

# Statistické hodnocení vlastností světelných zdrojů

Ing. Michal Krbal, doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.,  
Vysoké učení technické v Brně, UEEN FEKT

Spolu s rozvojem osvětlovacích soustav se na našem trhu stále objevují nové světelné zdroje, většinou založené na nových fyzikálních principech. S těmito zdroji je v podobě tištěných nebo elektronických katalogových listů zpravidla dodáván soubor jejich provozních vlastností a parametrů. Ne vždy jsou informace udávané jednotlivými výrobci navzájem srovnatelné, jelikož jsou získávány za odlišných podmínek, včetně rozdílných tolerancí. Navíc určité parametry jsou zpravidla specifické pouze pro jeden typ světelného zdroje a u jiných udávány nejsou. Jde např. o předepsanou, či doporučenou polohu světelného zdroje. Tím se množství navzájem porovnatelných vlastností zástupců jednotlivých typů zdrojů zmenšuje pouze na ty základní. Parametry lze rozdělit do tří hlavních kategorií: elektrické, světelnotechnické a ostatní, které informují např. o možnostech instalace, o prostředí, rozměrech atd.

Tento příspěvek nabízí možná trochu netradiční pohled na statistické vyhodnocení vybraných vlastností světelných zdrojů formou grafického porovnání jejich parametrů získaných od největších světových výrobců. Údaje a hodnoty použité v tomto příspěvku jsou převzaty z katalogů a veřejně dostupných zdrojů, zatím nebyla uskutečněna laboratorní měření verifikující je.

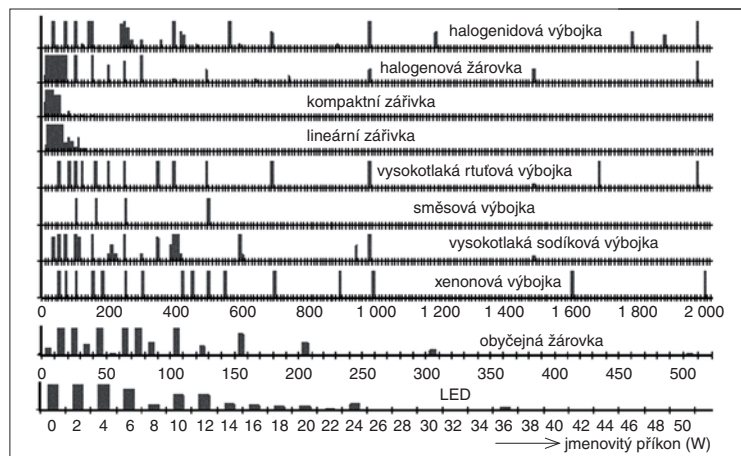
## Udávané parametry světelných zdrojů

Při výběru potřebného zdroje je z elektrických parametrů důležité především jmenovité napětí, popř. frekvence napájecí soustavy, ale hlavně elektrický příkon světelného zdroje. Ze světelnotechnických parametrů to jsou především parametry udávající vlastnosti vyzařovaného světla – světelný výkon, který ve fotometrii reprezentuje světelný tok (lm), dále teplota chromatičnosti nebo u výbojových zdrojů náhradní teplota chromatičnosti, index podání barev, u zdrojů se směrovým vyzařováním úhel poloviční svítivosti, popř. osová svítivost nebo čáry svítivosti v základních C rovinách. Z ostatních parametrů je často, po referenčních rozměrech zdroje, patiči a doporučené pracovní poloze, nejdůležitější život zdrojů, udávaný jako střední doba života. Život a dosahovaný měrný výkon světelných zdro-

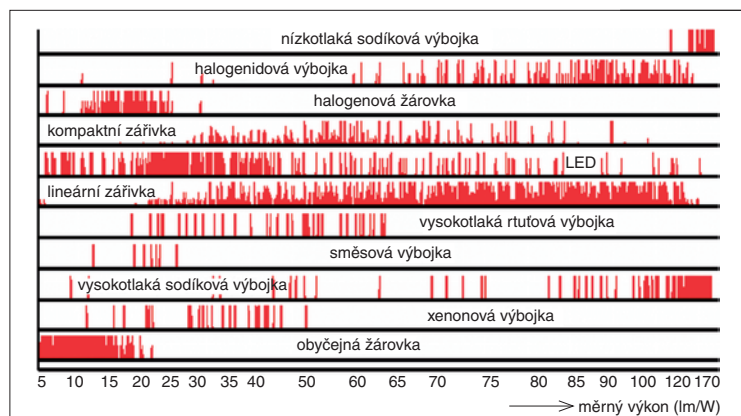
žů přímo souvisejí s ekonomikou provozu celé osvětlovací soustavy, proto jsou tyto dva parametry spolu s investičními náklady v dnešní době brány jako nejdůležitější při výběru samotného typu světelného zdroje.

