyzařovaného světelného toku. U soustav veřejného osvětlení je tento pokles způsoben jednak poklesem světelného toku světelných zdrojů a jednak zašpiněním svítidel. Vzhledem k tomu, že požadované světelně technické parametry na osvětlovaných komunikacích musí být zajištěny po celou dobu života, je třeba osvětlovací soustavy při jejím návrhu předimenzovat. Pokles světelného toku se u moderních sodíkových výbojek pohybuje do 10 %, u světelných diod je rozsah větší a pohybuje se v rozsahu od 10 % do 30 %. Pokles světelného toku v důsledku zašpinění svítidel závisí na krytí svítidla (označení IP) a na znečištění ovzduší a intervalu čištění a pohybuje se v rozsahu od 10 % do 20 %. U moderních LED svítidel existuje **funkce konstantního světelného toku**. Světelné diody jsou na začátku provozu napájeny nižším proudem; s narůstajícím počtem provozních hodin se tento proud postupně zvyšuje tak, aby byl výstupní světelný tok diod konstantní. Touto funkcí lze ušetřit přibližně 10 % elektrické energie – příkon osvětlovací soustavy při zahájení provozu soustavy bude nižší než na konci doby života. Nicméně při návrhu osvětlovací soustavy je třeba u LED svítidel s funkcí konstantního světelného toku počítat s poklesem světelného toku vlivem zašpinění svítidel.

Údržba

Vzhledem k tomu, že doba života světelných diod i předřadných zařízení je u kvalitních LED svítidel v porovnání s výbojkovými svítidly významně delší, lze očekávat i nižší náklady na údržbu LED svítidel. Nicméně i LED svítidla vyžadují svoji údržbu, do které patří například čištění svítidel nebo jejich revize. Poměrně často se objevující slovní spojení „bezúdržbová LED svítidla“ jsou především marketingovým sloganem, který neodpovídá reálné situaci.

Ekonomika

Při posuzování vhodnosti použití LED svítidel ve veřejném osvětlení je třeba vycházet z konkrétní situace. Pokud je cílem snížit energetickou náročnost osvětlovací soustavy prostou výměnou zastaralých výbojkových svítidel, pak při použití moderních svítidel pro vysokotlaké sodíkové výbojky je návratnost v porovnání s kvalitními LED svítidly stále kratší, a to i v případech, kdy provozní náklady u LED svítidel jsou již podstatně nižší. Je to dáno výrazně vyšší cenou LED svítidel. Pokud však obec získá investiční prostředky z dotačního titulu, je možné z pohledu obce „uměle“ zkrátit návratnost soustavy LED svítidel na akceptovatelnou úroveň. Čím je obnova osvětlovací soustavy komplexnější, tedy pokud zahrnuje i výměnu stožárů, případně i kabeláže nebo je součástí revitalizace části městského prostoru, je rozdíl v investičních nákladech na soustavu s výbojkovými svítidly a LED svítidly výrazně menší. V takové situaci není při volbě osvětlovací soustavy návratnost hlavním kritériem, ale uplatňují se i další hlediska, například estetická.

4.4 Kvalita světla

Mezi hlavní výhody sodíkových výbojek, které se používají ve veřejném osvětlení, patří účinnost přeměny elektrické energie na světelnou (tzn. velký měrný výkon) a dlouhá doba života. Mají však jeden důležitý nedostatek a tím je spektrální složení. Vyzařované světlo pokrývá pouze část viditelného spektra, což má pro praxi několik dopadů:

- Vysokotlaké sodíkové výbojky mají nízký index podání barev (R_a ~ 20) a proto neumožňují přirozený vjem barev, na který je člověk zvyklý ve světle teplotních zdrojů (denní světlo, žárovka apod.).
- Při nízkých hladinách osvětlenosti (jednotky luxů), které se vyskytují ve veřejném osvětlení, se posouvá citlivost lidského oka k modré části viditelného spektra (mezopické vidění), kde lidské oko není tak citlivé na žluté světlo sodíkových výbojek.
- Vjem povrchů, které odrážejí světlo dlouhých nebo krátkých vlnových délek (modrá, červená), je ve žlutém světle sodíkových výbojek zhoršen.

