

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky



Česká společnost pro osvětlování
Regionální skupina Ostrava



Kurz osvětlovací techniky XXIX

15. října – 17. října 2012

HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ
Kouty nad Desnou

ISBN 978-80-248-2832-9

Partneři akce

Slovenská svetelnotechnická spoločnosť

SRVO

PTD Muchová, s.r.o.

časopis „SVĚTLO“, FCC Public

Děkujeme za dotace, sponzorské dary a pomoc při organizování konference

HORMEN CE, a.s.

Libušská 8/191, Praha 4, 142 00 – www.hormen.cz

ČEPS, a.s.

Elektrárenská 774/2, 101 52 Praha 10 – www.ceps.cz

OSTRAVSKÉ KOMUNIKACE, a.s.

Novoveská 25/1266, Ostrava - Mar. Hory, 709 00 – www.okas.cz

ELTODO-CITELUM, s.r.o.

Novodvorská 1010/4, Praha 4, 142 01 – www.eltodo.cz

ČEZ, a.s.

Duhová 2/1444, Praha 4, 140 53 – www.cez.cz

OBO BETTERMANN PRAHA, s.r.o.

Modletice 81, Říčany u Prahy, 251 01 – www.obo-bettermann.com

TRIMR s. r.o.

Sokola Tůmy 1536/5, 709 00 Ostrava – Mariánské Hory – www.trimr.cz

THORN-LIGHTING CS, s.r.o.

Na Březince 6/930, Praha 5, 150 00 – www.thornlight.cz

HALLA, a.s.

Litvínovská 288/11, Praha 9, 190 00 - www.halla.cz

ENIKA.CZ s.r.o.

Pod Harfou 933/86, 190 00 Praha 9 - www.enika.cz

INGE Opava, spol. s r.o.

Stará silnice 3, Opava, 746 01 – www.inge.cz

ELKOVO Čepelík

Chutnovka 77, 511 01 Turnov - www.elkovo-cepelik.cz

ASTRA MS Software s.r.o.

Nivy 1506, 765 02 Otrokovice - www.astrasw.cz

Artechnic-Schröder a.s.

Vinohradská 74, Praha 3, 130 00 – www.artechnic-schreder.cz

Measurement Technic Moravia Ltd., organizační složka

Třída 1. Máje 102, 664 84 Zastávka u Brna - www.mt-m.eu

ENERGOTIS, s.r.o.

Žižkova 5, Šumperk, 787 01 - www.energotis.cz

ELEKTRO A TRH

Odborný česko – slovenský časopis, www.elektroatrh.cz

VYSTO Kobyly, s.r.o.

Novomlýnská 476, Šakvice 691 67 - www.vysto.cz

Konference Kurz osvětlovací techniky XXIX je tradičním, jak je již z názvu patrné, 29. setkáním všech, kteří se světelnou technikou pracují, mají k ní co říct a mají ji také rádi.

Česká společnost pro osvětlování regionální skupina Ostrava se touto akcí snaží přispět k pravidelné výměně informací a řešení problémů, které se v oblasti osvětlování během roku vyskytnou.

Zaměření konference je tradiční, nicméně jsme se snažili vyzvednout následující, dle našeho názoru, nejaktuálnější témata:

- Elektro**
 - certifikace svítidel
 - napájení nouzového osvětlení
 - inteligentní systémy řízení
- Hygiena**
 - faktické požadavky hygienické služby na osvětlení při kolaudačním řízení
 - měření umělého osvětlení podle nových požadavků
- Veřejné osvětlení**
 - nové pohledy na osvětlování při mezopickém vidění
 - využití bílého světla
 - energetické přínosy nových technologií
- Vnitřní osvětlení**
 - nové normativní požadavky na osvětlení
 - řešení jasových poměrů u svítidel osazených zejména LED
 - stanovení udržovacího činitele
- Venkovní osvětlení**
 - osvětlování venkovních pracovních prostor
 - rušivé světlo – stanovení environmentálních zón
 - měření parametrů osvětlení v automobilovém průmyslu
- Workshop na téma**
 - možnosti získání dotací na VO

Za pořadatele konference přeji všem účastníkům mnoho odborných i společenských zážitků.

Předseda ČSO Ostrava
prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.

Obsah

Autor		Strana
Křivohlavý Jaro	Výzkum osvětlení v r. 1955-1965 v Československu	1
Portužák Roman	Osvětlení jako nedílná součást "Národního akčního plánu energetické účinnosti ČR"	2
Klvač Petr	Denní osvětlení budov a jeho stínění, oslunění budov a venkovních ploch ve znění nejnovějších legislativních změn	7
Sequens Tomáš	Normy ve veřejném osvětlení z pohledu práva	13
Gašparovský Dionýz	Nákladovo efektívne racionalizačné opatrenia pri energetickej certifikácii budov	18
Staněk Pavel	Výpočty energetických úspor v budovách při využití denního světla	29
Marek Martin	Regulace výbojkového osvětlení pomocí elektronických předřadných přístrojů	35
Kolda Martin	Energetické úspory v osvětlení	43
Kunc Josef	Úspory energie při řízení osvětlení a dalších funkcí v objektech se systémovou instalací KNX	48
Hrdlík Milan	Nakladanie s elektro-odpadom z výrobkov svetelnej techniky v SR	56
Jandura František	Konstrukční nedostatky LED osvětlení - nejčastější chyby - shrnutí	61
Hudeczek Mečislav	Rozvaděče pro osvětlení	63
Burant Jiří	Kabelové trasy pro rozvody nouzového osvětlení podle vyhlášky 23/2008 Sb. ve znění vyhlášky 268/2011 Sb.	69
Mišák Stanislav	Analýza účinnosti energetické jednotky v ostrovním provozu	79
Lepší Jana	Osvětlení v Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. novelizované NV č. 68/2010 Sb., NV č. 93/2012 Sb.	86
Darula Stanislav	Normovanie denného osvetlenia v budovách: čo ďalej?	93
Stupka Pavel	Změny v nové normě ČSN EN 12464-1 oproti stávajícímu stavu	96
Slezák Jiří	Měření osvětlení z pohledu novelizace legislativy a norem	102
Skotnicová Iveta	Hodnocení vlivu zastínění na stávající obytnou zástavbu	105

Kómar Ladislav	Výhody a nevýhody alternativních osvětlovacích systémů využívajících denní světlo	110
Španko Jaroslav	Vizuální informační zdroje (aj popri ceste)	113
Janík Matěj	Expozice lidského oka slunečnímu záření a jeho ochrana	123
Staša Michal	Dotační tituly na podporu veřejného osvětlení v ČR	129
Tesař Jiří	Existuje – neexistuje standardizovaný pasport veřejného osvětlení ?	132
Kopřiva Miroslav	Regulace veřejného osvětlení v závislosti na intenzitě dopravy	136
Muchová Alena	Nasvětlení Hrušovského kostela	139
Bláha Zdeněk	Řešení VO v konfliktních oblastech	144
Mruzková Lucie	Porovnání výsledků měření osvětlenosti a jasů na komunikacích	147
Polínek Jaroslav	Hodnocení regulátorů VO podle standardu UNI 11431	151
Novomeský Ján	The benefits of changing to LED for cave lighting	153
Gřes Radim	Zkušenosti s výběrem vhodných LED svítidel pro VO v Ostravě	165
Novotný Jiří	Terminologie ve světelné technice	168
Haš Stanislav	Osvětlování rostlin v interiéru	170
Krbal Michal	Plazmové světelné zdroje a jejich využití pro osvětlování rostlin	177
Höchsmann Petr	Úspory ve skladovacích a výrobních halách	182
Niesig Petr	LED svítidla pro všeobecné osvětlování - vývoj a další možnosti	188
Novák Daniel	Vývoj netradičního LED svítidla	190
Bálský Marek	Analýza odrazných vlastností materiálů pro interiéry	194
Zálešák Jan	Světelně-technické výpočty v oblasti mezopického vidění a jejich praktická aplikace	198
Kocifaj Miroslav	Světlo a žiara nočnej oblohy - podobnosti, rozdiely a informačný obsah meraných dat	204
Popelek Jan	Změny v UNECE legislativě platné pro automobilové LED světlomety	208

Popelek Jan	Problematika aplikace LED technologie v prostředí automobilových světlometů	211
Sumec Stanislav	Návrh řídicího systému pro fytotronovou komoru	216
Pelanová Zuzana	Energetická náročnost osvětlení – porovnání výpočtových metod	220
Vrbík Petr	Hygienické aspekty rušivého světla	225
Plch Jiří	Mezopické vidění v roce 2012	229
Šimetka Zbyněk	Osvětlení multifunkční auly GONG	235
Žák Petr	Obsah návrhu osvětlení v různých stupních projektové dokumentace	241
Šumpich Jan	Potenciál úspor elektrické energie využitím denního světla v budovách	243
Janiga Peter	Meranie spotreby elektrickej energie v sieťach verejného osvetlenia	250
Lepší Jana	Zkušenosti z měření denního a umělého osvětlení	255
Lepší Jana	Vyhláška č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch	260
Lepší Jana	Osvětlování bytů	261
Voráček Jiří	Zákon o energetickém auditu versus veřejné osvětlení	270
Maixner Tomáš	Bludné cesty veřejného osvětlení	276
Šnobl Jaroslav	Měření elektrických parametrů VO v Ostravě	281
Závada Petr	Měření UGR s využitím jasového analyzátoru	284
Balaš Zlatko	LED v obytných priestoroch	291
Carbol Zdeněk	Komplexní pohled na provoz LED trubic	298
Bílek Pavel	Light Server pro DALI řízení osvětlení	306
Habel Jiří	Rozdíly ve vjemu překážek v podmínkách uličního osvětlení a osvětlení světlometry automobilů	311
Novák Tomáš	Možnosti snižování hladin jasů při použití světelných zdrojů s vysokou teplotou chromatičnosti ve VO v oblasti mezopického vidění	317
Maixner Tomáš	Vstupní data výpočtů	322

Plch Jiří	Interval údržby svítidel se světelnými diodami	326
Zelinka Lukáš	Zásady nasvětlování cyklostezek	330
Ullman Ivo	Realizace nového venkovního osvětlení v elektrických stanicích ČEPS, a.s.	333
Recmanik Dawid	System pro řízení osvětlení v železničních stanicích	340
Gášparovský Dionýz	Kritický pohľad na fotometrické a energetické požiadavky na osvetlenie vnútorných pracovísk	349
Hrbáč Roman	Měření vlastností snímačů pro automatické vyhodnocování intenzity osvětlení	357
Dvořáček Vladimír	Poklady Technického muzea - část II - výbojky	364
Kodytek Ladislav	Netradiční "postupy a přístupy" ve veřejném osvětlení	379
Čížinský Tomáš	Nový ovladač řízení Helvar Tridium	387

Výzkum osvětlení v r. 1955 - 1965 v Československu

Jaro, Křivohlavý, prof.

j.krivohlavy@volny.cz

A. Výzkum rušivého vlivu jasů zorném poli - spolupráce s panem Jaroslavem Netušilem.

B. Výzkum oslnění měřený efektivitou zrakové práce - spolupráce s ing. Jiřím Khekem

C. Detekce signálu v šumu a spolehlivost pozorovatelů.

D. Světlo a barva v projektech nově budovaných škol.

E. Hodnocení městského osvětlení v Budapešti.

Literatura a odkazy

[1] Křivohlavý, J. Podmínky dobrého vidění a vhodná intenzita pracoviště. Tematické pomůcky VUBP- č, 23, Praha, Vyd. VUBP, Praha 1965

[2] Křivohlavý, J. Oslnění. Tematické pomůcky VUBP č. 24, Vyd. VUBP, Praha, 1965

[3] Křivohlavý, J. Barevná úprava pracovního prostředí. Tematické pomůcky VUBP. Vyd. Praha, VUBP, 1962

Osvětlení jako nedílná součást „Národního akčního plánu energetické účinnosti ČR“

Roman Portužák, Ing., CSc.

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Centrum ENET, www.vsb.cz, roman.portuzak@vsb.cz

Osvětlení, resp. osvětlování, včetně veřejného osvětlení je vhodné vnímat v kontextu souboru opatření na snižování energetické náročnosti, nicméně je rovněž nutné vnímat nutnost zajištění standardů bezpečnosti, které pak zejména veřejné osvětlení musí splňovat. Z tohoto pohledu je účelný pohled na tuto problematiku v souvislostech různých koncepčních materiálů a strategií.

Aktualizace Státní energetické koncepce

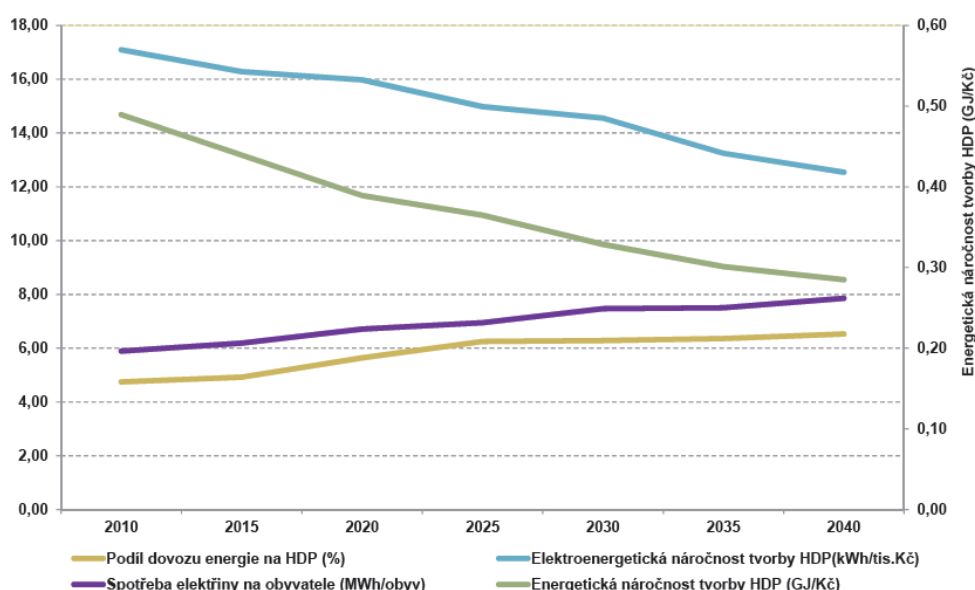
Energetická účinnost je nedílnou součástí jak platné Státní energetické koncepce, tak její aktualizace, která byla předložena v polovině roku 2012. Přestože tzv. „hloubkový přezkum“ energetické politiky ČR, který byl proveden Mezinárodní energetickou agenturou (International Energy Agency) OECD v listopadu 2009 konstatuje, že Česká republika snižuje energetickou náročnost tvorby HDP, přepočteno v paritě kupní síly (PPP) nejrychleji ze všech zemí OECD, a to meziročně o 2,5%, když průměr zemí OECD je 1,5%, stále je energetická náročnost tvorby HDP v České republice jedna z nejvyšších v rámci zemí OECD.

Na to právě reaguje i aktualizace Státní energetické koncepce tím, že jeden ze stěžejních cílů je snižování energetické náročnosti, resp. zvyšování energetické účinnosti ve všech směrech.

Konkrétně jsou cíle aktualizace Státní energetické koncepce v oblasti energetické účinnosti definovány jako:

- Maximalizace zhodnocování energie
- Maximalizace účinnosti při získávání a přeměnách energetických zdrojů
- Maximalizace úspor tepla
- **Maximalizace účinnosti spotřebičů energie**
- Maximalizace účinnosti rozvodných soustav[1]

Zejména oblast maximalizace účinnosti spotřebičů energie pokrývá i oblast osvětlení a veřejného osvětlení. Pokud se podíváme na grafické vyjádření výše zmíněných záměrů a předpokladů, pak je možné konstatovat, že i při předpokládaném růstu spotřeby elektřiny na obyvatele, což vyplývá ze skutečnosti, že stále je průměrná spotřeba nižší, než je průměr EU, elektroenergetická náročnost tvorby HDP, vyjádřená jak v kWh/tis.Kč, tak v GJ/Kč musí klesat. V opačném případě by se Česká republika stávala více závislou a méně konkurenceschopnou.



• obrázek 1 – graf energetické náročnosti tvorby HDP (GJ/Kč)

2. Národní akční plán energetické účinnosti České republiky [2]

Druhý národní akční plán energetické účinnosti České republiky (NAPEE-II) jednak navazuje na první národní akční plán energetické účinnosti České republiky (NAPEE-I), ale i na platnou Státní energetickou koncepci včetně promítnutí do její aktualizace. V komplexu všech spotřebičů zejména elektrické energie je osvětlení a veřejné osvětlení nedílnou součástí navrhovaných opatření. Cíle NAPEE-II v oblasti maximalizace účinnosti spotřebičů energie jsou pak definovány následovně:

- maximalizace úspor elektrické energie
- maximalizace úspor dalších forem energie
- využívání energeticky úsporných spotřebičů, včetně osvětlení
- podpora používání úsporných typů spotřebičů elektrické energie

Konkrétně NAPEE-II předpokládá, že

Maximalizace účinnosti spotřebičů energie – cíl se středně vysokou prioritou, směřující k maximalizaci úspor elektrické energie a dalších forem energie ve všech oblastech, cestou využívání energeticky úsporných spotřebičů. Do této oblasti patří podpora používání úsporných typů spotřebičů elektrické energie, podpora užití úsporných pohonných jednotek, dopravních prostředků, podpora technologicky pokročilých zdrojů tepla a dalších spotřebičů.

Z uvedeného vyplývá, že osvětlení a rovněž i tak veřejné osvětlení jako nedílná součást se stává jednou z oblastí pro využívání úsporných spotřebičů a dosažení cílů v oblasti úspor energií, především elektrické energie.

NAPEE-II rovněž konstatuje následující

I když v domácnostech dochází k postupnému nahrazování starých spotřebičů novými s vyšší účinností, hodnota tohoto ukazatele má spíše rostoucí tendenci v důsledku stále se ještě zvyšující vybavenosti domácností elektrickými spotřebiči. V roce 2008 byla hodnota tohoto ukazatele o 4,6 % vyšší, než byl průměr roků 2002 – 2006 a o 5,2 % vyšší než v roce 2007.

Tuto citaci je možné interpretovat tak, že na straně jedné sice spotřeba roste, což je dáno zvyšováním vybavenosti, podstatná je a bude měrná spotřeba. Pokud vezmeme v úvahu vývoj spotřeby pro byt pro osvětlení a elektrické spotřebiče, což je jiný poměr než měrná spotřeba, vztažená k užité hodnotě, tak tento poměr roste tak, jak je vyjádřeno v následující tabulce [2].

Tabulka 26 Měrná spotřeba na byt pro osvětlení a elektrické spotřebiče

	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008
[kWh/domácnost]	1 882	2 000	1 996	1 841	1 776	1 769	1 765	1 797	1 837	1 824	1 833	1 928
[] z průměru roků 2002 - 2006	102,0	108,5	108,2	99,8	96,3	95,9	95,7	97,4	99,6	98,9	99,4	104,6

• Tabulka 1: Měrná spotřeba na byt pro osvětlení a elektrické spotřebiče

I přes očekávaný další rozvoj vybavenosti zejména domácností je cílem NAPEE-II, ale i aktualizované Státní energetické koncepce, snižování měrné spotřeby, vztaženo k užité hodnotě, a tím udržení spotřeby pro domácnosti na pokud možno stabilní úrovni, raději však snižování této spotřeby, právě díky úsporným opatřením.

Z hlediska terciálního sektoru, kde spadá i veřejné osvětlení, NAPEE-II uvažuje s dvěma základními cílovými akcemi.

- Tvorba doporučení pro využití konkrétních technologií světelných zdrojů, jejich využití při hromadném nákupu a rekonstrukcích systémů osvětlení
- Napomoci využití energeticky úsporných světelných zdrojů, podpora zadavatelům zakázek ze sektoru provozovatelů kancelářských budov a **veřejných osvětlení** cíleně usilovat o instalaci energeticky úsporných světelných zdrojů

Trvání opatření je od roku 2010 s otevřenou dobou platnosti. Vykazované dosažené úspory energie v roce 2010 byly 67 GWh, očekávané úspory v roce 2016 jsou ve výši 202 GWh.

Seznam navrhovaných opatření			Počátek platnosti	Konec platnosti	2008-2010	2011-2013	2014-2016	Celkový přínos r. 2016 [GWh]
					přínos [GWh]	přínos [GWh]	přínos [GWh]	
1.7	Domácnosti	Úspory elektrické energie v oblasti osvětlování domácností	2010	otevřeno	17,4	17,4	17,4	52,2
2.2	Terciární sektor	Úspory elektrické energie v oblasti osvětlování v terciárním sektoru a u veřejného osvětlení	2010	otevřeno	67,3	67,3	240	201,8

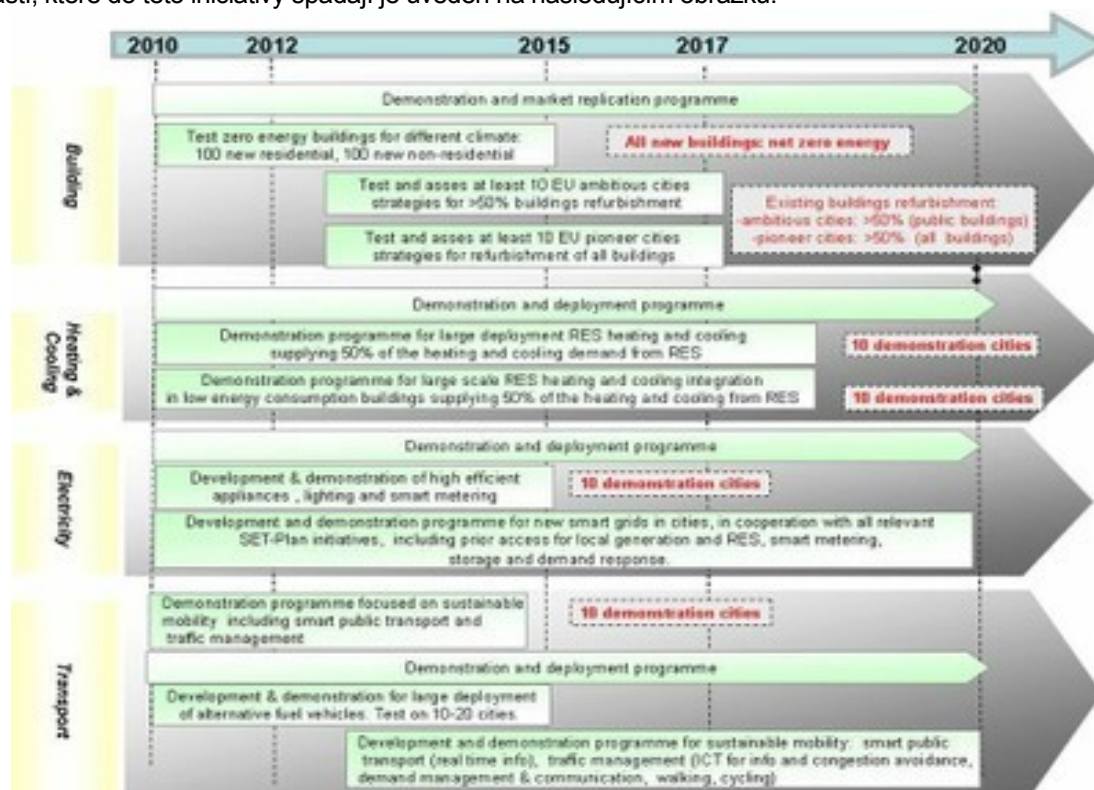
• Tabulka 2: Seznam navrhovaných opatření v NAPEE-II v oblasti osvětlení

Technologická platforma „Udržitelná energetika“

Technologická platforma „Udržitelná energetika“ (TPUE) byla založena jako reakce na vyhlášení SET Planu Evropskou komisí. SET Plan, plán výzkumu, vývoje a demonstračních strategických energetických technologií si dává za cíl do roku 2020 podpořit naplňování cílů EU, které jsou známy jako 20:20:20. SET plan se dále rozpadá do tzv. průmyslových iniciativ.

Na tuto skutečnost reaguje TPUE, která sdružuje technické univerzity, výzkumné organizace i průmyslové podniky z oblasti energetiky a cílem je zprostředkovávat informace a podporovat zapojení českých subjektů do výzkumných projektů, kofinancovaných z evropských prostředků.

Jednou z iniciativ je i evropská průmyslová iniciativa známá jako Smart Cities. Časový plán jednotlivých oblastí, které do této iniciativy spadají je uveden na následujícím obrázku.



• obrázek 2 – Roadmap Smart Cities do roku 2020

Z obrázku je vidět, že v oblasti infrastruktury pro elektřinu je součástí veřejné osvětlení.

TPUE reagovala na vyhlášení SET Planu tím, že vytvořila Strategickou výzkumnou agendu (SVA), kde jsou definovány hlavní cílové oblasti pro výzkum a vývoj v oblasti energetiky[3].

Strategická výzkumná agenda se stala podkladem pro jednání s Radou vlády pro výzkum, vývoj a inovace.

Na základě předložené SVA pak byla vypracována kapitola

Udržitelnost energetiky a materiálových zdrojů, jako součást dokumentu Národní priority orientovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací[4], který byl schválen usnesením vlády České republiky č.552 dne 19.7.2012.

V současné době se SVA rozpracovává do formy Implementačního akčního plánu (IAP), který by měl být připraven v prosinci 2012. Součástí IAP bude kapitola Energie v dopravě a demonstrace infrastruktur na úrovni velkých měst nebo regionů (Smart Cities), jejíž nedílnou součástí jsou i otázky osvětlování a veřejného osvětlení.

Návrh dokumentu pak navrhuje, aby byl podporován další výzkum, vývoj a demonstrace v oblasti veřejného osvětlení. Konkrétně se uvádí následující

Analýza možností úspor prostřednictvím instalace pokročilé osvětlovací techniky, výzkum a vývoj nových svítidel pro veřejné osvětlení. Veřejné osvětlení se liší od osvětlení interiérů budov a domů. Nicméně potenciál úspor je zde rovněž významný. Výzkum a vývoj bude zaměřen zejména na efektivní konstrukce osvětlovacích těles. Vývoj modelů pro optimalizaci osvětlovacích těles veřejného osvětlení znamená maximalizaci osvětlení pracovních prostor při zachování parametrů jasu, osvětlení, barevného podání a dalších, při minimalizaci ztrát rozptylem odraženého difúzního světla, což rovněž snižuje tzv. světelné znečištění a snižuje světelné pozadí měst a regionů.

Pracovní tým, který rozpracovává oblast Smart Cities definoval návrh priorit z pohledu podpory výzkumu a vývoje na základě vážených kritérií. V rámci těchto priorit je oblast veřejného osvětlení 10. v pořadí z celkového počtu 38 oblastí, tedy dá se předpokládat, že je na tuto oblast pohlíženo jako na jednu z perspektivních z hlediska podpory konkrétních projektů. Ilustrativně jsou prioritní aktivity uvedeny v následující tabulce.

Návrh aktivit	Vážený průměr Tým IAPSC
- pilotní testování provozu elektromobilů v městském provozu	3,7000
Dopravní systémy (telematika)	3,6714
Elektromobily	3,6429
- vytápění a chlazení budov	3,6000
Elektřina v hromadné dopravě	3,5429
- měření a regulace budov	3,5143
- izolační materiály budov	3,4929
- mikrokogenerace (demonstrace a analýza možností využití mikrokogenerace na úrovni budov a bytů)	3,4786
- výměna vzduchu (větrání) v budovách	3,4714
- nová svítidla pro veřejné osvětlení	3,4071
- Demonstrace a testování možností využití elektromobilů jako akumulacích jednotek a regulačních prvků	3,3929
- osvětlení interiérů	3,3929
- spotřeba tepla a chladu	3,3643
- distribuce tepla a chladu	3,3286

• Tabulka 3: Návrh prioritních aktivit IAP pro oblast Smart Cities

Závěr

Příspěvek naznačuje možnosti pro další rozvoj osvětlení a veřejného osvětlení v kontextu rámcových dokumentů, schválených na nejvyšší úrovni, kterými jsou zejména 2. Národní akční plán energetické účinnosti České republiky, Národní priority orientovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací a připravovaný implementační akční plán Technologické platformy „Udržitelná energetika“.

Jedná se o skutečnost, že tyto dokumenty zastřešují i oblast osvětlení a veřejného osvětlení a naznačují, že se jedná o oblast, která by měla mít podporu pro další rozvoj.

Literatura a odkazy

- [1] Návrh aktualizace Státní energetické koncepce, Ministerstvo průmyslu a obchodu, srpen 2012
- [2] 2. Národní akční plán energetické účinnosti České republiky, Ministerstvo průmyslu a obchodu, 19.7.2011
- [3] Strategický výzkumná agenda v energetice, Technologická platforma „Udržitelná energetika“, 29.12.2010, <http://www.tpue.cz/SVAE>
- [4] Národní priority orientovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací, Usnesení vlády České republiky ze dne 19. července 2012 č. 552, <http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=653383>

Denní osvětlení budov a jeho stínění, oslunění budov a venkovních ploch ve znění nejnovějších legislativních změn

Petr, Klvač, ing.

www.klvac-lighting.eu, klvac.lighting@iol.cz

1. Úvodem

Proslunění a denní osvětlení staveb, případně **oslunění** rekreačních zařízení a ploch v okolí obytných budov, patří k všeobecným požadavkům kladeným na stavby z důvodu ochrany zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí [1-§8 bod 1) odst.c) a §10, bod 1), odst. j)].

Působení přímého slunečního záření ve stavbách se označuje jako proslunění, na venkovních rekreačních plochách jako oslunění [2], dále budu používat tendenční označení **oslunění**.

Slunce je zdrojem elektromagnetického záření, z jehož spektra pronikne atmosférou k zemskému povrchu optické záření, jehož významnými složkami jsou:

- UV záření (100-390nm), které svým baktericidním účinkem má schopnost dezinfekce lidských obydlí, na druhé straně může vyvolat nežádoucí fyzikální i chemické změny materiálů a předmětů uložených v tomto prostoru.
- Viditelné světlo (380-780nm) v plném spektru vlnových délek umožňující vidění, které má přímý vliv na psychiku lidí a zásadně ovlivňuje biologické rytmy lidí. Na druhé straně svojí vysokou intenzitou (jasem) může rušit zrakovou pohodu v tomto prostoru.
- IR záření (770-1200nm) má zejména tepelné účinky, které mají příznivý vliv na lidská obydlí v zimě, naopak v létě nebývá příliš žádoucí.

Hodnocení oslunění znamená vyhodnocení přímého vlivu slunce do stanoveného (kritického) bodu hodnocení, tedy geometrickou úlohu je-li slunce na své zdánlivé dráze pozorované z bodu hodnocení umístěném v okně stavby, nebo na hodnocené ploše, stíněno vnějšími překážkami či nikoliv **a po jakou dobu se toto děje**.

Denní osvětlení je viditelné světlo uvnitř hodnoceného prostoru způsobené nejen přímým slunečním zářením, ale též odraženým světlem z oblohy a vnějších odrazných ploch, které vniká osvětlovacím otvorem do předmětného prostoru **a současně odraženým světlem od vnitřních ploch** předmětného prostoru. Při **hodnocení denního osvětlení není podstatné, je-li osvětlovací otvor orientován na slunečnou nebo neslunečnou světovou stranu**. Vzhledem k dynamickému chování denního světla způsobeného zejména přímým slunečním zářením je nutno z pozice hodnocení používat jisté modely oblohy, z nichž je přímé sluneční světlo vyloučeno, za kterých se denní světlo počítá a měří. Dále je nutno používat **poměrnou jednotku pro tuto veličinu, aby byla eliminována časová proměnlivost této veličiny**.

Metody hodnocení oslunění a denního osvětlení jsou tedy výrazně odlišné. Rozdílné jsou i jednotky veličin, oslunění se vyjadřuje časovou jednotkou (min, hod), denní osvětlení poměrou jednotkou (%). Dalším markantním rozdílem obou veličin je, že oslunění nelze měřit. Zdánlivá poloha slunce je pouhým modelem fyzikální reality s mnohými aberacemi. Nezanedbatelná je i skutečnost, že v danou chvíli může být zamračeno a nelze nic změřit.

Proto nelze posuzovat oslunění stejnými metodami jako denní osvětlení. Oba fenomény se považují za vlastnosti stavby a to i budoucí a musí se prokazovat.

2. Oslunění

2.1 Popis

Všechny byty (nebo obytné celky) musí být osluněny. Byt je osluněn je-li součet podlahových ploch jeho osluněných obytných místností roven nejméně 1/3 součtu podlahových ploch všech jeho obytných místností. V samostatně stojících RD, dvojdomcích a koncových ŘD má být tento poměr nejméně 1/2.

Poznámky:

1. vydáním vyhlášky MMR č.20/2012Sb konečně došlo ke sjednocení výkladu oslunění obytné místnosti a obytného celku. Doposud docházelo k nejednotnému výkladu ustanovení ČSN 73 4301 a vyhlášky č.268/2009Sb.

2. v moderní architektuře se objevují hluboké jednostranně osluněné místnosti. Zde je nutno připomenout omezení, že plochy místností, které leží za hranicí hloubky rovné 2,3 násobku její světlé výšky se nezapočítávají do plochy prosluněné obytné místnosti ani do celkového součtu obytných místností.

Obytná místnost se považuje za prosluněnou, jsou-li splněny normou [2,3] stanovené podmínky, z nichž zdůrazňují:

- Půdorysný úhel slunečních paprsků s rovinou okna musí být nejméně 25°.
- Okenní otvor musí být zakryt průhledným a barvu nezkrslujícím materiálem. Celková plocha oken určená ze skladebných rozměrů musí být větší než 1/10 podlahové plochy hodnocené místnosti. Nejmenší skladebný rozměr okna je 900mm, u střešního okna je to 700mm.
- Výpočtový (kritický) bod, kde se stanovuje doba oslunění, se definuje ve výšce 300mm nad středem parapetu, nejméně 1,2m nad úrovní podlahy posuzované místnosti v rovině vnitřního zasklení.
- Výška slunce nad horizontem nejméně 5°.
- Je nutno přihlédnout k meridiánové konvergenci dle [3].

Při zanedbání oblačnosti musí být dne 1. března doba oslunění nejméně 90 minut.

Tuto hodnotu lze nahradit bilancí, kdy ve dnech 10. února až 21. března bez přestupných let (= 40 dnů) je tato doba 3 600minut.

Venkovní zařízení a prostory v okolí obytné budovy sloužící k rekreaci jejich obyvatel mají mít alespoň 1/2 plochy osluněnu 3h dne 1. března.

Oslunění pobytových místností je rozumné vyžadovat u prostorů s dlouhodobým pobytem lidí, jako jsou pokoje a ložnice ubytovacích objektů (studentské a jiné ubytovny), rekreačních objektů, nemocniční lůžkové pokoje ap.

Kriteria hodnocení jsou stejná jako u obytných místností.

2.2 Metody stanovení oslunění

Používají se metody grafické i numerické. Výsledky grafických metod jsou snadněji kontrolovatelné. Podstatné je, aby všechny metody vycházely z jednotného stanovení polohy slunce a jeho zdánlivé dráhy na obloze podle [3], kde jsou též doporučeny tři grafické metody pro stanovení oslunění.

1. Diagram zastínění [3-příloha "A"]

Tato metoda poskytuje uspokojivé výsledky v případě, kdy se jedná o relativně vzdálené překážky a situace objektů je přehledná. Diagram se tvoří pomocí přílohy normy (starší vydání se významně liší). V diagramu musí být zřetelné převýšení překážek a vyznačeny body stínění. Je optimální grafické vyznačení času oslunění a stínění včetně okrajových podmínek.

2. Pravoúhlý sluneční diagram [3-příloha "B"]

Tato metoda poskytuje přehledné výsledky v případech, kdy se jedná o relativně blízké překážky a zejména výškově hodně členité. Pravoúhlý průmět překážek do výpočtového bodu se překryje pravoúhlým slunečním diagramem v příloze normy. Z průmětu se odečte doba proslunění.

3. Stereografický sluneční digram [3- příloha "C"]

Rozdíl oproti digramu ad 2 je v tom, že promítání překážek i zdánlivé polohy slunce se provádí do stereografického (polárního) diagramu.

Odborný posudek oslunění zpracovaný oprávněnou osobou musí specifikovat požadavky na oslunění tříděné podle jednotlivých prostorů budovy, musí obsahovat alespoň výsledky výpočtů a musí jednoznačně stanovit vyhovující nebo nevyhovující stav s odkazem na možná řešení.

Poznámky autora k problematice oslunění

1. V legislativních předpisech se objevují stále dva pojmy a to proslunění a oslunění. Zatím co v [1a 2] mají obě slova poněkud různý význam pak ve [3] se tento rozdíl stírá. Bylo by záhodno, aby orgány činné v této oblasti názvosloví sjednotili.
2. Vzhledem k narůstající agresivitě a řekl bych, že někdy až ke zneužívání požadovaných vlastností staveb a jejich okolí v právních bitvách mezi stávajícími majiteli objektů a stavebníky nových, bych doporučoval zavedení ochrany stavebních pozemků z hlediska jejich oslunění podobně jak je tomu u denního osvětlení viz [4]. Obojí má podobný charakter a význam a je nejvyšší čas tuto problematiku sjednotit. Podle mého názoru není nadále únosná situace "kdo dřív přijde, dřív mele".
3. Dále kritizuji jistou benevolenci v problematice oslunění rekreačních pozemků a zařízení v okolí obytných budov, kdy se požaduje [2] hodnota oslunění 3h ale tato je uvedena slovy "má být". Tento výraz zřejmě navozuje situaci, kdy je možno se této hodnoty domáhat. Současně umožňuje aby tomu tak nebylo, ale neuvádí za jakých okolností. Opět vyzývám orgány činné v této oblasti aby zvážily význam tohoto fenoménu a upřesnily jeho vyžadovatelnost.

3. Denní osvětlení

3.1 Popis

Z hlediska denního osvětlení je dobré rozlišit, zda se jedná o denní osvětlení **uvnitř posuzované novostavby** nebo se jedná o **stínění denního osvětlení okolními** (původními i novými) stavbami. Úroveň denního osvětlení se stanovuje pomocí **činitele denní osvětlenosti**, jehož matematické vyjádření je:

$$D = E_{\text{int}} / E_{\text{hext}} * 100 \quad (\%; \text{lx}, \text{lx}, -)$$

Kde jsou:

E_{int} hodnota osvětlenosti v konkrétním (výpočtovém bodě)

E_{hext} hodnota osvětlenosti venkovní nezacloněné horizontální roviny, obvykle v úrovni terénu

3.2 Denní osvětlení uvnitř staveb

Navrhované budovy musí mít **vyřešeno** v souladu s normovými hodnotami **denní případně sdružené osvětlení** [1,4,6].

Technická norma [1] taxativně stanovuje prostory, kde **musí být vždy vyhovující denní osvětlení**, jsou to:

- **obytné místnosti bytů**
- **ložnice a pokoje zařízení pro dlouhodobé ubytování lidí (domovy mládeže, důchodců, koleje, ap.)**
- **denní místnosti zařízení pro předškolní výchovu (jesle, MŠ) [11]**
- **učebny škol mimo speciální [4-ČSN 730580-3]**
- **vyšetřovny a lůžkové místnosti zdravotnických zařízení**
- **místnosti pro oddech a jídelny určené pro uživatele prostorů bez denního světla**

V ostatních prostorech je nutno zvážit vhodnost použití sdruženého osvětlení [6], prostory bez denního osvětlení lze navrhovat zcela výjimečně a to pouze v odůvodněných případech. Přitom je třeba rozlišovat funkční využití a délku pobytu lidí předmětného prostoru.

Technickou normou případně jiným předpisem [4,10] stanovené hodnoty činitele denní osvětlenosti D obvykle v závislosti na funkčním využití předmětného prostoru jsou považovány za nejnižší. Tyto hodnoty mohou být navýšeny pouze za určitých okolností vyjmenovaných v technické normě.

U nově navrhovaných budov je nutno při výpočtu denního osvětlení respektovat současné okolní stínící překážky. Je nutno zvážit možnost změn okolních překážek, nebo též budoucí výstavbu na okolních parcelách, která může zvýšit zastínění z dnešního až do nejvýše povoleného stavu. Do výpočtu se zavede úhel stínění, který je pro uvažované lokality jako nejvýše možný.

Požadavky na denní osvětlení uvedené v technických normách není nutno bezdůvodně navyšovat. Uvedené hodnoty jsou stanoveny tak, že je lze považovat za **hygienicky minimální a energeticky optimální** s ohledem na energetickou bilanci budovy.

3.3 Stínění denního osvětlení okolních staveb

Zastínění denního osvětlení stávajících prostorů novými stavbami nebo jejich částmi se posuzuje podle **činitele denní osvětlenosti ve stanoveném bodě roviny vnějšího zasklení oken předmětných prostor $D_w(\%)$** . Tímto kritériem se nehodnotí úroveň denního osvětlení ve vnitřním prostoru, ale **míra zavinění případného nevyhovujícího stavu denního osvětlení venkovním stíněním**.

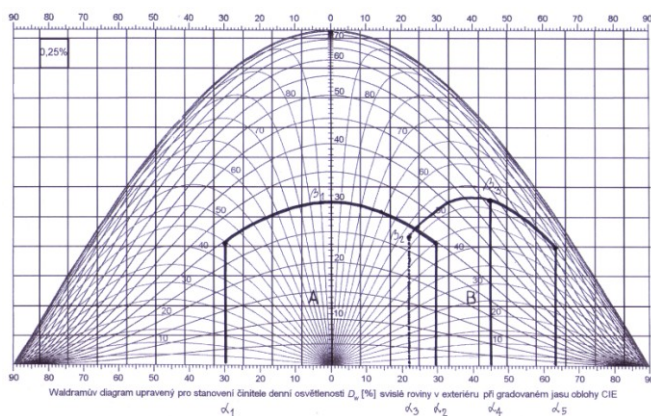
Nejnižší hodnoty činitele $D_w(\%)$ jsou stanoveny technickou normou [4] podle kategorie vyjádřené lokalitou zástavby. Hodnotám činitele $D_w(\%)$ odpovídají úhly stínění $\epsilon(^{\circ})$, který lze použít mimo jiné jako parametr výpočtu vnitřního denního osvětlení dle bodu 3.2 tohoto textu.

3.4 Metody stanovení denního osvětlení nebo vlivu stínění

Metody se používají grafické nebo numerické. Podstatné, stejně jako u oslunění je, aby vycházely z jednotných požadavků na výpočet stanovených technickou normou [4-ČSN 730580-1], kde jsou definovány výpočtové modely oblohy, ztráty světla při průchodu osvětlovacím otvorem a odražené složky denního světla od venkovních i vnitřních ploch. Z grafických metod se používají diagramy označované Daniljukovy, Waldramovy, Kitzlerovy nebo BRS protraktory. U počítačových programů, kterými lze stanovit činitele D (%) nebo $D_w(\%)$ je problematická jejich průhlednost algoritmu výpočtu a též použití okrajových podmínek (vstupních dat).

Z důvodu časové náročnosti se výpočty činitelů $D(\%)$ uvnitř budov dnes provádí téměř výlučně ověřenými počítačovými programy (např. WDLS).

Výpočet vliv stínění činitelem $D_w(\%)$ je možno realizovat grafickou metodou, autorem textu vhodně upraveným Waldramovým diagramem viz obr.1 nebo programem WDLS.

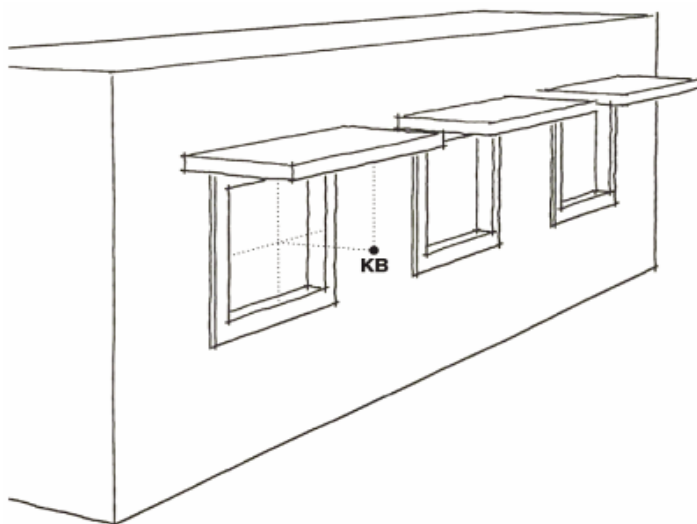


Obr. 1 příklad použití upraveného Waldramova diagramu stanovení $D_w(\%)$.

Odborný posudek denního osvětlení staveb nebo stínění denního osvětlení okolních staveb zpracovaný oprávněnou osobou musí specifikovat požadavky na osvětlení tříděné podle jednotlivých prostorů budovy, musí obsahovat alespoň výsledky výpočtů a musí jednoznačně stanovit vyhovující nebo nevyhovující stav s odkazem na možná řešení.

Poznámky autora k problematice stínění denního osvětlení

1. doporučuji upravit formulaci textu příkladu zástavby tab. B1 ČSN 730580-1, příloha B zejména kategorie 3, která je natolik zavádějící, že podobně stínící konfigurace hustoty zástavby, např. kdy nejsou dodrženy klasické vzdálenosti 7 - 8m mezi domy - dnes zcela běžné ale stále nejde o řadovou zástavu, se tím prakticky nepřipouští (podle úředníků na SÚ). Důsledky stínění v takových hustých konfiguracích zástavby a řadové zástavby jsou přitom velmi podobné.
2. doporučuji opět otevřít diskuzi o nepřiměřenosti současného stavu hodnocení vlivu stínění (D_w) nebo ϵ pro všechny stavby a jiné překážky v okolí hodnocené stavby. Pokud budeme vycházet z ustanovení OZ tedy "přiměřenosti místních poměrů" pak si myslím na rozdíl od současného výkladu, že by se mělo hodnocení vlivu stínění týkat jen předmětné parcely na které nová překážka vzniká a použít kritérium D_w nebo ϵ jen na tuto parcelu s předmětnou překážkou případně dalšími pozdějšími překážkami tamtéž. Obdobně to vyřešili na Slovensku vydáním výkladu k hodnocení stínění podle STN 730580-1 Z2 jejich normalizačním ústavem. Podle diskuze s odborníky (ing.Rybár) jsou při aplikaci tohoto výkladu výsledky stínění poněkud horší nicméně nevýrazně a je tím zachováno právo stavět na vlastním pozemku bez vlivu ostatní výstavby v okolí. Podle současného cz výkladu stínění se započtením všech okolních překážek (ing.Kaňka) je mnohdy vliv okolí neúměrný a na předmětný volný pozemek nelze postavit ani malou budovu. Toto, podle mne, neodpovídá "přiměřenosti poměrům" a dochází k unfair ovlivňování výsledků hodnocení stínění dřívě hotovými stavbami. Bude-li to nutné, lze z tohoto důvodu hodnoty D_w nebo ϵ přiměřeně zvýšit. Celkově by se výrazně zjednodušilo prokazování vlivu stínění novostavbami a současně by bylo lépe respektováno to "přiměřené poměrům" s velmi malými výslednými negativními dopady při aplikaci "práva na světlo"
3. doporučuji si všimnout významné úpravy transpozice bodu hodnocení podle úpravy článku B2 změnou Z1 normy [4] tak, že tento bod se v případě stávající překážky umístěné před průčelím hodnoceného okna umístí až do roviny předstupující překážky, viz ilustrační obr.2



Obr.2 změna pozice výpočtového bodu pro hodnocení vlivu stínění denního osvětlení při předsunuté stávající překážce

4. Seznam odkazové literatury

- [1] Vyhláška MMR č.268/2009Sb O technických požadavcích na stavby. Vyhláška MMR č. 20/2012Sb kterou se mění vyhláška č.268/2009Sb.
- [2] ČSN 73 4301:2004 Obytné budovy + Z1:2005
- [3] ČSN 73 0581:2009 Oslunění budov a venkovních prostor.
- [4] ČSN 730580-1:2007 Denní osvětlení budov-základní požadavky + Z1:2011,
 - 2-obytné budovy:2007,
 - 3-školy:1994 + Z1:1996 + Z2:1999,
 - 4-průmyslové budovy::1994 + Z1:1996 +Z2:1999
- [5] ČSN EN 12464-1:2012 Světlo a osvětlení pracovních prostorů, vnitřní pracovní prostory, ČSN EN 12464-2"2008 dtto, venkovní pracovní prostory.
- [6] ČSN 36 0020:2007 Sdružené osvětlení.
- [7] ČSN EN 12193:2008 Světlo a osvětlení, osvětlení sportovišť.
- [8] ČSN EN 1838:2005 Světlo a osvětlení, nouzové osvětlení, ČSN EN 50172:2005 Systémy nouzového únikového osvětlení.
- [9] ČSN EN 12665:2003 Světlo a osvětlení, základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků ...
- [10] NV č.361/2007Sb a č.80/2010Sb, kterými se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.
- [11] V MZ č.410/2005Sb a č.343/2009Sb, o hygienických požadavcích na prostory a provoz pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.

Normy ve veřejném osvětlení z pohledu práva

Tomáš Sequens, JUDr., Richard Hamran, JUDr., Petra Nováková, JUDr., Ph.D.

Kocián Šolc Balaščík, advokátní kancelář, s.r.o.,

www.ksb.cz, tsequens@ksb.cz, rhamran@ksb.cz, pnovakova@ksb.cz

Technické normy mají v českém právním systému zásadně doporučující, tedy nikoli závazný charakter. Právně závaznými se stanou až tehdy, stanoví-li tak právní předpis. Tento dvojí režim platí i pro oblast veřejného osvětlení. V praxi však i odchýlení se od norem doporučujícího charakteru může mít nepříjemné následky.

K závaznosti českých technických norem

České technické normy jsou obecně zvláštním druhem písemných pravidel, ve kterých jsou upraveny specifické požadavky týkající se té které oblasti lidských aktivit. Obsahují technický popis parametrů výrobků, konstrukcí, materiálů i složitějších celků z těchto částí tvořených. Technické normy obsahují informace o obecně uznávaných technických řešeních, základní zákonné požadavky bezpečnosti konstrukční, materiálové, protipožární, hygienické či ochrany zdraví a životního prostředí. Technické normy pokrývají téměř všechny oblasti lidské činnosti [1].

Existence technických norem a odkaz na ně v právních předpisech jsou nezbytné pro to, aby právní předpisy České republiky (tedy zákony, nařízení vlády a vyhlášky nejvyšších orgánů státní správy a samosprávy) nebyly neúčelně zatěžovány množstvím detailních právních požadavků technického charakteru. Právní předpis nemůže jít do podrobností (způsobů výpočtů různých hodnot apod.) uvedených na mnoha stránkách norem. Právní předpis stanoví pouze základní podmínky s tím, že na příslušné české technické normy odkazuje; takto jsou zprostředkovány informace o tom, kde je možno nalézt podrobné řešení dané problematiky. Technické normy tedy doplňují nekompletní právní požadavek vyplývající z příslušného právního předpisu. Odkazy na technické normy mají za cíl konkretizovat požadavky obsažené v právních normách a chránit tak veřejný zájem a bezpečnost [2].

Legislativně jsou technické normy upraveny v zákoně č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky. Dle ustanovení § 4 tohoto zákona je česká technická norma dokument schválený pověřenou právníkou osobou pro opakované nebo stálé použití vytvořený podle tohoto zákona a označený písmenným označením ČSN, jehož vydání bylo oznámeno ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví ÚNMZ. Zákon výslovně uvádí, že česká technická norma není obecně závazná. Česká technická norma poskytuje pro obecné a opakované používání pravidla, směrnice nebo charakteristiky činností nebo jejich výsledků zaměřené na dosažení optimálního stupně uspořádání ve vymezených souvislostech.

Technické normy tedy nejsou obecně závazné, což potvrdil i Ústavní soud České republiky (ÚS). Jeho slovy jsou technické normy považovány za kvalifikovaná doporučení (nikoliv příkazy) a jejich používání není závazné, nýbrž jen dobrovolné. ÚS však zároveň dodal, že existuje celá řada případů, kdy je dodržení požadavků konkrétních českých technických norem vyžadováno zákonem nebo vyhláškou. Povinnost postupovat při určité činnosti v souladu s českými technickými normami může vzniknout především na základě ustanovení právního předpisu, které stanoví, že ve vztazích upravených tímto právním předpisem je nutno dodržovat české technické normy. V těchto případech již lze o určité závaznosti těchto norem hovořit [3].

V otázce závaznosti technických norem lze tedy uzavřít, že tyto nejsou obecně závazné, v určitých případech se však stanou obecně závaznými, pokud na ně konkrétní právní předpis výslovně odkáže.

Technické normy v oblasti veřejného osvětlení

Technickými normami příslušnými v oblasti veřejného osvětlení rozumíme zejména normy ČSN 13201 - 1 až 4 Osvětlení pozemních komunikací[4] vydané ÚNMZ. Tyto normy obsahují návod pro výběr tříd osvětlení na základě posouzení geometrického uspořádání, využití prostoru, vlivu okolí a dalších

parametrů, např. na základě intenzity provozu, náročnosti navigace, složitosti zorného pole, rizika kriminality, převažujícího počasí apod. Dané normy dále obsahují návod k definování oblasti, v níž se požadavky na osvětlení pro vybranou třídu osvětlení uplatňují a také všeobecná doporučení, např. pro stanovení požadavků na podání barev, zrakové vedení, osvětlení sousedících oblastí nebo pro použití alternativních a doplňkových tříd osvětlení. Tyto normy definují na základě fotometrických požadavků třídy osvětlení pro pozemní komunikace s ohledem na zrakové potřeby uživatelů komunikace a zohledňuje vlivy tohoto osvětlení na životní prostředí [5].

K povaze technických norem ve veřejném osvětlení

Odkaz na technické normy v oblasti veřejného osvětlení nalezneme pouze ve dvou právních předpisech. Prvním je nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. To v ustanovení § 45a nazvaném Osvětlení venkovních pracovišť uvádí, že umělé osvětlení venkovních pracovišť a spojovacích cest musí odpovídat náročnosti vykonávané práce na zrakovou činnost a ochranu zdraví v souladu s normovými hodnotami a požadavky české technické normy na osvětlení venkovních pracovních prostor. V poznámce pod čarou se odkazuje mimo jiné na normy ČSN EN 13201-1 až 4 Osvětlování pozemních komunikací [6].

Druhou zmínku obsahuje vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č. 104/1997 Sb., kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích. Ustanovení § 25 vyhlášky mimo jiné stanoví, že dálnice[7] a silnice[8] se vždy osvětlují v zastavěném území obcí [9]. V podrobnostech se odkazuje na doporučené české technické normy uvedené v příloze č. 1. Jednou z nich je norma ČSN 36 0400 Veřejné osvětlení, která byla nahrazena normami ČSN EN 13201-1 až 4 Osvětlování pozemních komunikací. Pro místní[10] či účelové[11] komunikace, které v obci zpravidla převažují, naopak tato povinnost stanovena není.

I pro technické normy ve veřejném osvětlení tedy platí, že nejsou obecně závazné. S odkazem na závěry ÚS lze o určité závaznosti uvažovat pouze ve vztahu k osvětlení venkovních pracovišť a spojovacích cestách, jakož i silnicím a dálnicím v zastavěném území obcí. Obec, která je ve většině případů vlastníkem veřejného osvětlení, by tak měla postupovat podle norem ve dvou případech: Když zaměstnanci obce plní pracovní úkoly na pozemních komunikacích nebo když obec vlastní veřejné osvětlení umístěné na dálnicích a silnicích v zastavěném území obce.

Proč dodržovat doporučující normy

Pouze doporučující povaha technických norem však neznamená, že by požadavky tam zmíněné bylo vhodné opomíjet. Takový postup nelze doporučit zejména z praktických důvodů. ÚS se k dodržování technických norem vyjádřil prostřednictvím jejich účelu takto: Účelem splnění detailních právních nároků je především jakost výrobků, ochrana zdraví a života lidí, bezpečnost práce a technických zařízení, požární ochrana, tvorba a ochrana životního prostředí, ochrana majetku a dalších zájmů. Dodržování technických norem je v řadě případů rozhodující podmínkou pro uplatnění na trhu. Na otázku, proč se normy používají, i když nejsou právně závazné, by se tedy dalo odpovědět tím, že jejich používání je výhodné, protože usnadňuje výrobu a výměnu zboží, dorozumívání se mezi výrobci a odběrateli, vytvářejí důvěru mezi výrobcem a spotřebitelem, přispívají ke snižování výrobních nákladů, odstraňují překážky na trhu atd.

Nad rámec „výhodnosti“ dodržování technických norem specifikované ÚS lze doplnit další tři důvody:

a) Postupování v souladu s technickými normami může hrát roli ve stavebním řízení spojeném s výstavbou či údržbou veřejného osvětlení. S ohledem na praxi stavebních úřadů nelze vyloučit, že dodržení „doporučujících“ technických norem bude v konkrétním případě ze strany úředníků podmínkou vyhovění žádosti. I kdyby byl takový požadavek úřadu v rámci případného uplatnění opravných prostředků shledán nesprávným (právě poukazem na nezávaznost normy), způsobené průtahy by mohly přinést nemalé komplikace po časové i finanční stránce.

b) Kvalita veřejného osvětlení dále ovlivňuje stavební stav[12] pozemních komunikací, a tím i jejich sjízdnost[13] či schůdnost[14]. V tomto ohledu pak zákon o pozemních komunikacích jednak stanoví povinnost odstranit závady ve sjízdnosti či schůdnosti komunikace [15], jednak přiznává právo na náhradu škody, která vznikla v důsledku takové závady [16]. Závady ve sjízdnosti či schůdnosti komunikace spočívají v nepředvídatelných změnách ve sjízdnosti a schůdnosti komunikace či chodníku [17]. Nelze vyloučit, že nekvalitně provedené veřejné osvětlení[18] může v tom kterém případě k takové nepředvídatelnosti přispět. Dané riziko lze zmírnit respektováním požadavků na

veřejné osvětlení stanovených v doporučených normách.

c) Rovněž nelze opomenout hledisko prevence ve smyslu předcházení škodám na životě, zdraví

osob, majetku a životním prostředí. Tato povinnost pro obce coby vlastníka veřejného osvětlení vyplývá jak z práva veřejného[19], tak soukromého[20]. Dodržování technických norem tak může obci jako žalované usnadnit procesní pozici v eventuelním soudním řízení, v rámci něhož by jí bylo vytýkáno pochybení mající příčinu ve veřejném osvětlení [21]. Obec postupující v souladu s požadavky technických norem bude spíše zbavena odpovědnosti za vzniklou škodu (či bude mít snadnější pozici v rámci popírání takové své odpovědnosti) odkazem na vynaložení náležité péče při předcházení škodám než ta, která postupovala v rozporu s nimi.

Lze právo na veřejné osvětlení vymáhat?

Zabezpečování veřejného osvětlení slouží k uspokojování potřeb občanů. Obecně však právo každého na zabezpečení veřejného osvětlení garantováno není. Obce jsou tak povinny činit jen v případech stanovených zákonem či na základě zákona. A na ty jsme výše poukázali. Pokud tedy kupř. obec v rozporu s § 25 vyhlášky č. 104/1997 Sb. vypíná během noci veřejné osvětlení na silnicích v zastavěném území obce, může jí být příslušným státním orgánem[22] vyměřena pořádková pokuta až do výše 100 000 Kč, a to opakovaně. Stejná sankce by se uplatnila i v případech, kdy by obec otálela[23] s odstraněním závady ve sjízdnosti či schůdnosti komunikace mající svůj původ ve veřejném osvětlení. Za porušení povinností bezpečnosti práce při venkovním osvětlení pracovišť počítá zákon s pokutou až do výše 1 milionu Kč [24].

Závěrem lze uvést, že veřejné osvětlení má podstatný vliv na kvalitu života ve městech a obcích. Úroveň těchto služeb se nepochybně odráží v úrovni bezpečnosti osob a majetku a významně ovlivňuje životní prostředí. Požadavky odrážející tyto hodnoty jsou obsaženy v technických normách. Nehledě na charakter těchto norem je jejich dodržování užitečné, a to nejen z právního hlediska.

- [1] Viz nálezná pléna Ústavního soudu ze dne 26.5.2009, sp. zn. Pl. ÚS 40/08, v němž se Ústavní soud zabýval návrhem na zrušení vyhlášky č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb.
- [2] Tamtéž.
- [3] Tamtéž. ÚS k tomu dále dodal, že odkazy na technickou normu v právních předpisech mohou mít z hlediska jejich síly formu odkazu výlučného (povinného) nebo (indikativního). Výlučný odkaz určuje shodu s technickou normou, na kterou se odkazuje, jako jediný způsob splnění příslušného ustanovení daného právního předpisu. Technická norma tak doplňuje nekompletní právní požadavek, a stává se tak vlastně součástí právního předpisu. Tím vzniká povinnost řídit se ustanoveními příslušné normy pro ty subjekty, kterých se daný právní předpis týká. I když ani v tomto případě většinou nejde o obecnou závaznost, je možno říci, že ve vztahu k plnění požadavků příslušného předpisu se odkazovaná norma nebo její část stává závaznou. V případě indikativního odkazu je shoda s normou jedním z možných způsobů splnění požadavků právního předpisu. Obecný požadavek právního předpisu však může být splněn jiným způsobem. Forma indikativního odkazu je uplatněna v ustanovení § 4a zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, pokud jde o harmonizované nebo určené normy (harmonizovanou českou technickou normou je taková norma, která ve vztahu ke konkrétnímu technickému předpisu obsahujícímu obecné vymezení technických specifikací obsahuje úpravu, jejíž splnění se bude považovat za splnění požadavků technického předpisu).
- [4] Plné označení těchto norem je ČSN CEN/TR 13201-1 (360455) Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Výběr tříd osvětlení z dubna 2007, ČSN EN 13201-2 (360455) Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky z května 2005, ČSN EN 13201-3 (360455) Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet z května 2005 a ČSN EN 13201-4 (360455) Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření z května 2005 (těmito normami byly nahrazeny normy ČSN 36 0400 Veřejné osvětlení, ČSN 36 0410 Osvětlení místních komunikací a ČSN 36 0411 Osvětlení silnic a dálnic, všechny z prosince 1984). Vedle zmíněných norem patří do třídy 3604 Vnitřní a venkovní osvětlení i další normy, např. ČSN EN 12464-2 (360450) Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory či ČSN EN 12193 (360454) Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť. S veřejným osvětlením však souvisí i další technické normy (stavební, elektrotechnické atd.).

- [5] Viz anotace k normám ČSN EN 13201-1-4 uveřejněné na webových stránkách ÚNMZ <http://www.unmz.cz/urad/unmz>.
- [6] Další technickou normou, na níž se odkazuje, je ČSN EN 124 64 - 2 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory.
- [7] Dálnice je v ustanovení § 4 zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů, vymezena jako pozemní komunikace určená pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu silničními motorovými vozidly, která je budována bez úrovnových křížení, s oddělenými místy napojení pro vjezd a výjezd a která má směrově oddělené jízdní pásy.
- [8] Silnice je v ustanovení vymezena jako veřejně přístupná pozemní komunikace určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci (viz § 5 zákona o pozemních komunikacích).
- [9] Zákon o pozemních komunikacích používá pojem průjezdní úsek dálnice a silnice, který v § 8 definuje jako území zastavěné nebo zastavitelné, pokud se tím převádí převážně průjezdná doprava tímto územím.
- [10] Místní komunikace je vymezena jako veřejně přístupná pozemní komunikace, která slouží převážně místní dopravě na území obce (viz § 6 zákona o pozemních komunikacích).
- [11] Účelová komunikace je pozemní komunikace, která slouží ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby vlastníků těchto nemovitostí nebo ke spojení těchto nemovitostí s ostatními pozemními komunikacemi nebo k obhospodařování zemědělských a lesních pozemků. Účelovou komunikací je i pozemní komunikace v uzavřeném prostoru nebo objektu, která slouží potřebě vlastníka nebo provozovatele uzavřeného prostoru nebo objektu (viz § 7 zákona o pozemních komunikacích).
- [12] Stavebním stavem dálnice, silnice nebo místní komunikace se rozumí jejich kvalita, stupeň opotřebení povrchu, podélné nebo příčné vlny, výtluky, které nelze odstranit běžnou údržbou, únosnost vozovky, krajnic, mostů a mostních objektů a vybavení pozemní komunikace součástmi a příslušenstvím (viz § 26 odst. 3 zákona o pozemních komunikacích).
- [13] Dálnice, silnice a místní komunikace jsou sjízdné, jestliže umožňují bezpečný pohyb silničních a jiných vozidel přizpůsobený stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto pozemních komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům (viz § 26 odst. 1 zákona o pozemních komunikacích).
- [14] V zastavěném území obce jsou místní komunikace a průjezdní úsek silnice schůdné, jestliže umožňují bezpečný pohyb chodců, kterým je pohyb přizpůsobený stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům (viz § 26 odst. 2 zákona o pozemních komunikacích).
- [15] Na základě § 27 odst. 6 zákona o pozemních komunikacích je pak vyhláškou č. 104/1997 Sb. blíže vymezen rozsah, způsob a časové lhůty pro odstraňování závad ve sjízdnosti dálnice, silnice a místní komunikace. Nařízením obce je stanoven rozsah, způsob a lhůty odstraňování závad ve schůdnosti chodníků, místních komunikací a průjezdních úseků silnic.
- [16] Dle § 27 zákona o pozemních komunikacích odpovídá vlastník dálnice, silnice, místní komunikace nebo chodníku za škody vzniklé uživatelům těchto pozemních komunikací, jejichž příčinou byla závada ve sjízdnosti, pokud neprokáže, že nebylo v mezích jeho možností tuto závadu odstranit, u závady způsobené povětrnostními situacemi a jejich důsledky takovou závadu zmírnit, ani na ni předepsaným způsobem upozornit. Vlastník místní komunikace nebo chodníku odpovídá za škody, jejichž příčinou byla závada ve schůdnosti chodníku, místní komunikace nebo průjezdního úseku silnice, pokud neprokáže, že nebylo v mezích jeho možností tuto závadu odstranit, u závady způsobené povětrnostními situacemi a jejich důsledky takovou závadu zmírnit, ani na ni předepsaným způsobem upozornit.
- [17] Závadou ve sjízdnosti pro účely zákona o pozemních komunikacích se rozumí taková změna ve sjízdnosti dálnice, silnice nebo místní komunikace, kterou nemůže řidič vozidla předvídat při pohybu vozidla přizpůsobeném stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu těchto pozemních komunikací a povětrnostním situacím a jejich důsledkům. Závadou ve schůdnosti se rozumí taková změna ve schůdnosti pozemní komunikace, kterou nemůže chodec předvídat při pohybu přizpůsobeném stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu a povětrnostním situacím a jejich důsledkům (viz § 26 odst. 6 a 7 zákona o pozemních komunikacích).
- [18] Absence veřejného osvětlení, či jeho vypínání v místech, které osvětleny být nemusí, však závadu ve sjízdnosti či schůdnosti samo o sobě zřejmě představovat nebudou. Závada ve sjízdnosti či schůdnosti komunikace totiž souvisí s takovou změnou ve sjízdnosti či schůdnosti, kterou nelze předvídat ani při jízdě či pohybu přizpůsobeném stavu komunikace. Sama skutečnost, že osvětlení na komunikaci chybí nebo je vypnuté, zpravidla nebrání uživateli v tom, aby svou jízdu či pohyb přizpůsobil tak, aby byla jízda či chůze bezpečná.
- [19] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, v ustanovení § 156 stanoví požadavky na stavby takto: Pro stavbu mohou být navrženy a použity jen takové výrobky, materiály a konstrukce, jejichž vlastnosti z hlediska způsobilosti stavby pro navržený účel zaručují, že stavba při správném provedení a běžné údržbě po dobu předpokládané

- existence splní požadavky na mechanickou odolnost a stabilitu, požární bezpečnost, hygienu, ochranu zdraví a životního prostředí, bezpečnost při udržování a užívání stavby včetně bezbariérového užívání stavby, ochranu proti hluku a na úsporu energie a ochranu tepla. Výrobky pro stavbu, které mají rozhodující význam pro výslednou kvalitu stavby a představují zvýšenou míru ohrožení oprávněných zájmů, jsou stanoveny a posuzovány podle zvláštních právních předpisů. Tímto zvláštním předpisem je i zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, jenž dle § 1 písm. a) upravuje způsob stanovování technických požadavků na výrobky, které by mohly ve zvýšené míře ohrozit zdraví nebo bezpečnost osob, majetek nebo životní prostředí, popřípadě jiný veřejný zájem (dále jen „oprávněný zájem“).
- [20] Obecnou prevenční povinnost upravuje ustanovení § 415 zákona č. 40/1964 Sb., občanského zákoníku, ve znění pozdějších předpisů, podle něhož je každý povinen počínat si tak, aby nedocházelo ke škodám na zdraví, na majetku, na přírodě a životním prostředí.
- [21] Mohlo by se jednat např. o řízení na náhradu škody na zdraví v důsledku dopravní nehody způsobené nepřiměřeným osvětlením řidičů.
- [22] Tímto orgánem je silniční správní úřad, jenž vykonává státní dozor na dálnicích, silnicích, místních komunikacích a veřejně přístupných účelových komunikacích. Zjistí-li pověřená osoba při výkonu státního dozoru porušení stanovených povinností, podle potřeby a povahy zjištěných nedostatků písemně uloží způsob a lhůtu odstranění těchto nedostatků a jejich příčin. Viz § 41 zákona o pozemních komunikacích.
- [23] Dle vyhlášky č. 104/1997 Sb., je nutno započat se zmírňováním závad ve sjízdnosti dálnic a silnic do 30 min v zimním období, mimo zimu bez průtahů. V případech místních komunikací se lhůty liší od 4 do 48 hod. Lhůty pro odstraňování závad ve schůdnosti chodníků, místních komunikací a průjezdných úseků silnic jsou stanoveny v nařízení každé obce.
- [24] Dle 17 odst. 1 písm. q) a odst. 2 zákona č. 251/2005 Sb., o inspekci práce, ve znění pozdějších předpisů.

Nákladovo efektívne racionalizačné opatrenia pri energetickej certifikácii budov

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.¹ – Ing. Peter Janiga, PhD.

¹ Slovenská technická univerzita v Bratislave, FEI, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava

Smernica EÚ č. 2010/31/EU [1] z 19.5.2010 o energetickej hospodárnosti budov (EHB) určuje, že členské štáty majú požiadavky na minimálnu energetickú hospodárnosť budov určiť s cieľom dosiahnuť nákladovo optimálnu úroveň opatrení pre budovy a prvky budov. Nákladovo optimálne úrovne sa majú stanoviť podľa rámca porovnávacej metodiky Európskej komisie [2], doplneného o národné parametre. Výpočty a porovnania môžu ukázať, že súčasné požiadavky na minimálnu energetickú hospodárnosť sú podstatne nižšie ako nákladovo optimálne požiadavky. V takom prípade majú členské štáty povinnosť písomne zdôvodniť tieto rozdiely Európskej komisii a vypracovať plán na odstránenie neopodstatnených rozdielov.

Účelom rámca porovnávacej metodiky nie je zjednotiť požiadavky na minimálnu energetickú hospodárnosť v jednotlivých krajinách, ale zabezpečiť zohľadnenie miestnych podmienok podobným spôsobom. Jednotlivé krajiny majú doplniť rámcovú metodiku okrem iného aj o plánovanú ekonomickú životnosť budov alebo ich častí. Ako vyplýva z rámca porovnávacej metodiky, hodnotenie konštrukčných a energetických systémov má obsahovať šesť krokov:

- určenie referenčných budov pre existujúce a nové budovy
- výber opatrení na zvýšenie energetickej hospodárnosti budov a opatrení založených na obnoviteľných zdrojoch energií pre každú existujúcu referenčnú budovu a referenčnú kategóriu nových budov
- výpočet pôvodnej a konečnej potreby energií vyplývajúcich z vybraných opatrení pre každú existujúcu referenčnú budovu a referenčnú kategóriu nových budov
- výpočet celkových nákladov
- analýzu citlivosti celkových nákladov na predpoklady o vývoji cien energií
- stanovenie nákladovo optimálnej úrovne energetickej hospodárnosti pre každú existujúcu a novú referenčnú budovu

V roku 2008 bol spracovaný katalóg elementárnych racionalizačných opatrení pre oblasť osvetlenia. Na riešenie nákladovej efektívnosti bolo potrebné tento katalóg prehodnotiť kvôli pokroku v technológii a uplatňovaniu požiadaviek európskych smerníc, predovšetkým v oblasti ekodizajnu. V rámci energetickej hospodárnosti budov sú nákladovo efektívne len niektoré technicky realizovateľné opatrenia. Na báze pôvodného katalógu racionalizačných opatrení preto bola zvolená a rozpracovaná nová výberová množina opatrení pre energetickú hospodárnosť budov (EHB). Cieľom tohto príspevku je informovať o aktuálne prebiehajúcich vedeckovýskumných aktivitách v oblasti EHB so zameraním na nákladovo efektívne racionalizačné opatrenia ako čiastkový cieľ riešených projektov vedy a výskumu. V súčasnosti sú k dispozícii ucelené čiastkové výsledky, a to analýza východiskového stavu, analýza aktuálnej technologickej úrovne, stanovenie aplikačných podmienok, výber reprezentatívnych vzoriek jednotlivých súčastí osvetľovacích sústav, výber nových elementárnych racionalizačných opatrení a vytvorenie balíkov úprav na zníženie potreby energie. Prirodzene, rozsah príspevku neumožňuje publikovať rozsiahlejšie závery, preto uvádzané čiastkové výsledky treba chápať ako výber s cieľom informovať odbornú verejnosť o vedeckých predpokladoch, metodike, postupoch riešenia a celkovej filozofii prístupu k riešeniu úloh na národnej úrovni. Nasledujúce fázy riešenia, ktoré sa pripravujú, sú načrtnuté v závere príspevku.

1. Východiskový stav osvetlenia v budovách

Potenciál zvyšovania energetickej hospodárnosti osvetlenia je daný dvomi limitujúcimi faktormi: východiskovým stavom a súčasným stavom technológie, ktorý oproti pôvodnému stavu ponúka vyššiu energetickú účinnosť. Z tohto dôvodu je analýza skutkového stavu nevyhnutným predpokladom na ďalší rozbor technických riešení, výber racionalizačných opatrení, stanovenie potenciálu úspor pre tieto opatrenia a napokon pre nákladovú optimalizáciu racionalizácie spotreby energie na osvetlenie.

Na Slovensku sú spracované štúdie vychádzajúce z desiatok auditpasportov osvetľovacích sústav v administratívnych a školských budovách. Pre iné kategórie sú podkladové údaje skromnejšie. V prípade

administratívnych a školských budov ale ide o terciálny sektor, ktorý z pohľadu energetickej efektívnosti vyžaduje riešenia. Komerčne orientované kategórie budov (hotely, reštaurácie, športoviská) sú charakteristické prirodzeným tlakom na kvalitu osvetlenia zodpovedajúcu úrovni doby pri relatívne optimálnom pomere investičných a prevádzkových nákladov. Zdravotnícke zariadenia sa radia najbližšie k školským a výchovnovzdelávacím zariadeniam, zatiaľ však postrádajú proces auditovania a z tejto oblasti existuje len obmedzený súbor podkladových údajov nepostačujúci na vyvodenie generalizačných záverov.

Svetelnotechnické riešenia vychádzajúce z dostupných technológií v čase inštalácie (ktorý koreluje s časom výstavby alebo poslednej rekonštrukcie) sú pre školské a administratívne budovy prehľadne uvedené v tab. 1. Pri istej diverzite skutkového stavu ide o majoritné svetelnotechnické riešenia. Tu treba uviesť, že pôvodné inštalácie osvetlenia v administratívnych budovách sa vyskytujú najmä v prípade štátnych inštitúcií, v súkromných spoločnostiach (v existujúcich starších budovách) osvetlenie zväčša už prešlo rekonštrukciou.

Tab. 1 Dominantné svetelnotechnické riešenia v administratívnych a školských budovách

Obdobie	1950 – – 1960	1960 – – 1970	1970 – – 1980	1980 – – 1990	1990 – – 2000	2000 – – 2012
Svetelné zdroje	žiarovky	žiarivky T12	žiarivky T12/T8	žiarivky T8/T12	žiarivky T8/T5	žiarivky T5/T8
Svietidlá	závesné s tienidlom alebo guľovým difúzorom					
		stropné s plastovou mriežkou alebo opálovým difúzorom				
			stropné s opálovým alebo prizmatickým difúzorom			
					stropné alebo vstavané s mriežkou alebo s prizmatickým difúzorom	
Predradníky	-	EEI = D	EEI = D/C	EEI = C/D	EEI = B/C/A3	EEI = B/A3
Riadenie	Manuálne				Manuálne, individuálne doplnené o pohybový snímač	

2. Aplikačné podmienky a výber reprezentatívnej vzorky


2.1 Svetelné zdroje


Podmienky použitia jednotlivých druhov svetelných zdrojov sú v súčasnosti určené podmienkami európskych predpisov (smernice a aplikačné dokumenty) zameraných na ekodizajn. Rámcová smernica EÚ č. 2005/32/EC [3] o požiadavkách na ekodizajn výrobkov spotrebujúcich energiu (EuP – *Energy Using Products*) bola neskôr nahradená smernicou EÚ č. 2009/125/EC [4] o požiadavkách na energeticky významné výrobky (ErP – *Energy Related Products*). Smernica v zmysle implementačných dokumentov obmedzuje použitie svetelných zdrojov s nižšou energetickou účinnosťou, ak sú k dispozícii vhodné alternatívne náhrady.

Referenčné typy svetelných zdrojov sú volené alternatívne z produkcie dvoch najväčších svetových výrobcov, ktoré sú u nás tiež absolútne majoritné pre nové osvetľovacie sústavy. Výber reprezentatívnych vzoriek uvádza tab. 2. V príkonovom rade je červenou farbou označený typ, pre ktorý sú uvedené ostatné technické parametre v tabuľke. Reprezentatívny výber ďalej zahŕňa tieto druhy svetelných zdrojov

- Halogénová žiarovka, 12 V
- Kompaktná žiarivka, 6 000 h, E27
- Kompaktná žiarivka, 10 000 h, E27
- Lineárna žiarivka T12
- Lineárna žiarivka T8
- Lineárna žiarivka T5
- Halogenidová výbojka, kremenný horák
- Halogenidová výbojka, keramický horák

Tab. 2 Výber z reprezentatívne vzorky svetelných zdrojov

Obyčajná žiarovka, číra, E27		
	Typ OSRAM	Classic A CL
	Typ PHILIPS	Standard A55 CL
	LLMF	N/A
	LSF	N/A
	Životnosť (nominálna)	1 000 h
	Príkonový rad (W)	15 – 25 – 40 – 60 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300
	Merný výkon (lm/W)	11,8
	Index EEI	E
	Cenové rozpätie (€)	0,3 – 0,6

Halogénová žiarovka, 230 V, E27		
	Typ OSRAM	Halogen Eco Pro Classic A
	Typ PHILIPS	Eco Classic A55 CL
	LLMF	N/A
	LSF	N/A
	Životnosť (80 % LLMF)	2 000 h
	Príkonový rad (W)	20 – 30 – 46 – 57 – 77 – 116 28 – 42 – 53 – 70 – 105 – 140
	Merný výkon (lm/W)	16
	Index EEI	C
	Cenové rozpätie (€)	2 – 3


2.2 Svietidlá

Požiadavky na ekodizajn sa zatiaľ dotýkajú svietidiel predovšetkým ohľadne predradníkov. Požiadavky na činiteľ znečistenia svietidiel (zložka LMF udržiavacieho činiteľa) sú predmetom normy pripravovanej pod mandátom Európskej komisie M/485.

Referenčné typy svietidiel sú volené alternatívne z produkcie jedného zahraničného výrobcu a jedného domáceho výrobcu a zahŕňajú základnú typológiu pre rôzne svetelnotechnické aplikácie. Aplikačné určenie svietidiel je dané použitou optikou a spôsobom montáže. Pri všetkých svietidlách sa uvažuje s elektronickým predradníkom energetickej triedy A2. Výber zo súboru vzoriek uvádza tab. 3. Reprezentatívny výber ďalej zahŕňa:

- Svietidlo stropné žiarivkové, so štandardnou mriežkou, dvojité PAR, EP
- Svietidlo závesné žiarivkové, so štandardnou mriežkou, zmiešané rozloženie toku, EP
- Svietidlo stropné žiarivkové, s prizmatickým alebo opálovým difúzorom, EP
- Svietidlo stropné žiarivkové, s vyšším krytím, EP
- Svietidlo stropné alebo nástenné, pre kompaktnú žiarivku, EP

Tab. 3 Výber z reprezentatívne vzorky svietidiel

Svietidlo stropné žiarivkové, s mriežkou MIRO, dvojité PAR, EP		
	Typ OMS	Classic ASN PAR MAT
	Typ PHILIPS	TCS198
	Optická účinnosť (%)	64
	Cenové rozpätie (€)	80 – 90

2.3 Osvetľovacie systavy

Parametre osvetlenia predstavujú vzájomne previazaný komplexný systém, v ktorom je energetická hospodárnosť len jedným z aspektov a musí predpokladať bezpodmienečné dodržanie podmienok na kvalitu osvetlenia. Platí to najmä na osvetlenie pracovísk, kde okrem horizontálnej osvetlenosti na porovnávacej rovine treba splniť požiadavky na dobré rozloženie jasov, osvetlenie hlavných povrchov miestnosti, modeláciu, farebné vlastnosti svetla, dobrú vizuálnu komunikáciu (cylindrická osvetlenosť) atď. Energetická náročnosť systavy sa dá hodnotiť na základe porovnania rôznych riešení, pričom každé z riešení musí spĺňať požiadavky na fotometrické parametre. K hlavným aspektom riešenia osvetľovacích systav patrí spôsob rozloženia svetelného toku v priestore (priame – zmiešané – nepriame osvetlenie) a geometrická konfigurácia svietidiel v priestore. Spôsob rozloženia svetelného toku je ako kritérium použité aj pri výbere reprezentatívnej vzorky v tab. 4. Z hľadiska nákladovej optimalizácie je ale dôležité aj usporiadanie svietidiel, najmä v pomere počtu inštalovaných svietidiel k ich príkonu. Je potrebné hľadať optimum investičných a prevádzkových nákladov pri väčšom počte svietidiel s menším príkonom a menšom počte svietidiel s väčším príkonom. Väčšie „rozbitie“ systavy na väčší počet svietidiel vedie k lepším fotometrickým výsledkom (lepšia rovnomernosť osvetlenia, menšie oslnenie, lešie priestorové charakteristiky osvetlenia), ale súčasne k vyšším nákladom na svietidlá. Pri návrhu geometrie sa tiež treba orientovať na využitie smerovaného svetla na osvetlenie zrakovej práce a difúzneho osvetlenia na celkové osvetlenie priestoru a splnenie ostatných normatívnych požiadaviek. Energeticky efektívne je osvetlenie odstupňované podľa miesta a charakteru vykonávaných zrakových úloh. Výber zo súboru vzoriek uvádza tab. 4. Reprezentatívny výber ďalej zahŕňa:

- Celkové osvetlenie priame difúzne
- Celkové osvetlenie nepriame (difúzne)
- Odstupňované osvetlenie priame difúzne
- Odstupňované osvetlenie priame smerované
- Odstupňované osvetlenie zmiešané

Tab. 4 Výber z reprezentatívne vzorky osvetľovacích systav

Druh osvetlenia:	Celkové osvetlenie priame smerované	Celkové osvetlenie zmiešané
Použité svietidlá podľa rozloženia svetelného toku	Priame s mriežkou	Prevažne priame alebo zmiešané s mriežkou
Použité svietidlá podľa spôsobu montáže	Stropné alebo vstavané, príp. závesné bez hornej svietiacej časti	Závesné s hornou svietiacou časťou
Rozsah splnenia normatívnych požiadaviek	V celej miestnosti alebo priestore	V celej miestnosti alebo priestore
Kvalita osvetlenia LDCC	*	*

Druh osvetlenia:	Odstupňované osvetlenie zmiešané **	Odstupňované osvetlenie zmiešané ***
Použité svietidlá podľa rozloženia svetelného toku	Prevažne priame alebo zmiešané s mriežkou	Prevažne priame alebo zmiešané s mriežkou
Použité svietidlá podľa spôsobu montáže	Závesné s hornou svietiacou časťou	Závesné s hornou svietiacou časťou
Rozsah splnenia normatívnych požiadaviek	Vo funkčne vymedzenej časti priestoru	Vo funkčne vymedzenej časti priestoru
Kvalita osvetlenia LDCC	**	***

Poznámka: Konfigurácia priestoru pre vzorové výpočty je predmetom prípravy.

2.4 Riadenie osvetlenia

Metodika výpočtu energetickej hospodárnosti osvetlenia podľa STN EN 15193 [5] uvažuje so znížením spotreby energie získanej výpočtom z inštalovaného príkonu a predpokladaného času prevádzky osvetľovacej systavy (času svietenia) pri zohľadnení systému riadenia prostredníctvom týchto faktorov:

- F_C – stmievanie na konštantnú osvetlenosť (jasový snímač)
- F_D – stmievanie alebo spínanie v závislosti od intenzity denného svetla (jasový snímač)
- F_O – spínanie v závislosti od obsadenosti priestoru (pohybový snímač PIR)

Uvedené faktory okrem nekontrolovaného manuálneho riadenia zahŕňajú aj použitie konkrétnych systémov riadenia so snímačmi (uvedené v zátvorkách). V zásade ide o aplikáciu pohybového snímača PIR alebo jasového snímača, ktorý môže pracovať na konštantnú osvetlenosť a vykrývať pokles svetelného toku v sústave v daných podmienkach a režime údržby, alebo môže zohľadňovať dostupnosť denného svetla príp. uvedené možnosti kombinovať. Snímače môžu pracovať v rôznych režimoch riadenia podľa STN EN 15193 resp. v zmysle legislatívneho predpisu [6], tieto režimy uvádza tab. 5. Reprezentatívnu vzorku riadiacich režimov uvádza tab. 6.

Tab. 5 Štandardné režimy riadenia osvetľovacích sústav

Kód	Snímač	Režim
R1	Manuálne	Dvojstavový spínač ZAP/VYP bez snímačov
R2	(bez snímačov)	Dvojstavový spínač ZAP/VYP s funkciou časového vypnutia
R3		Auto ZAP + stmievanie
R4	Pohybový snímač	Auto ZAP + auto VYP
R5	(F _O)	Manuálne ZAP + stmievanie
R6		Manuálne ZAP + auto VYP
R7	Jasový snímač	Manuálne ZAP + stmievanie na konštantnú osvetlenosť (F _C)
R8		Spínanie alebo stmievanie v závislosti od denného svetla (F _D)
R9	Manuálne	Centrálne ovládanie osvetlenia

Tab. 6 Reprezentatívna vzorka riadiacich režimov

Druh riadenia:	Manuálne	Manuálne s časovou funkciou
Použitý snímač	–	(časové relé)
Použitý režim riadenia	R1, R9	R2
Faktor	F _O	F _O

Druh riadenia:	Spínanie v závislosti od obsadenosti	Spínanie v závislosti od denného svetla
Použitý snímač	pohybový snímač PIR	jasový snímač
Použitý režim riadenia	R4	R8
Faktor	F _O	F _D

Druh riadenia:	Spínanie v závislosti od obsadenosti a denného svetla	Stmievanie na konštantnú osvetlenosť
Použitý snímač	kombinovaný snímač alebo samostatné snímače	jasový snímač
Použitý režim riadenia	R4, R8	R7
Faktor	F _O / F _D	F _C / F _D

Druh riadenia:	Spínanie a stmievanie v závislosti od obsadenosti a denného svetla	
Použitý snímač	pohybový snímač + snímač jasu	
Použitý režim riadenia	R3, R7, R8	
Faktor	F _C / F _O / F _D	

2.5 Údržba

V súčasnosti nie sú vybudované nástroje na optimalizáciu intervalov údržby. Existujú však odporúčania na intervaly kontrol osvetľovacej sústavy [7] a predpisy na intervaly čistenia svietidiel [8]. Hustota intervalov údržby závisí od čistoty prostredia a tiež od konštrukcie svietidla, keď vplyvom teplotného poľa v okolí svietidla vzniká prúdenie vzduchu a unášanie prachu a nečistôt. Klasifikácia čistoty prostredia v súčasnosti ešte nie je zosúladená s existujúcimi súvisiacimi normami (napr. STN 33 2000-5-51 [9]).

Aplikačné technické normy (ako napr. STN EN 12464-1 [10] pre pracoviská) výslovne vyžadujú stanovovať vysoké hodnoty udržiavacieho činiteľa. To ale musí byť opreté o hodnoty jednotlivých zložiek, ktoré závisia od použitých technických zariadení. To znamená voliť svetelné zdroje s nízkym poklesom svetelného toku

počas života a s nízkou mortalitou. Z dôvodu dosahovania vysokého udržiavacieho činiteľa sa môžu predpisovať hustejšie intervaly čistenia svietidiel a/alebo výmeny svetelných zdrojov, čo zvyšuje náklady na údržbu, ale môže výrazne pomôcť znížiť náklady na energiu.

Čistá skupinová výmena svetelných zdrojov sa dnes už nepovažuje za dobré riešenie. Vo väčšine osvetľovacích sústav je optimálna kombinácia skupinovej výmeny zdrojov po dosiahnutí určitého poklesu svetelného toku starnutím a individuálnej výmeny zdrojov v prípade predčasných zlyhaní. Tak sa dá úplne eliminovať zložka udržiavacieho činiteľa LSF. Tento prístup sa nemusí dať uplatniť v prípadoch, keď sú svietidlá ťažko dostupné na tento úkon údržby. Keďže údržba je dôležitým faktorom nákladovej optimalizácie, uvádzame úplnú reprezentatívnu vzorku režimov údržby v tab. 7.

Tab. 7 Výber z reprezentatívne vzorky režimov údržby

Spôsob údržby:	Intenzívna údržba s pevným intervalom výmeny zdrojov	Intenzívna údržba s pohyblivým intervalom výmeny zdrojov
Intervaly výmeny svetelných zdrojov	0,5 rokov	pri LLMF = 0,95
Predčasne zlyhané svetelné zdroje	individuálne	individuálne
Intervaly čistenia svietidiel	0,5 rokov	0,5 rokov
Intervaly obnovy povrchov	3 roky	3 roky

Spôsob údržby:	Skrátená údržba s pevným intervalom výmeny zdrojov	Skrátená údržba s pohyblivým intervalom výmeny zdrojov
Intervaly výmeny svetelných zdrojov	1,5 rokov	pri LLMF = 0,90
Predčasne zlyhané svetelné zdroje	individuálne	individuálne
Intervaly čistenia svietidiel	0,5 rokov	0,5 rokov
Intervaly obnovy povrchov	3 roky	3 roky

Spôsob údržby:	Normálna údržba s pevným intervalom výmeny zdrojov	Normálna údržba s pohyblivým intervalom výmeny zdrojov
Intervaly výmeny svetelných zdrojov	3 roky	pri LLMF = 0,85
Predčasne zlyhané svetelné zdroje	skupinovo	skupinovo
Intervaly čistenia svietidiel	1 rok	1 rok
Intervaly obnovy povrchov	3 roky	3 roky

Spôsob údržby:	Predĺžená údržba s pevným intervalom výmeny zdrojov	Predĺžená údržba s pohyblivým intervalom výmeny zdrojov
Intervaly výmeny svetelných zdrojov	4 roky	pri LLMF = 0,80
Predčasne zlyhané svetelné zdroje	skupinovo	skupinovo
Intervaly čistenia svietidiel	1 rok	1 rok
Intervaly obnovy povrchov	3 roky	3 roky

Spôsob údržby:	Trojročná údržba	
Intervaly výmeny svetelných zdrojov	3 roky	
Predčasne zlyhané svetelné zdroje	skupinovo	
Intervaly čistenia svietidiel	3 roky	
Intervaly obnovy povrchov	3 roky	

3. Výber opatrení a vytvorenie balíkov úprav na zníženie potreby energie

Výber racionalizačných opatrení a vytvorenie balíkov úprav sú spracované zvlášť pre existujúce budovy a nové budovy, pretože vyžadujú odlišné prístupy. Kým pri existujúcich budovách je známy pôvodný stav osvetlenia (pasportizované údaje) a racionalizačnými opatreniami sú výmeny, úpravy či rekonštrukcie energeticky neefektívnych súčastí, pri nových budovách budú všetky inštalované súčasti nové, a tak sú dostupné technológie odstupňované podľa úrovne energetickej efektívnosti. Platia nasledovné predpoklady riešenia:

- Pri všetkých racionalizačných opatreniach je uplatňovaná zásada približného zachovania existujúcej úrovne osvetlenia (v pojmoch kvantitatívnych fotometrických parametrov vzhľadom na normatívne požiadavky).
- Predpokladá sa, že osvetľovacia sústava je navrhnutá alebo prevádzkovaná správne, v súlade s platnými predpismi a normami.
- Prípadné predimenzovanie osvetlenia sa rieši navrhovaným znížením v rámci jednotlivých racionalizačných opatrení, keď nový stav vychádza zo známych normatívnych požiadaviek.

3.1 Existujúce budovy

Racionalizačné opatrenia sú odstupňované podľa technickej náročnosti tak, ako to uvádza tab. 8. Tab. 9 uvádza príklad balíkov úprav pre stupeň 4 (národný priemer) a 7 (minimálna požiadavka – spodná hranica energetickej triedy B).

3.2 Nové budovy

Pre reprezentatívnu vzorku jednotlivých súčastí resp. parametrov osvetľovacích sústav boli zvolené kritériálne parametre uvedené v tab. 10, ktoré boli následne odstupňované na vytvorenie stupnice svetelnotechnických riešení podľa energetickej efektívnosti. Stupnicu uvádza tab. 10.