## Měrný výkon a příkon současných světelných zdrojů

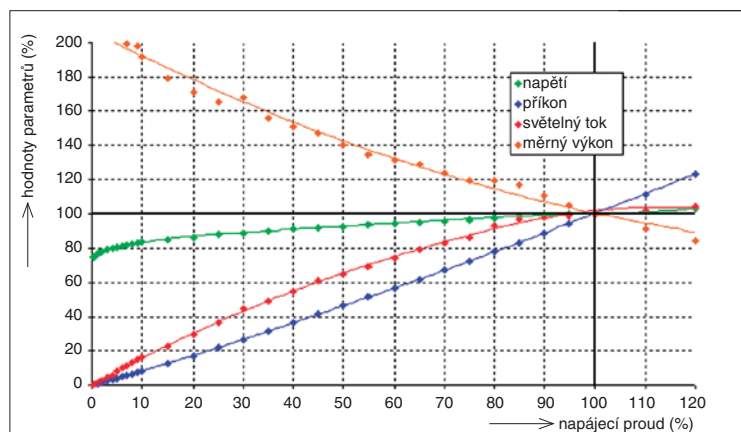
Na obr. 1 jsou histogramy v poměrných hodnotách, které ukazují, v jakých příkonových řadách jsou světelné zdroje



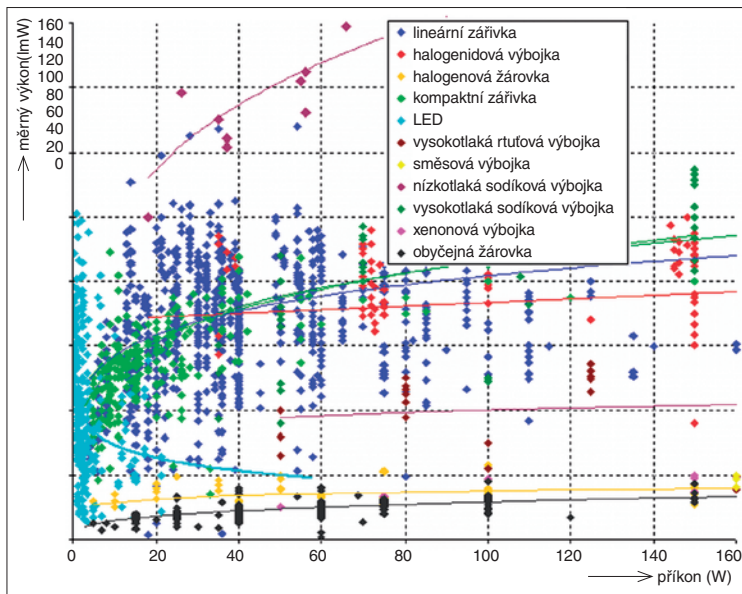
Obr. 1. Hodnoty jmenovitého příkonu světelných zdrojů



Obr. 2. Vypočtený měrný výkon světelných zdrojů



Obr. 3. Křížová charakteristika světelné diody v závislosti na proudu - Nichia NGPLR70



Obr. 4. Grafická závislost měrného výkonu na příkonu

aktuálně dostupné na našem trhu. Z obrázku je patrné, že např. jmenovitý příkon kompaktních a lineárních zářivek zpravidla nepřesahuje hodnotu 100 W, ale naopak u ostatních výbojových zdrojů je příkonová řada vyráběna v celém spektru příkonů. Dále u žárovek a světelných diod je z důvodu větší přehlednosti použito podrobnější měřítko. Nicméně je nutné ještě dodat, že příkon jednotlivých diod aktuálně dosahuje zatím maximálně jednotek wattů s extrémně 10 W LED firmy Cree. Jejich sestavením do bloku lze získat světelný zdroj s podstatně vyšším příkonem, a tedy i výkonem. Výrobci dnes nabízejí např. zdroje ve tvaru klasické žárovky a nebo lineární zářivky.