Vysokotlaké sodíkové výbojky jsou charakteristické žlutým světlem s teplotou chromatičnosti 2 000 K.

Světelné diody vyzařují světlo v celém viditelném spektru. V porovnání se sodíkovými výbojkami mají vysoký index podání barev. Ve veřejném osvětlení se používají světelné diody s indexem podání barev R_a = 70–90 a s teplotou chromatičnosti v rozsahu od 3 000 do 6 000 K, tedy od teple bílé až po chladně bílou. Tento rozsah umožňuje vizuálně odlišit různé části města, např. historické centrum, nebo zvýraznit důležité komunikační trasy, např. hlavní průtah obcí.

4.5 Bezpečnost

Všeobecně při posuzování svítidel se na trhu v České republice vyskytují svítidla, které mají původ v zemích mimo EU. Procentuelně největším výrobcem uvedeného zboží je Čína. Při dovozech těchto výrobků a uvádění na trh je velkým problémem neznalost problematiky ze strany dovozců, kdy čínský výrobce k výrobkům dodává deklarace o shodě výrobku s EU direktivami. Problém, který tímto vzniká, si dovozci neuvědomují. Výrobce, který sídlí mimo EU, nemůže deklarovat shodu s direktivami EU a tuto povinnost přebírá v plném rozsahu dovozce.

Dovozce musí mít kompletní protokoly o zkouškách podle platných norem a dokumentaci pro daný výrobek a až na tomto základě může dovozce napsat do prohlášení o shodě svoji garanci, že výrobek vyhovuje EU direktivám, které se na výrobek vztahují.

Pro orientaci uvádíme základní požadavky pro LED svítidla (ze souboru svítidel jsme vybrali svítidla veřejného osvětlení).

Jako nejvhodnější a zároveň nejjednodušší se jeví předložení vhodného certifikátu od kompetentních institucí. Základní požadavky na bezpečnost svítidel je zajištěna podle norem ČSN EN 605981 a ČSN EN 60598-2-3 (včetně komponentů, ze kterých je svítidlo vyrobeno). Napájecí zdroj by měl být ověřen podle norem ČSN EN 61347-1 a ČSN EN 61347-2-13; LED modul podle normy ČSN EN 62031. Zda bude svítidlo bezproblémově pracovat v městském prostředí a bude ovlivněno různými rušivými elektromagnetickými vlivy, může výrobce nebo dovozce prokázat zkouškami elektromagnetické kompatibility podle norem: ČSN EN 55015, ČSN EN 61547 a ČSN EN 61000-3-2 (tato norma je aplikovatelná pouze za předpokladu, že svítidlo má příkon nad 25 W).

V případě pochybností či nejasností doporučujeme požadovat od dodavatelů jasné a průkazné dokumenty osvědčující splnění nejen základních požadavků legislativy, ale i kvalitativních parametrů výrobků. K tomu by jim měly pomoci certifikáty akreditovaných zkušeben.

5 TRH LED SVÍTIDEL

Trh LED svítidel se v jednotlivých částech světa liší. Zdálo by se, že pro situaci v České republice není důležitý vývoj v Asii nebo Americe, ale vzhledem ke globalizaci se k nám dostávají informace o širokém nasazování LED svítidel do veřejného osvětlení. Tyto informace je ale třeba posuzovat v kontextu dané země.