Tab. 8 Stupnica racionalizačných opatrení pre existujúce budovy

STUPEŇ	OPATRENIA
1	Výmena svetelných zdrojov
2	Riadenie F_O
3	Riadenie F_C/F_D
4	Výmena svetelných zdrojov, riadenie $F_C/F_D/F_O$
5	Výmena svietidiel, výmena svetelných zdrojov, zmena údržby
6	Výmena svietidiel, výmena svetelných zdrojov, zmena údržby, riadenie F_O
7	Výmena svietidiel, výmena svetelných zdrojov, zmena údržby, riadenie F_C/F_D
8	Výmena svietidiel, výmena svetelných zdrojov, zmena údržby, riadenie $F_C/F_D/F_O$
9	Zmena usporiadania, výmena svietidiel, výmena svetelných zdrojov, zmena údržby
10	Zmena usporiadania, výmena svietidiel, výmena svetelných zdrojov, zmena údržby, riadenie $F_C/F_D/F_O$

* položky označené hnedou farbou sú zahrnuté v nadradenom racionalizačnom opatrení

Tab. 9 Príklad balíkov úprav pre stupeň 4 a 7 v existujúcich budovách

		Stupeň: 4
Opatrenie	Popis	
A Výmena svet. zdrojov	Inštalovanie svetelných zdrojov s vyšším merným výkonom do existujúcich svietidiel	
B Výmena svietidiel		
C Zmena usporiadania		
D Riadenie F_O	Inštalovanie pohybových snímačov v niektorom režime na obmedzenie času svietenia pri neprítomnosti užívateľov priestoru	
D Riadenie F_C/F_D	Inštalovanie jasových snímačov na obmedzenie času svietenia príp. zníženie intenzity osvetlenia pri dostatočnom dennom osvetlení a/alebo pre elimináciu udržiavacieho činiteľa	
E Zmena údržby		

Opatrenie	Popis
A Výmena svet. zdrojov	Výber nového typu svetidla pre svetelné zdroje s vyšším merným výkonom
B Výmena svetidiel	Výmena svetidiel v existujúcich pozíciách, použijú sa svetidlá s elektronickým predradníkom a vyššou optickou účinnosťou
C Zmena usporiadania	
D Riadenie F_O	
D Riadenie F_C/F_D	Inštalovanie jasových snímačov na obmedzenie času svietenia príp. zníženie intenzity osvetlenia pri dostatočnom dennom osvetlení a/alebo pre elimináciu udržiavacieho činiteľa
E Zmena údržby	Optimalizácia intervalov výmeny svetelných zdrojov a čistenia svetidiel na dosiahnutie vyššieho udržiavacieho činiteľa MF

Tab. 10 Stupnica svetelnotechnických riešení podľa energetickej efektívnosti

STUPEŇ	Svetelné zdroje	Svietidlá	Predradníky
1	$\eta \leq 60 \text{ lm/W}$	LOR $\leq 40 \%$	EEI = B1 až B2
2	$\eta > 60 \text{ lm/W}$	LOR $> 40 \%$	EEI = B1 až B2, A3 a lepšie výnimočne
3	$\eta > 65 \text{ lm/W}$	LOR $> 45 \%$	EEI = B1 až A3
4	$\eta > 70 \text{ lm/W}$	LOR $> 50 \%$	EEI = B2 až A3
5	$\eta > 75 \text{ lm/W}$	LOR $> 55 \%$	EEI = B2 až A2
6	$\eta > 80 \text{ lm/W}$	LOR $> 60 \%$	EEI = A3 až A2
7	$\eta > 85 \text{ lm/W}$	LOR $> 65 \%$	EEI = A3 až A1
8	$\eta > 90 \text{ lm/W}$	LOR $> 70 \%$	EEI = A2 alebo A1
9	$\eta > 95 \text{ lm/W}$	LOR $> 75 \%$	iba EEI = A1
10	$\eta > 100 \text{ lm/W}$	LOR $> 80 \%$	iba EEI = A1 a EP aj pre výbojky

STUPEŇ	Osvetľovacia sústava	Údržba	Riadenie osvetlenia
1	$E_m > 30 \% E_{nom}$ LLDC = ***	LLMF $\leq 80 \%$ LSF $\leq 50 \%$	iba manuálne riadenie
2	$E_m \leq 30 \% E_{nom}$ LLDC = ***	LLMF $> 80 \%$ LSF $> 50 \%$	manuálne spínanie + stmievanie stmievanie a časové funkcie
3	$E_m \leq 30 \% E_{nom}$ LLDC = **	LLMF $> 80 \%$ LSF $> 80 \%$	F_O do 60 % inštalácie
4	$E_m > 30 \% E_{nom}$ LLDC = **	LLMF $> 85 \%$ LSF $> 85 \%$	F_O viac ako 60 % inštalácie
5	$E_m \leq 30 \% E_{nom}$ LLDC = **	LLMF $> 90 \%$ LSF $> 96 \%$	F_C / F_D do 60 %
6	$E_m \leq 30 \% E_{nom}$ LLDC = *	LLMF $> 92 \%$ LSF $> 96 \%$	F_C / F_D nad 60 %
7	$E_m \leq 20 \% E_{nom}$ LLDC = *	LLMF $> 92 \%$ LSF $> 98 \%$	$F_C / F_D / F_O$ do 60 % inštalácie každý
8	$E_m \leq 20 \% E_{nom}$ LLDC = *	LLMF $> 93 \%$, LSF = 1 alebo LLMF $> 95 \%$, LSF $> 98 \%$	F_O nad 60 % + F_C / F_D do 60 % inštalácie
9	$E_m \leq 10 \% E_{nom}$ LLDC = *	LLMF $> 95 \%$, LSF = 1 vo viac ako 60 % inštalácie	$F_C / F_D / F_O$ viac ako 60 % inštalácie každý
10	Prísne odstupňované osvetlenie $E_m \leq 5 \% E_{nom}$ LLDC = *	LLMF $> 95 \%$, LSF = 1 v celej inštalácii	$F_C / F_D / F_O$ v celej inštalácii

Kritériálnym parametrom je napríklad pre svetelné zdroje ich merný výkon, pre svietidlá optická účinnosť LOR, pre údržbu zložky udržiavacieho činiteľa LLMF a LSF atď.

Zo stupnice svetelnotechnických riešení sa ďalej zostavila stupnica svetelnotechnických scenárov, ktorá slúžila ako základ na vytvorenie balíka opatrení. Stupnica svetelnotechnických riešení je určená len pre nové budovy. Uvažujú sa svetelnotechnické riešenia pre technické osvetlenie pracovísk a pridružených miestností v majoritných typových priestoroch. Individuálne riešenia v zanedbateľnom pomere (v zdrojovej štruktúre resp. v štruktúre inštalovaného príkonu) sa zanedbávajú.

Pri návrhu nových budov sa musia rešpektovať požiadavky na ekodizajn výrobkov. Preto ak sú k dispozícii účinnejšie a menej účinné riešenia v oblasti svetelných zdrojov a predradníkov, musia sa uprednostniť účinnejšie technológie, menej účinné sú predmetom prebiehajúceho alebo pripravovaného zákazu.

Stupnica svetelnotechnických scenárov (tab. 11) je založená na kombinácii svetelnotechnických riešení uvedených v tab. 10. Reprezentačný scenár je zostavený na základe riešení, ktoré sa v praxi vyskytujú najčastejšie, sú typické a podľa náročnosti požiadaviek odstupňované. K reprezentačnému scenáru je možné vypracovať aj alternatívne scenáre s inými kombináciami svetelnotechnických riešení, kde sa napr. použijú stupne riešení nezahrnutých v reprezentačnom scenári. Alternatívne scenáre musia dávať približne rovnaké hladiny dopadového ukazovateľa, čo sa dá stanoviť až po hĺbkovej analýze dostupných technológií.

Tab. 11 Stupnica reprezentačných svetelnotechnických scenárov

STUPEŇ	Reprezentačný scenár						CHARAKTERISTIKA
	svetelné zdroje	svietidlá	Preradníky	Osvetľovacia sústava	Údržba	Riadenie osvetlenia	
1	1	1	1	1	1	1	Najnižší možný stupeň (kombinácia prvých stupňov pre všetky zložky)
2	2	3	2	2	3	1	Nizky stupeň, nedostatočný na technologickú úroveň doby
3	4	4	3	4	4	2	Štandardné riešenie najčastejšie používané v praxi (bez ohľadu na výsledné parametre!)
4	6	6	4	6	5	2	Štandardné riešenie s vyššou účinnosťou – približne spodná hranica triedy B
5	6	7	5	7	5	3	Štandardné riešenie určené do triedy B
6	7	8	6	7	6	3	Štandardné riešenie s vysokou účinnosťou pri súčasných technológiách (vyvážený pomer kritérií)
7	7	8	7	8	7	7	Stupeň s vysokou účinnosťou pri pokrokových technológiách – približne spodná hranica triedy A
8	8	9	8	8	9	8	Stupeň s vysokou účinnosťou v nevyhnutne riadených osvetľovacích sústavách
9	9	9	8	9	9	9	Stupeň s veľmi vysokou účinnosťou a s nevyhnutne kombinovanými pokrokovými riešeniami
10	10	10	10	10	10	10	Najvyšší možný stupeň (kombinácia najvyšších stupňov pre všetky zložky). Vzhľadom na určitú previazanosť kritérií stačí pre stupeň 10 splniť 4 kritériá. Zodpovedá triede A0.

V tabuľke svetelnotechnických scenárov sú zvýraznené charakteristické stupne 4 (národný priemer), 7 (minimálna požiadavka – spodná hranica energetickej triedy B) a 10 (najvyšší možný stupeň – zodpovedá triede A0). Pre stupne 4 a 7 sú balíčky požiadaviek uvedené v tab. 12.

Tab. 9 Príklad balíkov technických požiadaviek pre stupne 4 a 7 v nových budovách

			Stupeň: 4
Zložka / komponent	Stupeň	Hraničné podmienky	
Svetelný zdroj	6	$\eta > 80 \text{ lm/W}$	
Svietidlo	6	LOR > 60 %	
Predradník	4	EEI = B2 až A3	
Osvetľovacia sústava	6	$E_m > 30 \% E_{\text{norm}}$, LLDC = *	
Údržba	5	LLMF > 90 %, LSF > 96 %	
Riadenie	2	R2 (vrátane stmievania), R9	

			Stupeň: 7
Zložka / komponent	Stupeň	Hraničné podmienky	
Svetelný zdroj	7	$\eta > 85 \text{ lm/W}$	
Svietidlo	8	LOR > 70 %	
Predradník	7	EEI = A3 až A1	
Osvetľovacia sústava	8	$E_m \leq 20 \% E_{\text{norm}}$, LLDC = *	
Údržba	7	LLMF > 92 %, LSF > 98 %	
Riadenie	7	$F_C / F_P / F_O$ do 60 % inštalácie každý	

Záver

Príspevok prináša pôvodné výsledky v oblasti výskumu energetickej hospodárnosti budov, ktoré sú zamerané na nákladovo efektívne racionalizačné opatrenia v osvetlení. Na základe analýzy skutkového stavu na Slovensku pre dve kategórie budov (administratívne a školské budovy) a technických parametrov jednotlivých súčastí osvetľovacích sústav pri aktuálnej úrovni dostupných technológií boli vypracované elementárne racionalizačné opatrenia a balíčky racionalizačných opatrení pre existujúce budovy a pre nové budovy boli odstupňované svetelnotechnické riešenia, ich kombináciou svetelnotechnické scenáre a napokon balíčky technických požiadaviek pre jednotlivé stupne svetelnotechnických scenárov.

Uvedené čiastkové výsledky sú podkladom pre riešenie vedeckovýskumných úloh v ďalších fázach. Ciele výskumu zahŕňajú:

- určenie potenciálu úspor energie pre referenčné budovy
- určenie nákladovej záťaže racionalizačných opatrení vo všeobecnosti a pre referenčné budovy
- porovnanie prínosu v podobe úspor energie a nevyhnutných nákladov na realizáciu racionalizačných opatrení
- určenie nákladovo optimálnych racionalizačných opatrení

Výsledky riešenia ďalších fáz budú postupne publikované. Postupne tiež prebieha transfer získaných nových poznatkov do národných a medzinárodných dokumentov, ktoré sa v súčasnosti pripravujú. Autori príspevku sú napr. zapojení do práce technickej komisie CIE TC3-52 a pracovnej skupiny CEN TC169/WG9, ktoré sa riešením uvedenej problematiky zaoberajú.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol s podporou Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky na základe zmluvy

VEGA 1/0988/12 „Energetická hospodárnosť osvetlenia v budovách“

Literatura a odkazy

1. Smernica č. 2010/31/EÚ Európskeho parlamentu a Rady z 19. mája 2010 o energetickej hospodárnosti budov
2. Delegované nariadenie Komisie č. 244/2012 z 16.1.2012, ktorým sa dopĺňa smernica Európskeho parlamentu a Rady 2010/31/EÚ o energetickej hospodárnosti budov (prepracované znenie) vytvorením rámca porovnávacej metodiky na výpočet nákladovo optimálnych úrovní minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budov a prvkov budov
3. Rámcová smernica EÚ č. 2005/32/EC o požiadavkách na ekodizajn výrobkov spotrebujúcich energiu
4. Smernica EÚ č. 2009/125/EC o požiadavkách na energeticky významné výrobky
5. STN EN 15193:2008 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie
6. Vyhláška MVaRR SR č. 311/2009 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o výpočte energetickej hospodárnosti budov a obsah energetického certifikátu
7. CIE 97:2002 Údržba vnútorných osvetľovacích sústav (interiérové osvetlenie)
8. Vyhláška MZ SR č. 541/2007 Z.z. o podrobnostiach o požiadavkách na osvetlenie pri práci v znení neskorších predpisov
9. STN 33 2000-5-51:2010 Elektrické inštalácie budov. Časť 5-51: Výber a stavba elektrických zariadení. Spoločné pravidlá
10. STN EN 12 464-1:2012 Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovísk. Časť 1: Vnútorné pracoviská
11. Sternová, Z. a kol.: Energetická hospodárnosť a energetická certifikácia budov. Bratislava: Vydavateľstvo Jaga Group 2010
12. Sokansky, K. & Novak, T.: Energy savings in public lighting. Przegląd Elektrotechniczny, 84(8), s. 72 - 74, Skoda, J. & Baxant, P. The reduction in electricity consumption through proper lighting. In proc.: EPE - Electric Power Engineering 2009. Brno University of Technology: Brno, s. 1 – 4, 2009
13. Baxant, P.: Power Consumption Profiles and Potentials of Selected Electrical Appliances as Way to Regulate Electricity Network. Proc. of the 11th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2010. Brno University of Technology: Brno, s. 105 – 110, 2010
14. Flimel, M.: New approaches to obtrusive light evaluation inside the interiors. Journal of Light & Visual Environment. 31(3), s. 141 – 145, 2007

Výpočty energetických úspor v budovách při využití denního světla

Pavel, Staněk, Ing.

ASTRA MS Software s.r.o., www.astrasw.cz, pavel.stanek@astrasw.cz

V dnešní době, kdy jsou již běžně dostupná zařízení umožňující regulaci soustav umělého osvětlení, vzniká potřeba navrhnout tuto regulaci tak, aby uživatel osvětlení co nejvíce ušetřil a přitom dodržel ustanovení platných zákonů a norem. Takový regulační systém musí umět vhodně reagovat na změny denního osvětlení, stmívat soustavy umělého osvětlení tak, aby byly stále dodrženy hygienické limity, ovládat žaluzie zejména v případě přímého slunečního záření, případně řešit i regulaci vzhledem ke stárnutí a znečištění osvětlovacích soustav. Soustavy umělého osvětlení by přitom s tímto účelem měly „svítit co nejméně“ tak, aby spotřeba elektrické energie byla co nejnižší.

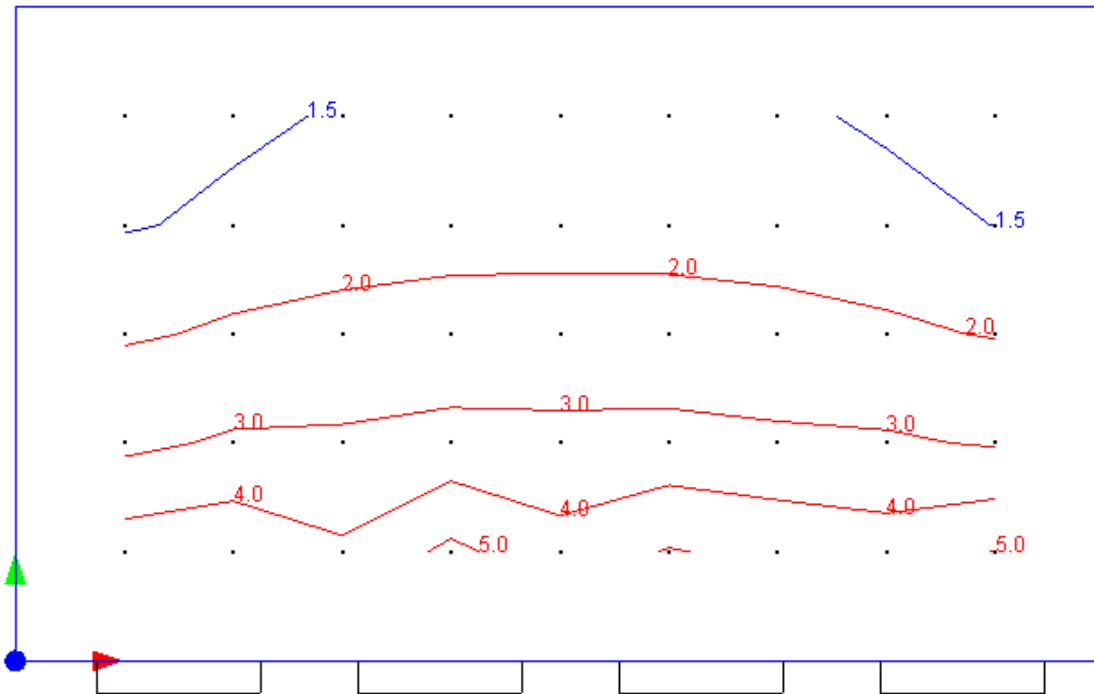
Základním problémem je, jak zajistit správnou reakci osvětlovacích soustav na okamžitý stav denního osvětlení. Obecně vzato je možno čidla měřící úroveň osvětlení umístit do interiéru nebo do exteriéru. Oba způsoby s sebou přinášejí problémy, které je třeba vyřešit. V případě umístění do exteriéru je hlavním problémem nekonečně mnoho stavů denní oblohy a zejména přímé sluneční záření. Pokud jsou místnosti objektu orientovány na různé strany, je třeba použít několika vhodně umístěných čidel a návazné softwarové řešení regulačního systému. V případě umístění čidel do interiéru, čidla obvykle snímají součet denního a umělého osvětlení na různých místech úkolu a systém reguluje na nastavenou hodnotu úrovně osvětlení. V tomto případě je pravděpodobně potřeba většího počtu světelných čidel a principiálně jiného způsobu regulace.

Základním problémem je, jak zajistit správnou reakci osvětlovacích soustav na okamžitý stav denního osvětlení. Obecně vzato je možno čidla měřící úroveň osvětlení umístit do interiéru nebo do exteriéru. Oba způsoby s sebou přinášejí problémy, které je třeba vyřešit. V případě umístění do exteriéru je hlavním problémem nekonečně mnoho stavů denní oblohy a zejména přímé sluneční záření. Pokud jsou místnosti objektu orientovány na různé strany, je třeba použít několika vhodně umístěných čidel a návazné softwarové řešení regulačního systému. V případě umístění čidel do interiéru, čidla obvykle snímají součet denního a umělého osvětlení na různých místech úkolu a systém reguluje na nastavenou hodnotu úrovně osvětlení. V tomto případě je pravděpodobně potřeba většího počtu světelných čidel a principiálně jiného způsobu regulace.

Předpokládejme tedy zatím, že v exteriéru je rovnoměrně zatažená obloha a že se tedy běžný výpočet denního osvětlení blíží reálnému stavu. Pokud máme možnost výpočet denního osvětlení načíst do programu k výpočtu umělého osvětlení, můžeme simulovat různé stavy v interiéru zadáním externí horizontální osvětlenosti na nezastíněné rovině. Pokud dále rozmístíme kontrolní výpočetní body tak, aby reprezentovaly místa zrakového úkolu v místnosti, vzniká zajímavá úloha najít takovou kombinaci regulace soustav či svítidel, aby součet denní a umělé osvětlenosti ve všech bodech byl vyhovující a současně aby úspora byla co největší.

Prakticky jsme tedy zvolili následující postup. Budeme regulovat vždy celé soustavy svítidel, přitom necháme na navrhovateli, aby vhodně svítidla do osvětlovacích soustav sdružil. Regulace soustav svítidel bude probíhat ve skocích po 10% od 0 do 100% a budeme zkoušet všechny varianty všech soustav. Základní vstupní hodnotou bude externí horizontální osvětlenost a jedinou podmínkou použitelnosti varianty regulace bude, aby součtová osvětlenost ve všech bodech sítě vyla rovna nebo větší než je nastavená požadovaná hodnota E_m . A z těchto použitelných variant budeme hledat tu, při níž je celkový součtový příkon všech soustav minimální. Závislost mezi světelným tokem a příkonem světelného zdroje ovšem není lineární a závisí na typu světelného zdroje a předřadníku. Zde jsme si to trochu zjednodušili, předpokládáme použití zářivek, které mají křivku téměř lineární a přestávají svítit při asi 10% příkonu.

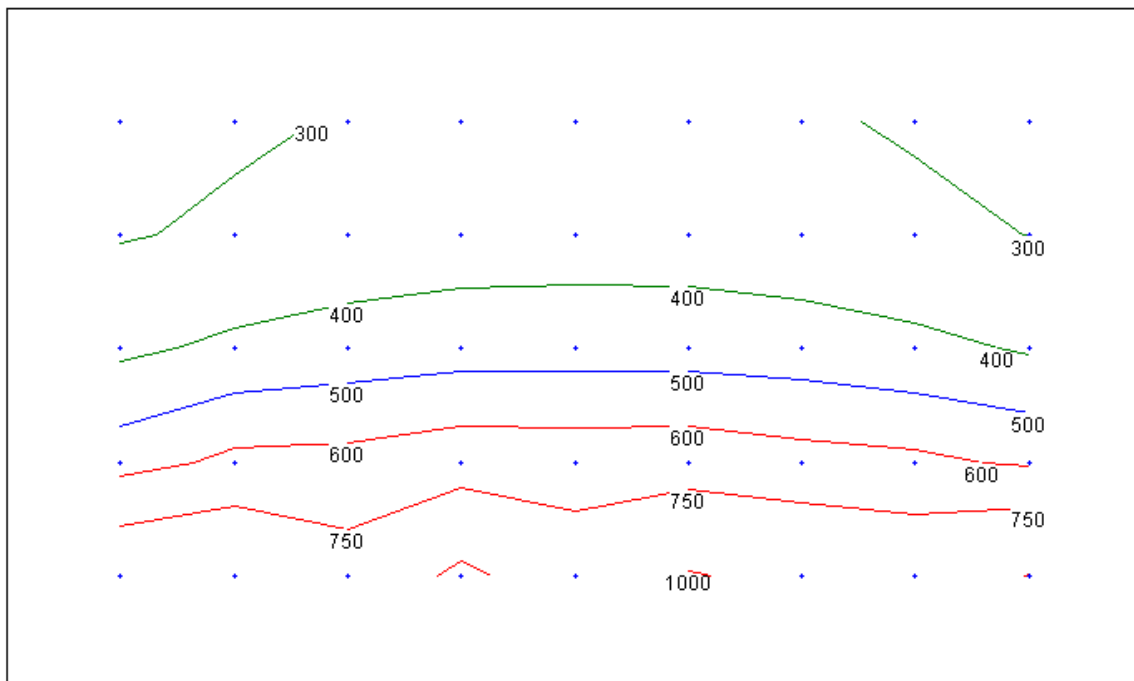
Abychom dále mohli spočítat předpokládanou roční úsporu elektrické energie, potřebujeme znát průběh venkovní horizontální osvětlenosti po dobu celého roku od rána až do večera. Tato data poskytla VŠB - TU Ostrava, a pokud je mi známo, byla získána výpočtem. Poté nám už nic nebránilo provést analytické řešení úlohy, jejíž výsledky se zde pokusíme prezentovat na následujícím příkladě.



1. Obrázek 1 - výpočet denního osvětlení

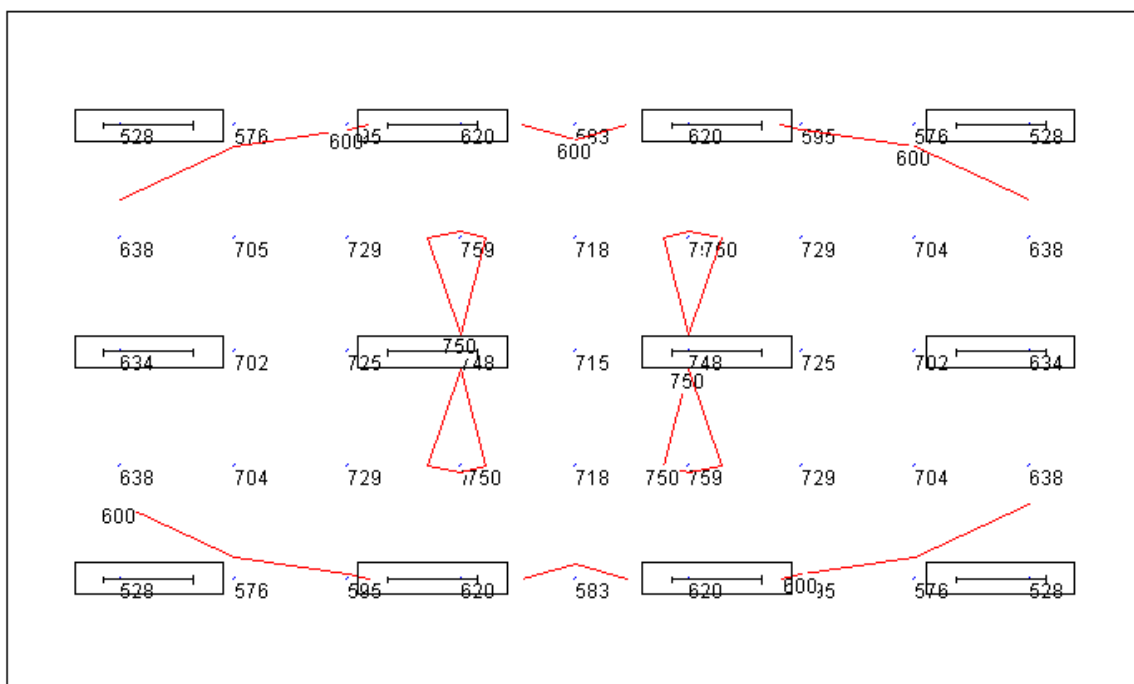
Jedná se o jednoduchou místnost obdélníkového půdorysu s jednostranným bočním osvětlením. Z výpočtu vyplývá, že v téměř celé místnosti denní osvětlení vyhovuje normě ČSN 730580. Pokud tento výpočet načteme do výpočtu umělého osvětlení a použijeme-li například venkovní osvětlenost 20000lx bude výsledek následující.

Horizontální: Emin: 266.4 Em: 525.6 Emax: 1046.4 Uo=Emin/Emax: 0.25



2. Obrázek 2 - osvětlenost denního osvětlení

Budeme-li předpokládat běžnou kancelářskou práci, požadovaná hodnota udržované osvětlenosti je 500lx, pro tuto hodnotu navrhne umělé osvětlení. Podle výše uvažovaného kritéria navrhne umělé osvětlení tak, aby v každém bodě sítě byla vypočtená udržovaná osvětlenost vyšší než 500 lx. Použijeme běžná svítidla a výsledek návrhu můžeme vidět na dalším obrázku.



3. Obrázek 3 - návrh umělého osvětlení

Nyní je třeba se zamyslet nad rozdělením svítidel do samostatně regulovaných soustav. V našem případě s jednoduchým jednostranným bočním osvětlením rozdělíme svítidla do 3 řad po 4 svítidlech. Teoreticky lze svítidla rozdělit do neomezeného počtu soustav. Prakticky jsme zjistili, že pro náš algoritmus je použitelné maximum 4 soustavy svítidel, při větším počtu je už délka výpočtu těžko akceptovatelná. Je zřejmé, že ve složitějších případech bude hodně záležet na tom, jak chytře navrhovatel svítidla do soustav rozmístí. V případě nevhodného rozdělení svítidel do soustav program neposkytne žádné použitelné výsledky.

Analytické řešení programu nyní poskytuje dvě možnosti. První z nich je výpočet regulace, kdy program najde takovou kombinaci zaregulování soustav, aby byl celkový příkon soustav svítidel minimální. Výsledkem je poté následující tabulka, která přehledně zobrazuje nalezené výsledky. V prvním sloupci je zadaná horizontální osvětlenost exteriéru a v dalších sloupcích pak stupně zaregulování jednotlivých, v našem případě tří soustav.

Eext	R1	R2	R3
1000	0.80	0.60	0.90
5000	0.30	0.80	0.70
7000	0.10	0.90	0.60
10000	0.00	0.60	0.70
15000	0.00	0.30	0.60
20000	0.00	0.10	0.60
25000	0.00	0.00	0.40

Z tabulky například vyplývá, že pokud bude v exteriéru 10000lx, takže pro maximální úsporu nebude muset první řada (soustava) svítidel svítit vůbec, druhá řada by svítila na 60%, třetí na 70%. A pokud by venku bylo 25000 lx, tak bude nejlépe, když bude svítit pouze řada svítidel nejdále od oken a to na 40%. V našem

ukázkovém případě je zřejmé, že potenciál úspor je poměrně velký. Taková tabulka může snadno posloužit k nastavení regulačního systému.

Druhou možností, kterou program poskytuje, je výpočet celkových ročních úspor elektrické energie. Výchozím výše uvedeným podkladem je tabulka vypočtených horizontálních osvětleností v průběhu každého dne během roku, který poskytla VŠB - TU Ostrava. A přímo do této tabulky program spočítá spotřebu elektrické energie každý den při použití optimální regulace i bez ní. Pak již lze snadno provést součet celkové spotřeby a výpočet úspory. Uživatel programu zadá před zahájením výpočtu počátek a konec pracovní doby a využití víkendů. Při výpočtu program zohlední výše uvedenou závislost mezi příkonem a světelným tokem. Výsledkem je tedy následující tabulka.

D	M	Dv4,5	Dv8,5	Dv9,5	Dv13,5	Dv14,5	Dv15,5	Dv22,5	Power	TotalPower
1	1	0,00	1,72	4,71	6,74	4,60	1,58	0,00		
2	1	0,00	1,78	4,76	6,77	4,61	1,58	0,00	5,24	7,78
3	1	0,00	1,84	4,82	6,80	4,63	1,60	0,00	5,24	7,78
4	1	0,00	1,90	4,88	6,83	4,66	1,61	0,00	5,24	7,78
5	1	0,00	1,97	4,94	6,86	4,68	1,63	0,00	5,18	7,78
6	1	0,00	2,03	5,01	6,90	4,71	1,65	0,00	5,16	7,78
7	1	0,00	2,10	5,07	6,94	4,74	1,67	0,00		
8	1	0,00	2,18	5,14	6,98	4,78	1,70	0,00		
9	1	0,00	2,25	5,21	7,03	4,81	1,73	0,00	5,11	7,78
10	1	0,00	2,33	5,29	7,07	4,85	1,76	0,00	5,08	7,78
17	6	1,92	17,00	19,83	21,94	19,98	17,20	0,00		
18	6	1,94	17,02	19,84	21,94	19,98	17,20	0,00	2,38	7,78
19	6	1,96	17,03	19,85	21,93	19,97	17,19	0,00	2,38	7,78
20	6	1,98	17,04	19,86	21,93	19,96	17,18	0,00	2,38	7,78
21	6	1,99	17,05	19,87	21,92	19,95	17,16	0,00	2,38	7,78
22	6	2,01	17,06	19,87	21,91	19,94	17,15	0,00	2,38	7,78
27	12	0,00	1,39	4,42	6,70	4,62	1,65	0,00	5,26	7,78
28	12	0,00	1,44	4,46	6,71	4,62	1,65	0,00	5,24	7,78
29	12	0,00	1,49	4,51	6,72	4,62	1,64	0,00		
30	12	0,00	1,54	4,55	6,74	4,63	1,64	0,00		
31	12	0,00	1,59	4,60	6,76	4,64	1,64	0,00	5,24	7,78
									922,55	2022,8

V prvních dvou sloupcích tabulky označených D a M je den a měsíc roku, v dalších sloupcích označených DvHH jsou horizontální osvětlenosti v exteriéru. V posledních dvou, žlutě označených sloupcích Power a TotalPower, jsou součtové spotřeby soustav umělého osvětlení s uvažováním regulace a bez regulace. A na posledním řádku tabulky je vyčíslen součet obou sloupců. Je vidět, že denní spotřeba se mění skokově, v návaznosti na skokové testování regulace soustav. V našem příkladu by tedy použití regulace mohlo potenciálně ušetřit více než polovinu elektrické energie.

Závěrem bych se chtěl zamyslet nad několika aspekty. První jsem již naznačil výše a je to stav oblohy. Jak bylo uvedeno, je současná metoda založena na předpokladu standardní rovnoměrně zatažené oblohy. Nejen že jsme tedy neuvažovali s přímým slunečním světlem, ale také jsme nebrali v úvahu ani rozložení jasu jasé oblohy ani žádného jejího jiného stavu. Je známým faktem, že jas světla zatažené oblohy je vyšší než jas jasné oblohy. Zde vzniká několik otázek. Jsme schopni odhadnout, jak velké chyby jsme se dopustili? Je reálné zahrnout do výpočtu různé modely oblohy a přineslo by to zvýšení přesnosti? Jak se na

skutečnosti projeví přímé sluneční světlo a použití žaluzií? Odpověďmi na tyto otázky se budeme dále zabývat a pokusíme se náš algoritmus dále upravovat a popř. zpřesňovat.

Dalším aspektem je fakt, že jsme neuvažovali s ruční regulací uživateli prostoru, předpokládali jsme, že regulace bude ovládána pouze automaticky. Této situaci se více blíží spíše komerční (výrobní) prostory. A posledním aspektem, kterých bych chtěl zmínit je možnost regulace kompenzovat stárnutí světelných zdrojů a případně i znečištění svítidel. Náš algoritmus se zatím touto možností nezabýval. Zde by opět záleželo zejména na umístění čidel osvětlení.

Nakonec bych rád požádal světelné techniky o sdělení stanovisek a dalších informací, které my nám mohly pomoci v další práci. Možnost vyčíslit dostatečně přesně potenciál úspor elektrické energie by pak mohla napomoci žádoucímu rozšíření sofistikovaných regulačních systému do praxe.

Regulace výbojkového osvětlení pomocí elektronických předřadných přístrojů

Martin Marek, LUXART, s.r.o. Blučina

martin.marek@luxart.cz

www.luxart.cz www.usporyvosvetleni.cz

Moderní trendy v osvětlovací technice, se pomalu, ale jistě začínají dostávat i k výbojkovému osvětlení. Ačkoliv se ještě v mnohých provozech setkáme se svítidly, jejichž optická část je tvořena smaltovaným ocelovým reflektorem a za zdroj světla nám slouží buďto rtuťová, nebo sodíková vysokotlaká výbojka, i v tomto směru vývoj osvětlovací techniky postupuje vpřed. S ohledem na ekonomický efektivní provoz a výšnou zřakovou náročnost, se už i těmito svítidly začali vývojáři zabývat a pozvolna se objevují osvětlovací soustavy, které plně využívají moderních technologií a vědeckých poznatků.

V první řadě je potřeba si uvědomit, že námi zvolený zdroj umělého světla (ať už se jedná fluorescenční zářivky, výbojky, LED, nebo indukční zdroje), je vlastně sestavou několika komponent, které se vzájemně ovlivňují a jejichž vzájemná kombinace, nám teprve zaručí optimální výsledek. Tzn. kvalitní osvětlení dotčeného prostoru: absolutní hodnotu osvětlenosti a její rovnoměrnost, zřakovou pohodu, index podání barev, barvu světla, omezení oslnění UGR, efektivnost a efektivitu provozu, možnost regulace příkonu a tím osvětlenosti, prodloužení servisních intervalů, možnost komunikace a integrování do Building Management systémů, apod.

U výbojkových svítidel to jsou 3 základní komponenty, které nám ovlivňují správnou světelnou – technickou funkci zařízení:

- a) **Optická část – reflektor** (eventuelně difuzor - krycí sklo, plastový difuzor)
- b) **Světelný zdroj – výbojka** (halogenidová, sodíková, rtuťová)
- c) **Předřadná část – elektromagnetický předřadník, elektronický předřadník**

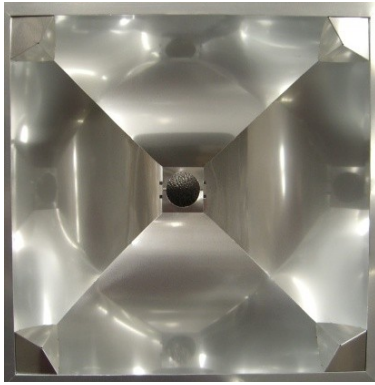
Optická část svítidla

V minulosti byla optická část průmyslového výbojkového svítidla, tvořena převážně ocelovým plechem, opatřeným bílým smaltovaným nástřikem, který měl jednak zvýšit optickou účinnost svítidla a také chránit reflektor před vlivy koroze. Optická účinnost těchto svítidel se pohybovala mezi 60 – 70%. Postupem času se začalo využívat reflektorů z AL plechu, který byl tvářen za pomoci lisování, nebo prolamování do požadovaného tvaru. Využití tohoto materiálu, navýšilo optickou účinnost svítidla na hodnoty mezi 75 – 85%.

Jako nejmodernější trend, ve vývoji optické části průmyslového výbojkového svítidla, se jeví použití:

- a) **Semiparabolických reflektorů se čtvercovou základnou**
- b) **Skleněných, rotačně symetrických reflektorů**

Materiály, jejich tvar a povrch, jsou navrženy s ohledem na maximální vysokou optickou účinnost a optimální rozložení světelného toku. Optická účinnost se u semiparabolických reflektorů pohybuje na hranici až 94% u skleněných reflektorů dokonce až bezmála 96%!



• Semiparabolický reflektor



• Skleněný reflektor

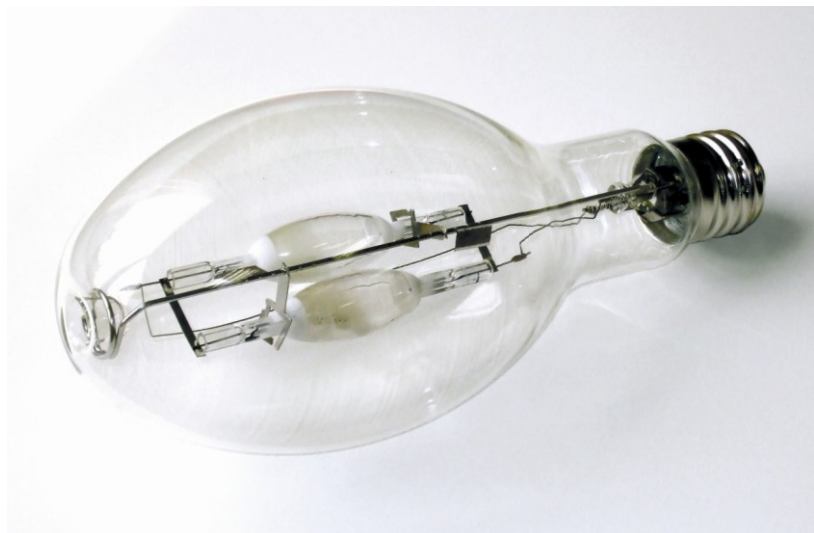
Světelný zdroj – vysokotlaká výbojka

V počátcích výbojkového osvětlení, byly hojně využívány rtuťové výbojky, jejichž hlavními nevýhodami byly velice nízký měrný výkon 50 lm/W, nízký index podání barev - Ra 40, životnost do 15 000 h. V některých aplikacích, zejména pro použití ve veřejném osvětlení, nebo osvětlování zrakově nenáročných prostor, se začaly využívat vysokotlaké sodíkové výbojky, které sice mají vysoký měrný výkon a to až 150 lm/W a poměrně dlouhou střední dobu života kolem 30 000 h., Velkým negativem a problémem těchto výbojek, je velmi nízký index podání barev - Ra 25, který je pro drtivou většinu pracovních prostor nevyhovující.

V současnosti proto jejich místo zaujaly halogenidové (metal-halogenidové) výbojky, jejichž mnohé parametry předčí jak rtuťové, tak sodíkové vysokotlaké výbojky. Měrný výkon nejmodernějších halogenidových výbojek dosahuje hodnot až 110 lm/W, index podání barev (dle typu, provedení a pracovní polohy) se pohybuje v rozsahu Ra 60 až +90, střední doba života dokonce atakuje hranici 60. 000 h. při L80 (pokles světelného toku na 80% původní/jmenovité hodnoty po 60. 000 h. provozu na elektronickém předřadníku)!



• Halogenidové výbojky s „keramickým“ hořákem



• výbojka Twin Arc s hořákem UNI-FORM, SDŽ 60.000h.

Předřadná část svítidla

Elektrická výzbroj svítidla, je dnes převážně tvořena kombinací: „elektromagnetický předřadník + zapalovač + kompenzační kondenzátor“. Tato sestava nám nabízí jednoduché řešení pro napájení světelného zdroje, ovšem s minimální možností, jak ovlivnit příkon do světelného bodu/světelného zdroje. Jedinou možností, jak snížit příkon, tak bylo využití elektromagnetického předřadníku s „přepínatelnou“ odbočkou. Zde je ovšem možnost regulace příkonu, limitována pouze na dvě úrovně a to dle použitého vinutí (odbočky) předřadného přístroje (obvykle se jedná o hodnoty 50/70W, 100/150W, 150/250W, 250/400W). Těchto předřadných přístrojů se využívalo zejména u svítidel veřejného osvětlení. Každý předřadný přístroj, však musel být osazen dalším externím zařízením, či zařízeními, jež umožňovaly jednak samotné přepnutí příkonu a současně umožňovaly komunikaci s ovládacím signálem (především HDO).

V poslední době se ovšem začínají postupně prosazovat elektronické regulovatelné předřadné přístroje, které oproti elektromagnetickým předřadníkům, skýtají mnoho výhod. Z provozního hlediska jsou nejzajímavější následující vlastnosti:

- Eliminace výkyvů napětí v rozsahu 185 - 254V
- Minimalizování vlastních ztrát a to až do 6,5%
- Inteligentní řízení mikroprocesorem
- Ochrana proti "sebezničení"
- Regulace příkonu, včetně plynulé, a to v rozsahu 100-15%
- Ovládání a regulace pomocí analogového signálu 1-10V - plynulá regulace
- Ovládání, regulace a komunikace pomocí digitálního signálu na platformě DALI - plynulá regulace
- Ovládání a regulace pomocí „PowerLine“ (tzv. „po silovce“) – plynulá regulace
- Regulace pomocí analogového signálu „Switch-Dimm“ – skoková regulace
- Zásadní zvýšení - prodloužení střední doby života světelného zdroje

Elektronické předřadné přístroje Low Wattage

(pro příkonovou řadu MH a HPS výbojek 35, 45, 50, 60, 70, 90, 100, 140, 150W)

- a) **VENTRONIC Low Wattage – „standard“**
Standardní elektronické předřadné přístroje
- b) **VENTRONIC Low Wattage – „Switch-Dimm“ & „Extra Switch-Dimm“**
Elektronické předřadné přístroje se skokovou regulací
 - Rozsah skokové regulace příkonu 100/70%, resp. 100/60%
 - Ovládání pomocí přiložení ovládací fáze
- c) **VENTRONIC Low Wattage – „Programmable Part Night Ballasts“**
Elektronické předřadné přístroje s plynulou regulací
 - Rozsah plynulé regulace 100-15% dle typu světelného zdroje (100-70, 100-60, 100-50, 100-30%, 100-15%)
 - Regulace probíhá dle předem přeprogramovaného harmonogramu uloženého v paměti předřadného přístroje
NEBO
 - Pomocí speciálního zařízení, jež vydává / předává řídicí povely přenášené tzv. „po silovce“ - PowerLine



- Regulovatelné předřadné přístroje Low Wattage 70– 150W

Elektronické předřadné přístroje High Wattage

(pro příkonovou řadu MH výbojek 200, 225, 250, 310, 320, 350, 365, 400, 450W)

a) VENTRONIC High Wattage DALI / 1-10V

Elektronické předřadné přístroje s plynulou regulací

- Rozsah plynulé regulace 100-35% dle typu světelného zdroje (100-80, 100-50, 100-35%)
- Verze 1-10V – analogový řídicí signál
- Verze DALI – digitální řídicí, ovládací a komunikační signál na platformě DALI
- Verze „ballast - krabička“ – pro libovolné umístění až do vzdálenosti cca 20-30 m od světelného zdroje
- Verze „POD“ – pro umístění v rámci svítidla – tvoří předřadnou část svítidla

Elektronické předřadné přístroje High Wattage

(pro příkonovou řadu MH a HPS výbojek 200, 250, 320, 350, 400W)

a) VENTRONIC High Wattage PowerLine

Elektronické předřadné přístroje s plynulou regulací

- Rozsah plynulé regulace 100-50% dle typu světelného zdroje (100-80, 100-50%)
- Regulace probíhá pomocí speciálního zařízení, jež vydává / předává řídicí povely přenášené tzv. „po silovce“ – PowerLine



- Regulovatelné předřadné přístroje 200 – 450W

Regulace výbojkového osvětlení pomocí elektronických předřadných přístrojů

Zcela zásadní, je v tomto případě skutečnost, kterou bychom si měli od začátku uvědomit, a tou je fakt, že s osvětlovací soustavou můžeme „pracovat“ dle aktuální potřeby osvětlenosti místa zrakového úkolu, nebo v okamžité závislosti na příspěvku přirozeného denního světla! Efektivní využití regulovatelných předřadných přístrojů, výraznou měrou přispívá k ekonomickému zhodnocení provozované osvětlovací soustavy.

S využitím plynule regulovatelného předřadného přístroje pro vysokotlaké výbojky, se uživateli dostává do rukou efektivní nástroj, jak poměrně snadno udržovat, či regulovat intenzitu osvětlenosti v místě zrakového úkolu a tím si optimalizovat náklady na provoz osvětlovací soustavy. Již při návrhu osvětlovací soustavy, se s ohledem vypočtený udržovací činitel MF (ČSN EN 12 464-1-2011, odd. 4.10) dostáváme do situace, kdy na počátku jejího provozu, jsou hodnoty osvětlenosti v místě zrakového úkolu značně předimenzovány (např. při MF 0, 7 se jedná až o 30% navýšení požadované hodnoty udržované osvětlenosti). Tímto krokem, jsme při použití elektromagnetických předřadníků, nuceni bez jakékoliv možnosti ovlivnění, navýšit energetickou spotřebu osvětlovací soustavy pouze proto, abychom na konci životnosti použitého světelného zdroje, dosáhli námi požadované udržované osvětlenosti. Zvolíme li však, při návrhu osvětlovací soustavy, osazení použitých výbojkových svítidel elektronickými předřadníky s možností regulace, získáme od počátku jejich provozu, dvě podstatné změny. První významnou změnou, bude dosažení konstantní úrovně udržované osvětlenosti v místě zrakového úkolu, bez ohledu na vlivy, které by nám mohli intenzitu osvětlenosti ovlivnit (stárnutí světelného zdroje, čištění svítidel, obnova povrchů, příspěvek denního světla). Druhou změnou, kterou při provozu osvětlovací soustavy dosáhneme, je snížení energetické spotřeby, bez jakéhokoliv vlivu na udržovanou osvětlenost, tak jak je doporučeno v ČSN EN 12 464-1-2011, odd. 4.11.

Prvotním předpokladem, který zásadně ovlivňuje využití regulovatelných předřadných přístrojů, je vhodné dimenzování stavebních otvorů, které zajišťují dostatečný přístup denního světla do osvětlované místnosti (okna, světlíky, výkladce a pod.). Na přínosy denního světla, pro osvětlení míst zrakového úkolu, nás i přímo odkazuje platná legislativa (ČSN EN 12 464-1-2011, odd. 4.12). Intenzita osvětlenosti prostoru, ve kterém se nachází osvětlované místo zrakového úkolu, je detekována pomocí senzoru osvětlenosti, který předává impuls do předřadného přístroje a ten následně reguluje příkon předřadného přístroje, čímž dochází k poklesu, nebo navýšení světelného toku příslušného výbojkového zdroje.

Závislost světelného toku na příkonu - halogenidová výbojka 400W (přibližné měření)							
1-10V	Příkon [W]	Příkon [%]	Proud [A]	Osvětlenost [lx]	Sv. tok [lm]	Sv. tok [%]	Poměr příkon / sv. tok
9,95	397,00	100,00	1,74	1 540,00	40 000,00	100,00	1,00
9,28	380,00	95,71	1,65	1 430,00	37 142,86	92,85	1,03
7,69	336,00	84,63	1,46	1 200,00	31 168,83	77,92	1,09
6,35	301,00	75,81	1,30	1 000,00	25 974,03	64,93	1,17
4,72	256,00	64,48	1,10	740,00	19 220,78	48,05	1,34
3,34	218,00	54,91	0,94	530,00	13 766,23	34,41	1,60

Tímto je zajištěno, že intenzita udržované osvětlenosti v místě zrakového úhlu, bude více méně konstantní po celou dobu provozu, ať jsou pracovní podmínky osvětlovací soustavy jakkoliv rozdílné:

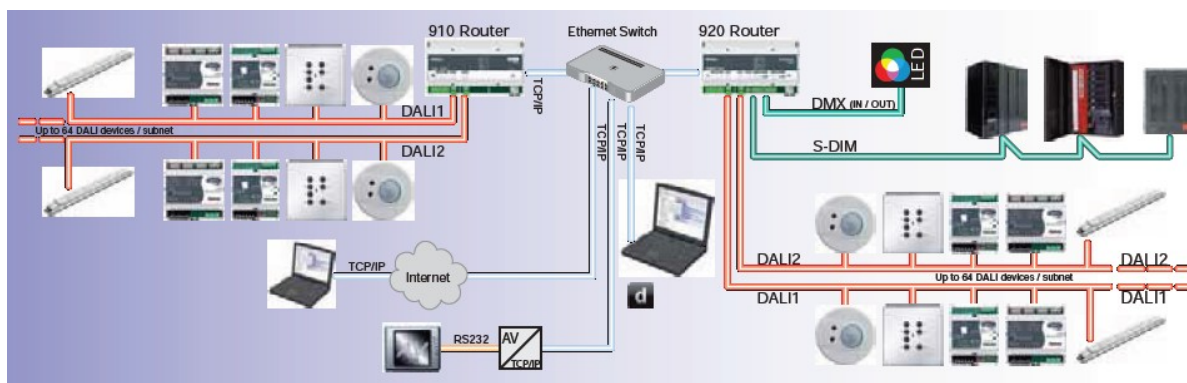
- Změna parametrů světelného zdroje** – předřadný přístroj zajišťuje stálou udržovanou osvětlenost, jeli světelný zdroj na počátku životnosti (redukovaný příkon), nebo na konci své životnosti (maximální příkon)
- Změna příspěvek denního světla** – předřadný přístroj zajišťuje stálou udržovanou osvětlenost, jeli příspěvek denního světla maximální (slunný den), nebo je příspěvek nulový (noční doba)
- Kombinace parametrů světelného zdroje a příspěvku denního světla**

Hodnotu udržované osvětlenosti lze korigovat několika způsoby, ovšem mezi nejpoužívanější řadíme ovládání předřadných přístrojů v režimech DALI a 1 – 10V:

- Režim DALI** – zajišťuje možnost individuální regulace každého jednotlivého světelného bodu, možnost vytváření skupin svítidel a světelných scén, možnost kompatibility se systémy stínění a klimatizace v objektech, maximální efektivita využití provozních nákladů na osvětlovací soustavu.
- Režim 1 – 10V** – indikace hodnot udržované osvětlenosti, je zajištěna pomocí senzoru, jenž může „obsluhovat“ skupinu až 10 ks předřadných přístrojů. Tato varianta je finančně méně náročná, ovšem uživateli také poskytuje méně prostoru na individuální obsluhu jednotlivých světelných bodů. Není zde možnost individuální korekce příkonu/ světelného toku u jednotlivých světelných bodů, ale je vždy prováděna regulace celé skupiny svítidel, které jsou jednotlivými senzory ovládány. Hodnoty udržované osvětlenosti, lze přes senzor měnit pomocí dálkového infraovladače.



- Příklad komponentů pro detekci a nastavení požadované úrovně osvětlenosti a presence/absence osob



- Blokové schéma řízení v systému technologie DALI

Koncepce vývoje výbojkových svítidel s využitím nejnovějších technologických poznatků

Regulovatelný elektronický předřadník, je pouze jednou ze tří součástí, které teprve v jednom celku tvoří vysoce efektivní světelný bod. Je nutno si uvědomit, že až kombinace vysoce účinné optické části svítidla + světelného zdroje s vysokým měrným výkonem a vhodným barevným podáním Ra + regulovatelný předřadný přístroj, dává uživateli možnost zajistit požadovanou udržovanou osvětlenost v místě zrakového úhlu s minimálními nároky na efektivitu provozu a s tím spojenou spotřebu elektrické energie.



- Svítidlo se semiparabolickým reflektorem a regulovatelným předřadníkem

Ověření vhodně nastoupené cesty při vývoji nové koncepce výbojkových svítidel

V průběhu vývoje osvětlovacích těles s regulovatelnými předřadníky pro vysokotlaké výbojky, bylo prováděno mnoho měření a propočtů, které měly za úkol ověřit, nakolik efektivní je využití regulovaného příkonu světelného zdroje a nových optických systémů, oproti standardně používaným výbojkovým svítidlům, popřípadě svítidlům s lineárními fluorescenčními trubicemi, LED zdroji a indukčními zdroji.

Hodnoty, které byly během těchto zkoušek zjištěny, jsou zajímavé, ne však natolik překvapivé, jak by se mohlo na první pohled zdát. Pouze kombinace všech výše faktorů, které vzájemně ovlivňují efektivitu a energetickou náročnost svítidla, může uživateli poskytnout maximální efekt, a to ve formě konstantní požadované udržované osvětlenosti, rovnoměrnosti osvětlení U_0 , podání barev Ra světelného zdroje a také vysoké efektivity provozu osvětlovací soustavy.

V přiložené tabulce jsou uvedeny hodnoty, které byly vypočteny a naměřeny během vývoje vysoce efektivního výbojkového svítidla s regulovatelným předřadným přístrojem.

Různé osvětlovací soustavy. Řazeno dle příkonu při regulaci. Rozměr prostoru 60x36x9m	HID 200W	HID 200W	HID 320W	HID 350W	HID 350W	HID 200W	T5 6x54W	T5 4x54W	LED 220x1W	T5 4x49W	T5 4x80W	Indukční 200W
Srovnání různých osvětlovacích soustav. Řazeno dle příkonu při regulaci. Rozměr prostoru 60x36x9m												
Různé osvětlovací soustavy. Řazeno dle příkonu při regulaci. Rozměr prostoru 60x36x9m	MH HID vysoká účinnost 200W	MH HID standard HZ 200W	MH HID vysoká účinnost 320W	MH HID standard SZ 350W	MH HID standard HZ 350W	MH HID standard SZ 200W	Lineární zář. T5 6x54W	Lineární zář. T5 4x54W	L.E.D. 220x1W	Lineární zář. T5 4x49W	Lineární zář. T5 4x80W	HID indukční 200W
Počet svítidel [ks]	56	64	42	42	42	72	64	81	72	100	64	100
Příkon svítidla [W]	220	220	341	374	374	220	292	234	281	212	340	207
Celkový příkon soustavy [kW]	12,320	14,080	14,322	15,708	15,708	15,840	18,688	18,954	20,232	21,200	21,760	20,700
Průměrná osvětlenost [lx]	341	341	391	393	345	335	369	331	366	344	371	337
Rovnoměrnost [-]	0,74	0,57	0,82	0,58	0,74	0,70	0,70	0,67	0,62	0,69	0,70	0,62
UGR [-]	21,50	25,90	26,40	28,10	26,40	24,70	23,50	23,30	29,00	21,10	25,20	?
Účinnost opt. části LOR [%]	90,80	86,80	90,80	86,80	74,80	74,80	65,00	74,60	96,90	68,00	77,60	72,30
Měrný výkon svítidla [lm/W]	86,67	78,91	79,97	80,58	69,44	68,00	66,78	56,75	75,86	55,17	56,15	55,88
Předpokládaná životnost [h.]	40 000	20 000	60 000	30 000	30 000	20 000	25 000	25 000	50 000	25 000	25 000	?
Možnost regulace [-]	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO omezení	ANO omezení	ANO	ANO omezení	ANO omezení	NE
Výčíslení roční spotřeby (4.000 h. provozu) různých osvětlovacích soustav.												
Celková roční spotřeba bez regulace [kWh]	49 280	56 320	57 288	62 832	62 832	63 360	74 752	75 816	80 928	84 800	87 040	82 800
Celková roční spotřeba bez regulace při ceně 3,- Kč/kWh [Kč]	147 840 Kč	168 960 Kč	171 864 Kč	188 496 Kč	188 496 Kč	190 080 Kč	224 256 Kč	227 448 Kč	242 784 Kč	254 400 Kč	261 120 Kč	248 400 Kč
Příkon 35% [kW]	4,31	4,93	5,01	5,50	5,50	5,54	6,54	6,63	7,08	7,42	7,62	20,70
Příkon 50% [kW]	6,16	7,04	7,16	7,85	7,85	7,92	9,34	9,48	10,12	10,60	10,88	
Příkon 75% [kW]	9,24	10,56	10,74	11,78	11,78	11,88	14,02	14,22	15,17	15,90	16,32	
Příkon 100% [kW]	12,32	14,08	14,32	15,71	15,71	15,84	18,69	18,95	20,23	21,20	21,76	
Spotřeba při příkonu 35% a 1000h. provozu [kWh]	4 312	4 928	5 013	5 498	5 498	5 544	6 541	6 634	7 081	7 420	7 616	82 800
Spotřeba při příkonu 50% a 1000h. provozu [kWh]	6 160	7 040	7 161	7 854	7 854	7 920	9 344	9 477	10 116	10 600	10 880	
Spotřeba při příkonu 75% a 1000h. provozu [kWh]	9 240	10 560	10 742	11 781	11 781	11 880	14 016	14 216	15 174	15 900	16 320	
Spotřeba při příkonu 100% a 1000h. provozu [kWh]	12 320	14 080	14 322	15 708	15 708	15 840	18 688	18 954	20 232	21 200	21 760	
Celková roční spotřeba s regulací [kWh]	32 032	36 608	37 237	40 841	40 841	41 184	48 589	49 280	52 603	55 120	56 576	82 800
Celková roční spotřeba s regulací při ceně 3,- Kč/kWh [Kč]	96 096 Kč	109 824 Kč	111 712 Kč	122 522 Kč	122 522 Kč	123 552 Kč	145 766 Kč	147 841 Kč	157 810 Kč	165 360 Kč	169 728 Kč	248 400 Kč

Literatura a odkazy

- [1] www.luxart.cz
- [2] www.usporyvosvetleni.cz
- [3] www.venturelighting europe.com

Energetické úspory v osvětlení

Martin Kolda Ing.

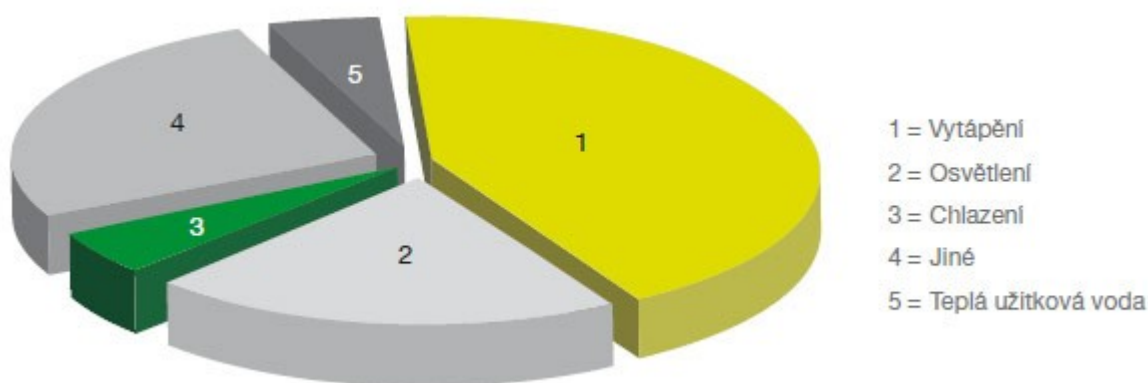
HORMEN CE a.s. www.hormen.cz mkolda@hormen.cz

Úvod:

Úspory v jakémkoli odvětví, jsou v dnešní době velmi aktuálním tématem. Proto bych rád v tomto příspěvku poukázal na možnost řešení úspor v problematice osvětlení. Na několika konkrétních případech návrhů osvětlení si ukážeme jejich finanční náročnost a návratnost v čase.

Stojí toto téma za úvahu?

Osvětlení potřebujeme doslova na každém kroku, pokud se soustředíme na veřejné, kancelářské, obchodní a logistické prostory zjistíme, že například v nemocnicích je 20 – 40% z celkových nákladů na spotřebu elektrické energie vynaloženo na osvětlení (viz. obr. 1), jedná se o nezanedbatelnou finanční částku, která by mohla být využita efektivněji, pokud je tomu investor nakloněn.



Obr. 1 rozdělení spotřeby energie v nemocnicích

Strategie úsporných opatření

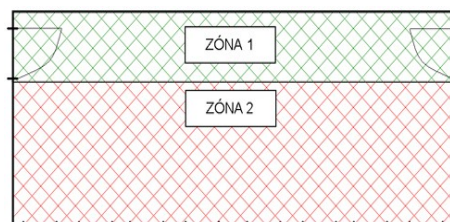
Jak lze uspořít? Níže Vám představím šest základních opatření, které vedou k razantní úspoře elektrické energie.

1. Druh osvětlovací soustavy.

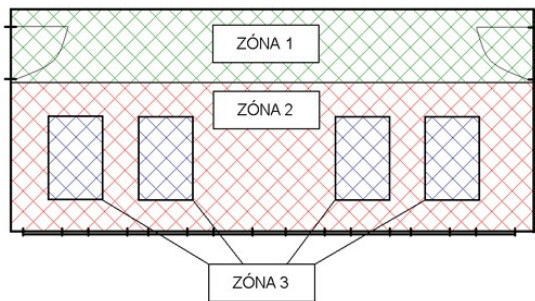
V první řadě je nutné rozdělit prostory v projektu a určit jejich funkci. Od toho se odvíjí návrh osvětlení, který musí odpovídat aktuálním normám a hygienickým předpisům. Pracovní plochy jsou náročnější na osvětlení, vhodným návrhem lze velmi výrazně uspořít na ostatních prostorách, které se nasvětlí pro dokreslení pohody uživatelů. Vše je definováno ve vyhlášce EN12464. Níže základní rozdělení osvětlovacích soustav: celková (viz. obr. 2), odstupňovaná (viz. obr.3), kombinovaná (viz. obr.4).



Obr. 2 celková



Obr. 3 odstupňovaná



Obr. 4 kombinovaná

2. Parametry svítidel

Musejí být vždy uvedeny výrobcem, aby měl zákazník možnost porovnání. Nejdůležitějším parametrem je účinnost svítidla, ta závisí na druhu zdroje, jeho umístění ve svítidle a fotometrické ploše svítivosti. Dalším parametrem, který má vliv na účinnost je tvar svítidla, jeho konstrukce, dále materiál a způsob kterým odráží či propouští světlo.

U otevřených svítidel vychází část světelného toku ze zdrojů přímo, tedy beze ztrát, ovšem zbylá část světelného toku, která dopadá na činné části svítidla je zmenšena o světelný tok pohlcený v optickém systému svítidla. Obecně tedy platí, že účinnost svítidla je tím vyšší, čím větší část světelného toku zdrojů vychází ze svítidla přímo, aniž by byla podrobena odrazům, lomům či prostupovala jakoukoli vrstvou.

Dalším z parametrů je podíl světelného toku, který přímo vychází ze svítidla a odvíjí se od úhlu clonění. Hodnoty účinnosti se u svítidel pohybují v hodnotách 50 - 98%.

Dále je potřeba zaměřit se na výkon světelného zdroje. Umělé světelné zdroje, jsou závislé na spotřebě elektrické energie, proto si všímáme především měrného výkonu, který nám určuje podíl vyzařovaného světelného toku a charakterizuje efektivnost přeměny elektrické energie na světelnou. Hodnoty se u běžných typů zdrojů pohybují od 30 – do 120 lm/W.

Důležitým parametrem jsou ztráty na předřadných částech, které mohou dosahovat až 20% z celkového příkonu svítidla.

3. Dimenzování osvětlovací soustavy

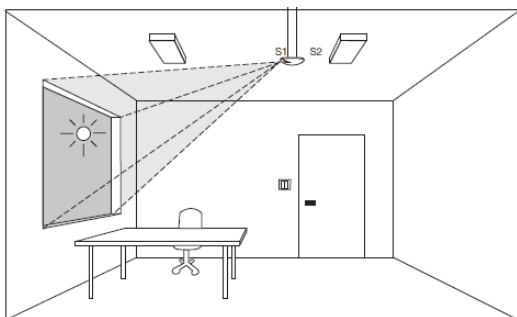
Norma definuje udržovací činitel, viz.(1), který je v hodnotách 0,7 – 0,8

$$z = \frac{\text{hladina osvětlení nové soustavy}}{\text{hladina osvětlení na konci intervalu údržby}} = 0,7 - 0,8 \quad (1)$$

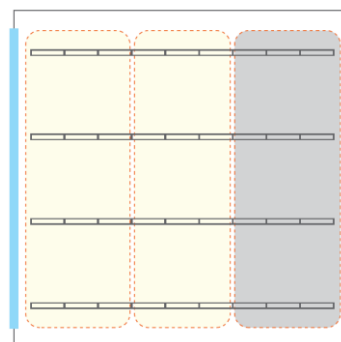
Při výpočtu udržovacího činitele bývá intenzita osvětlení na začátku intervalu o 25 - 42% vyšší než požaduje norma, proto je nutné použití řídicího systému, aby došlo ke korekci.

4. Využití denního světla

Kvalita osvětlení vnitřních prostor se neodvíjí od toho, zda je dosaženo umělým či denním osvětlením. Z toho vyplývá, že vhodný návrh a instalace osvětlení umožňuje zkrátit dobu provozu umělého osvětlení a tím snížit energetickou náročnost osvětlovací soustavy. Použitím světelných čidel v daném prostoru se znatelně sníží doba provozu osvětlení, provozní příkon a tím i spotřeba elektrické energie (viz. obr.5.,6.), pro dobrou funkčnost čidel musí být dodrženy světelné technické parametry. Ovládání osvětlovací soustavy na základě úrovně denního osvětlení může být realizováno skokovou nebo plynulou regulací. Volba způsobu regulace závisí na použitých světelných zdrojích a zároveň určuje technickou a finanční náročnost navrženého úsporného opatření.



Obr. 5 senzor denní osvětlení



Obr. 6 rozložení intenzity osvětlení

5. Kontrola přítomnosti osob

Mnoho pracovních prostor a míst nebývá plně využíváno po celou pracovní dobu. Mnohdy zůstává osvětlovací spousta zapnuta i v nepřítomnosti osob, což vede opět k plýtvání. Použitím pohybových čidel, je možno zapnout či vypnout příslušná svítidla, případně omezit jejich výkon.

6. Časové režimy

K tomu, aby mohly osvětlovací soustavy plnit svou hlavní funkci efektivně, je potřeba dobře vybrat osvětlení do nich navržené. Jednoduchá obsluha, tj. vypínání a zapínání soustavy je nutností. Ideálním příkladem jsou výklady obchodních domů, které využívají osvětlení pouze v určitém časovém úseku, ve kterém nabízejí svým zákazníkům zboží. Použitím čidel a časového spínače je možné pohodlně nastavit například v nočních hodinách pouze bezpečnostní osvětlení.

Případová studie - A

A - koridor obchodního domu, je nejvytíženějším a nejfrekventovanějším prostorem. Původně bylo do tohoto prostoru navrženo vestavné svítidlo o výkonu 2x26W (viz. obr.7). Vhodnou náhradou je svítidlo s LED zdroji (viz. obr.8). Vstupní parametry a další hlediska, která byla použita pro výpočet, jsou uvedena (viz. obr.9)

Parametry svítidel					
Osvětlovací soustava	Použité svítidlo + zdroj	Celkový příkon svítidla	Účinnost svítidla	Světelný výkon svítidla	Doba života světelného zdroje
Původní osvětlovací soustava	Vestavné svítidlo vybavené kompaktními zářivkami CF-L 2 x 26 W	56 W	51 %	3 600 lm	18 000 hodin
Nová osvětlovací soustava	Vestavné svítidlo vybavené LED zdrojem 1 x 49 W	53 W	98 %	3 000 lm	50 000 hodin

obr. 7 náhrady osvětlení



obr. 8 LED svítidlo

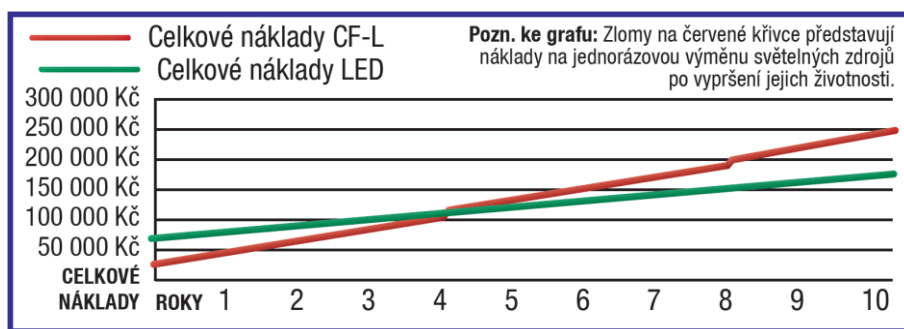
obr.9 vstupní parametry

Vstupní parametry	
Požadovaná intenzita osvětlení	300 lx
Cena elektrické energie	2,2 Kč/kWh
Počet hodin provozu	12 hod./den

Doporučený počet svítidel (viz. obr.10) je daný výpočtem v osvětlovacím programu. Dále jsou v tabulce uvedeny pořizovací náklady jak na svítidlo, tak i následně na celou osvětlovací soustavu do daného prostoru. Nejdůležitějším údajem je celkový příkon soustavy a cena za náhradní světelný zdroj. Graf (viz. obr. 11) znázorňuje celkové náklady a návratnost obou soustav. Z grafu je patrné, že návratnost LED soustavy je kolem 4 let.

Parametry původní osvětlovací soustavy – CF-L	
Počet svítidel	36 ks
Cena svítidla	800 Kč
Celková cena soustavy	28 800 Kč
Příkon svítidla	56 W
Celkový příkon soustavy	2 016 W
Cena výměny světelného zdroje (1 ks svítidla)	220 Kč
Parametry nové osvětlovací soustavy – LED	
Počet svítidel	21 ks
Cena svítidla	3 375 Kč
Celková cena soustavy	70 875 Kč
Příkon svítidla	49 W
Celkový příkon soustavy	1 029 W
Cena výměny světelného zdroje (1 ks svítidla)	1 200 Kč
Návratnost investic nové soustavy	4,1 roku

obr. 10 parametry



obr. 11 graf nákladů

Případová studie – B

B – k návrhu osvětlení v případě skladovací haly je přistoupeno jako v případě případové studie A, tedy koridoru obchodního domu. Průmyslové výbojkové svítidlo s výkonem 400W je nahrazeno svítidlem se zdrojem LED 4x47W nebo 2x47W (viz.obr. 13). Veškeré hodnoty a parametry, které byly použity pro výpočty jsou zřejmé z tabulek (viz. obr. 12, 14).

Parametry svítidel					
Osvětlovací soustava	Použité svítidlo + zdroj	Celkový příkon svítidla	Účinnost svítidla	Světelný tok	Doba života světelného zdroje
Původní osvětlovací soustava	Průmyslové svítidlo vybavené halogenidovou výbojkou HIT 400 W	460 W	53 %	35 000 lm	18 000 hodin
Nová osvětlovací soustava	Svítidlo KOSSNO LED 4 x 47 W	188 W	89 %	17 380 lm	50 000 hodin
	Svítidlo KOSSNO LED 2 x 47 W	94 W	89 %	8 690 lm	50 000 hodin

obr. 12 náhrady osvětlení



obr.13 LED svítidlo

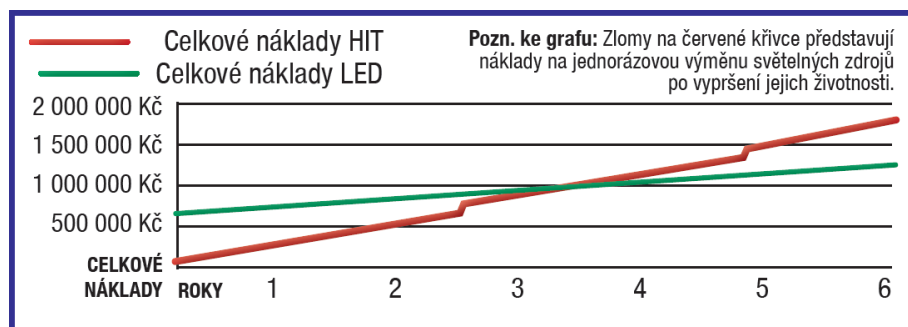
Vstupní parametry	
Požadovaná intenzita osvětlení	150 lx
Cena elektrické energie	2,2 Kč/kWh
Počet hodin provozu	12 hod./den

obr. 14 vstupní parametry

Doporučené počty svítidel (viz. obr. 15) jsou opět dané výpočtem v osvětlovacím programu. Dále jsou v tabulce uvedeny pořizovací náklady jak na svítidlo, tak i následně na celou osvětlovací soustavu do daného prostoru. Nejdůležitějším údajem je celkový příkon soustavy a cena za náhradní světelný zdroj. Graf (viz. obr. 16) znázorňuje celkové náklady a návratnost obou soustav. Z grafu je patrné, že návratnost LED soustavy je kolem 3 let.

Parametry původní osvětlovací soustavy – HIT	
Počet svítidel	54 ks
Cena svítidla	1 600 Kč
Celková cena soustavy	86 400 Kč
Příkon svítidla	460 W
Celkový příkon soustavy	24 840 W
Cena výměny světelného zdroje (1 ks zdroje)	600 Kč
Parametry nové osvětlovací soustavy – LED	
Počet svítidel 188 W – (4 x 47 W)	27 ks
Cena svítidla	16 000 Kč
Počet svítidel 94 W – (2 x 47 W)	27 ks
Cena svítidla	8 000 Kč
Celková cena soustavy	648 000 Kč
Celkový příkon soustavy	7 614 W
Cena svítidla	3 000 Kč
Návratnost investic nové soustavy	3, 2 roku

obr. 15 parametry



obr. 16 graf nákladů

LED osvětlení

Jedná se v současné době jednoznačně o progresivní a velmi dobře se rozvíjející technologii, které by měla v budoucnu nahradit stávající osvětlení a zdroje. První generace LED, vyvinuta v roce 1962 vyzařovala nízké, velmi intenzivní červené světlo. Moderní LED jsou k dispozici v široké škále verzí od ultrafialové až po infračervené vlnové délky s velmi vysokým jasnem.

Pro maximální dosažení světelných výkonů a úspor je potřeba provést správnou aplikaci a dodržet technické podmínky. Jako je teplotní management.

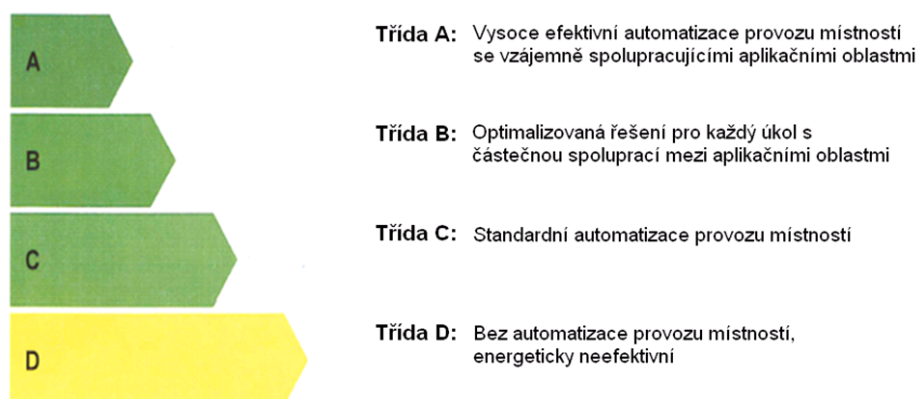
Pokud se rozhodnete pro úsporu v osvětlení za pomocí LED zdrojů, je důležité věnovat pozornost původu produktu, který se rozhodnete použít. Je nutné znát původ a nechat si od dodavatele doložit potřebné certifikáty. Bohužel je na našem trhu řada neseřídných a neznalých dodavatelů, jichž je potřeba se vyvarovat.

Prvotní vyšší investice má poměrně velkou návratnost v brzkém horizontu

Úspory energie při řízení osvětlení a dalších funkcí v objektech se systémovou instalací KNX

Josef, Kunc, Ing.
josef.kunc@cz.abb.com

Ve stále větším měřítku je ve světě využíván dosud jediný celosvětově **normalizovaný systém pro řízení funkcí v budovách – systém KNX**. O této skutečnosti svědčí také stále rychleji narůstající počet členů (výrobců) mezinárodní asociace KNX. Při ustavení mezinárodní asociace EIB v roce 1990 (přímého předchůdce asociace KNX) stálo pouhých 9 výrobců. V roce 1999, kdy asociace EIB byla transformována do nové asociace KNX, již jejich počet narostl k téměř stovce. Poté již byl nárůst počtu nových členů asociace pozvolnější. Avšak po schválení KNX pravidel jako mezinárodní normy v roce 2006 (řada norem ISO IEC 14543 – viz též ČSN EN 50090) nastal opět rychlý nárůst počtu nových členů. Již v průběhu nejvýznamnějšího odborného veletrhu pro oblast řízení funkcí v objektech a pro oblast osvětlování – veletrhu Light & Building ve Frankfurtu nad Mohanem v roce 2010 se tento počet zvýšil na 200 (pro ilustraci: dvoustým členem se stala firma CISCO systems z USA). Během následujících dvou let do konání veletrhu Light & Building v roce 2012 přibylo dalších 70 firem z celého světa. Tento vývoj zřetelně dokumentuje zvyšující se zájem o využití KNX systémových instalací, jejichž výhodou je nejen možnost využití výrobků různých výrobců ve společném systému, ale především maximalizace úspor energie při provozování objektů, navíc s jednoduchým místním i vzdáleným ovládním.



Obr. 1: Třídění budov podle vybavenosti řídicími systémy

V souladu se směrnicí evropského parlamentu 2010/31/EU o opatřování nových a rekonstruovaných budov energetickými štítky, která bude i u nás platit od příštího roku, musí být tyto objekty vybaveny dvěma typy štítků. První se týká konstrukce budovy, tedy úrovně zajištění proti únikům tepla. Druhý štítek má vazbu na způsoby hospodaření s tepelnou a elektrickou energií a tedy vybavení vhodnými technologickými celky a způsoby jejich spolupráce. Nezbytné vybavení a koordinace činnosti řízených funkcí popisuje EN 15232:2007 (obr. 1). Jako základ pro srovnávání energetické náročnosti norma uvažuje budovy v energetické třídě C, tedy objekty, v nichž jsou pro řízení funkcí majících vliv na energetickou náročnost použity vzájemně nespolečné řídicí systémy (řízení osvětlení s manuálním ovládním, vytápění a klimatizace s termostatickými ventily a s jednoduchou automatizací provozu s časovým řízením, manuálně ovládané motorické pohony stínících prostředků zabezpečených pouze proti poškození silným větrem). Ve srovnání s třídou C musí být zajištěny úspory tepelné energie v kancelářských objektech třídy B alespoň o 20% a v objektech třídy A minimálně o 30%. Pokud se týče úspor elektrické energie, musí být v objektech třídy B vyšší než 7% a v objektech třídy A alespoň 13%.

V jiných typech budov (školské objekty, hotely a jiné typy staveb) budou minimálně požadované úspory poněkud nižší – je to dáno způsobem provozu těchto objektů.

Vzájemné vazby při řízení funkcí v budovách

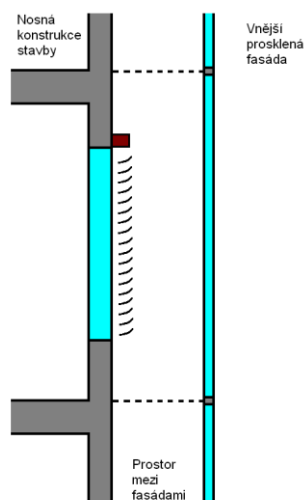
Bez nasazení systémové instalace není možné budovu zařadit do energetické třídy B nebo dokonce A. V obou těchto případech je totiž zcela nezbytná úzká spolupráce při řízení funkčních oblastí majících významný podíl na spotřebě energie. Prostě je potřebné minimalizovat, nebo dokonce zcela vyloučit zbytečnou spotřebu energie, které ale nedokáže zabránit žádný úzce specializovaný, samostatně nasazený a s dalšími dílčími systémy nespolečupracující řídicí systém. Může být použit např. zdánlivě nejdokonalejší systém řízení vytápění. Nespolečupracuje-li však s dalšími řídicími systémy, stále ještě bude docházet ke značnému plýtvání tepelnou energií během běžného provozu budovy.

Vysoké energetické efektivity budov lze dosáhnout pouze při spolupráci všech řídicích systémů funkcí, významnou měrou se podílejících na spotřebě energie. Jedná se především o řízení vytápění (chlazení), osvětlení a stínících systémů a navíc s vazbou na přítomnost. Automaticky řízené venkovní lamelové žaluzie při přímém slunečním svitu zajistí dostatečné přirozené osvětlení bez oslňování přítomných osob a současně zajistí předávání slunečního tepla do vnitřního prostoru odrazem od vhodně natočených lamel při spolupráci s vytápěním anebo s odrazem tohoto tepelného záření do venkovního prostoru při spolupráci s chlazením.

Nezbytným vybavením objektů, které mají splňovat požadavky na nízkou energetickou náročnost podle EN 15232:2007, jsou venkovní žaluzie. Čím dokonalejším způsobem řízení provozu stínících prostředků bude objekt vybaven, tím kvalitnější využití energie bude zajištěno.

Jak mají žaluzie fungovat pro zajištění co nejoptimálnějšího režimu hospodaření s energií?

Automaticky řízené žaluzie s natáčivými lamelami, při přímém slunečním svitu do jimi chráněných oken, dovedou zabezpečit přísun dostatečného množství přirozeného světla bez oslňování osob přítomných v místnosti. Při zatažené obloze anebo na stranách objektu neosvětlených přímým slunečním zářením jsou žaluzie svinuty a vůbec nebrání přístupu denního světla. Automatické řízení žaluzií využívá údajů různých snímačů povětrnostních údajů a současně také informací o konkrétním umístění jednotlivých oken, o reálném čase, ale také o případných možnostech jejich zastínění stínícími objekty. Lamely žaluzií na oknech osvětlených přímým slunečním zářením budou vždy natáčeny tak, aby nebránily přístupu denního světla a současně aby nedocházelo k oslňování osob v daném prostoru. Navíc, toto natočení zajišťuje, aby tepelné sluneční záření bylo odráženo do vnitřního prostoru při spolupráci se systémem vytápění a do venkovního prostoru při spolupráci se systémem chlazení. Takto vzniká úspora až 18% energie potřebné pro vytápění a dokonce až 30% při spolupráci s chlazením. V noční době, při nižších venkovních teplotách, budou žaluzie plně uzavřeny. Tím se poněkud sníží tepelné vyzařování budovy. Venkovní žaluzie jsou konstruovány vždy pro určité mezní klimatické podmínky. Při vyšších rychlostech větru, při nichž by mohly být mechanicky poškozeny, musí být samočinně svinuty do zabezpečené polohy. Podle typu objektu a na základě rozdílných požadavků investorů mohou být stanoveny různé další podmínky pro jejich činnost při mrazu, dešti apod.



Obr. 2: Příklad uspořádání dvojité fasády objektu

Pokud je objekt vybaven zdvojenou fasádou, žaluzie mohou být lehčí mechanické konstrukce. Jejich provoz je již nezávislý na povětrnostních podmínkách. Kromě toho, žaluziemi odrážené sluneční teplo nashromážděné v prostoru mezi oběma fasádami lze využívat např. v tepelných čerpadlech pro ohřev užitkové vody. Takto se dále zvýší celková energetická efektivnost budovy.

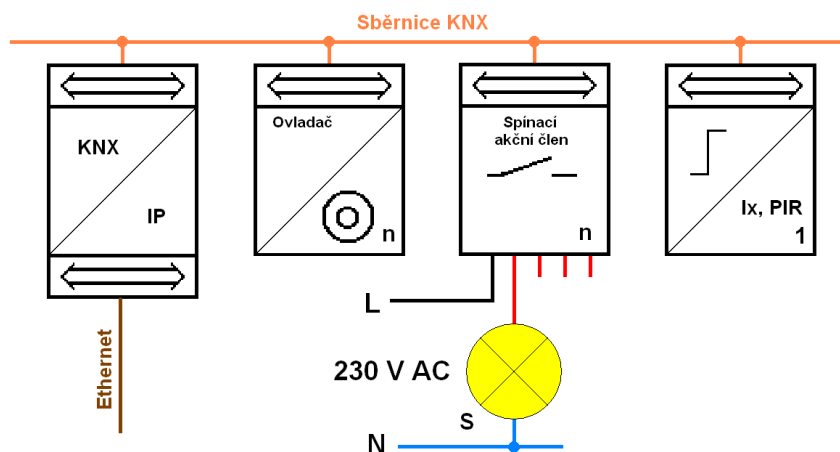
Vazby na přítomnost

Velmi důležitou je vazba na přítomnost osob v jednotlivých místnostech. Jedině takto lze zajistit nejen regulaci osvětlení na stálou osvětlenost, ale současně i vyřazení jednotlivých osvětlovacích okruhů z činnosti v těch částech objektu, v nichž právě nikdo není. Vazbou na přítomnost jsou také přepínány režimy činnosti vytápění a chlazení. Nikoliv tedy podle dosud rozšířeného časového řízení, kdy kolem začátku pracovní doby přechází režim přenosu tepelné energie do komfortního stavu a teprve po ukončení pracovní doby do režimu úsporného.

V některých objektech, v nichž nebyla zajištěna vazba na přítomnost, je dodatečně upravována alespoň částečně spolupráce s docházkovým systémem. Ten ovšem nezajistí skutečně správné řízení. Osoba, která se sice docházkovým systémem zaregistrovala, vůbec nemusí jít na svoje pracoviště – jde např. na celodenní poradu do zasedací místnosti. A potom je příslušná kancelář opět zbytečně vytápěna nebo chlazená na komfortní teplotu. Navíc není zajištěno ani operativní řízení osvětlení – pouze při odchodu z budovy zaznamenaného docházkovým systémem bude odeslán příkaz k jeho vypnutí a převedení spotřeby tepla do úsporného režimu.

Řízení osvětlení v KNX systémových instalacích

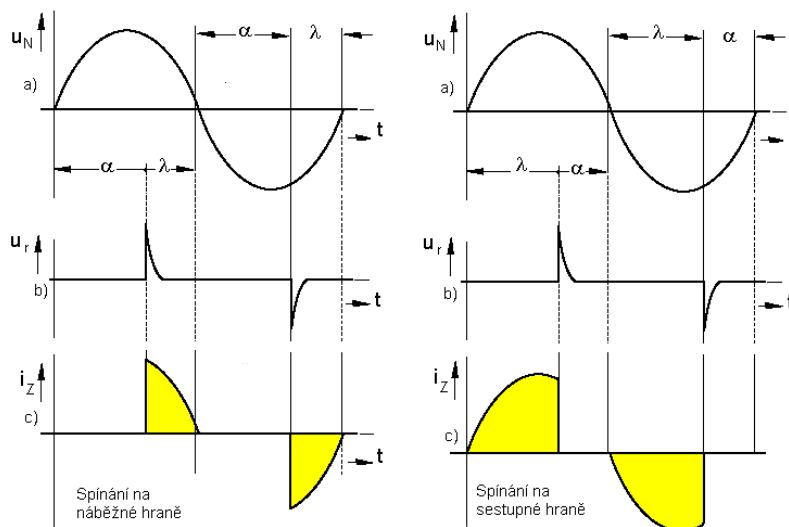
Obdobně jako v klasických, tak i v systémových instalacích je nejjednodušším způsobem ovládání prosté spínání jednotlivých světelných okruhů. Spínání může být zajištěno manuálně anebo také samočinně, např. při využití snímačů pohybu nebo přítomnosti. Manuální spínání osvětlení je vhodné pro obytné budovy nebo také pro malé komerční či polyfunkční objekty. Ovšem pro osvětlení chodeb, schodišť, krátkodobě používaných provozních místností je vhodné zajistit činnost osvětlení ve vazbě na pohyb nebo přítomnost osob s blokováním v době, po kterou je postačující osvětlení přirozené.



Obr. 3: Systémové spínání osvětlení manuální i automatické

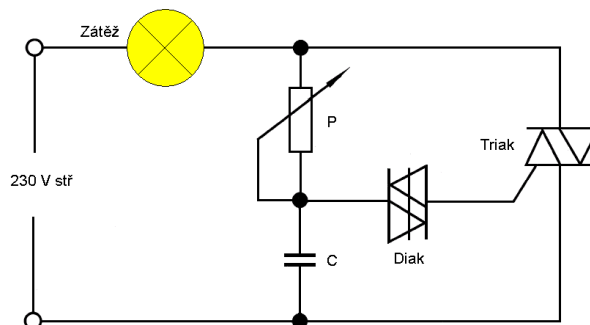
S ohledem na dosažitelné úspory elektrické energie na osvětlování je nutné považovat za nejdůležitější řízení na stálou osvětlenost. Ovšem základ tohoto způsobu řízení tkví v regulaci intenzity osvětlení – tedy ve stmívání světelných zdrojů.

Elektronické regulační prvky se v elektrických instalacích používají od přelomu 50. a 60. let minulého století, tedy od doby, kdy se na trhu objevily nejdříve tyristory a poté i triaky – silové polovodičové spínací prvky dovolující spínání v průběhu procházející půlvlny napájecího napětí.



Obr. 4: Fázové řízení protékajícího proudu

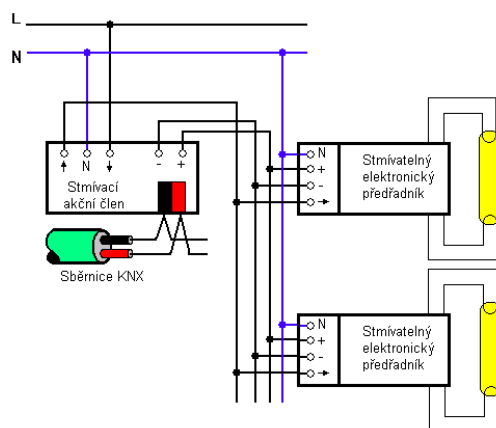
Nejjednodušeji bylo možné realizovat spínání na náběžné hraně, tedy pulsní sepnutí kdykoli v průběhu každé půlvlny; triak automaticky přeruší průtok proudu při průchodu napětí nulou. Proto také u nás, ve zmíněné době, byly zcela běžné především amatérské konstrukce stmívačů v základním zapojení podle schématu na obr. 5. Ovšem jejich obrovskou nevýhodou byla naprostá ignorace nutnosti zabezpečení potřebné elektromagnetické kompatibility – tedy vybavení přístroje kvalitními odrušovacími prvky. Tuto nevýhodu odstranily teprve průmyslově dodávané stmívače na přelomu 60. a 70. let.



Obr. 5: Základní zapojení žárovkového regulátoru intenzity osvětlení

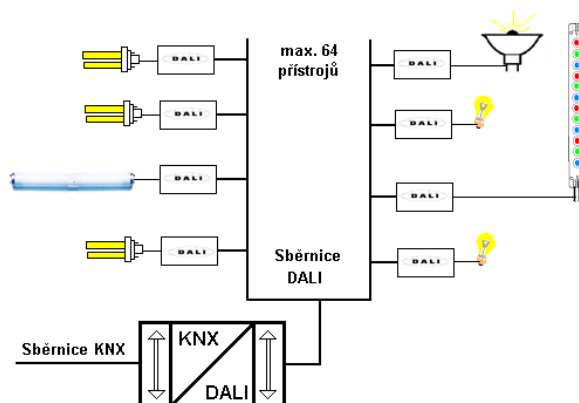
Ovšem tento typ stmívačů je vhodný pouze pro žárovkové světelné zdroje nn přímo ovládané anebo pro řízení napětí na primárním vinutí klasických transformátorů pro halogenové žárovky mn. Vzhledem k použití silových polovodičových prvků, které jsou dimenzovány na zpravidla výrazně nižší proudy, než jsou navrhovány běžné světelné okruhy (obvykle vybavené jističi 10 A), je nezbytná nadproudová a zkratová ochrana zabudovaná do těchto přístrojů. Starší stmívače byly vybaveny rychlými tavnými pojistkami (často 2 A) současné přístroje obsahují elektronické jisticí obvody zahrnující navíc i tepelnou ochranu triaku. Dojde-li potom ve stmívaném okruhu k některé z mezních situací, elektronická ochrana samočinně odpojí zátěž a po jejím pomnutí obnovuje obvykle samočinně průchod proudu.

Jinak musí být řešeny stmívače pro řízení zářivkové zátěže, kdy regulovaný světelný zdroj je v obvodu se stmívatelným elektronickým předřadníkem. Při malém počtu svítidel se využívá analogového řízení s proměnným řídicím napětím 1 až 10 V DC, jak je naznačeno na obr. 6.



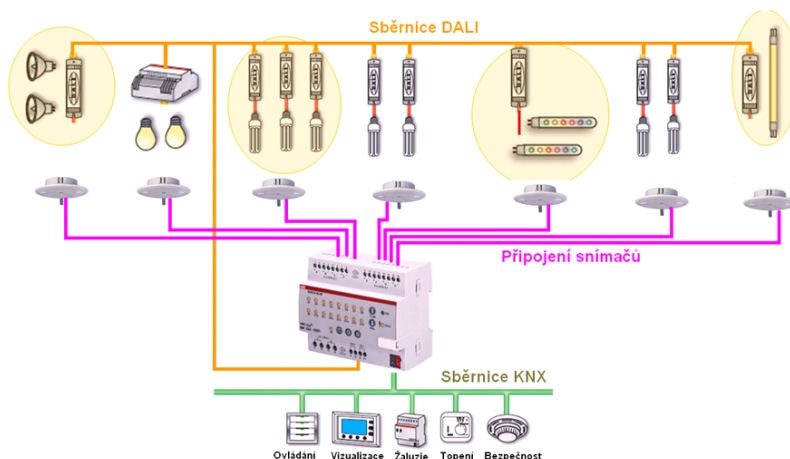
Obr. 6: Analogové řízení zářivkových svítidel

V rozsáhlejších objektech, především v komerčních a podobných budovách, je již nejen technicky, ale i ekonomicky výhodnějším řešením využití kombinace různých typů sběrnice systémů. Pro řízení osvětlení se využívá sběrnice DALI, přičemž ovládání svítidel je po sběrnici KNX. Výhodné je to jednak pro zajištění společného výtvarného řešení ovladačů pro řízení nejen osvětlení, ale i dalších funkčních oblastí v budově a také vzhledem k jednoduchému navázání na spolupráci s řízením s jinými funkcemi (např. s řízením žaluzií, s vazbou na přítomnost osob apod.). Ke každé ze sběrnic DALI smí být připojeno nejvýše 64 digitálních, individuálně adresovatelných předřadníků, jak je principiálně znázorněno na obr. 7.