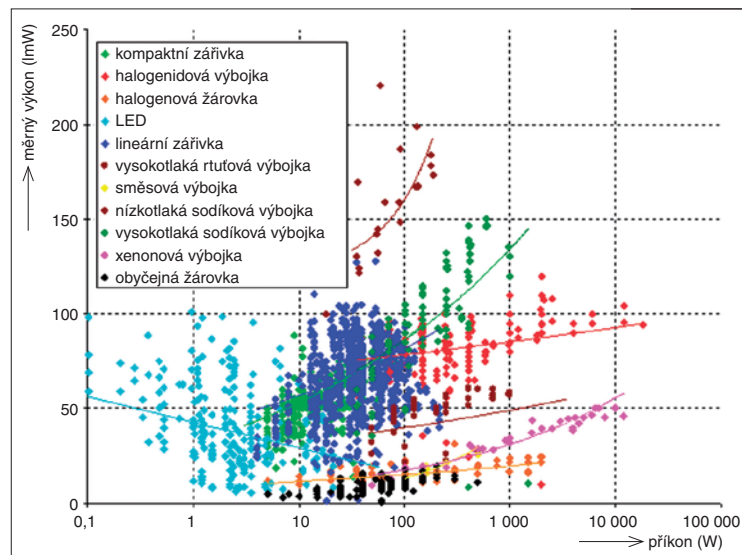
Na obr. 2 je zobrazen vypočtený měrný výkon světelných zdrojů dostupných na našem trhu. Měrný výkon přímo souvisí s účinností přeměny elektrické energie na světlo, takže zdroje jako např. sodíkové výbojky mají až o řád vyšší účinnost přeměny než třeba klasické žárovky. Výše dosahovaného měrného výkonu většiny zdrojů je dána již samotným principem funkce, a tak není možné teplotními světelnými zdroji dosahovat takových účinností jako se zdroji výbojovými nebo luminiscenčními, protože značná část vyzařované energie neleží ve viditelné oblasti spektra. Avšak světelné diody, kompaktní a lineární zářivky mají značný rozptyl těchto hodnot. To je způsobeno rozsáhlým sortimentem s širokým intervalem jmenovitých hodnot příkonu, kde zpravidla zdroje vyšších příkonů dosahují vyšší účinnosti než zdroje příkonů nižších. Výjimkou jsou světelné diody, u kterých je při vyšším jmenovitém příkonu dosahováno účinnosti nižší nebo stejné jako při jmenovitých příkonech nižších. Tento jev se vyskytuje např. u LED zdrojů firmy Philips, které jsou zřejmě navrženy

tak, aby pracovaly na samé hraně svých možností. Při provozu LED zdroje vzniká velké ztrátové teplo na malé ploše, a tím i značné oteplení přechodu PN. Vlivem omezeného odvodu tepla z pouzdra diody se může přehřívat přechod, v důsledku toho může být pravděpodobnost vzniku zářivé rekombinace menší. Dalším problémem vysoké teploty je snížení účinnosti luminoforu, který transformuje modré záření přechodu do bílé barvy – širokospektré luminofory na bázi  $Ce^{3+}$ :YAG (cerem dopovaný syntetický yttrito-hliníkový granát). Hlavní příčinou je dnešní honba za velkými výkony LED. Bohužel bez důsledného chlazení a zvětšení plochy vlastního zdroje není možné očekávat velké zlepšení výsledků. Při odběru proudu v oblasti jmenovitých hodnot narůstá světelný tok LED již jen minimálně. Udává se, že světelné diody napájené jmenovitým napájecím proudem poloviční hodnoty dosahují až o 60 % vyšší účinnosti

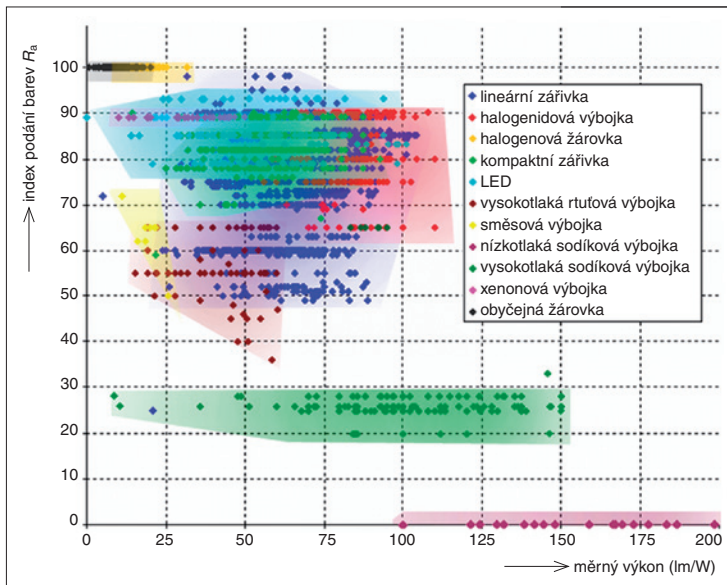
přeměny elektrické energie na světlo než při napájení plným jmenovitým proudem.