V USA a Kanadě je pro zavedení LED svítidel do praxe systematicky propracován celý cyklus: výzkum – vývoj – standardizace – výroba – certifikace – financování – realizace – kontrola. Koordinátorem činností v rámci uvedeného cyklu je Ministerstvo energetiky USA (DOE) a hlavním cílem tohoto systematického postupu je urychlit zavedení nových světelných zdrojů a svítidel do praxe, zajistit dostatečnou kvalitu nových osvětlovacích soustav, zpřístupnit financování nových projektů, propojit jednotlivé subjekty celého cyklu a zajistit informace v dostatečné kvalitě a rozsahu. Internetové stránky Ministerstva energetiky USA jsou otevřeným informačním zdrojem, kde lze získat informace nejen o výrobcích a jejich parametrech, ale také zkušenosti z již realizovaných projektů. Jeden z největších projektů probíhá v Los Angeles, kde má do roku 2014 dojít k výměně 140 000 stávajících výbojkových svítidel za LED svítidla

Situace v asijských zemích je ve srovnání s USA a Kanadou výrazně odlišná. Jde o oblast, kde je koncentrován velký počet výrobců světelných diod (Japonsko, Taiwan, Jižní Korea, Čína) s rozdílnou kvalitativní úrovní. Nasazování LED svítidel ve veřejném osvětlení je sice také rozsáhlé, nicméně na rozdíl od amerického trhu výrobci neposkytují ke svítidlům dostatečné technické údaje. Poměrně často se objevují zavádějící a nekorektní informace o výhodách LED svítidel v porovnání s výbojkovými svítidly. Doklady o certifikaci výrobků jsou v řadě případů nepřesvědčivé. Řada nově realizovaných soustav veřejného osvětlení nedosahuje deklarované kvalitativní úrovně.

V Evropě se začínají postupně objevovat první pilotní projekty s LED svítidly pro veřejné osvětlení a také první programy na podporu energeticky úsporných soustav veřejného osvětlení. Některé země samy iniciovaly národní programy na podporu využití světelných diod ve veřejném osvětlení. Na rozdíl od USA je ale přístup ke kvalitním a objektivním informacím omezený a neexistuje zde systematický proces, který by usnadnil a urychlil zavedení nových LED svítidel do praxe.

V České republice je použití LED ve veřejném osvětlení na počátku. V současné době existuje několik izolovaných pilotních projektů. Pravděpodobně nejznámějším a nejrozsáhlejším je pilotní projekt v oblasti Smíchova a Karlova náměstí v Praze. Situace na trhu je charakteristická velkým rozsahem kvalitativní úrovně LED svítidel a vzhledem k deficitu objektivních a kvalitních informací je orientace velmi obtížná.

Obrázek 8. Příklady LED svítidel (zdroj: Siteco, Trilux)

6 SHRNUTÍ DOPORUČENÍ

Při posuzování vhodnosti využití vysokotlakých sodíkových výbojek a světelných diod ve svítidlech pro veřejné osvětlení je třeba rozlišovat mezi parametry vlastních světelných zdrojů a parametry svítidel. Skutečnost, že světelné diody překonaly svými technickými parametry vysokotlaké sodíkové výbojky, neznamená, že jejich nasazení ve veřejném osvětlení je automaticky výhodné. Jsou zde dvě skutečnosti, které výhodnost světelných diod potlačují. První je již zmiňovaná skutečnost, že na trhu světelných diod je velké množství výrobců a rozptyl jejich technických parametrů je na rozdíl od sodíkových výbojek velmi výrazný. Druhou důležitou skutečností je, že vývoj svítidel je řádově o jeden až dva roky zpožděn za vývojem světelných zdrojů. Výrobci svítidel se dostávají do složité situace. Na jedné straně se snaží držet krok s extrémně rychlým vývojem v oblasti světelných zdrojů a s konkurencí, na druhé straně si uvědomují, že nová svítidla velmi rychle morálně zastarají. Vývoj svítidel trvá přibližně jeden až dva roky. Morální zastarání LED svítidel se v dnešní době pohybuje okolo 3 let. Proto výrobci velmi zvažují své investice do vývoje nových svítidel. Jedním ze směru, který se snaží tento handicap eliminovat, je vývoj svítidel osazených výměnnými LED moduly. To by mělo umožnit při změně parametrů světelných diod pouhou výměnu LED modulu při zachování vlastní konstrukce svítidla. Nicméně vývoj v oblasti světelných diod je velmi nevyzpytatelný a proto lze jen stěží predikovat, jaký vývoj bude za dva až tři roky. Vzhledem k velkému rozptylu kvality je při výběru LED svítidel pro veřejné osvětlení vhodné dodržet určité zásady, které sníží pravděpodobnost výběru nekvalitních svítidel:

- zadat zpracování projektu na výměnu svítidel autorizovanému projektantovi,
- požadovat, aby projekt splňoval požadavky normy ČSN CEN/TR 13201-1 a soubor norem ČSN EN 13201-2 až 4,
- požadovat ve smlouvě prodlouženou záruku na svítidla,
- požadovat ve smlouvě záruky na světelně technické parametry,
- požadovat prohlášení o shodě i certifikáty autorizovaných zkušeben,
- požadovat změření realizované soustavy nezávislou autorizovanou osobou,
- vyžádat si od dodavatelské firmy seznam již realizovaných projektů,
- vyžádat si od dodavatelské firmy informaci o době působení na českém trhu v oblasti veřejného osvětlení.

Obrázek 9. Příklady LED svítidel (zdroj: Philips)

7 PŘÍKLADY Z PRAXE

Praktické informace a zkušenosti jsou klíčové pro vlastníky veřejného osvětlení i pro ty, kteří provádějí jeho údržbu. Na následujících stranách jsou představeny dva pilotní projekty využívající LED svítidla.

II. etapa pilotního projektu LED v Praze

Rok realizace: 2012

Dodavatel: iGuzzini, Fara, Gaash, GE Lighting, Hess, Indal, MSC, Showa International, Kingsun, Artechnic-Schréder, Thorn Lighting, realizace ELTODO Citelum, s.r.o.

Nová osvětlovací soustava: 151 světelných bodů osazených LED svítidly různých výrobců, různého příkonu (od 24 do 136 W) a dalších technických parametrů. Osvětlovací soustavy na komunikacích s vysokou intenzitou motorové dopravy, s nízkou intenzitou motorové dopravy i bez motorové dopravy. LED svítidla jsou instalována v místech původních svítidel.

Původní osvětlovací soustava: Svítidla využívající jako světelný zdroj vysokotlakou sodíkovou výbojku v rozmezí příkonu od 64 do 171 W. Osvětlovací soustavy na komunikacích s vysokou intenzitou motorové dopravy, s nízkou intenzitou motorové dopravy i bez motorové dopravy.

Snížení příkonu: Celkový příkon původní soustavy 15,1 kW, celkový příkon nové soustavy 12,3 kW. Celkový příkon osvětlovacích soustav byl snížen cca o 18,5 %.

Klady:

- Snížení příkonu osvětlovací soustavy (nižší provozní náklady)
- Zvýšení indexu podání barev
- Testování nových výrobků v reálných podmínkách
- Možnost regulace světelného toku
- Porovnávání více výrobků od více výrobců na různých typech komunikací
- Možnost přesného využití potenciálu svítidla pro uvažovanou komunikaci

Zápory:

- Nevyzkoušená technologie v praxi
- Možnost oslnění při přímém pohledu do světelného zdroje
- V některých případech vyšší teplota chromatičnosti vyzařovaného světla

Zkušenosti:

- Vysoká tepelná závislost svítidel
- Nestálá délka života jednotlivých komponentů svítidel
- Rozdíly mezi jednotlivými výrobci a výrobky
- Praktický rozdíl při vjemu světla s různou teplotou chromatičnosti

Druhá etapa pilotního projektu LED na Praze 2 z roku 2012 navazuje na etapu první z roku 2009. Cílem druhé etapy je představit veřejnosti LED svítidla ve veřejném osvětlení a prezentovat její současné možnosti. Dílčím cílem je současně snížení provozních nákladů, což je zajištěno podmínkou celkového příkonu LED svítidel, který nesmí být vyšší než celkový příkon svítidel původních. Zároveň byl kladen důraz na podrobné popsání elektrických, fotometrických, mechanických a tepelných vlastností svítidel.