Obr. 7: Propojení sběrnic KNX a DALI specializovaným řídicím rozhraním

Pro spolupráci systémů KNX a DALI je k dispozici celá škála KNX/DALI rozhraní. Snadněji a levněji realizovatelné je potom i stále častěji požadované řízení na stálou osvětlenost – využitím jednoho z typů těchto rozhraní, které je koncipováno nejen k připojení obou těchto typů sběrnic, ale navíc i k připojení několika snímačů intenzity osvětlení – obr. 8. Jejich cena je i méně než třetinová, ve srovnání s cenami dosud nutně používaných snímačů připojovaných ke sběrnici KNX. Tyto snímače přitom nejsou adresovány ani na sběrnici DALI, ani na sběrnici KNX. Potřebná komunikace tedy probíhá výhradně mimo sběrnice provoz – jedná se pouze o vnitřní komunikaci v rozhraní KNX/DALI, které je současně kontrolérem pro řízení na stálou osvětlenost.



Obr. 8: Řízení na stálou osvětlenost v rozsáhlejší objektu s rozdělením do více sekcí

Ke sběrnici KNX jsou takto připojena nejen rozhraní KNX/DALI, ale také veškeré potřebné přístroje pro řízení dalších funkcí – topení, ventilace, klimatizace, stínění, indikace přítomnosti – tedy prvků, jejichž vzájemně provázané řízení může zajistit výrazné úspory energie. Dokladem toho, že správně navržená systémová instalace skutečně zajistí až neočekávané vysoké úspory energie (a tedy i velmi rychlou návratnost vynaložených prostředků na systémovou instalaci), je např. objekt České pojišťovny v Praze (obr. 9), v němž dochází až k 60% úspoře energie, ve srovnání s řízením zajišťovaným vzájemně nespolupracujícími specializovanými řídicími systémy pro ovládání dílčích funkčních oblastí.



Obr. 9: Objekt České pojišťovny v Praze

Příklady přínosů dalších vazeb při řízení různých funkčních oblastí

K výrazným úsporám energie na osvětlování dospějeme, pokud namísto manuálního řízení využijeme automatickou regulaci na stálou osvětlenost, nejlépe s vazbou na přítomnost osob ve sledovaném prostoru.

Ovšem již pouhou výměnou dosud v hojně míře používaných klasických předřadníků v zářivkových svítidlech a jejich nahrazením předřadníky elektronickými (pro regulaci na stálou osvětlenost, avšak ve verzi umožňující stmívání), dosáhneme energetických úspor kolem 30%. Přibližně tak velká je energetická ztráta na zmíněných tlumivkách, počítaná z celkového příkonu svítidel a mění se v teplo. Proto také v mnohých objektech, uvedených do provozu před deseti a více lety, již proběhla potřebná obnova svítidel. Např. ve velkém supermarketu s celotýdenním provozem v době od 7:00h do 22:00h, bylo dosaženo velmi krátké návratnosti investic vynaložených na naznačenou výměnu předřadníků. Úsporami energie se vynaložené náklady uhradily za méně než 4 měsíce.

Dalších až asi 40% energie na osvětlování lze ušetřit regulací na stálou osvětlenost s vazbou na přirozené venkovní osvětlení. Ovšem vazba na přítomnost může přinést ještě další úspory. Budeme vycházet z chování průměrného Evropana při ovládní osvětlení v komerčních a podobných objektech. Takováto osoba při příchodu do zaměstnání, na začátku pracovní doby, obvykle uvede do provozu svítidla ve své kanceláři, aniž by brala do úvahy okamžité podmínky dané intenzitou přirozeného venkovního osvětlení. Jedná-li se tedy o manuálně spínané osvětlení, v místnosti se svítí často po celý den na plný výkon. Někdy se stává, že při odchodu ani nebudou svítidla vypnuta a osvětlení zůstane v činnosti po celou následující noc nebo dokonce přes celý víkend.

Budou-li však prostory vybaveny vazbou na přítomnost osob, osvětlení bude v činnosti pouze po dobu, po kterou je někdo v regulované místnosti. Takto lze i v prostorách s regulací na stálou osvětlenost dosáhnout přídatných úspor energie na osvětlování až kolem 10%. Použité ovládací prvky přitom dovolí uživatelskou změnu nastavení úrovně intenzity vnitřního osvětlení. Ve své místnosti si tak osazenstvo může upravit základní nastavení podle svých potřeb.

Snad nejvýznamnějšího přínosu se dosahuje automatickým režimem řízení provozu lamelových žaluzií ve vazbě na hospodaření s teplem, jak již bylo uvedeno výše.

To ovšem není všechno. Je možné ušetřit ještě dalších až 8% tepelné energie, když řízení její spotřeby propojíme i se sledováním přítomnosti osob.

Pokud není zajištěna vazba na přítomnost, je spotřeba tepla řízena pouze na základě časových programů. To znamená, že před začátkem pracovní doby bude teplota ve všech regulačních smyčkách nastavena na komfortní hodnotu (např. 22°C pro topení a 25°C pro chlazení), po skončení pracovní doby nejdříve na pohotovostní teplotu (např. 19°C/28°C) a později na noční úspornou hodnotu (17°C/31°C). Ve dnech pracovního volna bude regulace probíhat celodenně na hodnoty stanovené pro úsporný noční provoz.

Podle průzkumu, uskutečněného před několika lety, až 30% kanceláří je v pracovní době neobsazených, ať již z důvodů pracovních cest, dovolených, nemoci a z dalších příčin. To znamená, že po celou pracovní dobu jsou i zcela neobsazené místnosti zbytečně vytápěny/chlazeny na komfortní teplotu a dochází v nich tedy k neodůvodněné nadměrné spotřebě tepelné energie. Budou-li však místnosti vybaveny i snímači přítomnosti, časovým programem mohou být všechny sledované prostory uváděny pouze do pohotovostního režimu (v našem příkladě 19°C/28°C). Snímače přítomnosti, teprve po příchodu osob, zajistí přepnutí na komfortní režim (22°C/25°C). Aby nedocházelo ke zbytečnému přepínání mezi komfortním a pohotovostním režimem při krátkodobých odchodech z kanceláře během pracovní doby, může být parametricky nastaveno časové zpoždění pro přepnutí do pohotovostního režimu (např. 30 minut).

V objektech, v nichž je ventilace zajištěna otevíráním oken, je potřebné zabránit zbytečnému plýtvání tepelnou energií zablokováním činnosti vytápění/chlazení po celou dobu větrání. Účelem tohoto opatření je také to, aby okna nebyla dlouhodobě, někdy i celodenně otevřena. Zablokováním činnosti zdrojů tepla v místnosti s otevřenými okny se zabrání tomu, aby do nich bylo současně v až extrémním množství dodáváno teplo systémem vytápění/chlazení, následně vypouštěné okny do venkovního prostoru. Pro zajištění dobré tepelné pohody by tedy větrání mělo být pouze krátkodobé, avšak intenzivní.

K zajištění naznačeného blokování postačí okna vybavit jazýčkovými magnetickými kontakty, připojenými k binárním vstupům. Bude tomu tak i v případě, kdy okenní kontakty nejsou součástí systému zabezpečení. Potom budou zapojeny k přírodním svorkám binárních vstupů.

Pokud tyto kontakty jsou součástí plášťové ochrany objektu, je vhodné využít vždy jednu zónu pro všechna okna v jedné místnosti. O stavu zóny potom budou předávány informace na sběrnici řídicího systému prostřednictvím bezpotenciálového kontaktu, připojeného ke vhodnému binárnímu vstupu.

Nejen všechny funkce, jimiž mají být vybaveny objekty energetických tříd A i B podle EN 15232:2007, ale i mnohé další funkce, jakými jsou zabezpečovací systémy, požární systémy, audio a video soustavy a mnohé další funkční oblasti, lze jednoduše ovládat společným, mezinárodně normalizovaným systémem KNX.

KNX systém, založený na vzájemné komunikaci přístrojů, připojených ke společné sběrnici, tvořené krouceným stíněným dvou vodičem nebo silovým vedením anebo také bezdrátovým přenosem, je jediným celosvětově normalizovaným systémem podle souboru evropských norem EN 50090 a celosvětových norem ISO/IEC 14543. Systém je decentralizovaný (jeho každý účastník je vybaven řídicím mikroprocesorem a pamětmi, v nichž je uložen jemu příslušný aplikační program. Principiálně lze říci, že po sběrnici mezi sebou komunikují snímače a akční členy. Přitom údaje získávané nebo měřené jedním snímačem mohou sloužit celé řadě účelů – není potřebné využívat několik snímačů obdobného typu pro řízení několika funkcí. Příkladem je již výše zmíněný snímač přítomnosti, který bude zajišťovat spínání osvětlení v místnosti na základě přítomnosti osob, ve stejné závislosti, avšak s jinými parametry bude odesílat příkazy k přepínání režimů topení a chlazení. Kromě toho bude

předávat i informace o přítomnosti osob pro účely evidence nebo pro zabezpečení objektu. Provázání celé řady funkčních oblastí do společného systému výrazně zjednodušuje a ve svých důsledcích i snižuje náklady na pořízení i provoz náročného technického vybavení moderních budov.

Můžeme uvést další příklad: v rodinném domě, při aktivaci elektronického systému zabezpečení, bude automaticky vydán příkaz k vypnutí všech svítidel, která jsme například opomenutím ponechali rozsvícená, k vypnutí vybraných zásuvkových okruhů, k přepnutí systému vytápění do úsporného režimu, k nastavení žaluzií do předem určené polohy. Může být také aktivován program pro nepřítomnost, tedy spínání funkcí, které pro vnějšího pozorovatele znamenají přítomnost osob v objektu.

System KNX prostě umožňuje uživateli co nejjednodušší ovládání všech funkcí se zabezpečením optimálního využívání energie, se zamezením její spotřeby tam, kde to právě není zapotřebí. Umožňuje také místní i centrální přehled o stavu všech funkcí v objektu, s možností jejich ovládání a servisu, s možností vzdálených přístupů – např. internetem, pomocí tabletu apod.

Literatura:

- [1] EN 15232:2007 – Energy Performance of Buildings – Impact of Building Automation, Controls and Building Management
- [2] EN 50090, ISO/IEC 14543 – KNX normy
- [3] www.knx.org – Přehledy partnerů a členů, tiskové informace
- [4] ABB a KNX školicí materiály
- [5] Foto Česká pojišťovna
- [6] Archiv autora

Nakladanie s elektro-odpadom z výrobkov svetelnej techniky v SR

Ing. Milan HRDLÍK, CSc. Mgr. Alexander KOVÁČ
ETALUX - Združenie výrobcov a dodávateľov svetelnej techniky

Základnou právnou normou, ktorá predstavuje environmentálny prístup Európskej únie k problematike odpadov z elektrických a elektronických zariadení je Smernica EÚ 2002/96/EC. Podľa Smernice sú výrobcovia a dovozcovia elektrických a elektronických zariadení od 13. augusta 2005 spoločne zodpovední za všetok historický elektroodpad a individuálne zodpovední za odpad zo svojich výrobkov, ktorý uviedli na trh po 13. auguste 2005 - nový odpad.

Smernica umožňuje, aby sa výrobcovia združili a finančne zabezpečovali kolektívne systémy na zber a recykláciu elektroodpadu pochádzajúceho z domácností aj firiem, zároveň stanovila 10 kategórií elektrozariadení, z ktorých elektroodpad pochádza:

1. Veľké domáce spotrebiče
2. Malé domáce spotrebiče
3. Informačné technológie a telekomunikačné zariadenia
4. Spotrebná elektronika
- 5. Svetelné zdroje**
6. Elektrické a elektronické nástroje
7. Hračky, zariadenia určené na športové a rekreačné účely
8. Zdravotnícke zariadenia
9. Prístroje na monitorovanie a kontrolu
10. Predajné automaty

Kat.	Lighting equipment	Svetelné zdroje
5.1.	Luminaires for fluorescent lamps with the exception of luminaires in household	Svietidlá pre žiarivky s výnimkou svietidiel v domácnostiach
5.2.	Straight fluorescent lamps	Lineárne žiarivky
5.3.	Compact fluorescent lamps	Kompaktné žiarivky
5.4.	High intensity discharge lamps, including pressure sodium lamps and metalhalide lamps	Vysokotlakové výbojky vrátane sodíkových tlakových výbojok a výbojok s kovovými parami
5.5.	Low pressure sodium lamps	Nízkotlakové sodíkové výbojky
5.6.	Other lighting or equipment for the purpose of spreading or controlling light with the exception of filament bulbs + LED lamps	Iné svietidlá alebo zariadenia na šírenie alebo usmerňovanie svetla s výnimkou žiaroviek + LED svietidlá
5,7	Semiconductor light sources / luminaires - LED Retrofit	Polovodičové svetelné zdroje - LED retrofit
	Other lighting equipment / luminaires - light advertising, lighting equipment for healthcare	Iné osvetľovacie zariadenia - svetelné reklamy, zariadenia pre zdravotníctvo

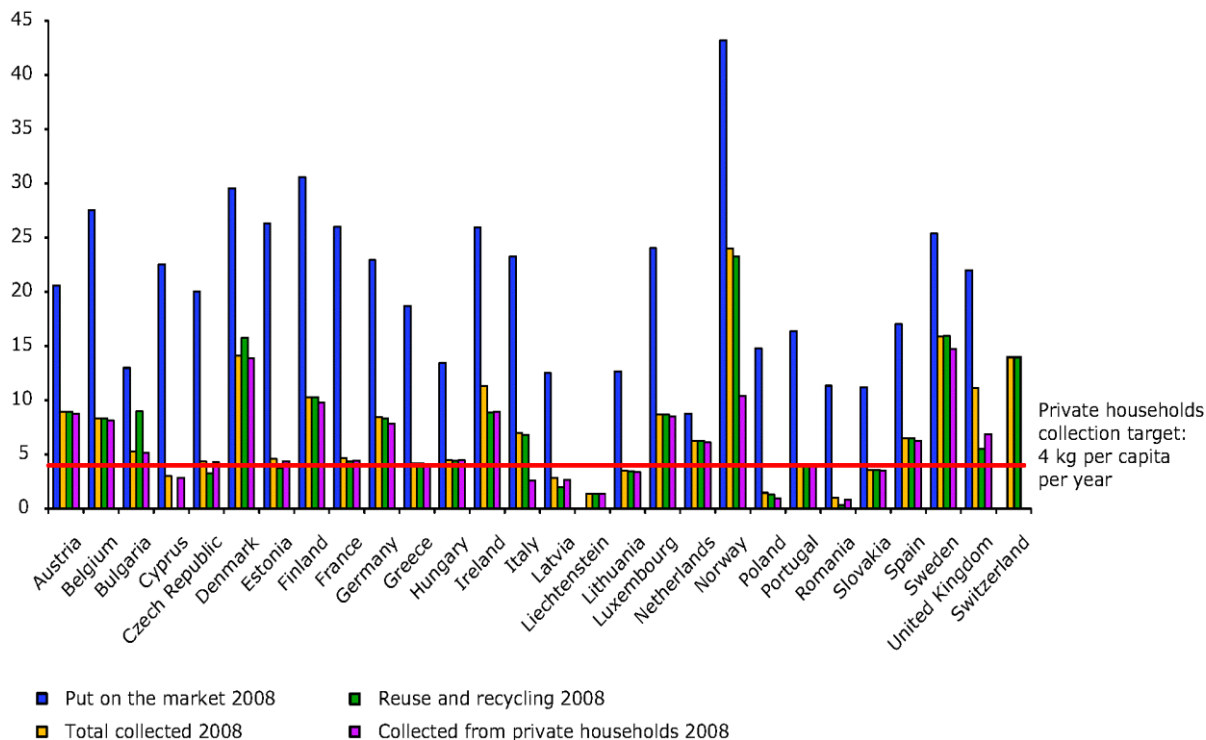
Tab. 1 Aktuálne znenie podrobnejšej špecifikácie kategórie č. 5 do podkategórií

Jedným z cieľov, ktoré Smernica stanovuje pre členské krajiny je, aby sa - počnúc od roku 2006, vyzbieralo 4kg elektroodpadov na obyvateľa. Slovenská republika, ako prístupujúci člen, mala povinnosť splniť tento cieľ posunutú o dva roky - na rok 2008. Smernica WEEE č. 2002/96/ES o odpade z elektrických a elektronických zariadení bola implementovaná vo všetkých členských krajinách EU dňa 13. 8. 2005. Európsky parlament dňa 19.1.2012 v druhom čítaní schválil nové pravidlá nakladania s odpadom z elektrických a elektronických zariadení (OEEZ), tzv. transpozícia európskej rámcovej smernice o odpadoch 2008/98/ES. Ciele novelizácie smernice je možné zhrnúť nasledovne:

- **efektívnejšie využitie vzácnych surovín**, ktoré sa v elektro-zariadeniach nachádzajú, zmierniť vplyv odpadu na životné prostredie,
- umožniť spotrebiteľom **vrátiť drobný odpad vo viacerých predajniach** a tiež znížiť mieru byrokracie pre podnikateľov.
- Firmy budú pred vývozom OEEZ za hranice musieť získať certifikát od colného úradu, že spotrebiče sa vyvážajú za účelom opravy alebo opätovného využitia, pričom bremeno dokazovania sa presunulo na exportérov. Ustanovenie má **zabrániť nelegálnemu vývozu** do krajín, v ktorých sa odpad hromadí alebo jeho spracovanie prebieha v podmienkach ohrozujúcich zdravie pracovníkov a životné prostredie..
- Všetky členské štáty budú musieť **zvýšiť zber svojho elektronického a elektrického odpadu** bez ohľadu na to, či v súčasnosti dosahujú aktuálny cieľ 4 kg na osobu a rok.
- Do roku 2016 musí väčšina z nich vyzbierať 45 ton elektronického odpadu na každých 100 ton elektrických a elektronických výrobkov, ktoré boli uvedené na daný trh počas troch predchádzajúcich rokov. Do roku 2019 tento objem vzrastie na 65 percent priemernej hmotnosti predanej elektroniky alebo na 85 percent všetkého elektronického odpadu, ktorý vzniká na ich území. Desiatim krajinám (vrátane Slovenska) bude v dôsledku nedostatku potrebnej infraštruktúry dočasne umožnené zníženie 65-percentného cieľa na 40 percent - do roku 2016 - s možnosťou požiadať o predĺženie lehoty na dosiahnutie tohto cieľa až do roku 2021.
- S cieľom uľahčiť zber odpadu sa EP podarilo presadiť, aby mohli spotrebiteľia vrátiť veľmi malé výrobky (s vonkajším rozmerom do 25 cm – napr. mobilné telefóny) v každej aspoň väčšej predajni elektrospotrebičov bez toho, aby si v nej museli zakúpiť nový produkt.
- Objem recyklovaných spotrebičov vzrastie pri určitých kategóriách výrobkov na 80%. Europoslanci zdôraznili, že pri recyklácii by sa mali využívať najlepšie dostupné techniky spracovania a výrobný proces sa má upraviť tak, aby uľahčilo získavanie surovín z vytriedených výrobkov.
- Producentom spotrebičov sa uľahčí povinnosť vykazovania, zjednoduší sa proces registrácie výrobku a zavedú sa opatrenia zabráňujúce dvojitému výberu registračných poplatkov v členských štátoch. Hoci budú musieť aj naďalej finančne prispievať na zber odpadu, zanikne im povinnosť zriaďovať oficiálne sídlo v každej krajine, kde podnikajú. Stačí, ak tam zriadia oficiálneho zástupcu danej značky.

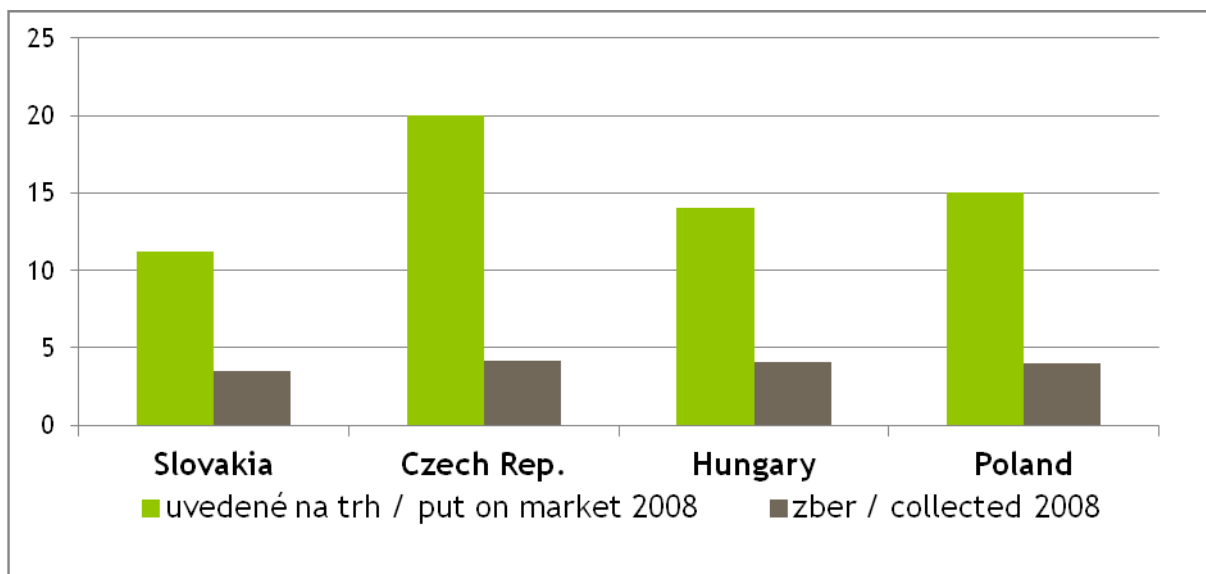
V súčasnosti existuje v každom z 27 členských štátov EÚ k jedinej smernici WEEE v podstate iná národná legislatíva, 27 národných registrov výrobcov a 27 spôsobov zberu údajov. Nadnárodné spoločnosti z tohto dôvodu majú problém plniť tieto legislatívne normy a sú iniciátormi snáh o harmonizáciu, resp. vytvorenie celoeurópskych kolektívnych systémov.

Kg per capita in 2008



Obr. 1 Porovnanie údajov o uvedených, vyzbieraných, recyklovaných EEZ OEEZ v krajinách EU (kg/obyvateľa)

Z tohto obrázka je vidieť, že medzi jednotlivými krajinami EÚ existovali v roku 2008 veľké rozdiely vo všetkých sledovaných ukazovateľoch. Červenou linkou je naznačený cieľ – dosiahnuť úroveň zberu OEEZ z domácností v hodnote min. 4,0 kg/obyvateľa. Vo vyspelých krajinách EU, v ktorých sa environmentálne správanie obyvateľstva kultivuje už mnoho desaťročí sú výsledky rádo vo lepšie, ako vo viacerých krajinách, kde sa táto problematika len v týchto rokoch dostáva do popredia.



Obr. 2 Porovnanie údajov a množstiev EEZ (v kg/obyvateľa) uvedených na trh v krajinách V4 a o vyzbieraných množstvách OEEZ v roku 2008

Európska legislatíva pre túto oblasť predpokladá, že v každej krajine EU bude existovať jediné centrum, ktoré bude disponovať všetkými relevantnými informáciami o množstvách EEZ uvedených v jednotlivých rokoch na

trh, o zbere, triedení a recyklování OEEZ. Toto by malo plniť aj koordinačnú funkciu medzi subjektmi podieľajúcimi sa na jednotlivých etapách nakladania s OEEZ a najmä – malo by vykonávať funkciu zúčtovacieho centra (clearing point). V súčasnosti ale každá z 27 krajín EU má viac-menej túto oblasť legislatívne riešenú po svojom.

Prehľad kolektívnych systémov v krajinách V4

Česká republika

1. Ekolamp
2. Asekol
3. REMA
4. Retela
5. Elektrowin
6. OFO – recykling s.r.o.
7. Bren, s.r.o.

Poľská republika

1. Elektro-Eko
2. European Recycling Platform (ERP)
3. CECED Polska
4. Intertek Poland Sp. ZO.O

Maďarská republika

1. Elektro-Coord
2. Elektro-Waste Kht.,
3. Re-Elektro Kht.
4. E-Hulladék Kht.
5. Ökomat Kht.,

Slovenská republika

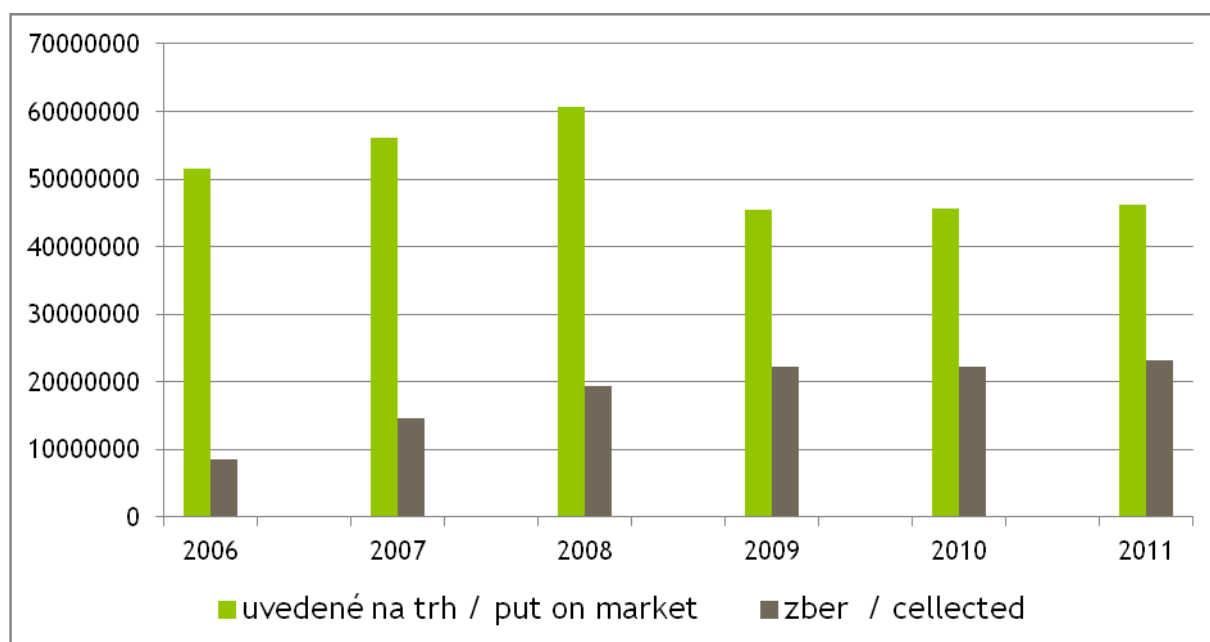
1. ELEKOS
2. ENVIDOM
3. EKOLAMP
4. ETALUX
5. NATUR – PACK
6. SEWA
7. SLOVMAS
8. ELKOMIN
9. LIMIT RECYCLING SLOVAKIA
10. EnviLine
11. GREEN COMPANY
12. ZEO Slovakia
13. E - cycling
14. ASEKOL SK
15. AWES
16. ECO SYSTEM
17. NOWAS

Situácia na Slovensku je do značnej miery atypická a žiaľ, v dôsledku veľkej roztrieštenosti medzi množstvo už existujúcich kolektívnych systémov (nové systémy sú v štádiu vzniku) sa stratila za posledné dva roky schopnosť efektívnej koordinácie. Má to svoje negatívne dopady najmä v možnosti pozitívne ovplyvňovať legislatívne procesy, ale vedie to k tiež k de facto nepostihnuteľnosti tých účastníkov, ktorí si svoje zákonné povinnosti neplnia. Podľa kvalifikovaných odhadov ich podiel sa blíži k hodnote až 30%. Títo nielenže požívajú neoprávnené ekonomické výhody a neodvádzaním RP deformujú konkurenčné prostredie, ale za tieto výrobky sa nikde neakumulujú finančné prostriedky potrebné pre ich neskorší zber a recykláciu...

O tom, že ani najbližšie krajiny nedokážu v oblasti nakladanie s odpadom z EEZ dostatočne účinne zladovať svoju legislatívu svedčia o.i. pomerne výrazne odlišné recyklačné poplatky za jednotlivé druhy svetelnotechnických produktov. Údaje sú zosumarizované v nasledovnej tabuľke č. 2.

Krajiny V4:	Svietidlá		Svetelné zdroje	
	RP 2007	RP 2012	RP 2007	RP 2012
Czech Rep.	14,30 CZK 0,50 €	8,40 CZK 0,34€	5,90 CZK 0,21 €	5,21 CZK 0,21 €
Hungary	40,- HUF 0,18 €	1,2 HUF/kg	60,- HUF 0,27 €	50 HUF 0,17 €
Poland	0,40 PLZ 0,10 €	0,40 PLZ 0,10 €	1,10 PLZ 0,30 €	0,5 PLN 0,12 €
Slovakia	5,- SKK 0,13 €	0,40€	8,00 SKK 0,22 €	0,17 €
V4 average	0,23 €	0,28 €	0,25 €	0,1675 €

Tab. 2 Výška recyklačných poplatkov (RP) v jednotlivých krajinách V4 v roku 2007 a v roku 2012.



Obr. 3 Vývoj hmotností (v kg) uvedených a vyzbieraných v SR v rokoch 2009/2011

Konstrukční nedostatky LED svítidel – nejčastější chyby - shrnutí

František Jandura

Elektrotechnický zkušební ústav s.p., Pod Lisem 129, fjandura@ezu.cz

Všeobecně při posuzování svítidel se na trhu v České republice vyskytují svítidla, které mají původ v zemích mimo EU. Procentuálně 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. Základním pravidlem pro prokázání shody je – **Výrobce, který sídlí mimo EU nemůže deklarovat shodu s EU direktivami – tuto povinnost přebírá v plném rozsahu dovozce.**

Co to v praxi znamená?

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.)

Odběratelé by měli po potenciálních dodavatelích požadovat prokázání shody dle níže uvedených požadavků EU direktiv. Toto lze prokázat na základě harmonizovaných norem. Jako nejvhodnější a zároveň nejjednodušší se jeví předložení vhodného certifikátu od kompetentních institucí.

Základní požadavky na bezpečnost svítidel podle norem:

ČSN EN 60598-1

ČSN EN 60598-2-3, včetně komponentů, ze kterých je svítidlo vyrobeno.

Napájecí zdroj by měl být ověřen podle norem:

ČSN EN 61347-1

ČSN EN 61347-2-13,

LED modul podle normy:

ČSN EN 62031.

Dále by v certifikátu měla být zhodnocena svítidla i z hlediska fotobiologické bezpečnosti, což se prokazuje měřením podle normy ČSN EN 62471.

Zda bude svítidlo bezproblémově pracovat v městském prostředí 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).

U konstrukce svítidel veřejného osvětlení bychom rádi poukázali na problematiku dodržování podmínek izolačních vlastností svítidel.

Nedostatky konstrukce – Třída izolace a použití napájecích zdrojů

Použití LED technologie poskytuje možnosti využití konstrukce dvojité izolace. Znamená to, že svítidlo je napájeno vodiči L a N, kde není využito vodiče PEN. Tato konstrukce ale zavazuje výrobce ke striktním pravidlům v použití komponentů, vnitřních vodičů a řešení celkové instalace ve DVOJITÉ IZOLACI ale také dodržení podmínek povrchových cest a vzdušných vzdáleností. Často se na trhu objevují výrobky, které jsou napájeny pouze L, N vodiči a jeví se jako konstrukce třídy II. Ve skutečnosti je to však výrobek, který je nebezpečný a nejsou dodrženy konstrukční podmínky pro tuto třídu a za běžného provozu se napětí z tohoto svítidla dostane na přístupnou kovovou část.

Značení a použití certifikovaných komponentů.

Důležitou informací pro výrobce svítidel je značení na LED modulu. Bod „tc“ (určení nejteplejšího místa na LED modulu od jeho výrobce). Následně výrobce svítidla (konečného produktu) této podmínce přizpůsobuje celkovou konstrukci včetně chlazení svítidla. Takto může vzniknout svítidlo s dlouhou dobou životnosti. Také pro svítidlo vestavné je tato podmínka velice důležitá, protože tomu výrobce svítidla musí přizpůsobit rozměr vestavného prostoru.

Napájecí zdroje LED svítidel.

Vzhledem ke specifickým podmínkám LED svítidel, je nutno používat pro jejich napájení zdroje, které jsou od výrobce k tomuto účelu určené. Jejich vlastnosti po splnění požadavků norem ČSN EN 61347-1 a ČSN EN 61347-2-13 pak mohou určovat konečnou konstrukci svítidel. Použití napájecího zdroje SELV, nebo novější konstrukce SELV equiv, má z hlediska bezpečnosti konečného výrobku zásadní význam. Takový zdroj nám garantuje důležitou podmínku-oddělení živých částí od částí SELV (kde musí být splněna podmínka min. dvojitě izolace). Zkušební napětí pro ověření uvedených vlastností je min. 3kV (určuje se podle konstrukce konečného produktu) a izolační odpor musí splnit min. 4MΩ .

Není nezvyklé používat k výrobě svítidel i LED moduly určené k přímému napájení 230V. Nejčastější chybou, které se výrobci konečného produktu dopouštějí, je nedostatečné zakrytí přístupných živých částí, zajištění dostatečných povrchových cest a vzdušných vzdáleností.

EMC a podklady:

Poslední částí kde je u dovozového zboží poměrně častá chyba v podkladech, je vystavování prohlášení o shodě podle nerelevantních norem. Důležitou informací pro dovozce je znalost výrobku, který dováží a aplikovatelnost norem EMC pro tento výrobek. U normy ČSN EN 55015 zavedením dodatku A2 z roku 2009 byla ve své podstatě změněna i základní norma zásadním způsobem. Tento dodatek předepisuje zkoušky do 300 MHz proti původním 30 MHz. Proto nelze stavět na podkladech – starých certifikátech nebo protokolech a je nutno výrobek dozkoušet podle tohoto dodatku.

Pro LED svítidla také musíme aplikovat normu ČSN EN 61000-3-2 (měření harmonických), ale pouze pro konečné LED produkty s příkonem vyšším jak 25 W. Tato úprava se používá u LED výrobků jako jsou:

- světelné zdroje a svítidla;
- svítidla a jejich části u kterých je primární funkce osvětlování;
- zařízení pro ultrafialové (UV) a infračervené (IR) vyzařování;
- stmívací zařízení pro svítidla a podobná zařízení.

Rozvaděče pro osvětlení

Mečislav, Hudeczek, Ing, Ph.D.

HUDECZEK SERVICE, s. r. o. Albrechtice, www.hudeczek.cz, mecislav@hudeczek.cz

1 Úvod

Jakákoli provozovaná technologie se neobejde bez rozvaděčů. Technologické celky mohou pracovat v různých prostorách a prostředích, počínaje prostory normálními a konče prostory s nebezpečím výbuchu plynů a prachů včetně výbušnin. Dobře vyprojektovaný a dodaný rozvaděč v příslušné technologii je základním kamenem pro spolehlivé a bezpečné provozování elektrických zařízení. Z druhé strany sebelepší rozvaděč, který je namontován v technologickém celku a není provozovatelem patřičně udržován a opravován je také příčinou potíží. Z výše uvedeného vyplývá, že pro výběr rozvaděče se musíme řídit těmito zásadami:

- prostory a prostředí, ve kterém má rozvaděč pracovat
- elektrické parametry sítě, ze které má být rozvaděč napojen
- druh provozu, který má rozvaděč napájet

2 Legislativa pro výrobu rozvaděčů a prokázání jejich kvality

Při výrobě rozvaděčů je nutno řídit se zákony, normami, případně nařízeními orgánů státního odborného dozoru. Jedním ze základních zákonů pro elektrotechniku, resp. pro výrobky elektro je zákon č. 22/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů a jeho příslušná vládní nařízení. Důležitým zákonem je zákon živnostenský č. 455/1991 Sb. a jeho pozdější znění. Živnostenský zákon stanoví kdo a za jakých pravidel může rozvaděče vyrábět. Výroba rozvaděčů podle platné novely živnostenského zákona spadá do živností volných, čímž je značně podceněn význam kvalifikace ve smyslu zákona č. 50/1978 Sb. a dalších. Slavná „padesátka“ klade důraz na kvalifikaci elektrikářů a zároveň klade důraz na prověřování této kvalifikace včetně prokázání patřičného technologického vybavení příslušného živnostníka. Je v rozporu se živnostenským zákonem.

Základní normou pro výrobu rozvaděčů do 1000 V je ČSN EN 61439 -1 ed. 2 (ČSN 35 7107) Rozvaděče nízkého napětí – Část 1: Všeobecná ustanovení. Účelem této nové edice normy je uvést do souladu všechna ustanovení a požadavky platná pro rozvaděče nn. Pro každý typ rozvaděče nn jsou nutné pouze dvě hlavní normy pro stanovení všech požadavků a příslušných metod ověřování:

- tato základní norma, uváděná jako 61439-1: Všeobecná ustanovení
- a specifická norma pro rozvaděče (viz níže):
 - 61439-2: Výkonové rozvaděče
 - 61439-3: Rozvodnice
 - 61439-4: Staveništní rozvaděče
 - 61439-5: Rozvaděče pro rozvod energie
 - 61439-6: Přípojnicové rozvody
 - 61439-0: Pokyny pro specifikování rozvaděčů.

Tento seznam není vyčerpávající; podle potřeby mohou být vypracovány další části. Norma platí pro všechny rozvaděče, ať jsou navrženy, vyrobeny a ověřeny jednorázově (např. vyzbrojením prázdné rozvaděčové skříně dle ČSN EN 62208 ed. 2), nebo jsou plně normalizovány a vyráběny ve velkém množství.

ČSN EN 61439-2 ed. 2 (ČSN 35 7107) Rozvaděče nízkého napětí - Část 2: Výkonové rozvaděče. Nahrazuje ČSN EN 61439-2 z roku 2010.

Další nová edice 2 normy platí pro všechny rozvaděče, ať jsou navrženy, vyrobeny a ověřeny jednorázově, nebo jsou plně normalizovány a vyráběny ve velkém množství. Spolu s novou edicí ČSN EN 61439-1 ed. 2 tvoří základní požadavky na rozvaděče nn.

ČSN EN 62208 ed. 2 (ČSN 35 7040) Prázdné skříně pro rozvaděče nízkého napětí - Obecné požadavky. Nahrazuje ČSN EN 62208 z roku 2004) Spolu s novou edicí ČSN EN 61439-1 ed. 2 a ČSN EN 61439-2 ed. 2 tvoří základní požadavky na rozvaděče nn. Tato mezinárodní norma platí pro prázdné skříně (Pozor! Prázdné skříně nejsou rozvaděče) před smontováním součástí rozvaděčů uživatelem tak, jak jsou dodány výrobcem skříní, které mají být používány jako součást rozvaděčů, jejichž jmenovité napětí nepřekračuje 1 000 V AC, nebo 1 500 V DC, a které jsou vhodné pro všeobecné použití pro vnitřní i venkovní aplikace.

V součinnosti s výše uvedenými normami platí normy další, které nelze opomenout při výrobě montáži, provozování a opravách těchto rozvaděčů. Normy jsou vodítkem pro samotnou architekturu rozvaděče.

Architekturou je zde míněn vzhled a rozměr skříně, vzájemné uspořádání jednotlivých prvků v rozvaděči, propojení těchto prvků a vedení proudovodných drah. Norma přesně nestanoví dimenzování jednotlivých přístrojů z hledisek napětí a proudů, jak statického tak dynamického. Tento požadavek zůstává na projektantovi rozvaděče. V současné době není problém vyrobit jakýkoli rozvaděč. Jako nejobtížnější při výrobě rozvaděčů se jeví prokázání kvality příslušnými projekty, zkouškami a certifikáty. V mnoha případech výrobce předkládá při přejímkách rozvaděčů jako jediný dokument o rozvaděči protokol o kusové zkoušce rozvaděče. Je dobré i to, pokud není více dokumentů stvrzujících kvalitu provedené práce. V případě prokázání odolnosti rozvaděče vůči dynamickým účinkům zkratových proudů se většinou výrobce odvolává na protokol dříve zkušeno podobného rozvaděče ve zkušebním ústavu. Postupem času se zkoušky stávají neaktuálními, neboť se mění jak technologie výroby, tak jednotlivé parametry přístrojů i samotné použité skříně. Proto je nutné velmi pečlivě sledovat novinky, začleňovat je do svých výrobních procesů a náležitě v určitých periodách znovu procházet testy a zkouškami včetně těch dynamických.

Jedním ze základních předpokladů dokládání certifikátů o kvalitní výrobě je výrobce rozvaděčů, který je certifikován pro příslušnou výrobu podle platných standardů kvality, např. systému ISO. Systém jakosti automaticky nastoluje řadu požadavků vyplývajících z příslušných norem. Jedná se např. o výběr vhodných dodavatelů, kalibrované měřicí přístroje pro kontrolu, popisy jednotlivých procesů při výrobě, postup při výstupní kontrole, mezi tím i pro měření tloušťky ochranného nátěru, balení, skladování, transport a příslušnou výrobní a zkušební dokumentaci. Veškeré odchylky od přísných pravidel systému ISO nebo jemu podobných, se většinou velice brzy vymstí výrobcí, ať již je certifikován, nebo není. Neshoda se standardy ISO přináší značné finanční náklady a taktéž ztrátu dobrého renomé. Finanční ztráty se projevují v tom, že výrobce musí v rámci garančních lhůt zařízení opravovat na vlastní náklady. Odběratel má zbytečné prostoje, čímž také ztrácí bonitu při zajišťování plynulých dodávek pro svého zákazníka. Certifikace jako samotný akt není pro jakost rozhodující, daleko důležitější je uvedení systému jakosti do praxe a dodržování pravidel za každých okolností. Celkový vývoj spěje k stále větším požadavkům investora a tlaku na výrobce směrem k certifikování dle systému ISO a i když někteří menší výrobci drží úroveň jakosti velmi vysoko, bývají při zakázkách pro certifikované investory znevýhodňováni.

V případě, že požádá odběratel o dokumenty vyplývající z požadavků platných standardů, t. j. dokumentaci – schválenou odpovědným pracovníkem, protokol o kusové zkoušce, protokol o kalibraci přístrojů, certifikát krytí rozvaděčů, výpočty oteplení, zkoušky nebo výpočty účinků zkratových proudů, vzniká výrobcí problém, který je řešen několika dalšími dílčími přejímkami. V konečném efektu se výrobní organizace naučí od odebírající skupiny to, co by mělo být samozřejmostí při prokázání kvality výrobků již na začátku a mnohdy za to zaplatí velmi tvrdou daň.

Závěrem této kapitoly lze konstatovat, že vzájemné spolupůsobení zákazníka a výrobce dává značné kvalitativní výsledky. V případě, že zákazník je málo náročný na dodavatele a ten toho zneužije a trpí tím kvalitou dodaných výrobků. Lze jednoznačně použít heslo: „Jaký zákazník, takový dodavatel“.

3 Technické zadání pro výrobu rozvaděčů

Elektrický rozvaděč je nejdůležitějším elementem v řetězci výroby, přenosu, dodávky a spotřeby elektrické energie obecně. Na kvalitě a elektrických parametrech závisí bezpečnost a spolehlivost dodávky elektrické energie.

Na začátku většiny projektů bývá problematické určit a zadat správné výchozí informace pro zadání výroby rozvaděče a dochází k nedorozuměním, které podmínky jsou pro investora stěžejní, a které zcela zásadně pro sebe potřebuje výrobce.

Nezanedbatelnou roli v ujasnění tohoto procesu hraje projektant nebo projekční organizace, která z výchozích podmínek připraví projektovou dokumentaci. Na základě tohoto souboru již detailních výkresů, schémat a výpočtů definuje výrobce svoje požadované a důležité parametry pro výrobu.

Při formulaci technických parametrů rozvaděče je nutné určit a výpočtem prokázat v jakých zkratových poměrech bude rozvaděč nainstalován. To je nejdůležitější aspekt a první přípravný krok k zahájení výroby rozvaděče. Od znalosti zkratových poměrů se odvíjí dimenzování veškerých jisticích a spínacích prvků a taktéž propojovacích vodičů. Před jakýmkoliv projektováním jsou nejdříve spočítány tepelné a dynamické účinky zkratových proudů. V současné době lze použít softwarové podpory ve formě různých programů na toto téma. Výpočet je zpravidla prováděn od nadřazené soustavy. Lze také provést výpočet zkrácený pouze od napájecího transformátoru. Při tomto výpočtu dochází k částečné chybě, kterou lze zanedbat.

Výpočet dává základní výsledky: třífázový zkratový proud na jednotlivých sběrnách rozvaděče, S_{min} za každým jisticím prvkem, jednofázový zkrat na sběrnách a na konci jednotlivých vývodů včetně úbytků napětí. Úbytek napětí pro osvětlení je základní ukazatel pro stanovení intenzity osvětlení. Výpočet zkratů je také základním ukazatelem ochrany před nebezpečným dotykovým napětím neživých částí elektrických zařízení.

Tento základní výpočet dává obraz o tom, jak má být rozvaděč dimenzován. Lze snadno určit počet

a rozteč jednotlivých nosičů sběren a průřez sběren, minimální průřez vodičů mezi sběrnami a jisticím prvkem, zkratovou odolnost jednotlivých přístrojů, průřezy výstupních kabelů a tím i svorky. Přesně lze stanovit jisticí prvky z hlediska jištění proti nebezpečnému dotykovému napětí a taktéž je nastavit tak, aby při spouštění odběrů nedocházelo k nechtěným vypnutím. Lze vypočítat snadno oteplení rozvaděče.

Pokud někdo nevlastní program pro výpočet zkratových poměrů lze použít pro tento účel normu ČSN IEC 781, která již v současné době není platná což nevadí, protože doposud Evropská unie nezměnila Ohmův zákon a další základní fyzikální zákonitosti. Výpočet je založen v této normě na základních fyzikálních zákonitostech.

Dalším důležitým požadavkem pro určení způsobu zhotovení a nákupu komponentů je umístění rozvaděče. Musí být jednoznačně stanoveny prostory a prostředí. Z tohoto vychází druh a kvalita krytí rozvaděče, jeho mechanická odolnost, odolnost proti chvění, atd.

Před zadáním výroby rozvaděče je nutno v dialogu mezi investorem projektantem a výrobcem sjednat zejména tyto parametry:

- rozměr skříně
- krytí skříně
- druh proudu
- jmenovité napětí rozvaděče
- jmenovitý proud rozvaděče
- jmenovitý proud každého obvodu
- zkratovou odolnost rozvaděče
- způsob ochrany osob
- způsob uzemnění soustavy
- nadmořskou výšku
- provozní teplotu
- teplotu okolí
- typ spínacích prvků včetně výrobce
- typ jisticích prvků včetně výrobce
- typ řídicích automatů včetně výrobce
- stupeň znečištění

Při sjednání těchto základních ukazatelů ve smlouvě jsou ve značném rozsahu zadány a také naplněny požadavky jakosti.

Při samotné výrobě je velmi důležité používat kvalitní komponenty, u kterých garantuje výrobce servis a technickou podporu. Vzájemná skladba a sestavení do funkčního celku je ovlivněná modulárností jednotlivých dílů a jejich montáž je co nejvíce zjednodušena. Také vodiče a jejich ukládání do kanálů je vyřešeno praktickým způsobem pomocí kabelových žlabů.

Pokud mluvíme o výrobě rozvaděčových skříní je zde míněna výroba (velkovýroba) při níž na jedné straně linky se odvíjí plech vcházející do lisu a děličů a na druhé straně vypadávají dílčí elementy (polotovary) rozvaděčové skříně. Linka je regulována řídicím systémem.

Při automatizované výrobě jsou velmi jednoduše zadány druhy a rozměry požadovaných rozvaděčů. Kvalita rozvaděčů vyráběných na těchto linkách je velmi vysoká. Kvalita rozvaděčů z velkovýroby je charakteristická tím, že to jsou rozvaděče pevné, nedochází k deformaci skříní, dveře skříní jsou tuhé, při uzavření rozvaděče doléhají po celém obvodu a těsní. Těsnění je pevně spjato s do-držením hodnoty krytí. V současné době se používají těsnění litá, nalepovaná a tzv. těsnění „na hranu“. Z hlediska dlouhodobých záruk a při použití rozvaděčů v extrémních prostředích lze doporučit těsnění lité.

4 Výroba rozvaděčů

Lze konstatovat, že je nutné vždy volit kompromis mezi dobrým neprodyšným těsněním a oteplením rozvaděče. Musí být přijata zásada, čím kvalitnější těsnění rozvaděče, tím objemnější musí být rozvaděč pro dobrý odvod tepla vytvořeného tepelnými ztrátami.

Již při projektové přípravě je potřebné posoudit, k jakým elektromechanickým rázovým dějům může v rozvaděči dojít a podle toho volit tuhost konstrukce skříně, např. jiné je možné použít pro MaR a jiné pro hlavní rozvaděč 4000A a jiné pro veřejné osvětlení.

Často opomíjeným bodem bývá oblast tepelných ztrát v rozvaděči, které je možné také určit výpočtem a podle něj dimenzovat chladicí soustavu ventilátorů, mřížek nebo celkovou klimatizaci.

Velmi rozporuplným bodem při konstrukci rozvaděče je velikost rezerv, ať už prostorových nebo technických. Při rostoucích tlacích zejména ekonomických se na rezervy příliš nedbá, nicméně praxe ukazuje, že velikost rezervy nižší než 15% přináší veliké problémy při skutečném provozu rozvaděče.

Zajímavým trendem, který začíná pronikat do oblasti výroby rozvaděčů, je použití bezšroubové technologie. Masově se používá u propojovacích svorek a uvažuje se i zavedení u řadových přístrojů, z důvodů snížení pracnosti při zapojování.

5 Typové zkoušky rozvaděčů

Typové zkoušky a částečné typové zkoušky rozvaděčů charakterizuje a popisuje ČSN EN 60439-1 ed.2. Problematiku norem je potřeba v současné době posuzovat odlišně od dřívějších direktiv. Celá řada bodů je doporučena, a umožňuje různý výklad. Podle obecného výkladu může provádět tyto zkoušky každý výrobce rozvaděčů sám, pokud je vybaven příslušným zkušebním zařízením nebo dovede tyto parametry vypočítat. Toto tvrzení platí v případě, že není v jiných legislativních nařízeních stanoveno jinak. Zde je nutno především připomenout zákon č. 22/1997 Sb. a jeho vládní nařízení, podle kterých musí být rozvaděč v určitých situacích schválen autorizovanou osobou.

Dále své vlastní doplňující požadavky na rozvaděče má báňský úřad a lodní registr. Na rozvaděčích by měly být provedeny tyto zkoušky:

- kontrola mezního oteplení zkouškou
- kontrola dielektrických vlastností
- kontrola zkratové odolnosti zkouškou
- kontrola účinného spojení mezi neživými částmi rozvaděče a ochranným obvodem prohlídkou nebo měřením odporu
- kontrola zkratové odolnosti ochranného obvodu
- kontrola povrchových cest a vzdušných vzdáleností
- kontrola mechanické činnosti
- kontrola krytí
- prohlídka rozvaděče včetně kontroly zapojení, popř. zkouška elektrické činnosti
- zkouška izolace
- kontrola ochranných opatření a elektrické celistvosti ochranných obvodů

6 Přejímky rozvaděčů u výrobce

Přejímka rozvaděče musí začínat od kontroly parametrů sjednaných v kupní smlouvě a následující:

- kontrola technické dokumentace (projektová dokumentace, technická zpráva) pro výrobu rozvaděče, její soulad se smlouvou
- a příslušnými standardy, dále její autorizace odpovědnými osobami
- kontrola rozvaděče podle výrobní dokumentace
- kontrola jednotlivých zkušebních protokolů
- kontrola certifikátů, které byly provedeny autorizovanou osobou
- funkční odzkoušení rozvaděče
- kontrola mechanické odolnosti rozvaděče
- namátková kontrola průřezů jednotlivých vodičů
- kontrola vodičů mezi sběrnami a jistíci prvky
- kontrola tloušťky nátěrové hmoty
- kontrola roviny a těsnění dveří
- kontrola kompatibility
- kontrola uzamykání dveří
- kontrola vodivého pospojování jednotlivých elementů rozvaděčů
- kontrola štítků

7 Jak vypadají rozvaděče v našich městech a vesnicích

Na níže uvedených fotografiích jsou uvedeny rozvaděče, které již mají nějaký pátek za sebou.



Foto č. 1 Sloupový rozvaděč v provozu

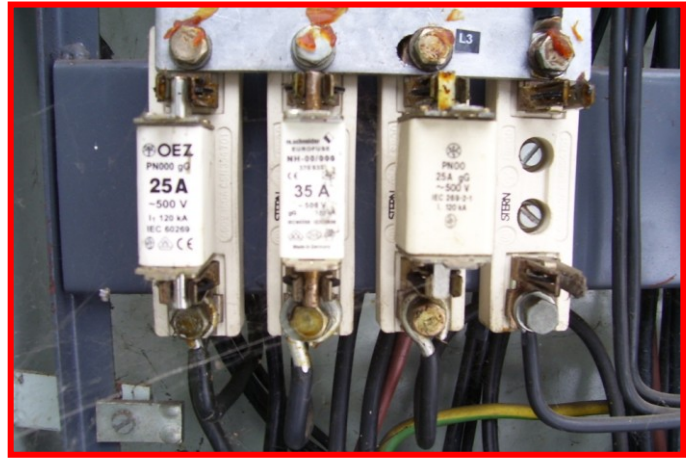


Foto č. 2 Jištění osvětlení. Má být 25A nebo 35A pojistka



Foto č. 3 Pěkně korodující rozvaděč

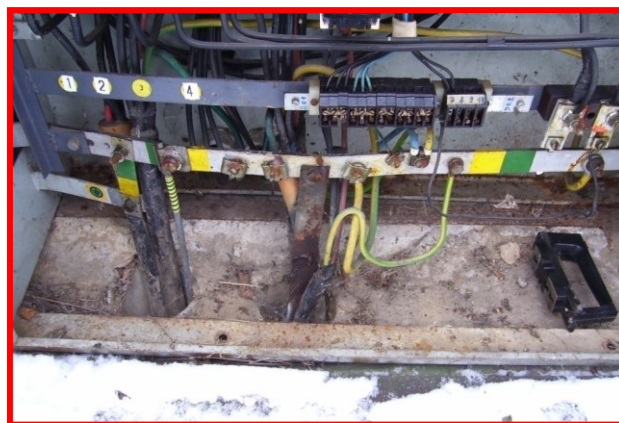


Foto č. 4 Koroze zemnicích pásků v zkorodovaném rozvaděči

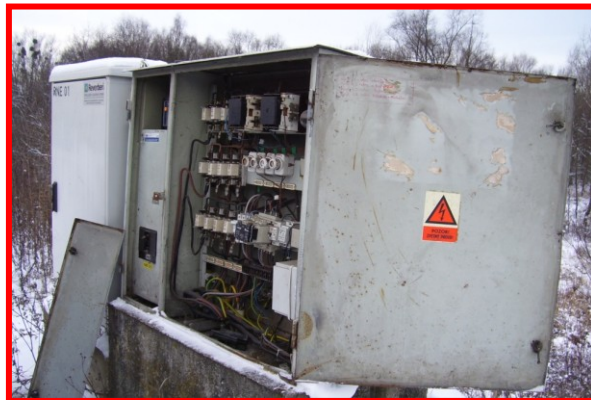


Foto č. 5 Vylomená půlka dveří na rozvaděči

Výše uvedené rozvaděče jsou již dávno za svým životním horizontem. Byly vyrobeny v době, kdy se nehledělo na jakost výrobku, ale na kvantitu. U samotného plechového výrobku nebyly dodrženy svařovací postupy, očista plechu před nanášením barev byla nedostačující, nanášení barev nemělo patřičnou tloušťku a nikdy to nikdo nekontroloval.

Samotná údržba a její pravidelnost a taktéž technologie čištění rozvaděčů je stále ne-dostačující. Na snímcích jsou vidět na živých částech elektrických rozvaděčů nánosy vazelín a na nich nánosy prachu. Sám pohled je na tak udržovaný rozvaděč odstrašující a pro samotnou práci na něm je nepřehledný díky spoustě prachu pavučin a v některých případech i rojům vos.

8 Jak má vypadat ideální rozvaděč

Pro případné čtenáře tohoto článku chci říci, že jsou mi jasné podmínky na trhu práce v České republice. Nejnižší cena v prvním kole je připuštěna do dalších třech kol snižování ceny. Někdy mám pocit, že je třeba peníze investorovi donést za zakázku a pak můžeme pracovat. Níže uvedené úvahy jsou přáním, jak by to mělo vypadat při výrobě, montáži a údržbě elektrických zařízení v osvětlovací technice. Je mnoho názorů jak má vypadat kvalitní rozvaděč pro veřejné osvětlení zda má být kovový nebo plastový. U kovových rozvaděčů zda má být z plechu ocelového nebo nerezového. Další zásadní otázkou je jaké má mít krytí. Zda předepsané IP 43 nebo mnohem vyšší. Těch zásadních otázek je více. Když rozvaděče pro veřejné osvětlení provedeme za zlata bez promyšleného a technicky zdatného projektu, při nedokonalé provedené montáži, při revizi od zeleného stolu a absolutně zanedbané údržbě tak to zlato je k ničemu.

9 Závěr

Závěrem chci, shrnout výše uvedené teze do těchto výroků: rozvaděče pro veřejné osvětlení musí být kvalitně vyprojektované, vyrobené podle projektantem schváleného projektu bez jakýchkoliv odchylek. Při potřebě změn výroby oprati projektu, musí být změny předem schváleny projektantem. Samotná výroba rozvaděče nesmí provádět šetřící opatření a kazit kvalitu výrobku oproti projektové dokumentaci. Při odběru rozvaděče investorem, výrobce musí dokladovat veškeré administrativní doklady. Totéž platí o montáži, výchozí revizi. Sebelepší rozvaděč bez kvalitní údržby je předem určen k záhubě.

Odkazy:

Know-how firmy HUDECZEK SERVICE, s. r. o. Albrechtice

Kabelové trasy pro rozvody nouzového osvětlení podle vyhlášky 23/2008 Sb. ve znění vyhlášky 268/2011 Sb.

Jiří Burant, ing.

OBO Bettermann Praha s.r.o., internet: www.obo.cz, e-mail: burant@obo.cz

Nouzové osvětlovací systémy tvoří nedílnou součást prakticky všech rozsáhlejších stavebních objektů. Návrh, montáž i provoz těchto druhů osvětlení přitom provázejí specifické požadavky časově omezené zajištění jejich funkce i při mimořádných událostech, mezi které patří v našich geografických a klimatických podmínkách především požár. Od této skutečnosti se odvíjejí současné požadavky na časově omezené zachování funkčnosti tohoto druhu osvětlení i souvisejících kabelových rozvodů při požáru.

Související předpisy

Základní požadavky státu na oblast požární bezpečnosti staveb a s ní související požadavky na nouzové osvětlení vymezuje vyhláška MV č. 23/2008 Sb. [3] ve znění vyhlášky MV č. 268/2011 Sb. [4]. Na ni navazují normy řady ČSN 73 08.. - požární bezpečnost staveb, jejichž požadavky jsou, díky výslovnému uvedení v předchozích dvou právních předpisech, pro oblast požární bezpečnosti staveb obecně závazné. Za nejdůležitější pro návrh a realizaci lze z této řady považovat ČSN 73 08 02 [9] a ČSN 73 0804 [10], které stanoví obecné požadavky pro objekty nevýrobní a výrobní povahy, protože na tyto dvě normy dále navazují další normy této řady, zaměřené na již na jednotlivé druhy staveb (sklady, poštovní provozy, zdravotnictví atd.). Specifické požadavky na prostory s předpokládaným výskytem velkého množství osob definuje ČSN 73 0831 [11]. Souhrn požadavků na kabelové rozvody pro vyhrazená požárně bezpečnostní zařízení (tedy včetně nouzového osvětlení) a další zařízení, která musí zůstat za požáru funkční přináší ČSN 73 0848 [12].

Mimo obvyklých bezpečnostních elektrotechnických norem jsou v této souvislosti důležité především požadavky ČSN EN 1838 [5], na niž se odkazují i mnohé normy řady ČSN 73 08... a opomenout nelze ani druhou edici ČSN 33 2000-5-56 [6] nebo např. specifické požadavky ČSN 33 2420 [15].

Silové napájení nouzového osvětlení

Má-li zůstat nouzové osvětlení nebo jiné požárně bezpečnostní a případně i další technické a technologické zařízení staveb, důležité pro požární bezpečnost uvažovaného objektu, provozuschopné po určitou dobu i při vysokých požárních teplotách, musí mít odpovídajícím způsobem zajištěnou dodávku elektrické energie.

Pro splnění tohoto požadavku vyžaduje vyhláška č. 23/2008 Sb. i navazující předpisy zajištění dodávky elektrické energie alespoň ze dvou na sobě nezávislých napájecích zdrojů. Každý ze vzájemně se zálohujících zdrojů musí být přitom schopen převzít po stanovenou dobu, při přerušení dodávky elektrické energie od druhého z nich, silové napájení připojených elektrických požárně bezpečnostních zařízení. Přepnutí na druhý napájecí zdroj se preferuje samočinné nebo musí být případně zabezpečeno zásahem obsluhy stálé služby. V případě samočinného přepínání musí být takto využívané místní zdroje elektrické energie vybaveny samočinným startem při výpadku distribuční soustavy a automatickým přepojováním sítě pro napájení požárně bezpečnostních zařízení. Při ruční obsluze musí být porucha kterékoliv z napájecích soustav signalizována do požární ústředny, popřípadě jiného místa se stálou službou tak, aby bylo možno zajistit včasnou reakci příslušné obsluhy.

Strojovny a rozvodny zdrojů, napájecích vybraná elektrická a technologická zařízení, která musí zůstat v případě požáru a výpadku elektrické energie funkční, musí obecně tvořit vždy samostatné požární úseky. Elektrotechnické požadavky na tyto zdroje specifikuje ČSN 33 2000-5-56 [6].

Za odpovídající způsob zajištění spolehlivé dodávky elektrické energie z druhého nezávislého zdroje platné technické předpisy považují využití:

- samostatného generátoru,
- akumulátorové baterie (včetně UPS), nebo
- připojení na veřejnou síť nn popř. vn smyčkou.

Připojení na veřejnou síť smyčkou, provází ovšem celá řada podstatných omezení. Především nesmí porucha v jedné větvi způsobit přerušování dodávky elektrické energie pro zařízení, která musí zůstat funkční při požáru. Proto musí být již při zpracování projektu jednoznačně zaručeno, že napájení takto využívanými větvemi je až na úroveň uzlů 110/22 kV oddělené a vzájemně nezávislé. Jestliže se tedy u nějaké stavby uvažuje s tímto druhem zajištění dodávky elektrické energie pro požárně bezpečnostní zařízení, musí být navržené řešení již dopředu odsouhlaseno také místně příslušnou rozvodnou společností, což bývá v praxi poměrně značný problém. Připojení na distribuční síť nn nebo vn smyčkou nelze navíc využít k zajištění dodávky elektrické energie pro určitá protipožární zařízení nebo k dodávce elektrické energie pro protipožární zařízení v některých vybraných prostorech, specifikovaných v ČSN 73 0802 [9], ČSN 730804 [10], ČSN 73 0831 [11] a ČSN 730848 [12].

Jestliže nebude narušena požadovaná funkce, může být přitom náhradní zdroj elektrické energie umístěn i uvnitř napájeného zařízení, jako je tomu např. v nouzovém osvětlovacím tělese s vestavěným bateriovým záložním zdrojem.

Připojování nouzového osvětlení

Elektrická zařízení sloužící k protipožárnímu zabezpečení objektu, a tedy i nouzové osvětlení bez vnitřního náhradního zdroje, se všeobecně připojují samostatným vedením, začínajícím v přípojkové skříně nebo v hlavním rozvaděči. Trasa tohoto vedení musí být provedena tak, aby zůstala funkční po celou požadovanou dobu i po odpojení ostatních elektrických zařízení v objektu.

Někdy lze připustit společné napájení zařízení sloužících i nesloužících k protipožárnímu zabezpečení objektu trvalou dodávkou elektrické energie ze společného zdroje. Viz např. ČSN 73 0802 [9]. Jestliže je ale současně zajištěna i trvalá dodávka elektrické energie pro zařízení nesloužící k protipožárnímu zabezpečení objektu, musí být možno napájení těchto zařízení v případě požáru vypnout celkově nebo alespoň v požárním úseku, kde se nachází požár a v němž tedy bude probíhat hašení. Výjimku mají zařízení, jejichž vypnutí by mohlo mít za následek šíření požáru, výbuch nebo jiné zhoršení podmínek likvidace požáru. Ani tyto případy však nejsou výjimky z požadavku na potřebu jejich operativního ovládnutí požárními jednotkami z prostoru nástupu, přes ohlašovnu požáru apod.

Vypínání elektrické energie

Veškeré kabelové trasy musí být navrženy tak, aby byla vždy zajištěna možnost bezpečného vypnutí elektrické energie v objektu při zásahu jednotek požární ochrany. Za tímto účelem se rozlišují dva základní stupně vypnutí elektrické energie ve stavebním objektu:

- **CENTRAL STOP:** V případě požáru vypne v objektu všechna elektrická zařízení, jejichž funkce není za požáru nutná. Nepřerušuje však dodávku elektrické energie pro požárně bezpečnostní zařízení, a zachovává funkci jejich zálohování pomocí minimálně dvou vzájemně nezávislých zdrojů.
- **TOTAL STOP:** V případě nutnosti vypíná veškerá elektrická zařízení objektu nebo v některé jeho části, a to včetně všech požárně bezpečnostních zařízení. Jedná se tedy o „totální“ vypnutí. Vzhledem k závažnosti zásahu do celkové bezpečnosti stavebního objektu nebo jeho části, se vyžaduje ochrana tohoto stupně odpojení elektrické energie proti neoprávněné nebo nechtěné aktivaci.

Bližší technický popis obou dvou úrovní vypnutí objektu od napájení elektrickou energií lze získat nejlépe v ČSN 73 0848 [12].

Kabelové rozvody pro nouzové osvětlení

Elektrické rozvody lze ve stavbách realizovat různými způsoby. Nicméně narůstající objem ukládané kabeláže a nároky na její variabilitu vylučují v řadě současných staveb klasickou instalaci pod omítkou. Stále častěji se využívá vedení kabelových tras volně v prostoru nad podhledy nebo dokonce zcela nekrytě ve vnitřních prostorech stavby.

Specifické požadavky na volně vedené kabely požárně bezpečnostních zařízení a dalších zařízení, která musejí zůstat funkční za požáru definovala poprvé příloha č.2 vyhlášky č. 23/2008 Sb. Je třeba si však uvědomit, že se této přílohy podstatnou měrou dotkla novelizace vyhláškou č. 268/2011 Sb. Viz tab. 1.

Část A tabulky přináší výčet obvyklých požárně bezpečnostních zařízení, včetně nouzového osvětlení. Část B zase vymezuje specifické prostory vybraných druhů staveb, v nichž se zpravidla nacházejí další technická a technologická zařízení, která musí zůstat také funkční i při nenadálých událostech, včetně požáru.

Požadavky na funkčnost definuje sloupec IV sekce "Druh vodiče nebo kabelu". Zajímavé je, že v části B tabulky z novelizační vyhl. 268/2011 Sb. není v tomto sloupci uveden žádný požadavek na funkčnost. Není se ale třeba obávat poklesu nároků v oblasti požární bezpečnosti, protože požadavky na tato "další zařízení důležitá pro požární bezpečnost stavebních objektů", jak je označuje ČSN 73 0848, uvádějí v naprosté většině případů specifické předpisy pro předemtný druh prostoru stavby nebo zařízení.

A. Volně vedené kabely a vodiče zajišťující funkci a ovládání požárně bezpečnostních zařízení		Druh vodiče nebo kabelu			
		I	II	III	IV
a)	Domácí rozhlas podle ČSN 73 0802, evakuační rozhlas podle ČSN 73 0831, zařízení pro akustický signál vyhlášení poplachu podle ČSN 73 0833, nouzový systém podle ČSN EN 60849		X	X	X
b)	Nouzové a protipanické osvětlení		X	X	X
c)	Osvětlení chráněných únikových cest			X	X
d)	Evakuační a požární výtahy		X	X	X
e)	Větrání únikových cest			X	X
f)	Stabilní hasící zařízení		X	X	X
g)	Elektrická požární signalizace		X	X	X
h)	Zařízení pro odvod kouře a tepla		X	X	X
i)	Posilovací čerpadla požárního vodovodu		X	X	X
B. Volně vedené vodiče a kabely zajišťující funkci zařízení, jejichž chod je při požáru nezbytný k ochraně osob, zvířat a majetku v prostorech požárních úseků vybraných druhů staveb					
a)	Zdravotnická zařízení				
	1. Jesle	X		X	
	2. Lůžková oddělení nemocnic	X		X	
	3. JIP, ARO, operační sály	X		X	
	4. Lůžkové části zařízení sociální péče	X		X	
b)	Stavby s vnitřními shromažďovacími prostory (např. školy, divadla, kina, kryté haly, kongresové sály, nákupní střediska, výstavní prostory, odbavovací haly na letištích, železničních a autobusových terminálů)				
	1. Shromažďovací prostor	X			
	2. Prostory, ve kterých se pohybují návštěvníci	X		X	
c)	Stavby pro bydlení (mimo rodinné domy)				
	1. Únikové cesty			X	
d)	Stavby pro ubytování více než 20 osob (např. hotely, internáty, lázně, koleje, ubytovny apod.)				
	1. Společné prostory (haly, recepce, jídelny, menzy, restaurace)	X		X	
Vysvětlivky:					
		I – kabel D _{ca}			
		II – kabel B2 _{ca}			
		III – kabel B2 _{ca} s1, d1			
		IV – kabel funkční při požáru (kabel s integrovanou funkčností podle ČSN 73 0848)			

• Tabulka 1: Volně vedené kabely a vodiče zařízení důležitých pro požární bezpečnost stavebního objektu dle vyhl. 268/2011 Sb.

Svůj neopomenutelný význam mají v tab. 1 ovšem i předchozí tři sloupce, označené I až III. Pro vybrané druhy technologických zařízení a určité prostory specifických druhů staveb je totiž třeba splnit u použitých kabelů i požadavky, zohledňující požárně technické vlastnosti jejich plastových izolačních částí, tedy jejich třídu reakce na oheň.

Při označení „x“ ve sloupci I je vyžadována aplikace volně vedených kabelů nebo vodičů, splňujících minimálně požadavky základní klasifikace v třídě reakce na oheň D_{ca}. Při vyznačení požadavku ve sloupci II je vyžadována aplikace volně vedených kabelů nebo vodičů, splňujících minimálně požadavky základní klasifikace v třídě reakce na oheň B2_{ca}. V případě montáže volně vedených kabelů v chráněné únikové cestě je nutno, a to bez ohledu na požadavky sloupců I a II, použít vždy kabely s třídou reakce na oheň uvedenou ve sloupci III, tedy alespoň s klasifikací B2_{ca} s1, d1. V tomto případě zahrnuje klasifikační požadavek nejen základní klasifikaci (B2_{ca}), ale také další zpříšňující kritéria, zahrnuté v tzv. doplňkové klasifikaci s1,d1. Vysvětlení právě použitých klasifikačních označení tříd reakce na oheň pro kabely lze najít v tab. 2.

Dým (smoke)		Odkapávající a odpadávající částice (droplets)	
Klasifikace	Význam	Klasifikace	Význam
s1	nejnáročnější požadavky	d0	žádné padající hořící částice
s2	střední požadavky	d1	padající částice zhasnou do 10 sec.
s3	žádné požadavky	d2	žádné požadavky

• Tabulka 2: Dodatková klasifikace tříd reakce na oheň u kabelů dle přílohy 2 vyhl. č. 268/2011 Sb.

V souvislosti s novelizací vyhlášky č. 23/2008 Sb. vyhláškou č. 268/2011 Sb. je zajímavé, že došlo ke snížení nároků původního znění vyhlášky v oblasti třídy reakce na oheň u volně vedených kabelů a vodičů pro chráněné únikové cesty. Původní znění vyhlášky z 23/2008 Sb. vyžadovalo striktně splnění požadavků na třídu B2_{ca} a k tomu ještě v řadě případů doplňkovou klasifikaci s1, d0. Po novelizaci se požadavky doplňkové klasifikace snížili na s1, d1 a došlo i ke změně požadované třídy reakce na oheň u kabelů mimo chráněné únikové cesty, v prostorách uvedených v části „B“ tabulky 1.

Podle platné ČSN 73 0802 lze tedy nyní, v souladu s vyhl. 23/2008 Sb., použít k zajištění funkce a ovládání zařízení, sloužících k protipožárnímu zabezpečení stavebních objektů, tedy včetně nouzového osvětlení, pouze volně vedené kabely resp. celé kabelové trasy v těchto provedeních:

- Jako kabely a vodiče, volně vedené prostory a požárními úseky bez požárního rizika, vč. chráněných únikových cest, lze nyní používat jen vodiče a kabely, které splňují včetně celé kabelové trasy třídu funkčnosti alespoň P15-R a jsou třídy reakce na oheň alespoň B2_{ca} s1, d1.
- Jako kabely a vodiče, volně vedené prostory a požárními úseky s požárním rizikem, lze nyní použít vodiče a kabely splňující třídu funkčnosti požadovanou požárně bezpečnostním řešením stavby pro funkčnost připojených požárně bezpečnostních zařízení a použité kabely nebo vodiče jsou třídy reakce na oheň alespoň B2_{ca} s1, d1.

Náročnější je i situace u skrytých kabelů, tedy kabelů vedených např. pod omítkou. I dnes se sice připoštlí ochrana kabelů jejich uložením tak, aby nedošlo k porušení jejich funkčnosti, ale za splnění tohoto požadavku se považuje bez dalšího průkazu jen uložení kabelů a vodičů vyhovujících řadě ČSN IEC 60331 [7] pod omítkou s krytím nejméně 10 mm, nebo jejich vedení v samostatných drážkách, uzavřených truhlících či šachtách a kanálech určených pouze pro elektrické vodiče a kabely, nebo jejich ochrana protipožárními nástřiky, popř. deskovými nehořlavými materiály, zpravidla tloušťky alespoň 10 mm atd. Na rozdíl od předchozí edice ČSN 73 0802 tedy již nelze k tomuto účelu využívat běžné instalační vodiče a kabely CYKY apod., tedy vodiče a kabely neodpovídající alespoň požadavkům ČSN IEC 60331.

Funkčnost kabelových tras

Vyhláška č. 23/2008 Sb. ve znění vyhl. č. 268/2011 Sb. stanoví ovšem jen základní požadavky na funkční kabelové trasy. Podrobněji předmětné nároky definuje až ČSN 73 0848 [12], která je vyhláškou č. 268/2011 Sb. stanovena jako závazná pro oblast požární bezpečnosti staveb. Tato norma považuje za odpovídající zkušební metodiku pro požární funkčnost kabelových tras ZP 27/2008 PAVUS [13]. Je založen na evropské metodice zkoušek dle ČSN EN 1363-1 [14], která obecně preferuje pro zkoušky v oblasti požární bezpečnosti staveb tzv. normovou teplotní křivku. Aplikaci této teplotní křivky pak potvrzuje klasifikační označení kabelových tras s funkčností za požáru:

Pxx-R,

kde „xx“ představuje číselné označení doby zachování požární funkčnosti v minutách.

Kdo a jak definuje požadavky na funkčnost

Podle ČSN 73 0848 by měly být požadavky na funkční integritu kabelových tras, určených k napájení požárně bezpečnostních zařízení a dalších zařízení, která musí zůstat v případě požáru funkční, vždy součástí požárně bezpečnostního řešení stavby. Tyto požadavky by pak měly obsahovat:

- Přehled požárně bezpečnostních zařízení a dalších zařízení, která musí zůstat v případě požáru funkční, tedy např. nouzové osvětlení.
- Přehled požárně bezpečnostních požadavků na technická a technologická zařízení, která musí zůstat funkční v případě požáru, včetně stanovení požárního scénáře.
- Požadovanou minimální dobu funkčnosti požárně bezpečnostních zařízení a dalších zařízení, která musí zůstat v případě požáru funkční, stanovenou na základě technických norem a předpisů.

Kabelové nosné konstrukce podle ZP 27/2008 PAVUS

Metodika zkoušení kabelů a jejich nosných konstrukcí podle ZP 27/2008 PAVUS vychází ze skutečného uspořádání kabelových tras, což představuje základní rozdíl oproti laboratorním testům funkční schopnosti kabelu (označení V... nebo FE...) podle laboratorních předmětových norem řady ČSN IEC 60331. Pro praxi zavádí velmi důležité základní rozdělení kabelových nosných konstrukcí na takzvané:

- a) Normové resp. standardní kabelové nosné konstrukce a
- b) Nenormové, nestandardní resp. ostatní kabelové nosné konstrukce.

Normové kabelové nosné konstrukce

Nespornou předností normových kabelových tras je, že na použitý normový kabelový nosný systém lze uložit jakýkoliv kabel schválený autorizovanou zkušebnou pro použití v systému tohoto druhu. Neexistuje zde tedy žádné omezení možných variací jen na společně vyzkoušené kombinace kabel – kabelový nosný systém, jako je tomu u nenormových kabelových tras. Normové systémy jsou proto vyžadovány především ze strany investorů, protože usnadňují realizaci pozdějších změn v množství a uspořádání uložených kabelů. Nevýhodu představují striktní požadavky na provedení normového kabelového nosného systému uvedené v ZP 27/2008 PAVUS (tab. 3).



• Obrázek 1: Příklady normových systémů podle ZP 27/2008 PAVUS, výrobce OBO Bettermann

Parametr	Kabelový žebřík	Kabelový žlab
Min. výška bočnice [mm]	60	
Min. tloušťka plechu bočnice [mm]	1,5	
Max. rozestup podpěr [m]	1,2	
Max. zátěž trasy [kg/m]	20	10
Max. šířka trasy [mm]	400	300

• Tabulka 3: Parametry normových konstrukcí kabelový žebřík a žlab dle ZP 27/2008 PAVUS

Kvůli nim bude normový systém vždy mechanicky značně předimenzován, což zvyšuje ekonomickou náročnost. Musí totiž zajistit stejné kvalitní podmínky k uložení kabelů různých konstrukcí a to i těch méně propracovaných. Jen tak je možno zaručit univerzálnost, nutnou pro eliminaci přímé vazby na konkrétní typ ukládaných kabelů. Definovány jsou dosud tři základní druhy normových kabelových nosných systémů:

- Plechový kabelový žlab;
- Kabelový žebřík;
- Jednotlivé uložení kabelů pomocí kabelových přichytek.

Jiné druhy normových kabelových tras neexistují, což podstatně omezuje možnosti při řešení funkčních kabelových tras v mnoha současných stavebních objektech.

Z parametrů uvedených v tab. 2 a obrázku 1 vyplývají jednoznačně i základní vnější rozpoznávací znaky normových kabelových nosných konstrukcí. Za normovou kabelovou nosnou konstrukci typu kabelový žlab nebo žebřík tedy nelze nikdy označit např. konstrukci, v níž není výložník u svého volného konce doplněn o pomocný závěs ze závitové tyče, nebo je v případě kabelového žlabu použit mřížový resp. drátěný žlab.

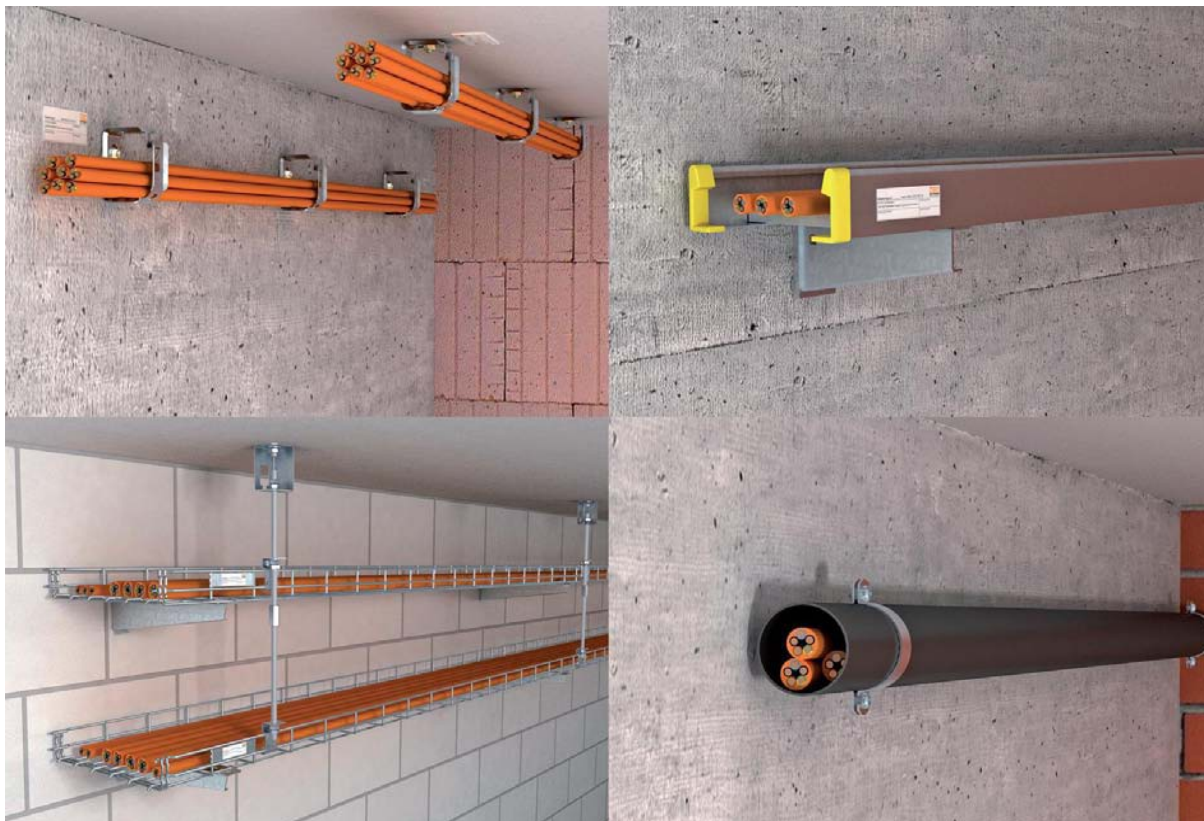
Normové kabelové nosné konstrukce

S určitou nadsázkou lze říci, že součástí nenormové kabelové trasy může být jakýkoliv kabelový nosný systém, na němž splnil po stanovenou dobu působení zkušebních požárních teplot kritérium funkčnosti alespoň jeden typ kabelu. Předností nenormových kabelových tras je především možnost použití širšího spektra provedení kabelových nosných systémů. Vzhledem k tomu, že se k zřízení nenormových kabelových tras používají lehčí provedení kabelových žlabů a žebříků, větší vzdálenost podpěrných konstrukcí apod., je tento druh kabelové trasy oproti normové kabelové trase téměř vždy také ekonomicky výhodnější, což vítají především realizační firmy. Zásadní nevýhodou však představuje nemožnost přenosu výsledků zkoušek. Do nenormové trasy, tedy v trasy využívající nenormové kabelové nosné systémy, lze proto uložit výhradně kabely, které byly při požárních testech vyzkoušeny s kladným výsledkem společně s použitou kabelovou úložnou konstrukcí. Tím je značně omezen prostor při rozhodování o nákupu vhodných kabelů. Bez ohledu na výhody nebo nevýhody normových a nenormových kabelových tras s funkčností podle ZP 27/2008 PAVUS však mohou v praxi nastat situace, kdy je aplikace nenormových tras jedinou možnou alternativou. Jejich typické reprezentanty představuje obr. 3.

K uložení kabelů nouzového osvětlení v chodbách menších a středních administrativních budov se často se využívají tzv. skupinové kabelové držáky z horní levé části obr. 3. Představují velmi ekonomické a přitom prostorově nenáročné řešení kabelové trasy v prostoru nad podhledy. Standardně se instalují po 0,5 m délky trasy a v závislosti na konkrétním provedení lze využít k uložení kabelů o celkové maximální hmotnosti od 1,1 do 6 kg/m.

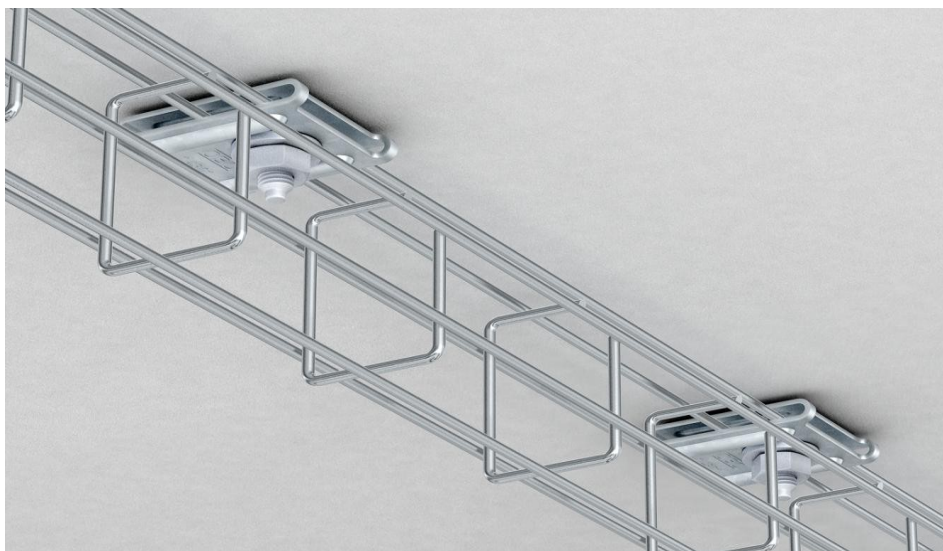
Mřížové kabelové žlaby GRM55/... z dolní části téhož obrázku lze při téže klasifikaci a vzdálenosti podpěrných konstrukcí 1,2 m zatížit kabelovou hmotností až 7,5 kg/m resp. 10 kg/m. Maximální hodnota zátěže závisí i v tomto případě na konkrétním provedení mřížového kabelového žlabu.

V průmyslových objektech nebo objektech občanské infrastruktury bývá třeba zajistit kabelům nouzového osvětlení také mechanickou ochranu. Pak lze kabelovou trasu s výhodou realizovat např. z ocelových pancéřových trubek typové řady SM... o průměru 16 až 50 mm, které se do stavby fixují po max. 1,2 m. Toto řešení se s výhodou používá v průmyslových, skladových a jiných halách i pro kabely EPS, rozhlasu atd.



• Obrázek 2: Příklad nenormových systémů podle ZP 27/2008 PAVUS, výrobce OBO Bettermann

V nenormových systémech s funkcí za požáru lze využít ale i další specifická provedení kabelových tras. Pro kabely menších dimenzí lze s výhodou využít např. mřížové žlaby typové řady G-GRM v kombinaci s držáky K12 1818 (obr. 3). Tato sestava umožňuje přímou nástěnnou i stropní montáž, stejně jako prostorové zavěšení pomocí středové závitové tyče. To vše bez aplikace výložníků nebo jiných obvykle využívaných nosných prvků. Navíc je tento druh mřížového žlabu vybaven integrovanou spojkou, takže odpadá nutnost nákupu a montáže podélných spojek.



• Obrázek 3: Mřížový žlab G-GRM pro nenormové systémy podle ZP 27/2008 PAVUS značky OBO Bettermann

Za typický příklad velice progresivního řešení moderního nenormového plechového kabelového s funkcí za požáru lze považovat plechové kabelové žlaby RKSM6... s integrovaným zásuvným spojem z obr. 4. Stejně jako mřížové žlaby G-GRM nepotřebují žádné dodatečné spojovací prvky a po pouhém vzájemném podélném zaklapnutí dovolují instalaci kabelů o celkové hmotnosti až 30 kg/m v jedné trase. Toto provedení nenormového kabelového nosného systému typu kabelový žlab tedy třikrát překračuje přípustnou maximální

zátěž normových systémů téhož druhu. Požární schvalovací dokumentace tohoto systému přitom zahrnuje i společnou montáž až čtyř takovýchto kabelových žlabů na společném závěsu, takže lze na jednu společnou závěsnou sestavu uložit celkovou kabelovou zátěž až 120 kg/m.



• Obrázek 4: Kabelové žlaby RKSM od OBO Bettermann pro nenormové systémy odle ZP 27/2008 PAVUS

Při realizaci rozvodů nouzového osvětlení nebo vedení kabelů k čidlům EPS pod „přiznanými“ betonovými stropy administrativních prostor bývá někdy problém esteticky uložit související hnědé nebo oranžové kabely. Pro tyto případy lze využít přednosti pozinkovaných vkládacích lišt řady LKM z pozinkovaného plechu s povrchovou lakovou úpravou, jejíž odstín je sladěn s okolím. Uložení kabelů do takovýchto oceloplechových lišt zajistí současně i jejich mechanickou ochranu (obr. 5).

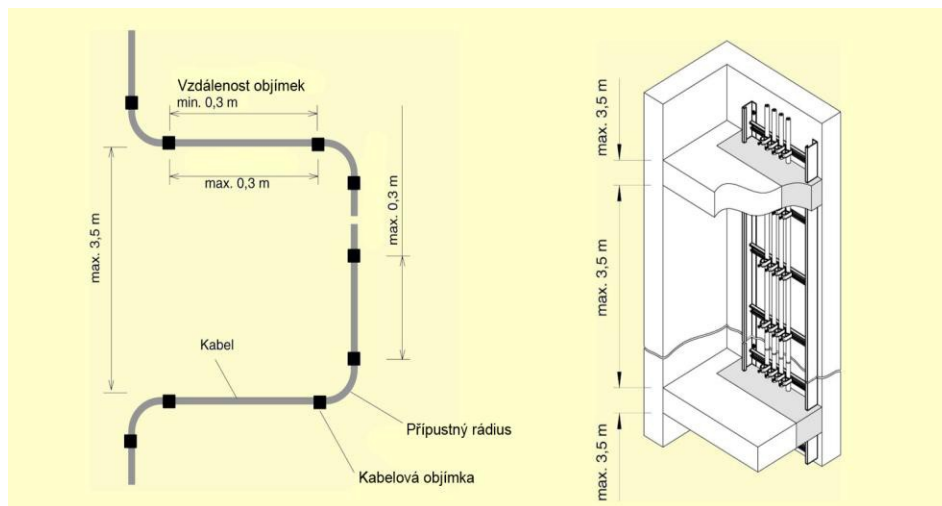


• Obrázek 5: Nenormový systém z oceloplechových kanálů LKM podle ZP 27/2008 PAVUS od OBO Bettermann

Všechny výše zmíněné kabelové úložné konstrukce mohou být přitom využity, při uložení odpovídajícího provedení kabelů, v systémech s integrovaným zachováním funkčnosti až 90 minut při teplotním scénáři v podobě normové teplotní křivky podle ČSN EN 1363-1. Mohou tedy mít, v závislosti na použitých kabelech, požární klasifikaci až P90-R.

Stoupací trasy

V rámci zkoušek podle ZP 27/2008 PAVUS se jednotlivé upevnění kabelů zkouší pod stropem zkušební komory a výsledky těchto zkoušek pak platí také pro trasy vedené vodorovně podél svislé stěny nebo pro stoupací trasy. Z pohledu zkušební metodiky lze tedy o stoupacích trasách říci, že nepředstavují žádný problém. Jiná je ale již situace při jejich návrhu a realizaci. Zkušební předpis ZP 27/2008 PAVUS v sobě zahrnuje totiž několik velmi podstatných požadavků na jejich skutečnou podobu ve stavbě.



• Obrázek 6: Odlehčení v tahu ve stoupacích trasách – obvyklá řešení dle ZP 27/2008 PAVUS

Nejčastější komplikace představuje požadavek na odlehčení kabelů v tahu ve stoupacích trasách se souvislou délkou nad 3,5 m. Dvě obvyklá řešení tohoto problému ilustruje obr. 6. Jeho levá část řeší tento problém vytvořením „odskoků“ na min. dvě vodorovně situované objímky, v nichž se mohou požárem postižené kabely zachytit. Pravá část předpokládá vytvoření celistvých požárních předělů po max. 3,5 m. Použití objímek je relativně snadné a ekonomické, nicméně vytvářené meandry kladou značné prostorové nároky na prostor potřebný k vytvoření stoupací kabelové trasy, což nebývá v řadě případů akceptovatelné. Vytvoření celistvých požárních předělů je zase poměrně nákladné a v řadě případů vylučuje přístup do určitých částí kabelových šachet.



• Obrázek 7: Prostorově úsporné odlehčení kabelů v tahu ve stoupací požárně odolné trase, typ ZSE90 od OBO Bettermann

Společnost OBO Bettermann proto vyvinula jiné, důvtipnější řešení podle obr. 7. Při jeho realizaci není třeba vytvářet žádné změny směru vedení stoupací kabelové trasy ani celistvé požární přepážky. Principem je prosté uzavření jedné příčky stoupacího kabelového žebříku nebo jedné řady nástěnných kabelových příchytěk do samostatného požárního úseku, vytvořeného pomocí „U“ profilu z požárně odolného deskového materiálu a dvou kabelových ucpávek z minerální vaty, dotěsněných v místech prostupu kabelů protipožární pěnou nebo tmelem. Při montáži ve stoupací kabelové trase po 3,5 m tato sestava umožňuje dosažení doby požární odolnosti až 90 minut, v závislosti na použitých kabelech. Uvažuje se přitom požární scénář v podobě normové teplotní křivky podle ČSN EN 1363-1.