Důkazem k tomuto tvrzení může být změřená křížová charakteristika světelné diody typu NGPLR70 od výrobce Nichia, která je zobrazena na obr. 3. Z této křížové charakteristiky je patrné, že při napájení diody 50 % jmenovitého proudu je její poměrná účinnost přeměny elektrické energie na světlo přibližně 140 %. Proto je doporučeno diody napájet menším proudem, než je proud jmenovitý, a také je pro osvětlování doporučeno raději používat větší množství modulů o nižším příkonu, protože je u nich lépe odváděno teplo, a tím je jejich účinnost významně vyšší. To platí, je-li uvažováno pouze samotné zvýšení účinnosti, nikoliv celkové pořizovací náklady celé osvětlovací soustavy, které jsou při větším množství jednotlivých zdrojů zpravidla vyšší.

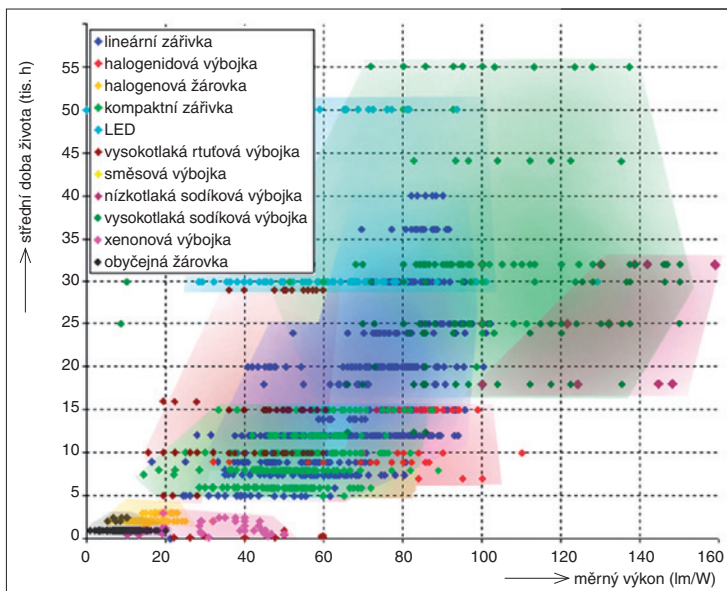
Účelem obr. 4 je graficky porovnat dosahovaný měrný výkon v závislosti na příkonu jednotlivých světelných zdrojů. Aby byl výsledek objektivní, bylo na jeho tvorbu použito přibližně 4 500 zdrojů. U jednotlivých zástupců jsou vyneseny trendy, které mají zpravidla vzrůstající charakter, pouze u světelných diod, je tento trend klesající. Uvedený graf je již možné použít z hlediska vhodného výběru konkrétního světelného zdroje, protože přímo vyjadřuje účinnost přeměny elektrické energie na světlo, tedy závislost mezi výkonem a příkonem. A lze tedy snadno rozhodnout, který zdroj zvolit při určitém známém příkonu a požadovaném měrném výkonu. Ale je nutné podotknout, že při samotném výběru konkrétního světelného zdroje jsou důležitá další kritéria, jako např. požadavky na podání barev, co konkrétně je třeba osvětlovat, kolik lze do osvětlovací soustavy investovat atd. Graf také není vyneseno pro celý rozsah příkonů, ale pouze do 160 W, takže v něm není brán ohled na všechny výkon-



Obr. 5. Grafická závislost měrného výkonu na příkonu v logaritmickém měřítku



Obr. 6. Relace mezi indexem podání barev a měrným výkonem



Obr. 7. Relace střední doby života a měrného výkonu

né zdroje, které mohou dosahovat příkonu až několika desítek kilowattů. Tento problém řeší graf na obr. 5, kde je příkon vynesen v logaritmickém měřítku a sahá až do řádu desítek kilowattů.