Pilotní projekt zahrnuje celkem 17 různých komunikací osvětlovaných 17 typy LED svítidel celkem od 12 výrobců. Osvětlované komunikace se dělí podle intenzity motorové dopravy od komunikací s vysokou intenzitou, přes komunikace s intenzitou nízkou až po komunikace pro pěší. Další rozdělení je podle způsobu montáže svítidel a to na stožár, na výložník či na převěsové lano.

Všechny instalace mají k doložení světelně technický výpočet prokazující dodržení požadavků normy ČSN EN 13201. Zároveň byly všechny instalace provedeny v místech původních světelných bodů.

Dvakrát za rok je ve spolupráci s Fakultou elektrotechnickou Českého vysokého učení technického v Praze prováděno měření osvětlenosti na vybraných světelných polích každé instalace. Na základě tohoto měření je sledován pokles světelného toku jednotlivých svítidel.

Písek

Název: Zborovská ulice, Písek

Rok realizace: 1. etapa 2009, 2. etapa 2010

Dodavatel: svítidla Etna s.r.o., realizace Městské služby Písek s.r.o.

Nová osvětlovací soustava: iGuzzini Archilede BE 01

Původní osvětlovací soustava: Elektrosvit 444 2315

Snížení příkonu: původní soustava 4,08 kW, nová soustava 2,32 kW

Klady:

- snížení příkonu osvětlovací soustavy,
- regulace výkonu svítidel,
- udávaná životnost,
- bílé světlo umožňující lepší orientaci.

Zápory:

- zatím nejsou.

Zkušenosti:

- od instalace žádná porucha,
- od veřejnosti žádné negativní názory.

Celkem je v této ulici nainstalováno 23 ks svítidel na stožárech s výškou 10 m a vyložením výložníků 1,5 m. Po instalaci svítidel v této ulici došlo k další montáži těchto svítidel v Táborské ulici, kde je nainstalováno dalších 32 svítidel. Po dobré zkušenosti s LED svítidly došlo v roce 2012 k instalaci 19 ks svítidel iGuzzini WOW v ulicích Budovatelská a Šobrova.

8 VÝHLED DO BUDOUCNOSTI

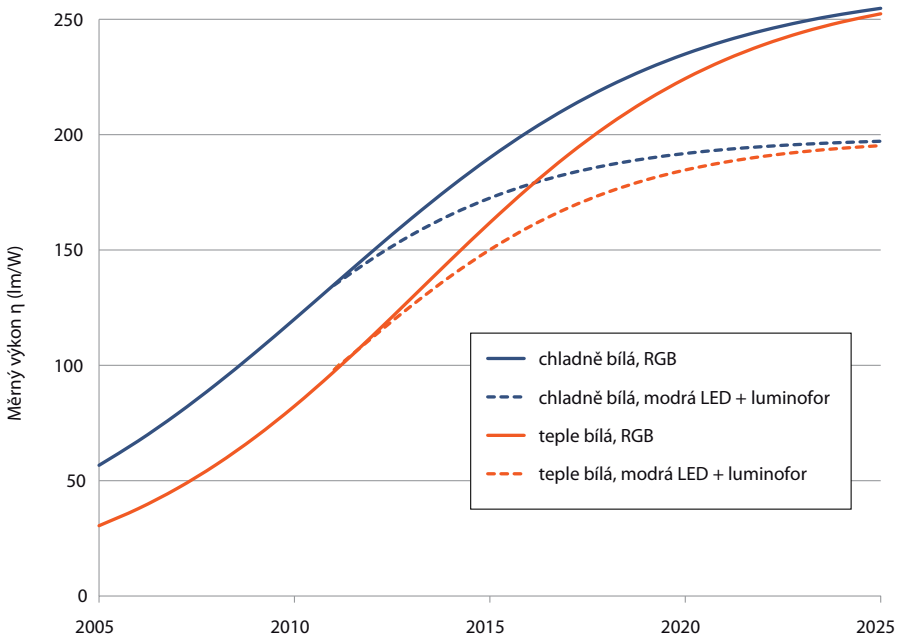
V současné době se na základě výsledků teoretických studií i praktických zkušeností z výroby očekává, že by měrný výkon světelných diod, v horizontu 10 až 15 let, mohl dosáhnout hodnoty okolo 250 až 280 lm/W (obr. 9). Většina publikovaných prognóz v oblasti vývoje LED je vázána na výkonové světelné diody (HP LED), u kterých se bílé světlo získává pomocí modré LED a luminoforu. Měrný výkon těchto sériově vyráběných LED významně roste každý rok a v loňském roce přesáhl hodnotu 150 lm/W. V laboratorních podmínkách bylo již v loňském roce dosaženo měrného výkonu 254 lm/W (Cree, USA).