Jiný problém ve stoupacích trasách představuje požadavek na účinné podepření kabelů v místech přechodů mezi vodorovnými a stoupacími trasami. U kabelů větších průřezů totiž nelze, za dodržení nejmenších přípustných poloměrů jejich ohybu, dosáhnout změny vedení směru o 90° na kabelové délce do 300 mm, po které musí být v normovém systému každý kabel vždy znovu podepřen resp. upevněn. V těchto případech je proto třeba:

- Sestavit z jednotlivých krátkých dílců kabelových žlabů nebo žebříků odpovídající přechodový rádius, nebo
- vytvořit dodatečnou podpěrnou konstrukci mezi bočnicemi vodorovné a stoupací trasy, na níž se připevní přídatné příčky tak, aby bylo zajištěno podepření kabelů i v přechodovém oblouku po max. 300 mm.

Závěr

Výběr mezi normovými a nenormovými kabelovými nosnými systémy pro uložení kabelů příslušejících nouzovému osvětlení i všem dalším systémům důležitým pro požární bezpečnost uvažovaného objektu závisí vždy na preferovaných kritériích. Ta mohou být a také zpravidla bývají, u jednotlivých zúčastněných (projektant, orgán státního stavebního dozoru, realizační firma, investor) značně odlišná. Výsledné řešení by tedy mělo vždy odrážet určitý konsenzus požadavků všech těchto zúčastněných stran.

Široký sortiment systémových výrobků se značkou OBO pro oblast zachování funkčnosti kabelových tras za požáru tuto dohodu podstatnou měrou usnadňuje, neboť poskytuje nepřehledné realizační možnosti, pokrývající argumenty všech těchto stran. Informovat se o něm lze v obecné rovině prostřednictvím e-mailu:

info@obo.cz

Stejně tak se je možno se s předmětnou problematikou obrátit přímo na autora tohoto příspěvku, prostřednictvím e-mailu:

burant@obo.cz

Literatura a odkazy

- [1] Firemní literatura firmy OBO Bettermann, SRN. Poskytnuto firmou OBO Bettermann Praha s.r.o., Modletice, ČR
- [2] Zákon č. 133/1985 Sb. o požární ochraně, ve znění zákona 425/1990 Sb., 40/1994 Sb., 203/1994 Sb., 163/1998 Sb., 71/2000 Sb., 237/2000 Sb., 320/2002 Sb., 413/2005 Sb., 186/2006 Sb. a 281/2009 Sb.
- [3] Vyhláška MV č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb. Sbírnka zákonů ČR, částka 10 ze dne 8.2.2008.
- [4] Vyhláška MV č. 268/2011 Sb., kterou se mění vyhláška č. 23/2008 Sb. o technických podmínkách požární ochrany staveb. Sbírnka zákonů ČR, částka 95 ze dne 12.9.2011.
- [5] ČSN EN 1838: Světlo a osvětlení - Nouzové osvětlení. ČNI Praha, 09/2000.
- [6] ČSN 33 2000-5-56 ed.2: Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-56: Výběr a stavba elektrických zařízení - Zařízení pro bezpečnostní účely. ÚNMZ Praha, 10/2010.
- [7] ČSN IEC 60331-11: Zkoušky elektrických kabelů za podmínek požáru - Celistvost obvodu - Část 11: Zařízení - Samostatné hoření při teplotě plamene alespoň 750 °C. ČNI Praha, 10/2001.
- [8] ČSN EN 1363-1: Zkoušení požární odolnosti - Část 1: Základní požadavky. ČNI Praha, 02/2000.
- [9] ČSN 73 0802: Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty. ÚNMZ Praha, 05/2009.
- [10] ČSN 73 0804: Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty. ÚNMZ Praha, 02/2010.
- [11] ČSN 73 0831: Požární bezpečnost staveb – Shromažďovací prostory. ÚNMZ Praha, 06/2011.
- [12] ČSN 73 0848: Požární bezpečnost staveb - Kabelové rozvody. ÚNMZ Praha, 04/2000.
- [13] ZP 27/2008: Zkušební předpis pro stanovení třídy funkčnosti kabelů a kabelových nosných konstrukcí – kabelových systémů v případě požáru. PAVUS, a.s. Praha, 10/2008., 11/1998.
- [14] ČSN EN 1363-1: Zkoušení požární odolnosti - Část 1: Základní požadavky. ČNI Praha, 02/2000.
- [15] ČSN 33 2420 ed.2: Elektrické instalace nízkého napětí – Elektrická zařízení v divadlech a jiných objektech pro kulturní účely. ÚNMZ Praha, 10/2009.

Analýza účinnosti energetické jednotky v ostrovním provozu

Stanislav Mišák, Lukáš Prokop

Katedra elektroenergetiky, VŠB – TUO, stanislav.misak@vsb.cz, lukas.prokop@vsb.cz,

Abstrakt

Provoz obnovitelných zdrojů elektrické energie v ostrovním provozu je jednou z možností využití obnovitelných zdrojů v případech, kdy není možné připojení k distribuční soustavě. V tomto článku jsou prezentovány základní informace o energetické jednotce vybudované v areálu VŠB-TU Ostrava. Popisovaná energetická jednotka slouží jako fyzikální model napájení rodinného domu provozovaného v ostrovním režimu. Zdrojem elektrické energie jsou dvě fotovoltaické a jedna větrná elektrárna, které jsou doplněny akumulacním systémem, včetně komplexního monitoringu.

Cílem vybudování tohoto fyzikálního modelu bylo získat technickou platformu pro testování sofistikovaného systému řízení, který by umožňoval bez zásahu uživatele samostatně řídit energetický provoz typického rodinného domu.

Klíčová slova

Větrná elektrárna, fotovoltaická elektrárna, akumulace, monitoring, systém řízení, fyzikální model, rodinný dům

Úvod

Stav legislativy a výše výkupních cen elektrické energie podstatně prodloužily návratnost investice do výstavby fotovoltaických a větrných elektráren na území ČR.

Alternativou k větrným a fotovoltaickým elektrárnám provozovaných paralelně s distribuční sítí je výstavba a následný provoz těchto obnovitelných zdrojů v ostrovním režimu, bez nutnosti připojení k elektrické rozvodné síti.

Tyto energetické jednotky umožňují napájet spotřebiče o výkonu od několika wattů, přes napájení rodinných domů, až po napájení vesnic, či částí měst. Velikost takto napájené energetické jednotky je závislá na instalovaném výkonu zdrojů, stejně tak na jejich typu a na velikosti akumulacního zařízení. Každá komponenta takového systému musí být vhodně dimenzována s ohledem na velikost vstupní investice a na celkovou dobu návratnosti, stejně tak je vhodné volit zařízení s minimální energetickou náročností a s vysokou provozní účinností.

Jelikož se předpokládá využití obnovitelných zdrojů elektrické energie, jež charakterizuje proměnlivá velikost dodávaného výkonu, je nutné typ a instalovaný výkon zdrojů volit tak, aby bylo maximálně využito potenciálu dané lokality.

Pro napájení energetické jednotky, v tomto případě fyzikálního modelu, které byl navržen jako model rodinného domu připadá v úvahu využití malé větrné elektrárny a fotovoltaického systému.

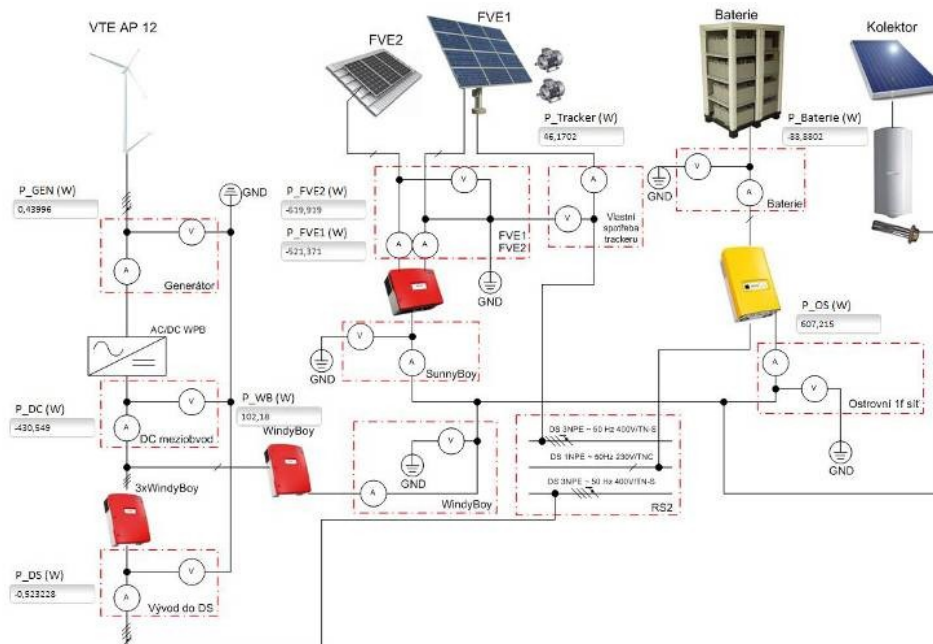
V areálu VŠB – TU Ostrava byl před několika lety vybudován v rámci výzkumu obnovitelných zdrojů elektrické energie první mikro ostrovní systém, který slouží k napájení veřejného osvětlení [1].

Na základě zkušeností při budování a provozu tohoto systému byl vybudován druhý ostrovní systém o podstatně vyšším instalovaném výkonu, který slouží jako fyzikální model napájení rodinného domu. Výstavba ostrovního systému, který má simulovat napájení rodinného domu, vycházela z analýzy spotřeby běžného rodinného domu. Na základě této analýzy byl následně dimenzován akumulacní systém s ohledem na požadavky výkonu, ale také s respektováním velikosti prvotní investice a doby návratnosti celé energetické jednotky. Zdroje, které celý systém napájejí, byly voleny nejen s ohledem na napájení modelového rodinného domu, ale také tak, aby mohly být využity k výuce a dalšímu výzkumu. Podrobnější informace o dimenzování akumulacního systému a zdrojů byly publikovány v [2] a v [3].

V současné době je dobudován monitorovací systém, který byl uveden do testovacího provozu a pracuje se na tvorbě řídicího systému umožňujícím chytré řízení energetického provozu rodinného domu za pomoci umělé inteligence a neuronových sítí.

Popis energetické jednotky

Hlavním cílem při budování popisované energetické jednotky bylo vytvořit fyzikální model, který bude sloužit k ověření funkčnosti sofistikovaného systému řízení zdrojů, akumulace a spotřeby. Hlavním kritériem pro systém řízení je, že musí být schopen zajistit normální provoz modelové domácnosti bez nutnosti zásahu uživatele. Uživatel bude řídicím systémem pouze informován o stavu instalovaných zařízení. Schéma fyzikálního modelu je uvedeno na obr. 1.



• obr. 1 Schéma fyzikálního modelu energetické jednotky.

Jelikož se jedná o modelový a současně pilotní projekt, byly voleny zdroje i s ohledem na možné zapojení do výuky a s perspektivou dalšího zapojení do výzkumu prováděného na Katedře elektroenergetiky VŠB-TU Ostrava. Ostrovní systém je napájen dvěma typy obnovitelných zdrojů tak, aby se tyto zdroje navzájem doplňovaly dle aktuálních meteorologických podmínek v místě instalace.

Zdrojem s největším instalovaným výkonem je větrná elektrárna o výkonu 12 kV·A.

Jedná se o větrnou elektrárnu o výkonu 12 kV·A se synchronním generátorem s permanentními magnety. Základní parametry větrné elektrárny jsou uvedeny v tab. 1 a elektrárna je vyobrazena na obr. 2.

Parametr	Hodnota.
Jmenovitý výkon S_N	12 kV·A
Napětí U_{SN}	560 V
Proud I_N	13,6 A
Moment M_N	780 N·m
Otáčky n_N	180 ot/min

• tab. 1 Parametry větrné elektrárny

Jelikož se v našem případě jedná o fyzikální model ostrovního systému, který slouží nejen v výzkumu, ale také k výuce je zapojení větrné elektrárny provedeno tak, aby bylo možné jej měnit podle aktuální potřeby.

Větrná elektrárna je tedy schopna pracovat v několika režimech. Prvním režimem je přímá dodávka elektrické energie do 3f veřejné distribuční sítě, kdy výkon větrné elektrárny je vyveden přes usměrňovače Windy Boy Protection Box a střídače Windy Boy. Následuje režim, kdy větrná elektrárna pracuje v ostrovním režimu a přímo napájí připojenou zátěž. Poslední variantou je připojení větrné elektrárny přes usměrňovač v tomto případě také Windy Boy Protection Box a střídač Windy Boy ke střídači Sunny Island, což umožňuje využít výkon větrné elektrárny k nabíjení systému akumulátorových baterií.



• obr. 2 Větrná a natáčecí fotovoltaická elektrárna

Fotovoltaická elektrárna o výkonu 2 kWp je instalována na střešní konstrukci budovy L v areálu VŠB – TU Ostrava. Jsou zde v tomto případě použity polykrystalické panely, které jsou schopny přeměnit jak přímou, tak i difúzní složku slunečního záření. Panely jsou připojeny přes střídač Sunny Boy ke střídači Sunny Island a elektrická energie vyrobená těmito panely slouží k nabíjení systému akumulátorových baterií.

Jednofázový střídač Sunny Boy a výkonem 2,1 kW (AC strana) umožňuje připojení až dvou řetězců fotovoltaických panelů s poměrně širokým rozsahem napětí od 125 V až do 600 V.

Druhá fotovoltaická elektrárna je umístěna na dvouosém natáčecím zařízení, které umožňuje sledování trajektorie slunce v průběhu dne a tím je zajištěna maximalizace výroby elektrické energie. Vzhledem k tomu, že se konstrukce s panely natáčí jsou zde instalovány monokrystalické panely, které jsou schopny přeměnit pouze přímé sluneční záření, ale obecně mají vyšší účinnost, než panely polykrystalické.

Fotovoltaická elektrárna je zobrazena na obr. 2. Řídicí jednotka spolu se sensorovou hlavou zajišťují optimální nastavení směru a sklonu nosné konstrukce tak, aby fotovoltaické panely dodávaly maximální výkon. Stejně tak je řídicí jednotka vybavena pojistným algoritmem pro případ vysoké rychlosti větru, kdy v případech vysoké rychlosti větru dojde ke změně polohy nosné konstrukce do vodorovné pozice, aby panely kladly větru co nejmenší odpor. K samotnému natáčení slouží lineární motor a převodovka, které jsou řízeny na základě informací ze sensorové hlavy.

Monitorovací systém

Systém řízení je hlavní ovládací částí ostrovního systému, jelikož je schopen na základě dostupných informací koordinovat provoz spotřebičů tak, aby energetická bilance celého provozu byla optimální.

Fyzikální model ostrovního systému byl doplněn systémem monitoringu, který umožňuje měřit hodnoty veličin na jednotlivých komponentách systému. Toto podrobné osazení měřících bodů senzory umožňuje v reálném čase kontinuálně monitorovat dílčí účinnosti celého systému.

V současné době je systém monitoringu uveden do provozu a probíhá testovací provoz. Instalovány jsou senzory pro měření parametrů provozu u větrné elektrárny a fotovoltaických elektráren a některé další veličiny, které jsou měřeny v rámci monitoringu jednotlivých polovodičových prvků systému.

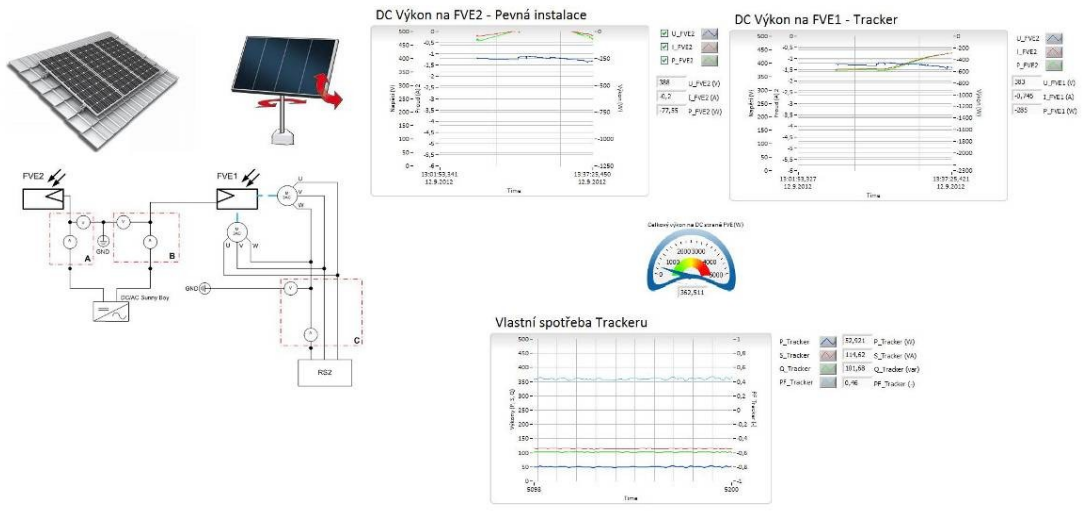
Současným cílem je však kontinuální monitoring provozu a vytvoření databáze provozních stavů, aby na základě této databáze mohlo proběhnout „učení“ řídicího systému, jelikož tento systém je založen na využití soft-computing metod a metod umělé inteligence. Tyto metody mají podstatnou výhodu v tom, že umožňují na základě naučených pravidel predikovat budoucí stav sledovaných veličin.

Řídicí algoritmus potom na základě nabytých zkušeností a vytvořených pravidel a na základě aktuálních vstupních informací o aktuálním stavu počasí, stejně tak o předpovědi relevantních meteorologických veličin na nejbližší období, dále informace o stavu baterií a informace o předpokládané spotřebě v následujícím časovém období automaticky připravuje plán provozu jednotlivých spotřebičů.

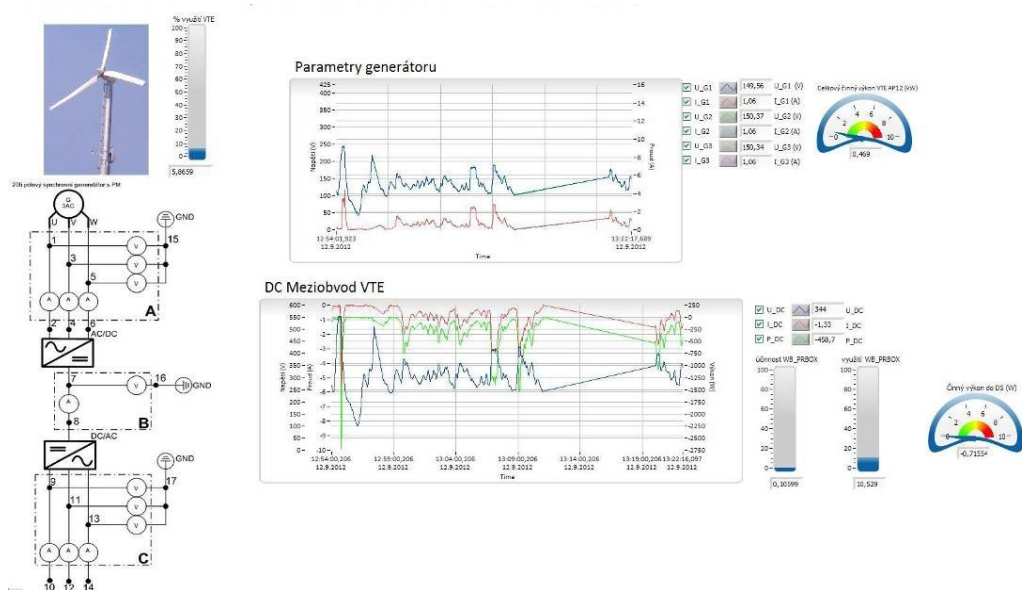
Plán spotřeby by vycházel z databáze provozních stavů a z analýzy spotřeby prezentované v [2], kdy běžné zvyklosti domácnosti jsou do značné míry stereotypní s tím, že musí být alokována jistá část akumulované elektrické energie na krytí náhodné spotřeby elektrické energie. Samotný řídicí systém by potom uživateli doporučoval, případně sám zajišťoval spínání jednotlivých spotřebičů, které by byly do systému přímého spínání zařazeny.

Algoritmus takto nadefinované situace by také z aktuálních hodnot jednotlivých měřených veličin byl schopen vyhodnotit a následně uživatele informovat o technickém stavu jednotlivých zdrojů, jakož i stavu akumulací části systému. Toto by následně bylo podnětem pro plánování údržby, případně odstávky systému v případě nutnosti provedení oprav.

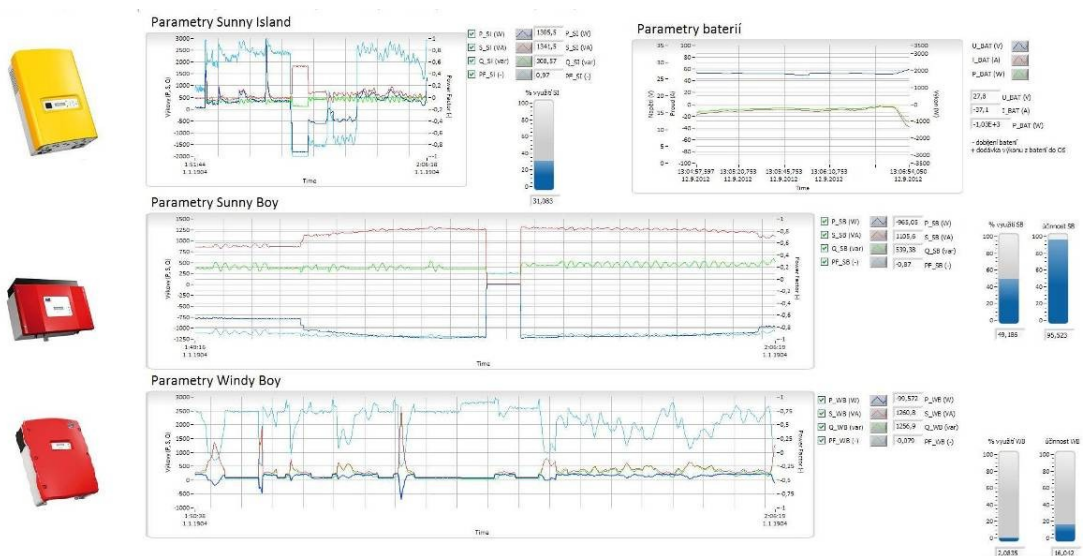
Grafického rozhraní monitorovacího systému je prezentováno na obr. 3, obr. 4 a obr. 5.



• obr. 3 Grafické rozhraní monitorovacího systému – fotovoltaické elektrárny.



• obr. 4 Grafické rozhraní monitorovacího systému – větrná elektrárna.



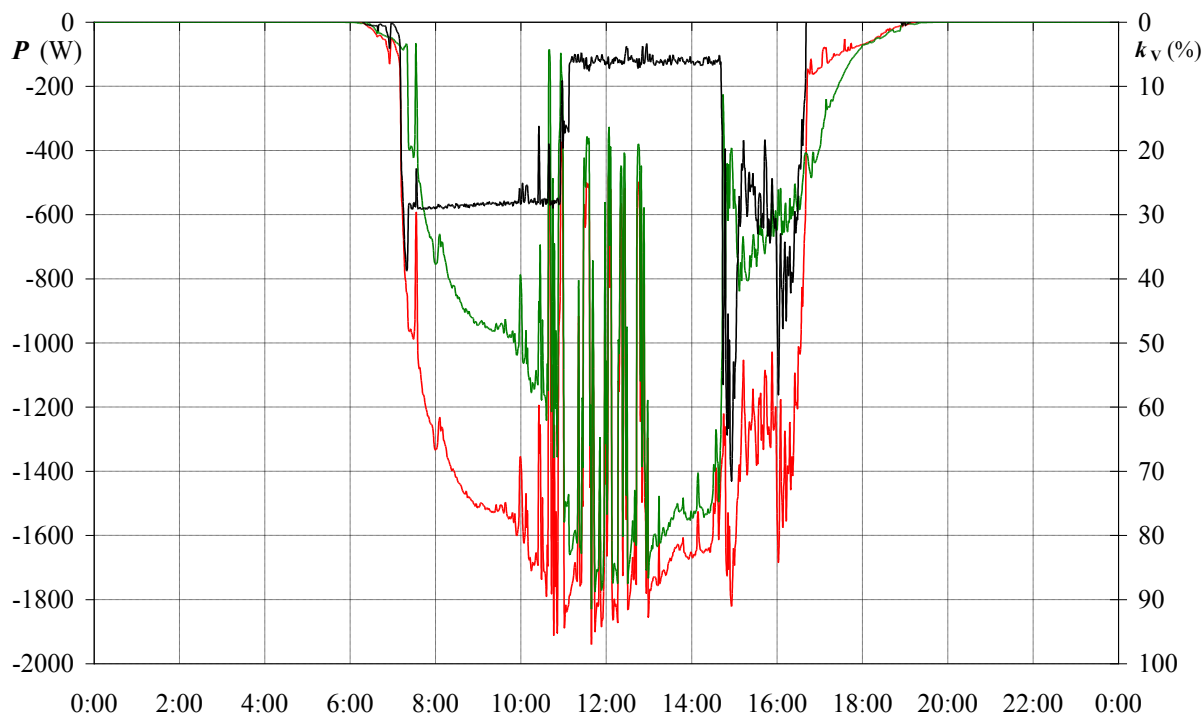
• obr. 5 Grafické rozhraní monitorovacího systému – ostatní sledované komponenty systému.

Analýza účinnosti

Jak bylo uvedeno výše, umožňuje monitorovací systém fyzikálního modelu energetické jednotky sledovat díky instalovaným senzorům dílčí účinnosti jednotlivých komponent celé energetické jednotky. Vybrané dílčí účinnosti budou analyzovány v následujícím kapitole, stejně tak bude demonstrována výhoda využití natáčecího systému jedné z fotovoltaických elektráren.

Na obr. 7 je zobrazen pro vybraný den provozu průběh dodávaného činného výkonu z obou fotovoltaických elektráren. Zelená křivka ukazuje průběh výkonu pevné instalace s polykrystalickými panely a červená křivka zobrazuje průběh výkonu dvouosé autotrakční instalace s monokrystalickými panely. Černá křivka potom ukazuje rozdíl dodávaného výkonu mezi jednotnými instalacemi. Na pomocné ose v pravé části grafu je současně zobrazen koeficient využití instalovaného výkonu. V poledních hodinách dosahoval koeficient využití obou fotovoltaických elektráren hodnot okolo 90%, což svědčí o správně orientované pevné instalaci s polykrystalickými panely, ale také to ukazuje na fakt, že výhoda využití natáčecího systému není až tak markantní v poledních hodinách. Výhoda natáčecího systému se naopak plně projevuje v dopoledních a odpoledních hodinách, tak jak to ukazují křivky dodávaného výkonu na obr. 6. Pro tento vybraný den se výhoda natáčení panelu směrem ke slunci plně projevuje v časech od cca 7:00 do cca 11:00 a potom v odpoledních hodinách od cca 15:00 do cca 17:00.

Fotovoltaická elektrárna s natáčecím systémem vyrobila ve sledovaný den 13,93 kWh, fotovoltaická elektrárna pevně instalovaná na střeše vyrobila ve stejném dnu pouze 9,93 kWh elektrické energie, což je o 4 kWh méně, než fotovoltaická elektrárna s natáčecím systémem. Procentuálně vyjádřeno vyrobila elektrárny s natáčecím systémem o cca 29% elektrické energie více.

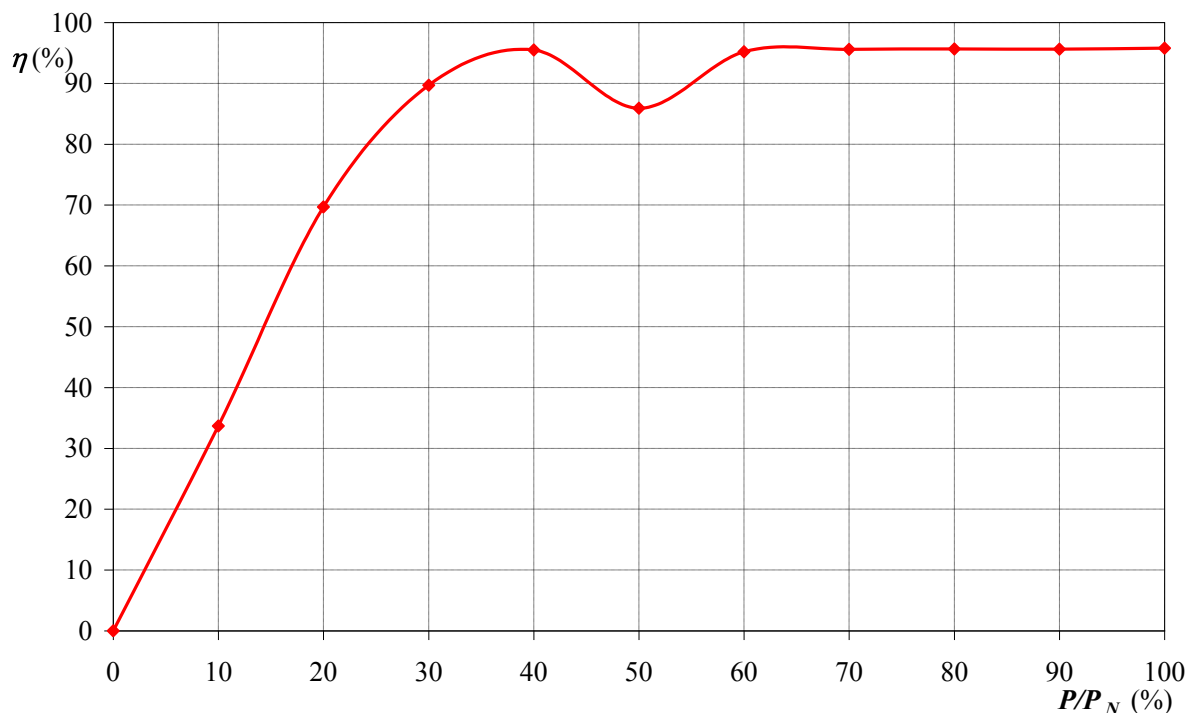


• obr. 6 Průběh dodávaného výkonu fotovoltaické elektrárny (červená křivka – FVE s natáčecím systémem, zelená křivka – FVE pevná instalace, černá křivka – rozdíl dodávaných výkonů)

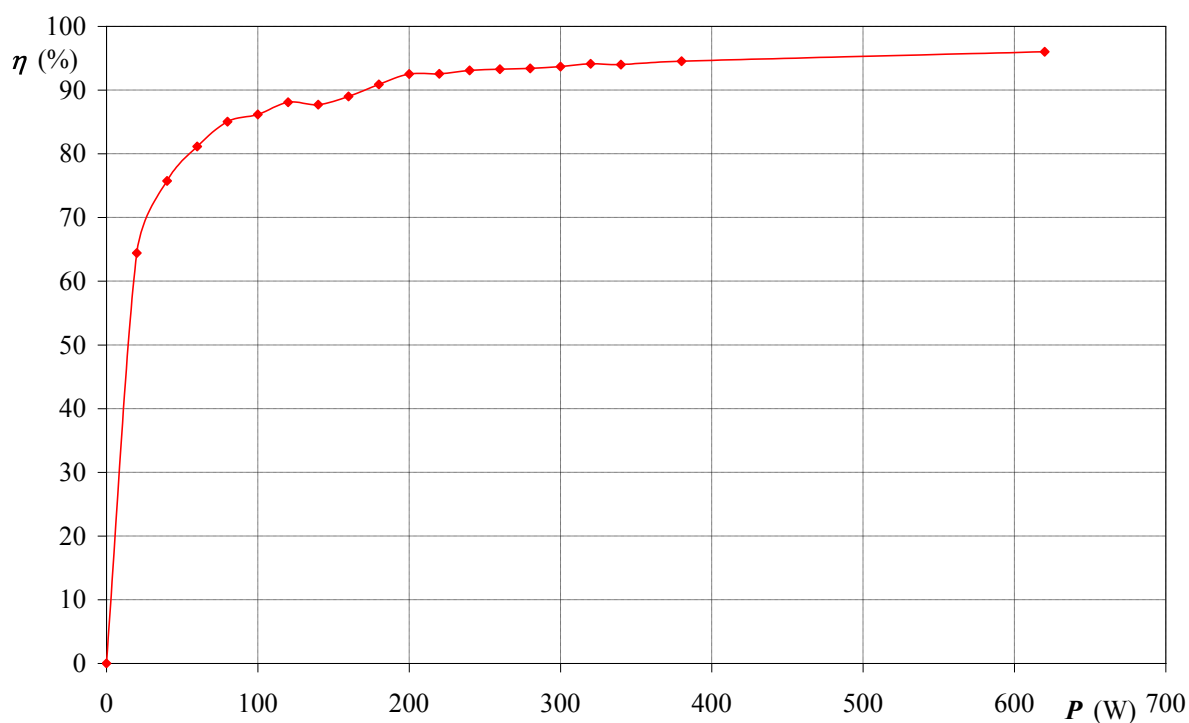
Testovací provoz monitorovacího systému umožnil vytvořit prvotní databázi provozních stavů a z této databáze využít k první analýze účinnosti celého systému, ale také k vyhodnocení účinnosti jednotlivých komponent. K demonstraci možností analýzy účinnosti jednotlivých komponent byly vybrány dva prvky a to střídač pro fotovoltaické elektrárny SUNNY boy. Průběh účinnosti v závislosti na výkonu panelů je zobrazen na obr. 7. Z obr. 7 je patrné, že už při dosažení 30% jmenovitého výkonu je účinnost přeměny stejnosměrné energie na střídavou 90%. Při vyšším výkonu se následně účinnost ustálí na hodnotě okolo 96%. Snížení účinnosti pro hodnotu 50% výkonu je způsoben krátkým testovacím provozem a tím pádem nedostatkem hodnot v některých intervalech výkonu.

Jako druhý případ byl zvolen stejnosměrný mezi obvod větrné elektrárny. Průběh účinnosti je zobrazen na obr. 8. Stejně tak jako v případě fotovoltaické elektrárny je analýza provedena pouze z dostupné databáze vytvořené za krátkou dobu testovacího provozu. Nicméně tvar křivky účinnosti se nezmění, v dalším

provoze však bude dosahováno vyšších hodnot výkonu. Analýza je provedena pro den, kdy byla zaznamenána pouze nízká rychlost větru, ale byla jasná obloha a výkon fotovoltaických elektráren se blížil k výkonu jmenovitému.



• obr. 7 Křivka účinnosti střídače (SUNNY BOY).



• obr. 8 Křivka účinnosti usměrňovače (PROTECTION BOX).

Závěr

Využití obnovitelných zdrojů elektrické energie v režimu ostrovního provozu je vhodnou alternativou k tradičnímu paralelnímu provozu se sítí. Kombinace větrné a fotovoltaické elektrárny navíc umožňuje snížení instalovaného výkonu oproti instalaci pouze jednoho typu zdrojů.

Fyzikální model ostrovního provozu vybudovaný v areálu VŠB-TU Ostrava slouží k ověření možností využití malých větrných a fotovoltaických elektráren pro napájení běžných rodinných domů.

Cílem pro následující období je vytvoření řídicího systému, který umožní na základě predikce rychlosti větru a intenzity slunečního záření a na základě aktuálních informací z monitorovacího systému zejména o stavu akumulátorů autonomní provoz celé energetické jednotky bez nutnosti zásahu uživatele, přičemž řídicí systém bude automaticky uživateli navrhnout spínání jednotlivých spotřebičů tak, aby nebyl narušen běžný provoz domácnosti a nedošlo k nedostatku disponibilní energie. K využití se pro tvorbu řídicího systému nabízejí metody umělé inteligence, jejichž možnosti uplatnitelnosti jsou v současné době testovány na metodách predikce výroby elektrické energie z větrných a fotovoltaických elektráren, což jsou data potřebná pro přípravu provozu celého ostrovního systému.

Poděkování

Tento článek byl zpracován v rámci výzkumu na projektu ENET No. CZ.1.05/2.1.00/03.0069, projektu GAČR 102/09/1842 a také projektu SP2012/53.

Literatura a odkazy

- [1] S. Misak and L. Prokop, "Technical-Economic Analysis of Hybrid Off-Grid Power System," in 11TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ELECTRIC POWER ENGINEERING 2010, PROCEEDINGS (Drapela, J and Machacek, J, ed.), pp. 295–300, Brno Univ Technol, 2010. 11th International Scientific Conference on Electric Power Engineering 2010, Brno, CZECH REPUBLIC, MAY 04-06, 2010.
- [2] L. Prokop and S. Misak, "Energetická koncepce rodinného domu v ostrovním provozu," in 13RD INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ELECTRIC POWER ENGINEERING 2012, PROCEEDINGS (Drapela, J and Machacek, J, ed.), pp. 753-758, Brno Univ Technol, 2012. 13rd International Scientific Conference on Electric Power Engineering 2012, Brno, CZECH REPUBLIC, MAY 23-25, 2012.
- [3] S. Misak, L. Prokop and P. Kacor, "Dimenzování baterií pro ostrovní systém," in 12ND INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ELECTRIC POWER ENGINEERING 2011, PROCEEDINGS (S. Rusek and R. Gono, ed.), pp. 596–599, VSB-TU Ostrava, 2011. 12nd International Scientific Conference on Electric Power Engineering 2011, Kouty nad Desnou, CZECH REPUBLIC, MAY 17-19, 2010.

Osvětlení v Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. novelizované NV č. 68/2010 Sb., NV č. 93/2012 Sb.

Ing. Jana Lepší, Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem,
Zkušební laboratoř Plzeň, jana.lepsi@zuusti.cz

Dne 1. dubna 2012 vstoupila v platnost novela Nařízení vlády (dále NV) č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, a to v pořadí již druhá pod číslem 93/2012 Sb. (první novela vyšla jako NV č. 68/2010 Sb.)

Toto NV se věnuje také problematice osvětlování.

Články, které souvisí se světlem:

část druhá

Rizikové faktory pracovních podmínek, jejich členění, zjišťování, hodnocení zdravotního rizika a podmínky ochrany zdraví při práci

Členění rizikových faktorů pracovních podmínek, jejich zjišťování a hodnocení

§ 2

Základní členění

(3) **Rizikové faktory** hluku, vibrací, neionizujícího záření, **optického záření** a ionizujícího záření, způsob jejich zjišťování a hodnocení, jejich hygienické limity a podmínky ochrany zdraví zaměstnance při práci exponovaného těmto rizikovým faktorům upravují zvláštní právní předpisy (NV č. 106/2010 Sb.- §8, §11a).

Do tohoto článku byl doplněn odkaz na **NV č. 106/2010 Sb., kterým se mění NV č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením.**

Články, které se týkají viditelného světla:

§8

(K § 35 a 36 zákona č. 258/2000 Sb.)

(1) Optickým zářením se pro účely tohoto nařízení rozumí záření z umělých zdrojů ve frekvenční oblasti od $3 \cdot 10^{11}$ Hz do $1,7 \cdot 10^{15}$ Hz, odpovídající vlnovým délkám od 100 nm do 1 mm, jehož spektrum se dělí na:

- a) **ultrafialové záření** v rozsahu vlnových délek od 100 nm do 400 nm, které se dělí na
 1. ultrafialové záření UVA odpovídající vlnovým délkám od 315 nm do 400 nm,
 2. ultrafialové záření UVB odpovídající vlnovým délkám od 280 nm do 315 nm,
 3. ultrafialové záření UVC odpovídající vlnovým délkám od 100 nm do 280 nm,
- b) **viditelné záření v rozsahu vlnových délek od 380 nm do 780 nm,**
- c) **infračervené záření** v rozsahu vlnových délek 780 nm do 1 mm.

§11

Zjišťování a hodnocení expozice optickému záření

(K § 35 a 36 zákona č. 258/2000 Sb.)

- (1) Zjištění úrovně optického záření se provádí na základě měření provedeného **autorizovanou osobou***) nebo výpočtem podle vztahů uvedených v přílohách č. 2 a 3 k tomuto nařízení.
- (2) Hodnocení pracovních podmínek při práci spojené s expozicí optickému záření zahrnuje údaje o
 - c) jakýchkoliv nepřímých účincích, jako je dočasné **oslnění**, exploze nebo požár,
 - e) **závěrech kontrolních šetření státního zdravotního dozoru,**

§11a

Minimální opatření k ochraně zdraví při práci

(1) Pokud z **hodnocení rizik** vyplývá, že mohou být překračovány přípustné expoziční limity optického záření, zaměstnavatel musí přijmout tato **opatření**:

- a) navrhnout pracovní postup, kterým se sníží riziko z expozice optickému záření,

d) zajistit prostorové uspořádání pracoviště tak, aby bylo zajištěno omezení rizika plynoucího z expozice optickému záření,

e) zajistit vhodné osobní ochranné pracovní prostředky,

*) § 4a zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. ČSN EN 60825-1:2007.

§7

(6) **Trvalá práce** - práce vykonávaná po dobu 4 hodiny za směnu

V normě ČSN 73 0580-1 je trvalý pobyt definován jako pobyt lidí ve vnitřním prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části, který trvá v průběhu jednoho dne (za denního světla) déle než 4 hodiny a opakuje se při trvalém užívání budovy více než jednou týdně.

Podobně je chápán trvalý pobyt a trvalá práce i v jiných předpisech. §7 NV je ale právně nejvýše.

S osvětlením také souvisí zraková zátěž, která je popsána v §34

Podmínky ochrany zdraví při práci se zrakovou zátěží

§ 34

Vymezení zrakové zátěže

(1) **Práci se zrakovou zátěží se rozumí trvalá práce**

a) spojená s náročností na **rozlišení detailů**,

b) vykonávaná za **zvláštních světelných podmínek**,

c) spojená s používáním **zvětšovacích přístrojů**, sledováním **monitorů** nebo se zobrazovacími jednotkami,

d) spojená s **neodstranitelným oslňováním**.

(2) Práci spojenou s náročností na rozlišení detailů se rozumí práce, při níž je vidění zaměstnance **ztiženo velikostí či tvarem detailu**, jeho **pohybem** (ČSN EN 12665 Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení) nebo jasovým či barevným **kontrastem** v místě zrakového úkolu.

(3) Práci vykonávanou za zvláštních světelných podmínek se rozumí práce vykonávaná při určené barvě světla nebo při **neodstranitelném kolísání jasu** v prostoru zrakového úkolu nebo jeho okolí.

(4) **Práci se zobrazovací jednotkou** se rozumí práce vykonávaná zaměstnancem jako pravidelná součást jeho obvyklé pracovní činnosti na soustavě zařízení, které obsahuje zobrazovací jednotku, klávesnici nebo jiné vstupní zařízení, software nebo další volitelné příslušenství.

§ 35

Minimální opatření k ochraně zdraví při práci

Práce se zrakovou zátěží musí být v zájmu omezení jejího nepříznivého vlivu na zdraví zaměstnance přerušována **bezpečnostními přestávkami** v trvání 5 až 10 minut po každých 2 hodinách od započetí výkonu práce nebo musí být zajištěno střídání činností nebo zaměstnanců.

Hlava II

Bližší hygienické požadavky na osvětlení pracoviště

§ 45

Osvětlení pracoviště

(1) K osvětlení pracoviště včetně spojovacích cest se užívá denní, umělé nebo sdružené osvětlení. Osvětlení pracoviště a spojovacích cest mezi jednotlivými pracovišti denním, umělým nebo sdruženým osvětlením musí odpovídat náročnosti vykonávané práce na zrakovou činnost a ochranu zdraví **v souladu s normovými hodnotami a požadavky**. Normovou hodnotou se rozumí konkrétní hodnota denního, umělého nebo sdruženého osvětlení obsažená v příslušné české technické normě upravující hodnoty denního, sdruženého a umělého osvětlení (ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov, ČSN 360020 Sdružené osvětlení a ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory).

Normovým požadavkem se rozumí technický požadavek obsažený v příslušné české technické normě (ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov, ČSN 360020 Sdružené osvětlení a ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory).

*NV je obecně závazným právním předpisem. To znamená, že **normy** - normové hodnoty a požadavky, které jsou v něm uvedeny, jsou **závazné**.*

Osvětlení nesmí být příčinou oslňování.

(2) Pracoviště, které je osvětlováno denním osvětlením, pokud na něm může docházet ke **zvýšené tepelné zátěži nebo oslnění**, musí mít osvětlovací otvory vybaveny clonicími zařízeními umožňujícími **regulaci** přímého slunečního záření. U bočního osvětlovacího otvoru na pracovišti umožňujícího pohled ven nesmí jejich výplně tomu bránit.

NV stanovuje minimální hodnoty denního a umělého osvětlení na pracovištích, na kterých je vykonávána trvalá práce - dříve uváděné jako hygienická minima.

(3) Na pracovišti, na němž je vykonávána trvalá práce, osvětlovaném **denním osvětlením**, musí být dodrženy tyto **minimální** hodnoty:

a) denní osvětlení vyjádřené činitelem denní osvětlenosti D , minimální D_{\min} **1,5 %**, při horním nebo kombinovaném denním osvětlení i průměrný $D_m = 3 \%$,

b) **celkové umělé osvětlení** vyjádřené udržovanou osvětleností $\bar{E}_m = 200 \text{ lx}$.

Text v odstavci (4) byl upraven dle formulace v normě.

(4) Na pracovišti, na němž je vykonávána trvalá práce, osvětlovaném **sduženým osvětlením** musí být dodrženy tyto **minimální** hodnoty:

a) denní složka sduženého osvětlení vyjádřená činitelem denní osvětlenosti D , minimální D_{\min} **0,5 %** a průměrná $D_m = 1 \%$ musí být splněna ve všech případech, tedy i při bočním nebo kombinovaném osvětlení

b) **doplňující celkové umělé osvětlení** vyjádřené udržovanou osvětleností $\bar{E}_m = 200 \text{ lx}$.

Zde je třeba připomenout, co to je kombinované osvětlení. Je to současné osvětlování prostoru denním světlem pomocí horních (obvykle světlíky) a bočních (obvykle okna) osvětlovacích otvorů. Často se zapomíná na kritérium určující, kdy se posuzuje prostor s kombinovaným osvětlením pouze jako bočně osvětlovaný. V ČSN 73 0580-1 v odstavci 4.3.2 se říká, že průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti musí být splněny u vnitřních prostorů s kombinovaným denním osvětlením, u kterých je podíl horního osvětlení na průměrné hodnotě činitele denní osvětlenosti roven nejméně jedné polovině. Je to celkem logické. Pokud by byl ve střeše malý prosklený otvor určený pro větrání, tak je nesmyslné posuzovat prostor jako s kombinovaným osvětlením, protože příspěvek takového otvoru bude zanedbatelný. Někjaká hranice musí být stanovena, je to převaha horního nad bočním osvětlením.

Předpis jako rozhodující zvolil situaci, kdy je příspěvek od horních osvětlovacích otvorů vyšší než od bočních. Zmíněná 3% průměrné hodnoty činitele denní osvětlenosti se tedy vyhodnocují pouze v takových případech. Ovšem v případě sduženého osvětlení musí být v prostoru, kde se takové osvětlení použije, zajištěna průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti bez ohledu na způsob prosvětlení prostoru. Důvod je ten, aby se neosvětlovaly sduženou soustavou prostory s velice špatným stavem denního osvětlení, tedy prostory prakticky bez denního světla. Aby byla zajištěna průměrná hodnota, tak v zóně sduženého osvětlení musí být oblasti, kde je hodnota činitele denní osvětlenosti vyšší než 1%.

(5) Hodnoty celkového umělého osvětlení podle odstavců 3 a 4 se použijí **za předpokladu**, že příslušná česká technická **norma nestanoví** s ohledem na zrakovou náročnost **vyšší hodnotu**.

Minimální hodnoty osvětleností se použijí pouze tam, kde technické normy předepisují hodnotu nižší než je ono minimum. Takové prostory však prakticky v normě nejsou. Pokud ano, tak se obvykle jedná o pracoviště bez obsluhy, nebo jen občasná pracoviště. To však nejsou prostory s trvalou prací, takže se na ně NV nevztahuje.

(6) Pracoviště, na němž je vykonávána trvalá práce a na kterém nemohou být splněny hodnoty pro denní ani pro sdužené osvětlení podle odstavců 3 a 4, se může zřizovat a provozovat jen v případě, že jde o pracoviště

a) pouze s **nočním provozem**,

b) které musí být z **technologických důvodů** umístěno pod úroveň terénu,

c) jehož účel nebo **konstrukční požadavky neumožňují** zřídít dostačující počet nebo dostatečnou velikost osvětlovacích otvorů,

d) na němž zpracováváný materiál, povaha výrobků nebo činnosti **vyžadují vyloučení denního světla** nebo zvláštní požadavky na osvětlení, například použití technologicky nutných vlnových délek spektrálního složení světla, které nelze docílit denním osvětlením,

e) kde je nutné zajištění **ochrany zdraví** zaměstnance před pronikáním chemické látky, aerosolu nebo prachu z výrobní nebo jiné činnosti, jejichž zdrojem je technologie.

Bezokenní prostory, to jsou takové prostory, kde se denní osvětlení vůbec nevyskytuje, nebo dosahuje hodnot menších než je přípustné i pro sdužené osvětlení. Například jednotky prodejních

center automaticky nespádají do výjimek dle §45 odst. 6., tam spadá pouze pracoviště uvnitř objektu bez přímé návaznosti na obvodové zdi s osazenými okenními otvory, bez možnosti osvětlení světlíky.

(7) Na pracovišti uvedeném v **odstavci 6**, na němž je vykonávána trvalá práce, musí být dodržena minimální hodnota celkového umělého osvětlení vyjádřeného udržovanou osvětleností $\bar{E}_m = 300 \text{ lx}$; osvětlovací soustavy se zde zřizují tak, aby hodnoty udržované osvětlenosti byly nejméně takové, jako stanoví příslušná česká technická norma k osvětlování vnitřních pracovních prostorů (ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory). U udržovaných osvětleností 300 až 500 luxů včetně se však navýší osvětlenost o 1 stupeň řady osvětlenosti.

V hlubokých místnostech není možné v běžných případech dosáhnout vyhovujícího denního (sdruženého) osvětlení, podobně v centrech měst s hustou zástavbou. Tam ani okno „od zdi ke zdi“ nedokáže požadavky předpisů zajistit. V takovém případě je třeba navrhnout co nejkvalitnější umělé osvětlení a snažit se umístit pracoviště co nejbližší oknům, byť nedostatečně velkým. Pozorný zaměstnavatel zajistí „koloběh pracovníků ve firmě“... pokud je to jen trochu možné, umožní jim co nejdelší část pracovní doby strávit v místech s vyhovujícím denním osvětlením. I kdyby to nebyla doba delší než je specifická pro trvalý pobyt.

(8) V **místnosti pro odpočinek** podle § 55 odst. 3 denní osvětlení vyjádřené minimálním činitelem denní osvětlenosti musí být $D_{\min} = 1,0 \%$.

NV předepisuje intervaly údržby osvětlovacích otvorů a osvětlovacích soustav dle míry znečištění ovzduší prachem a chemickými látkami.

(9) **Osvětlovací otvory, osvětlovací soustavy zajišťující umělé osvětlení** a části vnitřních prostor pracoviště odrážející světlo **musí být pravidelně čištěny** a trvale udržovány v takovém stavu, **aby vlastnosti osvětlení byly zachovány**.

Samozřejmě, že je to chápáno tak, že se vlastnosti osvětlení v průběhu času mění. Avšak nesmí klesnout konečná osvětlenost \bar{E}_m pod projektované (a předepsané ČSN EN 12464-1) hodnoty.

Osvětlovací otvory včetně ochranných prvků musí umožňovat jejich bezpečné používání, údržbu a čištění a nesmí ohrožovat další osoby zdržující se v objektu nebo v jeho okolí během údržby a čištění. Zaměstnanci musí být umožněno manipulovat s okny nebo světlíky, pokud jsou otevíratelné, otevírat, zavírat, nastavovat nebo zajišťovat z podlahy bezpečným způsobem; jsou-li otevřeny, musí být zajištěny v takové poloze, aby se předešlo riziku úrazu.

(10) Na pracovišti **bez technologického zdroje** prachu a chemických látek se čištění provádí **minimálně jednou za 2 roky**, na pracovišti **s technologickým zdrojem** prachu a chemických látek jako sekundárních produktů z technologického procesu se čištění provádí zpravidla **dvakrát ročně** a na pracovišti **s technologickým zdrojem** prachu a chemických látek jako nedílné součásti technologického procesu se čištění provádí zpravidla **čtyřikrát ročně**. Lhůty pro čištění se mohou rovněž stanovit podle činitele znečištění upraveného v české technické normě pro denní a umělé osvětlení (ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov, ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory, ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory).

NV ze závazňuje ČSN EN 1838 Nouzové osvětlení - pro pracovní prostory, kdy je nutné vzhledem k riziku zřídit nouzové osvětlení.

(11) Pracoviště včetně spojovacích cest, na kterých je zaměstnanec při výpadku umělého osvětlení vystaven **ve zvýšené míře možnosti úrazu** nebo jiného poškození zdraví, musí být vybaveno vyhovujícím **nouzovým osvětlením** podle příslušné české technické normy upravující nouzové osvětlení (ČSN EN 1838 Světlo a osvětlení - Nouzové osvětlení)

Jaké jsou požadované hodnoty **nouzové únikového osvětlení dle ČSN EN 1838:**

(osvětlenosti se měří na podlaze)

$\geq 5 \text{ lx}$ - východ, dveře, schodiště, změna směru, hasicí přístroj, první pomoc, mimo únikovou cestu...

$\geq 1 \text{ lx}$ - únikové cesty

$\geq 0,5 \text{ lx}$ - veřejné prostory

Doplňný paragraf §45a je věnován venkovním pracovištím. Přibyl zde soubor norem pro osvětlování pozemních komunikací uvnitř areálů.

§ 45a

Osvětlení venkovních pracovišť

Umělé osvětlení venkovních pracovišť a spojovacích cest musí odpovídat náročnosti vykonávané práce na zrakovou činnost a ochranu zdraví **v souladu s normovými hodnotami** a požadavky české technické normy na osvětlení venkovních pracovních prostor (ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory, Osvětlování pozemních komunikací - ČSN CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Výběr tříd osvětlení, ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky; ČSN EN 13201-3 Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet a ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření).

Dle Směrnice rady 89/654/ESH čl. 2 **definice pracoviště** zní:

Pracovištěm se rozumí místo určené pro umístění pracovních míst v budovách podniku nebo závodu, na které má zaměstnanec přístup v rámci své práce

V § 50 jsou popsány vlastnosti a uspořádání pracovišť se zobrazovacími jednotkami - což jsou nejčastěji používaná PC.

Hlava IV

Podmínky ochrany zdraví při práci se zobrazovacími jednotkami

§ 50

Bližší hygienické požadavky na zobrazovací jednotky

(1) Na obrazovce zobrazovací jednotky se nesmí vyskytovat kmitání, plavání či poskakování znaků, řádků, **střídání jasů** a podobně. Jas a kontrast mezi znaky a pozadím na obrazovce musí být snadno regulovatelný i vzhledem k okolním podmínkám. Obrazovka musí svou konstrukcí umožňovat posunutí, natáčení a naklání podle potřeby zaměstnance. **Musí být umístěna tak, aby na ní nevznikaly reflexy ze svítidel či z jiných zdrojů, jako jsou okenní otvory, světlé stěny, nábytek a podobně.** Vzdálenost obrazovky **od očí** pro obvyklou kancelářskou práci nesmí být menší než **400 mm**, **jas obrazovky** nesmí být menší než 35 cd/m^2 .

(2) Klávesnice musí být při trvalé práci oddělena od obrazovky, aby zaměstnanci umožnila zvolit nejvhodnější pracovní polohu. Volná plocha mezi předním okrajem desky stolu a spodní hranou klávesnice musí umožňovat opření rukou i zápěstí. **Povrch klávesnice** musí být **matný**, aby na něm **nevznikaly reflexy**. Písmena, číslice a **symbols** na tlačítkách musí být **dobře čitelné a kontrastní proti pozadí**.

(3) Rozměry desky stolu musí být zvoleny tak, aby bylo možné proměnlivé uspořádání obrazovky, klávesnice a dalšího zařízení. **Deska pracovního stolu** a dalšího zařízení musí být **matná**, aby na ní **nevznikaly reflexy**. Držák pro písemnosti musí být umístěn co nejbližší k obrazovce, tak aby pohyby hlavy a očí byly omezeny na minimum. Opěrka pro dolní končetiny musí být poskytnuta každému, kdo ji vyžaduje.

§55

(3) Místnost pro odpočinek se zřizuje, pokud to vyžaduje bezpečnost a ochrana zdraví při práci, zejména s ohledem na vykonávanou činnost a v blízkosti pracoviště. Místnost pro odpočinek musí být dostatečně velká, větraná, **osvětlena denním světlem podle § 45 odst. 8** a vytápěna nejméně na 20°C . Vybavuje se sedacím nábytkem s opěrkami zad a stoly tak, aby jejich počet odpovídal počtu zaměstnanců nejpočetněji zastoupené směny. Pokud má sloužit i pro konzumaci jídla, musí mít v dostatečném množství zajištěnu tekoucí pitnou a teplou vodu a musí být vybavena umývadlem, kuchyňským dřezem a zařízením na ohřívání a uchovávání jídla. Na místnost pro odpočinek, která musí být z technologických důvodů umístěna pod úroveň terénu, se nevztahuje požadavek zajištění denního osvětlení a přirozeného větrání.

Hlava VIII
Požadavky na malování
§ 55a
Úklid

Úklid pracoviště, sanitárních a pomocných zařízení se provádí na pracovišti s technologickým zdrojem prachu, chemických látek nebo směsí, látek uvedených v § 16 nebo jiných zdrojů znečištění jako nedílné součásti technologického procesu a na pracovišti s technologickým zdrojem prachu, chemických látek nebo směsí, látek uvedených v § 16 nebo jiných zdrojů znečištění jako sekundárních produktů z technologického procesu denně. Na pracovišti bez technologického zdroje prachu, chemických látek nebo směsí, látek uvedených v § 16 a jiných zdrojů znečištění **se úklid provádí podle zpracovaného harmonogramu zaměstnavatele.**

V novele č. 68/2010 Sb. bylo v §55b podrobně stanoveno jak často se má malovat.

- 1) *pracoviště bez prachu a chem. látek - 1× za 8 let*
- 2) *pracoviště s tech. prachem a chem. látkami jako sekundárním produktem - 1× za 6 let*
- 3) *pracoviště s tech. prachem a chem. látkami jako součástí technologie - 1× za 2 let*
- 4) *lhůty se prodlužují o 2 roky, pokud je pracoviště do 5 zaměstnanců.*

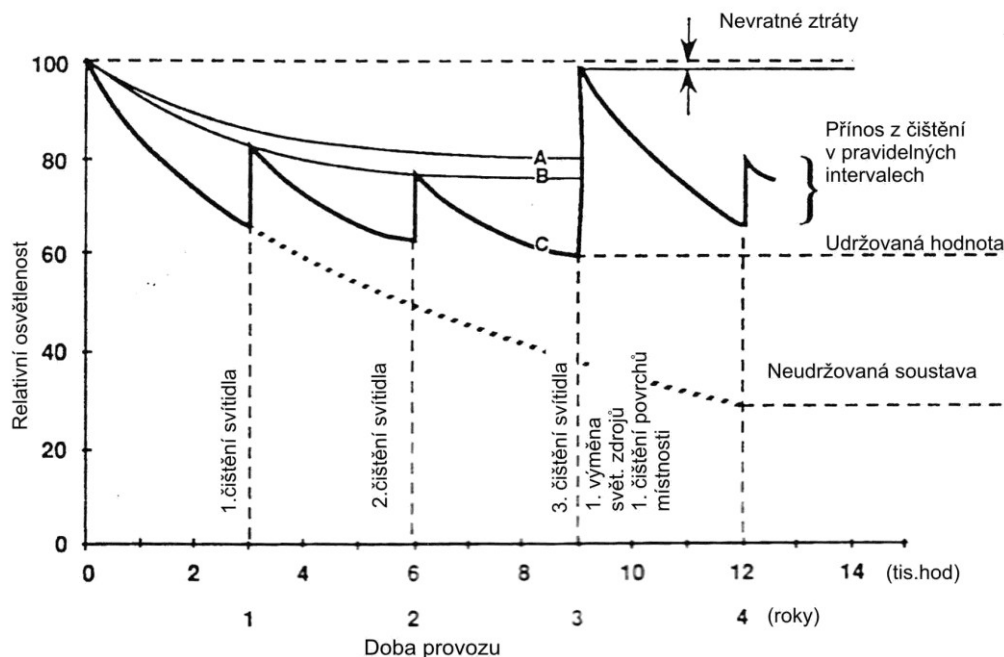
Tento paragraf byl nahrazen pouze obecným ustanovením

§ 55b
Malování

(1) Obnova maleb a nátěrů povrchů vymezujících osvětlovaný prostor na pracovišti včetně spojovacích cest se provede podle plánu údržby, zpracovaného s přihlédnutím k udržovacímu činiteli, který byl pro uvedené prostory navržen při uvádění těchto prostor do trvalého užívání.

(2) Odstavec 1 se nevztahuje na pracoviště v podzemí hlubinných dolů.

Důležitost provádění údržby je patrná z grafu uvedeného v TNI 36 0451 Údržba vnitřních osvětlovacích soustav (obr. 1)



obr. 1 Příklad průběhu osvětlenosti v závislosti na čase

Interval obnovy maleb je vhodné stanovit v rámci návrhu osvětlovacích soustav. Tak aby byly optimální investiční i provozní náklady. Ostatně NV připouští stanovení lhůt pro čištění podle odpovídajících technických norem.

Přehled předpisů:

Směrnice rady 89/654/EHS

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci novelizované NV č. 68/2010 Sb. a NV č. 93/2012 Sb.

Nařízení vlády NV č. 106/2010 Sb., kterým se mění NV č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením.

Nařízení uvádí následující normy a požaduje dodržení normových hodnot a normových požadavků v nich uvedených. Normy jsou závazné:

ČSN 73 0580 - 1 Denní osvětlení budov - Část 1: Základní požadavky

ČSN 73 0580 - 2 Denní osvětlení budov - Část 2: Denní osvětlení obytných budov

ČSN 73 0580 - 3 Denní osvětlení budov - Část 3: Denní osvětlení škol

ČSN 73 0580 - 4 Denní osvětlení budov - Část 4: Denní osvětlení průmyslových budov

ČSN 36 0020 Sdružené osvětlení

ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory

ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory

ČSN CEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací - Část 1: Výběr tříd osvětlení

ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací - Část 2: Požadavky

ČSN EN 13201-3 Osvětlení pozemních komunikací - Část 3: Výpočet

ČSN EN 13201-4 Osvětlení pozemních komunikací - Část 4: Metody měření

ČSN EN 1838 Světlo a osvětlení - Nouzové osvětlení

TNI 36 0451 Údržba vnitřních osvětlovacích soustav

Normovanie denného osvetlenia v budovách: čo ďalej?

Stanislav Darula, Ing., CSc.

Ústav stavebníctva a architektúry SAV, Bratislava, usarsdar@savba.sk

Abstrakt

Podobne ako v každej vednej disciplíne, aj v oblasti denného osvetlenia budov sa zaznamenáva prírastok nových poznatkov a ich prenos do praxe. Normalizácia umožňuje pomerne efektívne prenášať tieto poznatky a zabezpečovať zvyšovanie kvality výrobkov a vnútorného prostredia. V oblasti denného osvetlenia sa formulovali jeho zdroje, dostupnosť osvetlenosti je už zdokumentovaná v mnohých lokalitách. Pribúdajú nové vedomosti o zmenách vlastností atmosféry a výpočtové modely pre presnejšie simulovanie zmien denného osvetlenia počas roka. Je len málo krajín na svete, ktoré majú zavedené normy na denné osvetlenie budov a ich aj skutočne uplatňujú v praxi. V CEN existuje technická komisia, ktorej aktivity by mali priniesť novú normu s požiadavkami na denné osvetlenie v európskych budovách. Ukazuje sa, že v odbornej verejnosti existuje viac názorov na formulovanie kritérií a požiadaviek na interiérové denné osvetlenie. Príspevok diskutuje o normovaní denného osvetlenia v budovách z celoeurópskeho pohľadu.

Pohľad do súčasnosti cez minulosť

Denné osvetlenie v budovách sa na Slovensku posudzuje podľa normy STN 730580, jej zmeny 2 a časti 2, [1]. Hlavným kritériom pre splnenie požiadavky na vyhovujúce denné osvetlenie je činiteľ dennej osvetlenosti. Nakoľko jeho hodnotu výrazne ovplyvňujú vonkajšie tieniace prekážky, napríklad oproti stojace budovy, tento efekt na jestvujúce budovy sa posudzuje pomocou ekvivalentného uhla tienenia. V obidvoch prípadoch sa predpokladajú vonkajšie svetelné podmienky reprezentujúce zamračené situácie s nízkymi úrovňami osvetlenosti. Pomocou týchto kritérií sa už vo fáze projektovania stavby vytvárajú predpoklady pre zabezpečenie dostatočnej úrovne denného osvetlenia takmer počas celého roka. Ako sa uvádza v [2] kritérium činiteľa dennej osvetlenosti sa úspešne uplatňuje viac ako 60 rokov.

Treba si uvedomiť, prečo sa začalo hodnotiť denné osvetlenie v budovách, a čo bolo dôvodom pre zavedenie činiteľa dennej osvetlenosti do praxe. Začiatkom minulého storočia Anglicko a Nemecko boli prvé krajiny, ktoré začali riešiť preslnenie a osvetlenie budov denným svetlom. V tom čas obidve krajiny patrili k tým najpriemyselnejším s veľkým znečistením atmosféry. Realizácia budov, ktorých vnútorné priestory boli presvetlené a preslnené prispievala k znižovaniu viacerých onemocnení. Je tiež známe porekadlo: „Kam nechodí slnko, tam chodí lekár“.

Teraz sme na začiatku 21. storočia. Povestné londýnske hmlý sú minulosťou a dymiace komíny v Porýnii a Porúrii vystriedali nové technológie, šetnejšie k životnému prostrediu. Zavedením elektrifikácie a elektronizácie sa znečistenie vonkajšieho prostredia značne znížilo. Súčasne spotreba elektrickej energie spotrebičov a rôznych zariadení sa tiež znižuje, pričom spotreba elektrickej energie v spoločnosti stúpa. Rôzne štúdie ukazujú, že spotreba elektrickej energie na osvetlenie vnútorných priestorov sa môže podieľať 5% až 20% na celkovej spotrebe energie pri prevádzke budov. V súčasnosti, okrem zabezpečenia dostatočného prirodzeného osvetlenia sa požaduje aj efektívne nakladanie s jeho výskytom. A tak, okrem činiteľa dennej osvetlenosti a normovania podmienok zamračenej oblohy sa hľadajú spôsoby, ako účinne využiť i situácie, kedy denného svetla je nadbytok. Stále platí názor [3], že návrh domov by mal rešpektovať podmienky krajiny a klimatické rozdiely. Preto nie je náhoda, že využiteľnosť denného svetla sa uberať týmto smerom. Je zaujímavé, že len európske krajiny v pásme zemepisnej šírky 45° – 50° majú normy na hodnotenie denného osvetlenia v budovách. Len niekoľko z nich používa kritérium činiteľa dennej osvetlenosti. Je to možno tým, že v tomto pásme počas roka prevládajú zamračené oblohy a výpočtom získané výsledky sa dajú verifikovať meraniami. Je to aj tým, že v zimnom období je v týchto krajinách nedostatok denného svetla a v letnom prebytok? V južných a severných krajinách tieto rozdiely nie sú až tak výrazné. Na juhu Európy sú posunuté do prebytku naopak na severe do nedostatku denného svetla.

Žiaľ v niektorých európskych krajinách sa zdravie užívateľov v budovách len deklaruje, v skutočnosti biznis napojený na energetické úspory je dominantný. V zahraničí sa možno stretnúť s viacerými aktivitami tvorby a hodnotenia „dobrých budov“ ako LEED, GREEN GLOBES, BEAM [4], pasívne domy a domy s rôznymi

ďalšími prívlastkami. V týchto hodnotiacich systémoch sa zdravé svetelné prostredie môže stratiť, prípadne rozplynúť v spleti rôznych váh, bodov a známk.

Ukazuje sa, že zavedenie normy do systému navrhovania a posudzovania budov je jedným z najúčinnejších nástrojov zabezpečenia požiadaviek človeka a rozvoja príslušnej odbornej oblasti. Normy majú zabezpečiť záujmy toho, kto ich vydáva [3]. Je to tak. Sme súčasťou európskeho priestoru, európskeho trhu a tým naše postavenie je zložitejšie, lebo musíme chrániť svoje záujmy a tiež vytvárať podmienky pre prenikanie a naše rovnocenné postavenie v európskom priestore.

Hlavné otázky, pred ktorými dnes stojíme sú:

- Potrebujeme Európa normu „Denné osvetlenie v budovách“?
- Je lepšie mať vlastnú normu, izolovanú od európskeho diania?
- Je lepšie mať normu naviazanú na európske dianie s národnými špecifikáciami, aj za cenu zmiernenia požiadaviek?

Skúsenosti na Slovensku aj v Čechách ukazujú, že svetelnotechnickými normami možno účinne regulovať hustotu a výšku mestskej zástavby a dávať jej ľudský rozmer. Ten chýba husto osídleným mestám napr. v Číne, Singapoure, USA, Japonsku ..., v ktorých kapitál investora môže ťahať budovy do veľkých výšok.

Myslenie a predstavy o osídlení v Európe tradične uprednostňujú nižšiu zástavbu a viac menej zohľadňujú miestne klimatické podmienky, asi tak, ako to bolo napísané pred 2000 rokmi [3].

Potrebuje Európa normu „Denné osvetlenie v budovách“?

Na túto tému sa dá veľa diskutovať a argumentovať. Diane v odbornej verejnosti sa v oblasti denného osvetlenia budov uberá niekoľkými smermi. Na jednej strane sú snahy o zachovanie súčasného stavu prípadne jeho modifikáciu, pri ktorých sa používa činiteľ dennej osvetlenosti pre hodnotenie dennej osvetlenosti v mieste zrakovej práce. Paradoxne dva názory na spôsob navrhovania a posudzovania denného osvetlenia v budovách rozdeľujú odborníkov na tzv. „praktikov“ a „akademikov“. Prečo je použité slovo paradoxne? Obidvaja majú rovnaký cieľ, zabezpečiť v budovách čo najlepšie svetelné podmienky. Prví idú cestou jednoduchých postupov, druhí hľadajú spôsoby, ako čo najlepšie využiť prírodné zdroje pre potreby človeka. Najväčším zjednodušením riešenia problému je konštanta, menším je zavedenie lineárnej funkcie. Pokiaľ prvý prístup nám všetko zrovná na jednu úroveň, v druhom zistíme, že sme pekne zoradení v jednom šiku. Napriek tomu, zjednodušenia riešenej problematiky majú veľký význam, hlavne pre rutinné, praktické a manuálne práce. Pri využívaní výpočtovej techniky si možno dovoliť riešiť úlohy komplexnejšie, vyhnúť sa hrubým odhadom a pracovať s poznatkami presnejšie. Aj tu treba pamätať na obmedzenia, ktoré vyplývajú z reálnej praxe. Jedná sa hlavne o jednoznačnosť vypočítaných výsledkov, jasnú špecifikáciu vstupov a výpočtových postupov. Vývoj vo svete sa uberá hlavne týmto smerom. Pre nás to znamená pripravovať spoľahlivé podklady do výpočtových postupov, aby programy boli pre špecialistu jednoduché a zrozumiteľné. Pri zjednodušovaní postupov platí, že treba mať veľmi dobré vedomosti a skúsenosti v danej oblasti. Bez nich sa želaný cieľ nemusí dosiahnuť. Pri tzv. zložitých a komplikovaných prístupoch je práca jednoduchšia, lebo existuje manévrovací priestor pre prípadné korekcie, doplnky a úpravy, ktoré dovoľia ľahšie sa dostať k želanému cieľu.

Na druhej strane sa navrhujú nové kritéria a hodnotiace systémy pre tvorbu „dobrých“ stavieb. V týchto prístupoch sa môže stať, že denné osvetlenie bude prevážené inými parametrami, výsledkom čoho môže byť vysoko ohodnotená budova s nevyhovujúcim denným osvetlením. Mnohým týmto aktivitám sa možno vyhnúť práve zavedením štandardov pre zaručenie skutočnej kvality svetelného prostredia. Dejiny nás učia, že jeden má malú silu, dvaja zvládnu málo a väčšina presadí všetko.

Európa je v súčasnosti otvorený priestor v ktorom je značný pohyb aj našich ľudí. Asi má význam rozmýšľať o tom, aké bude denné osvetlenie v interiéroch budov nielen v našej krajine ale aj krajinách, kde naši ľudia pracujú, kde naše deti chodia do školy a kde sa my často rekreujeme. Ak toto vieme zabezpečiť, potom by sme mali rozmýšľať o tom, ako prispieť svojimi poznatkami a skúsenosťami k tvorbe normy aplikovateľnej v celej Európe. Áno, aplikovateľnej, lebo je veľa noriem, ktorých ustanovenia sú v praxi nerealizovateľné, alebo vytvárajú zbytočné problémy (napríklad normovanie veľkosti uhoriek v EU).

Je lepšie mať vlastnú normu?

Táto otázka je veľmi dôležitá a vyžaduje vysokú vnútornú zodpovednosť. Je veľa krajín, ktoré uplatňujú v rôznych oblastiach vlastné normy i keď existujú európske. Samozrejme, tie európske sa musia zaviesť do systému normalizácie. Normy nie sú záväzné a v bežnej praxi rozhoduje, čo sa bude uplatňovať. Pri práci s vlastnou, od sveta izolovanou normou, je potrebné zvážiť klady a zápory takéhoto rozhodnutia.

Je lepšie mať európsku normu?

Na Slovensku máme dlhoročnú tradíciu posudzovania denného osvetlenia v budovách. Existujú normy [4], ktoré sú architektmi a štátnou správou rešpektované, normy, ktorými špecialisti dokážu zabezpečiť dobré svetelné podmienky pre zrakové práce. Nedostatkom našich noriem je, že neobsahujú kritéria pre elimináciu preslnenia v prípadoch, keď do interiéru svieti slnko. To sa len deklaruje.

Prax ukazuje, že prístup ľudí k dennému svetlu v budovách je nielen o úrovniach osvetlenosti v mieste zrakovej práce, ale aj ďalších hľadiskách, ktoré podmieňujú existenciu kvalitných podmienok pre ich pobyt v interiéroch. Ambíciou európskej normy je vytvoriť rámec požiadaviek pre tento širší záber. Koncept návrhu EN normy z 2012 je zobrazený na Obr. 1, [5]. Tento sa opiera hlavne o dva dokumenty EU legislatívy: smernica 89/654/EC z 30. novembra 1989 a článok 153 Zmluvy o fungovaní Európskej únie.

Predmet
Termíny a definície
Požiadavky
Denné osvetlenie
Výhľad
Oslnenie
Preslnenie
Overenie
Prílohy

• Obrázok 1: Koncept EN normy pre denné osvetlenie v budovách

Na prvý pohľad z doterajšej diskusie o kritériách EN normy by sa zdalo, že ňou zabezpečíme lepšie svetelné podmienky. V skutočnosti sa požadovaná úroveň osvetlenosti garantuje len pre polovicu času v roku, nie tak ako teraz u nás, kde umelé osvetlenie by sa malo zapínať, keď vonkajšia osvetlenosť poklesne pod 5000 lx. Takýchto situácií je podstatne menej, ako pri použití nového navrhovaného kritéria. Ukazuje sa, že zavedením európskej normy by sa zmäčkili požiadavky na denné osvetlenie v budovách, [6].

Je lepšie mať európsku normu na denné osvetlenie v budovách? Odpoveď na túto otázku určuje, koľko denného svetla skutočne budeme mať v interiéroch, a ako bude v budúcnosti buď stagnovať alebo sa rozvíjať vedná disciplína denné osvetlenie.

Záver

Už niekoľko rokov sa pripravuje EN norma Denné osvetlenie v budovách. V tomto roku sa ukázalo, že nie je jednoduché nájsť jednotné kritéria pre návrh denného osvetlenia, ktoré by sa dali uplatniť vo všetkých krajinách Európy. Tvorbu tejto normy komplikujú ešte predpisy, ktoré sú zavedené v niektorých európskych štátoch. Zaujímavé je, že takmer na každej konferencii venovanej osvetľovaniu a svetelnej technike sa objavujú riešenia a výzvy na lepšie a dokonalejšie využívanie denného svetla. Navyše, aktivity v CIE, ISO, CIB, IEA a ďalších profesijných organizáciách venujú nespočetné množstvo hodín úvahám a riešeniam na zhodnotenie potenciálu denného svetla. Treba veriť, že tento potenciál sa využije zmysluplne v celej Európe.

Pod'akovanie

Príspevok podporil projekt APVV-0177-10, výpočty osvetlenosti projekt VEGA 2/0029/11.

Literatura a odkazy

- [1] STN 73 0580-1, 2, Z2. Denné osvetlenie budov.
- [2] Kaňka, J. O normách a denním osvětlení. Světlo, 2012, 5, s. 53-55.
- [3] Vituvius, M. P. The ten books on architecture. Dover Publications, INC. NY, 1960.
- [4] Hraška, J. Criteria of daylighting and sunlight Access in sustainable construction evaluation systems. Proc. Int. Conf. Solaris 2011, p. 98-103
- [5] Report of the meeting to Agree a Strategy for CEN TC 169 WG 11, Berlin 24/09/12.
- [6] Daruľa, S., Fabian, M. Impact of new CEN criterion on the minimum illuminance values of the work plane. Comparative study. VEGA 2/0029/11 R12.1, ICA SAS Bratislava, 2012.

Změny v nové normě ČSN EN 12464-1 oproti stávajícímu stavu

Pavel Stupka, Ing.

ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem, Plzeň - Oddělení faktorů prostředí, pavel.stupka@zuusti.cz

Úvodem

V březnu letošního roku vstoupilo v platnost revidované znění normy ČSN EN 12464-1 - Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory [1] - tato norma po osmi letech nahradila starou ČSN EN 12464-1 z března 2004. Novou normu budu dále v textu dále značit jako **NN**, starou pak jako **SN**.

Na poslední tři strany **NN** byla doplněna informativní Národní příloha, která nahradila původní dvanáctistránkovou Národní přílohu ČSN EN 12464-1 Změna Z1 - Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory z října 2005 [4]. Novou Národní přílohu budu dále značit jako **NA**.

Současně s **NN** vyšla také novelizovaná „názvoslovná norma“ ČSN EN 12665 - Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení [2], která nahradila ČSN EN 12665 z dubna 2003.

Pro projektanty, hygieniky a další profese je nezbytné, aby si nové normy zakoupili, důkladně se s nimi seznámili a nadále se jimi řídili. Je rovněž nutné začít jednotně používat nová označení veličin (např. U_o pro rovnoměrnost nebo MF pro udržovací činitel).

V přednášce na konferenci budou některé vybrané změny oproti stávajícímu stavu podrobněji vysvětleny a komentovány. Zde se omezím pouze na stručný přehled.

Předmluva

V předmluvě **NN** na straně 6 jsou hlavní technické změny revidovaného znění normy uvedeny:

- je uvažována důležitost denního osvětlení; požadavky na osvětlení jsou všeobecně použitelné nezávisle na tom, je-li poskytováno umělým nebo denním osvětlením nebo jejich kombinací,
- jsou specifikovány požadavky na minimální osvětlenost stropů a stěn,
- je specifikována válcová osvětlenost a detailní informace o podání tvaru (modelaci),
- rovnoměrnost osvětlení je přiřazena zrakovým úkolům a činnostem,
- je definováno pozadí úkolu a specifikováno jeho osvětlení,
- je definována síť kontrolních bodů podle EN 12464-2,
- jsou uvedeny nové limity jasů svítidel používaných u zobrazovacích jednotek (display screen equipment, DSE) podle ISO 9214-307.

V dalším textu nebudu provádět výklad normy. Omezím se pouze na postupné uvádění některých vybraných (tedy nikoli všech) změn, které považuji za významné. Citace z **NN** jsou napsány *kurzívou*.

1 Předmět normy

Přibyla nová věta. *Osvětlení může být zajištěno denním světlem, umělým osvětlením nebo jejich kombinací.* Tato jednoduchá věta může být zdrojem mnoha účelových sporů. Bližší vysvětlující komentář zazní na konferenci.

4.2.2 Činitele odrazu povrchů

Doporučený rozsah činitelů odrazu povrchů místnosti v **NN** doznal určitých změn oproti **SN**:

strop 0,7 - 0,9 (dříve 0,6 - 0,9)

stěny 0,5 - 0,8 (dříve 0,3 - 0,8)
podlaha 0,2 - 0,4 (dříve 0,1 - 0,5)

4.2.3 Osvětlenost povrchů

Zde se jedná o úplnou novinku. **NN** zavádí požadavek na udržovanou osvětlenost stěn a stropu, stejně jako rovnoměrnost osvětlení na těchto površích.

$\bar{E}_m > 50 \text{ lx}$ při $U_o \geq 0,10$ na stěnách,

$\bar{E}_m > 30 \text{ lx}$ při $U_o \geq 0,10$ na stropu.

POZNÁMKA 1 Je pochopitelné, že v některých prostorech, jako jsou regálové sklady, ocelárny, železniční terminály atd. v důsledku jejich velikosti, složitosti a funkčního vymezení nelze požadované úrovně osvětlení dosáhnout. V těchto prostorech je snížení doporučených hodnot akceptovatelné.

POZNÁMKA 2 V některých uzavřených prostorech, jako jsou kanceláře, vstupní prostory vzdělávacích a zdravotnických zařízení, chodby, schodiště atd. je třeba, aby stěny a strop byly světlejší. Doporučuje se, aby udržovaná osvětlenost na hlavních površích měla tyto hodnoty: $\bar{E}_m > 75 \text{ lx}$ při $U_o \geq 0,10$ na stěnách a $\bar{E}_m > 50 \text{ lx}$ při $U_o \geq 0,10$ na stropu.

Místo, aby se řešily jasy povrchů, požaduje se jejich osvětlenost. Z hlediska výpočtů se nejedná o nikterak velkou komplikaci. Projektant kromě sítě kontrolních bodů na srovnávací rovině rozmístí sítě i na stěnách a stropě. Průměrnou hodnotu počátečních osvětleností poté vynásobí udržovacím činitelem. Raději nebudu situaci příliš pitvat a budu zjednodušeně předpokládat, že udržovací činitel bude pro všechny povrchy stejný, jako pro srovnávací rovinu.

Naopak měření bude přinášet nemalé problémy. Rozměřování sítí měřících bodů na stěnách a stropě může být komplikované nebo zcela nemožné. Vydání novelizace normy na měření osvětlení považují za nezbytné. Bližší vysvětlující komentář zazní na konferenci.

4.3.3 Osvětlenost místa zrakového úkolu

Řada osvětleností zůstává beze změny. Je však třeba počítat (a měřit) ve stanovené síti kontrolních bodů - viz kapitola 4.4.

V **NN** vypadla poslední věta, která v **SN** konstatovala, že v prostorech s trvalým pobytem osob nesmí být udržovaná osvětlenost menší než 200 lx.

Dále přidávám důležitou citaci:

Velikost a poloha místa zrakového úkolu mají být uvedeny a zdokumentovány.

Pro pracovní místa, kde není známa velikost a/nebo poloha místa (míst) zrakového úkolu:

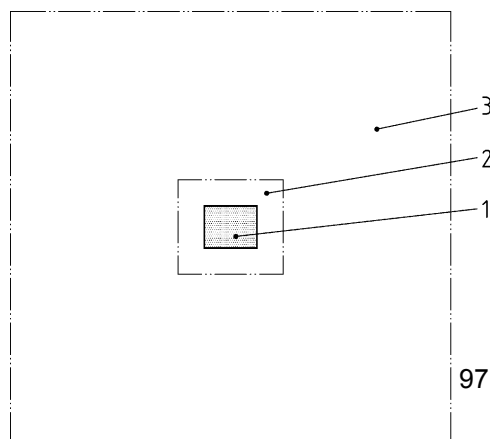
- se buď celá plocha považuje za místo zrakového úkolu,
- nebo je celá plocha rovnoměrně ($U_o \geq 0,4$) osvětlena na hodnotu osvětlenosti stanovenou projektantem; pokud se místo zrakového úkolu stane známým, musí se návrh osvětlovací soustavy změnit tak, aby byly zajištěny požadované osvětlenosti.

Není-li znám typ zrakového úkolu, má projektant předpokládat nejpravděpodobnější zrakový úkol a určit příslušné požadavky tohoto úkolu.

Oproti **SN**, kde byly dány požadavky pro místo zrakového úkolu a jeho bezprostřední okolí, přibývá v **NN** ještě třetí zóna - pozadí zrakového úkolu.

Legenda

1. místo zrakového úkolu
2. bezprostřední okolí úkolu (pás šířky alespoň 0,5 m kolem místa zrakového úkolu uvnitř zorného pole)



3. pozadí zřakového úkolu (alespoň 3 m široká plocha přilehlá k bezprostřednímu okolí úkolu v mezích prostoru)

4.3.4 Osvětlenost bezprostředního okolí úkolu

V příslušné tabulce **NN** přibyl řádek oproti **SN**. Osvětlenosti místa zřakového úkolu 200 lx odpovídá osvětlenost bezprostředního okolí úkolu 150 lx. Až pro osvětlenosti $\bar{E} \leq 150$ lx (dříve pro 200 lx) musí osvětlenost bezprostředního okolí odpovídat osvětlenosti místa úkolu.

4.3.5 Osvětlenost pozadí úkolu

Pozadí úkolu je novinkou v **NN**. Proto odstavec ocitují celý.

Ve vnitřních pracovištích, zejména v těch bez denního osvětlení, vyžaduje velká část všech aktivních a obsazených míst zřakového úkolu osvětlení. Plocha známá jako „pozadí úkolu“ má mít šířku alespoň 3 m, má přiléhat k bezprostřednímu okolí úkolu v mezích prostoru a musí být osvětlena na hodnotu udržované osvětlenosti rovnou 1/3 hodnoty osvětlenosti bezprostředního okolí úkolu.

Velikost a poloha pozadí úkolu má být uvedena a dokumentovány.

Takže například pro kancelář bude $E_{\text{úkolu}} - E_{\text{okolí}} - E_{\text{pozadí}} \quad 500 \text{ lx} - 300 \text{ lx} - 100 \text{ lx}$.

4.3.6 Rovnoměrnost osvětlení

V **SN** byla požadovaná rovnoměrnost osvětlení stanovena jednotně pro místo zřakového úkolu $U_o \geq 0,7$ i pro bezprostřední okolí úkolu pak $U_o \geq 0,5$.

Současná **NN** stanovuje jednotně rovnoměrnost osvětlení pouze pro bezprostřední okolí úkolu $U_o \geq 0,4$ a pro pozadí úkolu $U_o \geq 0,1$. Požadovaná rovnoměrnost osvětlení místa zřakového úkolu již není dána shodně, ale je uvedena v tabulkách kapitoly 5 pro každé referenční číslo zvlášť.

4.4 Síť kontrolních bodů osvětlenosti

Další úplná novinka v **NN**. Projektant již nemůže síť kontrolních bodů pro výpočet osvětlení volit libovolně. Nejprve citace z **NN**.

Pro místo zřakového úkolu, bezprostřední okolí úkolu a pro pozadí úkolu musí být vytvořeny sítě kontrolních bodů pro výpočet a kontrolu hodnot osvětlenosti.

Upřednostňuje se přibližně čtvercová síť, poměr délky a šířky buňky sítě musí být mezi 0,5 a 2 (viz také EN 12193 a EN 12464-2). Maximální rozměr buňky sítě musí být:

$$p = 0,2 \cdot 5^{\log_{10} d} \quad (1)$$

kde

$$p \leq 10$$

d je delší rozměr plochy (m), je-li však podíl delší strany ke kratší roven 2 nebo je větší, je d kratším rozměrem plochy,

p je maximální rozměr buňky sítě (m).

Počet bodů v příslušném rozměru plochy je dán nejbližším celým číslem podílu d/p .

Výsledná vzdálenost mezi body sítě se použije pro výpočet nejbližšího celého čísla bodů sítě ve směru kratšího rozměru. Z toho vyplyne i poměr délky k šířce buňky sítě blízký 1.

Pruh o šířce 0,5 m od stěn se z výpočtu vylučuje kromě případu, je-li místo zřakového úkolu v této okrajové oblasti nebo do ní zasahuje.

Vhodný rozměr sítě musí být použit na stěnách a stropu, včetně užití pruhu o šířce 0,5 m.

POZNÁMKA 1 Rozteče bodů sítě by se neměly shodovat s roztečí svítidel.

POZNÁMKA 2 Vztah (1) (vychází ze zprávy CIE x005-1992) byl odvozen za předpokladu, že p je úměrné $\log d$, kde:

$$p = 0,2 \text{ m pro } d = 1 \text{ m};$$

$p = 1 \text{ m}$ pro $d = 10 \text{ m}$;
 $p = 5 \text{ m}$ pro $d = 100 \text{ m}$.

POZNÁMKA 3 Typické hodnoty rozteče bodů sítě jsou uvedeny v tabulce A.1.

Tolik citace, nyní komentář:

Typické hodnoty roztečí sítě p jsou uvedeny v tabulce A.1 v příloze A **NN** (strana 38). Pokud je rozměr plochy jiný, je nutné se pustit do výpočtu. Nejprve je třeba určit podíl délky a šířky plochy. U přibližně čtvercových ploch nás zajímá delší strana. Je-li však délka dvakrát (nebo více) větší než šířka pak budeme nadále pracovat s šířkou. Maximální rozměr buňky sítě pak lze například v Excelu, nebo na chytrějších kalkulačkách spočítat pomocí vztahu:

$$0,2 \cdot 5^{\text{LOG}(d)}$$

Pak už zbývá jen určit počet bodů v každém směru pravouhlé sítě. Podél stěn se navíc vylučuje pruh 0,5 metru.

Projektant má situaci poměrně snadnou - výpočet rozměrů sítě kontrolních bodů za něj provede jeho výpočetní program. Jelikož však pro měření osvětlení musí být použity stejné měřicí body jako pro výpočet, budou ve složitější situaci právě měřiči. Ti musí být schopni v terénu sítě sami spočítat.

Je třeba si dávat pozor právě na poměr délky a šířky plochy. Například plocha $6 \times 3,5$ metru (21 m^2) bude pokryta sítí 45-ti bodů (rastr 9×5), zatímco plocha 7×3 metry (také 21 m^2) bude pokryta sítí o dvojnásobném počtu 90-ti bodů (rastr 15×6). V obou případech je vyloučen pruh 0,5 metru od stěn.

Na běžném kancelářském stole o rozměrech $1,6 \times 0,8$ metru bude s uvažováním vyloučeného pruhu 0,1 m podél okrajů potřeba rozmístit plných 50 kontrolních bodů. Na otevřené školní tabuli o rozměrech $4 \times 1,4$ metru pak dokonce 102 kontrolních bodů. Pro projektanta bezproblémové - pro měřiče takřka smrtelné! Především proto, že stejná pravidla, podle kterých určujeme počet kontrolních bodů na srovnávací rovině, platí i pro kontrolní body na stěnách a stropě. Budeme-li se striktně držet textu **NN** a měřit osvětlení v běžné prázdné školní učebně (zatím bez lavic) o rozměrech $10 \times 6 \times 3$ metry s tabulí, pak na srovnávací rovině, tabuli, stěnách a stropě bude třeba uskutečnit 450 náměrů! Tento problém pochopitelně má své řešení a to členové TNK zodpovědně posoudí při připomínkování novelizace normy na měření osvětlení.

4.6 Osvětlení vnitřního prostoru

NN v kapitolách 4.6.1, 4.6.2, 4.6.3 a 4.6.4 nově specifikuje střední válcovou osvětlenost a detailně informuje o podání tvaru (modelaci).

4.7.3 Podání barev

V **NN** oproti **SN** vypadl obecný požadavek, který ve vnitřních prostorech, v nichž osoby pracují nebo pobývají dlouhodobě nepřipouštěl nasazení světelných zdrojů s indexem podání barev menším než 80.

V **NN** oproti **SN** rovněž není zmíněna výjimka pro osvětlování vysokých hal. Veškeré požadavky na R_a jsou pro každé referenční číslo uvedeny v tabulkách 5.1 až 5.53.

4.9 Osvětlování pracovních míst se zobrazovacími jednotkami (DSE)

NN v kapitolách 4.9.1 a 4.9.2 pojednává o správném umístění a uspořádání svítidel, aby nevznikaly rušivé odrazy. Tabulka 4 stanovuje průměrné mezní jasy použitých svítidel.

4.10 Udržovací činitel (MF)

Zrušením Národní přílohy [4] odpadla jedna z dosavadních dvou možností stanovení udržovacího činitele. Tím také dochází ke sjednocení značení udržovacího činitele a jeho dílčích složek. Nově tak je nutné udržovací činitel stanovovat a označovat v souladu s [3]. Je třeba si prověřit metodu stanovení udržovacího činitele, kterou používá Váš výpočetní program. Zdůrazňuji zde, že:

Projektant musí:

- uvést udržovací číselník a přehled všech předpokladů přijatých při odvození jeho hodnoty,
- specifikovat osvětlovací zařízení vhodné pro užití v daném prostředí,
- připravit kompletní plán údržby, včetně intervalů výměny světelných zdrojů, intervalů čištění svítidel, místností a zasklení a způsobů jeho provádění.

4.11 Požadavky na energetickou účinnost

Zde si opět dovoluji uvést doslovnou citaci znění této důležité kapitoly:

Osvětlení má být navrženo tak, aby splnilo požadavky na osvětlení dílčího zraťového úkolu nebo prostoru energeticky úsporným způsobem. Je důležité nedělat kompromisy z hlediska vizuálního pouze za účelem snížení spotřeby energie. Hladiny osvětlení uvedené v této evropské normě jsou minimální průměrné hodnoty osvětlenosti a je třeba je udržovat.

Energetických úspor může být dosaženo využíváním denního světla, reagováním na plán obsazenosti prostorů, zlepšováním provozních vlastností osvětlovací soustavy a plným využíváním ovládání osvětlovací soustavy.

Množství denního světla se mění během dne v závislosti na klimatických podmínkách. Kromě toho ve vnitřních prostorech s bočními okny dostupné denní světlo rychle klesá se vzdáleností od oken. K zajištění požadované hladiny osvětlenosti na pracovních místech a k dosažení rovnováhy jasů uvnitř místnosti lze použít přídavné osvětlení. K zajištění vhodného spolupůsobení umělého a denního osvětlení lze použít automatické nebo manuální ovládání a/nebo stmívání.