### Ostatní parametry světelných zdrojů

Jedním z nejdůležitějších světelnotechnických parametrů je index podání barev. Určuje věrnost reprodukce barev osvětlovaných předmětů v porovnání s jejich osvětlením referenčními zdroji. Z tohoto pohledu je u nejkvalitnějších zdrojů (teplotních zdrojů) dosahováno hodnoty 100, což je maximum. Naopak u zdrojů s monochromatickým světlem (nízkotlaká sodíková výbojka) je hodnota blízká 0. Ostatní výbojové a luminiscenční zdroje se nacházejí uvnitř této oblasti. Pro osvětlování interiérů je doporučena hodnota vyšší než 70; tu splňují zářivky, bílé světelné diody, teplot-

né zdroje, halogenidové výbojky a část sortimentu vysokotlakých sodíkových výbojek.

Na obr. 6 jsou znázorněny dosahované hodnoty indexu podání barev v závislosti na měrném výkonu. Hodnoty jednotlivých zdrojů jsou znázorněny bodem. Vyznačené oblasti udávají teoretické místo, kde se u většiny prodáváných zdrojů očekává výskyt dosažených parametrů. Za povšimnutí také stojí, že nejlepší podání barev mají zdroje s nejnižší účinností přeměny elektrické energie na světlo a naopak. Avšak tomuto tvrzení odporují např. halogenidové výbojky, LED a zářivky s třípásmovými luminofory, které mají vynikající  $R_a$  a zároveň i vysokou účinnost.

Dalším důležitým parametrem při výběru světelného zdroje je střední doba života, která udává, že minimálně 50% světelných zdrojů bude po uplynutí této doby plně funkčních a budou splňovat kritéria stanovená normami týkajícími se např. úbytku

světelného toku v porovnání s počátečními hodnotami, změn spektrálních vlastností apod. podle typu světelného zdroje. Následující obr. 7 udává dosahovanou střední dobu života a měrný výkon současných světelných zdrojů. O závislosti života a měrného výkonu lze hovořit pouze u teplotních zdrojů a světelných diod, u zdrojů výbojových jde spíše o schopnost jednotlivých výrobců dosáhnout při obvyklých hodnotách měrného výkonu určité délky života.

### Závěr

V tomto článku je čtenářům poskytnut náhled na základní parametry dnešních světelných zdrojů a jejich vzájemnou vazbu, vyjádřenou v podobě grafů. Právě díky této grafické podobě reprezentace výsledků se zájemcům dostává názorného přehledu o dané problematice, která je jinak běžně prezentována pouze velkým množstvím číselných hodnot. Takže předložený článek je ucelenou informací o výskytu a rozsahu dosahovaných parametrů jednotlivých typů zdrojů, která může zájemcům ulehčit samotný výběr vhodného světelného zdroje pro danou úlohu.

### Poděkování

Tento příspěvek byl realizován za finanční podpory projektu MSM0021630516 z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci činnosti Centra výzkumu a vývoje obnovitelných zdrojů energie č. CZ.1.05/2.1.00/01.0014.

### Použitá literatura a odkazy:

- [1] IESNA Lighting Handbook 9th edition, Reference & Application, IESNA New York, USA, ISBN 0-87995-150-8.
- [2] VARFOLOMEJEV L. P., STĚPANOV V. N., ROCHLIN, G. N.: Spravočnaja kniha po svetotěchnike, ISBN 5-87789-051-4.
- [3] *Světidla a osvětlení Deltalight: LED svítidla – nové trendy ve světelných zdrojích*, [online] aktualizace: 9. 06. 2009; dostupné z: <http://www.svitidla-deltalight.cz/clanky/led-svitidla-nove-trendy-ve-svetelnych-zdrojich>.
- [4] Kolektiv autorů, Wikipedia: *LED*, [online] aktualizace: 30. 11. 2009 v 15:37; dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/LED>.
- [5] Úspory VM: *Světelné zdroje*, aktualizace: 09. 08. 2009; dostupné z: [http://usporovm.sweb.cz/verejne\\_osvetleni/svetelne\\_zdroje.htm](http://usporovm.sweb.cz/verejne_osvetleni/svetelne_zdroje.htm).
- [6] MICHAEL, E.: *GLASSBOX Design: Revolutionary Cree XM LED Blast 160 lm/W* [online], dostupné z: <http://glassbox-design.com/2010/cree-xm-led/>.
- [7] Philips: *Katalog světelných zdrojů a příslušenství, květen 2009*, [online], dostupné z: <http://www.lighting.philips.cz>.
- [8] Osram: *Světelné zdroje pro maloobchod 2009* [online], dostupné z: <http://www.osram.cz>.

Recenze: Ing. Vladimír Dvořáček