Vývoj měrného výkonu LED v předchozích letech ukazoval na významnou závislost měrného výkonu na teplotě chromatičnosti (chladně bílá, teple bílá) a na indexu podání barev vyzařovaného světla. Podle nových poznatků a výsledků vědeckých prací by se rozdíly mezi světelnými diodami různých teplot chromatičností a indexů podání barev měly v budoucnu významně zmenšit na úroveň 5 % až 15 % (tab. 4).

Z výsledků studií se ukazuje, že významnější vliv na hodnotu měrného výkonu může mít způsob výroby bílého světla. Podle posledních prognóz (DOE) by po ukončení vývoje měly světelné diody na bázi RGB dosáhnout měrného výkonu okolo 280 lm/W a světelné diody na bázi modrá LED + luminofor okolo 200 lm/W (tab. 4). Druhým důležitým parametrem, který se u světelných diod sleduje, je efektivní doba života. V minulosti se standardně za efektivní dobu života považovala doba 50 000 hodin s poklesem světelného toku na 70 % počáteční hodnoty. V současné době již někteří výrobci uvádějí efektivní dobu života 100 000 hodin, po které poklesne světelný tok na 80 % počáteční hodnoty. Očekává se, že by se efektivní doba života světelných diod mohla prodloužit až na 200 000 hodin.

Tabulka 4. Prognóza dosažitelných hodnot měrného výkonu LED v závislosti na teplotě chromatičnosti a indexu podání barev (zdroj: DOE 2012)

T_c (K)	RGB			modrá LED + luminofor		
	R_a (–)			R_a (–)		
	70	85	90	70	85	90
2 700	287	273	264	211	200	196
3 800	273	261	254	199	190	189
5 000	255	245	239	189	182	179



Obrázek 9.
Odhady vývoje měrného výkonu sériově vyráběných diod, 350 mA
(zdroj: DOE, 2012)

9 PODĚKOVÁNÍ A ZDROJE

Významné poděkování při tvorbě této publikace si zaslouží prof. Ing. Jiří Habel, DrSc., a Ing. Petr Žák, Ph.D., ČVUT FEL, Praha. Poděkování směřuje také Ing. Františku Jandurovi.

Zdroje:

- Jiří Habel a kol., Světelná technika a osvětlování, FCC Public, 1995
- Karel Sokanský a kol., Metodické pokyny pro obnovu, provoz a údržbu veřejného osvětlení, 2008
- SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o. p. s., Veřejné osvětlení pro města a obce – manuál pro pracovníky místních samospráv, 2010

Připravilo:
SEVEn, Středisko pro efektivní využívání energie, o. p. s.
Americká 17
120 00 Praha 2
Česká republika
Tel.: +420 224 252 115
Fax: +420 224 247 597
E-mail: seven@svn.cz
www.svn.cz

Uzávěrka textů v prosinci 2012.

Šíření povoleno s uvedením zdroje.

Fotografie na titulní straně je pořízena v rámci II. etapy pilotního projektu LED na Karlově náměstí v Praze společností ELTODO (www.eltodo.cz).

MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU

EFEKT energie efektivně

SVĚTLO
časopis pro světlo a osvětlování

Mediální partnerství

Publikace byla zpracována za finanční podpory
Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2012 – Program EFEKT.

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