Postup pro odhad energetické náročnosti osvětlovací soustavy je uveden v EN 15193. Zavádí metodiku pro výpočet číselného ukazatele energie pro osvětlení (lighting energy numeric indicator, LENI), vyjadřující energetickou náročnost osvětlení budov. Tento ukazatel lze použít pro jednotlivé místnosti pouze pro porovnání, jelikož referenční hodnoty uvedené v normě ČSN EN 15193 jsou sestaveny pro celou budovu.

4.13 Variabilita světla

Jedná se o novou důležitou kapitolu, byť její znění je dosti obecné a proklamativní.

5 Přehled požadavků na osvětlení

Tabulky si každý musí prostudovat sám. Jak již bylo výše zmíněno, tak v **NN** oproti **SN** přibyl jeden sloupec, ve kterém je uvedena požadovaná minimální hodnota rovnoměrnosti osvětlení U_0 . Ta oproti dříve paušálně požadované hodnotě 0,7 pro místo zraťového úkolu je povětšinou mírnější.

6 Ověřovací postupy

V textu se uvádí, že:

Při ověřování shody s požadavky na osvětlenost se musí měřicí body shodovat se všemi kontrolními body nebo sítěmi bodů užitými v návrhu. Ověřování se musí týkat kritéria pro relevantní povrchy.

Při následném měření musí být použity stejné měřicí body.

Při ověřování osvětlenosti týkající se určitého zraťového úkolu se musí měřit v rovině tohoto úkolu.

Vzhledem ke skutečnosti, že počet výpočetních kontrolních bodů je v této normě přesně dán, je dán také počet měřicích kontrolních bodů.

Výrobci svítidel a světelných zdrojů jsou i nadále povinni poskytovat požadované údaje ke svým výrobkům.

Národní příloha NA

Třístránková informativní **NA** je uvedena na závěr nové normy (strana 54-56). Zpřesňuje některá ustanovení **NN**. Je třeba si uvědomit, že původní dvanáctistránková národní příloha [4] z října 2005 již není platná.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 12464-1 - Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory (březen 2012) - nahradila ČSN EN 12464-1 z března 2004
- [2] ČSN EN 12665 - Světlo a osvětlení - Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení (březen 2012) - nahradila ČSN EN 12665 z dubna 2003
- [3] TNI 36 0451 - Údržba vnitřních osvětlovacích soustav (červenec 2006)
- [4] ~~ČSN EN 12464-1 Změna Z1 - Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory (říjen 2005) - již neplatí~~

Měření osvětlení z pohledu novelizace legislativy a norem

Jiří Slezák, Ing.
slezak@ktuo.cz

Úvod

V příspěvku je hlavní pozornost věnována umělému osvětlení vnitřních prostorů. Je zaměřený na posuzování osvětlení na základě měření jeho parametrů. Posuzování osvětlení provádí hygienická služba podle platné legislativy a jí ze závazných požadavků norem.

Současný stav legislativy

Hygienická služba má k dispozici následující legislativu:

Vyhláška Mzd. ČR č. 6 / 2003 Sb. Touto vyhláškou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností staveb zařízení pro výchovu a vzdělávání, vysokých škol, škol v přírodě, staveb pro zotavovací akce, staveb zdravotnických zařízení léčebně preventivní péče, ústavů sociální péče, ubytovacích zařízení, staveb pro obchod a staveb pro shromažďování většího počtu osob.

V této vyhlášce **nejsou uvedeny požadavky na osvětlení** a tak pro jmenované stavby a zařízení nemá hygienická služba žádný legislativní základ pro posuzování.

Vyhláška Mzd. ČR č. 410 / 2005 Sb. a vyhláška č. 343 / 2009 Sb., která ji upravuje. Těmito vyhláškami se stanoví hygienické požadavky na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.

V těchto vyhláškách jsou specifikovány požadavky hygienické služby na osvětlení a je zde požadavek, aby parametry osvětlení odpovídaly požadavkům konkrétních norem.

Vyhláška Mzd. ČR č. 238 / 2011 Sb. Touto vyhláškou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště a sauny.

Jsou v ní požadavky na umělé osvětlení.

Nařízení vlády ČR č. 361 / 2007 Sb. a nařízení vlády ČR č. 68 / 2010 Sb., a č. 93 / 2012 Sb. kterými se toto upravuje. Tato nařízení vlády stanoví podmínky zdraví při práci. V nich jsou stanoveny minimální osvětlenosti pro pracoviště s trvalou prací a také požadavek, aby parametry osvětlení odpovídaly požadavkům konkrétních norem.

Pro potravinářské provozy se požaduje dostatečné denní a umělé osvětlení bez konkrétní specifikace podle **Nařízení EP a rady EHS č. 852 / 2004.**

Uvedená legislativa v dosti případech je nedostatečná pro posuzování osvětlení a převážně se opírá o odkaz na požadavky norem. Přitom normy většinou vznikaly jako doporučený podklad pro návrh osvětlení!

Z hlediska posuzování osvětlení pak je nejhorší, když si to hygienická služba ještě zjednodušuje a požaduje kontrolu splnění všech normových požadavků v celém posuzovaném objektu. Jednak nejsou všechny parametry v terénu měřitelné a jednak by takto kompletní expertíza všech prostorů (pracovišť) byla velice rozsáhlá a drahá. Hygienická služba by měla nejprve v terénu posoudit účel využití, rozsah a náročnost zrakové činnosti v jednotlivých prostorech a požadovat měření a posouzení osvětlení pouze konkrétních parametrů u těch prostorů (pracovišť), které mohou být z hlediska zrakové práce kritické.

Požadavky normy ČSN EN 12464 – 1

Pro umělé osvětlení vnitřních prostorů jsou specifikovány požadavky v normě ČSN EN 12464-1. Konkrétní požadované parametry pro posuzování jsou:

- a) **Měřitelné parametry** (v terénu) – průměrná osvětlenost místa zrakového úkolu, bezprostředního okolí zrakového úkolu, pozadí, osvětlenost povrchů a z měření zjištěná rovnoměrnost osvětlenosti. Dále střední válcová osvětlenost. Postup měření je dán normami ČSN 36 0011-1 a 3. Protože uvedená legislativa požaduje dodržení normových požadavků na parametry osvětlení, je ustanovení normy ČSN EN 12464-1 týkající se minimální rozteče kontrolních bodů a jejich počtu pouze doporučené. Požadavky na minimální rozteče kontrolních bodů jsou velice zjednodušeny a vychází pouze z velikosti posuzované plochy, kde má

být sítí kontrolních bodů. Hustota této sítě ale závisí i na způsobu osvětlení a na druhu i výšce svítidel. Rovněž tak jsou doporučeny ověřovací postupy viz odst. 6 této normy, které jsou určeny pro stanovení shody výpočtu a měření. Je vhodné k nim přihlídnout, ale pro hygienické posouzení také nejsou závazné.

- b) **Neměřitelné parametry** (v terénu) – činitel UGR, minimální úhel clonění, barevný tón světla, činitel podání barev a průměrné mezní jasy svítidel, které se mohou zrcadlit na plochých obrazovkách. Tyto parametry se zjistí z katalogu světelných zdrojů a svítidel nebo, v případě činitele UGR, se spočítají.

Dále norma obsahuje rétorické pasáže k dalším problémům osvětlování. Z její skladby a obsahu je vidět, že je určena hlavně pro návrh osvětlení.

Posuzování osvětlení místa zrakového úkolu, jeho bezprostředního okolí a jeho pozadí.

Nejprve cituji definici termínů dle normy ČSN EN 12665:

Místo zrakového úkolu je místo, kde se vykonává zrakový úkol (zraková činnost nutná pro práci)

Bezprostřední okolí úkolu je pás obklopující místo zrakového úkolu **uvnitř zorného pole**.

Pozadí úkolu je prostor na pracovišti přilehlý k bezprostřednímu okolí úkolu.

Rozhodující pro správné posouzení osvětlení je stanovení místa zrakového úkolu, jeho plošné velikosti i výšky srovnávací roviny pro měření. Toto místo může být různě velké, na pracovišti jich může být i více, v různých rovinách různě nakloněných (horizontální, vertikální, šikmá).

Měření osvětlení v bezprostředním okolí místa zrakového úkolu připadá v úvahu, když se jedná o bodové místní osvětlení a nízké celkové osvětlení pracoviště. Pak vzniká ostrý přechod mezi osvětleností místa zrakového úkolu a jeho okolí. Těchto situací se však mnoho nevyskytuje. Některá pracoviště jsou umístěna u stěny nebo u tělesa stroje či jiné překážky a pak nelze osvětlení okolí posoudit. Bezprostřední okolí se posuzuje pouze pokud se nachází v zorném poli. Protože se často stává, že místo zrakového úkolu není jen jedno, ale je jich na pracovní ploše více, pak se celá pracovní plocha považuje za místo zrakového úkolu a tím je zároveň splněno i osvětlení bezprostředního okolí. Požadované parametry umělého osvětlení viz. tab. 5 v normě ČSN EN 12464-1 se převážně uvádí pro pracoviště nebo pro pracovní činnost. Výjimečně pak pro místo zrakového úkolu (např. operační stůl, tabule apod.). V těchto případech je často uváděn i požadavek na celkové osvětlení. Měření osvětlenosti bezprostředního okolí se bude tedy provádět jen občas. Vhodnější je kontrolovat celkové osvětlení a je vhodné, aby jeho udržovaná osvětlenost byla vyšší než požadavek osvětlenosti bezprostředního okolí úkolu.

Postup měření podle norem ČSN 36 0011 – 1 a 3 je platný pro všechny tři uvedené případy.

Z hlediska měření se jeví vhodné změřit osvětlení pracoviště v síti kontrolních bodů, na výkresu půdorysu s izoluxy vyznačit pracoviště, jejich bezprostřední okolí a pozadí. Posouzení se pak provede pomocí tohoto výkresu.

Posuzování osvětlenosti povrchů.

Měření těchto osvětleností lze pouze u prostorů bez vybavení. Myslím, že tyto parametry jsou v normě uvedeny pouze pro projektové účely.

Měření střední válcové osvětlenosti.

Měří se luxmetrem se speciální úpravou fotonky nebo s fotonkou v držáku umožňujícím natáčet vertikálně umístěnou fotonku o úhel 360°. Měření se provádí v posuzovaném prostoru v síti kontrolních bodů. Toto měření se provádí velice málo.

Závěr.

U pracovišť bych chtěl upozornit na požadavek nařízení vlády č. 361 / 2007 Sb. na minimální osvětlení pracovišť s trvalým pobytem (s trvalou prací). Tento požadavek je v nařízení vlády konkretizován a platí pro celý prostor pracoviště!

Bohužel, vlivem nedokonalé legislativy a jejího zjednodušujícího odkazu na požadavky norem, dochází při hygienické kontrole osvětlení k mnoha nejasnostem i problémům. Cílem tohoto příspěvku bylo objasnit alespoň některé termíny a vztahy z pohledu hygienika.

Současný stav je zapříčiněn nesouladem při tvorbě legislativy i norem a přechodem na evropské normy. Pokud má legislativa používat systém zezávazňování požadavků norem na parametry osvětlení, je nutné, aby existovala úzká spolupráce tvůrců legislativy se světelnými technikami zabývajícími se normami, kteří by měli rozhodující slovo při formulacích požadavků. Spolupráce je nyní velice špatná nebo téměř žádná. Bohužel zásahy právníků a

pracovníků jiných profesí do formulací legislativy týkající se osvětlování působí nesoulad v požadavcích na osvětlování.

Myslím, že postup měření podle ČSN 36 0011 – 1 ÷ 3 není nutné měnit. V případě novelizace těchto norem by se jednalo pouze o drobné úpravy.

Je nutné zajistit úpravu legislativy při její pravidelné novelizaci tak, aby byly její požadavky v souladu s normami, které legislativa chce splnit.

Hodnocení vlivu zastínění na stávající obytnou zástavbu

Iveta, Skotnicová, Ing., Ph.D.

Katedra prostředí staveb a TZB, Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava, iveta.skotnicova@vsb.cz

Příspěvek se zabývá hodnocením vlivu zastínění na stávající obytnou zástavbu z hlediska denního osvětlení, proslunění a oslunění venkovních zařízení a pozemků. Na příkladech z praxe jsou ukázány způsoby výpočtu pomocí simulačních i grafických metod.

Legislativní požadavky na zastínění stávající obytné zástavby novými stavbami

Při hodnocení zastínění stávajících pobytových místností (popřípadě venkovních zařízení a pozemků) novými stavbami nebo jejich novými částmi, je ze strany stavebního úřadu požadováno doložit vliv zastínění jak z hlediska denního osvětlení, tak i proslunění (popř. oslunění pozemku). Dle platné legislativy je nutné prokázat, že zastínění je vyhovující z hlediska normových požadavků [1], [2]. Co se týče zastínění venkovních zařízení a pozemků v okolí obytných budov sloužící k rekreaci jejich obyvatel, není tento požadavek předepsán zákonným předpisem, ale pouze normou [2]. Přesto je obvykle také nutné posoudit i tento vliv.

Hodnocení zastínění z hlediska denního osvětlení obytných místností

Vlivem nové výstavby nesmí dojít k nadměrnému zastínění obytných místností ve stávající zástavbě. Jako hodnotící kritérium slouží činitel denního osvětlenosti D_w [%] roviny zasklení okna z vnější strany. Stínění stávajících vnitřních prostorů se považuje za vyhovující, jsou-li dodrženy požadované nejnižší hodnoty D_w podle tabulky 1.

Kategorie	Typ posuzovaného prostoru, charakter lokality	Nejnižší D_w [%]	Odpovídá úhlu ϵ [°] stínění
1	Prostory s vysokými nároky na denní osvětlení (denní místnosti zařízení pro předškolní výchovu, učebny škol apod.)	35	24
2	Běžné prostory s trvalým pobytem lidí	32	30
3	Prostory s trvalým pobytem lidí v souvislé řadové zástavbě v centrech měst	29	36
4	Prostory s trvalým pobytem lidí v mimořádně stísněných podmínkách historických center měst	24	45

• Tabulka 1: požadované nejnižší hodnoty činitele denní osvětlenosti D_w [%] roviny zasklení okna

Hodnocení zastínění z hlediska proslunění obytných místností

Zastínění stávajících bytů se posuzuje podle proslunění obytných místností v souladu s normovými hodnotami [2].

Hodnocení zastínění z hlediska oslunění venkovních zařízení a pozemků

Zastínění stávajících venkovních zařízení a pozemků v okolí obytných budov sloužící k rekreaci jejich obyvatel se posuzuje v souladu s normovými hodnotami [2].

Vliv nové zástavby na stínění stávající zástavby v prolukách

Při doplňování stávající souvislé zástavby výstavbou v prolukách, popř. formou nástaveb a přístaveb, se při posuzování vlivu nové stavby na stínění okolních budov považuje za vyhovující stav stínění, který by byl při úplné souvislé zástavbě, tzv. modelové zástavbě (při zachování výškové úrovně stávající navazující zástavby, půdorysného rozsahu apod.).

Příklady hodnocení vlivu zastínění

Výstavba v proluce

Bylo provedeno hodnocení vlivu novostavby bytového domu na zastínění stávající okolní obytné zástavby. Jednalo se o výstavbu bytového domu v rohové proluce (obr. 1). Vliv zastínění byl na základě požadavku stavebního úřadu hodnocen pouze pro jeden stávající obytný dům (vyznačen na obr. 1).



• Obrázek 1: simulační výpočtový model vlivu zastínění pro modelovou zástavbu a pro navrhovaný stav

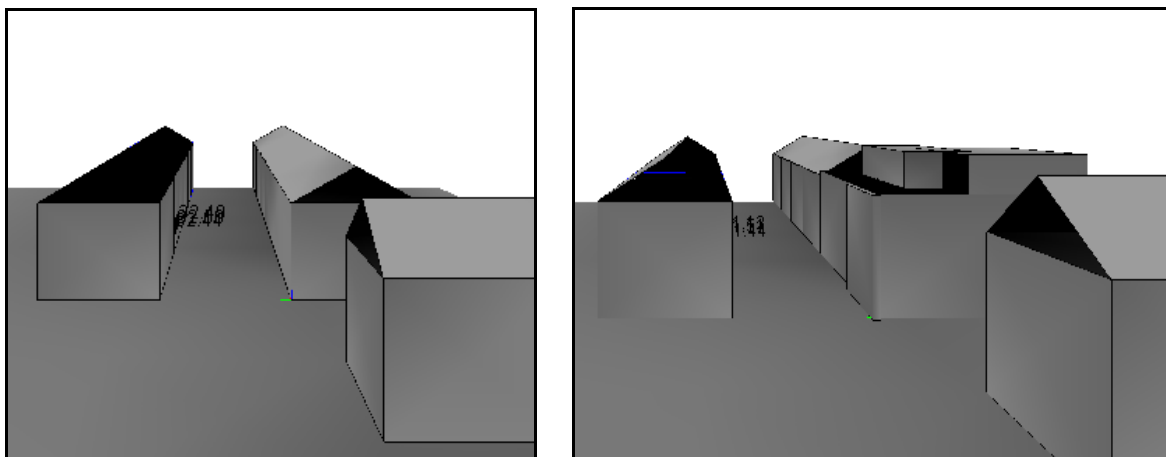
Hodnocení vlivu zastínění z hlediska dodržení normových požadavků na denní osvětlení bylo provedeno pomocí činitele denní osvětlenosti roviny zasklení okna z vnější strany. Denní osvětlení bylo hodnoceno ve třech kontrolních bodech. Kontrolní body byly umístěny v ose okenních otvorů 1.NP stávajícího obytného domu, v polovině výšky otvorů, ve svislé rovině vnějšího líce průčelí. Hodnocení vlivu zastínění bylo provedeno pro dva stavy – modelovou zástavbu a navrhovanou novostavbu. Výpočet byl proveden pomocí softwaru WDLS 4.1. (Astra MS Software s.r.o.). Simulační modely výpočtu vlivu zastínění modelovou a navrhovanou zástavbou jsou na obr. 2.

Výsledky a porovnání s normovým požadavkem jsou uvedeny v tab. 2.

Obytná místnost v 1.NP	Kontrolní bod č.	Modelová zástavba	Navrhovaná novostavba	Činitel denní osvětlenosti normový $D_{w,N}$ [%]	Vyhodnocení
		Činitel denní osvětlenosti D_w [%]	Činitel denní osvětlenosti D_w [%]		
1	KB1.1	32,4	32,3	29	vyhovuje
2	KB2.1	32,5	32,2	29	vyhovuje
	KB2.2	32,5	31,9	29	vyhovuje

• Tabulka 2: výsledky výpočtu činitele denní osvětlenosti D_w [%] roviny zasklení okna

Jak je patrné z výsledků, navrhovaná novostavba zastíní stávající obytný dům o něco více než modelová zástavba, ale i přesto jsou hodnoty činitele denní osvětlenosti vyhovující z hlediska normových požadavků. Proto byl vliv zastínění z hlediska denního osvětlení hodnocen jako vyhovující. Přesto vznikla s pracovníky stavebního úřadu diskuze nad článkem 5, § 11 vyhlášky č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, který za vyhovující považuje: „.. stav stínění, který by byl při úplné souvislé zástavbě zejména s výškovou úrovní zástavby a půdorysným rozsahem.“ Nakonec se podařilo přesvědčit pracovníka úřadu o tom, že článek je určen pro případy, kdy novostavba v proluce zastíní stávající zástavbu více než připouští norma ve svých požadavcích, pak se za vyhovující stav bere stav zastínění modelovou zástavbou.



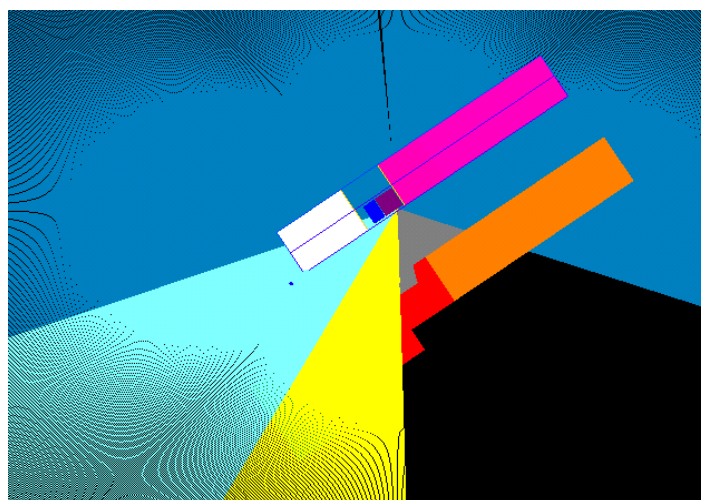
• Obrázek 2: simulační výpočtový model vlivu zastínění pro modelovou zástavbu a pro navrhovaný stav (software WSLs)

Hodnocení vlivu zastínění z hlediska dodržení normových požadavků na proslunění bylo provedeno pomocí výpočtu doby proslunění obytných místností. Doba proslunění byla hodnocena ve třech kritických bodech. Kritické body byly umístěny v ose okenních otvorů 1.NP stávajícího obytného domu, ve výšce 300 mm nad okenními parapety. Hodnocení vlivu zastínění bylo provedeno pro dva stavy – modelovou zástavbu a navrhovanou novostavbu. Výpočet byl proveden pomocí softwaru SunLis 2005 (Astra MS Software s.r.o.). Simulační modely výpočtu vlivu zastínění navrhovanou zástavbou je na obr. 3.

Výsledky a porovnání s normovým požadavkem jsou uvedeny v tab. 3.

Místnost	Kritický bod č. / orientace	Modelová zástavba	Navrhovaná novostavba	Doba proslunění 21. 6 [min]	Minimální doba proslunění dle normy [2] [min]	Vyhodnocení
		Doba proslunění 1.3. [min]	Doba proslunění 1.3. [min]			
1	1.1/JV	160	115	387	90	vyhovuje
2	2.1/JV	160	115	387	90	vyhovuje
	2.2/JV	160	115	387	90	vyhovuje

• Tabulka 3: výsledky výpočtu doby proslunění

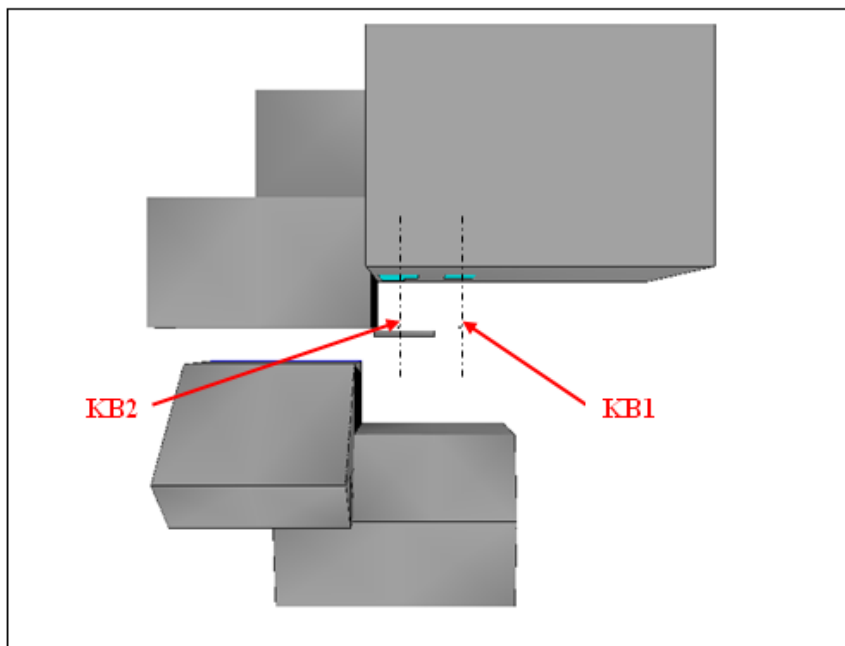


• Obrázek 3: simulační výpočtový model vlivu zastínění pro navrhovaný stav (software SunLis)

Přístavba rekreační chaty

Bylo provedeno hodnocení vlivu přístavby rekreační chaty na zastínění nejbližší stávající obytné zástavby. Vliv zastínění byl hodnocen z hlediska denního osvětlení, proslunění a oslunění venkovního zařízení a pozemku.

Hodnocení vlivu zastínění z hlediska dodržení normových požadavků na denní osvětlení bylo provedeno ve dvou kontrolních bodech (viz obr. 4). Vzhledem k dispozici hodnoceného objektu, byly kontrolní body umístěny v ose okenních otvorů ve výšce 2,00 m nad povrchem terénu na svislé rovině vedené v úrovni líce vystupující části objektu (z důvodu vyloučení vlivu stínění vlastním objektem).



• Obrázek 4: schéma umístění kontrolních bodů v rovině líce vystupující konstrukce hodnocené zástavby (software WDLS)

Hodnocení vlivu zastínění bylo provedeno pro dva stavy – původní stav rekreační chaty a stav s navrhovanou přístavbou. Výpočet byl proveden pomocí softwaru WDLS 4.1. (Astra MS Software s.r.o.).

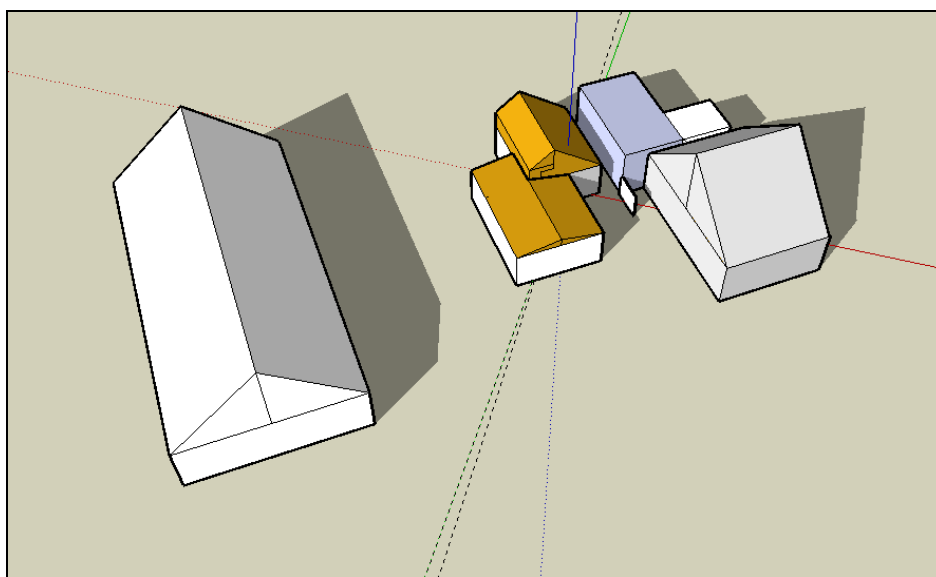
KB	Původní stav	Nový stav	Požadavek dle normy [1]	Vyhodnocení
	Činitel denní osvětlenosti D_w [%]	Činitel denní osvětlenosti D_w [%]	Činitel denní osvětlenosti normový $D_{w,N}$ [%]	
KB1	44,6	39,9	32,0	vyhovuje
KB2	42,4	37,7	32,0	vyhovuje

• Tabulka 4: výsledky výpočtu činitele denní osvětlenosti

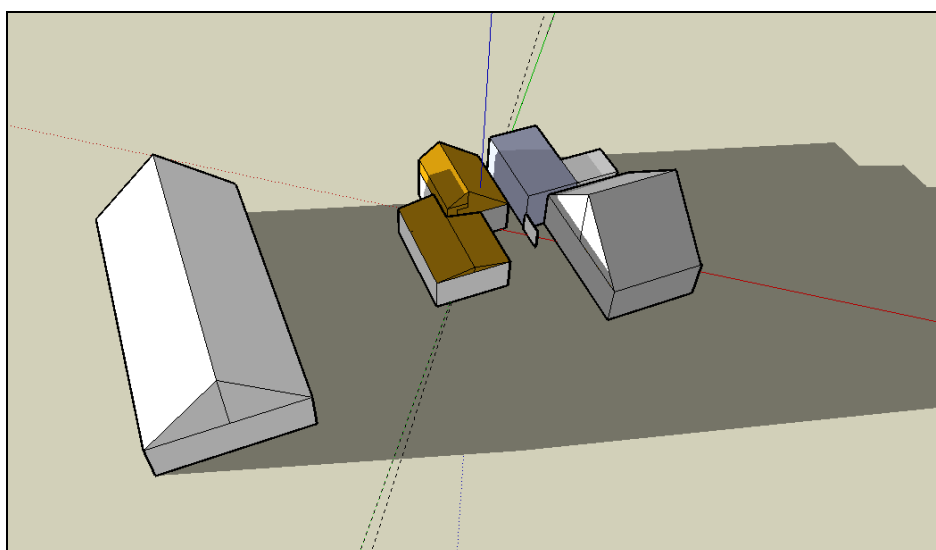
V tomto posuzovaném případě bylo nutné vyhodnotit také vliv navrhované přístavby rekreační chaty na zastínění sousedního pozemku (konkrétně terasy před okny hodnoceného objektu). Výpočet oslunění pozemku byl proveden programem SunLis. Pozemek se nachází jihovýchodně od navrženého objektu přístavby. K zastínění pozemku navrhovaným objektem bude docházet pouze v odpoledních hodinách – v rozmezí od 13,30 hodin (stín přístavby dosáhne hranice pozemku sousední parcely) do 16,50 hodin (plné zastínění pozemku).

Z vypočtených hodnot je zřejmé, že dne 1.3. bude z hodnocené plochy pozemku osluněno 85,8% plochy po dobu 3 hodiny a více. Požadavek normy je splněn.

Pro grafické znázornění vržených stínů navrhovaného objektu přístavby rekreační chaty na sousední pozemek byl využit software SkechUp . Na obr. 5 a 6 jsou uvedeny ukázky simulace zastínění hodnoceného pozemku dne 1.3. ve 13,30 hodin a v 16,50 hodin.



• Obrázek 5: schéma simulace vržených stínů dne 1.3. ve 13,30 hodin odpoledne



• Obrázek 6: schéma simulace vržených stínů dne 1.3. ve 16,50 hodin odpoledne

Literatura a odkazy

- [1] ČSN 73 0580. Denní osvětlení budov - Část 1 : Základní požadavky. Praha : Český normalizační institut, 2007, změna Z1/2011.
- [2] ČSN 73 4301. Obytné budovy. Praha : Český normalizační institut, 2004 (změna Z1/2005, Z2/2009).

Výhody a nevýhody alternatívnych osvetlovacích sústav využívajúcich denné svetlo

RNDr. Kómar Ladislav, PhD.

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Mlynská dolina, Bratislava
Ústav stavebníctva a architektúry, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, Bratislava

email: ladislav.komar@savba.sk

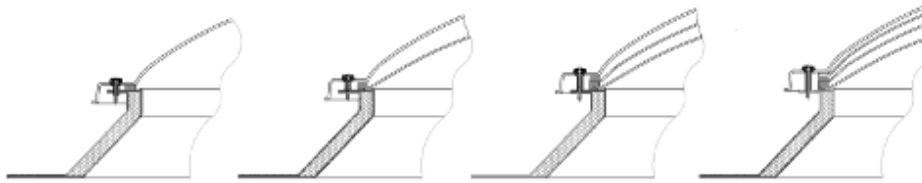
Úvod

V čase zvyšujúcich sa nárokov na elektrickú energiu sa ľudstvo snaží hľadať úspornejšie riešenia pre svoju každodennú existenciu. Paradoxne, čím viac znižujeme energetickú náročnosť spotrebičov, tým viac rastie spotreba elektrickej energie. Preto je prirodzené stále viac sa sústreďovať na obnoviteľné zdroje energie a na technológie, ktoré využívajú to, čo nám príroda dáva prakticky zadarmo. Denné svetlo patrí medzi komodity, ktorých využitie môže priniesť značnú úsporu elektrickej energie tak v administratívnych a priemyselných budovách, ako aj v bežných domácnostiach. Svetlotechniku považujeme za značného spotrebiteľa elektrickej energie, čím ju zaraďujeme k znečisťovateľom životného prostredia. Šetrenie elektrickou energiou nie je len výsledkom tlaku koncových používateľov na znižovanie svojich nákladov, ale stáva sa i povinnosťou v súlade s politikou energetickej efektívnosti definovanej v existujúcej, ako aj novopripravovanej legislatíve EÚ. Vychádzajúc z hlavných cieľov európskych krajín na znižovanie spotreby energií vo všetkých oblastiach jej využitia je nevyhnutné hľadať nové riešenia hospodárneho využívania energetických zdrojov aj v oblasti osvetlenia. Požiadavky súčasných používateľov svetelných sústav rastú rovnako rýchlo ako spotreba a cena elektrickej energie. Preto sa na trh dostávajú alternatívne osvetlovacie systémy, ktoré takmer výlučne využívajú prirodzené denné svetlo. Medzi takéto systémy, ktoré dnes využívajú tak rodinné domy ako aj priemyselné a administratívne budovy, patria svetlíky a svetlovody.

Svetlíky – kedy áno a kedy nie

Svetlíky sú strešné konštrukcie, ktoré slúžia na presvetlenie interiérových priestorov. Vhodnou úpravou a pridaním ovládania sa dajú využiť okrem presvetlenia na vetranie alebo aj na účely protipožiarnej ochrany, na odvod tepla a splodín horenia. Materiálové vyhotovenie býva rôzne, plast, hliník alebo rôzne zliatiny kovov. Samotný svetlík sa skladá z manžety a výplne (kopule). Manžety bývajú vysoké 150, 300 a viac mm. Sú vyrobené z PVC, laminátu alebo pozinkovaného plechu s tepelno-izolačnou výplňou. Výplň samotného svetlíka je z akrylu alebo polykarbonátu, ktorý môže byť číry alebo mliečny. Používanie svetlíkov bolo kedysi doménou priemyselných stavieb, ale s dobou prišli na trh nové systémy ktoré sú vhodné aj na použitie pri rodinných domoch. Pri potrebe dostať do priestoru dostatok denného svetla sú svetlíky vhodné tam kde nevieme presvetliť priestor cez klasické okná v bočnej stene. Do malých priestorov je vhodný bodový svetlík, do väčších priestorov viac bodových svetlíkov alebo líniový. Obidva typy sa dajú zhotoviť buď otváracie alebo ako pevné zasklenia.

Svetlíky sú vhodné pre všetky typy plochých striech a striech s malým spádom do 15°. Svetlík ako zdroj svetla dokáže presvetliť trojnásobne väčší priestor ako vertikálne okno, nakoľko svetlo dopadá zhora. Túto skutočnosť treba brať do úvahy pri návrhu počtu a pozície svetlíka. Vzhľadom nato že dokáže osvetliť väčší priestor aj vo vnútri dispozície domu môžeme hovoriť o výraznej energetickej úspore, t.j. využitím denného svetla je obmedzené používanie umelého osvetlenia, čo môže byť rozhodujúce z ekonomického hľadiska. Existuje množstvo typov svetlíkov, ktoré sa líšia tvarom, ale aj funkciou. Prevedenie môže byť jednovrstvové alebo viacvrstvové. Čím viac je vrstiev, tým menší je prestup svetla strešným svetlíkom. Nevýhodou svetlíkov je obmedzená možnosť ich umiestnenia. Montáž je možná len na najvyššie podlažia budov alebo na strechy veľkých výrobných hál, kde počas dňa poskytujú svetlo v dostatočnej kvalite a kvantite.

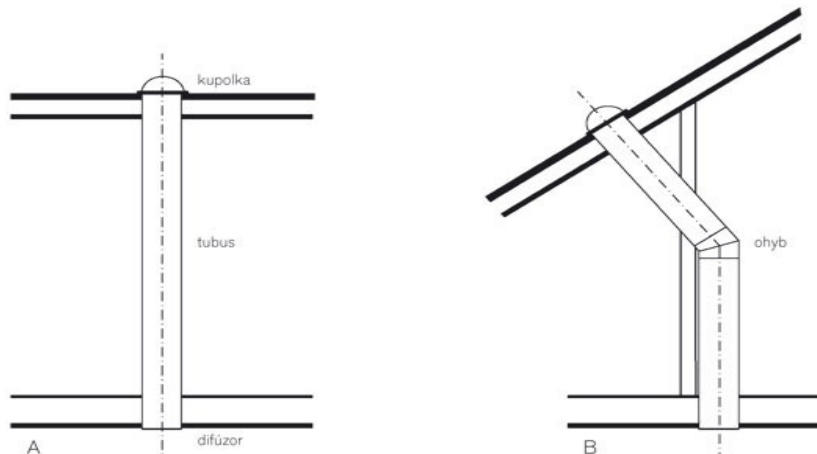


Obrázok 1: Jednovrstvový a viacvrstvové svetlíky.

Priesvitná konštrukcia svetlíka si tiež vyžaduje pravidelnú údržbu z dôvodu znečistenia, prípadne poškodenia v dôsledku pádu predmetov (krúpy, meteority, ...). V prípade nižších podlaží rodinných domov, alebo administratívnych budov je vhodné použiť priame alebo zalomené svetlovody.

Svetlovody – účinnosť verus cena

Svetlovod je technické zariadenie, ktoré vedie prirodzene denné svetlo do interiéru kde nie je možnosť stavebne osadiť okná alebo je ich málo. Svetlovody je vhodné používať na zlepšenie osvetlenia v miestach so zvýšenou požiadavkou na intenzitu a kvalitu svetelnosti (napríklad v detských izbách, školách, pracoviskách a schodiskách). Výhodou je možnosť minimalizovať použitie umelého osvetlenia priestorov počas dňa. Tubusový svetlovod funguje na princípe odrazu svetla na zrkadlovom hladkom povrchu, čím sa dostáva až do interiéru. Svetlo je prirodzené, jemné, zabezpečuje videnie priestoru v skutočných farbách, nezmenené farbou žiaroviek. Konštrukciu tvorí kupola, tubus vedúci



Obrázok 2: Priamy a zalomený svetlovod.

svetlo, ktorý je buď priamy alebo zalomený, difúzor a tesnenia. Vnútorňa strana tubusu je buď kompaktný hliníkový materiál alebo nanosená povrchová vrstva. V spodnej časti je umiestnený difúzor, tvorený dvojitým sklom s tepelnoizolačnými vlastnosťami, ktorý rozptyľuje svetlo do priestoru. Na exteriérovej strane sa umiestňuje priehľadná kupola. Tvar kupoly sa volí polguľový, keďže pri takomto tvare v každej fáze dňa dopadá na určitú rovinu kupoly svetlo kolmo. Krytie riešené ako rovinná plocha vykazuje až 30% straty svietivosti. Kupoly sa najčastejšie vyrábajú z pevného akrylátu. Množstvo denného svetla, ktoré svetlovod privedie, závisí od počasia, ročného obdobia, sklonu strechy, svetovej strany a od dĺžky a priemeru tubusu.

Najdôležitejším parametrom, ktorý charakterizuje svetlovod je účinnosť prenosu svetla. Jeho určenie je možné teoreticky pomocou back ray-trace metódy popísanej napr. v práci [1] alebo experimentálne na základe návrhu uvedeného v [2]. Výrobca a distribútor často deklarujú podstatne vyššie účinnosti svetlovodov, ako je z fyzikálneho hľadiska možné dosiahnuť. Hlavným parametrom určujúcim účinnosť prenosu svetla je odrazivosť vysokoreflexnej vrstvy vo vnútri tubusu. Tu sa často výrobca dopúšťa chyby, ak uvádza iba normálovú odrazivosť vrstvy. Ku kolmému odrazu slnečných lúčov (aj difúzneho svetla oblohy) od vnútornej vrstvy však

takmer nikdy nedochádza. Lúče dopadajú na vysokoreflexnú vrstvu pod ľubovoľným uhlom. Odrazivosť vrstvy závisí práve od uhla dopadu a teda je nevyhnutné, aby výrobca túto smerovú odrazivosť zahrnul do výpočtu celkovej účinnosti [3]. Z fyzikálneho hľadiska je možné toto tvrdenie podložiť exaktným výpočtom pomocou Fresnelových vzťahov [4]. Taktiež dochádza k zavádzaniu spotrebiteľa ohľadne odrazivosti materiálu. Výrobcom často deklarované hodnoty sú na úrovni 98% a vyššie. Každý materiál však svetlo okrem odrazu aj pohlcuje. Množstvo pohlteneho svetla materiálom je priamo dané jeho imaginárnou zložkou indexu lomu, tzv. extinkčným koeficientom. Čím je jeho hodnota vyššia, tým menej žiarenia sa v materiáli stráca [5]. Pre opticky najmenej absorbujúce materiály ako sú hliník a striebro, čo sú najčastejšie používané k výrobe vysokoreflexných vrstiev v tubusoch, dosahuje koeficient odrazu vrstvy hodnoty maximálne 96% pri ideálnych laboratórnych podmienkach. Ďalšou nepresnosťou pri výpočte účinnosti svetlovodu je výpočet svetelného toku, ktorý do tubusu vchádza. Kupola svetlovodu taktiež pohlcuje nemalé percento dopadajúceho žiarenia. Dá sa fyzikálne ukázať, že pri ideálnych podmienkach (bezoblačný deň s vysokou výškou slnka) kupola absorbuje až 10% dopadajúceho svetla [6]. Ďalším absorbujúcim komponentom svetlovodu je difúzor, ktorý zabezpečuje rovnomernú distribúciu svetla do interiéru. Tu tiež dochádza ku stratám v závislosti na type a prevedení difúzora. Účinnosť svetlovodu je podmienená predovšetkým (a nielen) vonkajšími podmienkami [7]. Pri zamračenej oblohe alebo nízkych výškach slnka (za súmraku) nám svetlovod neprenesie do interiéru postačujúce množstvo svetla a je teda nutné použiť svietidlá, ktoré spotrebúvajú elektrickú energiu. Je preto potrebné dobre zvážiť inštalovanie svetlovodu do miest s vysokým výskytom oblačných dní v roku (Veľká Británia, škandinávské krajiny). Naopak, žiadaný efekt je možné dosiahnuť v oblasti Stredozemného mora. Uplatnenie svetlovodov v našich zemepisných šírkach je otázkou presnejších simulácii založených na dlhodobých meteorologických dátach.

Záver

Príspevok sa venuje výhodám a nevýhodám osvetlovacích sústav využívajúcich denné svetlo. V prvom prípade som uviedol využitie svetlíkov, ktorých nevýhodou je montáž iba na najvyššie poschodie vo viacpodlažných budovách a náklady na čistenie vonkajšieho povrchu. Ich výhodou je naopak výrazná úspora elektrickej energie vo veľkých výrobných halách. V druhom prípade som diskutoval o využiteľnosti svetlovodov a nepresnostiach v určení ich základných parametrov. Ako výhodu som uviedol použitie v miestach s vysokým počtom slnečných dní v roku, kde sa takáto investícia pre rodinné domy oplatí z dôvodu nižšieho využívania umelých svietidiel a tým aj zníženia spotreby elektrickej energie. Nevýhodou svetlovodov môže byť návratnosť investície pre malé domácnosti v lokalitách s prevládajúcim oblačným počasím. Efektívnosť využitia tubusových svetlovodov v našich zemepisných šírkach je vhodná téma na širšiu medziodborovú diskusiu.

Pod'akovanie

Tento príspevok bol podporený Agentúrou na podporu výskumu a vývoja APVV zmluvou číslo APVV-0177-10.

Literatúra

- [1] Kocifaj M., Darula S., Kittler R., 2008. HOLIGILM: Hollow light guide interior illumination method - An analytic calculation approach for cylindrical light tubes. *Solar Energy* 82, 247-259.
- [2] CIE 173-2006. Tubular Daylight Guidance Systems. Technical Report. CIE Central Bureau, Vienna, 2006.
- [3] Edmonds, I.: Transmission of mirror light pipes with triangular, rectangular, rhombic and hexagonal cross section. *Solar Energy*, **84**, 928-938, 2010.
- [4] Kómar, L.: Directional reflectance of high-reflective layer inside the light tubes. Lumen V4 Conference 2012, Bratislava.
- [5] Palik, E. D.: Handbook of Optical Constants of Solids. Academic Press, University of Maryland, 1998.
- [6] Kómar L.: Contribution to modelling of light transmission through the cupola of light guides. International conference Světlo 2011, Prague.
- [7] Kómar, L., Darula, S.: Determination of the light tube efficiency for selected overcast sky types. *Solar Energy*, 86, 157-163, 2012.

VIZUÁLNE INFORMAČNÉ ZDROJE

(aj popri ceste)

Ing. Jaroslav Španko, CSc.,

SYSTEM PROJEKT, jaroslavspanko@orangemail.sk, mobil: +421 905 982 448

Dobrá literatúra nemá vedľajšie účinky, povedal klasik. Reklama ich však môže mať.

Príspevok je vyvolaný spoločenskou diskusiou o prehustenosti tabuľových informácií, najmä billboardov. Je zrejmé, že súčasný stav „outdoorovej“ reklamy už ovplyvňuje aj bezpečnosť cestnej premávky.

Matematické vzťahy sa autor snaží podávať jednoducho. V dodatku sú uvedené príklady, zamyslenia a úvahy súvisiace s témou. Keďže príspevok je určený aj bežnému čitateľovi, autor používa encyklopedický kontext.

1. Svetelný (vizuálny) vnem – visual perception

Vzdialený a súčasne veľký nápis vidíme rovnako ako malý totožný nápis z blízkosti. Ak sa zamyslíme nad princípom čitateľnosti týchto dvoch nápisov, môžeme ich podmienky videnia zovšeobecniť nasledovne:

dva rôzne veľké a rôzne vzdialené Vizualne Informačné Zdroje – ozn. VIS, vnímame rovnako,

- ak je veľkosť ich zorných plôch rovnaká,
- a súčasne je aj jas resp. jasnosť týchto dvoch plôch rovnaká.

Rovnakými zornými plochami rozumieme plochy, ktoré sú vymedzené zväzkom lúčov, vychádzajúcich zo stredu nášho zraku. Plochu guľového odseku, ktorý vytne tento zväzok lúčov obtekajúci obrys vizuálneho informačného zdroja - VIS, nazývame zorný priestorový uhol, ozn. ω_{VIS} , ďalej len priestorový uhol ω .

Bez veľkých nárokov na matematickú presnosť, počítame tento priestorový uhol ako pomer zornej plochy VIS a kvadrátu vzdialenosti od svetelného stredu VIS po náš zrak, teda $\omega = S/c^2$.

Osvetlené (svetelné) prostredie vnímame cez objektívne merateľnú veličinu – jas. Ak je povrch predmetu tmavý, potom je jeho jas menší, aj keď naň dopadá rovnaké množstvo svetla ako na svetlý povrch. Človek v danom psychickom rozpoložení (nálada) a fyziologickom stave (vek, poruchy videnia), vníma objektívne merateľnú veličinu jas individuálne. Preto pre subjektívne hodnotenie pocitu vyvolaného jasom, používame názov jasnosť.

Dostatočnú viditeľnosť dosiahneme ak v prípade malého priestorového uhla predmetu videnia jeho jas zvýšime. Zase naopak, ak je jas predmetu videnia malý, aby sme ho dobre videli jeho priestorový uhol musí byť väčší. Teda, potrebný zrakový vnem môžeme vyjadriť ako súčin jasu L_{VIS} a príslušného priestorového uhla ω_{VIS} . Súčin $L_{VIS} \cdot \omega_{VIS} = VPE$ (visual perception) poznáme ako osvetlenie (intenzita osvetlenia), tomto prípade osvetlenie zraku E_{VIS} .

Zhrnieme, **pre videnie je dôležitá osvetlenie zraku od VIS = E_{VIS} .**

2. Prof. de Boer

už dávnejšie sformuloval hranicu medzi komfortným videním a videním pri ktorom už môžeme pociťovať určitú mieru asertivity až agresivity (rušivosti) pôsobenia osvetleného VIS na človeka. Tvar tohto medzného vzťahu je $E_{VIS} / E_A = 1$, pričom E_A je adaptačná osvetlenie zraku. Adaptačnou osvetlenosťou zraku rozumieme ustálenú citlivosť zraku v danom svetelnom prostredí a v danej adaptačnej dobe. Pripomeňme, že **adaptačný jas zraku zodpovedá jasom okolitého prostredia vrátane jasom samotného VIS.**

Adaptačný jas vodiča automobilu L_A po zotmení je ovplyvnený jasom povrchu vozovky osvetlenej vlastnými stretávacimi svetlometmi automobilu, prípadne verejným a urbánnym osvetlením. Vodič sleduje vozovku pred automobilom (čím je rýchlosť vozidla vyššia, tým ďalej), **odvedenie jeho pohľadu na osvetlený VIS by malo byť krátkodobe, teda doba pohľadu na VIS neovplyvní adaptačný jas vodiča.**

3. Vnímanie VIS na automobilovej ceste

Pre uvedenie si informačného obsahu symbolu, grafiky alebo krátkeho nápisu, by mala postačovať doba pohľadu 2 sekundy. V tomto relatívne krátkom časovom okamihu si dokážeme uvedomiť základný význam informácie. Ak sa doba odvedenia pohľadu vodiča z vozovky predlžuje nad 2 sekundy alebo sa opakuje, grafický návrh je nevýstižný, prípadne parametre ω_{VIS} alebo L_{VIS} sú nedostatočné.

Počas nočnej jazdy osvetlené architektúry a prírodné scenérie vodiča aktivizujú. Aj sporadicky osvetlená krajina už nie je zaľahnutá „ťaživou tmou“, a nemáme pocit jazdy v čiernom tunely. Decentným svetelným oživením sa prezentuje a tým i zhodnocuje kultúrne a prírodné bohatstvo národa.

Extrémom je agresívne pôsobiaci VIS, prípadne informačná záplava čohokoľvek, čo degraduje kultúrnosť prostredia a mentálne normálneho človeka obťažuje, unavuje (s výnimkou ak priznáme, že ide o cirkus).

Slovenská legislatíva predpisuje minimálny odstup reklamných zariadení od osi bližšieho jazdného pruhu na diaľnici 100m a na ceste 1. triedy 50m. Čo je však zarážajúce, **nie je stanovená maximálna plocha reklamných tabúľ**. Ich rozmerová agresivita a umiestnenie v prírodnom prostredí nepozná hraníc. Aby mal billboard väčší kontrast pozadia, agresivita stavebníkov sa prejavuje aj v zrezávaní zelene – v pozadí s oblohou a nad pahýľmi stromov sa čnie „jej jasnosť“ reklama. Vizualný chaos nastáva pre vodiča aj v prípadoch „nasypania“ reklám tesne za sebou (môže dôjsť k prehliadnutiu dopravnej značky), tiež dynamikou grafiky a jasu, napr. vyhotovenie reklamného panelu Citylight. Je zrejme, že **v blízkosti diaľnic a rýchlostných ciest a pri križovatkách by v zornom pohľade vodiča mali byť len dopravné vizuálne informácie**.

4. Viditeľnosť VIS

Vzťah E_{VIS} / E_A môžeme chápať aj ako výstižnú charakteristiku videnia. Označme ho Faktor (činiteľ) viditeľnosti - Visibility factor - VF.

Ak VF narastá v malých hodnotách nad 1, nachádzame sa v oblasti decentného zdôraznenia VIS. Ďalej prechádzame do oblasti zvýraznenia, až asertívnej sa prezentácie VIS, následne cez oblasť expresivity až extravagancie pokračujeme do oblasti zrakovej nepohody – obťažovania jasom VIS. Pri vysokých hodnotách jasu VIS sme v oblasti agresívneho, extrémneho jasu, a následne znemožnenia videnia oslnením.

Ak je $VF < 1$ sme v oblastiach videnia, pri ktorých nás VIS síce neobťažuje, neruší, ale nemôžeme vylúčiť, napr. v architektonickom prostredí, estetickú disharmóniu jasov. Pociť harmonického resp. neharmonického rozloženie jasov je paralelnou mentálnou charakteristikou fyziologie videnia. Pri $VF < 1$ dá sa hovoriť o psychológii videnia len v svetelnom laboratóriu, kde je esteticky neutrálne prostredie a pracuje sa len so svetelnotechnickými veličinami. Ak by sme v laboratóriu svetelne stvárňovali 3D fyzický model sochy, architektúry, vtedy by sa už prejavovala tvorivá invencia, výtvarné nazeranie, znalosti, skúsenosti, intelekt, vkus.

Konformné osvetlenie chápeme ako osvetlenie rovnakej podoby - súhlasné, zhodné, korešpondujúce, napr. u výtvarného diela, architektúry, ale aj krajinného prírodného útvaru, parku, vodopádu - ak nedeformujeme prirodzený vzhľad. Podobne ide o rešpektovanie pamiatkovej architektúry z hľadiska tvaroslovia fasády a kultúrnej vrstevnatosti v zmysle slohových prestavbových etáp.

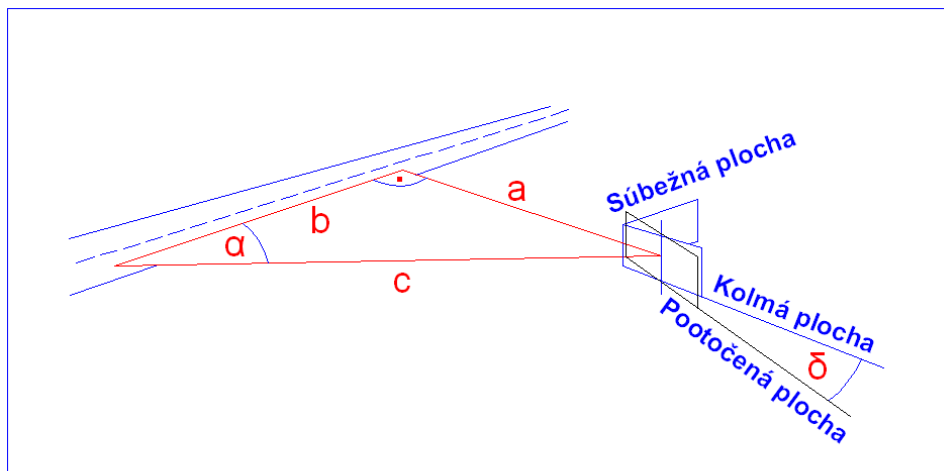
Výtvarné osvetlenie je výsledkom tvorivej invencie a výsledok osvetlenia nemusí korešpondovať s dielom. Napr. v čase turistickej sezóny môže ísť o nasvietenie objektu s cieľom obzvláštniť fasádu výtvarným vzorom. Avšak svetelné pretransformovanie fasády by nemalo byť trvalé.

Posudzovanie prostredia esteticky aktívneho, neutrálneho, pasívneho pomocou faktora VF autor ponechá odborníkom.

Faktor viditeľnosti môže pomôcť tak pri praktickom návrhu jasového prostredia, ako aj jeho kontrole.

5. Výpočet a meranie priestorového uhla ω_{VIS}

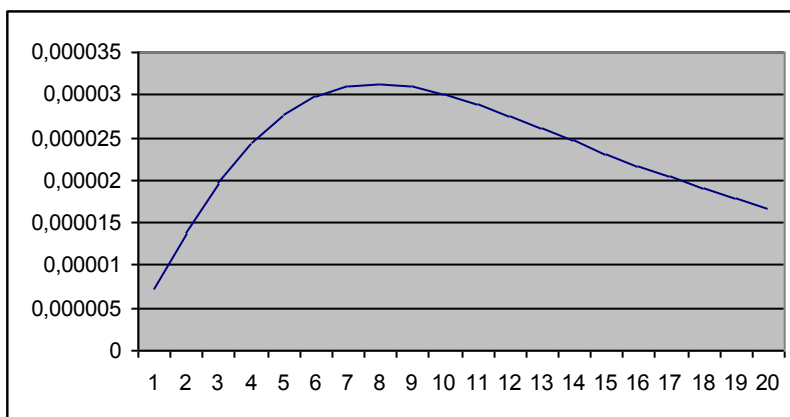
Vychádzajme zo skôr uvedených vzťahov: $\omega = S \cdot \cos(\epsilon) / c^2$, $E = L \cdot \omega$, kde všetky veličiny sa vzťahujú na VIS. Označenie S je čelná, zorná plocha napr. informačnej tabule (ďalej len tabule), fasády budovy, plochy a pod. Zápis $\cos(\epsilon)$ je súčin kosínusov medzi zornou plochou a smerom pohľadu a c je vzdialenosť zraku v smere pohľadu od svetelného stred plochy. Analyzujeme ω plochy na obr.1.



Obr. 1 Situovanie plôch pri ceste

Ak ide o billboard, tento nebýva osadený vysoko nad niveletou cesty, teda elevačný uhol ϵ medzi jeho svetelným stredom a úrovňou cesty je malý. Svetelný stred v priblížení uvažujeme že je ťažisko zornej plochy. Uhol ϵ vo výpočte priestorového uhla figuruje ako $\cos \epsilon$, môžeme predpokladať, že $\cos \epsilon \approx 1$. Teda, ak budeme robiť výpočet bez elevačného uhla ϵ (k rovnakému záveru by sme dospeli i pri vyšetrovaní vplyvu naklopenia dopravnej tabule nad cestou), tak presnosť výsledku bude pre prax postačujúca.

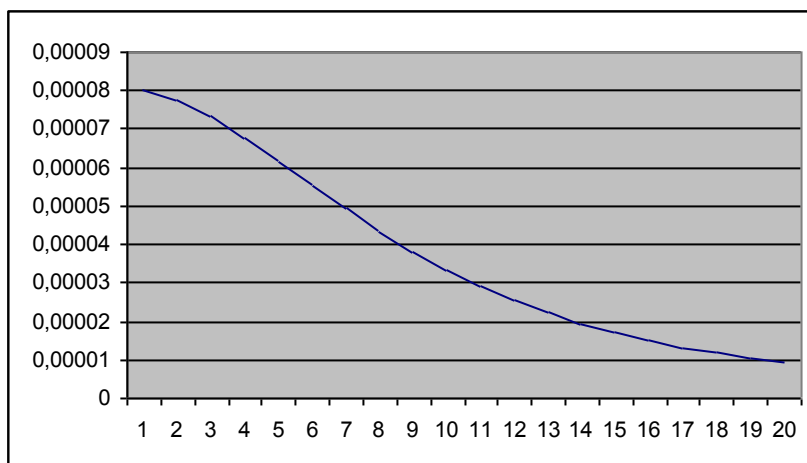
Sumárne, hodnotu ω ovplyvňuje súčin kosínusov všetkých uhlov v smere pohľadu, ktoré nám znižujú viditeľnú plochu, podelený kvadrátom vzdialenosti od svetelného stred tabule po náš zrak. **Vzťah $\cos(\epsilon) / c^2$ nazvime činiteľ priestorového uhla.** Ak budeme vyšetrovať ako sa mení jeho hodnota napr. pri pohybe automobilu na ceste, zistíme že ide o konvexnú funkciu s extrémom v určitej vzdialenosti označenej b, od kolmej línie zornej plochy ku trase pohybu, obr.2.



Obr. 2 Priebeh činiteľa $\cos(\epsilon)/c^2$ plochy kolmej na smer pohybu v závislosti od pozorovacej vzdialenosti b podľa obr.1

Deriváciou funkcie zistíme, že maximálna veľkosť ω_{max} je vo vzdialenosti automobilu od línie situovania tabule $b = (a^2/2)^{1/2}$ (1), kde „a“ je odstup tabule (odstup tabule je vzdialenosť na kolmej línii od osi jazdného pásu po svetelný stred tabule). Úpravami tiež dostaneme, že vzdialenosť od svetelného stred tabule po zrak vodiča (prepona trojuholníka) je $c = [(3/2)b]^2$ (2). Správnosť h.u. vzťahov nám potvrdzuje aj Pytagorova veta: $a^2 + 0,5a^2 = 1,5a^2$ (3). Vypočítané vzdialenosti b, c vykazujú určitú magickosť. Pri odstupe objektu pozorovania o vzdialenosť „a“, najefektívnejší pohľad na VIS máme zo stanoviska so súradnicami b, c.

Ak ide o 3D objekt v tvare kvádra (napr. budova), priebeh priestorového uhla steny súbežnej s trasou cesty je na obr. 3. Tento najextrémnejšie stúpa tiež pri vzdialenosti b (derivácia = max.).



Obr. 3 Priebeh činiteľa $\cos(\delta)/c2$ plochy súbežnej so smerom pohybu v závislosti od pozorovacej vzdialenosti b podľa obr.1

Ak hodnota horizontálnej súradnice svetelného stredy plochy v porovnaní s odstupom VIS je relatívne malá, (napr. zorná plocha je úzka v porovnaní s jej odstupom), potom s praktickou presnosťou platí, že najúčinnější je uhol pohľadu pri $\arctg a/b=2 \Rightarrow 63^\circ,43$ (4) ku rohu 3D objektu.

Trojicu pozíčných súradníc a,b,c môžu využiť architekti, urbanisti, výtvarníci pri návrhu vyhlídkového stanoviska na trase prístupu, alebo opačne, napr. pri osadzovaní architektúry, sochy.

Býva snahou, že objekt chceme natočiť „tvárou“ podľa zvislej osi ku pozorovateľovi.

Ak uhol natočenia podľa obr. 1 je δ , deriváciou a úpravami zistíme že najefektívnejšia vzdialenosť pre činiteľ priestorového uhla je:

$$b = [(0,75 \cdot a \cdot \text{tg} \delta)^2 + a^2/2]^{1/2} - 0,75 \cdot a \cdot \text{tg} \delta \quad (5)$$

Tento vzťah je zase všestranne využiteľný napr. pri urbanistickom osadzovaní stavieb, ale aj rozmernejšej dopravnej informačnej tabule.

Z praxe vieme, a aj analýza nám potvrdí, že natáčanie zornej plochy má význam len pri väčších odstupoch. Pri malých odstupoch sa extrém funkcie zostruje. Čím je odstup menší, o to je extrém ostrejší. Dôsledkom je, že počas jazdy vidíme plochu efektívne kratší čas. Teda vzťah umožňuje optimalizovať situovanie zornej plochy vzhľadom na dopravnú rýchlosť (uvažujeme potrebnú dobu pohľadu).

6. Výpočet a meranie adaptačnej osvetlenosti E_A

Praktický výpočet E_A je možný len v niektorých jednoduchých prípadoch. V prípade osvetlenia povrchu vozovky od vlastných stretávacích svetlometov automobilu a verejného osvetlenia, vieme urobiť tabuľku referenčných výpočtov pre normované vlastnosti povrchov vozovky. Z dopravných rýchlostí (pozorovacích vzdialeností pred automobilom) potom určíme E_A .

Pre precízne merania jasu povrchu vozovky môžeme použiť stand na obr. 4. Spôsob merania je nízko položeným jasomerom nad cestou, čo nám podstatne skrátí meraciu vzdialenosť. Pole merania je medzi dvomi stopami nasvietenými LED vodováh, ktoré sú prestavené na sklon zodpovedajúci rýchlosti dopravy. Prednosťou je krátkodobé meranie (v nočných hodinách aj bez zastavenia dopravy) a tiež možnosť merania krátkej cesty alebo v zákrute.



Obr.4 Stand s jasomerom pre meranie jasov povrchu vozovky

Pre meranie jasov prostredia, teda aj adaptačnej osvetlenosti E_A , autor príspevku navrhol s kolektívom spolupracovníkov Snímač Rozloženia Jasov – snímač jasovej distribúcie svetelného prostredia, ktorého vlastnosti kopírujú vlastnosti zraku človeka – **Human Luminance Distribution Scanner – HLDS** (ďalej len Priestorový snímač). Týmto zariadením možno reálne zmerať osvetlenosť E_{eye} uvádzanú napr. v EN 12464-2.

Jedno z experimentálnych vyhotovení priestorového snímača nasadeného na jasomer je na obr. 7.

7. Výpočet jasov VIS

Smerné hodnoty svetelnotechnických parametrov využiteľné pri návrhu jasov VIS sú uvedené EN 12464-1. Praktickejšie je použitie vzťahu prof. de Boer-a, $E_{VIS} / E_A = 1$. Pozri príklad v dodatku.

Jedným z predpokladov čo najrýchlejšieho uvedomenia si významu VIS počas jazdy, je pohľad naň len pohybom očí, nie pohybom hlavy. V tomto prípade by mal byť pravý okraj tabule umiestnený v zóne uhla 10° horizontálne od osi jazdného pruhu. Dopravné tabule umiestnené nad vozovkou by mali mať horný okraj v tejto zóne aj vertikálne. Pomer šírky a výšky tabule je vhodný 8:6 - v súlade s uhlami zorného poľa s významnou zrakovou ostrosťou.

Stavebník reklamy musí mať na pamäti:

- v extraviláne sa zväčšovaním plochy reklamy narušuje ráz krajiny,
- pri veľkom počte, v intraviláne sa priestor stáva skladiškom tabúl (snáď by potom postačovalo urobiť zónu – Výstavný areál tabúl),
- treba vychádzať z optimálneho priemerného jasov a kontrastu grafiky tabule zodpovedajúci jej čitateľnosti,
- **treba sa vyvarovať prekročeniu plochy tabule, ktorá by pri nutnom jasov čitateľnosti mohla spôsobiť, že svetelný vnem $L \cdot \omega$ sa stane obťažujúci až rušivý.**

Jednoznačne, v legislatíve má byť obmedzený nielen jas tabúl, ale aj ich zorná plocha.

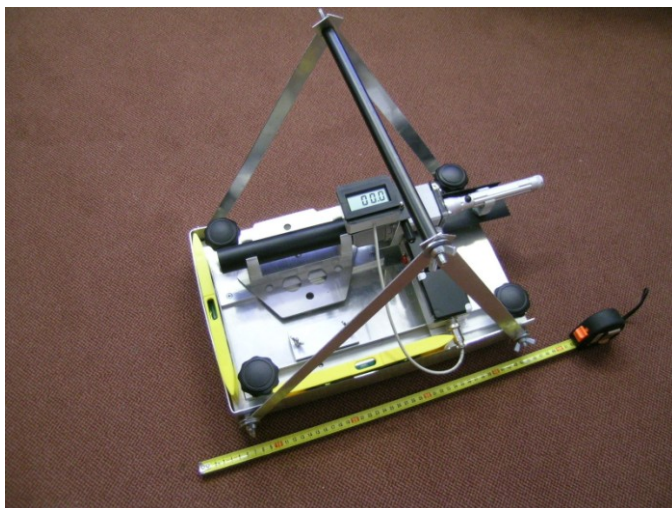
8. Technické zariadenia racionalizácie svetelného prostredia

Meracie zariadenie pre vyhodnotenie faktora viditeľnosti – VF tester

Obsahuje jasomer so sklopným displejom a výmenným tubusom pre požadovaným uhlom merania.



Obr. 5 Jasomer s vyklopeným displejom pre bežné merania



Obr. 6 Jasomer so sklopeným displejom osadený vo variante standu pre meranie jasov povrchu vozovky



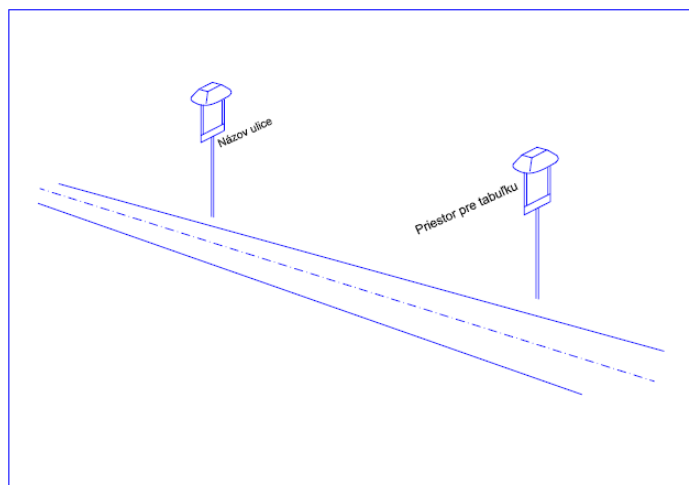
Obr. 7 VF tester – jasomer osadený (experimentálnym) snímačom priestorových jasov

S osadeným snímačom priestorových jasov displej jasomera zobrazí stav svetelného prostredia - číselnú hodnotu faktora VF. Vyhotovenie zariadenia vo forme testera má význam hlavne pre terénnu prax – rýchle vyhodnotenie svetelného prostredia.

Univerzálne svietidlo

Najzávažnejšie dopravné nehody vznikajú pri veľkých rýchlostiach. Ťažké dopravné nehody sa však vyskytujú aj na komunikáciach, kde sa jazdí rýchlosťou menšou ako 90km/h. Rozptyľovaniu pozornosti vodiča prispievajú aj reklamy, ktorých množstvo resp. koncentrácia nebýva dôsledne regulovaná. Je bežné, že v zóne s prekypujúcim množstvom reklám, alebo aj bez reklamy, nenájdeme osvetlenú tabuľku s názvom ulice.

Autor navrhol univerzálne svietidlo, typ IS, ktorého hlavná funkcia je osvetlenie chodníka a súčasne môže byť vybavené aj osvetleným nápisom s názvom ulice. Stredná časť svietidla je využiteľná pre tabuľku s textom, grafikou.



Obr. 8 Ideová schéma univerzálneho informačného svietidla

V dolnej časti svietidlo má dostatočne rozmernú horizontálnu skrinku so svorkovnicou (stožiar pre malé prierezy kábla nemusí mať elektrovýzbroj) a elektroniku pre LED. Na jej čelnom zákryte môže byť spomínaný nápis názvu ulice. Priestor medzi vertikálnymi podperami striešky je využiteľný pre nastavbu nápisu na skrinke alebo vstavanie informačnej tabuľky, prípadne aj 3D objektík. Strieška svietidla „schová“ asymetrickú LED techniku.

Ak sa nepredpokladá vloženie tabuľky, výška páru vertikálnych nosníkov je univerzálna – nastaví sa nižší variant.

Pre správcu verejného osvetlenia môže byť zaujímavé uhrádzanie aspoň podielu príkonu, ak svietidlo prenajme pre reklamu.

Výtvarným stvárnením plôch, alebo reliéfov vložených do svietidla, sa zóna obzvláštni, sídlisko nadobudne na originalite a odstráni sa fádnosť jedného typu svietidla.

Záver

Ako poznáme zo zahraničia, „duchovný a hmotný znak spoločnosti – billboardy popri cestách“ nie sú podmienkou rozvinutého hospodárstva.

Ak ich už strpíme, potom by sme mali stanoviť rozumné legislatívne podmienky ich existencie a súčasne aj metódy ich kontroly.

Pre odborníkov sú v príspevku uvedené doposiaľ nezverejnené vzťahy (1) až (5). Autor tiež zavádza niektoré nové pojmy ako napr. VF – Visibility factor a ponúka nové zariadenia pre kontrolu svetelného prostredia, napr. VF tester.

Autor verí, že bude rešpektovaná právna ochrana postupov a zariadení v príspevku.

ad 1.

Jednotkou priestorového uhla je steradián, ozn. [sr].

Jednotkou osvetlenia je lux, ozn. [lx].

Jednotkou jasnosti je kandela na meter štvorcový, ozn. [cd/m²].

Ak chceme dobre vidieť napr. vzdialený hrad, osvetlenie zraku E_{VIS} od jasnosti hradu musí byť dostatočná, teda jas hradu musí byť o to väčší o čo má hrad menší zorný priestorový uhol.

ad 2.

Nepoznám vodiča, ktorý by „obluboval“ jazdu v osvetlenom interiéru automobilu. Pri rozsvietení vnútorného osvetlenia auta sa zrak vodiča prispôbi vyššiemu jasnosti kabíny auta (aby sa jas minimalizoval, pohľadová plocha prístrojovej dosky je čierna). Dôsledkom je že, vodič pociťuje zhoršenie videnia cesty - už tak dobre nerozozná výtlky a menšie predmety na ceste ako pri vypnutom vnútornom osvetlení. (podiel E_{VIS} / E_A je veľmi malý). Podľa psychickej dispozície, sa vodič cíti svetlom obťažovaný, rušený, až obmedzovaný vo videní.

Zo skúsenosti vieme, že z tmy do svetla sa nám citlivosť zraku ustáli skôr, ako zo svetla do tmy. Napr. dlhšie zahľadanie sa na veľmi jasnú reklamu môže byť nebezpečné nielen z hľadiska odvedenia pozornosti, ale aj doby adaptácie zraku na nízky jas povrchu vozovky.

ad 3.

V minulosti, keď sa ešte nepoužívalo „denné osvetlenie“, následkom priameho oslnenia slnkom (slnko bolo nízko na horizontom), vodič vychádzajúci na hlavnú cestu nevidel vozidlo prichádzajúce po hlavnej ceste a spôsobil veľmi vážnu dopravnú nehodu. Mal vodič čakať až slnko z horizontu „odíde“? Legislatíva rieši takýto prípad alibistickým ustanovením: *Ak to vyžadujú okolnosti, najmä nedostatočný rozhľad, vodič je povinný zaistiť bezpečný vjazd na cestu pomocou spôsobilej a náležite poučenej osoby.*

Ak by prichádzajúce vozidlo na hlavnej ceste bolo malo správne návestné denné osvetlenie, možno by k dopravnej nehode nedošlo. Pomôcť pri predchádzaní nehôd by mohli aj výstražné dopravné značky umiestnené na slnečno-exponovaných miestach, ktoré by vodiča aktivizovali.

Snáď, osamelý vodič s pudom záchovy života by mohol mohol použiť aj nepretržité húkanie?!

Výstražné húkanie používajú aj vozidlá záchranej služby pri výjazde zo sídla. Že takáto náhrada dopravných svetelných návěstí obťažuje život okolitých obyvateľov, asi kompetentné orgány netrápi.

V cestnej doprave sa vyskytuje aj nepriame oslnenie slnkom. Ak v Bratislave schádzate popri Fakulte architektúry ku križovatke na Kollárovom námestí, v určitom ročnom období sa slnko zrkadlí v presklennej fasáde a nie je možné identifikovať farbu semafora. Teda, rozhodovaniu o osadení kontrastného štítu na semafor by malo predchádzať aj vyšetrenie trajektórie slnka a možných zrkadliacich sa architektúr.

„Denným osvetlením“ by mali byť vybavení všetci, aspoň významní, účastníci cestnej dopravy. Vhodné svietidlá má počas dňa rozsvietiť vlakvedúci pri približovaní sa k cestnému prejazdu, stanici a pod (v blízkosti sa môže pohybovať človek s chybou sluchu). Pretože vodič pri prechádzaní prejazdu sa musí pozeráť „jedným okom“ na vozidlo pred ním, na vyhodnotenie stavu či prichádza vlak, mu zostávajú zlomky sekundy. (Prípravuje sa reflexné zvýraznenie železničných priecestí. Nie je to znak nedisciplinovanosti vodičov, že prehliadajú viacnásobné dopravné značenie pred priecestím?)

Koncentráciu vodiča (zvlášť, ktorý je v danej dopravnej situácii cudzí) ruší aj obsahovo-graficky „tancujúca a svetelne burácejúca“ reklama umiestnená oproti výjazdu na hlavnú cestu, do križovatky. Postreh vodiča vychádzajúceho na hlavnú cestu je reklamou rušený. Vodič musí sledovať vozidlá prichádzajúce zľava a aj vozidlá a prípadne aj chodcov pred ním (križovatky Bajkalská - Rožňavská, Vajnorská – Jarošova, na námestí SNP...).

Pretože bicyklisti sú menej viditeľní (zdôvodu malého ω_{VIS} a výstražné vesty nie sú žiaducim módnym doplnkom), denné návestné LED svietidlá pre bicykel, ako nepovinná výbava pre predvádzajúcich sa cyklistov, by mohli byť populárne. Reflexné vesty nemusia vždy dostatočne plniť svoj účel. Kuriózne, napr. žltozelená vesta a žltozelený rám bicykla v prostredí polí s kvitnúcou repkou sa môže prehliadnúť.

Príkladom rýchleho získania informácií sú analógové vyhotovenia zariadení, napr. ručičkové hodiny. Z tohto dôvodu je grafická tvorba symbolu, loga, nie je len výtvarná úloha.

Výskumom je potvrdené, že mladý človek vie identifikovať symbol dopravnej značky za desatinu sekundy, s vekom sa však znižuje nielen ostrosť videnia ale aj reakčný čas.

(Predlžovanie doby pohľadu nad 2 sekundy môže byť u mladých ľudí prejavom vzájomnej náklonnosti, ale u manželky alebo šéfa to už môže byť tichá výstraha.)

ad 4.

Kladnú hodnotu faktora viditeľnosti by malo mať osvetlenie chodca na prechode. Chodec má byť vnímaný svetlejšie v porovnaní s jasom povrchu vozovky.

Extrémne malé hodnoty VF môžu upozorňovať aj na závojové oslnenie. Jasové fluidum v popredí, napr. osvetlená hmla, vysoký jas svietidiel verejného osvetlenia vytvárajú vyššiu adaptačnú osvetlenosť zraku, čo spôsobí „nevidenie“ jasovo nízkych kontrastov na vozovke.

ad 5.

Príklad 5.1

Plocha zobrazujúca architektúru (môže to byť reálna architektúra, pričom zorná plocha je jej fasáda), má nepravidelný tvar a je situovaná kolmo na os cesty.

- z kresliaceho programu sme zistili, že $S = 266,13\text{m}^2$, (ak ide o existujúcu nepravidelnú plochu, jej veľkosť môžeme zistiť fotogrametricky, podporným softvérom pre spracovanie fotografií, alebo historicko-počtársky, pomocou priesvitky s jednotkovými štvorčekmi),
- ťažisko plochy má súradnice od ľavého okraja $a_t = 10,9\text{m}$, vertikálne $b_t = 6,8\text{m}$,
- potočenie reklamnej plochy podľa zvislej osi je nulové - plocha je orientovaná kolmo na os jazdného pásu,
- odstup od osi pravého jazdného pásu po okraj tabule je 100m ,
- odstup svetelného stredy plochy je $100 + 10,9 = 110,9\text{m}$,
- najväčší priestorový uhol má reklama pri vzdialenosti vozidla od línie tabule: $d = (110,9^2/2)^{1/2} = 78,418\text{m}$
- druhá mocnina vzdialenosti svetelného stredy tabule od zraku je pri ω_{\max} $c^2 = 3/2d^2 = 3/2 \cdot 110,9^2 = 18448,215\text{m}^2$,
- najväčší zorný priestorový uhol tabule je pri vzdialenosti od tabule $c = 135,82421\text{m}$, potom $\omega_{\max} = 266,13 \cdot \cos(\arctg(78,418/135,82421))/18448,215 = 0,008328716\text{sr}$,
- najefektívnejší uhol pohľadu na tabuľu od trasy cesty je pri $\arctg(a/c) = 54,74^\circ$.

Náčrt postupu príkladu 5.2

Chceme optimalizovať rozmery a situovanie a pootočenie informačnej tabule napr. oznamujúcej blízkosť kultúrnej pamiatky.

Plocha tabule je potočená ku osi cesty o uhol δ

Využijeme vzťahy:

$$\omega = S \cdot \cos(\delta) / c^2, E = L \cdot \omega, E_{\text{VIS}} / E_A < 1$$

Činiteľ priestorového uhla: $\cos(\alpha - \delta) / c^2$

Vzdialenosť pre maximálny priestorový uhol: $b' = [(0,75 \cdot a \cdot \text{tg}\delta)^2 + a^2/2]^{1/2} - 0,75 \cdot a \cdot \text{tg}\delta$

Pre analýzu použijeme vzdialenosť: **Dĺžka rozhľadu na zastavenie** - vzdialenosť medzi vozidlom a prekážkou na jazdnom páse nevyhnutná na včasné zastavenie vozidla pri jazde návrhovou alebo povolenou rýchlosťou – vzorec pre výpočet je uvedený v cestných normách.

Uhol odpovedajúci pomeru súradníc $\arctg a/b = 2 \Rightarrow 63^\circ,43$ autor nazýva na pamiatku mena statočného človeka Sujanov uhol (Sujan angle). Je to exaktná hodnota, ako napríklad Ludolfovo číslo 3,14. Na rozdiel od čísla „zlatého stredy“, ktorého hodnota by sa dala pravdepodobne dokázať na analytických princípoch bioniky.

ad 6.

Autor spomenie aspoň niekoľko prípadov využitia priestorového snímača jasov:

- kontrola bezpečnosti (nerušivosti) svetelného prostredia,
- kontrola osvetlenia prechodu pre chodcov (v predpisoch by mal byť uvedený referenčný činiteľ odrazu chodca),
- v tuneloch analýza aj bočných jasov, ktoré kamera – jasový analyzátor nevidí,
- optimalizácia podielu umelého osvetlenia pri združenom osvetlení,
- analýza núdzového osvetlenia (autor je presvedčený, že kritérium len horizontálnej osvetlenosti v interiéroch je nedostatočné),
- pri analýze jasového rozloženia denného osvetlenia budov.

ad 7.

Príklad:

Predpokladáme, že na nočnej ceste bez verejného osvetlenia je pri rozsvietených stretávacích svetlometoch adaptačná osvetlenosť zraku vodiča $E_A=0,5lx$. (Hodnotu osvetlenosti zraku si môžeme orientačne overiť v tmavej kabíne auta citlivým luxmetrom. Treba však mať na pamäti, že kosínusová krivka luxmetra nezodpovedá priestorovému vnímaniu zraku. Pri bočných jasoch bude nameraná hodnota menšia.)

- priestorový uhol tabule je z predchádzajúceho príkladu $0,008328716sr$,
- platí $L \cdot \omega = E_A$, teda $L = E_A / \omega$, dosadením $0,5/0,008328716 = 60,03 \text{ cd/m}^2$, čo je hraničný priemerný jas tabule, ktorý už môže byť rušivý,
- aby sme vplyvom technických nepresností predišli prekročeniu tejto hodnoty (predvídame tolerancie výroby svietidiel, svetelných zdrojov, určenie činiteľa odrazu tabule), použijeme bezpečnostný koeficient $0,9$,
- potom priemerný jas tabule bude: $60,03 \cdot 0,9 = 54 \text{ cd/m}^2$ je kompromisná hodnota nerušivého jasu tabule.

V praxi pre kontrolu priestorového uhla, by mohol byť použitý jednoduchý tubus – čierna rúrka. Pohľadom cez ňu zistíme, či zorný, priestorový uhol objektu nepresahuje stanovenú medzu.

Uvádzanie hraničných svietivostí v predpisoch má význam len pre použitie zariadení, ktorých svetelnotechnické parametre boli zamerané v laboratóriu. (jednotka svietivosti je kandela (cd)). Pre terénnu alebo kontrolnú prax je vhodné uvádzať parametre ako sú jas, plocha, priestorový uhol. Tieto veličiny si vie bežný „svetelný užívateľ“ dobre predstaviť. Svietivosť je abstraktný pojem, laicky vysvetliteľný ako svetelný zrkový účinok.

© Jaroslav Španko

autor má stredoškolské vzdelanie v odbore Prevádzka a ekonomika automobilovej dopravy a vysokoškolské elektrotechnické vzdelanie, so zameraním na Svetelnú techniku. Sporadicky sa venuje osvetľovaniu pamiatok a ekonomickým optimalizačným metódam.

Expozícia ľudského oka slnečnému žiareniu a jeho ochrana

Ing. Matej Janík, Ing. Anton Rusnák

Fakulta elektrotechniky a informatiky STU, Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky, matej.janik@stuba.sk, anton.rusnak@stuba.sk

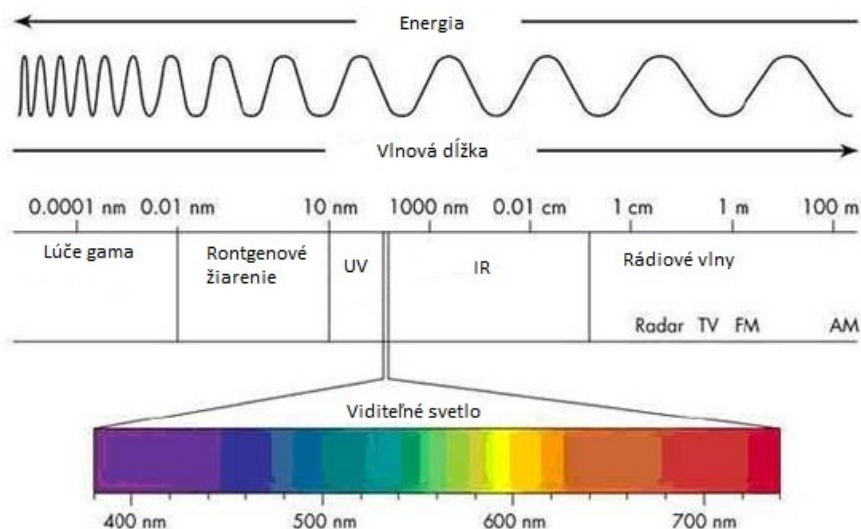
Spektrálne zloženie slnečného žiarenia je emitované vo všetkých troch základných pásmach – UV, VIS a IR. Vnímanie slnečného žiarenia je sprostredkované v tele fotoreceptormi – očami a pokožkou. Článok bude pojednávať o vneme a účinku slnečného žiarenia na oko. Uvedené budú normatívne priepustnosti a merania ochranných prostriedkov pred slnečným žiarením

Úvod

Ľudské oko prenáša viac ako 70% všetkých okolitých vnemov. Zjednodušene môžeme povedať, že ľudské oko je najdôležitejší receptor, ktorý potrebujeme pre spracovanie podnetov z okolia. Ľudské oko je receptor citlivý na svetlo a tým pádom aj na slnečné žiarenie. Slnečné žiarenie však obsahuje vlnové dĺžky ktoré je oko schopné vidieť, aj také ktoré nie je. Práve tieto zložky môžu byť veľmi nebezpečné pre zdravie oka. Tento článok pojednáva o pôsobení ultrafialovej zložky slnečného žiarenia na ľudské oko. Článok sa taktiež zameriava na porovnanie rôznych typov slnečných okuliarov v zmysle ochrany oka pred UV žiarením a ich zhodnotenie v zmysle požiadaviek národných štandardov.

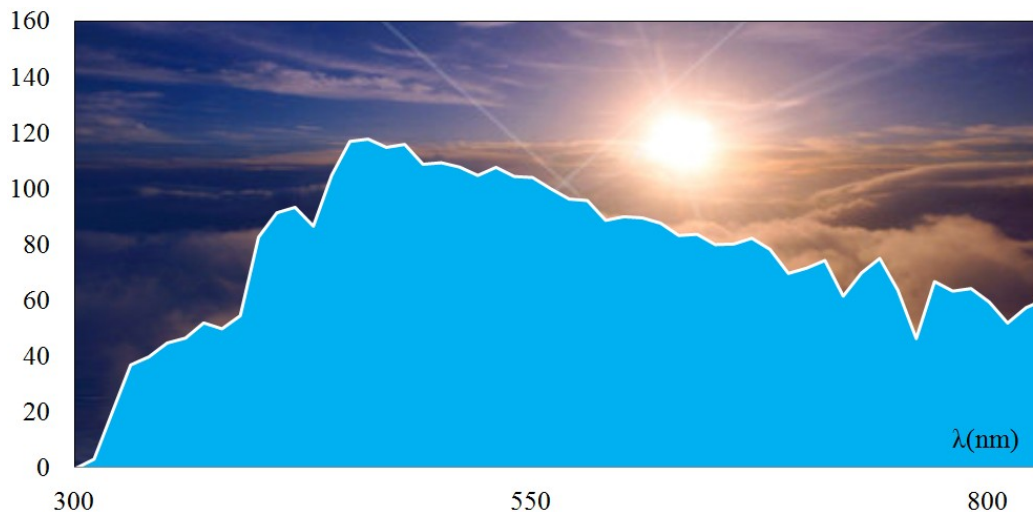
Spektrálna citlivosť ľudského oka

Ako už bolo uvedené v úvode, ľudské oko je schopné vidieť len časť slnečného žiarenia nazývanú svetlo. Svetlo predstavuje časť elektromagnetického spektra ležiacu medzi vlnovými dĺžkami 380 a 780 nm. Celé elektromagnetické spektrum slnečného žiarenia je však omnoho širšie. Obsahuje žiarenie gama, röntgenové žiarenie, ultrafialové žiarenie (UV), viditeľné žiarenie (VIS), infračervené žiarenie (IR) a rádiové vlny (radarové, TV, FM, AM). Celé zloženie elektromagnetického spektra môžeme vidieť na obrázku 1.



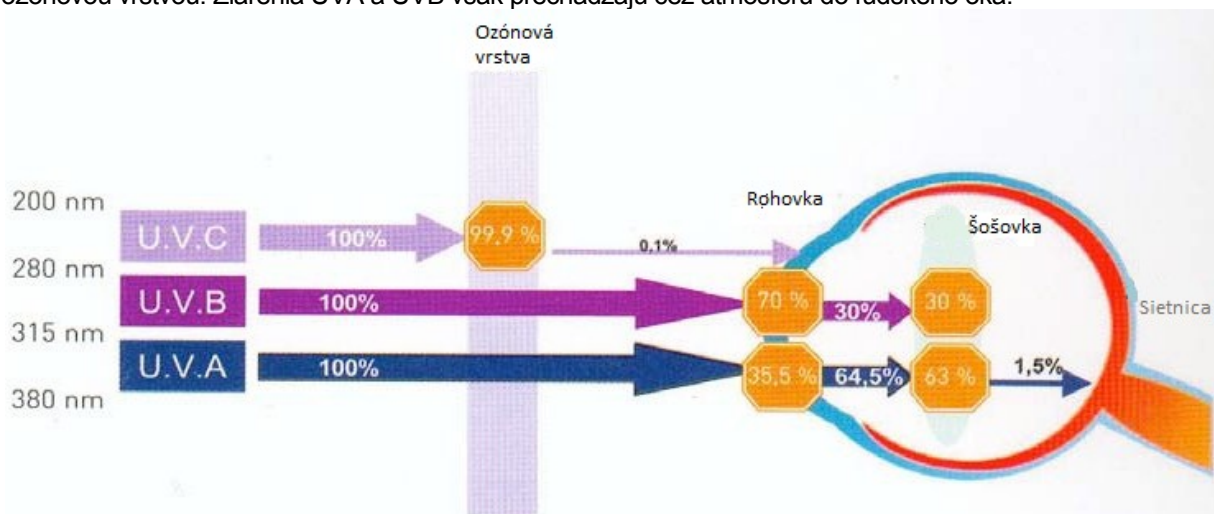
• Obrázok 1: Elektromagnetické spektrum

Ľudský organizmus ako taký je citlivý najmä na UV žiarenie, viditeľné žiarenie a IR žiarenie. Slnečné svetlo obsahuje všetky tri spomenuté typy žiarenia. Vyžarovacie spektrum slnečného žiarenia môžeme charakterizovať pomocou svetelného zdroja D65, ktorého spektrálna charakteristika je znázornená na obrázku 2.



• Obrázok 2: Spektrálna charakteristika slnečného žiarenia (D65)

Na charakteristike znázornenej na obrázku 2 môžeme vidieť, že slnečné žiarenie obsahuje UV zložku od približne 300 nm. Práve táto zložka elektromagnetického spektra môže spôsobovať choroby a poškodenia ľudského oka. Pokiaľ sa však chceme venovať problematike vplyvu UV žiarenia na ľudské oko podrobnejšie musíme rozdeliť UV žiarenie na 3 špecifické formy. Prvá zložka UVA s vlnovými dĺžkami medzi 315 a 380 nm. Druhá zložka UVB s vlnovými dĺžkami medzi 280 a 315 nm. Tretia zložka UVC s vlnovými dĺžkami od 200 do 280 nm. Väčšina UVC žiarenia na zemský povrch nedopadá, pretože je takmer kompletne pohltaná ozónovou vrstvou. Žiarenia UVA a UVB však prechádzajú cez atmosféru do ľudského oka.



* Obrázok 3: Absorpcia UV žiarenia ozónovou vrstvou

Vplyv UV žiarenia na ľudské oko a jeho ochrana

UV žiarenie pôsobí negatívne najmä na rohovku, šošovku a sietnicu. Na obrázku 3 môžeme vidieť približnú absorpciu žiarenia každou časťou. Rohovka obsahuje epitelu a endotelu, ktoré nie sú schopné regenerácie. Pôsobením UV žiarenia nastáva poškodenie týchto prvkov a samotnej rohovky. Ďalší negatívny vplyv UV žiarenia na rohovku je taktiež nazývaný photokeratitis (známe ako „snežná slepota“). Toto ochorenie je len dočasné ale môže byť v extrémnych prípadoch veľmi bolestivé a nepríjemné. Vzhľadom na absorpciu UVB a UVC žiarenia rohovkou je efekt na šošovku značne potlačený. Na šošovke sa však prejavuje najmä vplyv UVA žiarenia ktorého vplyvom prichádza ku strate elasticity. Rohovka a šošovka pohltnú väčšinu UVA a UVB žiarenia dokonca i bez použitia ochranných prvkov, ale malá časť UV žiarenia (najmä žiarenie medzi 300 a 315 nm) dopadá na sietnicu a spôsobuje jej poškodenie. Najmä prehnané a dlhodobé pôsobenie UV žiarenia môže spôsobiť sietnicu. Je nevyhnutné poznamenať, že väčšina foriem poškodenia sietnice je bezbolestná ale účinky na sietnicu sú nenávratné. Vo všeobecnosti môžeme povedať, že UVA žiarenie

pôsobí na celé oko a spôsobuje katarakty, degradáciu makuly - časť sietnice, ktorú potrebujeme pre ostré a detailné videnie, a zakalenie šošovky. UVB a UVC žiarenie sú zvyčajne pohltené už na povrchu oka a môžu spôsobiť dočasné alebo trvalé poškodenie rohovky.

Pre ochranu oka pred UV žiarením sa zvyčajne používajú ochranné okuliare s UV filtrom. Tieto okuliare však spôsobujú ďalší efekt, ktorým je zníženie intenzity osvetlenia ľudského oka spôsobenou viditeľným svetlom. Dobré okuliare by mali znížiť túto hodnotu o 75% až 90%. Dobré ochranné okuliare by mali filtrovať UV žiarenie do 400 nm. Obchodne sú tieto okuliare označované ako „100% UV ochrana“. V tomto článku sú taktiež vykonané merania vybraných typov slnečných okuliarov rôznych kategórií a v závislosti od nákupnej ceny.

Požiadavky v zmysle noriem

Požiadavky pre ochranné slnečné okuliare sú kladené v zmysle normy EN 1836:2007. V tejto norme sú stanovené požiadavky na filtre, mechanickú konštrukciu, testovanie a na informácie a štítkové údaje pre slnečné okuliare. Z pohľadu problematiky riešenej v tomto článku, najdôležitejšia časť tejto normy pojednáva o maximálnych povolených hodnotách priepustnosti slnečného UV žiarenia a o prestupe viditeľného svetla cez filter okuliarov. V ďalšej kapitole tohto článku sú použité výpočty pre prestup UV žiarenia v zmysle EN 1836. Pre žiarenia UVB, UVA a viditeľnú časť spektra sú použité rôzne vzťahy znázornené rovnicami 1, 2 a 3.

$$\tau_{UVB} = \frac{\int_{280nm}^{315nm} \tau_f(\lambda) E_{s\lambda}(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_{280nm}^{315nm} E_{s\lambda}(\lambda) S(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

$$\tau_{UVA} = \frac{\int_{315nm}^{380nm} \tau_f(\lambda) E_{s\lambda}(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int_{315nm}^{380nm} E_{s\lambda}(\lambda) S(\lambda) d\lambda} \quad (2)$$

$$\tau_v = \frac{\int_{380nm}^{780nm} \tau_f(\lambda) V(\lambda) S_{D65\lambda}(\lambda) d\lambda}{\int_{315nm}^{380nm} V(\lambda) S_{D65\lambda}(\lambda) d\lambda} \quad (3)$$

kde $S_{A\lambda}(\lambda)$ je spektrálna distribúcia svetelného zdroja A, $S_{D65\lambda}(\lambda)$ je spektrálna distribúcia svetelného zdroja D65, $\tau_f(\lambda)$ je priepustnosť slnečného filtra, $S(\lambda)$ je UV žiarenie













V tabuľke 1 je znázornená klasifikácia filtrov v zmysle EN 1836:2007. Filtre sú klasifikované do piatich kategórií, od 0 do 4, v zmysle rozsahov činiteľa prestupu.

Kategória filtra	Požiadavky					
	UV			Viditeľné svetlo		IR
	Maximálna hodnota prestupu $\tau_f(\lambda)$		Maximálna hodnota prestupu (λ)	Rozsah prestupu viditeľného svetla τ_v		Maximálna hodnota IR prestupu
	Od 280 do 315 nm	od 315 do 350 nm	Od 315 do 380 nm	od %	do %	
0	0,1 x τ_v	τ_v	τ_v	80	100	τ_v
1				43	80	
2				18	43	
3				8	18	
4				3	8	

* Tabuľka 1: Priepustnosť UV, IR a viditeľného svetla

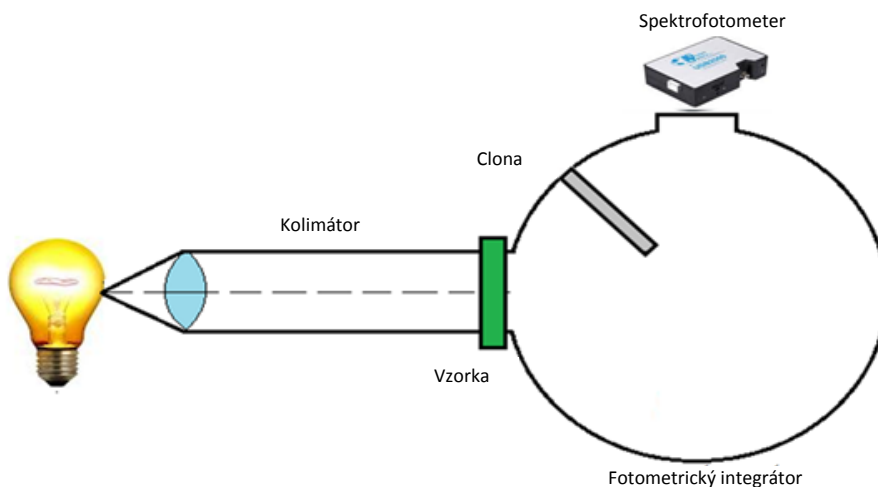
Meranie

Merania boli zamerané na porovnanie rôznych druhov slnečných okuliarov z hľadiska UV ochrany, prestupu viditeľného svetla a ceny. Merania boli vykonané v zmysle EN 1836. Počas výskumu sme porovnali 14 rôznych druhov slnečných okuliarov. Zobrazenie druhov môžeme vidieť v tabuľke 2. Ochranné okuliare označené ako 14 sú špeciálne UV ochranné okuliare, ktoré filtrujú celé spektrum UV žiarenia.

Vzorka	Štítkové údaje	Približná cena v EUR	Obrázok	Vzorka	Štítkové údaje	Približná cena v EUR	Obrázok
1	Alpina Pro	30		8	-	100	
2	-	10		9	Polaroid 4713 A Filter cat 3	50	
3	-	45		10	Vogue	80	
4	Emikill Cal.3 UV protection	10		11	Children sunglasses	13	
5	-	10		12	Children sunglasses	5	
6	Ray-Ban 100P UV protection	20		13	-	30	
7	Polaroid Sunglasses CAT.3 P4034	60		14	Ocean Optics -UV glasses	-	

* Tabuľka 2: Merané vzorky

Všetky merania boli vykonané v špeciálnom svetelnotechnickom laboratóriu. Meracia zostava je znázornená na obrázku 4. Meraná vzorka bola umiestnená medzi výstup z kolimátora a vstup fotometrického integrátora.

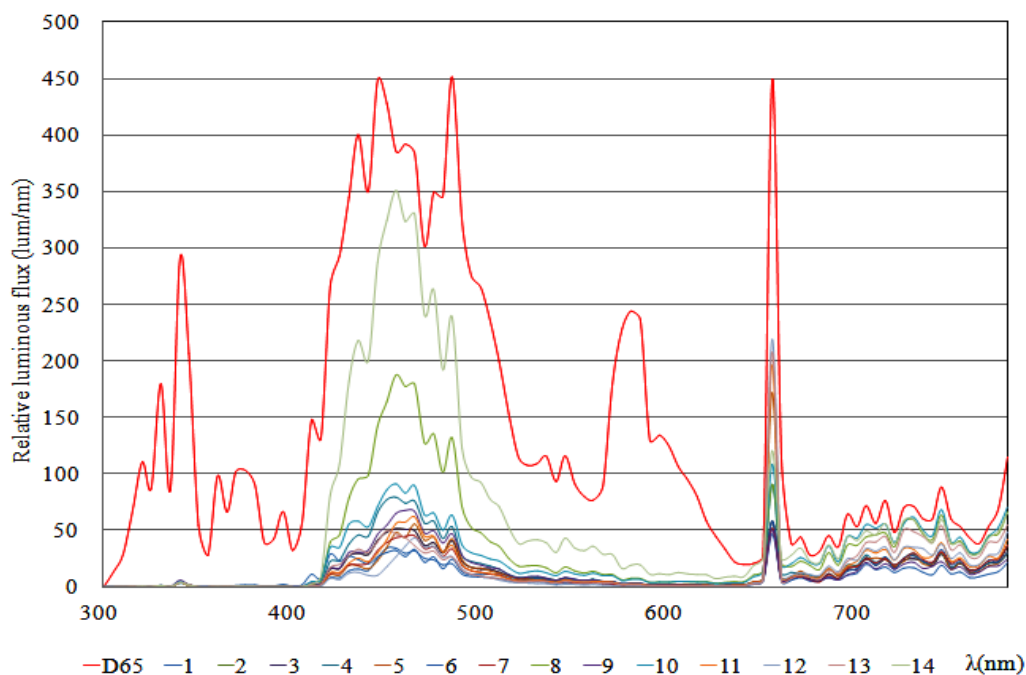


* Obrázok 4: Meracia zostava

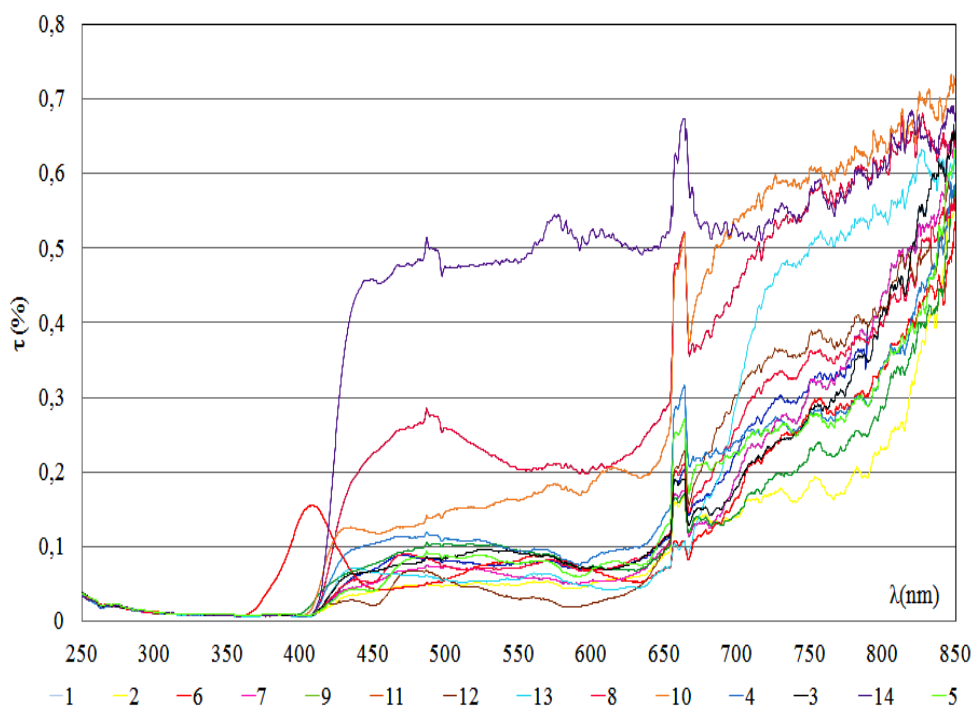
Na druhej strane (za clonou) bol umiestnený spektrofotometer pomocou ktorého bola vyhodnotená každá meraná vzorka. Počas merania bolo vyhodnotené celé spektrum, ktoré dané ochranné okuliare prepúšťajú.

Výsledky a zhodnotenie

Výsledky výskumu sú znázornené na obrázkoch č.5 a 6. Červená krivka na obrázku 5 znázorňuje spektrálne zloženie svetelného zdroja, ktorý bol korigovaný na D65. Zdroj má vyžarovanie aj v UV. Obrázok 6 znázorňuje činiteľ prestupu meraných vzoriek. Zjednodušené výsledky môžeme vidieť v tabuľke 3.



* Obrázok 5: Spektrálne zloženie žiarenia pred a po prechode cez slnečné okuliare



* Obrázok 6: Prestup svetla cez slnečné okuliare

Číslo vzorky	$\tau_F (\lambda)$		$\tau_{SUVA} (\lambda)$	$\tau_v (\%)$	Kategória pre viditeľnú oblasť	Cena
	280-315	315-350	315-380			
1	0,103	0,385	0,337	7,02	4	30
2	0,115	0,424	0,393	5,87	4	10
3	0,114	0,415	0,360	9,19	3	45
4	0,112	0,409	0,367	11,83	3	10
5	0,110	0,447	0,403	9,56	3	10
6	0,100	0,396	1,271	7,81	4	20
7	0,108	0,405	0,361	8,33	3	60
8	0,114	0,814	0,758	24,73	2	100
9	0,116	0,417	0,385	9,30	3	50
10	0,109	0,842	0,758	18,37	2	80
11	0,103	0,397	0,347	10,82	3	13
12	0,104	0,390	0,330	9,46	3	5
13	0,103	0,376	0,328	11,67	3	30
14	0,115	0,824	0,725	42,04	2	-

* Tabuľka 3: Výsledky meraní a klasifikácia meraných vzoriek

Výsledky v tabuľke 3 sú rozdelené podľa EN 1836. Každá meraná vzorka je vyhodnotená samostatne pre oblasť UVA, UVB a viditeľnú oblasť. Môžeme vidieť, že všetky merané vzorky (dokonca aj slnečné okuliare nižšej ceny) filtrujú žiarenia UVA aj UVB uspokojivo. Jediná vzorka č.6 prepúšťala väčšie množstvo žiarenia UVA ako ostatné vzorky, ale stále v zmysle požiadaviek EN 1836. Podľa meraní ktoré sme vykonali neboli žiadny rozdiel medzi drahšími a lacnejšími druhmi v zmysle prestupu UV žiarenia.

Literatúra

- [1] SIPEX - Sea ice physics and ecosystem experiment (2007). *Understanding Altimetry*, online: <<http://www.acecrc.sipex.aq/access/page/?page=811ccae0-b978-102a-8ea7-0019b9ea7c60>>.
- [2] 50'z (2007). *Exposition au soleil : attention les yeux !*, online: http://www.fiftiz.fr/bienetre/sante/exposition-au-soleil-attention-les-yeux,414_0.html, fiftiz.fr, Beyoung Interactive.
- [3] DICAT - Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni, dell'Ambiente e del Territorio (2012). *Motion of the vitreous body induced by eye rotations*, online: <<http://www.dicat.unige.it/stocchino/research/bio.html>>, Università Degli studi de Genova.
- [4] ICNIRP - International commission on Non-ionizing radiation protection (2003). *Health issues of ultraviolet tanning appliances used for cosmetic purposes*, ISSN 0017-9078, Lippincott Williams, Health physics, vol. 84, n.1, p.119-127.
- [5] STN EN 1836:2007 (2007). *Personal eye-equipment. Sunglasses and sunglare filters for general use and filters for direct observation of the sun*, *Health issues of ultraviolet tanning*, Slovak technical norm, p. 6-10.

Dotační tituly na podporu veřejného osvětlení v ČR

Michal, Staša, Mgr. Ing.

SEVEN, Středisko pro efektivní využívání energie, o.p.s., michal.stasa@svn.cz

Anotace

Příspěvek se zabývá dotačními tituly, které jsou zaměřené na podporu modernizace a rekonstrukce veřejného osvětlení (dále VO). Úvod obsahuje přehled podpory v rámci EU, shrnuje podporu na Slovensku a možnosti podpory v České republice. Těžištěm příspěvku je příprava a případná implementace podpory veřejného osvětlení v rámci Operačního programu Životní prostředí v programovém období 2007-2013 a v dalším programovém období 2014-2020.

Podpora VO v EU a na Slovensku

Podpora modernizace a rekonstrukce není v Evropské unii koordinována centrálně a je na každém státu, jakým způsobem k podpoře přistoupí. Řada států nemá podporu žádnou, některé státy poskytují podporu z národních rozpočtů či rozpočtů regionálních vlád (např. Německo či Nizozemí). Některé státy si připravily podporu v rámci strukturálních a kohezních fondů (např. v Bulharsku, Švédsku či na Slovensku). Na Slovensku byla podpora uskutečněna v rámci Operačního programu Konkurenceschopnost a hospodářský růst, osa 2 Energetika. Proběhly dvě výzvy s alokacemi 441 mil. Kč a 581 mil. Kč. Žadatelé byly obce. Maximální podpora projektu rekonstrukce a modernizace VO byla 6,3 mil. Kč a činila až 95 % způsobilých nákladů. Technická kritéria projektu byla následující:

- dodržení nařízení (ES) č.245/2009 týkající se efektivity a kvalitativních kritérií světelných zdrojů a svítidel pro veřejné osvětlení,
- minimální měrný výkon světelných zdrojů 87 lm/W,
- minimální krytí svítidel IP65,
- použití systému řízení s regulací s volbou provozních režimů.

Výběrová kritéria byla komplexní a zahrnovala mimo jiné bezpečnost, efektivitu, velikost obce, měrnou investiční náročnost úspory elektrické energie, vhodnost a účelnost projektu, způsob realizace projektu, rozpočet a efektivnost nákladů, administrativní, odbornou a technickou kapacitu, udržitelnost projektu a další.

Dotační tituly v České republice

V České republice existují pouze velmi omezené zdroje financování modernizace a rekonstrukce VO (mimo obecní rozpočty). Především se jedná o projekt EFEKT Ministerstva průmyslu a obchodu, který měl v roce 2012 celkový rozpočet 30 mil. Kč (a stejný rozpočtem pro rok 2011). Veřejným osvětlením se zabývá aktivita B.1. Žadatelé jsou obce či městské části. Maximální výše podpory byla stanovena na 3 mil. Kč (max. 40 % oprávněných výdajů). Podmínkou účasti bylo dosažení úspor alespoň 20 % elektrické energie, energetický audit dle platné legislativy a kalkulace předpokládané výše úspor.

Veřejné osvětlení je zmíněno i v regionálních operačních programech pro NUTS2 Severozápad a NUTS2 Jihovýchod. Podpora se omezuje na celkovou revitalizaci či brownfields.

Operační program Životní prostředí 2007-2013

Snaha Ministerstva životního prostředí (řídícího orgánu OPŽP) je přesunout prostředky v celkové výši 1,5 mld. Kč z prioritní osy 3.2 do 3.1 (Realizace úspor energie a využití odpadního tepla). Přesunuté prostředky by měly být určeny na modernizaci a rekonstrukci veřejného osvětlení. Změna Operačního programu Životní prostředí (dále OPŽP) vyžaduje změny v programovém dokumentu, implementačním dokumentu a zjištění potenciálu úspor, absorpční kapacity, přípravu podkladů pro výzvy, apod. Z toho důvodu Ministerstvo životního prostředí zadalo z prostředků Technické pomoci OPŽP vytvoření Analýzy možné podpory veřejného osvětlení v rámci OPŽP 2007-2013 (dále Analýza). Změny programového a implementačního dokumentu musí být schváleny a v době psaní příspěvku nebyl znám výsledek schvalovacího procesu. Následující informace jsou návrhy.

Do oprávněných žadatelů v OPŽP patří obce, městské části, svazky obcí, příspěvkové organizace a organizační složky obcí a měst či obchodní společnosti ze 100 % vlastněné obcí (např. technické služby). Podpora soukromých subjektů není v rámci OPŽP možná. V praxi VO tak může nastat problém u žádostí v obcích, jejichž správce veřejného osvětlení provádí veškeré investice a rovněž platí spotřebovanou elektrickou energii (obvykle tzv. přenesená správa VO).

Analýza možné podpory veřejného osvětlení v rámci OPŽP 2007-2013 obsahuje výpočet dostupného potenciálu úspor ve veřejném osvětlení. Ten byl určen konzervativně a vycházel z užívaných výkonových řad výbojek a stářích svítidel. Bylo uvažováno s nahrazením všech vysokotlakých rtuťových výbojek a pokles výkonu vysokotlakých sodíkových výbojek o jeden výkonový stupeň u cca 26 % výbojek (což odpovídá stářím svítidel 15 a více let). Dle [1] byl výpočet doplněn o dostupný potenciál úspor plynoucí z výměny kabelů, nerovnoměrného zatížení fází, optimálního spínání, eliminace černých odběrů a stmívání při snížené intenzitě dopravy. Celkový dostupný potenciál úspor byl vypočten na 171 GWh, což je cca 15 % současné spotřeby veřejného osvětlení.

Pro účely výpočtu absorpční kapacity byly vytvořeny 4 modelové typy projektů:

- modernizace (výměna svítidel se sníženým příkonem) se stávajícími stožáry a kabely,
- výměna svítidel (snížení příkonu), výměna stožárů (stejný počet), zachování kabelů,
- výměna svítidel (stejný příkon), výměna stožárů (menší počet), výměna kabelů,
- výměna svítidel (snížení příkonu), výměna stožárů (stejný počet), výměna kabelů.

Z dostupného potenciálu úspor, alokované částky 1,5 mld. Kč a distribuce mezi modelové typy projektů byla určena reálná absorpční kapacita ve výši cca 44 GWh.

V rámci Analýzy byly vytipovány a diskutovány požadavky na povinné přílohy, kritéria přijatelnosti a návrhy na hodnotící kritéria. Návrh požadavků na povinné přílohy k žádostem:

- pasport veřejného osvětlení,
- energetický audit veřejného osvětlení dle platné legislativy,
- projekt soustavy VO vedený autorizovaným inženýrem,
- dodržení souboru norem ČSN EN 13 201.

Specifická kritéria přijatelnosti:

- dodržení kvalitativních parametrů a parametrů týkajících se efektivity světelných zdrojů a svítidel dle nařízení ES č.245/2009, doplněné č.347/2010,
- vysoce efektivní vysokotlaké sodíkové výbojky a elektronické předřadníky,
- minimální krytí IP65,
- dodržení souboru norem ČSN EN 13 201,
- minimální úroveň přesnosti spínání (kombinace astronomických hodin a fotočidla),
- antikorozi úprava stožárů a výložníků.

V případě využití LED svítidel bylo doporučeno využití speciálních kritérií, např:

- činitel stárnutí min. 0,85 či funkce kompenzace úbytku světelného toku,
- min. doba života 50 tisíc hodin,
- záruka 5 let,
- existence odpovídajícího referenčního projektu,
- apod.

Hodnotící kritéria žádostí musí dle OPŽP splňovat rozdělení na ekologická a technická. Návrh obsahuje jedno ekologické kritérium (E1) a dvě technická kritéria (T1 a T2):

- E1 – Měrná finanční náročnost snížení emisí skleníkových plynů (tis. Kč/ tun CO₂ * rok), až 50 bodů,
- T1 – Úspora spotřeby elektrické energie oproti výchozímu stavu (%), až 40 bodů,
- T2 – Míra regulovatelnosti soustavy (až 10 bodů).

Dotace je v rámci OPŽP stanovena jako 85 % ze způsobilých výdajů. Specifickými nezpůsobilými výdaji v rámci prioritní osy 3 jsou náklady ve výši úspor energetických nákladů vygenerovaných za 5 let opatřeními, na něž je požadováno poskytnutí podpory. Modelování průměrných typových opatření ukázalo, že při pouhé modernizaci (výměně svítidel) činí díky tomu dotace cca 50 % celkových nákladů, při celkové rekonstrukci cca 75-80 % celkových nákladů.

Podporu VO plánuje Ministerstvo životního prostředí také pro další programové období 2014-2020. Lze předpokládat, že v tomto programovém období budou mnohem významněji zastoupeny projekty s využitím LED svítidel a mohou se tak díky tomu změnit kritéria pro projekty. Ostatní požadavky budou pravděpodobně obdobné či budou vycházet z podmínek programu.

Literatura a odkazy

- [1] Sokanský, K. a kol. Potenciál energetických úspor veřejného osvětlení v ČR, 2007.
- [2] Ministerstvo životního prostředí. Programový dokument OPŽP pro období 2007-2013 verze schválena EK 20.2.2012.
- [3] Ministerstvo životního prostředí. Implementační dokument OPŽP 2007-2013, verze k 14.12.2011.
- [4] Ministerstvo hospodářství SR, Programový manuál k Operačnímu programu Konkurenceschopnost a hospodářský růst, Bratislava, 2010.
- [5] Ministerstvo průmyslu a obchodu. Znění programu EFEKT, 2012.
- [6] Sokanský, Karel a kol. Metodické pokyny pro obnovu, provoz a údržbu veřejného osvětlení, 2008.
- [7] SEVEN, o.p.s. Veřejné osvětlení – manuál pro pracovníky místních samospráv pro města a obce, prosinec 2010.

„Existuje – neexistuje standardizovaný pasport veřejného osvětlení ?“

Jiří Tesař

ARTMETAL ČEHY s.r.o., jiri.tesar@artmetal-cz.com

Úvod

Podle mne standardizovaný pasport VO neexistuje, existují jen doporučení, které sledované položky částí zařízení má pasport VO obsahovat a je jen na výběru správce - vlastníka VO, zda ve výsledku bude mít evidenci dle zapínacích míst, dle komunikací, městských obvodů, či jen celkový přehled o soustavě VO. Je to otázka výběru filtrovaných položek před zadáním zpracování tohoto dokumentu.

Každé město – obec používá různé softwary pro sledování změn v katastru nemovitosti např. MYSYS, GRAMIS, T - MAPY, KOMPAS atd. Vesměs všechny zmíněné softwary mají přidružený datový modul pasport. Tak, aby nebylo nutné pořizovat nové programové vybavení pro samotný pasport VO je vhodné navrhnout a zpracovat databázový modul pasportu VO pro používané softwarové prostředí.

Bohužel každý program pracuje s odlišnými daty a různými způsoby filtrování jednotlivých položek v textové a databázové části tak, že je nutností navrhnout a doporučit takový základní datový modul, který bude závazný a tím standardizovaný.

Proč se o tom vlastně zmiňuji? Rád bych vyvolal odbornou diskuzi na toto téma, je velice jednoduché a prozaické.

Od dubna letošního roku máme u nás v ČR mnohonásobně více odborníků na veřejné osvětlení než si myslíme, zejména co se týče zpracování základních dokumentů souvisejících s provozem a údržbou VO. Jedná se o oblasti zpracování pasportů, návrhů obnovy VO, včetně energetických auditů a následných žádostí o dotační titul v operačním programu životního prostředí. Toto je zapříčiněno únikem informací z MŽP a následně zprávou ČTK ze dne 13.7.2012 cituji :

Ministerstvo životního prostředí vyjednává s Evropskou komisí o použití 1,5 miliardy korun z operačního fondu Životní prostředí na modernizaci veřejného osvětlení. Pokud bude Brusel souhlasit, obce by mohli o dotace požádat koncem roku. Ministerstvo návrh představilo vedení programu koncem června. Přesná pravidla poskytování zatím ladí.

Díky těmto informacím započala neskutečná aktivita firem, firmiček, které začaly městům a obcím nabízet své služby na zpracování výše uvedených dokumentů. Na tom není nic špatného, ale to co mi především vadí je profesní úroveň zpracovaných a nabízených dokumentů v jednotlivých fázích obnovy VO. Několik nabídek se mi dostalo prostřednictvím zástupců měst a obcí do ruky k posouzení a nestačil jsem se divit co je vše možné vymyslet bez ohledu na možné důsledky provozu v budoucnu.

Po analýze jednotlivých nabízených dokumentů mi stále vycházel jediný závěr – za každou cenu vypracovat energetický audit VO a žádost o dotační titul bez ohledu na to jestli je navrhovaná obnova smysluplná a provozně ekonomicky přijatelná, zejména v oblasti údržby. O normovaných hodnotách osvětlenosti se radši ani nebavím. To je na další téma, které zde nechci rozebírat.

Aby bylo možné zpracovat ekonomicko technické řešení obnovy VO, včetně plánování údržby je každý zpracovatel závislý na vstupních informacích, které musí dokonale a v reálném čase poskytnout maximální vypovídající informaci o jednotlivých částech soustavy VO včetně jejich stáří, kvality atd. v oblasti databázové. Zpracování mapové části je dané stavebním zákonem a to ustanovením § 185 odstavce 2 cituji:

Vlastník sítě technické infrastruktury dokončené a zkolaudované přede dnem 1. ledna 2007 je podle §185 odst.2 SZ povinen

- poskytnout polohopisnou situaci technické infrastruktury úřadu územního plánování (do 1. září 2007)
- poskytnout polohopisné údaje situace technické infrastruktury v souřadnicovém systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (do 1. ledna 2013)

Bohužel ne všichni vlastníci a provozovatelé VO si toto uvědomují, především v malých obcích a městech. Když pak navštíví schopný obchodník starostu tak ho přesvědčí o tom, že jeho nabídka je ta nejlepší nejlevnější a nejvýhodnější, včetně zpracování žádosti o dotaci. Zodpovědný starosta se zeptá zavolá a zjišťuje jestli to opravdu tak je, ale starosta pohodlný a neznalý je rád, že jeho problém někdo vyřeší a nepřemýšlí o tom jestli navržené řešení je pro budoucí provoz a údržbu výhodné a optimální.

Jsem přesvědčen o tom , že dokument pasportu VO by neměl být zpracováván jen účelově pro žádost o dotační titul , ale s cílem a takovou formou zpracování, které určují částečně platné zákony , normy , vládní nařízení a různá doporučení s cílem usnadnění a kvalifikovaného rozhodování při návrhu obnovy, rekonstrukce , investice, údržby a oprav veřejného osvětlení.

Sami nelépe víte, že každá žádost o dotaci je sázkou do loterie , nikdy obec nemá jistotu, že finanční prostředky získá. Účelově a neodborně zpracované dokumenty v rámci jediného cíle získat dotaci pak budou vhodné jen pro archiv a nebude je možné kvalitně užívat tak, aby vložené finanční prostředky do zpracované dokumentace byly smysluplné. Jedná se především o využití zpracovaných dokumentů v těchto oblastech:

- Splnění zákonné povinnosti o evidenci a polohopisném zaměření liniových staveb v systému souřadnic JTSK (jednotné trigonometrické sítě katastrální), do které veřejné osvětlení patří.
- Mít kompletní přehled o technicko provozním stavu zařízení , jeho energetické náročnosti, stáří atd. Tento přehled dává vlastníkovi účinný nástroj pro plánování nákladů na údržbu, investice a stanovení výše částky provozu a údržby v městském nebo obecním rozpočtu , včetně nutných investic do zařízení v následných letech.(každé zařízení má svoji životnost).
- Odborně zpracovaný soubor dokumentů pasportu VO se dá využít i pro jiné formy financování obnovy veřejného osvětlení. Například z úspor el.energie a nákladů na údržbu formou EPC (Energy Performance Contracting), kterou v češtině nazýváme Energetické služby se zárukou.
- Dobře zpracované dokumenty se dají využít také jako zadávací dokumentace pro výběrová řízení na obnovu VO , výběru správce VO atd.

Tímto končím úvodní stať problematiky pasportu VO , možných důsledků na obecní rozpočty a celkový stav budoucího osvětlení realizovaného z nekvalitní dokumentace a mého pohledu na tuto záležitost. Pro osvěžení paměti uvádím základní definici obecného pasportu jak ji znám ze školy a třicetileté praxe.

Definice pasportu všeobecně

Pasport je evidencí hmotného a nebo nehmotného majetku pro jeho efektivní provoz, údržbu a modernizaci. Účelem je sledování životního cyklu majetku, správy a optimalizace včetně jeho využití. Daná evidence je pak podkladem pro zodpovědné rozhodování při s hospodaření s majetkem a optimalizací nákladů na jeho provoz, údržbu a rozvoj.

Pro vedení **pasportní evidence** jsou s výhodou používány informační systémy na bázi relačních databází. V případě územně lokalizovatelných objektů lze využít geografických informačních systémů (GIS), které kromě databázových vztahů přinášejí do této evidence i vztahy prostorové což je náš případ VO.

Geograficky zaměřené **pasporty** využívají standardizované formáty dat a umožňují interoperabilitu s dalšími systémy, poskytují uživatelům možnost opakovaného použití informací, koordinaci a sdílení informací efektivním a účinným způsobem. Optimálním řešením je internetová aplikace s mapovým klientem, která zprostředkovává tento informační zdroj prostřednictvím webových technologií, bez výrazných nároků na klientskou pracovní stanici.

Doporučení návrh formy zpracování základního standardizovaného modulu pasportu VO

Každý pasport VO by měl obsahovat část grafickou a část databázovou. Obě tyto složky by měli být navzájem provázány – propojeny. Práce s daty musí umožnit ovládání a editaci položek ve dvou formách a to ve formě tabulek (databázové části) a formě grafické.

Grafická část pasportu VO:

Požadavek na zpracování grafických dat musí být plně v souladu s ustanovením § 185 odst. 2 zákona č.183/2006 Sb.

„Veškeré polohopisné údaje o světelných místech, odběrných místech a rozvodech VO musí být zpracovány v souřadnicovém systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální ve tvaru vhodném k provozování v programech GIS“.Grafická část pasportu VO musí umožňovat export a import nových dat pořízených v programovém prostředí CAD v jednotlivých vrstvách pro mapový podklad, kde je jednotlivé zařízení umístěno.Jedná se především o soubory a dokumenty typů formátů dat (BD, VVR, DGN, DXF, DWG, VKM, VFK, DBF, ARC, SHP).

Výstupy zpracovaných dat (zaměřených stožárů , vedení VO) jen v souřadnicích GPS není možné ani přípustné.

Při zaměřování daného místa pomocí stupňových souřadnic GPS polohy N a E musí být tyto souřadnice přepočítány na souřadnicový systém JTSK - osy Y a X , nebo přímo načteny s jednoznačným identifikačním číslem zařízení VO do mapového podkladu daného území kde se VO nachází.

Odůvodnění:

Povinnosti vlastníka VO vyplývají z ustanovení § 161 Stavebního zákona . Systém VO je inženýrský objekt typu „sítě technické infrastruktury“ (vyhláška MMR č.499/2006 Sb. „o dokumentaci staveb“). Dle § 161 Stavebního zákona.

Vlastník sítě technické infrastruktury je povinen:

- vést o veřejném osvětlení evidenci, která musí obsahovat polohové umístění, ochranné pásmo a v odůvodněných případech s ohledem na charakter technické infrastruktury i výškové umístění.
- sdělit oprávněné osobě na její žádost do 30ti dnů údaje o poloze VO , podmínkách napojení, ochrany a další údaje nezbytné pro projektovou činnost a provedení stavby.
- Na vyzvu orgánu územního plánování a stavebního úřadu bez průtahů poskytnout nezbytnou součinnost při plnění úkolů podle tohoto zákona.

Nesplnění uvedené povinnosti vlastníka sítě technické infrastruktury je přestupkem podle § 178 odst.6 Stavebního zákona, za který může být uložena pokuta až do výše 200.000,- Kč (§ 179 odst.1 SZ).

Vlastník sítě technické infrastruktury dokončené a zkolaudované přede dnem 1. ledna 2007 je podle §185 odst.2 SZ povinen:

- poskytnout polohopisnou situaci technické infrastruktury (v našem případě části a součásti veřejného osvětlení např. stožáry, kabelové rozvody) úřadu územního plánování (do 1. září 2007)
- poskytnout polohopisné údaje situace technické infrastruktury v souřadnicovém systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (do 1. ledna 2013).

Formát zpracovaných geografických dat ve výše uvedeném prostředí musí umožňovat:

- zobrazování mapových listů
- zobrazování atributů mapových prvků
- Export a import grafických dat soustavy VO v jednotlivých vrstvách do katastrálních map v systému JTSK.
- vytváření, ukládání a tisk tiskových formulářů v měřítku

Databázová část pasportu VO:

Aplikace databázové části by měla být tvořena podle údajů, které se budou zaznamenávat (sledovat) při zajišťování a evidenci jednotlivých prvků soustavy VO (pasportizace veřejného osvětlení). Vytvoření databáze by mělo obsahovat tři hlavní tabulky formátu (dbf nebo mdb) a to :

- Data o světelném místě (SM)
- Data o odběrném místě (rozvaděči RVO), včetně několika předem definovaných číselníků.
- Data o osvětlovaném místě - prostoru, zejména topografické údaje, včetně určení jednotlivých tříd osvětlení.

Programové, databázové evidenční aplikace by měly být vytvořeny tak, aby umožňovali efektivní práci s digitálními daty pomocí uživatelského rozhraní. Aplikace pak musí sloužit k vedení dat o zařízení soustavy VO a dále sledování technického stavu prvků světelné soustavy.

Hlavní nabídka aplikace by měla obsahovat 3 části.

- První část by byla určena k manipulaci s daty a údaji o světelných místech.
- Druhá část se zabývala daty a údaji o odběrných místech (rozvaděčích VO).
- Třetí by měla sloužit k naplňování číselníků a tvorbě tiskových výstupů.

Využití a používání aplikace musí umožnit provádět základní operace s atributovou složkou a to:

- vkládání nových záznamů
- editace záznamů
- zobrazování záznamů
- filtrování záznamů – vyhledávání potřebných sledovaných dat
- vytváření, ukládání a tisk tiskových formulářů

Doporučená základní vstupní data databáze pasportu:

- údaje k světelnému bodu (SB), typ stožáru, výložníku, svítidla, zdroje, počet, místo napojení, polohopis SB v souřadnicích, včetně jednoznačného kódu (ID).

- údaje k vedení silových rozvodů VO, typ, délka, popis směru vedení
- údaje k zapínacímu místu (RVO, PRVO), popis zařízení, místo napojení, polohopis RVO v souřadnicích, včetně jednoznačného kódu (ID).
- údaje o osvětlovaném prostoru – komunikaci například počet světelných bodů , světelná situace, třída osvětlení .

Doplňující údaje pasportu VO:

- datum pořízení SB, RVO, vedení
- datum výměny či opravy SB, RVO, vedení
- datum provedené revize a následné revize vyhrazeného el.zařízení
- typ vyměněného prvku SB, RVO
- Nezbytnou součástí evidence je i soubor informací o řízení VO, způsobu spínání.
- Fotodokumentace SB, RVO

Z těchto základních údajů je pak možné sestavit libovolné tabulky s informacemi o VO, např.:

- celkový počet světelných míst SM , svítidel na komunikaci , případně příslušejících k zapínacímu bodu RVO, nebo celé soustavy VO.
- celkový instalovaný příkon na vybrané komunikaci, zapínacím bodu RVO, nebo celé soustavy VO.
- rozteč světelných míst v dané komunikaci, průměrná rozteč světelných míst soustavy VO
- souhrn zařízení VO na komunikacích, v obvodech, v celé obci či městě
- veškeré sumární tabulky o zařízení na základě vybraného filtru sledované položky
- sestavení plánu revizí jednotlivých obvodů
- sestavení plánu výměny světelných zdrojů, svítidel , stožárů, dle jejich stáří a opotřebování
- sestavení plánu oprav , běžné údržby nebo investic

Závěr

Je zbytečné vymýšlet to co je již vymyšleno a funguje v praxi je jen potřeba se shodnout na tom co je pro správce vlastníka VO nejvhodnější, v přijatelné cenové relaci s minimálním nárokem na obsluhu a správu. Můj názor je takový, že by měly být tři stupně pasportu:

1. první stupeň základní modul pro množství maximálně do 500 světelných bodů.
2. druhý stupeň střední pro množství od 500 SB do 1000 SB
3. třetí stupeň pro správu a údržbu nad 1000 ks SB

Jestli, že vlastník správce VO v městě , obci má potřebu sledovat více položek tak je to jeho věc. Měl by, ale dodržet základní doporučení co se týče sledovaných položek a informací.

Příkladů z praxe a zkušeností o vedení a provozování pasportu veřejného osvětlení máme velké množství. Stačí se jen dohodnout a vybrat to nejdůležitější , nejlepší a na základě těchto informací zpracovat doporučení pro standardizovaná data pasportu VO.

Literatura a odkazy

- [1] Ing. Jiří Skála, Právní a finanční otázky související se zřízením a provozem veřejného osvětlení.: Sborník přednášek seminářů – Modernizace veřejného osvětlení obcí Libereckého kraje.
- [2] Jiří Tesař, Ekonomie provozu veřejného osvětlení.: Sborník přednášek seminářů – Modernizace veřejného osvětlení obcí Libereckého kraje.
- [3] J.Tesař .: Data z pasportů VO řa ELTODO a stav VO v Libereckém kraji 2008.
- [4] Muchová, A., Voráček, J., Sokanský, K.: Generel veřejného osvětlení statutárního města Ostravy.
- [5] J.Tesař a kolektiv.: Jak projektovat VO – Společnost pro rozvoj veřejného osvětlení.
- [6] VŠB Ostrava 2008, Prof.Ing.K.Sokanský CSc.:Metodické pokyny pro obnovu , provoz a údržbu VO.

Regulace veřejného osvětlení v závislosti na intenzitě dopravy

Ing. Miroslav Kopřiva

ELTODO EG, a.s., www.eltodo.cz, koprivam@eltodo.cz

Prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.

VŠB-TU Ostrava, www.fe.i.vsb.cz, karel.sokansky@vsb.cz

V souvislosti se snahou o snižování energetické náročnosti populace a hledáním finančních úspor je především na úrovni municipalit usilováno o redukci doby či eliminaci světelného toku provozovaných osvětlovacích soustav pozemních komunikací.

S trendem růstu vývoje počtu obyvatel velkých aglomerací a jejich životního standardu dochází k navyšování úrovně (především zařízení na řízení dopravy, dopravní značení a dopravní telematické systémy) a rozsahu (hlavně osvětlení pozemních komunikací a dopravní značení) dopravní infrastruktury, což sebou přináší zvýšené nároky na dodávky el. energie. Snahou evropských standardů, viz. připravovaná ČSN 13201, část 5, a dokumenty Green Public Procurement (GPP) je snižování energetické náročnosti instalovaného zařízení, nejsou příliš řešeny „dynamické“ úspory elektrické energie.

Tento článek se zaměřuje na možnosti regulace osvětlení pozemních komunikací (OPK) v závislosti na hustotě dopravního proudu.

Vliv intenzity silničního provozu na osvětlení pozemních komunikací

Jedním ze základních parametrů ovlivňující výběr třídy osvětlení pozemních komunikací je intenzita silničního provozu, viz. ČSN 13 201, část 1 a 2. S rostoucí intenzitou provozu roste požadavek na úroveň osvětlení komunikace a opačně. Tato úměra vychází především z požadavku na dostatečnou rozlišitelnost všech účastníků silničního provozu, překážek a prvků na povrchu pozemní komunikace a prvků organizující dopravu. Cyklistická doprava je uvažována jako samostatný faktor z důvodu zvýšeného požadavku všech účastníků silničního provozu na vnímání cyklisty v provozu.

Např.: v případě skupiny světelných situací A3 (komunikace především II. a III. třídy) dochází vlivem intenzity dopravy ke změnám požadavku na jasové poměry i více jak 2,5 násobně a 50-ti % úpravě požadavku na podélnou rovnoměrnost jasu povrchu pozemní komunikace v rámci jednoho jízdního pásu. Vliv intenzity dopravy je tedy jedním ze zásadních faktorů ovlivňujících požadavky na osvětlovací soustavu.

Vzhledem k definování intenzity silničního provozu prostřednictvím průměrné denní intenzity provozu (ADT), tedy průměrné hodnoty z několikadenního intervalu měření, menšinového časového intervalu výskytu dopravních špiček a redukce dopravy v nočních hodinách na úroveň 10-20% průměrné denní intenzity provozu, je možné v nočních hodinách přistoupit na redukci osvětlení až na úroveň odpovídající bezpečné hladině intenzity osvětlení pro danou intenzitu dopravy, tedy intenzitě (třídě) osvětlení odpovídající příslušné intenzitě provozu.

Změna intenzity silničního provozu a optimálně navržená osvětlovací soustava umožní významnou redukci příkonu osvětlovací soustavy, a tedy ekonomické úspory v účinné složce energie a přidružených elektrických ztrátách. Optimálně navržená osvětlovací soustava je v tomto případě chápána jako osvětlovací soustava navržená s ohledem na stávající dopravní situaci, predikci vývoje intenzity silničního provozu, s vhodným uspořádáním světelných míst a použitím svítidel takového typu, aby zaručovala regulaci intenzity osvětlení na zmiňovanou bezpečnou úroveň, tedy zaručení především jasových poměrů (L) a parametru podélné rovnoměrnosti jasu (UI).

Osvětlovací soustava VO bude doplněna především přítomnostními senzory a řídicí a komunikační jednotkou. Akční člen (předřadník) je součástí instalovaných svítidel.

Zjištění informace o intenzitě dopravy

Základní informace o intenzitě dopravy může být provedena na základě pravidelného sčítání dopravy, čímž získáme průměrné hodnoty pro jednotlivé denní intervaly. Tyto údaje jsou poplatné době provedení sčítání a

nesou informaci o intenzitě dopravy v daném okamžiku. Regulace osvětlovací soustavy podle průměrné denní křivky nemusí vyhovovat aktuálnímu dopravnímu stavu na pozemní komunikaci.

Pro definování aktuálního stavu dopravy na pozemní komunikaci a zajištění odpovídajícího osvětlení je zapotřebí instalovat senzory dopravního proudu.

V případě výskytu telematických systémů v místě regulace OPK, je možné využít jejich výstupní informace. Obvykle se jedná o indukční smyčky uložené pod / v obrusných vrstvách vozovky sloužící pro sčítání dopravy a detekce kolon, a dále řezové/úsekové detektory či dohledové kamerové systémy, poskytují přídatné informace např.: klasifikace vozidel (složení dopravního proudu), výskytu kolon, dojezdové doby apod.

Informace z uvedených detektorů je následně přenášena do dopravních řídicích ústředen pro její zpracování a využití pro účely monitoringu, řízení dopravy či finančního vyrovnání. Stejná informace může být následně prostřednictvím metalického/optického vedení či radiovým přenosem zaslána na řídicí jednotku ZM VO, jež tuto následně prostřednictvím metalického/optického kabelu, radiovým přenosem či pomocí BPL přeneše do akčního členu příslušného svítidla.

Kritéria a požadavky na regulaci VO

Základními kritérii, na které se při regulaci soustavy VO zaměřujeme, jsou následující:

- úspora elektrické energie,
- úspora provozních nákladů,
- přesnost a rychlost regulace,
- citlivost řídicího systému,
- složitost a spolehlivost řídicího systému,
- flexibilita řídicího systému.

Úspora elektrické energie – kvantitativní parametr, jež je součtem úspory energie na vstupu do svítidla a ztrátám v přívodním vedení vč. přechodových el. prvků. Úspora el. energie není identická velikostí snížení světelného toku svítidla při regulaci. Řízením osvětlovací soustavy je možné dosáhnout úspor el. energie na úrovni 30 až 40%.

Úspora provozních nákladů – při kvalitním provedení regulace moderních svítidel (především LED) jsou finanční úspory představovány úsporou elektrické energie, prodloužením servisních intervalů a doby užívání jednotlivých prvků osvětlovací soustavy.

Přesnost a rychlost řízení – kvalitativní parametry závislé na zvoleném způsobu řízení a technické úrovni použitého zařízení. Vzhledem k častému výskytu vozidel s vysokou rychlostí jízdy a nutnosti akomodace oka na rychlé změny jasových poměrů jsou vítány spíše změny pomalejšího charakteru.

Citlivost systému – kvalitativní faktor určující vliv vnějších podmínek (fyzikální podmínky prostředí, nepřesností prvků systému, apod.) na chování řídicího systému a akčních členů.

Složitost a spolehlivost systému – kvalitativní parametry závislé na zvoleném způsobu řízení a technické úrovni použitého zařízení. Spolehlivost je také ovlivněna způsobem provozování zařízení.

V závislosti na požadovaném efektu (převážně energetické a finanční úspory) jsou výše zmíněným kritériím přiřazeny váhy pro výběr vhodnému systému řízení.

Osvětlovací soustava a způsoby regulace

Základní struktura osvětlovací soustavy vypadá následovně:

- zapínací místo VO (ZM VO) vč. řídicí jednotky napojené na ústřednu/dispečink,
- kabelový přívod a rozvody,
- světelná místa (podpěrný/závěsný nosný prvek s příp. vyložení, elektrovýzbroj vč. kabel. přívodů, svítidlo s akčním členem),
- senzor dopravy,
(přenosová cesta do příslušné ústředny/dispečinku vč. převodníků informací).

Regulace osvětlovací soustavy VO probíhá:

- vypínáním jednotlivých svítidel či jejich jednotlivých elementů (svět. zdrojů),

- vypínání skupiny svítidel (např.: vypnutí napájení jedno- či vícefázového vývodu),
- regulací jednotlivých svítidel (redukce světelného toku),
- regulací jednotlivých elementů svítidel (redukce světelného toku),
- regulací skupiny světelných míst (redukce světelného toku),
- směrová regulace dle pohybu účastníků silničního provozu (obousměrná regulace světelného toku).

První dva zmíněné způsoby regulace poskytují minimální počet regulačních stupňů (0%, 50% a 100% svět. toku na svítidlo) a využitelnost regulace je dána volbou uspořádání světlených míst a jejich provedením (délky dřívků, vyložení apod). V případě LED zdrojů a možnosti ovládní jednotlivých elementů/diod v matici dochází k výraznému navýšení regulačních stupňů osvětlovací soustavy.

Způsoby regulace zmíněné ve 3., 4. a 5. odrážce umožňují plynulou regulaci světelného toku světelných zdrojů, díky čemuž je možné kompenzovat případné nedostatky nevhodně navržené osvětlovací soustavy.

Prvních pět zmíněných způsobů regulace je založeno na změně světelného toku zdrojů či elementů při neměnné optické části soustavy. Poslední zmíněný způsob regulace vychází z předpokladu možnosti plynulé změny polohy světelného zdroje/prvku ve svítidle a/či úpravy jeho optické části pro zajištění „sledování“ účastníka silničního provozu a dostatečných světelných poměrů pro jeho bezpečný pohyb po komunikaci. Vzhledem k předpokládaným vysokým nákladům na HW+SW uvedených světelných míst vůči kýženému výstupu nebude uvedený způsob regulace prozatím vyvíjen.

Závěr

Výběr vhodného systému regulace osvětlovací soustavy musí vyjít z jasného požadavku investora/správce soustavy na kvantitativní a kvalitativní kritéria. Pokud je osvětlovací soustava ve fázi jejího návrhu, je možné vhodnou volbou jejího uspořádání s ohledem na požadavek regulace osvětlovací soustavy ovlivnit budoucí provozní náklady soustavy.

Poklesem intenzity dopravy ve vybraných nočních hodinách je možné snížit příkon soustavy běžně na poloviční úroveň požadovaných parametrů pro průměrné denní intenzity provozu, což sebou nese běžně 30 – 40-ti % úspory el. energie v osvětlovací soustavě. Pro monitoring stavu dopravy je vhodné využít přítomnostní detektory založené na změně elmag. vlastností (smyčkové detektory), řezové/úsekové detektory či kamery dohledových systémů.

Literatura a odkazy

- [1] Sokanský, K., Novák, T., Bálský, M., Bláha, Z., Carbol, Z., Diviš, D., Socha, B., Šnobl, J., Šumpich, J., Závada, P.: Světelná technika; Světelná technika, Praha 2011, Česká Republika, ISBN 978-80-01-04941-9

Nasvětlení Hrušovského kostela

Alena Muchová, ing.,

PTD Muchová, s.r.o., www.ptdov.cz, muchova@ptdov.cz

Římskokatolický kostel sv. Františka a sv. Viktora v novogotickém slohu byl vystavěn v letech 1886 – 1892. Byl postaven podle projektu vídeňských architektů Ferstela a Schwedy. Tento kostel je poslední dochovanou historickou budovou v městské části Ostravy, Hrušově. V roce 1997 zasáhly tuto městskou část silné povodně. Voda zde dosahovala místy výšky až 3,5 metru nad terén. Zaplavené domy byly srovnány se zemí a z centra Hrušova zůstaly jen zbytky. Záplavy zasáhly i kostel, který byl zle poničen, věž se rozpadala vlivem nejen záplav, ale i poddolování, byla zcela zničena střecha, vitráže oken, interiér. Kostel byl opravován mnoho let s pomocí věřících, přátel a sponzorů. Od prosince 2011 je tento kostel nasvětlen.

Výchozí podmínky návrhu nasvětlení

Cílem architekturního osvětlení kostela je podtržení architektonického ztvárnění novogotické stavby (obr. 1). Osvětlení kostela bylo určeno pro dálkové pohledy z dálnice (obr. 2, 3) a průhledy z blízkých komunikací ve městě. V současnosti není okolí kostela příliš zalidněno, žijí zde především sociálně slabé vrstvy obyvatelstva. Záměrem města Ostravy je z této oblasti vytvořit „Rozvojovou zónu Hrušov“, centrum malého a středního podnikání.

Ideový návrh nasvětlení vycházel z architektonického charakteru kostela, jeho tvaru a siluety. Byla vyhodnocena barevnost, světelná odraznost, osvětlení okolí. Kostel je z červených cihel matné barvy, střecha tmavá. Stavba je členitá (obr. 4) což bylo podtrženo umístěním zemních svítidel (obr. 5). Okolí je osvětleno vysokotlakými sodíkovými výbojkami (obr. 6), osvětlení průjezdní komunikace odpovídá třídě ME4b.

Ověření návrhu bylo výpočtem. Výpočty byly ověřovány v terénu, byla provedena zkouška nasvětlení.





obr. 2

obr. 1



obr. 3



obr. 4



obr. 5



Obr. 6

Návrh nasvětlení

Okolí kostela je osvětleno vysokotlakými sodíkovými výbojkami, barva povrchu budovy je cihlová – tmavě červená, k nasvětlení této barvy bylo voleno světlo teple bílé - výbojky metalhalogenidové. Zemní svítidla a světlomety směřované na střední část věže jsou osazeny výbojkami s teple bílou barvou světla, na horní část věže a na střechu věže jsou směřovány světlomety s výbojkami s neutrálně bílým světlem. Původně měl být nasvětlen reliéf nad vchodem do kostela, který je světlé barvy (obr. 7), ale z důvodu oslnění vycházejících osob z kostela bylo voleno nasvětlení vitrážového okna nad reliéfem nad dveřmi (obr. 8).

Stěny kostela jsou osvětleny zemní svítidla typu Terra s vysokým stupněm krytí a mechanickou odolností, která zaručuje odolnost proti vandalismu. Dvojitě těsnění zaručuje stupeň krytí optické i elektrické části IP67. Světlomet může být natočen požadovaným směrem i po instalaci do země. Pro nasvětlení stěn byl volen vnitřní náklon světlometu, který byl definitivně upřesněn při směřování zemních svítidel po instalaci. Svítidla jsou osazena zdroji CDM-T 70 W teple bílé barvy

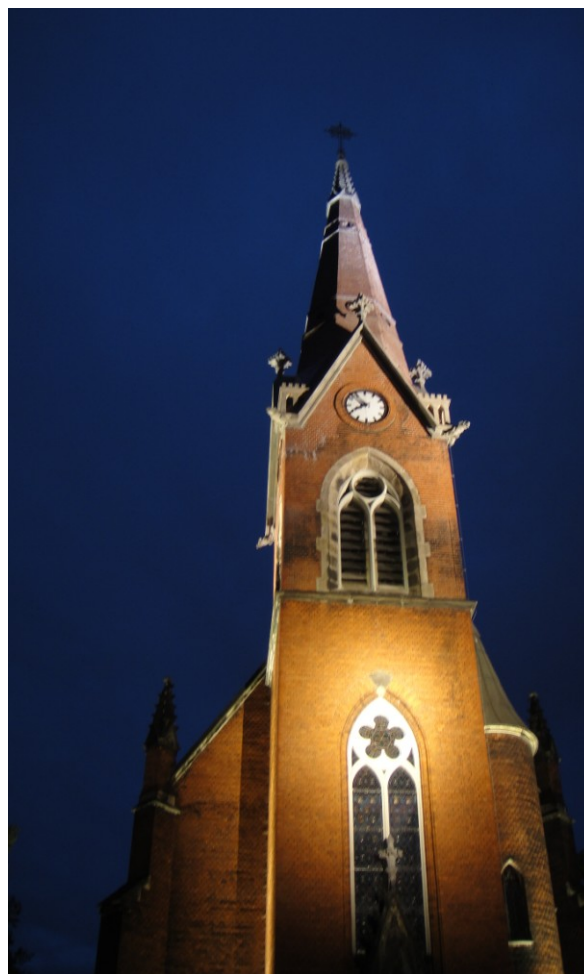
Dále jsou osazeny světlomety na konzolách na stávajících trakčních stožárech DPO, a.s. a na novém osvětlovacím stožáru. Na těchto stožárech jsou světlomety Focal, střední část věže kostela osvětlují světlomety se zdrojem CDM-T 150W teple bílé barvy světla, horní část věže a střechu věže světlomet se zdrojem CDM-T 150W neutrálně bílé barvy světla, světlomet se zdrojem CDM-T 70 W teple bílé barvy světla je směřován na vitrážové okno nad hlavním vstupem do kostela.

Konečné směřování světlometů a zemních svítidel po montáži provedl zástupce dodavatele svítidel za přítomnosti projektanta. Použité světlomety jsou zastíněny clonami proti nežádoucímu úniku světla do okolí a proti oslnění. Toto bylo také ověřováno jízdou v autě na okolních komunikacích.

Nové zařízení je napojeno ze stávajícího rozvodu VO ze sadového stožáru kabelem CYKY-J 4x10 mm². Tento kabel vede do nově zřízeného odbočného rozváděče. Rozváděč je plastový s přirozeným odvětráváním na plastovém pilíři s odnímatelným předním krytem. Z odbočného rozváděče jsou vyvedeny 2 vývody k zemním svítidlům a 1 vývod k světlometům. Vývody k zemním svítidlům a vývod k světlometům lze samostatně vypínat a spínat, jsou použity dvoukanálové programovatelné spínací hodiny. Napojení zemních svítidel je kabely CYKY-J 3x2,5 mm² a pro napojení světlometů je použit kabel CYKY-J 5x4 mm².



obr. 7



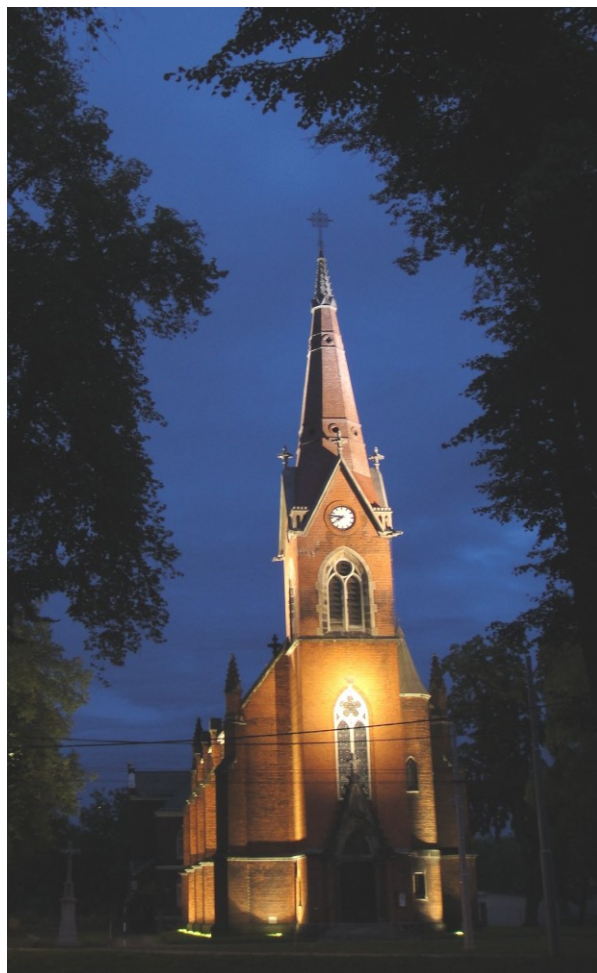
obr. 8

Závěr

Navržené nasvětlení svým charakterem akcentuje vstupní podmínky – osvětlení decentní určené pro dálkové pohledy a průhledy. Použitá svítidla jsou odpovídajícím způsobem cloněna, aby chodci ani řidiči nebyli oslňováni. Budova je osvětlena plasticky. Výsledek je patrný z obr. 9, 10.



obr. 9



obr. 10

Řešení VO v konfliktních oblastech

Zdeněk, Bláha, Ing.

Thorn Lighting CS spol. s.r.o., www.thornlighting.cz, zdenek.blaha@thornlighting.com

Problematika řešení veřejného osvětlení v konfliktních oblastech je částečně popisována v normách či technických ustanoveních pro realizace staveb pozemního stavitelství. Mezi konfliktní oblasti na komunikacích patří například: přechody pro chodce, zastávky a nástupní ostrůvky MHD, křižovatky, kruhové objezdy, veřejná prostranství s účastí dopravních prostředků atd. Pro tyto prostory je nabízeno velké množství prostředků, řešení a metod, jak zvýšit bezpečnost uživatelů. Ne všechny možnosti jsou však pro provozovatele dostupné. Navíc některá řešení mohou být i neúčinná.

V tomto příspěvku by proto autor rád představil vyhodnocování jednotlivých řešení z pohledu bezpečnosti, které je založeno na statistickém zpracování datových vzorků.

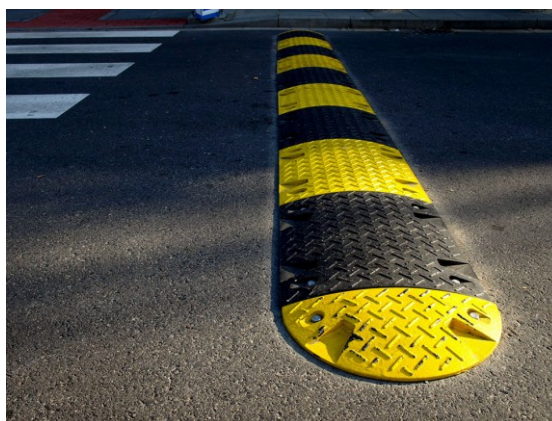
Možnosti zvýšení bezpečnosti

Z mnoha typů konfliktních oblastí si autor k analýze vybral přechody pro chodce. Toto místo je z pohledu nehodovosti nejvíce nebezpečné. Možností, jak zvýšit bezpečnost na tomto kolizním místě, je několik.

- Výstavba ochranných ostrůvků
- Dostatečné dohledové vzdálenosti
- Reflexní dopravní značení Přechod pro chodce
- Stavební úpravy ke zklidnění dopravy
- Úprava povrchu ke zkrácení brzdné dráhy
- Vhodné doplňkové osvětlení



- Reflexní dopravní značení a ochranný ostrůvek



- Osvětlení přechodu a zpomalovací práh

Data pro analýzu

K tomu, aby mohla být jednotlivá řešení analyzována, je nutné vycházet z objektivních údajů. Ve své práci proto autor vycházel z policejních formulářů evidence nehod v silničním provozu. Údaje z těchto formulářů jsou k dispozici na internetových stránkách Ministerstva dopravy – Centrum dopravního výzkumu. Tyto formuláře poskytují důležité informace k analýze:

- Místo a čas
- Typ komunikace
- Zavinění nehody
- Následky
- Povrch vozovky
- Povětrnostní podmínky
- Viditelnost
- Rozhledové poměry
- Typ vozidla

Číslo nehody:

Druh nehody:

Alkohol:

Viditelnost:

Druh vozidla:

Počet vozidel: je rovno

Následek nehody: nehody s následkem na zdraví osob

umrceno osob: je rovno těžce zraněno: je rovno lehce zraněno: je rovno

Zavinění nehody:

Únik hmot:

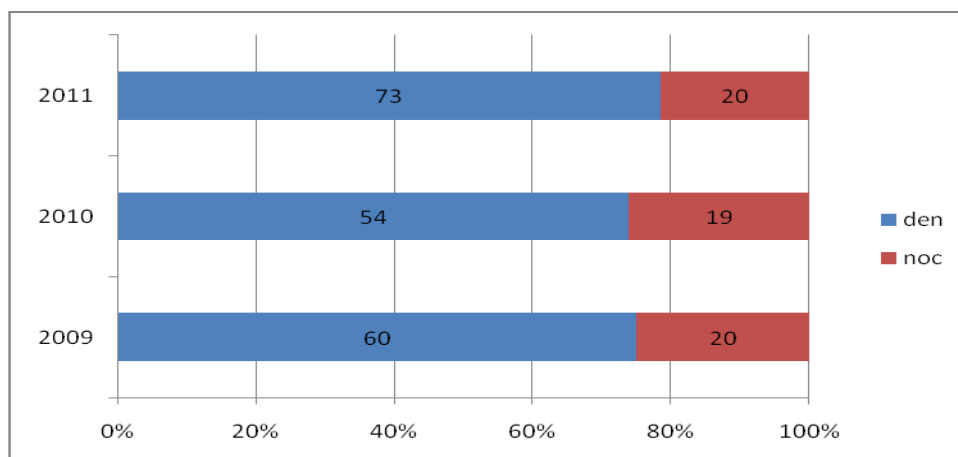
Číslo silnice:

Obec:

Datum od: do:

• Ukázka internetové stránky Ministerstva dopravy

Díky těmto informacím je možné statisticky dokázat úspěšnost jednotlivých řešení zvýšení bezpečnosti. Pro vypracování této analýzy si autor záměrně nevybral pouze osvětlení přechodu pro chodce, ale také jiná opatření, která mají svou účinnost nejen během noci ale i po celý den. Již z prvních analyzovaných dat z oblasti Jablonce nad Nisou lze vidět, že většina dopravních nehod na přechodech pro chodce se stala přes den. Přibližně čtvrtina dopravních nehod se stala v nočních hodinách, kdy je provoz na komunikacích méně frekventovaný a výskyt chodců je obvykle malý.



• Tabulka: Poměr dopravních nehod den/noc

Postup při analýze

Při vyhodnocování bude postupováno následovně. Nejprve bude v dané oblasti vytipováno místo, kde již minimálně v období jednoho roku je nainstalováno bezpečnostní opatření. Dále se shromáždí datové soubory, které obsahují informace o počtu dopravních nehod. Z těchto dat se vybere statistický vzorek v obsahu jednoho roku před instalací a jednoho roku po instalaci. A z tohoto výběru bude analyzováno, jakým způsobem opatření ovlivnilo bezpečnost daného přechodu pro chodce. Z důvodu objektivnosti bude pro každé opatření vybrán dostatečný počet přechodů pro chodce. Přínos opatření nebude porovnáván jen z hlediska počtu dopravních nehod, ale také dle okolností, které k nehodě přispěly.

Závěr

Díky tomuto způsobu vyhodnocení bude možné ukázat, jaký typ opatření je pro dané místo či situaci bezpečnější. Dále bude možné zpětně ukázat provozovatelům, jestli investice vložené do instalace opatření byly efektivní.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN CEN/TR 132 01-1 Osvětlení pozemních komunikací, Část 1: Výběr tříd osvětlení
- [2] ČSN EN 132 01-2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky
- [3] Sokanský, K.: Dominantní vlivy ovlivňující spotřebu elektrické energie osvětlovacích soustav, publikace ČEA, Ostrava, 2007
- [4] Sokanský, K.: Potenciál energetických úspor veřejného osvětlení v ČR, publikace ČEA, Ostrava, 2007
- [5] Statistická data Ministerstva dopravy, <http://www1.jdvm.cz/>
- [6] Publikace ze serveru SRVO, <http://www.srvo.cz/>

Porovnání výsledků měření osvětlenosti a jasu na komunikaci

Lucie Mruzková, Mgr.

PTD Muchová, s.r.o., mruzkova@ptdov.cz

Úvod

Cílem mého příspěvku je porovnání výsledků přímého a nepřímého měření jasu na komunikaci. Toto porovnání jsem prováděla v rámci bakalářské práce na VŠB-TU Ostrava, FEI. Pro přímé měření jasu na komunikaci jsem použila měřicí přístroj jasový analyzátor. Nepřímé měření jsem provedla pomocí měření osvětlenosti přístrojem luxmetr a následným přepočtem hodnoty na hodnotu jasu. Vybrala jsem si ulici Hlučínskou v Ostravě, městském obvodu Moravská Ostrava a Přívoz. Jedná se o část ul. Hlučínské v katastrálním území Petřkovice u Ostravy 720470. Komunikace je směrově nerozdělená. Stávající osvětlovací soustava je jednostranná a tvořena ocelovými bezpaticovými osvětlovacími stožáry výšky 12 m. Svítidla jsou řady 444 28 01 firmy Elektrosvit Svatobořice, a.s. se zdroji 150 W.



• Obr. 1 Fotografie měřeného úseku komunikace

Zatřídění komunikace

Zatřídění komunikace musí odpovídat normě ČSN CEN/TR 13201-1 *Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Výběr tříd osvětlení*. Je nutné dodržet přesný sled kroků definovaných v dané normě. Správné zatřídění komunikace je důležité z hlediska nastavení všech hodnot pro danou třídu osvětlenosti.

Prvním krokem je určit podle základních parametrů skupinu světelných situací uvedených v normě. Danou část komunikace jsem zařadila do skupiny světelných situací B1. Typická rychlost hlavního uživatele je 50 km/h. Hlavními uživateli na komunikaci jsou motorová vozidla a dalšími povolenými uživateli jsou cyklisté. Druhým krokem je výběr třídy osvětlenosti pro vybranou skupinu B1 na základě geometrického uspořádání komunikace a intenzity provozu. V daném úseku se nenachází křižovatky. Komunikace je směrově nerozdělená. Intenzita silničního provozu v jednom směru je 9 337 vozidel za den, v obou směrech je průjezdnost 18 596 vozidel za den. Údaje o průjezdnosti na komunikaci jsem získala z Příloha generelu veřejného osvětlení Statutárního města Ostravy, Přirazení tříd osvětlení komunikací na území města Ostravy, 2006.

Požadované hodnoty pro danou třídu komunikace jsou uvedeny v tabulce č. 1. Pro ulici Hlučínskou jsem zvolila na základě zadaných parametrů třídu osvětlení ME3c.

Třída	Jas suchého povrchu komunikace			Omezující oslnění	Osvětlení okolí
	L [cd.m ⁻²]	U0 [%]	UI [%]	TI [%]	SR
ME3c	≥ 1,0	≥ 40	≥ 50	≤ 15	≥ 0,5

• Tab. 1 Požadované hodnoty pro třídu ME3c

V Ostravě existuje Generel veřejného osvětlení Statutárního města Ostravy, kde podle přílohy Přiřazení tříd osvětlení komunikací na území města Ostravy je ulice Hlučínská (od ulice Sokolská třída po ulici Petřkovicová) zatříděna do třídy ME3c, což odpovídá i mému zatřídění.

Základní požadavky pro měření

Pro měření osvětlení na komunikacích platí norma ČSN EN 13201-4 - *Osvětlení pozemních komunikací* - Část 4: Metody měření. Jednotlivé měřicí body jsem rozmístila dle uvedené normy.

Samotnému měření předchází pravidelné kontrolování ustálení hodnoty osvětlenosti světelného zdroje, dokud nedojde k ustálení světelného výkonu po rozsvícení. Základním požadavkem při měření osvětlenosti nebo jasu na komunikaci je zamezit přístupu světla přicházejících z okolí, jako např. měsíčního světla, světla z výkladních skříní, reklamních panelů, dopravní signalizace, světla projíždějících aut apod.

Při realizaci měření má také vliv na výsledky měření případné zastínění světla, které dopadá na fotometrickou hlavici. Dalšími důležitými požadavky jsou požadavky na klimatické podmínky. Příliš vysoká nebo nízká teplota značně ovlivňuje světelný výkon citlivých zdrojů, ale také přesnost v měření použitého přístroje. Na změnu jasu povrchu komunikace má značný vliv vlhkost a mokro.

Použité měřicí přístroje

Jasový analyzátor LMK 2000 – kalibrovaný fotoaparát CANON EOS 350D

výrobce: Canon
 snímač: CMOS Canon ASP-C
 rozlišení: 3456(H) x 2304(V)
 software pro vyhodnocení: LMK2000
 verze: 3.6.8.1

Luxmetr – MAVOLUX DIGITAL

výrobce: Gossen Metrawatt
 cejchován 03/11
 rozsah: 20 lx ÷ 200 klx
 specifikace: ± (2,5 % MH + 1D + max. 3% sonda)

Multimetr – RE830B

výrobní číslo – RNO:03182224
 rozsah: 200 – 750 V AC

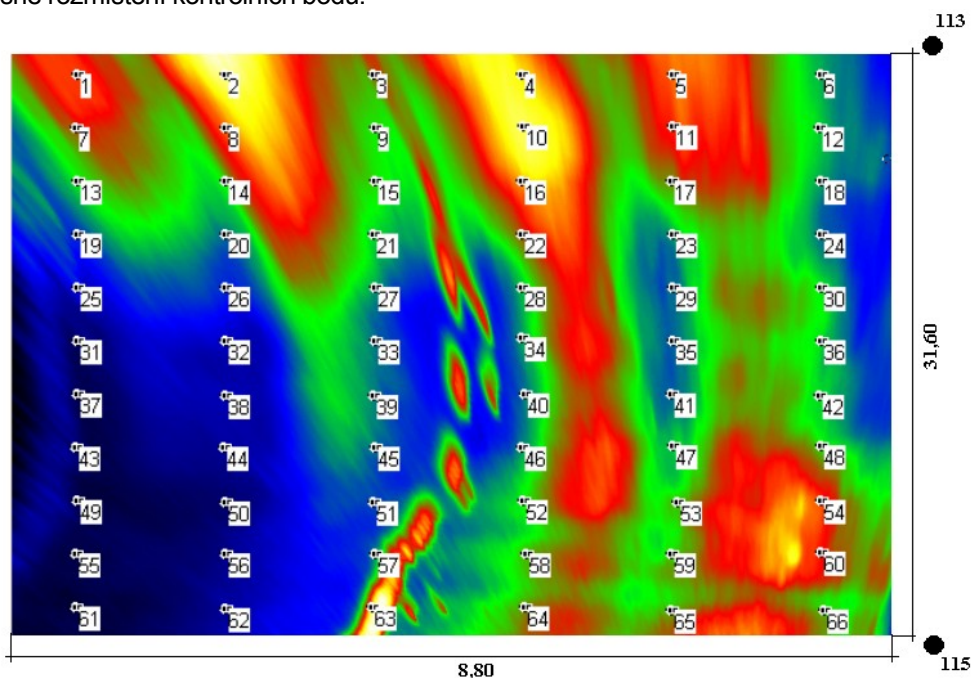
Měření jasu stávající soustavy na komunikaci

Měření jasu jsem provedla dne 24.3.2011 v 19:30 pomocí kalibrovaného fotoaparátu CANON EOS 350D. Okolní teplota byla 7,5°C. Asfaltový povrch vozovky byl suchý. Fotoaparát jsem nastavila na automatickou rychlost uzávěrky a velikost clony na hodnotu 4. Jasový analyzátor jsem umístila na stativ do pozice určené dle normy ČSN EN 13201-4 *Osvětlení pozemních komunikací* – Část 4: Metody měření a zaostřila na měřené pole. Fotoaparát byl nastavený na vyfocení tří snímků po sobě. Získanou fotografii měřeného úseku jsem analyzovala v programu LMK 2000.



• Obr. 2 Jasová analýza měřeného úseku komunikace

Program LMK 2000 umožňuje pro zřetelnost výpočtu souřadnicově překlopit měřené pole do roviny a tím je možné přesné rozmístění kontrolních bodů.



• Obr. 3 Rozmístění kontrolních bodů

	průměrný jas L [cd.m⁻²]	minimální jas L_{min} [cd.m⁻²]	maximální jas L_{max} [cd.m⁻²]
měřené pole	0,61	0,24	1,26

• Tab. 2 Naměřené hodnoty jasu stávající osvětlovací soustavy

Průměrný jas určený programem LMK 2000 je 0,61 cd.m⁻², což je menší hodnota než předepisuje norma ČSN EN 13201-2 *Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky*. Stávající osvětlovací soustava nevyhovuje podle normy a je tedy nutné navrhnout novou osvětlovací soustavu.

Měření osvětlenosti stávající soustavy na komunikaci

Osvětlenost na stávající komunikaci jsem změřila dne 19.3.2011 ve 21:00. Teplota okolí byla 3,5°C. Asfaltový povrch komunikace byl suchý. Na začátku a na konci měření bylo provedeno současné měření napětí na daných stožárech. Obě hodnoty napětí jsou rovny hodnotě 226 V.

Měření bylo provedeno dle normy ČSN EN 13201-4 *Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření*, pole kontrolních bodů bylo připraveno dle normy ČSN EN 13201-3 *Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet*. Pro vyloučení chyby měření jsem měření zopakovala a hodnoty osvětlenosti jsem ve stejných kontrolních bodech změřila dvakrát v časovém rozestupu 30 minut. Body v kontrolním poli jsou vypočteny jako průměrné hodnoty z obou měření. Následující obrázek 4 znázorňuje rozmístění kontrolních měřících bodů a jejich průměrné hodnoty.



• Obr. 4 Kontrolní měřící pole s naměřenými hodnotami

	průměrná osvětlenost \bar{E} [lx]	minimální osvětlenost E_{min} [lx]	rovnoměrnost U_0	průměrný přepočtený jas L [cd.m ⁻²]
měřené pole	9,32	4,80	0,51	0,65

• Tab. 3 Vypočtené hodnoty stávající osvětlovací soustavy

Jestliže znám odrazné vlastnosti povrchu vozovky mohou vypočítat průměrný jas vozovky. Využijí k tomu součinitel jasu vozovky q , který je roven poměru jasu L k hodnotě osvětlenosti E vodorovné roviny dle následujícího vztahu (1.1).

$$q = \frac{L}{E} \quad (1.1)$$

V mezinárodních doporučeních se pro tmavé povrchy vozovek uvádí orientační průměrná hodnota součinitele jasu $q_p = 0,07 \text{ cd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$. Průměrný jas vozovky lze vypočítat dle vztahu (1.2).

$$L = q \cdot E \quad (1.2)$$

Průměrný přepočtený jas je tedy roven hodnotě 0,65 cd.m⁻².

Vyhodnocení měření stávající soustavy

Provedla jsem přímé a nepřímé měření jasu na komunikaci. Pomocí jasového analyzátoru jsem vyhodnotila jas na daném úseku komunikace na hodnotu 0,61 cd.m⁻² a pomocí měření osvětlenosti a následného přepočtu jsem stanovila jas daného úseku na 0,65 cd.m⁻². Obě hodnoty jsou si přibližně rovny, což nám ukazuje, že použité metody měření jsou srovnatelné. Protože vozovka v daném úseku nemá souvislý tmavý povrch, došlo k mírnému zkreslení hodnoty přepočteného jasu v závislosti na použití hodnoty $q_p = 0,07 \text{ cd.m}^{-2}.\text{lx}^{-1}$.

Literatura a odkazy

Mruzková L., *Rekonstrukce veřejného osvětlení na komunikaci*, Bakalářská práce VŠB-TU Ostrava, 2011

Hodnocení regulátorů VO podle standardu UNI 11431

Jaroslav, Polínek, Ing.

AKTÉ spol. s r.o., Zlín, www.akte.cz, jaroslav.polinek@akte.cz

Regulace systémů veřejného osvětlení se po přijetí souboru norem ČSN EN 13201 stala standardním vybavením energeticky a provozně optimalizovaných systémů veřejného osvětlení. S rozvojem četnosti aplikací regulace došlo i k rozšíření sortimentu nabízených regulátorů. Jakmile je na trhu již poměrně široká škála regulačních zařízení, potřebuje odborná veřejnost i zákazníci nástroj k jejich objektivnímu hodnocení tak aby si mohli vybrat pokud možno nejvýhodnější řešení.

V současné době je takovým nástrojem italský standard UNI 11431 – Použití zařízení v oblasti regulace osvětlení komunikací, vydaný v říjnu roku 2011.

Tento standard:

1. Definuje různé typy regulátorů osvětlení
2. Umožňuje odhadnout dosaženou úsporu daným regulátorem
3. Vyhodnocuje parametry regulátorů zvláště se zaměřením na centrální regulátory s ohledem na jejich schopnost uspořit elektrickou energii

Definice pojmů

Všechna zařízení, která umožňují změnu světelného toku, se označují regulátory osvětlení. Zařízení, která toto realizují v každém svítidle se nazývají individuální regulátory, zařízení, která to činí v centru napájení se nazývají centrální regulátory.

Vlastnosti produktů

Standard vyžaduje, aby u regulátorů osvětlení byly deklarovány charakteristické parametry, které určují zejména jejich účinnost a efektivitu ve vztahu k úspoře energie. Standard stanovuje 6 hodnotících kritérií. Tento příspěvek popisuje 4 rozhodující kritéria.

Hodnotící kritéria pro všechny regulátory osvětlení:

Třída nebo míra regulace – označeno symbolem A,

znamená do jaké míry je regulátor schopen snížit světelný tok:

hodnocený parametr	známka
- o 25%	3
- o 25 až 50%	2
- více než 50%	1
-	

První kategorie tohoto kritéria zahrnuje výrobky nižší kvality, které spíše stabilizují než regulují osvětlení. Typickým představitelem druhé kategorie jsou dvouvýkonové - přepínatelné elektromagnetické předřadníky. Do třetí kategorie patří napěťové regulátory a elektronické stmívatelné předřadníky pro výbojkové a LED světelné zdroje.

Flexibilita programových možností nastavení regulátoru – označeno symbolem P,

vyjadřuje schopnost zařízení nastavit různé cykly provozu a tím dosáhnout jeho vyšší energetickou efektivitu. Standard definuje 4 kategorie. Principiálně nejhorší je zařízení, kde je nastaven tentýž cyklus každý den v roce. Lepší je, když existuje možnost měnit cyklus dle ročních období, času, sezónních výkyvů provozu, časových intervalů apod. Nejlepší zařízení pracují s přesným centrálním reálným časem, jsou komplexní, universální a variabilní.

Hodnotící kritéria jen pro napět'ové regulátory:

Účinnost – označeno symbolem R,

je vyjádřena poměrem činného výkonu na vstupu a výstupu regulátoru. Standard identifikuje 3 kategorie:

hodnocený parametr	známka
- $\eta \geq 98\%$	1
- $97 \leq \eta < 98\%$	2
- $96 \leq \eta < 97\%$	3

Zařízení s nižší účinností než 96% nejsou hodnocena, jsou považována za nekvalitní.

Stabilizace – označeno symbolem Y, T,

jde o stabilizaci výstupního regulovaného napětí. Standard klasifikuje zařízení ve třech kategoriích:

hodnocený parametr	známka
- $S_u \leq 1\%$	1
- $1 < S_u \leq 2\%$	2
- $2 < S_u \leq 3\%$	3
-	

Dva symboly Y a T naznačují ještě dvojí rozlišení stabilizace. Musí být jednoznačně stanoveno, zda se jedná o nezávislou stabilizaci každé fáze zvlášť, kde musí být řídicí jednotka instalována v každé fázi, což zaručuje, že žádná fáze není v tomto směru limitována. Tento typ stabilizace je označen Y.

Anebo je stabilizace všech fází vztažena k průměrné hodnotě napětí tří fází. Řídicí jednotka je pouze jedna a všechny fáze jsou řízeny současně, a takové zařízení je samozřejmě levnější. Vede to mimo jiné k rozdílnému regulovanému světelnému jednotlivých svítidel což může za určitých okolností znamenat až nedovolenou změnu rovnoměrnosti osvětlení. Tento typ stabilizace je označen T.

Standard porovnává jednotlivá zařízení tak, že konkrétnímu zařízení přidělí dle daného kritéria známku od 1 do 3 (nejlepší 1). Po oznámkování všech kritérií se provede součet známek a zařízení s nejnižším součtem je hodnoceno jako nejlepší.

Literatura a odkazy

[1] UNI 11431, 2011

THE BENEFITS OF CHANGING TO LED FOR CAVE LIGHTING

Kurz osvětlovací techniky XXIX

ČO SPOSOBILI LED V OSVETLENI JASKÝŇ ?

WAS HABEN DIE LED IN DER HOEHLLENBELEUCHTUNG BEWIRKT ?

ING. JÁN NOVOMESKÝ
V.1210 DS CZ



THE BENEFITS OF CHANGING TO LED FOR CAVE LIGHTING

ING. JÁN NOVOMESKÝ

COMLUX sro – *lighting studio*, SK–82 104 Bratislava, Kopanice 5, Slovakia
Tel 0042 1-2-43424832, Fax 0042 1-2-43422641

The LED have been suitable for use in cave lighting equipments (CLE) for about 5 years. But some of the newest CLE do not perform as well as expected for these modern lamps. It seems that many planners and users don't have enough technical and practical knowledge and experience about it and its application. Some new, not properly designed LED CLE, produce too much or not enough light in the cave, cause quite strange unnatural colors and the feeling of space deformation. In the worst case helping increase growth of lamp flora.

To avoid some of the mistakes that can happen from improper use of this new light source, experimentation with possible LED white light colors and comparison with previous incandescent lamps found, that there is necessary to suit the color temperature of used LED with the main color of cave walls, to use only LED of the best quality with efficiency of more than 50 lm/W and color rendering index better than 80 . Further is to avoid any violent experiments with the light effects and to install the properly quantity light into the cave. Only in this way is it possible to guarantee the best visual impression for the visitors and proper cave protection.

White LED have already reached luminous efficacies of 100-150 lm/W and a color rendering index of 80 . Target value for warm white LED in the next 10 years are more than 200 lm/W efficacy and a CRI of over 90 . They are immediately switchable , dimmable and have the technical life of 30000-50000 hours mostly limited only through the drivers life. We don't need more life in the usual lighting installations. It is more than 10 service years by the 3000 burning hours in a year. What kind of lamp will we use after 10 years ? They are 10 times better than incandescent and halogen lamps and 2 times better than discharge lamps today. Only their price seems to be quite high, but the serious cost calculation show us that the high initial costs are compensated by the low running costs and that the pay back times are acceptable.

From the applications of the color illuminations at the beginning, are used more and more in the common lighting - example : shops, offices, working places, industry, streets, sport places and why not in the caves ? But effective design, possible simple installation, control, and operation of LED CLE require a much more technical knowledge and feeling for the nature than were needed for the lighting installation in the past.



COMLUX@COMLUX.SK

REVOLUTION

but also

DISORDER and UNCERTAINTY

because we find very different quality LEDs
on the market (from 30 lm/W up to 120 lm/W).

Therefore can an unskilled designer make the CLE
till 4x light (darkness) or 4x strong (lampsflora) as needed !

LED and the CAVES

Economical life 30000-50000 hour, (drivers limited).

10 W quality LED is equivalent to about an 80-120 W PAR lamp.

***If WE CAN ACCEPT the price (after the total costs analysis),
Then LEDs are the RIGHT CHOICE for today !***

***But we have to pay attention to over illumination in the cave (LF),
light colour and CRI !
(Recommended values of lm/m and W/m see the other slide.)***

***Most caves are situated in the mountains or remote locations,
therefore we have to pay attention to good protection against
the overvoltage in the mains caused through atmospheric discharge,
that can damage or destroy the drivers.***



How much light do we need in the cave

RECOMMENDED VALUES FOR GOOD CAVE LIGHTING EQUIPMENT	Switched circuits	Average daily operation time [h]	[W/m]	[lm/m]	[lm.hours/m/day]
---	-------------------	----------------------------------	-------	--------	------------------

Incandescent lamps	> 1	< 2	< 40	< 600	< 1200
Incandescent lamps	1	< 4	< 60	< 900	< 3600
Incandescent lamps	1	> 4	> 60	> 900	> 3600

Discharge lamps (HPH, FL)	> 1	< 2	< 10	< 600	< 1200
Discharge lamps (HPH, FL)	1	< 4	< 15	< 900	< 3600
Discharge lamps (HPH, FL)	1	> 4	> 15	> 900	> 3600

Remark : See the authors papers from GR - Kalamos and IWIC-II SK - Jasna

LEDs (< 40 lm/W)	> 10	< 2	< 10	< 400	< 800
LEDs (40 - 80 lm/W)	> 10	< 2	< 7	< 400	< 800
LEDs (80 - 100 lm/W)	> 10	< 2	< 5	< 400	< 800

If the LED efficacy will be higher than 100 lm/W , then reduce the W/m value again !

To prevent the growing of lampflora will be necessary to pay more attention to the lm/m and lm.hours/m/day values !

Install separate lighting equipment for room lighting and for the path lighting.



© COMLUX sro, 2012

LED FLOODLIGHTS PRICE

(expensive for the caves without many visitors)

Maximal economical balanced price of LED floodlight with 10 W power (60 lm/W) - equivalent to PAR38 80W, by 15 years installation and 30000 hours LED life .

Yearly operating time [hours]	Daily operating time (300 days in an year) [hours]	The same [Euro]	50% of them (for to save some money for the new installation) [Euro]
2000	6,7	< 470	< 210
1000	3,3	< 250	< 110
500	1,7	< 125	< 55
200	0,7	< 60	< 27

**WHEN IS AN INSTALLATION GOOD
?**

**This is a result of our own installed of about 15000 meters
of cave lighting systems and from our investigations
in more than 100 show caves all around the world.**

**SUITABLE and ESTHETIC ROOM and OBJECT LIGHTING,
TECHNOLOGICAL EQUIPMENT,
FINISHING TOUCH of the INSTALLATION.**

**ENVIROMENT PROTECTION (ECOLOGIE)
during the installation (destruction of cave)
and during operation of CLE .**

SAFETY of persons and objects .



WHEN IS AN INSTALLATION GOOD ?

Sensitiv INSTALLATIONS and OPERATING COSTS :

Technical good, simple LED floodlights with a nice price.

Very seldom do we need unnecessarily expensive units with individual control and dimming ! What do we like to show to the cave visitors – the natural beauty of the cave or a disco light show ???

We don't need lot of unnecessary LED floodlights with less power than 4 W .
We used in good installations about 1 PAR lamp every 4 meters in the past and we can see the new LED installations with 2 floodlights per meter today !!!
There are more floodlights than stalagmites in some caves !

And we can do it with one 8-15 W LED unit by 4 meters too !!!

Very important is simple installation and maintenance that can be



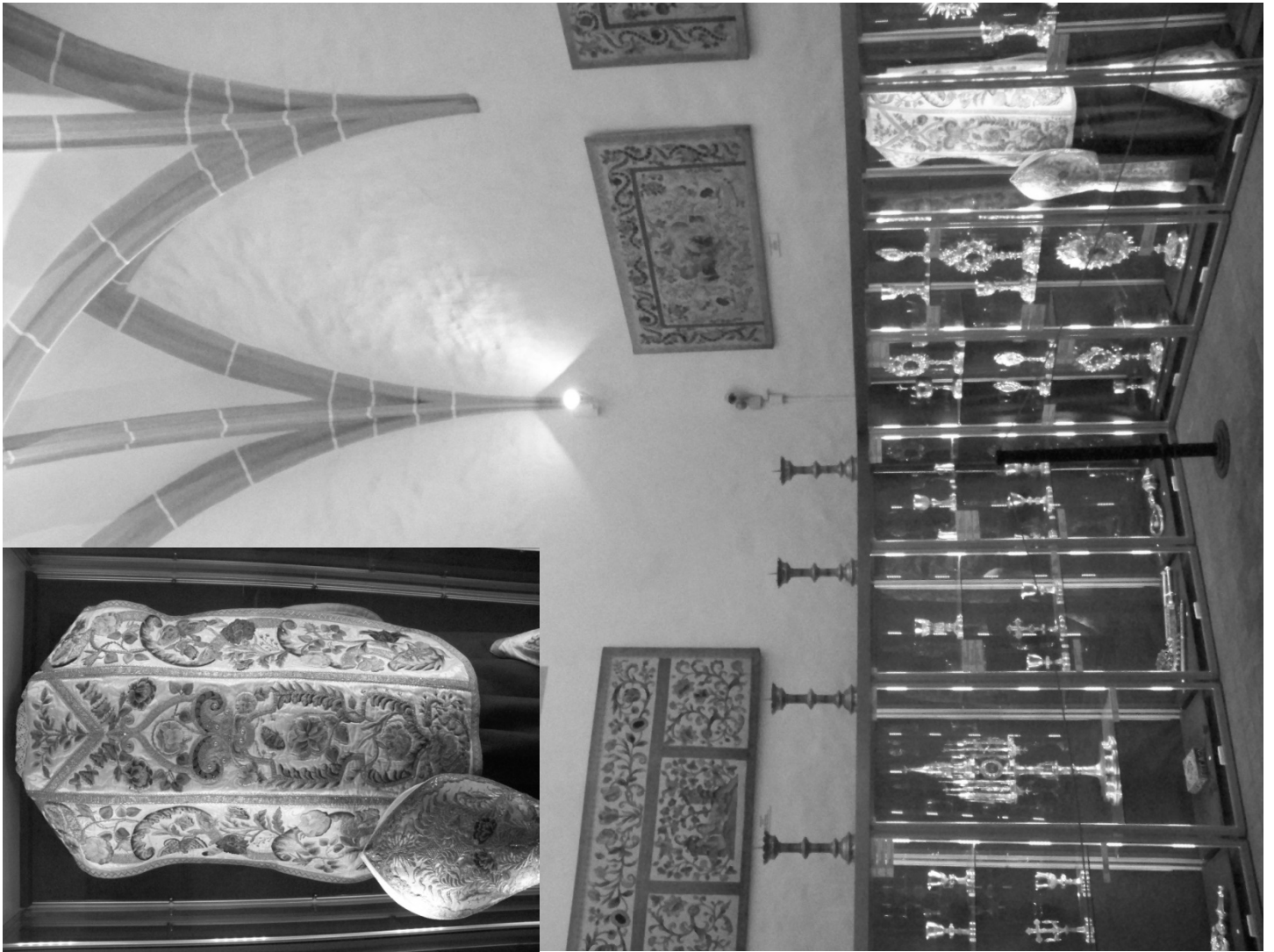
WHEN IS AN INSTALLATION GOOD ?

Sensitivity to INSTALLATIONS and to OPERATING COSTS :

There is a lot of good and less good LED floodlights more expensive than 200 Euro on the market.
There is a lot of poor cheap LED floodlight too !

We know good floodlights with the price up to 120 Euro.
But even this is for a lot of cave owners too much, because one “old PAR38 light point” was only 20 Euro.

If we can use suitable elderly floodlights (there are many 1000 installed in the caves), and if the “old” copper cable installation are in good condition, we can use LEDPAR38 lamps (price less than 75 Euro) as an equivalent change to PAR38 80W .



COMLUX
spol. s r. o.

 DÓM SV. MARTINA
 BRATISLAVA

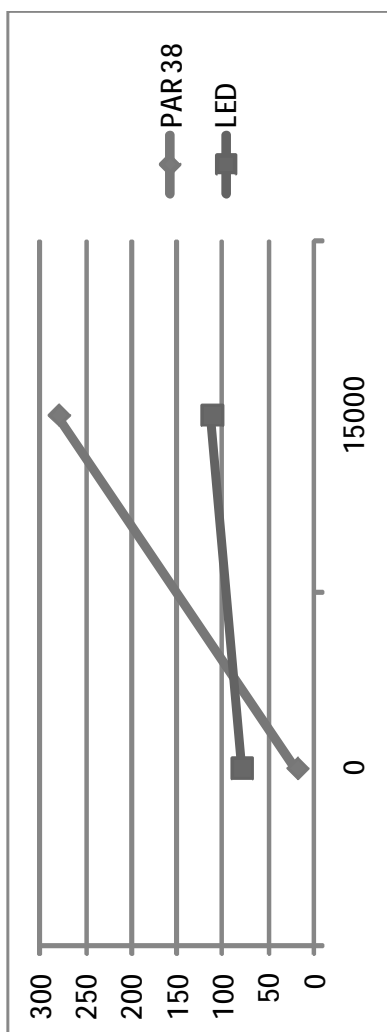


EKO bilancia LED v.s. PAR

© COMLUX sro, 2012
10.8.2012

CAVE - ECONOMY OF SELECTED FLOODLIGHTS

Runtime	15	years
Burning hours in a year	1000	hours
Total burning hours	15000	hours
Energy costs per kWh	0,136	Euro
Maintenance c. per relamp.	10	Euro
Yearly inflation rate		%



Type of floodlight and lamp	Floodlights appr. [pcs]	Luminous efficacy [lm/W]	Price floodlight [Euro]	Price lamp [Euro]	Luminous flux [lm]	Power [W]	Lamp life [hours]	Material costs [Euro]	Relamping [Euro]	Energy [Euro]	Maintenance [Euro]	Total costs [Euro]
PAR 38 80 W	1	10	15	4	800	80	2000	19	28	163,2	70	280
LED PAR 38	1	60	90	0	960	16	30000	90	0	32,64	0	123
Floodlight with LED - KOALA	1	62,5	80	0	1000	16	30000	80	0	32,64	0	113

Zkušenosti s výběrem vhodných LED svítidel pro VO v Ostravě

Ing. Radim Gřes

PTD Muchová, s.r.o., Ostrava, www.ptdov.cz, gres@ptdov.cz

Úvod

V současnosti jsme svědky rychlého vývoje LED zdrojů světla, který přináší neustálé zlepšování jejich parametrů. Mezi odborníky bylo před několika roky spousta pesimistů, kteří budoucnost LED svítidel viděli „ve hvězdách“. I oni však již nástup LED zdrojů berou zcela vážně, a to i ve veřejném osvětlení, kde se donedávna zdála být pozice vysokotlakých sodíkových zdrojů zcela neotřesitelná. Společně s rozšířením této technologie se na trhu objevuje nepřeborné množství výrobců s mnoha typy svítidel, počínaje renomovanými firmami s mnohaletými zkušenostmi a konče tzv. „garážovými“ výrobci. Tak jak je široká nabídka, tak je i velký rozptyl v kvalitě nabízeného zboží. A jelikož cílem každého výrobce či obchodníka je především prodat, jsou správci VO, investoři i projektanti zaplavováni množstvím informací o úžasných, u některých i téměř zázračných, vlastnostech nabízených výrobků. A orientovat se v této nabídce je někdy dost obtížné. V tomto příspěvku budou ve stručnosti popsány zkušenosti projektanta s výběrem vhodných LED svítidel pro VO v Ostravě a možnosti, jak lze při výběru svítidel postupovat.

Požadavky na LED svítidla pro VO

Pro výběr vhodného LED svítidla do osvětlovací soustavy veřejného osvětlení je důležité správně stanovit základní požadavky a technické parametry, které budou posuzovány a které umožní vzájemné srovnání jednotlivých svítidel. Důležitost jednotlivých parametrů a požadavků může být pro různé instalace různá, stejně tak je důležité, aby byly srovnávány srovnatelné parametry. Dále jsou uvedeny některé z požadavků na svítidla, které byly v Ostravě při výběru LED svítidel posuzovány.

a) Cena svítidel

Jedná se o důležité kritérium rozhodující o výši investice. Při zodpovědném výběru vhodného svítidla je však doporučeno zohlednit i budoucí náklady na provoz a údržbu osvětlovací soustavy. A mnohdy pak dojdeme k závěru, že levnější svítidlo nemusí být nutně výhodnější. Na zřetel je v tomto kontextu potřeba brát i výsledky světelně technických výpočtů, které nám řeknou, kolik svítidel musí být pro danou osvětlovací soustavu použito. Je tedy vhodnější pracovat s celkovou cenou všech potřebných svítidel, příp. s celkovými náklady na pořízení, provoz a údržbu všech svítidel.

b) Doba života svítidla

Výrobce by měl udat, jaká je předpokládaná doba života konkrétního svítidla při garantovaném poklesu světelného toku za danou dobu. Doba života přímo souvisí s kvalitou použitých LED čipů, s velikostí budicího proudu LED čipů a kvalitou chlazení LED čipů. U špičkových výrobců svítidel se setkáváme s dobou života až 100 000 hod. při poklesu světelného toku na 80 % počáteční hodnoty. U nejmodernějších svítidel lze dobu života svítidla volit dle potřeby a světelný tok je díky postupnému zvyšování budicího proudu řídicí jednotkou udržován na konstantní hodnotě. V praxi musíme vždy zvážit, jaká doba života svítidel je pro danou aplikaci optimální. U výměny svítidel na stávajících podpěrách je potřeba se zamyslet, jaká je předpokládaná životnost podpěr. U nových osvětlovacích soustav je zase nutno zamyslet se, zda při extrémně dlouhé době života již nebude svítidlo s ohledem na rychlý vývoj LED zdrojů příliš zastaralé (designově i technicky) a tedy neekonomické.

c) Náhradní teplota chromatičnosti

Požadovaná hodnota teploty chromatičnosti nebo její přípustný rozsah by měly být pro dané využití jasně stanoveny projektantem či investorem a mimo uvedené meze by se svítidlo nemělo dostat. Je to důležitý parametr svítidla, který má velký vliv na kvalitu osvětlení a na pohodu uživatelů osvětlovací soustavy. Pro běžné sídelní celky zpravidla volíme hodnoty teploty chromatičnosti do 4000 K. Vyšší teploty chromatičnosti nejsou pro základní osvětlení v sídelních celcích vhodné a mohou v obyvatelích a uživatelích vyvolávat nepříjemné pocity z nepřírozeného osvětlení. Tento vliv může být zesílen, pokud jsou v bezprostředně navazující osvětlovací soustavě použity vysokotlaké sodíkové zdroje. Při posuzování nabídek svítidel je

nutno dbát na to, aby byla srovnávána svítidla se srovnatelnými teplotami chromatičnosti vyzařovaného světla. Není-li tomu tak, pracujeme se zkreslenými údaji, neboť svítidla s LED zdroji s vyšší teplotou chromatičnosti dosahují zpravidla vyšší účinnosti. Nabídka svítidel s LED zdroji s vysokou teplotou chromatičnosti světla bývá v nabídkách prodejců celkem častá.

d) Měrný světelný výkon svítidla

Je to parametr, který může hodně vypovídat o kvalitě svítidla a použitých světelných zdrojů, jeho jednotkou je lm/W. Určí se jako podíl celkového světelného toku vyzařovaného svítidlem v lumenech a celkového příkonu svítidla včetně předřadníků ve wattech. Hodnotit samostatně světelný tok svítidla nemá dostatečnou vypovídací hodnotu bez znalostí dalších parametrů, zejména příkonu svítidla. Při srovnání jednotlivých svítidel je důležité věnovat pozornost tomu, je-li uváděn skutečně příkon svítidel. Často bývá uváděn měrný výkon bez uvažování spotřeby předřadníků svítidla. U kvalitních svítidel se v současnosti hodnoty měrného světelného výkonu pohybují kolem 100 lm/W a více a v budoucnosti bude toto číslo zcela nepochybně dále růst. Zavádějící může být srovnání měrných příkonů běžných LED svítidel s LED svítidly s funkcí udržování konstantního světelného toku v průběhu života svítidla. U těchto svítidel je nutno zohlednit skutečnost, že příkon svítidla v průběhu užívání mírně narůstá. Je tedy potřeba pracovat s průměrným příkonem za předpokládanou dobu života. U takových svítidel je však možno pracovat s vyšším udržovacím činitelem - není nutno uvažovat pokles světelného toku a není zapotřebí tak velký světelný tok jako u svítidel bez této funkce. Je tedy možné a docela časté, že takovéto svítidlo s papírově nižším měrným světelným výkonem je výhodnější, neboť pro dosažení požadovaných světelně-technických parametrů potřebuje nižší světelný tok a energetická náročnost takové osvětlovací soustavy je nižší.

e) Splnění požadovaných světelně technických parametrů na osvětlované komunikaci

Řečeno matematickou terminologií, jedná se o nutnou, nikoliv však postačující podmínku pro to, aby svítidlo mohlo být v konkrétním případě použito. Je naprostou samozřejmostí, že ke každému nabízenému svítidlu by měla být dodána data, která umožní provedení základních světelně technických výpočtů, nejlépe v některém z otevřených a obecně rozšířených výpočetních programů. Pro každou konkrétní instalaci by měl projektant nebo světelný technik provést světelně technické výpočty, z jejichž výsledků musí být zřejmé, zda osvětlovací soustava splňuje požadované parametry dle příslušných technických norem v souladu se zařazením komunikace do příslušné třídy osvětlení a pro jakou geometrii osvětlovací soustavy. Je potřeba zvážit, jedná-li se o svítidla pro novou osvětlovací soustavu, kde geometrii můžeme vhodně přizpůsobit, nebo se jedná o výměnu svítidel na stávajících podpěrách, kde je geometrie osvětlovací soustavy pevně daná. V prvním případě můžeme požadované parametry dodržet i u méně kvalitních svítidel za cenu zmenšení roztečí světelných míst a použití většího počtu svítidel. V druhém případě jsou počet svítidel a jejich umístění většinou pevně dány a při splnění předepsaných světelně technických parametrů je nutno zohlednit především nižší energetickou náročnost svítidel.

f) Energetická náročnost osvětlovací soustavy

Již z popisu předchozích dvou parametrů je zřejmé, že velmi důležitým parametrem je příkon svítidla. Rovněž bylo zmíněno, že než příkonem jednotlivého svítidla, je vhodnější zabývat se energetickou náročností celé osvětlovací soustavy, zejména u nových osvětlovacích soustav. Energetická náročnost osvětlovací soustavy má zásadní vliv na budoucí náklady na provoz. Při rozhodování je potřeba si uvědomit, že i zdánlivě nevelký rozdíl ve spotřebě el. energie může při trendu neustálého zdražování elektrické energie mít značný dopad na ekonomiku provozu osvětlovací soustavy v příštích letech. Z pohledu energetické náročnosti mají v případech, kdy je přípustné stmívání svítidel v době snížení provozu, velkou výhodu svítidla, která jsou vybavena funkcí automatického stmívání v nastaveném provozním režimu.

g) Záruční podmínky a termíny dodání svítidel

Záruční podmínky a dodací termíny nejsou parametry, které by přímo nutně svědčily o kvalitě svítidel. Jsou však důležité zejména pro údržbu VO a poskytují určitou garanci, že v případě technických problémů se svítidly v záruční době nevzniknou provozovateli neočekávané náklady. A délka poskytované záruky může svědčit o tom, že sám dodavatel si není kvalitou svítidel zcela jistý. Zákonem daná je minimální délka záruky 2 roky, vzhledem k ceně LED svítidel doporučujeme v praxi požadovat záruku min. 5 let, což mnoho dodavatelů splňuje. Termín dodání svítidel by neměl překročit 8 týdnů od objednání, v odůvodněných případech je možno požadovat dodací termíny kratší.

h) Doprovodná technická dokumentace svítidel, kontakty na obchodní a technickou podporu dodavatele, protokoly o zkouškách, certifikáty apod.

Pro důkladné posouzení parametrů nabízených svítidel by měl dodavatel poskytnout co nejpodrobnější podklady o konstrukci a provedení svítidel, návod k obsluze a kontakty na obchodní a technickou podporu. Deklarace bezpečnosti svítidel při montáži, provozu a údržbě je nezbytná pro jejich případné použití. Dodání protokolů o zkouškách svítidel, certifikátů, prohlášení o shodě apod. by mělo být samozřejmostí. Neposkytnutí zákony či jinými právními předpisy požadovaných dokumentů ani na vyžádání je pádným důvodem pro odmítnutí daného svítidla.

i) Vzhled svítidel

Vzhled svítidel není technickým parametrem svítidla, nemá tedy vypovídací hodnotu o technické kvalitě svítidla. Jelikož osvětlovací soustava je dlouholetou součástí prostředí, ve kterém žijeme, neměl by tedy vzhled svítidel a potažmo celé osvětlovací soustavy být podceněn. Velmi záleží na individuálním posouzení důležitosti tohoto parametru. Existují osvětlovací soustavy, kde je důležitá především funkčnost a úspornost, u některých osvětlovacích soustav je vzhled velmi důležitý, a to i za cenu horších technických parametrů nebo vyšších nákladů. Vnímání estetického dojmu je však záležitostí velmi individuální a nebývá vždy snadné vybrat svítidla, která se líbí většině obyvatel.

j) Kvalita zpracování svítidla

V rámci tohoto kritéria by měly být posouzené použité materiály a jejich odolnost, celková úroveň zpracování svítidla, možnost čištění, způsob otvírání svítidla, přístupnost pro údržbu apod.

k) Reference

V reklamních a propagačních materiálech se vyskytuje mnoho technických i jiných parametrů svítidel, jejichž ověření není v některých případech snadné. Neocenitelnou pomocí proto při rozhodování může být odkaz na již existující instalaci konkrétních svítidel. V tomto případě je možno na konkrétním místě (případně dle fotografií) posoudit vzhled osvětlovací soustavy a celkový dojem z ní, ale zejména je možno kontaktovat provozovatele dané osvětlovací soustavy a dotázat se na zkušenosti s provozem a údržbou těchto svítidel. Jako vyhovující referenci lze přijmout pouze referenci na stejný typ svítidla, jaké je nabízeno. Dále by mělo jít o instalaci ve srovnatelných klimatických podmínkách, ideálně v České republice.

Vyhodnocení parametrů a doporučení pro výběr vhodného svítidla

Uvedený výčet požadavků na svítidla a jejich vlastnosti nemusí být ve všech případech konečný. Pro různé aplikace je možno do posuzování zahrnout i jiné požadavky. Jedná se spíše o zkrácený popis nejčastěji posuzovaných parametrů. Chceme-li výběr svítidla pojmout komplexně, neměli bychom se zaměřovat pouze na dílčí, byť důležité parametry. Jednou z možností, jak dojít k cíli, je stanovení kritérií, která budou v daném případě hodnocena. Jednotlivá kritéria doporučujeme seřadit dle důležitosti pro řešený případ a každému kritériu přiřadit váhu odpovídající důležitosti. **Hned na začátku hodnocení je nutno určit, která kritéria mají zásadní význam a jejich nesplnění je důvodem pro úplné vyřazení nabídky z dalšího hodnocení.** V rámci každého kritéria je doporučeno hodnocené nabídky seřadit a bodově ohodnotit podle dodržení požadavků, případně podle míry splnění požadavků. A součtem jednotlivých bodových hodnocení parametrů vynásobených jejich váhou dojdeme k celkovému výsledku dané nabídky, kterou lze porovnat s ostatními nabídkami. Stanovení vhodných kritérií výběru, jejich váhovému hodnocení, seřazení a hodnocení jednotlivých nabídek v rámci jednotlivých kritérií a způsob celkového ohodnocení nabídky je třeba provést zodpovědně a maximálně objektivně, aby nedošlo ke zkreslení výsledků.

Jistě lze vymyslet i jiné způsoby výběru vhodných svítidel. Cílem příspěvku není primárně uvést návod, jak provést výběr svítidel, ale rekapitulovat nejdůležitější parametry, na které by se při výběru nemělo zapomenout. Jak bylo v úvodu příspěvku zmíněno, s masovým rozšiřováním LED technologií ve veřejném osvětlení se prudce rozšiřuje i nabídka svítidel různé kvality. A většina projektantů, správců veřejného osvětlení a zástupců vlastníků VO či investorů dříve nebo později řeší, jak se s jednotlivými nabídkami vyrovnat a jak vybrat a neprohloupit.

Literatura a odkazy

[1] katalogy, propagační materiály a internetové stránky různých výrobců a dodavatelů LED svítidel pro veřejné osvětlení

Terminologie ve světelné technice

Jiří, Novotný, Ing.

FCC Public s. r. o., www.svetlo.info, svetlo@fccgroup.cz

Úvod

Při redigování časopisu Světlo naráží redakce stále na problémy s terminologií ve světelné technice i v oborech souvisejících. Používání nesprávné terminologie má zřejmě několik příčin. Hlavní příčinou je podceňování jazykové stránky písemných projevů, z něhož vyplývají další důsledky jako nerespektování platných terminologických norem, používání hovorových výrazů a nesprávně přeložených cizích odborných termínů. Tento příspěvek je věnován informacím o českých názvoslovných normách a o několika nejčastějších chybně používaných termínech.

Hlavní terminologické normy

ČSN IEC 50(845) Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 845: Osvětlení, květen 1995

Jedná se vlastně o druhé vydání mezinárodního světelnotechnického slovníku, tentokrát ve spolupráci Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE) a Mezinárodní elektrotechnické komise (IEC). Tato nejdůležitější česká norma pro světelnotechnickou terminologii obsahuje asi 1 000 termínů s definicemi v češtině a angličtině. U každého hesla (termínu) jsou ekvivalenty: slovensky, francouzsky, anglicky, německy, rusky, španělsky, italsky, holandsky, polsky a švédsky. Pro všechny zmíněné jazyky jsou k dispozici abecední rejstříky. Jedná se tedy o výkladový odborný slovník s velmi snadným vyhledáváním slov. Přestože se jedná o sedmnáct let starou normu, je stále platná a aktuální. Vyskytuje se v ní přibližně 1 až 2 % chyb a překlepů, což však nemá zásadní význam pro uživatele.

ČSN EN 12665 Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení, březen 2012

Tato terminologická norma představuje překlad již druhého vydání příslušné evropské normy (1. vydání 2003), jedná se o výkladový slovník obsahující přes 200 nejdůležitějších termínů z vnitřního a venkovního osvětlování. Norma je v češtině a v angličtině s rejstříky v obou jazycích.

Obě normy jsou základní pomůckou ke studiu zahraniční odborné literatury, k oficiálním překladům cizojazyčných katalogů výrobků a k tvorbě odborných článků, katalogů a inzerátů.

Příklady důležitých světelnotechnických termínů

česky	anglicky	německy	měrné jednotky
život světelného zdroje	life of a lamp, life of a light source	Lebensdauer einer Lichtquelle	(h)
úhel poloviční svítivosti, poloviční divergence	beam angle	Halbstreuwinkel	(°)
úhel vyzářování úhel otevření	cut off angle	Ausstrahlungswinkel	(°)
úhel clonění	shielding angle	Abschirmwinkel	(°)
měrný výkon světelného zdroje	luminous efficacy of a light source	Lichtausbeute einer Lichtquelle	(lm/W)
světelná účinnost	luminous efficiency	Lichtwirkungsgrad	(–)
činitel využití	utilization factor	Beleuchtungswirkungsgrad	(–)
měrný výkon svítidla	luminous efficacy of a luminaire	Lichtausbeute einer Leuchte	(lm/W)
měrný příkon (osvětlovací soustavy)	installed loading	elektrischer Anschlusswert	(W/m ² , kW/km)
nouzové osvětlení	emergency lighting	Notbeleuchtung	–
jmenovitá hodnota	rated value	Bemessungswerte	–
typová hodnota	nominal value	Nennwerte	–
světelná technika	lighting technology	Lichttechnik	–

Závěrečné slovo

Současný propojený svět a rychlý vývoj ve všech oborech vyžadují srozumitelnou komunikaci mezi lidmi a zejména mezi odborníky různých profesí. Je třeba si uvědomit, že odborné vyjadřování a terminologie vytvářejí i uvnitř jednoho jazyka zvláštní kódovaný komunikační systém, který často není lidem s všeobecným vzděláním i odborníkům různých profesí vzájemně srozumitelný. Ještě složitější je komunikace mezi odborníky různých národů a s různou jazykovou přípravou. Z tohoto důvodu jsou důležité vícejazyčné terminologické výkladové normy, z nichž dvě byly představeny v tomto příspěvku.

Používání jednoho univerzálního jazyka (např. angličtiny), podle praxe v některých exportně zaměřených firmách, není všespásným řešením. Prohlubuje se tím bariéra mezi skupinami zasvěcených a obyčejní lidé jsou často o nové poznatky ochuzováni vůbec. Některé cizojazyčné termíny nakonec zvítězily, jiné lze však dobře nahradit domácími ekvivalenty, jak o tom svědčí praxe. Například *download* bylo úspěšně nahrazeno běžným *stahovat* (stáhnout), takže pro laiky málo srozumitelné *downlight* možná nahradí *dolnozářič*, navržený nedávno v časopisu Světlo.

O jazykovou a terminologickou úroveň odborného vyjadřování se má starat především Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ). Ten po několikaleté přestávce založil terminologickou databázi, která má umožnit vyhledávání a používání správných kodifikovaných termínů a zamezit existenci různých názvů pro stejné termíny v souvisejících oborech. K úspěšnému řešení tohoto úkolu je žádoucí spolupráce široké odborné veřejnosti.

Osvětlování rostlin v interiéru

Stanislav Haš, Ing. CSc.¹⁾, Jan Škoda, Ing. Ph.D.²⁾, Dagmar Hillová, Ing. Ph.D.³⁾

¹⁾ Agroenergo, email: s.hass@seznam.cz

²⁾ Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,
email: skoda@feec.vutbr.cz

³⁾ Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta záhradníctva a krajinného
inžinierstva, email: dagmar.hillova@uniag.sk

Abstrakt

Níže uvedený článek přináší čtenáři stručný výčet doporučení, jenž je třeba dodržet při návrhu osvětlovací soustavy, má-li být zajištěna pro člověka zraková pohoda a pro rostlinu kvalitní podmínky pro její růst.

Úvod

Od sedmdesátých let minulého století se začínají uplatňovat zcela nové myšlenky a důvody pro umístování rostlin v interiérech. Poukazuje se na užitečnou symbiózu lidí a rostlin v interiéru: rostliny poskytují člověku kyslík a člověk rostlinám oxid uhličitý, případně sraženou vodní páru. Využívá se i schopnost rostlin a půdních bakterií absorbovat některé člověku škodlivé látky, které se uvolňují s různých především plastových užžitných výrobků a stavebních hmot, ale i z těl lidí. Zkoumá a hodnotí se aktivní vliv rostlin na životní a pracovní prostředí interiérů z hlediska jejich schopnosti zachycovat pevné částice, dodávat vzduchu výrazné množství vodní páry, tlumit hluk.

Velice dobře se rostliny uplatňují v řešení problému „nezdravých budov“, které vlivem používání nových stavebních hmot, odstínění přirozeného elektromagnetického pole, změněných světelných podmínek a upořádání prostředí, nepřirozené klimatizace, trvalého hluku proudícího vzduchu a technologických zařízení škodí lidskému zdraví a vyvolává zdravotní potíže a nepříznivě ovlivňuje psychiku lidí (syndrom nezdravých - nemocných - budov, Sick Building Syndrom, SBS). Tyto nepříznivé vlastnosti zvyšuje i budování velkoprostorových kanceláří (open space).

V souvislosti s psychologickou zátěží, zejména u duševně velmi náročných profesí, objevují psychologové i velmi příznivé účinky rostlin na chování lidí, jejich soustředěnost k práci, invence, pracovní aktivitu, ale také na hloubku a účinnost jejich odpočinku. Rostliny v interiéru se tak stávají aktivní součástí života a práce člověka. Rostliny pomáhají k ozdravení prostředí, mají vliv na zdravotní stav lidí. Ve školách se oceňuje zvýšení soustředěnosti a pozornosti žáků, příznivý vliv na zklidnění hyperaktivních dětí. V prostředí s více lidmi je zřetelný vliv květin na snižování stresových situací, ve zdravotnických zařízeních se oceňují terapeutické účinky rostlin.

Vnímání rostlin člověkem

Člověk vnímá své okolí a tedy i rostliny prostřednictvím svého zraku. Proto jediné ty rostliny, které jsou dobře umístěny, jsou v zorném poli očí a jsou dobře osvětleny, mohou působit na psychiku člověka.

Pro dobré vidění při pozorování objektů, svými rozměry a velikostí detailů podobných rostlinám, je při používání zdrojů o teplotě chromatičnosti nad 4000 K příznivá hodnota intenzity osvětlení 300 lx. Přitom se předpokládá, že pozorované předměty a jejich bezprostřední okolí, včetně stěn, odrážejí 70 až 85% světla. A právě to odražené světlo, které vstupuje do oka člověka, určuje jeho zrakový vjem. Při uvedených podmínkách osvětlenosti a odraznosti vnímá oko jas 65 - 80 cd·m⁻², který vytváří optimální zrakovou pohodu. Má-li mít člověk příznivý zrakový vjem při pozorování rostliny, je zapotřebí, aby její jas měl také podobnou hodnotu. Protože ale rostliny odrážejí jen asi 10 až 25% světla, je nutné, aby intenzita jejich osvětlení byla minimálně 800 lx [4].

Značná část zelených rostlin má malé světelné požadavky. Běžně se uvádí, že takové rostliny mohou přežívat i při intenzitě osvětlení 400 lx. V takovém případě rostliny nezhynou, ale také se nevyvíjejí, neobnovují své listy, ztrácejí lesk, nerostou. Stávají se jen nevýrazným dekoračním předmětem, který nepoutá žádnou pozornost, nepřináší nové vjemy pro člověka, chybí pocit neustálého vývoje, projev životní síly. Tento stav podporuje dále ještě rozptýlené světlo, které je v převažující části prostoru a které nevytváří stíny a kontrasty listů a rostliny ztrácejí prostorovost. Takové rostliny mohou jen velice málo ovlivňovat

psychiku lidí. U málo osvětlených rostlin se snižuje i jejich transpirace a příjem oxidu uhličitého, takže do značné míry pomíjí i jejich vliv na prostředí interiéru.

Poměrně vysoká intenzita osvětlení pro optimální a příjemné vnímání rostlin vyžaduje umístit rostliny v interiéru v místech s činitelem denní osvětlenosti 15 až 25%. Taková místa jsou v místnostech s běžnými okny opravdu jen v blízkosti oken. Pokud jsou rostliny umístěny na parapetu, pozorujeme je proti obloze z jejich neosvětlené strany. Naše oči jsou oslněny kontrastem a my vidíme v podstatě jen tmavé obrysy rostlin.



• obr.1 Příklad osvětlení interiéru s rostlinami: Club Med Paris, vertikální zelená stěna, autor Patric Blanc [1]

Mají-li být rostliny, zejména v pracovních prostorách, v zorném úhlu lidského oka, mají-li mít stále příjemný a povzbuzující vzhled, tak se neobejdeme bez osvětlování rostlin umělými zdroji světla. Nestačí k tomu ale jen celkové osvětlení místnosti, ale je nutné volit ještě místní osvětlení květin. Tento požadavek je ovšem v literárních pracích téměř zcela pomíjen. Pravdou zůstává, že při dosahování intenzity osvětlení 800 až 2000 lx, je použití dalších svítidel ekonomickým problémem. To je však jen věcí návyku a časem se tato svítidla mohou stát součástí každého interiéru stejně jako vzácné vázy apod. Při lepší spolupráci se světelnými techniky, designéry a s odborníky zabývající se principy zrakového i mimozrakového vnímání světla, lze osvětlování interiérů povýšit na mnohem příjemnější úroveň. Nemělo by se ale zapomínat, že každé svícení je jistou zátěží pro životní prostředí, proto by návrh osvětlovací soustavy měl být rovněž co nejšetnější k životnímu prostředí.

Viditelné záření pro rostliny

Využití viditelného záření u rostlin je principiálně zcela jiné, než u člověka. Pro rostliny je podstatné především absorbované záření, které je nezbytné pro proces fotosyntézy a pro řadu dalších fotobiologických procesů. Tyto procesy jsou závislé na spektrálním složení záření. Pro fotosynteticky aktivní záření (FAR, v zahraniční literatuře PAR) je podstatná oblast 400 – 700 nm. Intenzita ozáření E_{FAR} je tedy

$$E_{FAR} = \int_{400}^{700} e_{\lambda} d\lambda \quad (\text{W}\cdot\text{m}^{-2} \text{ FAR}; \text{W}\cdot\text{m}^{-3}, \text{ nm}) \quad (1)$$

kde e_{λ} je spektrální intenzita ozáření a
 λ je vlnová délka (nm).

Biologové ale dospěli k poznatku, že intenzita fotosyntézy, která určuje nárůst rostlinné hmoty, lépe koreluje s počtem fotonů než s absorbovanou zářivou energií. Množství vzniklé hmoty (množství asimilátu)

hodnotí veličinou látkové množství, jejíž jednotkou je kilomol. Je to množství molekul látky, vyjádřené číselnou hodnotou Avogadrovy konstanty. Biologové usoudili, že je výhodné, aby i množství fotonů hodnotili stejnou jednotkou (prakticky 1 mikromolem), i když z hlediska tvorby měrové soustavy SI je to nesystémové. Jednotka se v praxi ujala, takže hodnota fotosynteticky aktivního toku fotonů se vyjadřuje jednotkou $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$ a hodnota fotosynteticky aktivní ozáření E_{mol} jednotkou $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ (někdy se uvádí $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) [7]. Platí

$$E_{\text{mol}} = \frac{1}{119,4} \int_{400}^{700} \frac{e_{\lambda}}{\lambda} d\lambda \quad (2)$$

V těchto jednotkách jsou cejchovány i přístroje pro měření fotosynteticky aktivního záření (FAR) a používají je i výrobci speciálních světelných zdrojů pro přisvětlování skleníkových rostlin [3].

Přesto, že jednotky FAR byly zavedeny již před 40 lety, v zahradnické praxi se stále nečiní rozdíl mezi fotosynteticky aktivním zářením a světlem a používá se jednotka osvětlenosti lux. Souvisí to samozřejmě se skutečností, že sluneční záření je pro osvětlování normativně označováno jako denní světlo a umělé zdroje pro ozařování rostlin jsou běžné světelné zdroje. Protože ale ve světové literatuře se stále častěji objevují fyto technické veličiny ($\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ FAR), je třeba znát přepočty jejich jednotek na jednotky fotometrické.

Pro intenzitu osvětlení platí

$$E_{\text{lx}} = \frac{\Phi}{S} = \frac{683 \int_0^{\infty} \left(\frac{d\Phi_e}{d\lambda} \right)_{\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{S} \quad (\text{lx}; \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}, \text{W}\cdot\text{m}^{-2}, \text{m}, \text{m}^2) \quad (3)$$

kde $\left(\frac{d\Phi_e}{d\lambda} \right)_{\lambda}$ je spektrální hustota zářivého toku Φ_e v bodě λ [2].

Fotometrické i fotonové jednotky jsou spektrálně závislé, a proto jejich vzájemné poměry jsou pro různé světelné zdroje různé. Stanoví se výpočtem z emisních spekter.

Přepočítávací činitele zářivých a fotonových jednotek na fotometrické jsou pak

$$k_{\text{FAR}} = \frac{1000 \cdot E_{\text{FAR}}}{E_{\text{lx}}} \quad (4)$$

$$k_{\text{mol}} = \frac{1000 \cdot E_{\text{mol}}}{E_{\text{lx}}} \quad (5)$$

a jsou k nalezení např. v [8]

Intenzita osvětlení se v běžných případech hodnotí na rovinných plochách. Charakteru působení světelného záření na rostliny nejlépe odpovídá hodnotit toto záření tak, jak dopadá na povrch polokoule, jejíž osa je vždy natočena ke světelnému zdroji. Protože ale vlivem indexu lomu rostlinné tkáně se při větších úhlech dopadu světla výrazně zvětšuje jeho odraz, uvažujeme, že záření využitelné pro fotobiologické procesy dopadá na povrch kulového vrchlíku o výšce 3/5 poloměru polokoule. V tomto případě je poměr plochy základny vrchlíku a jeho kulové plochy 0,7 a průměrná intenzita využitelného dopadajícího záření je tedy rovna 7/10 světla dopadajícího na rovinu kolmou k přicházejícím paprskům [3].

Intenzitu osvětlení E_A v rovině vrcholů rostlin a ve vzdálenosti r od zdroje (výpočetní bod A) pak počítáme:

$$E_A = 1,7 \frac{I_{\gamma}}{r^2} \quad (6)$$

kde I_{γ} je svítivost ve směru odkloněném o úhel γ od optické osy svítidla k výpočetnímu bodu
 r je vzdálenost výpočetního bodu A od svítidla.

Požadavky na světelné zdroje a svítidla pro interiérové rostliny

Světelné zdroje k přisvětlování rostlin musí vyhovovat z hlediska jejich emitovaného světelného záření nejen potřebám rostlin, ale i potřebám člověka. Protože spektrální citlivost lidského oka je zcela odlišná od akčních spekter rostlin, je samozřejmé, že emisní spektra světelných zdrojů musí mít integrální charakter v celé viditelné oblasti optického záření.

Lidem i rostlinám vyhovuje, když podíl jednotlivých barev spektra je takový, aby světelný zdroj zajišťoval co nejlepší podání barev. Pro intenzity osvětlení, které uvažujeme při osvětlování rostlin v interiéru, jsou nejvhodnější zdroje s neutrálním „bílým světlem“ (3300 – 5000 K), které příjemně zobrazuje bílou barvu i základní barevné odstíny.

To jak věrně se odrážejí různé barvy od osvětleného předmětu, hodnotí index podání barev (R_a). Zdroje pro osvětlování interiérových rostlin musejí mít barvu světla s označením alespoň 842, případně 942 (první číslice označuje index podání barev R_a v desítkách a další dvě číslice značí teplotu chromatičnosti ve stovkách Kelvina). V místech silně osvětlovaných denním světlem bývá pak nejlepší použít zdroje s barvou 860 a nejlépe 960. Z toho vyplývá, že k těmto účelům jsou zcela nevhodné zdroje s purpurovou barvou (Flora, Fluora, Planta), které někteří výrobci dodávají s určením jako zdroje pro rostliny. Pro splnění požadavku na přírodní podání barev nejsou vhodné ani žádné žárové zdroje, obyčejné i halogenové žárovky, rtuťové a sodíkové výbojky. Nehodí se ani běžně prodávané zdroje pro osvětlování interiérů, jejichž barva bývá obvykle 827 nebo i 825. Nejvhodnější spektrum emitovaného záření mají některé luxusní lineární zářivky s barvou světla 965 (označované DE LUXE, Biolux), jejichž podání barev je téměř takové jako na přirozeném denním světle. Lineární zářivky ale bývá jen málokde možné esteticky umístit nízko nad rostlinami. Lepšího estetického působení se dosáhne spíše bodovými zdroji (halogenidové výbojky, kompaktní zářivky, zdroje LED).

Plochy, na kterých se umísťují rostliny, jsou prostorově omezené. Z energetického ale i z estetického hlediska je vhodné usměrňovat světelný tok právě jen na tyto plochy, případně jejich nejbližší okolí. Světelné zdroje by měly být co nejbližší k rostlinám a pokud možno nad nimi. Osvětlováním ze strany se deformuje habitus (tvar) rostlin. Zcela nepřijatelné je osvětlování odspodu, které sice může zpočátku vytvořit zajímavé efekty, ale pro rostlinu je zničující.

Všechny požadavky na osvětlování rostlin v interiéru splňují nejlépe kompaktní zářivky s co největším podílem spojitého spektra, halogenidové výbojky a zdroje LED, všechny s teplotou chromatičnosti nejméně 4000 K. Široké spojitě a energeticky vyrovnané spektrum mají některé zdroje LED. Je velice příznivé, že i při vyšších teplotách chromatičnosti dosahuje část spektra až k vlnové délce 800 nm. To má významný vliv na vývoj květů a kvetení všech rostlin, i dlouhodobých, jejichž fytochrom far red vyžaduje ke své aktivaci právě toto dlouhovlnné záření.

Je samozřejmé, že světelné zdroje se umísťují do vhodných svítidel. Ta musí splňovat dvě funkce: správně usměrňovat světelný tok a esteticky dotvářet prostředí interiéru. Přitom by měla být svým provedením jednodušší, méně nápadná, aby hlavní pozornost upoutávaly rostliny.

Z praktického hlediska jsou pro osvětlování rostlin s malou a střední energetickou náročností nejvhodnější kompaktní zářivky barvy 842 o příkonech 20 – 30 W, nejlépe reflektorové a se závětem E 27 a reflektorové zdroje LED o příkonech 8 – 15 W. Pro rostliny s vysokými světelnými nároky pak halogenidové výbojky barvy 942 o příkonech 35, 70 W, příp. 150 W a také zdroje LED o příkonech nad 15 W, ale zpravidla s menším úhlem poloviční svítivosti.

U halogenidových výbojek je třeba počítat s poměrně velkým poklesem zářivého toku v průběhu jejich života a se značným rozptylem jejich životnosti. Maximální doba života výbojek je 10 – 15 tisíc hodin, ale po 6000 hodinách klesá světelný tok o 20 až 50 % a po 6000 až 7000 hodin již začíná statistické pásmo konce jejich života. Při použití pro rostliny s velkými světelnými nároky, umístěnými blíže okna, je roční doba svícení 2400 – 3400 hodin a je tedy třeba výbojky po 2 – 2,5 letech vyměnit.

Kompaktní zářivky mají životnost přibližně 10 – 30 tisíc hodin, statistické pásmo konce jejich života je úzké, pokles světelného toku po 5 – 6 tisících hodinách jejich života je 20 – 25 %. Jsou-li tyto zářivky pro osvětlování méně světelně náročných rostlin, umístěných dále od okna, je roční doba svícení 3500 – 4300 hodin a zářivky je tedy potřebné měnit po 4 – 5 letech.

Zdroje LED mají poměrně pomalý pokles svítivosti, jejich příkon a spotřeba energie je nižší než u ostatních zdrojů a jejich doba života je 30 000 až 50 000 hodin, což je při osvětlování rostlin 10 až 20 let. Jejich cena je ovšem zatím relativně vyšší, než u ostatních světelných zdrojů.

Navrhování osvětlení pro rostliny

Rostliny v interiéru se umísťují podle svého účelu. Mají-li působit především na pracovní výkonnost, musí být na takovém místě, aby zasahovaly do zorného pole pracovníků ve chvílích jejich odpočinku, soustředění, přemýšlení. Umísťují se nejčastěji na nízké skříňky a jsou osvětlovány stojanovými svítidly. Vhodné jsou i poličky upevněné na stěnách, osvětlované lineárními světelnými zdroji, nebo i nábytkové stěny s lineárními zářivkami. Součástí všech svítidel by měl být časový a soumrakový spínač, aby bylo možné řídit automaticky dobu zapínání a vypínání osvětlení a jeho vypnutí při dostatečném přírodním denním osvětlení.

K osvětlování květin ve velkých prostorách jsou vhodná stropní svítidla, především závěsná, pro vysoké rostliny i přisazená ke stropu, instalovaná na napájecích lištách nebo i vestavěná do stropní konstrukce (downlight). Tam, kde jsou rostliny bezprostředně přisazeny ke stěně místnosti, se používají i nástěnná svítidla (např. Osram Floralumen-F) [9]. S energetického hlediska je výhodné používat svítidla pro reflektorové výbojky. Ty mají vždy lepší účinnost než svítidla s vestavěnými reflektory. Pokud jsou k dispozici svítidla s reflektorovými výbojkami (např. Philips MASTERColour CDM-R PAR, CDM-R111, Osram POWERBALL HCI-PAR, HCI-R111, s barvou světla 942) [9], jsou esteticky, funkčně i cenově vhodná, dáváme jim zpravidla přednost před svítidly s vestavěnými reflektory. Funkčně to nemusí být výhodné u rozměrnějších květinových sestav rostlin. Zde se dobře uplatní širokozářící reflektorová svítidla, která mají ledvinovou křivku svítivosti. Příkladem je svítidlo SPB Archis 15 nebo iGuzzini Central 41 [9].

V některých případech ale nemusí být vhodné využít celé světelné pole, kde je požadovaná rovnoměrnost. Jsou-li rostliny umístěny v tmavém interiéru, pak světlo, které přichází po dlouhou část dne do okrajových částí pole pod úhlem větším než 35°, může způsobit nepěknou změnu tvaru rostlin, které se přiklánějí ke středu světelného pole. Pak je tedy lepší použít více svítidel s užším světelným svazkem.

Při použití svítidel s větším úhlem poloviční svítivosti (zpravidla více než 40°) je třeba brát v úvahu možnost nepříjemného oslnění. Taková svítidla lze používat jen pro menší výšky nad rostlinami. V prostorách, které se jen procházejí, nebývá vhodné, aby vzdálenost širokozářících svítidel od podlahy byla větší než 1,6 m. V prostorách, kde se sedí a květiny jsou v zorném poli přítomných lidí, by vzdálenost širokozářících svítidel od podlahy neměla být větší než 1 m. To jsou obvyklé údaje, ale konkrétní míry je třeba zjistit projektem.



• obr.2 Příklad osvětlení interiéru s rostlinami: Green Symphony, Taipei Concert Hall, Taiwan, autor Patric Blanc [1]

Rozsáhlejší osvětlovací systémy mají vertikální květinové stěny [5], [6]. To jsou velkoplošné výsadby květin, umístěné na stěnách místností. Návrhy na jejich osvětlování by měly mít 2 části: návrh na fotosyntetické

ozářování rostlin a kontrolní výpočty osvětlení stěny z hlediska zrakového vjemu člověka. Návrh na fotosyntetické ozářování se provádí dříve uvedenou metodou. Výpočet se podstatně zjednoduší, pokud výpočetní program umí počítat střední kulovou osvětlenost

$$E_{4\pi} = \frac{I_{\omega}}{4r^2} \quad (7)$$

kde pro součinitel k se běžně zavádí činitel znehodnocení.

S použitím střední kulové osvětlenosti lze vzorec pro E_{mol} napsat ve tvaru:

$$E_{mol} = \frac{0,7 \cdot k_{mol}}{1000} \cdot E_{4\pi} \quad (8)$$

Světelně technický návrh se po té zpracovává tak, aby svítidla nebyla dále než 1,5 m od zelené stěny. Při větší vzdálenosti by mohlo docházet k oslinění lidí, kteří se většinou po prohlídce stěny otočí a odejdou.

Řešení osvětlení zelené stěny je vždycky obdobné: zpravidla halogenidové výbojky o příkonu 35 – 150 W, vzdálenost svítidel od stěny 0,8 – 1,5 m; pro stěny o výšce nižší než 3,5 – 4 m a s menšími nároky na rovnoměrnost osvětlení (0,7 – 0,6) obvykle dvojice svítidel, jedno pro osvětlování horní části, druhé pro osvětlování dolní části stěny, úhel poloviční svítivosti 30°- 60°, resp. 24°- 30°, vzájemná vzdálenost dvojic svítidel okolo 1 m, vzdálenost krajních svítidel 0,25 až 0,40 m od postranní hrany stěny.



• obr.3 Příklad osvětlení interiéru s rostlinami: DDB Headquarter Paris, vertikální zelená stěna, autor Patric Blanc [1]

U exkluzivních stěn, kde se vyžaduje vysoká rovnoměrnost osvětlení, se volí ovšem celé světelné rampy s roztečí svítidel 0,3 – 0,4 m, která jsou účelově směřována do různých míst stěny. To platí zvláště u stěn vyšších než 4 m, kde je třeba používat světlomety s malým úhlem poloviční svítivosti (10° – 12°).

Tak jako u závěsných svítidel, i k osvětlování zelených stěn jsou nejvhodnější halogenidové výbojky o příkonech 35, 75 a 150 W, barvy světla 942, osazené ve svítidlech pro přisazenou montáž na stropní konstrukci nebo pro montáž na tříokružovou přípojnicí. Přípojnice je vhodná zejména u širokých zelených stěn s mnoha svítidly a pak u kazetových stropů, kde je ve většině případů nemožné z rozměrových důvodů využít kazet k montáži svítidel podle světelně technického výpočtu.

Navrhaná svítidla musí splňovat požadavek na změnu náklonu optické osy, někdy až do úhlu 80° od vertikály. Tento požadavek je nutné mít na paměti zvláště v případech, kdy se uvažuje o použití svítidel typu downlight. Tato svítidla jsou vhodná do kazetových stropů pro běžné osvětlování, kde jejich vzájemnou vzdálenost lze přizpůsobit rozmístění kazet. Takové přizpůsobení ovšem nelze připustit pro kvalitní nasvětlení zelených stěn. Zde je třeba dodržet parametry světelně technického výpočtu, tedy především vzájemné rozmístění jednotlivých svítidel. Z toho důvodu se dává přednost přisazeným nebo lištovým osvětlovacím systémům se světlomety.

Osvětlované zelené stěny mají mít automatické řízení osvětlovací soustavy pomocí spínacích hodin a soumrakového spínače, nastavitelného v rozmezí 600 až 2500 lx. Čidlo tohoto spínače se umísťuje zpravidla na jednom okraji stěny tak, aby směřovalo k okennímu otvoru, odkud přichází nejintenzivnější denní světlo.

Závěr

Dodržení všech podmínek pro optimální návrh osvětlovací soustavy vyhovující zrakové pohodě člověka jako i rostlině není jednoduchou záležitostí. Pokud jsou rostliny plánovanou součástí interiéru, neměl by projektant při návrhu zapomínat na odlišné biologické potřeby rostliny. V tomto ohledu by měl navrhnout osvětlovací soustavu, která vyhovuje potřebám člověka, podporuje zdravý vývoj rostliny, zdůrazňuje její estetický vzhled a zároveň je šetrná k životnímu prostředí.

Poděkování

Část výzkumu byla provedena v Centru pro výzkum a využití obnovitelných zdrojů energie. Autoři děkují za finanční podporu z Evropského fondu pro regionální rozvoj v rámci projektu č. CZ.1.05/2.1.00/01.0014 a projektu Výzkum a vývoj fytotronových komor s nízkou energetickou spotřebou č. FR-TI3/383.

Literatura a odkazy

- [1] Blanc, P.: Návrhy zelených stěn, dostupné na www.verticalgardenpatrickblanc.com
- [2] Habel, J.: Světelná technika a osvětlování, FCC Public, 1995, ISBN 800-901985-0-3
- [3] Haš, S., Fikarová, L.: Navrhování osvětlení pro interiérové květiny. Světlo 2011, č. 3, ISSN 1212-0812
- [4] Haš, S., Pavlíčková, P.: Osvětlování okrasných rostlin v interiérech. Světlo 2010, č. 4, ISSN 1212-0812
- [5] Kuřková, T., Fikarová, L., Haš, S.: Možnosti osvětlování rostlin v interiéru. Světlo, 2011, č. 5, ISSN 1212-0812
- [6] Haš, S., Škoda, J., Matouš, M.: Květinové výzdoby s osvětlením ve veřejných prostorech. Světlo, 2012, v tisku, ISSN 1212-0812
- [7] Matouš, M., Hutla, P.: Světlo a rostlina. Světlo, 2002, č. 4, ISSN 1212-0812
- [8] Škoda, J., Krbal, M.: Osvětlování rostlin různými zdroji světla, Proceedings of the 13th International Scientific Conference ELECTRIC POWER ENGINEERING 2012, ISBN 978-80-214-4514-7
- [9] Technická dokumentace svítidel od firem Philips, Osram, Brilum, Etna, Enika, Nasli

Plazmové světelné zdroje a jejich využití pro osvětlování rostlin

Ing. Michal Krbal, doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D

Vysoké učení technické v Brně, UEEN FEKT, xkrbal00@stud.feec.vutbr.cz

Jednou z mála vhodných alternativ pro osvětlování rostlin je vedle technologie LED použití plazmových světelných zdrojů. Tímto termínem je dnes pojmenována celá řada světelných zdrojů, které mají tu společnou vlastnost, že nemají elektrody a potřebná energie je dodávána vnějším polem. Jejich vysoká životnost, účinnost přeměny elektrické energie na světlo a vhodná výsledná spektrální distribuce je i přes celou řadu nevýhod k tomuto účelu předurčuje. Článek se zabývá provozními vlastnostmi těchto zdrojů a konstrukcí vhodného svítidla, jenž vyhoví požadavkům pro osvětlování rostlin ve fytotronových komorách.

Úvod

Použití plazmových světelných zdrojů v osvětlovacích soustavách má již dlouhou tradici, která se datuje od počátku 90. let minulého století. Přes počáteční neúspěchy si tyto světelné zdroje našly v poslední době své místo na trhu. A to nejenom kvůli dobrým světelně-technickým parametrům, ale i kvůli modernímu designu a použitým nejmodernějším technologiím. Dnes se staly díky své dlouhé životnosti a vysoké spolehlivosti nenahraditelnými světelnými zdroji v místech s problematickou nebo nemožnou údržbou a postupně si nacházejí uplatnění také v zábavním průmyslu, kde vytlačují vysokotlaké halogenidové a xenonové výbojky. Tento světelný zdroj je možné použít i pro osvětlování rostlin v růstových a fytotronových komorách. Článek se věnuje právě této problematice a odpovídá na otázky, zda je tento zdroj ekvivalentní v tomto smyslu použití k dnes velmi rozšířené technologii LED. Bohužel v české literatuře není prozatím pojem „plazmový světelný zdroj“ kodifikován a proto se zatím ujal spíše obecné označení „bezelektrodová výbojka“ nebo z principiálního hlediska lepší označení „indukční výbojka“.

Dělení a charakteristické rysy plazmových světelných zdrojů

Plazmové světelné zdroje pokrývají značné spektrum použití v osvětlovacích soustavách. Je možné je využít k osvětlování venkovních prostorů, průmyslových objektů, infrastruktury, v zábavním průmyslu, v promítací technice a jako intenzivní „bodový“ zdroj světla v lékařství.

První komerčně použitelná plazmová výbojka uvedená výrobcem Philips na trh v roce 1991 nesla označení QL. V současné době existuje celá řada světelných zdrojů, které můžeme označit jako plazmový zdroj. Jejich společným znakem je přívod energie do světelně aktivní části zdroje bezelektrodové pomocí pole. Principiálně lze plazmové zdroje rozdělit do dvou skupin. Do první skupiny patří nízkotlaké rtuťové výbojky opatřené luminoforem, které pracují na frekvence v řádech stovek kHz nebo jednotek MHz. Vnější pole je buď přiváděno souosou feritovou anténou, jenž je umístěna uvnitř baňky, nebo pomocí dvou cívek na feritových jádrech, které obklopují výbojový prostor na protilehlých stranách trubice. Druhou velkou skupinou jsou vysokotlaké výbojky bez luminoforu, zde dominují výbojky na bázi síry. Jejich pracovní frekvence je v řádu jednotek GHz. Mikrovlnná energie je vytvářena v magnetronu a pomocí vlnovodu a koncentrátoru je přiváděna do světelně aktivní části výbojky, kde je umístěno malé množství síry a případně dalších příměsí, které vytvářejí potřebné výsledné spektrum produkovaného záření. Aktivní částí výbojky je silnostěnná elipsoidní skleněná baňka, jenž je upevněna v držáku.

U prvního typu výbojky je světlo emitováno do celého prostoru, podobně jako u kompaktních nebo lineárních zářivek a prostřednictvím odrazných prvků svítidla je světelná energie distribuována potřebným směrem. U malých výbojek může být předřadný systém součástí tělesa výbojky, stejně tak jak jsme zvyklí u kompaktních zářivek, a u vyšších příkonových řad je zpravidla vždy oddělen a umístěn externě. Podmínkou je pouze dostatečný odvod tepla. U vysokotlakých výbojek je distribuce světla podobně jako u LED pouze do jednoho poloprostoru. Kvůli bezpečnosti a případnému úniku mikrovlnného záření je světelných zdroj včetně magnetronu vyroben jako jeden celek. Právě z důvodů odstínění mikrovlnného záření a snížení vysokého jasů jsou často použita světlovodná vlákna, pomocí kterých je světlo dopravováno na potřebné místo.

Obě z variant vynikají vysokou životností, která bývá zpravidla dána životností předřadného systému, případně dalších světelně aktivních částí. Degradace luminoforu u nízkotlakých výbojek způsobuje postupné snižování světelného toku. U vysokotlakých výbojek dochází k výraznému tepelnému namáhání světelně aktivních částí svítidla, které postupně vedou k konci technického života. Dlouhý život těchto světelných

zdrojů se pohybuje mezi deseti až sto tisíci hodin. V případě prvního typu většina výrobců garantuje funkci minimálně 80% zdrojů po uplynutí 60 tisíc hodin života. Takto vysoké hodnoty řadí tyto světelné zdroje společně s LED mezi zdroje s nejvyšší funkční spolehlivostí a životností. Výbojky rodiny Genura výrobce GE, které slouží jako náhrada žárovkových zdrojů, leží na spodní hranici a výrobce garantuje ekonomickou životnost pouze 10 tisíc hodin.

Účinnost přeměny elektrické energie na světlo vyjádřená jako měrný výkon je u těchto zdrojů vysoká, nicméně v dnešní době nepatří k nejvyšším. Maximum se pohybuje okolo 100 lm/W, nicméně u výbojek s menším příkonem se měrný výkon pohybuje mezi 80 a 90 lm/W. Skutečný měrný výkon zářivé plazmy u vysokotlakých výbojek se pohybuje v rozsahu mezi 140 a 150 lm/W. Bohužel je vždy nutné uvažovat s účinností napájecího zdroje a magnetronu, která nikdy nepřesahuje 80%. Dále je nutné započítat účinnost vlnovodu a samotnou fokusaci mikrovlnného záření. V případě nízkotlakých výbojek je kromě ztrát v předřadném systému nutné počítat také se značnými tepelnými ztrátami na budících cívkách. Provozní teplota těchto „zářivek“ je v porovnání s jejich elektrodovými kolegy vysoká a často přesahuje 100 °C. Takto vysoká teplota snižuje účinnost luminoforu, která již z principu není vysoká.

Ze světelně technických parametrů je při výběru vhodného světelného zdroje nutné znát spektrum produkovaného záření, které není vždy běžně dostupným parametrem. Proto si ve většině případů vystačíme s indexem podání barev společně s náhradní teplotou chromatičnosti. V případě nízkotlakých rtuťových výbojek je kvalita produkovaného světla dána především luminoforem, jenž je totožný s luminoforem běžných lineárních nebo kompaktních zářivek. S nejběžnějším třípásmovým je dosahováno hodnoty Ra mezi 80 a 95. Náhradní teplota chromatičnosti se pohybuje od 2700 do 6500 K. U vysokotlakých sirmých výbojových zdrojů se index podání barev pohybuje mezi 80 a 93. Modely od americké firmy Luxim poskytují světlo o náhradní teplotě chromatičnosti od 5300 do 7350 K. Zpravidla při vyšší teplotě chromatičnosti je dosahováno nižšího indexu podání barev, ale zato vyššího měrného výkonu. Je to vždy kompromis mezi kvalitou světla a účinností.

V současné době již značný sortiment a možnost výběru nízkotlakých výbojek přinutil výrobce používat normalizované příkonové řady. Dnes se nacházejí v rozsahu 40 až 400 W a u některých asijských výrobců lze sehnat výbojky i s příkonem 10 nebo 20 W, zato ale s nižší účinností. Samozřejmě vždy a to hlavně díky vlastní spotřebě napájecího zdroje, je dosahováno vyšších účinností u vyšších příkonových řad. Výběr světelných zdrojů z již normalizovaných příkonových řad doposud nefunguje u sirmých výbojek, kde prozatím existuje pouze několik světových výrobců a jejich výrobky jsou svým způsobem jedinečné a vzájemně nezaměnitelné. Nominální hodnoty světelného toku se pohybují mezi 2000 a 24000 lm. V 90. letech byly vyvinuty sirmé výbojky pro armádní účely a pro účely osvětlování velkých hal, jejichž světelný tok dosahoval 150 klm. Postupem času se také objevuje možnost stmívání, i když jen u několika nabízených modelů. Stmívání je podobně jako u technologie LED prováděno externím signálem, který přichází do napájecího zdroje. Zpravidla je umožněno v rozsahu 20 až 100%, buď digitálně prostřednictvím protokolů DMX nebo DALI, či analogově signálem 0 až 10 V. Oba typy výbojek nabízejí okamžitý start, u vysokotlaké výbojky je nominálního světelného toku dosaženo do jedné minuty. Doba opakovaného znovuzápalu je v případě nízkotlakých výbojek v rozsahu 100 ms až 1 s, v případě sirmé výbojky v řádu desítek sekund.

Výhody a nevýhody těchto zdrojů v porovnání s technologií LED

Světelné diody v dnešní době představují špičku v osvětlovací technice a se svoji univerzálností těžko hledají, či ještě dlouhou dobu nenajdou konkurenta. Výjimku představuje pouze venkovní osvětlení, kde je pořád výhodnější alternativou hromadné nasazení vysokotlakých sodíkových a halogenidových výbojek. V dalších případech jsou rozhodujícím faktorem investiční náklady, které v případě použití technologií LED jsou ještě pořád značně vysoké. V našem případě je třeba porovnat světelné diody s plazmovými výbojkami pro použití osvětlování rostlin v růstových komorách či fytotronech.

Historicky bylo v posledních několika dekádách pro osvětlování rostlin použito výhradně lineárních zářivek, v případě velkých růstových komor dokonce rtuťových nebo sodíkových vysokotlakých výbojek. V posledních letech s rozvojem technologií LED byly takřka veškeré komerčně vyráběné komory opatřeny především světelnými diodami. Výrobci neustále rozšiřují svůj sortiment a každý rok se objevují modely s vyšším měrným výkonem a napájecí zdroje s vyšší účinností. Tomuto trendu nemůže v současnosti žádný z jiných typů světelných zdrojů odolávat. Nicméně je nutné znát odpověď na otázku, zda právě plazmové světelné zdroje nejsou schopny dosáhnout podobných parametrů potřebných pro růst rostlin jako současné LED. Nebo ještě lépe, zda díky například velmi vysokým jasům a slunci podobné spektrální distribuci u sirmých výbojek nejsou schopny v oblasti ozařování rostlin předčít současnou technologii světelných diod.

Požadavky na světelných zdroj jsou shrnuty do několika následujících bodů. 1) Světelný zdroj musí produkovat světlo v jehož spektru budou zastoupeny všechny vlnové délky (min. v rozsahu 400 až 700 nm) a bude mít co nejvyšší účinnost pro fotosyntézu. To znamená, že světelný zdroj musí produkovat světlo se

spektrální distribucí jako Slunce. 2) Intenzita ozáření v rovině růstu rostlin musí být regulovatelná s maximální možnou hodnotou $500 \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, která při použití teplé bílé LED ve fotometrii přibližně odpovídá hodnotě 25 klx. 3) Pro udržení růstové fáze rostlin musí být světelný zdroj schopen nepřetržité činnosti minimálně po dobu 12 hodin. 4) Posledním požadavkem na světelný zdroj je minimálně emise odpadního tepla. Již z principu přeměny elektrické energie na světlo vždy odpadní teplo vzniká. Je tedy nutné zajistit jeho dostatečný odvod tak, aby neovlivňoval nastavenou hodnotu teploty v růstové komoře nebo aby nedošlo k přehřátí listové plochy emitovaným IR zářením. Uvedené čtyři body kladou na světelný zdroj především požadavky na vhodné spektrum emitovaného záření a vysokou účinnosti přeměny elektrické energie na světlo.

Následující tabulka uvádí navzájem porovnatelné elektrické a světelně technické parametry již používané LED technologie s plazmovými zdroji.

Světelný zdroj	LED (warm W.+ R.B.) *	Plazma – Hg výbojka	Plazma – S výbojka
Měrný výkon sv. zdroje	70 až 110 lm/W	70 až 105 lm/W	90 až 150 lm/W
Reálný m. výkon včetně předřadného systému	60 až 95 lm/W	60 až 90 lm/W	max. 100 lm/W
Účinnost předřadného systému	85 až 95%	80 až 90%	60 až 75%
Účinnost používaných svítidel	90 až 99%	50 až 90%	85 až 95%
Celk. měrný výkon	55 až 95 lm/W	30 až 82 lm/W	60 až 95 lm/W
Max. jas zdroje	10^6 až 10^8 cd/m ²	10^4 až 10^5 cd/m ²	10^7 až 10^8 cd/m ²
Index podání barev	70 až 90	80 až 95	80 až 93
Náhradní teplota chr.	2700 až 10000 K	2700 až 6500 K	cca. 5000 až 8000 K
Stmívatelnost	(0) 10 až 100%	20 až 100%	20 až 100%
Životnost	20 000 až 100 000 h	10 000 až 60 000 h	10 000 až 50 000 h
Max. teplota na nebo uvnitř sv. zdroje	80 až 120°C	80 až 150°C	až 600°C
Znovuzápal	lhned (zdroj 100 ms)	lhned (zdroj 0,1 až 1 s)	10 až 60 s
Emitované UV záření	≤2%	≤6%	≤10%
Odpadního tepla	20 až 30% emise a 70 až 80% konvekce a kondukce	60 až 80% emise a 20 až 40% konvekce a kondukce	30 až 50% emise a 50 až 70% konvekce a kondukce

* složení 75% LED teplá bílá (Warm White) a 25% LED královská modrá (Royal Blue)

• Tabulka 1: Parametry LED a plazmových světelných zdrojů

Rovnoměrnosti ozáření dané plochy se při použití technologie LED dosahuje zpravidla použitím většího množství vhodně rozptýlených modulů. V případě použití nízkotlaké rtuťové výbojky je možné podobného efektu dosáhnout také použitím většího množství zdrojů s vhodnou optikou. Bohužel méně vhodné je použití sírných výbojek. Viditelnou světelně aktivní částí svítidla je nevelký hrbolek s extrémně vysokým jasnem. I když je zářivý tok distribuován do jednoho poloprostoru, tak použitím vhodné optiky pro dosažení rovnoměrného ozáření větší plochy je takřka nemožné a použití většího množství méně výkonných zdrojů je kvůli vysokým investičním nákladům neefektivní. Jednou z variant řešení se jeví použití světlovodů a za přijatelné účinnosti dopravovat emitované záření přímo k rostlinám.

Ve fytotronech je standardně udržována teplota a relativní vlhkost vzduchu na požadované hodnotě. Provoz světelných zdrojů svým odpadním teplem značně přispívá ke zvyšování teploty a ke zvýšenému odparu vláhy jak z půdy tak ze samotných rostlin. Tento problém je příčinou vyšších nároků na klimatizační jednotky a výslednou spotřebu elektrické energie. Řešením je odvod odpadního tepla konvekcí a kondukcí do chladicího systému a jeho případné další použití například pro předehřev zálivkové vody. Z tohoto pohledu nejlépe vycházejí světelné diody, kde lze účinně odvést až 80% odpadního tepla. Opačná situace je u nízkotlakých rtuťových výbojek, kde kondukcí přes držáky světelného zdroje a konvekcí je dosaženo pouze 20 až 40% odvodu. Zbýlých až 80% je ze světelného zdroje a zbytku svítidla emitováno do osvětlovaného prostoru. U konvenčních světelných zdrojů bylo často využíváno různých IR filtrů a speciálních odrazných vrstev tak, aby se snížila tepelná emise do ozařovaného prostoru. Bohužel v případě těchto plazmových zdrojů je použití filtrů nevhodné. Navíc je snaha z důvodu snížení nároků na prostor vytvořit osvětlování fytotronových komor v kompaktním provedení. Při použití sírných výbojek společně se světlovody tento problém z větší části odpadá, jelikož zdroj může být umístěn mimo svítidlo.

Požadovaná spektrální distribuce záření je klíčovou záležitostí ozařování rostlin. Slovo záření je na místě, jelikož rostliny mají odlišnou spektrální citlivost než lidské oko. Navíc rostlina vyžadují rozdílné spektrum záření a intenzitu v závislosti na fázi růstu, fázi dne a ročním období. To klade vysoké nároky na rozsah hodnot a dynamiku celého systému. Rostlina pro potřebnou funkci všech fotoreceptorů vyžaduje záření na všech vlnových délkách v rozsahu 400 až 700 nm. Nejúčinnější je fotosyntéza při kratších vlnových délkách,

kdy dochází k nárůstu rostlinné hmoty a v období tvorby květů a plodů jsou naopak více potřebné delší vlnové délky. Nicméně pro většinu fytotronových komor je dostatečné jedno optimální spektrum a u světelného zdroje se reguluje pouze příkon a tím výsledná intenzita ozáření. Regulace spektra záření je obtížně dosažitelná již při použití LED technologie a u plazmových světelných zdrojů je jakákoliv snaha o úpravu spektrální distribuce zdroje bezvýznamná.

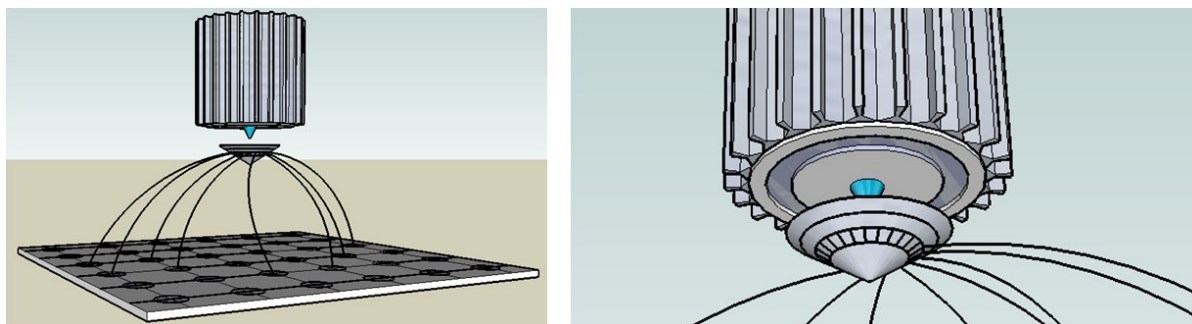
Hodnota intenzity ozáření je pro účely ozařování rostlin vyjadřovaná dvojím způsobem. Buď ve Wm^{-2} fotosynteticky aktivního záření nebo v $\text{mol.s}^{-1}\text{m}^{-2}$ jako intenzita záření, která dokáže z anorganických látek vytvořit organickou molekulu. Hodnota intenzity ozáření v komorách jsou o jeden až tři řády vyšší než hodnoty pro běžné interiérové osvětlování a jsou úměrné přímému slunečnímu záření. Potřebná hodnota je závislá na typu světelného zdroje a na jeho spektru. Pro jeden typ spektra lze pomocí konstanty stanovit přepočít z fotometrických hodnot na hodnoty vnímané rostlinou. Běžné nároky fytotronových komor mají maximum této hodnoty v rozmezí 300 až $1000 \mu\text{mol.s}^{-1}\text{m}^{-2}$. Při použití teplé bílé LED je tato hodnota ve fotometrických jednotkách přibližně úměrná hodnotě 15 až 50 klx. Takto vysoké hodnoty je možné dosáhnout při vzdálenosti několika metrů od zdroje záření pouze za pomoci moderních výkonných modulů LED vybavené optikou. V případě použití nízkotlakých rtuťových výboje je obtížné či nemožné takto vysokých hodnot dosáhnout i za použití vhodné optiky a koncentrátorů. U sítě výbojky stejně jako při použití světelných diod není problém dosáhnout požadovaných hodnot.

Použití plazmových světelných zdrojů pro osvětlování rostlin a konkrétní řešení

V předchozí kapitole byly shrnuty možnosti použití v dnešní době dostupných plazmových zdrojů za účelem osvětlování rostlin. Použití nízkotlakých rtuťových výrobek se nejvíce jeví jako přínos ve srovnání s technologií LED. Z tohoto důvodu je již dále v článku věnována pozornost navrhovanému svítidlu na bázi vysokotlaké sítě výbojky.

Jako světelný zdroj bylo vybráno plazmové výbojkové svítidlo od firmy Luxim s naměřeným příkonem 345 W a náhradní teplotou chromatičnosti 5300 K. A také světelný zdroj GRO-40 s příkonem 280 W, který je přímo určen pro osvětlování rostlin. Spektrální distribuce přibližně odpovídá přímému slunečnímu záření a díky vysoké fotosyntetické účinnosti je vhodný pro ozařování rostlin. Výrobce garantuje dosažení minimálně $300 \mu\text{mol.s}^{-1}\text{m}^{-2}$. Růstová komora je řešena stavebnicově s moduly o základním rozměru 600x600 mm. Tomuto rozměru odpovídá také námi navržený segment svítidla. Odvod odpadního tepla je řešen nucenou ventilací. Hlavním požadavkem je vysoká účinnost, variabilita a přizpůsobení se podmínkám. Příkon zdroje je možné ovládat v rozsahu 20 až 100%. Pomocí zpětnovazebního čidla je měřena intenzita ozáření na úrovni růstu rostlin. Podle nastavené hodnoty intenzity je pomocí řídicího systému regulován příkon zdroje. Za účelem dosažení rovnoměrného ozáření rostlin je zářivý tok distribuován pomocí světlovodných vláken do jednoho z 36 (49, 64,..) bodů svítidla, které jsou opatřeny difusorem. Variabilita spočívá v možnosti efektivně ozařovat pouze ty oblasti pod svítidlem, kde se nacházejí rostliny. Toho se docílí odpojením daných světlovodů a jejich nahrazení záslepkami z odrazného materiálu. Díky tomu se většina vyzářené energie vrací zpět do rozvodného nástavce ve tvaru rotačního elipsoidu, jenž je přisazen na vrcholek výbojky. Vnější povrch nástavce tvoří kužel a vnitřní povrch je vyroben z materiálu, který dosahuje vysokého činitele odrazu (přes 95%) v celém spektru viditelného záření. Díky tomuto řešení je účinnost optické soustavy se světlovody velmi vysoká. Částečný návrh konstrukce je znázorněn na následujícím obrázku 1.

Zkompletované svítidlo a dosažené výsledky růstu rostlin při použití tohoto svítidla jsou předmětem našeho dalšího výzkumu a nejsou již obsaženy v tomto článku. Lze očekávat podobné výsledky jako při použití již ověřené technologie LED, nicméně s vyššími investičními náklady. Závěrem lze tedy konstatovat, že použitím plazmových světelných zdrojů je možné nahradit světelné diody, ale za cenu vyšších nákladů, větších vnějších rozměrů svítidla a také vyšší produkce odpadního tepla, jenž ze svítidla založeném na tomto principu není možné tak snadno a účinně odvést.



Obrázek 1: Konstrukce svítidla s plazmovým světelným zdrojem

Poděkování

Tento příspěvek obsahuje výsledky výzkumné činnosti podporované z projektu regionálního výzkumného centra č. CZ.1.05/2.1.00/01.0014 a projektu č. FR-TI3/383 Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky.

Literatura a odkazy

- [1] KRBAL, M.; BAXANT, P.; ŠKODA, J. Lamps and Light Sources for Growing Plants. In Proceedings of the 13th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2012. First edition. Brno, Czech Republic: 2012.s. 1-4. ISBN: 978-80-214-4514- 7.
- [2] FIKAROVÁ, L.: Možnosti ovlivňování světelných podmínek při pěstování rostlin v současných interiérech. Diplomová práce. Zahradnická fakulta, Lednice, 2011.
- [3] HAŠ, S. – PAVLÍČKOVÁ, P.: Osvětlování okrasných rostlin v interiérech. Světlo, 2010, č. 4.
- [4] HAŠ, S. – FIKAROVÁ, L.: Navrhování osvětlení pro interiérové květiny. Světlo, 2011, č. 3.
- [5] PARMA, M., Robe Lighting s. r. o.: Indukční výbojky, tzv. plazmové světelné zdroje, Světlo, 2011, č. 5.
- [6] Luxim, Grow Lighting. Dostupné na: <http://www.luxim.com/products/grow-lighting>, srpen 2012

Úspory ve skladovacích a výrobních halách

Petr, Höchsmann, Ing., PhD.

Osram Česká republika s.r.o., www.osram.com, p.hoechsmann@osram.com

Skladovací a výrobní haly výrobních či logistických podniků patří mezi jedny z největších konzumentů elektrické energie v osvětlení. Logicky z toho vyplývá, že pro provozovatele těchto areálů je více než výhodné, zaměřit se na možné úspory v této oblasti.

V tomto příspěvku se zaměřím na potenciál úspor v osvětlení s uvedením příkladů, kde tento potenciál byl uveden v život a velice úspěšně a prokazatelně provozovatel šetří.

Nejdříve uvedu body, které jsou podstatné před jakoukoliv reálnou kalkulací úspor:

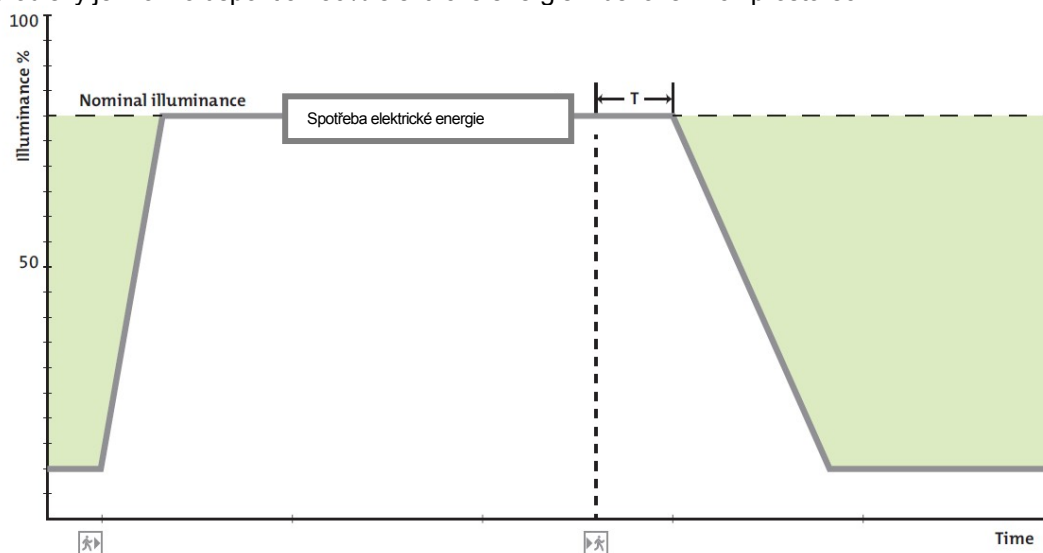
- Provozní hodiny osvětlovací soustavy – nutno přesně stanovit, kdy se na jednotlivých prostorech svítí, kdy je v provozu bezpečnostní osvětlení či pouze část osvětlovací soustavy a nebo je osvětlovací soustava vypnuta.
- Specifikace druhu činnosti v navrhované oblasti dle ČSN EN 12464-1. Velice často se stává, že původní osvětlovací soustava byla dimenzována na jinou hladinu osvětlenosti či jiný druh činnosti než je v dané oblasti provozován a současné požadavky na osvětlení jsou zcela odlišné.
- Četnost údržby osvětlovací soustavy a okolního prostředí případně i oken a světlíků.
- Maximální a minimální teplota okolí svítidel. Nevhodnou volbou typu svítidla může dojít k zásadním poklesům světelného toku zdrojů a nebo zkrácení životnosti celého svítidla
- Skutečné rozměry prostoru.

Provozní úspory

Velice významnou úsporu v osvětlení lze zajistit efektivní práci s dobou využití prostoru. Vhodnou volbou okruhů svítidel na jednotlivých pracovištích nebo na sekcích lze ušetřit značné množství elektrické energie.

Úsporu lze dosáhnout:

- Ručním vypínáním jednotlivých okruhů či pracovišť – v některých případech za provozní hodiny osvětlovací soustavy je odpovědný mistr směny nebo údržba. Není tomu pravidlo, ale za úsporu elektrické energie bývají i finančně motivováni. Většinou ale pracoviště svítí po celou dobu pracovní směny.
- Vysoce efektivním prostředkem je využití čidel pohybu – vhodným rozmístěním a volbou doby prodlevy je možno uspořit až 50% elektrické energie v bezokenních prostorech



• Obrázek 1: Funkce pohybového senzoru

Takto naznačená úspora je značně limitovaná typem svítidel a použitých světelných zdrojů. V případě že jsou v prostoru použita výbojková svítidla tuto metodu použít nelze z důvodu principu jejich funkce. Přesto u pro spoustu svítidel s fluorescenčními či žárovkovými zdroji je tato metoda použitelná.

Do provozních nákladů lze také započítat výměnu světelných zdrojů. Většina, odborné veřejnosti, která se zabývá úsporami ví, že lze ušetřit značnou část nákladů také skupinovou výměnou světelných zdrojů. Výrobci zdrojů uvádějí servisní životnost světelných zdrojů. Tato hodnota je doporučena výrobcem, kdy je doporučeno vyměnit zdroj aby nedocházelo nadměrnému poklesu světelného toku a výpadkovosti. Tyto hodnoty mají světelné zdroje odlišné. Po této době může docházet k nepravidelnému odcházení zdrojů a údržba je musí nahrazovat novými. Tyto výměny jsou podstatně dražší než skupinové výměny všech zdrojů po servisní době. Největší úspora může vzniknout především v případě najímání facility společností, kteří si účtují každý výjezd či vysoký paušál.

Úspory typem svítidla

Vhodnou volbu svítidla lze ušetřit až 50% elektrické energie. Typickým příkladem je náhrada výbojkových svítidel tzv. „hmců“ za nové typy svítidel s lineárními zářivky nebo LED technologií.



• Obrázek 2: Příklad výměny starého řešení osvětlovací soustavy za nové

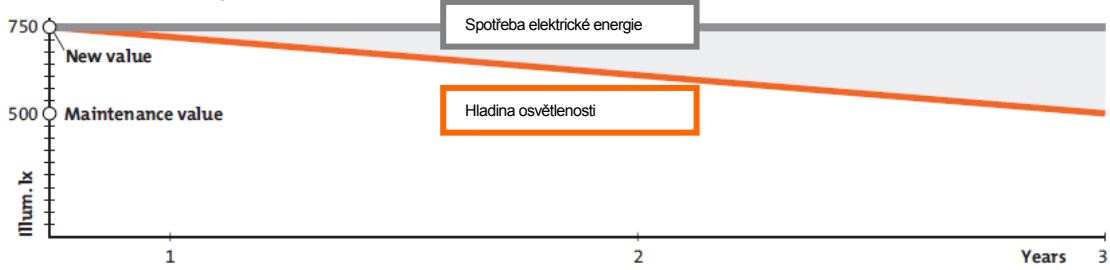
Výměnou svítidel se zpravidla nejen sníží spotřeba elektrické energie ale také značně vylepší zrakové podmínky na pracovištích. Jedná se především o podání barev Ra a teplotu chromatičnosti. Kvalitním osvětlením se výrazně snižuje chybovost a zvyšuje produktivita práce.

Úspory řízením osvětlení

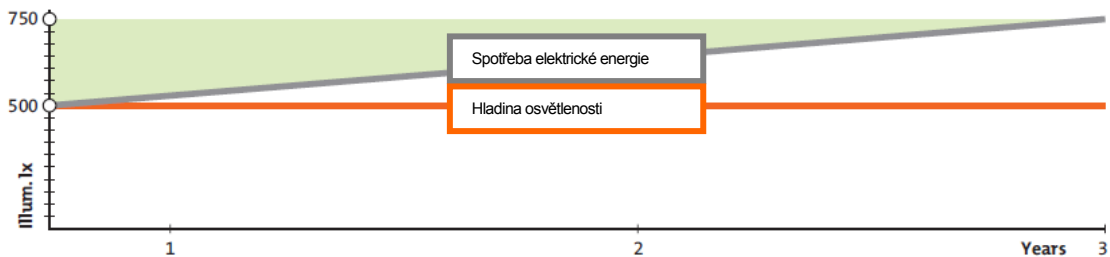
Do oblasti řízení patří také okruhové vypínání svítidel a použití pohybových čidel. V tomto odstavci se jedná o svítidla, která lze stmívat. Jsou vybaveny napájecím zdrojem který lze regulovat a svítidla jsou mezi sebou propojena pomocí kabelů vedoucí řídicí signál.

V případě stmívatelných svítidel je velice zajímavé si uvědomit, že i bez příspěvku denního světla lze uspořit značnou část elektrické energie. Tím je myšleno sledování hladiny osvětlenosti po celou dobu provozu udržovat osvětlenost na konstantní hodnotě. Tímto přístupem se eliminuje nutné počáteční předdimenzování soustavy udržovacím činitelem. Potenciál úspor při sledování světelného toku můžeme dosáhnout v některých případech až 20%.

Bez sledování hladiny osvětlenosti



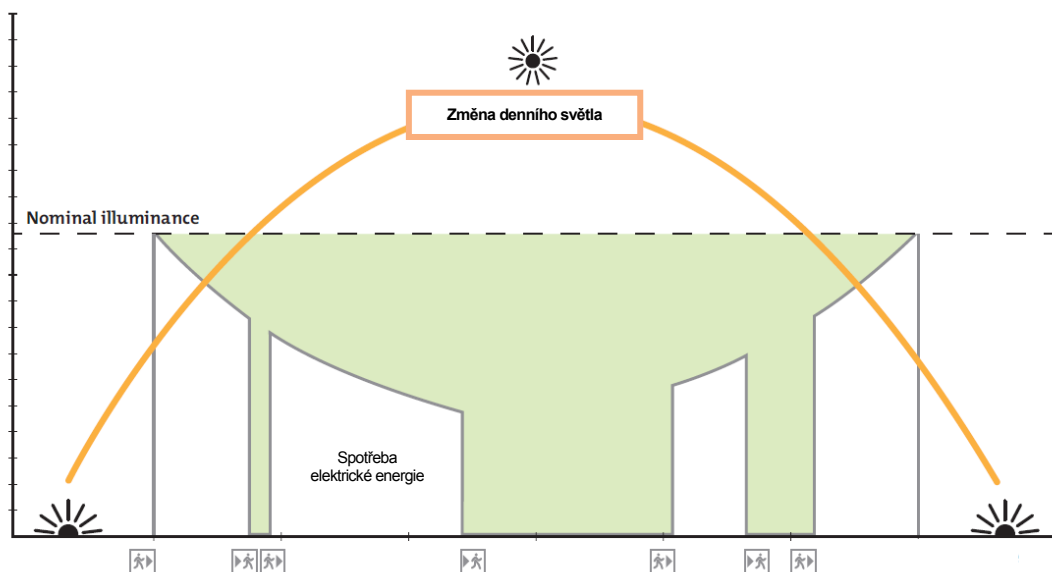
Se sledováním hladiny osvětlenosti



• Obrázek 3: Potenciál úspor sledováním hladiny osvětlenosti

Tam kde je dostatek denního světla je největší potenciál úspor, a také zde dosahujeme nejlepších výsledků. Zde je také si uvědomit, že denní světlo může oslňovat a proto je nutno kalkulovat s tím, že sami pracovníci či údržba redukuje denní světlo pomocí žaluzií nebo stínícími paravány a s touto skutečností je nutno počítat.

Když vezmeme do úvahy všechny možnosti úspor je možno dosáhnout úspory pomocí detekce pohybu v kombinaci sledování hladiny osvětlenosti na pracovišti v kombinaci s denním světlem až 70% energie vynaloženou na provoz osvětlovací soustavy.



• Obrázek 4: Potenciál úspor sledováním hladiny osvětlenosti a čidla přítomnosti osob

Praktický příklad

Na začátku roku 2012 bylo provedena rekonstrukce skladovacích a částečně výrobních hal v Plzeňském pivovaři v Plzni a společnost Plzeňský pivovar a.s. mi povolila prezentovat výsledky rekonstrukce. Rekonstrukce osvětlení se prováděla na pouze cca 5let starých svítidel typu „prachotěs“ v krytí IP65 s elektronickým předřadníkem a světelnými zdroji T8 2x36W a 2x58W. Rekonstrukce se prováděla z důvodu havarijního stavu některých těles svítidel => rozpadaly se a praskaly difuzory při výměně zdrojů. Celý projekt zastřešovala společnost SIEMENS s.r.o., která na tento projekt aplikovala systém EPC.

Popis stávajícího stavu:

Původní osvětlovací soustava byla navržena pro plošné osvětlení skladu na 150lx. Před rekonstrukcí se naměřená hodnota osvětlenosti pohybovala kolem 130lx. V návrhu nebyly respektovány manipulační prostory a samotná skladovací paletová místa. Provoz skladu investor odhadl na 8000hodin za rok. Celkový počet svítidel byl 378ks svítidel 2x36W IP65 a 401ks svítidel 2x58W IP65. Svítidla 2x36W byla v havarijním stavu.

Popis nového stavu:

Při návrhu nového stavu byl brán ohled na využití a uspořádání prostoru. Řešili se samostatně komunikace a paletové plochy. Vzhledem k tomu, že v hale bylo značné množství světlíků dohodlo se s investorem, že využijeme všech prostředků pro úsporu elektrické energie a použijeme stmívatelná svítidla.

Po zvážení všech alternativ osvětlení vyprojektováno následovně:

- Koridory budou nasvětleny zcela novou osvětlovací soustavou, která bude regulovatelná na základě příspěvku denního světla.
- U paletových ploch se využije stávajících svítidel 2x58W, která se vyčistí, protože byla v zachovalém stavu a svítidla 2x36W se nahradí za svítidla 2x49W. Tato svítidla budou regulována samostatně vedoucím směny. Navíc zde bylo zabezpečeno řídicím systémem, aby nebylo možno svítidla rozsvítit v případě, že na ploše je dostatek denního světla.
- Pro snímání denního světla bylo použito jasové čidlo umístěno v jednom ze světlíků.

Na hale bylo tedy zachováno 317ks svítidel 2x58W, 112ks funkčních svítidel 2x36W a koridory byly osvětleny 91ks svítidly 1x80W a 118ks svítidel 2x80W v provedení DALI. Zbývajících 74ks havarijních svítidel bylo nahrazeno svítidly 2x49W.

Důležité je upozornit je, že požadavek investora na hladinu osvětlenosti se zvýšil z důvodu trvalého pobytu osob v prostoru z naměřených 130lx na minimálně 200lx pro koridory a nově rekonstruované paletové plochy a navíc 300lx na expedici. Všechny hrany regálů musely být nasvětleny do výšky 5m na průměrnou hodnotu 200lx. Všechny požadavky byly zakomponovány do návrhu osvětlovací soustavy.

Studie denní osvětlenosti

Vzhledem k nutnosti přesného vyhodnocení úspor byla provedena studie denní osvětlenosti, která měla odhadnout potenciál úspor vlivem denního osvětlení. Potenciál úspor byl hodnocen především pro koridory, kde byla použita stmívatelná svítidla. Průměrná hodnota úspory byla vyhodnocena na 18%.



• Obrázek 5: Rozložení denního světla na koridorech

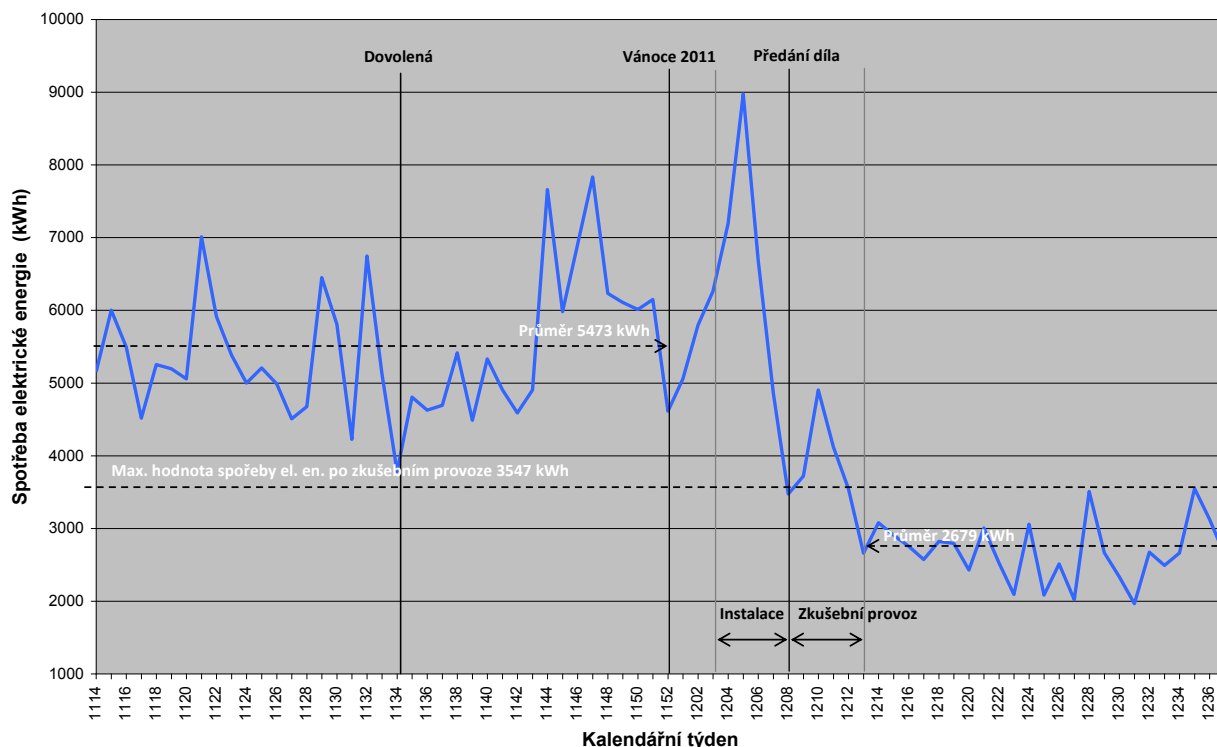
Celková spotřeba elektrické energie

K tomu abychom docílili co nejpřesnějšího výsledku jsme do úspor kalkulovali všechny vlivy týkající se osvětlení a ty nám vyšly:

- Denní světlo 18% - koridory
- Předimenzování soustavy 8% - koridory
- Redukce udržovacího činitele 11% - koridory
- Úspora provozem obsluhy 50% - pouze paletová místa

Výsledkem bylo, že pro koridory jsme počítaly úsporu z navržené soustavy 37% a pro paletová místa 50%. Průměrná spotřeba celé osvětlovací soustavy byla kalkulována na 41%. To je velice pěkné číslo které je nutné prokázat.

Díky monitoringu spotřeby elektrické energie, kterým společnost hlídá svoje náklady, můžeme předvést reálné hodnoty.



• Graf 1: Průběh spotřeby el. en. skladu od 14. týdne roku 2011 do 37. týdne roku 2012

Na základě spotřeb, které byly hodnoceny od 14. týdne roku 2011 do 37. týdne letošního roku bylo možno velice přesně vyhodnotit průměrnou spotřebu a z toho hodnotu úspory o velikosti 51%.

Na grafu 1 je velice názorně vidět, že ani špičková spotřeba po rekonstrukci osvětlení nedosahuje minimální hodnoty spotřeby před rekonstrukcí osvětlovací soustavy. Tímto minimem byla celozávodní dovolená s minimálním provozem.



• Obrázek 6: Původní osvětlení a osvětlení po rekonstrukci

Závěr

Z předchozích výsledků je patrné, že i v případě relativně nové osvětlovací soustavy vybavené elektronickými předřadníky je možné uspořit výrazné množství elektrické energie. Bez hlubšího zamyšlení investora by nikdy nebylo možné takovou úsporu zajistit. Z uvedeného příkladu je patrné, kombinace technologie a lidského chování je potenciál úspor v každé osvětlovací soustavě.

Zde bych chtěl poděkovat všem zúčastněným kolegům, kteří se na tomto projektu podíleli, za kvalitně a profesionálně odvedenou práci. Děkuji

Literatura a odkazy

- [1] www.siteco.com
- [2] www.osram.com
- [3] Interní materiály Plzeňský pivovar a.s.

LED svítidla pro všeobecné osvětlování – vývoj a další možnosti

Ing. Petr Niesig

ELKOVO – Čepelík, www.cepelik.cz, petr.niesig@elkovo-cepelik.cz

Jak to všechno začalo

Dne 9. února roku 1907 je v časopise *Electrical World* uveřejněn článek, který popisuje, že jakýsi anglický konstruktér (Henry Joseph Round) pozoroval během výzkumu zvláštní jev. V místě dotyku karborunda (karbid křemíku) s jinou látkou dochází při průchodu proudem k vyzařování světla. Podle typu látky má toto světlo nažloutlou, světle zelenou, oranžovou nebo modrou barvu. Tento jev je dnes nazývaný *elektroluminiscence*. První použitelnou LED (Light Emitting Diode) však vyvinul Nick Holonyak jr. až téměř o šedesát let později, v roce 1962. Vyzařovala červené světlo. Pan Holonyak se narodil v roce 1928 a dodnes aktivně pracuje na illinoiské univerzitě v USA (v roce 1963 publikuje v časopise *Reader's Digest* článek, že LED předčí žárovky). První bílou LED, kde se vytváří bílé světlo pomocí modré LED a luminoforu, se podařilo vyrobit v roce 1995. Následně se mnoho firem vrhlo na vývoj a sériovou výrobu.

Jak to pokračovalo

Přibližně od roku 2005 se mnoho firem snaží LED použít coby zdroje do svítidel. Obecně se dá říct, že všichni výrobci LED se snaží o co největší jednotkový výkon. Z důvodu ceny totiž vychází příznivěji méně diod o větším výkonu. Postupem času se objevují LED o výkonu cca 3 W (diody stavěné až na proud 1 A). Tyto LED dosahují v roce 2008 už i 90 lm z jednoho wattu (ale pozor: vžilo se, že se účinnost stanovuje při proudu 350 mA, do diod se ale pouští proud až 1 A a při tomto proudu je účinnost o cca 30 % nižší). Index barevného podání těchto diod se pohybuje cca na 70. Nejedna firma se snaží tyto LED použít do svítidel pro veřejné osvětlení. Podle současných korektních výpočtů je sice možné již zrealizovat osvětlovací soustavu, která je účinnější než klasická, využívající vysokotlaké sodíkové výbojky. Ekonomicky je však stále výhodnější použít soustavu klasickou. Pro vnitřní osvětlení je již většinou normou vyžadován index barevného podání $R_a > 80$. Dostupné LED se tedy dají použít v interiéru pouze do prostor, jako jsou např. chodby, kde postačí $R_a > 60$.

I přes uvedené omezení se i my pouštíme do prvních pokusů využít LED do svítidel. Do svítidla konstruovaného pro zářivky (svítidla s optickou mřížkou) vkládáme tyto „3 W“ LED. Optika tohoto svítidla však není pro bodové zdroje vhodná, a tak na osvětlovaných površích vznikají různé obrazce a jevy. Při použití difuzních prvků se daří v roce 2008 získat první použitelné (dnes bych řekl trochu použitelné) svítidlo např. na chodby. S účinností sotva stejnou jako u klasických zářivkových svítidel s elektronickým předřadníkem.

Naším cílem je však svítidlo použitelné v kancelářích (tedy i v prostorách s trvalým pobytem osob, a prostorách, kde se používají monitory). Norma ČSN EN12464-1 pro osvětlování vnitřních pracovních prostor specifikuje max. použitelné jasy svítidel a zároveň určuje maximální míru oslnění (vyjádřenou indexem UGR). Když toto převedeme do normální řeči, znamená to, že svítidlo musí mít velkou svítící plochu a nad určité úhly (obecně se mluví o 60°) snížený jas, aby se svítidla nezrcadlila v monitorech. Těchto parametrů nelze dosáhnout jednoduchou konstrukcí svítidla pomocí mála silných LED.

V roce 2009 se stávají cenově dostupné LED o nižším jednotkovém výkonu (cca 0,06 W) a objevují se LED moduly, na kterých je v určité matici rozmístěno mnoho LED. S vědomím toho, že LED nesvědčí vyšší teploty, se snažíme zkonstruovat svítidlo. Navrhujeme tedy moduly o příkonu 9 W napájené 24 V (využíváme 7 diod v sérii). Dalším nemalým problémem je volba materiálu difuzního krytu, který by jednak „zneviditelnil“ jednotlivé světelné body a zároveň omezil jasy nad 60°. Toto se podaří nakonec vyřešit pomocí mikroprismatického materiálu. Ukáže se však, že z hlediska oteplení je to bez problémů, ale svítidlo svítí míň, než klasický čtverec 4×18 W.

Následně navrhujeme v roce 2011 moduly, které mají jednotkový příkon 12 W při napájení 24 V. Zároveň jsou už dostupné LED s indexem barevného podání $R_a > 80$ a dokonce i LED s $R_a > 90$. Svítidlo využívající tyto moduly již světelným výkonem nahradí „čtverec“. Pokud je budeme porovnávat energeticky se svítidly 4×18 W s tlumivkou i elektronickým předřadníkem, tak již vyhraje. Ale pokud je porovnáme s novým

svítidlem 4×14 W na zářivky T5 a kvalitní optickou mřížkou, tak je to „fifty fifty“. Svítidlo se stává technicky použitelné, ale finančně se nevyplatí (příkon LED svítidla=57 W, příkon T5 svítidla=62 W).

A co dál?

Tato cesta se ukazuje jako správná, protože podobné moduly začínají vyrábět i renomované firmy např. Philips a Tridonic. Otázkou zůstává způsob napájení. Při použití napájení pomocí konstantního napětí je proud omezen pomocí rezistorů. Tento způsob je energeticky nešetný (na rezistorech se ztrácí při napájení 24 V cca 8 % elektrické energie, při použití modulů na 12 V je to ještě více). Má však samozřejmě i své výhody. Jednou je variabilita při výrobě svítidla (na stejný zdroj je možno připojit různý počet LED modulů a při použití zdroje (driveru) s bezpečným napětím označeného SELV je konstrukce svítidla z hlediska elektrické bezpečnosti jednoduchá). Při způsobu napájení konstantním proudem odpadají rezistory (tím je zapojení účinnější), ale použití těchto zdrojů pro různý počet LED modulů je složitější. Konstrukce proudových zdrojů s bezpečným napětím SELV je složitější a zdroje (použitelné do svítidel díky svým rozměrům) zatím nejsou moc dostupné. Při použití proudových zdrojů s vyšším napětím není konstrukce svítidel tak jednoduchá. Objevují se i LED moduly, které mají driver přímo na desce plošných spojů, zde jsou podobné potíže jako u svítidel s vyšším napětím.

Blízká budoucnost

Na jaře 2012 se stávají dostupné LED s účinností cca 120 lm/W a proudové zdroje, které využívají bezpečného napětí (o rozměrech a výkonu dostačujícím našim požadavkům). Na základě těchto skutečností přistoupíme k další úpravě LED modulů (ke snížení příkonu při zachování stejného světelného výkonu a využití zapojení pro napájení konstantním proudem). Očekáváme, že se nám podaří snížit příkon svítidla na cca 45 W. A pokud porovnáme toto svítidlo se svítidlem 4×14 W na zářivky T5 s příkonem 62 W získáme úsporu cca 30 % (při porovnání se „4×18 s tlumivkou“ cca 48 %).

Očekáváme, že se nám podaří snížit příkon svítidla na cca 45 W. A pokud porovnáme toto svítidlo se svítidlem 4×14 W na zářivky T5 s příkonem 62 W získáme úsporu cca 30 % (při porovnání se „4×18 s tlumivkou“ cca 48 %).

Výhled a teoretické maximum

Díky probíhajícímu dynamickému vývoji účinnosti LED a snížení ceny se stává LED osvětlení velice perspektivním. Obzvláště když uvážíme, že dle zprávy, kterou vydalo v roce 2011 ministerstvo energetiky USA, je teoretické maximum účinnosti u bílé LED 400 lm/W a prakticky dosažitelné 270 lm/W pro $T_c = 4100 \text{ K}$ a $R_a > 80$.

Literatura a odkazy

<http://www.youtube.com/watch?v=cvIHUt0HhZA>

<http://illinois.edu/>

Solid-State Lighting Research and Development: Multi Year Program Plan March 2011 (Updated May 2011) The U.S. Department of Energy (DOE) supports solid-state lighting (SSL) research and development (R&D) to accelerate market introduction of high-efficiency, high-performance SSL products. DOE leadership and support drive the lighting industry to higher levels of efficiency and quality than they might otherwise achieve.

Vývoj netradičního LED svítidla

Ing. Daniel Novák HALLA, a.s.; www.halla.cz; novak@halla.cz

V dnešní době plně moderních technologií se do popředí zájmů veřejnosti dostávají i LED svítidla. S ohledem na toto se na trhu objevila velká množství LED svítidel nebo samotných LED světelných zdrojů. Zákazník by si však měl ověřit skutečné parametry těchto svítidel nebo světelných zdrojů. Zejména je třeba si ohlídat index podání barev a skutečný světelný tok v reálných podmínkách. Částečnou jistotou v tomto ohledu může být používání tradičních kvalitních dodavatelů těchto světelných zdrojů.

Na trhu se objevují nejčastěji svítidla, která vycházejí z konstrukce tradičních světelných zdrojů (lineárních nebo kompaktních zářivek, žárovek a výbojek). Ne vždy je tak využito všech výhod LED, které tyto zdroje poskytují.

Na svítidlech MILA se podílel významný nizozemský architekt a designer Rob Van Beek. Tento architekt přinesl myšlenku na tvar svítidla, přičemž se nechal inspirovat tvary domu Casa Milà, který navrhl Antoni Gaudí.



Obrázek 1 Casa Milà

Vykousnuté obloukové tvary vyskytující se na Gaudiho návrhu objektu Casa Milà jsou pak vneseny do tvarů svítidla. Svítidlo je tvořeno třemi obloukovými liniemi a třemi rovnými hranami o stejné délce. Rovnými stranami je svítidla možno sesazovat k sobě a vytvářet tak rozmanité osvětlovací soustavy. Důležitým faktorem vzhledu svítidla bylo stanovení poloměrů obloukových stran svítidla. Správnou kombinací poloměrů a délkou těchto stran je pak možné sesazením 6-ti svítidel

vytvořit opsaný kruh. Hlavní myšlenkou Roba Van Beeka bylo vytvoření nesčetných tvarových variací osvětlovacích soustav jedním typem svítidla.

Tvar a konstrukce svítidla od prvopočátku vedla k tomu, že jej nebudu možné osadit tradičními světelnými zdroji. V prvních krocích bylo uvažováno o užití zářivek, byly zkoušeny různé světelné zdroje např. T16, TC-DDEL, TC-L. Výsledný efekt však byl nevyhovující. Problémem byla velké tmavé plochy na difusoru a velmi rozdílné jasové poměry difusoru podél rovných hran. LED zdroje se díky svým vlastnostem stále stávali nejperspektivnějšími pro užití v těchto svítidlech. Diody je možno s ohledem na jejich rozměry rozmístit po svítidle libovolně a v tomto ohledu diody



Obrázek 2 svítidlo MILA – HALLA, a.s.

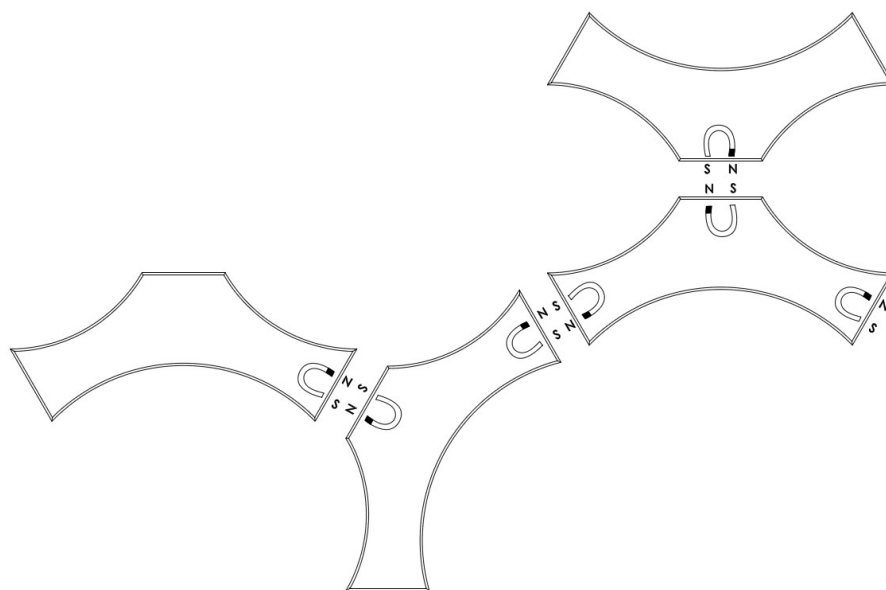
jednoznačně předčili tradiční světelné zdroje. Dalším myšlenkou od designera Van Beeka byla jistá hra stínů na difuzoru svítidla. Jeho požadavkem bylo jemně zopakovat rádius podél nejdelší zaoblené strany svítidla. I toto v podstatě vylučovalo použití tradičních světelných zdrojů. Ve svítidle byly použity LED moduly PrevaLED Linear. Tyto moduly, 280mm dlouhé, mají světelný tok 1000lm. Těchto modulů bylo ve svítidle použito 8 pro přímo/nepřímou svítící variantu a 7 pro přímo svítící variantu. Samotné umístění vhodně rozmístěných LED ve svítidle však stále nepřinášelo výsledný efekt onoho stínu na svítidle. Z tohoto důvodu bylo nutno ve svítidle použít i druhou difuzní vrstvu. Užití systému difusorů ve přesně definovaném rozmístění vedlo k výsledku viditelnému na obrázku č. 2.



Obrázek 3 vývoj – Rob Van Beek, Jan Ptrášek.

Dalším důležitým prvkem v návrhu svítidla byla maximální možná jednoduchost montáže svítidla. Prvním krokem už byla samotná konstrukce svítidla, kdy pro sestavu celkové osvětlovací soustavy je třeba jen jediný typ svítidla. Dalším velice důležitým úkolem v tomto ohledu byla volba systému napájení svítidel. Z těchto důvodů byly ve svítidle použity rychlomontážní připojovací konektory. Díky použití konektorů není nutno svítidla rozebírat čímž se opět zjednoduší jejich montáž. Pro volbu konektoru byl velmi limitujícím faktorem jeho rozměr. Dále bylo třeba rozmístit konektory ve svítidle tak, aby bylo možno svítidla vzájemně propojovat, tak aby nebylo nutné v osvětlovací soustavě svítidla připojovat každé zvlášť. V dnešní době je na trhu velké množství mini konektorů, ale s ohledem na to, že přes tyto konektory připojujeme svítidla k síťovému rozvodu 230V je nutné, aby konektory splňovaly požadavky na použitelnost v instalacích nízkého napětí.

Dalším úkolem k řešení bylo spojování svítidel. Spoje, které byly v našich svítidlech doposud používány, byly vždy mechanické a užití těchto typů spojů bylo vždy na úkor snadnosti montáže. V těchto případech bylo při montáži nutné vždy použít nějaký nástroj. U tohoto svítidla jsme se ke spojování rozhodli použít permanentní magnety. Díky tomuto systému opět usnadníme montáž. S běžnými permanentními magnety bychom nedosáhli dostatečné pevnosti spoje svítidel, a proto musely být použity neodymové magnety. Takto zvolené magnety mají remanenci přes 1,1 T. Tyto magnety bylo nutno si nechat vyrobít také v požadovaných rozměrech. Ve



Obrázek 4 spoje svítidel MILA

svítidle bylo potřeba orientovat magnety tak, aby svítidla bylo možné sesazovat jakoukoliv stranou k jakékoliv jiné straně svítidla. I toto bylo vyřešeno tak, že svítidla spojovatelná jsou.

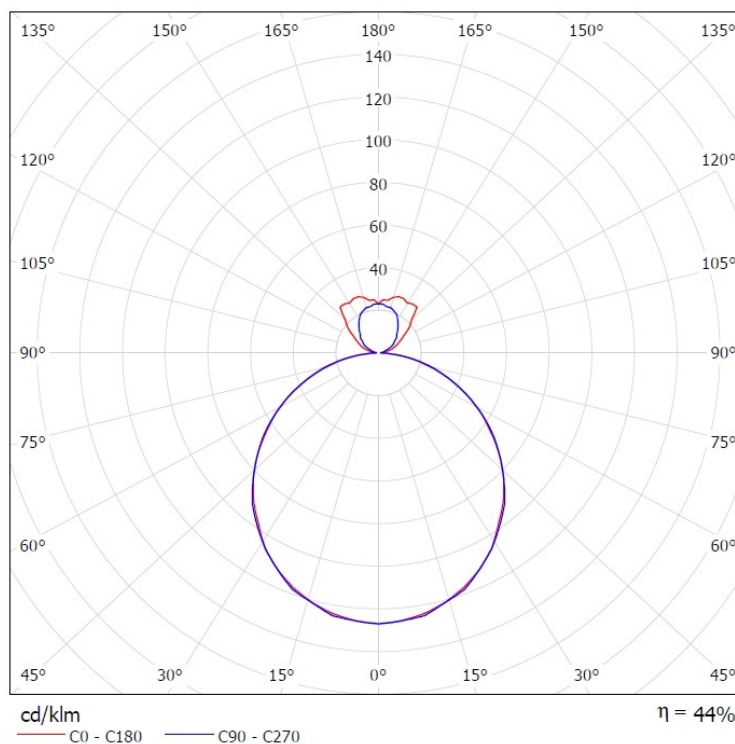
Měřený objekt	Teplota na T_C bodu ($^{\circ}C$)
LED board 1	54,2
LED board 2	55,7
LED board 3	55,2
LED board 4	53,9
LED board 5	55,8
LED board 6	52,8
LED board 7	52,9
LED board 8	54,5
Předřadný přístroj	57,4
Předřadný přístroj	56,2

Tabulka 1 tabulka měřených teplot ve svítidle

Současně s vývojem konstrukce svítidla bylo nutno řešit teplotní poměry ve svítidle. Při veškerém vývoji svítidel je vždy potřeba pečlivě vyhodnocovat teplotní poměry ve svítidlech neboť překračování maximálních možných teplot na patřičných komponentech vede ke zkrácení životnosti světelných zdrojů nebo celých svítidel. Renomovaní výrobci komponentů svítidel vždy uvádějí měřící body na komponentech, kde je třeba měřit teplotní poměry a pro tyto body mají pak předepsané maximální teploty. Toto platí jak pro tradiční světelné zdroje, tak i pro LED. Právě pro LED je nutné velice pečlivě prověřovat teplotní poměry ve svítidle. V tomto svítidle bylo prováděno teplotní měření jak na samotných LED modulech,

tak i na předřadných přístrojích (transformátorech). Maximální teploty naměřené na těchto komponentech byly $55,8^{\circ}C$ na boardu a $57,4^{\circ}C$ na předřadném přístroji. Teploty byly měřeny přístrojem ALMEMO 2390-8, který umožňuje snímat teploty v čase. Jedno teplotní měření na svítidle bylo prováděno dva dny a pak vyhodnocováno, kdy v čase se teploty na měřeném objektu ustálily.

Dalším důležitým krokem ve vývoji svítidla bylo fotometrické měření svítidla. Přestože svítidlo je bráno především jako svítidlo designové, bylo potřeba vyhodnotit jeho fotometrické vlastnosti. Jakmile bylo svítidlo konstrukčně dokončeno, bylo provedeno fotometrické měření. Toto měření bylo provedeno v laboratoři VŠB v Ostravě. Křivka svítivosti svítidla je patrná z obrázku č. 4. Z křivky byla též vypočítána účinnost svítidla. Účinnost svítidla 44% není příliš vysoká a pro jisté aplikace pak omezuje použitelnost svítidla. S ohledem na tyto vlastnosti a designový vzhled je pak svítidlo vhodné spíše do reprezentativních a společenských prostorů. V současnosti používané zdroje PrevaLED Linear mají provozní účinnost 100 lm/W. Do budoucna se předpokládá, že provozní účinnost LED bude dále stoupat.



Obrázek 4 křivka svítivosti svítidla



Obrázek 5 Svítidla na výstavě LIGHT & BUILDING 2012

Prvními prototypy svítidla jsme se představili na výstavě Light & Building 2012 ve Frankfurtu nad Mohanem. V tuto chvíli byl již vývoj svítidla z velké části dokončen. Na vývoji svítidla jsme pracovali od léta 2011. Po výstavě nás už čekala výroba svítidel ověřovací série. Touto výrobou jsme si chtěli ověřit jak fungují běžné výrobní procesy při výrobě těchto svítidel. Nultou serií jsme vyrobili 23 těchto svítidel. Po konstrukční stránce bylo třeba ověřit, jak jsme schopni sestavovat různě zakroužené a pod úhly řezané profily. Dále jsme i s ohledem na toto svítidlo nakoupili technologii svařování hliníkových profilů. Také zde bylo třeba ověřit, jak tato technologie umožní pracovat s těmito svítidly. Výsledkem této nulté výrobní série bylo uvolnění svítidel do standardní výroby.

Analýza odrazných vlastností materiálů pro interiéry

Ing. Marek Bálský, Ing Rudolf Bayer

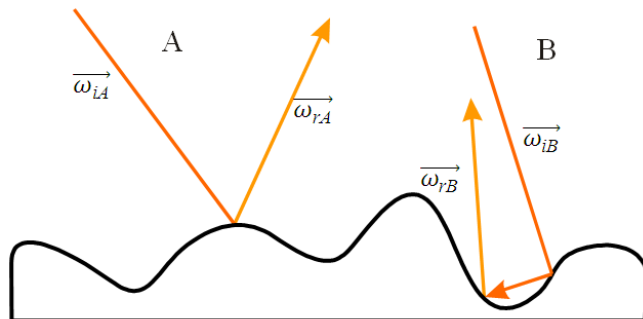
ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektroenergetiky, <http://light.feld.cvut.cz>

Abstrakt

Cílem tohoto příspěvku je popsat odrazné vlastnosti materiálů a specifika jejich využití při výpočtu parametrů světelné scény. Počítačové programy běžně používané pro modelování parametrů světelných scén dosud využívají pro tvorbu matematického modelu scény především předpokladu difúzně odrážejících světelně činných ploch v uvažovaném prostoru, kdy lze světelně činné plochy charakterizovat integrálním činitelem odrazu. Numerický model scény obsahující výhradně difúzně odrážející plochy je matematicky méně náročný, než model zahrnující do výpočtu parametrů světelné scény i skutečné obecně odrážející plochy. Stavební prvky moderních budov jsou však často zhotoveny z materiálů, které se svými odraznými vlastnostmi značně odlišují od ideálně difúzně odrážejících ploch. Pokud při modelování těchto světelných scén není zohledněna směrová závislost činitele odrazu, může být model světelné scény zatížen značnou chybou.

Proces odrazu světla

Povrchy různých předmětů se liší rozložením odraženého světelného toku do různých směrů prostoru. Povrch tělesa je zpravidla tvořen drobnými nerovnostmi, jejichž velikost a tvar jsou dány mikroskopickým složením konkrétního materiálu. Jednotlivé paprsky světla dopadající na takový povrch se mohou odrazit dvěma způsoby. Buď se odrazí jednorázově zrcadlově od některé z plošek (viz obrázek 1 případ označený A), nebo jsou podrobeny vícenásobnému odrazu, popřípadě lomu (viz obrázek 1, případ B) [1].



• obrázek 1: Odraz světla na mikroskopické úrovni

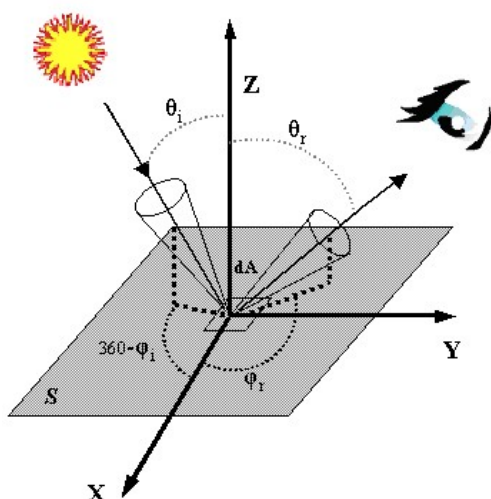
Při dopadu svazku paprsků do bodu na povrchu tělesa dojde většinou ke kombinaci jednorázových a vícenásobných odrazů od mikroskopické struktury povrchu tělesa a k určitému rozložení odraženého světelného toku do prostoru.

Z pohledu pozorovatele lze jednotlivé svazky paprsků vycházející z bodu X na povrchu tělesa kvantitativně popsat jasem L_r :

$$L_r(x, \vec{\omega}_r) = \int_{\Omega} f(x, \vec{\omega}_r, \vec{\omega}_i) L_i(x, \vec{\omega}_i) \cos \theta_i d\vec{\omega}_i \quad (1)$$

kde	x	popisuje souřadnice v prostoru (polohu) bodu X v prostoru
	$\vec{\omega}_r$	je směr svazku paprsků vycházejících z bodu X
	$\vec{\omega}_i$	je směr svazku paprsků dopadajících do bodu X
	dL_r	je diferenciální jas svazku paprsků vycházejících z bodu X
	dL_i	je diferenciální jas svazku paprsků dopadajících do bodu X
	\vec{n}	je směr normály odrazné plochy v bodě X
	θ_i	je úhel dopadu svazku paprsků dopadajících do bodu X
	ρ	je dvousměrová odrazá funkce BRDF v bodě X

Velikost jasu L_r paprsků vycházejících z bodu X na povrchu tělesa závisí na jasu L_i jednotlivých svazků paprsků, které do daného bodu X dopadly z různých směrů $\vec{\omega}_i$ (viz obrázek 2) a odrazily se jedním z procesů naznačených, které ukazuje obrázek 1 (vícenásobný odraz nebo lom) [1].

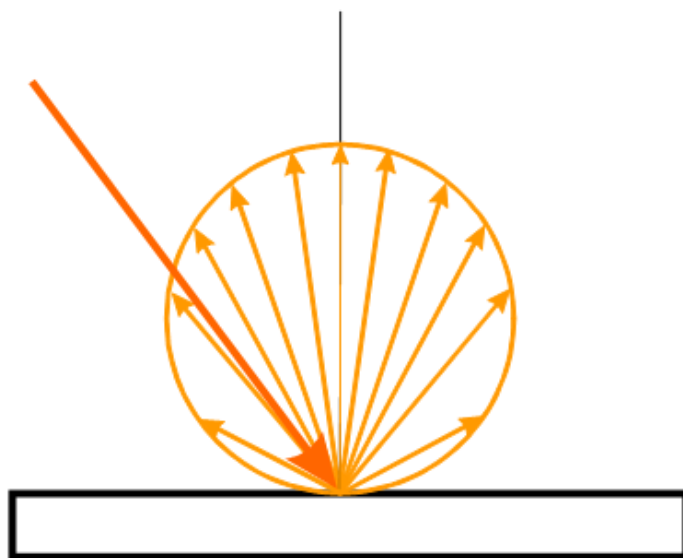


• obrázek 2: Světelnětechnické veličiny popisující odraz světla z elementární plošky dA

Rozložení odraženého světelného toku do prostoru lze charakterizovat fotometrickou plochou svítivosti.

Druhy odrazu

Běžně užívané výpočetní programy pro modelování světelných scén jsou založeny na předpokladu, že se ve světelné scéně nachází pouze ideální rozptylovače, tj. materiály, které po odrazu světla od jejich povrchu dojde k rovnoměrnému rozložení světelného toku do prostoru. Tento případ je charakterizován kulovou fotometrickou plochou svítivosti, viz obrázek 3.

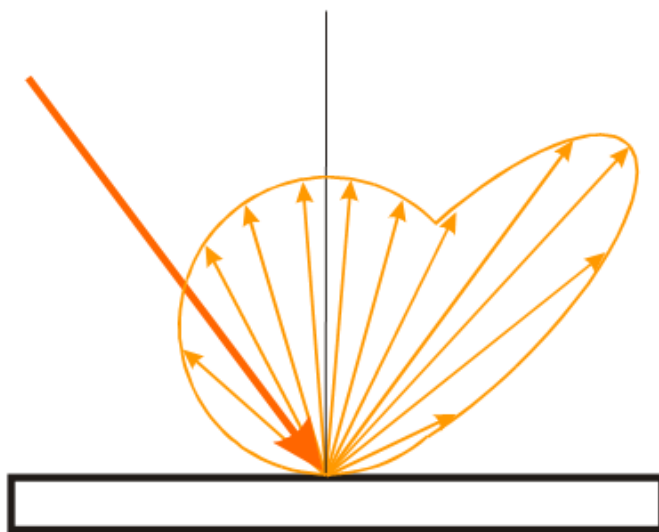


• obrázek 3: Řez fotometrickou plochou svítivosti ideálního rozptylovače

Jas L_r povrchu ideálního rozptylovače je konstantní při pohledu z jakéhokoliv směru, což velmi zjednodušuje výpočet světelnětechnických parametrů takové scény. Odrazné vlastnosti ideálních rozptylovačů lze charakterizovat směrově nezávislým integrálním činitelem odrazu $\rho(x)$. Pak při osvětlení $E_i(x)$ povrchu v bodě x platí rovnice 2:

$$L_r(x, \vec{\omega}_r) = f(x) \cdot E_i(x) = \frac{\rho(x)}{\pi} \cdot E_i(x) \quad (2)$$

Některé skutečné materiály vykazují odrazné vlastnosti velmi blízké ideálním rozptylovačům, mnoho běžně používaných materiálů však vykazují odrazné vlastnosti výrazně odlišné od ideálního rozptylovače. U takových materiálů většinou dochází ke smíšenému odrazu – kombinaci zrcadlového a difúzního odrazu. Jas povrchů vykazujících smíšený odraz pak není konstantní, fotometrická plocha jasu i svítivosti má obecný tvar (viz obrázek 4), materiál nelze charakterizovat směrově nezávislým integrálním činitelem odrazu a při modelování světelné scény je třeba počítat se směrově závislou odrazovou funkcí $f(x, \vec{\omega}_r, \vec{\omega}_i)$.

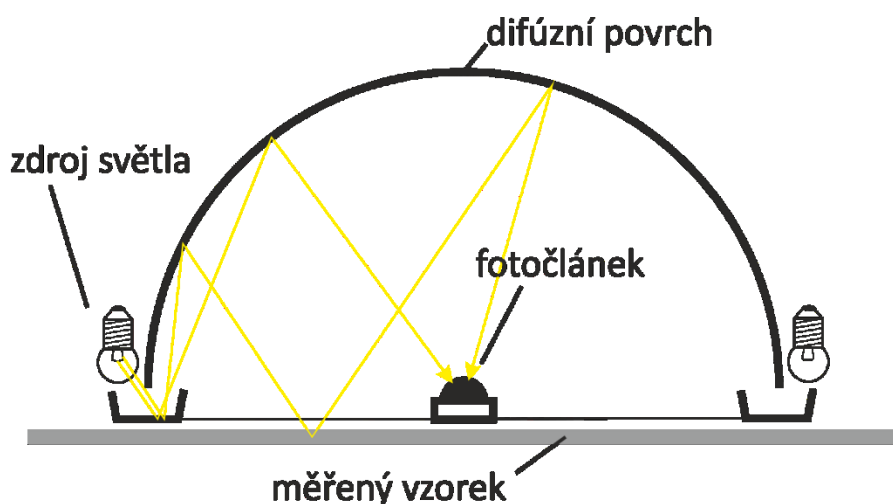


• obrázek 4: Řez fotometrickou plochou svítivosti materiálu se smíšeným odrazem

Proces mnohonásobných odrazů

Při modelování mnohonásobných odrazů světla hraje významnou roli velikost integrálního činitele odrazu. Určení integrálního činitele odrazu je u materiálů vykazujících smíšený odraz obtížné, jelikož odrazné vlastnosti materiálu jsou různé pro různé směry dopadu a odrazu světla. Lze tedy určit pouze ekvivalentní integrální činitel odrazu, který při modelování procesu mnohonásobných odrazů ve světelné scéně charakterizuje odrazné vlastnosti smíšeně odrážejícího materiálu podobně, jakoby se jednalo o ideální rozptylovač.

Měření ekvivalentního činitele odrazu lze provést reflektometrem zkonstruovaným v laboratoři světelné techniky ČVUT v Praze, FEL, který je vybaven dutinou s difúzním povrchem, kde probíhají mnohonásobné odrazy. Princip reflektometru ukazuje obrázek 5:



• obrázek 5: Princip reflektometru použitého při měření činitelů odrazu vybraných materiálů

Světelný tok zdrojů světla po obvodu polokulové sféry mnohonásobnými odrazy rozprostře v dutině tvořené difúzní polokulovou sférou a uzavřenou vzorkem zkoušeného materiálu. Integrální činitel odrazu materiálu tak určuje velikost světelného toku dopadajícího na fotočlánek umístěný ve středu polokulové sféry.

Integrální činitele odrazu zkoušených vzorků

V rámci tohoto příspěvku byly změřeny integrální činitele odrazu vzorků některých materiálů užívaných v interiérech s ohledem na druh odrazu na povrchu zkoušeného materiálu. Výsledky měření jsou uvedeny v následující tabulce:

Materiál	Barva	Činitel odrazu	Druh odrazu (předpoklad)
papír	bílá	0,87	difúzní
stěna		0,83	
plech lakovaný		0,77	smíšený s výraznou směrovou složkou
dřevo	běžová	0,69	difúzní
karton		0,54	smíšený se směrovou složkou
umakart		0,51	smíšený s výraznou směrovou složkou
deska stolu	šedá	0,5	difúzní
PVC		0,27	smíšený s výraznou směrovou složkou
parapet	černá	0,35	smíšený se směrovou složkou

• Tabulka: druhy činitele odrazu zkoušených materiálů

Závěr

Z naměřených hodnot je patrné, že s rostoucím podílem zrcadlové složky při smíšeném odrazu materiálu přibližně stejné barvy může docházet k poklesu integrálního činitele odrazu (viz např. deska stolu a PVC). Podle zákona zachování energie dochází s rostoucí zrcadlovou složkou odraženého světelného toku k poklesu difúzní složky. Podle změřených výsledků však může mít difúzní složka odraženého světelného toku v procesu mnohonásobných odrazů větší význam, než složka zrcadlová.

Literatura a odkazy

- [1] Bálský, M.: Matematický popis odrazných vlastností materiálů. TECHNICA OSVĚTLOVÁNÍ XXV. Plzeň, Česká Republika, 15. - 16. 5. 2012, str. 126-130
- [2] Habel, J. a kol.: Světelná technika a osvětlování. FCC Public Praha, 1995, ISBN 80-901985-0-3

Světelně-technické výpočty v oblasti mezopického vidění a jejich praktická aplikace

Ing. Jan Zálešák¹⁾, prof. Ing. Jiří Habel, DrCs.²⁾
FEL ČVUT v Praze, Katedra elektroenergetiky, Technická 2, 166 27 Praha 6, ČR,
<http://k315.feld.cvut.cz/>

¹⁾ tel: +420 22435 2193, email: zalesja1@fel.cvut.cz

²⁾ tel: +420 22435 3908, email: habel@fel.cvut.cz

Absrakt

Tento příspěvek se zabývá stanovením poměrných spektrálních citlivostí zraku v oblasti mezopického vidění, kdy pro vybraná svítidla s odlišnými světelnými zdroji stanovuje hodnoty světelných toků v různých adaptačních hladinách.

Úvod

Základní veličinou, která určuje úroveň citlivosti zraku člověka vzhledem k záření o různých vlnových délkách, je adaptační jas, který je závislý na parametrech světelného prostředí v daném vnitřním či venkovním prostoru. Změna citlivosti zraku v závislosti na adaptačním jasu probíhá plynule. Za krajní stavy této změny se považuje vidění fotopické (denní) a vidění skotopické (noční).

Fotopické vidění je spojeno zejména s činností fotoreceptorů, které umožňují barevné vidění, tj. s čípkami umístěnými převážně v centrální části sítnice (žlutá skvrna). Podmínky denního vidění bývají nejčastěji splněny při hladinách adaptačního jasu přibližně od více než 5 cd/m². Názory na tuto mez nejsou doposud sjednoceny, neboť jsou závislé od mnoha dalších podmínek, které determinují vidění samotné. Skotopické vidění je pak převážně spojeno s činností výrazně citlivějších fotoreceptorů, tj. tyčinek, které jsou rozmístěny zvláště v okolí žluté skvrny a v dalších oblastech sítnice. Noční vidění je spojováno s adaptačními jasy nižšími než několik tisíců cd/m².

Mezi oběma uvedenými krajními případy fotopického a skotopického vidění je oblast tzv. mezopického vidění, kde se v různých poměrech uplatňují oba typy fotoreceptorů.

METODIKA STANOVENÍ ADAPTAČNÍCH JASŮ

Pro stanovení průběhů spektrální citlivosti lidského normálního pozorovatele za podmínek mezopického vidění je použit systém MES2-system. Ten je definován v technické zprávě Mezinárodní komise pro osvětlování CIE v CIE 191-2010 Recommended system for mesopic photometry based on visual performance.

Ve zmíněném systému je oblast mezopického vidění definována adaptačními jasy od hodnoty 0,005 cd/m² do hodnoty 5 cd/m².

Adaptační hladiny jasu se při hodnocení světelného toku na konkrétní hladině jasu, subjektivně vnímaného, nemění. Průběhy poměrných spektrálních citlivostí zraku $V_{mes}(\lambda)$ v mezopické oblasti jsou odvozeny ze dvou základních spektrálních průběhů citlivostí $V(\lambda)$ a $V'(\lambda)$ přičemž se vychází ze vztahu:

$$V_{mes}(\lambda) = \frac{mV(\lambda) + (1-m)V'(\lambda)}{M(m)} \quad \text{kde } 0 \leq m \leq 1 \quad (1)$$

kde

M(m) je normalizovaná funkce upravující průběh maxima $V_{mes}(\lambda)$ poměrného do maximální hodnoty „1“

m je koeficient, který závisí na adaptačních podmínkách:
jestliže $L_{mes} \geq 5 \text{ cd/m}^2$, pak $m = 1$
jestliže $L_{mes} \leq 0,005 \text{ cd/m}^2$, pak $m = 0$

- V(λ)** je poměrná spektrální citlivost zraku pro normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém vidění
V'(λ) je poměrná spektrální citlivost zraku pro normálního fotometrického pozorovatele při skotopickém vidění
V_{mes}(λ) je poměrná spektrální citlivost zraku pro daný adaptační jas

Subjektivně vnímaný jas L_{mes} se pak stanovuje z rovnice:

$$L_{mes} = \frac{683}{V_{mes}(\lambda_0)} \int V_{mes}(\lambda) L_e(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

- V_{mes}(λ₀)** je hodnota poměrné spektrální citlivosti zraku při mezopickém vidění pro daný adaptační jas při vlnové délce 555 nm
L_e(λ) spektrální zář W.m-2.sr-1

Koeficient m se řeší iterací dle:

$$m_0 = 0,5$$

$$L_{mes,n} = \frac{m_{(n-1)} L_p + (1 - m_{(n-1)}) (683 / 1699)}{m_{(n-1)} + (1 - m_{(n-1)}) (683 / 1699)} \quad (3)$$

$$m_n = 0,7670 + 0,3336 \log_{10}(L_{mes,n}) \quad (4)$$

kde

- L_p** je fotopický jas odpovídající spektrální citlivosti zraku pro normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém vidění
L_s je skotopický jas z rovnice:

$$L_s = L_p \cdot (S/P \text{ ratio}) \quad (5)$$

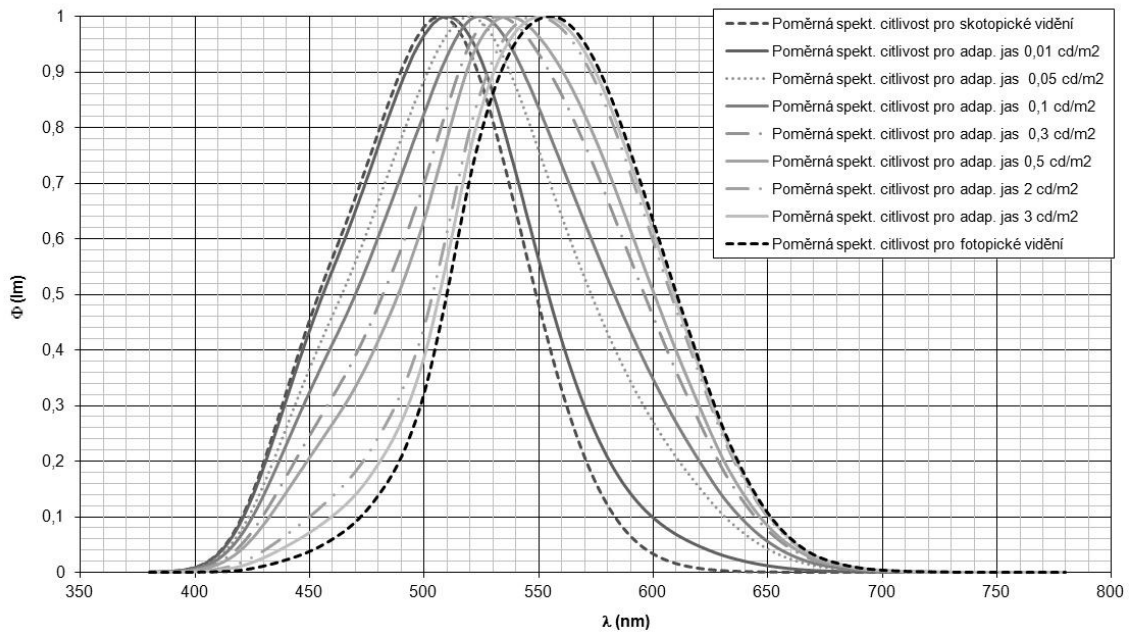
$$(S/P \text{ ratio}) = \frac{K'_m \int_0^\infty S_\lambda(\lambda) V'(\lambda) d\lambda}{K_m \int_0^\infty S_\lambda(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \quad (6)$$

kde

- K_m** = 683 lm/W je maximum světelného účinku záření pro normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém vidění
K'_m = 1700 lm/W je maximum světelného účinku záření pro normálního fotometrického pozorovatele při skotopické vidění
S_λ je spektrální hustota zářivého toku, která dopadá do oka v daném prostředí
V(λ) je poměrná spektrální citlivost zraku normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém vidění
V'(λ) je poměrná spektrální citlivost zraku normálního fotometrického pozorovatele při skotopickém vidění
λ je vlnová délka

Z naznačených matematických operací pak dostáváme jednotlivé poměrné spektrální citlivosti zraku pro zvolené adaptační mezopické jasy, které jsou vyobrazeny na obr.1.

Průběhy poměrných spektrálních citlivostí zraku



• Obrázek 1 - Poměrné spektrální citlivosti zraku v oblasti mezop. vidění

Z nich pak můžeme stanovit průběhy spektrální citlivosti zraku za znalosti hodnot poměrných spektrálních citlivostí pro jednotlivé adaptační jasy na hodnotě vlnové délky 555 nm, jak naznačuje rovnice (7) a příkladově řešená rovnice (8) a (9).

$$K(555) = K'(555) = K''(555) = 683 \text{ lm/W} \quad (7)$$

Kde

K je udaná spektrální citlivost zraku pro normálního fotometrického pozorovatele

Postup výpočtu skotopického maxima světelného účinku záření pro normálního fotometrického pozorovatele:

$$K'_m = \frac{683}{V(555)} = \frac{683}{0,40176} = 1700 \text{ lm/W} \quad (8)$$

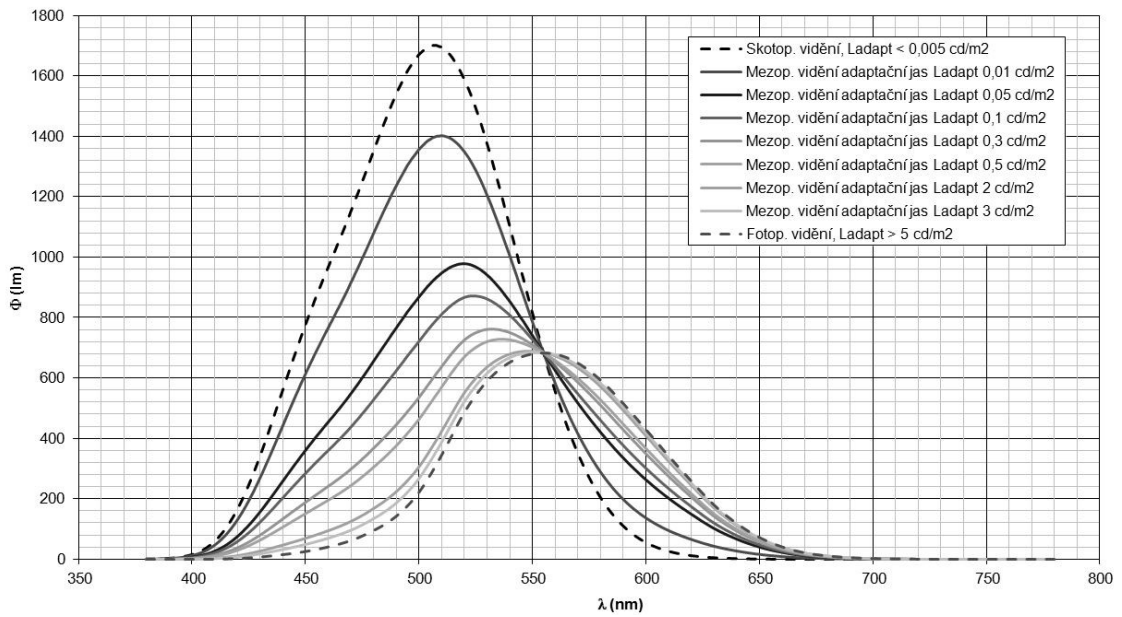
Postup výpočtu maxima světelného účinku záření pro mezopickou oblast vnímání, adaptační jas 0,1 cd/m²:

$$K''_m = \frac{683}{V(555)} = \frac{683}{0,78492} = 780 \text{ lm/W} \quad (9)$$

Výsledné maximální citlivosti zraku normálního pozorovatele pro jednotlivé adaptační jasy jsou pak zobrazeny na obr. 2.

Z grafu můžeme číst, že oblast kratších vlnových délek vnímaného spektra, což je oblast 555 nm a méně, je pro adaptační podmínky mezopického vidění typická vyšší citlivostí zraku pro menší adaptační jas. Naopak pro delší vlnové délky (555 nm a více) vzhledem k nižším adaptačním jasům se ještě více utlumuje subjektivní vjem.

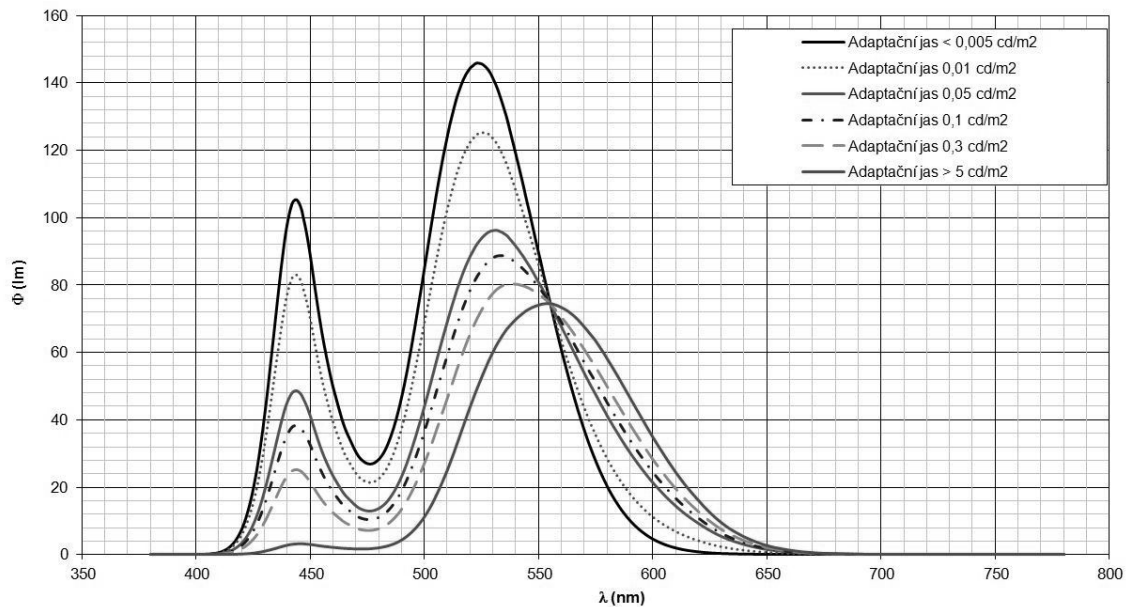
Spektrální citlivosti zraku pro různé adaptační jasy



• Obrázek 2 - Maximální spektrální citlivosti zraku v oblasti mezop. vidění

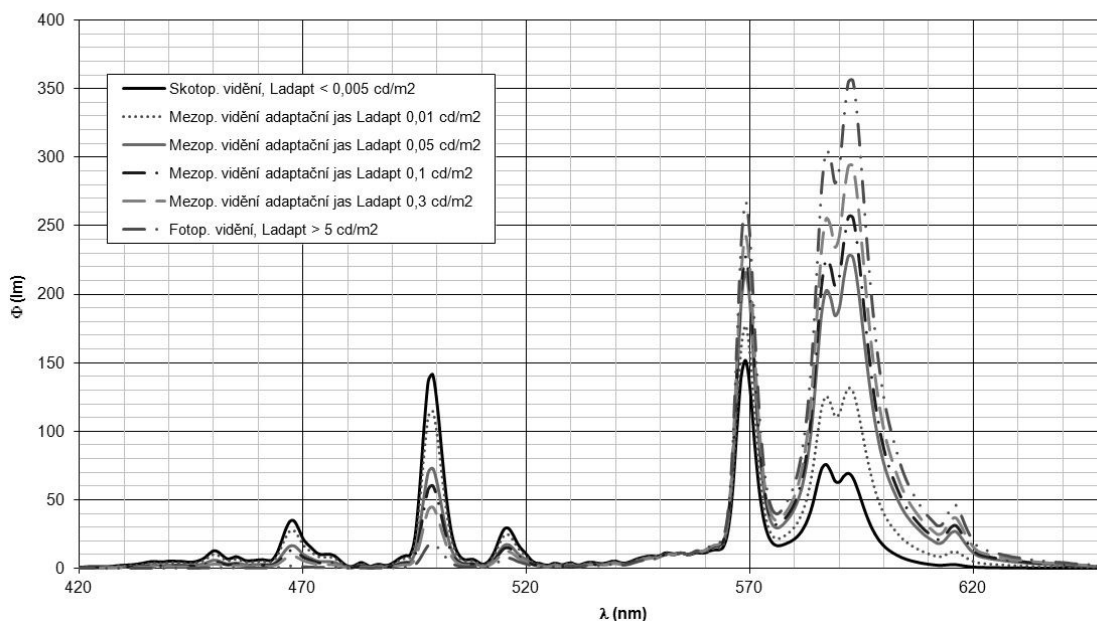
Z následujících grafů lze vyčíst maxima světelných toků zhodnocených mezopickými křivkami $V_{mez}(\lambda)$ pro jednotlivé úrovně mezopického adaptačního jasu v závislosti na vlnové délce. Svítidlo s LED zdrojem vyzařuje své spektrum především v oblasti kratších vlnových délek. Tím dochází k vyššímu zhodnocení vyzařované záři, než je tomu u obr.4., tedy u svítidla s vysokotlakou sodíkovou výbojkou, která vyzařuje především v oblasti dlouhých vlnových délek.

Spektrální rozložení fotopického, mezopického a skotopického světelného toku svítidla iGuzzini Archilede



Obrázek 3 - Spektrální rozložení světelného toku svítidla s LED zdroji pro zvolené adaptační úrovně jasu

Spektrální rozložení fotopického, mezopického a skotopického světelného toku svítidla s vysokotlakým sodíkovým zdrojem



• Obrázek 4 - Spektrální rozložení světelného toku svítidla s vysokotlakou sodíkovou výbojkou pro zvolené adaptační úrovně jasu

Celkový přehled o vypočtených veličinách je pak uveden v Tab. 1 společně s uvedenými hodnotami koeficientu m a hodnotou maximálního světelného účinku záření daného průběhu.

• Tabulka 1- Celkový přehled vybraných veličin posuzovaných svítidel

Jas mezopický	koeficient m	max. sv. účinku záření	Svítidlo	
			Archilede	HPS
$[\text{cd/m}^2]$	-	$[\text{lm/W}]$	světelný tok $[\text{lm}]$	
< 0,005	0	K'm 1700	12302	3824
0,01	0,1002	1400	11020	4744
0,05	0,3332	976	9037	6179
0,1	0,4336	870	8441	6610
0,5	0,6666	729	7400	7363
1	0,7670	701	7056	7612
2	0,8673	687	6757	7828
3	0,9260	684	6599	7942
>5	1	Km 683	6417	8075

Předpokládaný úbytek světelného toku se snižujícím se adaptačním jasnem u vysokotlaké sodíkové výbojky se potvrdil, stejně jako zvyšující se subjektivně vnímaný světelný tok ze zdrojů LED.

Závěr

Hodnocení svítidel uvedení v tomto příspěvku je součástí většího celku. Na uvedených příkladech si můžeme povšimnout především chování jednotlivých světelných zdrojů, respektive vyzařovaných spekter v podmínkách mezopického vidění. Jde především o jednotlivé subjektivní nárůsty a úbytky světelného toku vlivem snižování se adaptační hladiny jasu. Další podstatný moment je potvrzení průchodu jednotlivých maximálních citlivostí zraku společným bodem na vlnové délce 555 nm o hodnotě 683 lm/W pro jednotlivé adaptační úrovně jasu.

Aplikace mezopického vidění pro praxi ještě není připravena. I když jsme sto modelovat průběhy poměrné spektrální citlivosti zraku, není ještě stále vyřešena otázka samotné adaptace lidského oka v daném prostředí.

Literatura a odkazy

- [1] CIE [online]. 2010 [cit. 2011-04-9]. *CIE AND MESOPIC PHOTOMETRY*. Dostupné z WWW: <<http://www.cie.co.at/index.php/LEFTMENU/About+us/CIE+Newsletter/Artikel+1+Oktober>>.
- [2] CIE 191-2010 Recommended system for mesopic photometry based on visual performance., 2010. 73 s. ISBN 9783901906886.
- [3] HABEL, J. *Zrak a vidění (1. část)*. *Světlo* [online]. 2008, 5, Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=37974>.
- [4] HABEL, J.; ŽÁK, P., *Význam mezopického vidění pro praxi*. *Světlo* [online]. 2007, 6, [cit. 2010-10-28]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36187>.
- [5] HABEL, J.; ŽÁK, P., *Důsledky mezopického vidění pro praxi*, *Technika osvětlování XXIII*, Plzeň, 2008
- [6] ŠPAČKOVÁ, Kateřina; KALITOVÁ, Jana. *Anatomie a fyziologie oka I*. 22 s. Dostupné z WWW: <<http://www.ocniklinikaol.cz/prednasky/anat1.ppt>>.

Jas a žiara nočnej oblohy - podobnosti, rozdiely a informačný obsah meraných dát

Miroslav, Kocifaj, PhD

ÚSTARČH SAV, Dúbravská cesta 9, 845 03 Bratislava 45, Slovenská republika,

E-mail: kocifaj@savba.sk

Úvod

Verejné osvetlenie je často diskutované ako jeden z najvýznamnejších zdrojov tzv. „svetelného znečistenia“. I keď pojem „svetelné znečistenie“ nie je celkom správny, nevystihuje podstatu problému a pre istú skupinu odborníkov nie je prijateľný, budeme s ním v tomto článku pracovať, nakoľko je všeobecne zaužívaný a známy širokej komunite astronómov i svetelných technikov.

Ak odhliadneme od priamych lúčov emitovaných svetelným zdrojom priamo k pozorovateľovi, tak pri svetelnom znečistení máme zvyčajne na mysli difúzne svetlo oblohy. Svetelný tok produkovaný pozemnými zdrojmi je v atmosfére následne rozptýlený do všetkých smerov. Isté množstvo svetelnej energie sa tak dostáva späť na zemský povrch [1], zatiaľ čo zvyšok je smerovaný do kozmického priestoru [2] alebo je absorbovaný oblakmi a inými zložkami atmosféry. Oblačnosť sa považuje za významný faktor, ktorý spôsobuje niekoľkonásobné zvýšenie úrovne osvetlenia a to nielen vo voľnom prostredí (napr. v blízkosti observatórií), ale aj v prímestských a mestských oblastiach [3].

Väčšina komerčných prístrojov používaných svetlo-technickou komunitou je uspokojená na meranie jasů alebo osvetlenia, avšak tieto prístroje nie sú schopné zaznamenať zmeny v spektrálnom zložení prijímaného signálu. Uvedené zmeny sú pritom nositeľom značného množstva informácií o atmosférickom prostredí ako aj o procesoch podieľajúcich sa na tvorbe detegovaného signálu. Tieto informácie sú však potrebné nielen pri korektnej interpretácii meraných dát, ale aj pri pochopení transformácie pôvodného signálu na meraný. Taktiež sú použiteľné pri navrhovaní optimálnych parametrov osvetľovacej sústavy tak aby vyhovovala väčšine požiadaviek včítane tých environmentálnych. Je treba si uvedomiť, že celkový difúzny tok a uhlové rozloženie difúzneho svetla oblohy silne závisia na spektrálnej skladbe, vyžarovacím diagrame, výkone, priestorovom rozložení, tienení a iných charakteristikách pozemných svetelných zdrojov a súčasne na meteorologických podmienkach a orografii okolitého terénu [4].

Poznatky o transformácii elektromagnetického signálu v zakalenej atmosfére sú významné aj z hľadiska informačného obsahu meraných dát. Na základe údajov o spektrálnej žiare oblohy možno previesť dodatočné hodnotenie optického stavu lokálnej atmosféry, ktoré môže byť neskôr použité napr. pri návrhoch na rekonštrukciu svetelných sústav. Merania spektrálnej žiary sú tak na kvalitatívne vyššej úrovni, než merania jasů. Experimenty zahrňujúce len úroveň difúzneho osvetlenia (prípadne jasů nočnej oblohy) sú samy o sebe nepostačujúce, pokiaľ neexistujú dodatočné informácie o zložení lokálnej atmosféry alebo aspoň o optickej hrúbke (resp. zákale) atmosféry v rôznych oblastiach viditeľného spektra [5]. Celkový zákalový činiteľ T_V [6] spriemerovaný cez oblasť viditeľného spektra je pritom nevhodný a jeho použitie môže viesť k nesprávnym záverom. V nasledovnom príklade ukážeme v čom spočíva táto nepresnosť. V svetelno-technickej praxi je bežne prijímaný fakt, že intenzita svetla po prechode atmosférou klesá úmerne s $e^{-\tau_0 e^{-mT}}$, kde m je takzvaná optická vzduchová hmota a a_V je koeficient oslabenia [7]

$$a_V = \frac{1}{9.9 + 1.043 m} \quad (1)$$

V skutočnosti sú však extinkčný koeficient a optická vzduchová hmota navzájom nezávislé veličiny. Odkiaľ teda pochádza vzťah (1) a prečo je používaný? Kde je chyba? Zo základných princípov optiky vyplýva, že intenzita klesá exponenciálne [8], avšak toto platí len pre monochromatické žiarenie. Ak je napr. hustota toku priameho slnečného žiarenia na vstupe do atmosféry označená ako F_0 , tak detektor umiestnený na zemskom povrchu zaznamená hodnotu $F = F_0 e^{-\tau_0 e^{-mT}}$, kde všetky veličiny, včítane a , m , T závisia na vlnovej dĺžke λ . Pre vizuálny vnem platí

$$F_V = \int_{380nm}^{780nm} F_0 V'(\lambda) \exp(-mT_V) d\lambda \quad (2)$$

kde $V'(\lambda)$ reprezentuje funkciu citlivosti oka pre skotopické videnie. Vzťah (1) predpokladá, že rovnicu (2) možno prepísať do tvaru

$$F_V = F_{0V} e^{-mT_V} \quad (3)$$

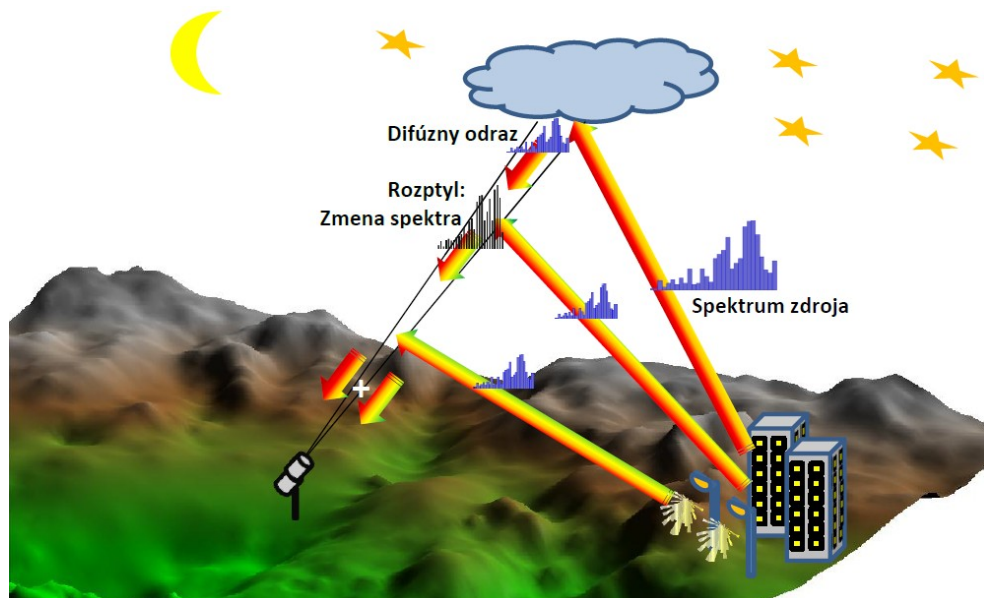
čo však vyžaduje nezávislosť podintegrálnych funkcií na vlnovej dĺžke. Pre optickú vzduchovú hmotu je táto aproximácia prípustná, ale pre veličiny a a T nie. Vo vzťahu (3) je F_{0V} ekvivalentom slnečnej konštanty. Rovnica (3) je tradične používaná svetelno-technickou komunitou, avšak pre jej platnosť je potrebné splnenie nasledovnej podmienky

$$a_V = - \frac{\ln \left(\frac{1}{F_{0V}} \int_{380nm}^{780nm} F_0 V'(\lambda) \exp(-mT_V) d\lambda \right)}{mT_V} \quad (4)$$

za každých okolností. Inými slovami, a_V sa stáva hypoteticky závislé na m . To však odporuje základným princípom fyziky prenosu žiarenia (ktoré boli spomínané vyššie). Výraz (3) je teda nesprávny. Aby sa znížila jeho chybovosť, bol nájdený empirický výraz (1), ktorý umelo viaže a_V s m . Takýto empirický výraz však funguje len pre obmedzenú sadu prípadov a zmenou meteorologických podmienok sa jeho chybovosť zvyšuje. Aj z tohto dôvodu je nevyhnutné najprv analyzovať spektrálne vlastnosti detegovaného signálu a až následne pristúpiť k interpretácii „vizuálnych“ ekvivalentov akými sú jas alebo osvetlenie.

Žiara a jas

Ako bolo uvedené už skôr, svetlo z pozemných zdrojov svetla sa buď priamo alebo po odrazoch od prekážok (napr. budov) alebo od zemského povrchu dostáva do zemskej atmosféry a po rozptyle na molekulách vzduchu a aerosólových časticiach sa vracia späť vo forme difúzneho svetla oblohy. Tento proces je načrtnutý na obrázku 1.



• Obrázok 1: Schéma formovania spektrálnej žiary nočnej oblohy. Detektor umiestnený na zemskom povrchu zaznamenáva signál pochádzajúci z rozptylu v atmosfére ako aj difúzneho odrazu od oblačnej vrstvy (v prípade že sa oblak nachádza v zornom poli prístroja). Zatiaľ čo difúzny odraz takmer nemení spektrum pôvodného signálu, procesy rozptylu môžu modifikovať tento signál v závislosti na zložení atmosféry.

Verejné osvetlenie, svetlá z budov alebo reklamných panelov emitujú žiarenie rôznych spektrálnych vlastností. Elektromagnetické vlnenie postupujúce zemskou atmosférou podlieha absorpcii a rozptylu, pričom sa mení jeho spektrálne zloženie. Zmena spektra je spôsobená oboma procesmi – absorpciou aj

rozptylom. Vzhľadom k úzkym absorpčným pásom atmosférických plynov dochádza k poklesu intenzity žiarenia len v istých vybraných častiach spektra [9]. Na rozdiel od absorpcie, rozptyl možno charakterizovať spojitým kontinuum v celom viditeľnom spektre. Je známe, že rozmery molekúl sú zanedbateľné voči vlnovej dĺžke viditeľného žiarenia a preto rozptyľujú žiarenie v súhlase s Rayleighovým zákonom [10]. Podľa tohto zákona je modré svetlo rozptyľované 16x efektívnejšie než červené svetlo - čo je v súhlase so závislosťou typu λ^{-4} . Aerosólové častice sú však podstatne väčšie než molekuly vzduchu a platia pre ne iné zákony rozptylu. Najmenšie častice s rozmermi menšími než 0.1 μm označujeme pojmom nukleačný mód. V mestských atmosférach ide napr. o 5-50 nanometrové čiastočky produkované spaľovacími motormi [11]. Tieto častice narastajú v krátkom čase až do rozmerov 1 μm tvoriac následne tzv. akumuláciu mód, ktorý pretrváva v atmosfére aj niekoľko dní ba i týždňov [12]. Sú to práve tieto častice, ktoré najmarkantnejšie ovplyvňujú rozptyl svetla. Ich rozmery sú totiž porovnateľné s vlnovou dĺžkou viditeľného žiarenia a z dôvodu rezonančných efektov už aj malá zmena v rozmere častíc spôsobuje významné zmeny v efektívnosti rozptylu [13]. S ďalším zväčšovaním rozmerov dochádza k extrémnemu zosilneniu dopredného rozptylu a k poklesu intenzity žiarenia emitovaného časticami do strán alebo v spätnom smere – pozri Obr. 2 v [14]. Vyššie spomínaná rezonancia však nezávisí len na rozmere častice, ale na vzájomnom pomere rozmeru častice a vlnovej dĺžky žiarenia. Takže rovnaké rezonančné zosilnenie možno dosiahnuť buď zmenou charakteristického rozmeru častice alebo recipročnou zmenou vlnovej dĺžky žiarenia. Aj preto je rozptyl akýmsi „filtrom“ zodpovedným za rozdiely v spektrálnom zložení pôvodného a rozptýleného signálu.

Za oblačných podmienok môže detektor zachytiť aj signál pochádzajúci zo spodných vrstiev oblačnosti. Vzhľadom k veľkým rozmerom vodných kvapiek sú rezonančné javy v oblačnej vrstve silne potlačené a efektívnosť rozptylu je tak viac-menej nezávislá na vlnovej dĺžke žiarenia. V takom prípade sa spektrum pôvodného a difúzne odrazeného žiarenia takmer nelíšia (viď. obrázok 1). Detektor zaznamenáva signály pochádzajúce od všetkých elementárnych rozptylov viditeľných v zornom poli prístroja a taktiež od difúzneho odrazu oblakmi. K rozptylu dochádza v každej nadmorskej výške a preto spektrálna žiara $L_{e\lambda}$ je získaná ako integrál cez pozorovanú časť atmosféry [15]

$$L_{e\lambda}(z, A) \propto \frac{1}{\cos z} \int_0^H I_{\lambda}(z_{0,h}) \cos^3 z_{0,h} \frac{T_{\lambda}(z, A)}{h^2} \Gamma_{\lambda}(z, A) dh \quad (5)$$

kde z, A reprezentuje zenitový a azimutálny uhol smeru pozorovania, T_{λ} a Γ_{λ} sú tzv. prenosová funkcia a fázová funkcia rozptylu, h je nadmorská výška a $I_{\lambda}(z_{0,h})$ je vyžarovacia funkcia elementárneho pixla zemského povrchu závislá na zenitovom uhle $z_{0,h}$ (pre viac informácií odkazujeme čitateľa na vyššie citovanú publikáciu). Pokiaľ v smere pozorovania vidíme oblak, numerická integrácia beží len po jeho spodnú hranicu nachádzajúcu sa vo výške H a k integrálu (5) je nutné pridať člen súvisiaci s difúznym odrazom od oblaku (pozri [15]). Za bezoblačných podmienok alebo pri pozorovaní v „oblačnom okne“ je hodnota H nahradená nekonečnom, resp. výškou hornej hranice atmosféry. Vzťah (5) v podstate reprezentuje mapovanie optických vlastností atmosféry ($T_{\lambda}, \Gamma_{\lambda}$) na detegovanú hodnotu spektrálnej žiary ($L_{e\lambda}$). Korektné vyhodnotenie experimentálnych dát preto nie je možné bez poznatkov o optických vlastnostiach lokálnej atmosféry. Vlastnosti pozemných svetelných zdrojov sú zohľadnené vo funkcii $I_{\lambda}(z_{0,h})$. Výpočet jasu je jednoduchý

$$L_V(z, A) = \int_{380nm}^{780nm} V_{\lambda} L_{e\lambda}(z, A) d\lambda \quad (6)$$

Všetky špecifické informácie obsiahnuté v spektrálnom priebehu funkcie $L_{e\lambda}$ sa však touto integráciou strácajú, pretože výsledkom je len jedna skalárna hodnota. Je zrejmé, že z hodnoty integrálu (teda z jedného čísla L_V) je vonkoncom nemožné dedukovať priebeh podintegrálnej funkcie ($L_{e\lambda}$). Hoci uhlové závislosti L_V a $L_{e\lambda}$ na z, A sú si navzájom podobné, nemožno povedať, že L_V kopíruje $L_{e\lambda}$. Je zrejmé, že smerom k zdroju budeme pozorovať nárast L_V aj $L_{e\lambda}$, ale strmosť tohto nárastu bude odlišná.

Záverečné poznámky

Aj keď tradičné fotometrické merania dávajú možnosť hodnotenia úrovne rušivého svetla a jeho vplyvu na ľudí, nie sú postačujúce na detailnú interpretáciu získaných dát. Predovšetkým nie je možné jednoznačne

určiť dôvody lokálnych fluktuácií úrovni osvetlenia, ich jednoznačnú väzbu na ten-ktorý meteorologický parameter a stanoviť tak kritériá vhodné pre modelovanie „svetelného znečistenia“ v akejkoľvek lokalite za akýchkoľvek podmienok. Ak totiž nie sú známe princípy transformácie spektra svetelného signálu v zakalenej atmosfére, nemožno navrhnúť zovšeobecnený model použiteľný za ľubovoľných podmienok. Pre rôzne lokality tak budú existovať rôzne, viac-menej empirické modely. Ich použiteľnosť bude diskutabilná, dokonca aj v prípade rovnakých, napr. bezoblačných podmienok. Dôvod je jednoduchý: aj keď sa zdá, že bezoblačné podmienky jednoznačne definujú aktuálny optický stav atmosféry, nie je to v skutočnosti pravda. Čistá atmosféra môže napr. v čase spaľovania uhlia obsahovať hodne uhlíkatých častíc, ktoré majú výrazne nesférický tvar a vykazujú vysokú mieru absorpcie. Naproti tomu, tá istá lokalita v prípade zmeny smeru vetra nemusí byť kontaminovaná časticami uhlíka, ale bežným „pozadovým“ aerosólom. Taký aerosól je zväčša tvorený neabsorbujúcimi hygroskopickými zložkami vzhľadom k čomu sa na tieto častice nabaľuje voda a dostávajú tak sférický tvar. Rozptyl svetla na sférických a nesférických časticách sa zásadne odlišuje. Popri tom, úroveň spätného rozptylu v atmosfére obsahujúcej absorbujúce častice je nižšia ako v atmosfére znečistenej neabsorbujúcim aerosólom. Pre bežného pozorovateľa budú oba stavy nerozpoznateľné a tak rozdiely v meranom osvetlení budú takmer s určitou nesprávne interpretované alebo dokonca neinterpretovateľné. Je preto veľmi vhodné doplniť rutinné merania jas a osvetlenia o merania spektrálnej žiary a ožiarenia.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol za podpory grantového projektu VEGA 2/0002/12.

Literatura a odkazy

- [1] Luginbuhl, C. B., Duriscoe, D. M., Moore, C. W., Richman, A., Lockwood, G. W., Davis, D. R., 2009. From the ground up II: Sky glow and near-ground artificial light propagation in flagstaff, Arizona. *Pub. Astron. Soc. Pacific* 121, 204-212.
- [2] Cinzano, P., Elvidge, C. D., 2004. Night sky brightness at sites from DMSP-OLS satellite measurements. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 353, 1107-1116.
- [3] Kyba, C. C. M., Ruhtz, T., Fischer, J., Hölker, F., 2005. Cloud coverage acts as an amplifier for ecological light pollution in urban ecosystems. *PlosOne* 6, e17307.
- [4] Aubé, M., Kocifaj, M., 2012. Using two light-pollution models to investigate artificial sky radiances at Canary Islands observatories. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 422, 819-830.
- [5] Esposito, F., Pavese, G., Serio, C., 2001. A preliminary study on the correlation between TOMS aerosol index and ground-based measured aerosol optical depth. *Atmosph. Environ.* 35, 5093-5098.
- [6] Kambezidis, H. D., Oikonomou, Th. I., Zveglis, D., 2002. Daylight climatology in the Athens urban environment: guidance for building designers. *Lighting Res. Technol.* 34, 297-312.
- [7] Clear, R., 1982. Calculation of turbidity and direct sun illuminances. Memo to Daylighting Group, Lawrence Berkeley Lab.
- [8] Zdunkowski, W., Trautmann, T., Bott, A., 2007. Radiation in the Atmosphere. A Course in Theoretical Meteorology. Cambridge University Press.
- [9] Liou, K. N., 2002. An Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press.
- [10] Teillet, P. M., 1990. Rayleigh optical depth comparisons from various sources. *Appl. Opt.* 29, 1897-1900.
- [11] Markel, V. A., Chalaev, V. M., 1999. Absorption of light by soot particles in micro-droplets of water. *J. Quant. Spectrosc. Rad. Transfer* 63, 321-339.
- [12] Schwartz, S., 1996. The whitehouse effect e shortwave radiative forcing of climate by anthropogenic aerosols: an overview. *J Aerosol Sci.* 27, 359e382.
- [13] Bohren, C. F., Huffman, D. R., 1983. Absorption and scattering of light by small particles. New York, NY, USA: Wiley.
- [14] Kocifaj, M., 2009. O príčinách premenlivosti úrovne rušivého svetla. Kurz osvetľovací techniky XXVII, VŠB, Technická univerzita Ostrava, ISBN 978-80-248-2087-3, 104-107.
- [15] Kocifaj, M. 2007. Light-pollution model for cloudy and cloudless night skies with ground-based light sources. *Appl. Opt.* 46, 3013-3022.

Změny v UNECE legislativě platné pro automobilové LED světlomety

Jan Popelek, Dr. RNDr.

GOTEC s.r.o., www.gotecorp.com, jan.popelek@gotecorp.com

Úvod

Osvětlení motorových vozidel se v průběhu relativně krátkých dějin jejich existence dostávalo do centra pozornosti regulačních úřadů, které si začaly všimnout nejen prospěšnosti dobrého osvětlení pohybujícího se vozidla, ale i nebezpečnosti osvětlení špatného. Počáteční regulace zděděná po koňských povozech zahrnovala pouze poziční světla, poté začaly vznikat jednotlivé národní předpisy a teprve po druhé světové válce začala snaha po mezinárodním sjednocení předpisů.

V roce 1949 kodifikovala tzv. Vídeňská konvence barvu světla vyzařovaného světly na dopravních prostředcích. Ve stručnosti: světla svítící dopředu musí být bílá nebo žlutá, směrová světla a světla svítící do stran musí být oranžová a světla svítící dozadu musí být červená. Jiné barvy nejsou povoleny, s výjimkou záchranných vozidel.

V roce 1952 vzniká GTB, pracovní skupina mající za cíl celosvětově harmonizovat předpisy pro automobilové osvětlení a usnadnit tak mezinárodní obchod s vozidly. Její práce je korunována v roce 1958 podpisem mezinárodní dohody známé jako "Dohoda 1958" o vzájemném uznávání homologací. Do roku 1995 mohly k této smlouvě přistoupit pouze státy Evropské unie, po tomto roce je otevřena všem státům bez rozdílu. V současnosti je signatáři 58 zemí, většina ostatních zemí požadavky této smlouvy implementuje do svých národních předpisů. Ze zemí, které se touto legislativou neřídí je nutné jmenovat USA, Kanadu, Austrálii, Japonsko a Indii. Ty mají své odlišné národní předpisy.

Dohoda 1958 zahrnuje mnoho příloh, tedy jednotlivých předpisů, které se týkají určité oblasti techniky motorových vozidel. Venkovního osvětlení vozidel se týkají jen některé a pro účely tohoto článku se zmíníme jen o několika z nich. Předpisy jsou živé dokumenty a zvolna (někdy až příliš zvolna) reagují na technický vývoj a nové poznatky v oboru. Tak bylo nutno upravit předpis se zavedením halogenových žárovek v roce 1962 nebo se zavedením výbojek (HID) v roce 1991. Technická možnost použití svítivých diod (LED) ve světlometech (zhruba od roku 2003) pořádně zamíchala kartami a jeden dodatek k předpisům stíhal druhý ve snaze LED povolit, ale zase ne moc. Poslední série změn, která vešla v platnost ke konci roku 2010 situaci poněkud stabilizovala, ale i zde se najdou ustanovení, vůči kterým má mnoho lidí výhrady. Další změny se proto dají očekávat v historicky krátké budoucnosti.

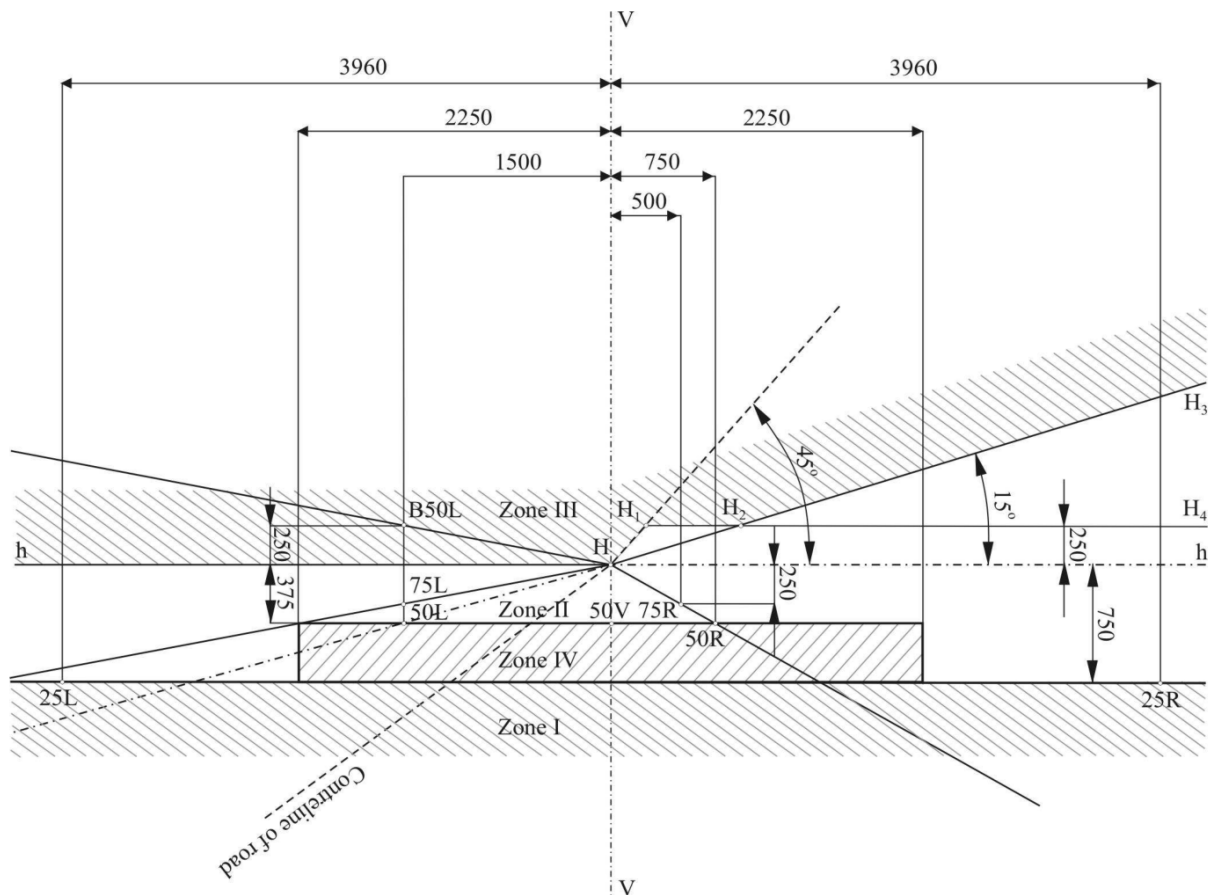
Situace před změnami 2010

Před rokem 2010 existovalo několik předpisů popisujících hlavní funkce světlometu (tedy potkávací a dálkové světlo), bohužel byly navzájem nekonsistentní a parametry světlometů se mezi sebou nedaly jednoduše porovnávat. Jedná se o předpisy:

- UNECE 112 pro světlomety s některou z halogenových žárovek uvedených v předpisu UNECE 37, kde je světelný tok žárovky uveden pro referenční napětí 12 V. LED světlomety je možno homologovat podle tohoto předpisu, ale jejich parametry je před vyhodnocením zapotřebí násobit koeficientem 0,7.
- UNECE 98 pro světlomety s některou z výbojek uvedených v předpisu UNECE 99. Lze si vybrat mezi dvěma tvary ořezu světelné stopy. LED světlomety podle tohoto předpisu homologovat nelze.
- UNECE 123 pro adaptivní světlomety měnící světelnou stopu v závislosti na jízdní situaci. Tyto mohou být vybaveny všemi typy světelných zdrojů, LED opět s koeficientem 0,7. Tvar ořezu světelné stopy je opět rozdílný oproti předpisům UNECE 112 a UNECE 98.

Pro úplnost uvedme ještě důležitý předpis UNECE 48, který popisuje umístění jednotlivých světelných funkcí na vozidle a jejich viditelnost z různých směrů.

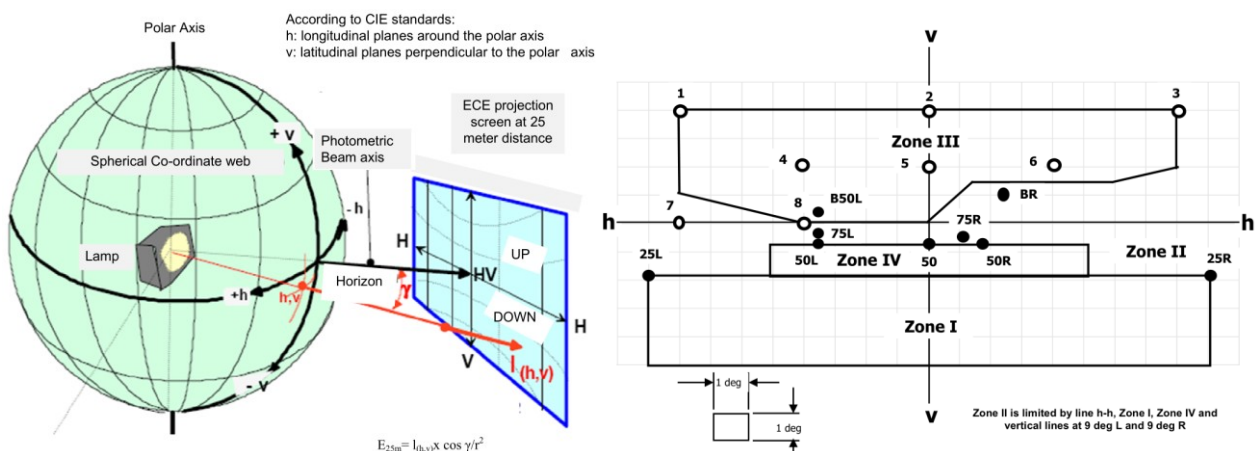
Vyhodnocování světelného svazku se děje na rovinné stěně vzdálené od světlometu 25 metrů, pozice kontrolních bodů je uvedena v milimetrech a hodnoty v těchto bodech jsou uváděny v luxech. Následující obrázek ukazuje měřicí stěnu pro předpis UNECE 112 a popis význačných měřících bodů.



Měřicí stěna schematicky vyjadřuje pohled řidiče jedoucího v pravém jízdním pruhu na cestu před vozidlem, kde v úběžníku silnice je umístěn bod HV. Od něj šikmo dolů ubíhá zleva: levá krajnice, střed protijedoucího pruhu, dělící čára, střed vlastního jízdního pruhu a nakonec pravá krajnice. Názvosloví měřících bodů vyjadřuje vzdálenost před vozidlem a jde-li o bod vpravo nebo vlevo. Bod 75L je proto bod 75 m před vozidlem na levé krajnici, bod 50V je 50 m přímo před autem a bod B50L je ve výšce očí protijedoucího řidiče 50 m před autem. V zóně III je navíc umístěno dalších 8 bodů, kde osvětlení musí být 0,1 až 0,7 luxu.

Změny po sérii dodatků 01 k předpisům UNECE 37, 112, 98 a 123

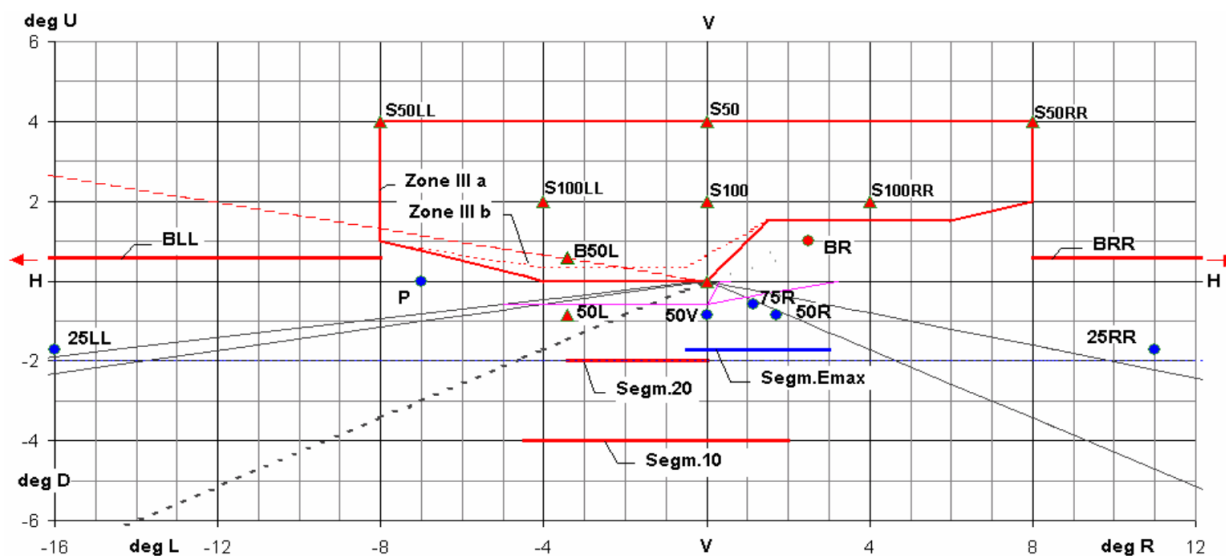
První velkou změnou je přechod na sférický souřadný systém pro definici měřících bodů a s tím spojené přepočítání všech hodnot z luxů na 25 m vzdálené stěně na fyzikálně korektnější kandely. Při této příležitosti mnozí profesionálové zjistili, že celou svou kariéru měřili své výrobky nekorektně, protože jejich goniometrický systém vždy měřil ve sférické soustavě a s kosinovou korekcí na rovinnou stěnu si obvodů nelámali.



Orientace sférického souřadného systému a nová definice ořezu a třetí zóny pro předpis UNECE 112.

Druhou velkou novinkou je změna referenčního napětí světelných zdrojů z 12 V na 13,2 V. Tato změna nejenže odstraňuje rozpory mezi předpisy, ale je také blíže skutečnému napětí, při kterém bude světlo na vozidle pracovat. Výbojek ani LED s vlastními zdroji se tato změna příliš nedotkne, ale v předpisu UNECE 37 bylo zapotřebí upravit referenční tok žárovek, např. u oblíbené halogenové žárovky H7 se tok změnil z 1100 lm při 12 V na 1500 lm při 13,2 V. Toto navýšení pak kaskádovitě vedlo k navýšení měřených hodnot v předpisech UNECE 98 a 123 a konečně také k odstranění diskriminačního faktoru 0,7 pro LED technologii.

Třetí významnou změnou je sjednocení ořezů světelného svazku na ten nejnovější z předpisu UNECE 123 a společnou definici třetí zóny. Do všech předpisů tak byl zaveden bod BR, který popisuje pozici zpětného zrcátka v předchozím vozidle a má za cíl omezit oslňování řidiče touto cestou. Těmito změnami se dosáhlo rovnoprávnosti všech světelných zdrojů před zákonem a poprvé je tak možno podle výsledku měření vzájemně hodnotit světlomety s různými světelnými zdroji.



Definice měřících bodů pro předpis UNECE 123 ve sférické soustavě souřadnic.

Otevřené otázky

Diskusním tématem, které spolehlivě rozproudí živou debatu je téma "1000 lumen". To je požadovaná hranice minimálního toku LED zdrojů použitých pro tvorbu potkávacího světelného svazku. Tento legislativní požadavek vůbec nebere v úvahu optickou účinnost světloometu a navíc je velmi obtížně ověřitelný na zkušebně. Domníváme se, že je jen otázkou času, kdy bude přeformulován nebo úplně zrušen. Poněkud mírnější debatu lze zahájit slovy "2000 lumen". To je hranice, pod kterou nemusí být světlomet vybaven automatickým ostřikováním krycího skla. Jedná se o poměrně nákladnou záležitost s nejistou účinností a zde jsou v nevýhodě světlomety s výbojkami, které mají všechny tok nad 3000 lm. Dokud nebude schválena nová 25W výbojka, mají v tomto ohledu LED světlomety jistou cenovou výhodu. Bude zajímavé sledovat, jaká překvapení nám GTB svými dalšími návrhy úprav předpisů UNECE připraví v budoucnu.

Literatura

- [1] Olga Klepan, „UNECE Regulation at 13.2V – Blessing or Curse?“, ISAL 2011, 9th International Symposium on Automotive Lighting, Darmstadt, 2011, pp. 658-670, ISBN 978-3-8316-4093-5
- [2] UNECE Regulations No. 98, 112, 123
- [3] GTB Proposals – ECE-TRANS-WP.29-GRE-2009-22e, 24e

Problematika aplikace LED technologie v prostředí automobilových světlometů

Jan Popelek, Dr. RNDr.

GOTEC s.r.o., www.gotecorp.com, jan.popelek@gotecorp.com

Rychlý rozvoj technologie světelných diod (LED) v posledních letech umožňuje jejich nasazení i v náročném prostředí automobilových světlometů. Můžeme tedy stále častěji vidat na silnicích automobily (zatím pouze vyšší cenové třídy), které používají LED nejenom pro signální funkce (blinkr, denní svícení), ale i pro hlavní osvětlovací funkce (potkávací a dálkové světlo). Návrh funkčního LED světlometu je ale obtížný úkol vyžadující vyřešení mnoha technických problémů spojených s unikátními vlastnostmi polovodičových zdrojů bílého světla.

Současný stav výkonových LED

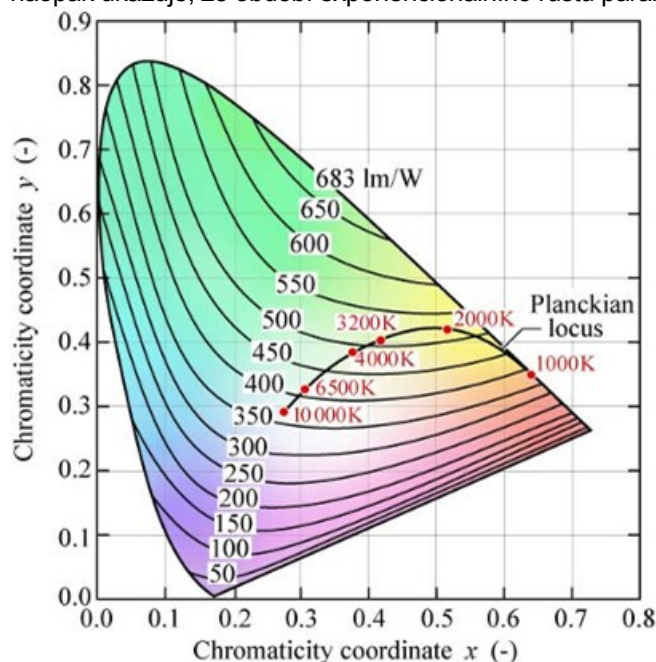
Typické pouzdro výkonové LED pro světlometové aplikace obsahuje 4 InGaN čipy uspořádané v řadě co nejbližší u sebe, každý o rozměru 1x1 mm². Vyzařované modré světlo je ihned konvertováno keramickým lumínoforem na světlo žluté, které společně se zbytky modrého světla (méně než 10%) vytváří dojem světla bílého. Keramické lumínofory získávají na popularitě především díky své velké odolnosti vůči vysokým teplotám a díky větší uniformitě tloušťky konverzní vrstvy. Protože prostředí ve světlometech je chemicky agresivní, bývají všechny kontaktní plošky na pouzdře pozlaceny.

Typické výkonové parametry na 1 mm² čipu při 25°C jsou uvedeny v následující tabulce.

Veličina	Hodnota	Veličina	Hodnota
Napětí	3,6 V	Teplota P-N přechodu	150 °C
Proud	1 A	Tepelný odpor T _{JB}	2,5 K/W
Tok	250 lm	Pracovní teplota	-40 až 135 °C
Barva světla	C _x = 0.322, C _y = 0.334	Účinnost	~25 %, 70 lm/W

Porovnáme-li tyto parametry s klasickými automobilovými zdroji (halogenová žárovka H7 1500 lm a 28 lm/W; HID výbojka D1S 3300 lm a 85 lm/W), je zřejmé, že LED je již rovnocenným světelným zdrojem.

Budeme-li věřit Haitzovu pravidlu tvrdícímu, že tok LED se za každých 10 let zvýší 20x, můžeme podporovat tezi, že LED převálcuje všechny ostatní zdroje světla. Laboratorní vzorky s účinností kolem 250 lm/W při malých proudech a pokojové teplotě jsou určitě nadějně. Realistický pohled na fyzikální meze technologie naopak ukazuje, že období exponencionálního růstu parametrů se blíží ke konci.



Teoretické limity účinnosti:

Ideální černé těleso 6600 K: **95 lm/W**

Viditelná část spektra ČT 5800 K: **251 lm/W**

Bílá LED: **~250 lm/W**

Dichromatická bílá: **~500 lm/W**

Výrobce světlometů pak může poznamenat, že LED světlomet nikdy nemůže cenově konkurovat světlometu s halogenovou žárovkou jednoduše proto, že ta ke svému provozu nevyžaduje drahou řídicí a stabilizační elektroniku.

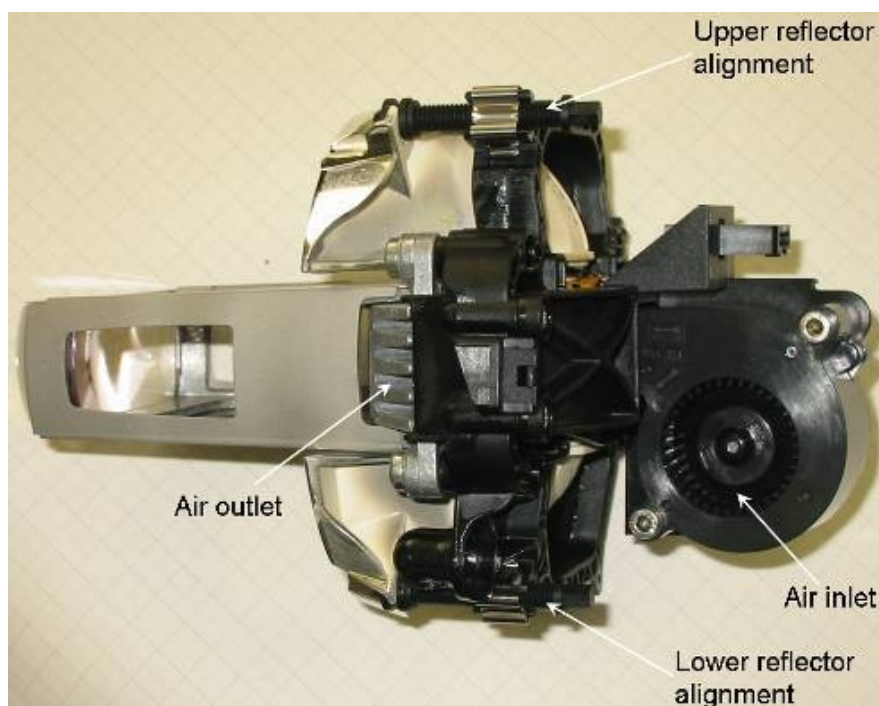
Odvod ztrátového tepla

Zdaleka největším problémem při aplikaci LED ve světlometech je návrh jejich účinného chlazení. Na rozdíl od žárovky, která skoro všechen ztrátový výkon vyzáří čelní stranou světlometu ve formě infračerveného záření se teplo u LED hromadí v polovodičovém materiálu a bez účinného odvodu vede velmi rychle ke katastrofickému selhání diody. P-N přechod LED je možno chladit pouze pomocí vedení tepla v materiálu polovodičového substrátu, poté pouzdra a následně chladiče. Pokud musíme zabezpečit funkci světlometu při okolní teplotě 90°C, nejedná se vůbec o jednoduchou úlohu, jak ilustruje následující příklad:

Potkávací světlo potřebuje světelný zdroj s tokem 2000 lm. Protože s teplotou klesá účinnost i vyzářený světelný tok, bude zapotřebí 10 mm² plochy čipu a celkového příkonu 36 W. Z toho asi 30 W bude nutno odvést z P-N přechodu do okolního vzduchu. Uvažujeme-li dvě pětičipová pouzdra, vychází maximální povolená teplota desky tištěných spojů v místě upevnění LED na $(150-15 \cdot 2,5) = 112^\circ\text{C}$ (pomineme, že to je za hranici odolnosti běžně používaných materiálů). Na celý chladičský řetězec tak zůstává 20-25°C teplotního gradientu, kterým musí protékat výkon 30 W.

Na opačném konci teplotního intervalu, ve kterém musí světlomet fungovat, při -40°C , je nutno zajistit efektivní odstranění námrazy z vnější strany krycího skla světlometu. U halogenových žárovek s tím není větší problém, infračervené záření nesoucí převážnou část výkonu žárovky bez problémů prochází polykarbonátem a naopak je intenzivně pohlcováno ledem. Ten se nataví a sklouzne po povrchu světlometu dolů. U LED světlometů tento jev neexistuje a nezbyvá, než čekat, až se vzduch uvnitř a poté i krycí sklo prohřeje nad bod mrazu. Při rychlejší jízdě v mrazivém počasí k tomu nemusí dojít vůbec.

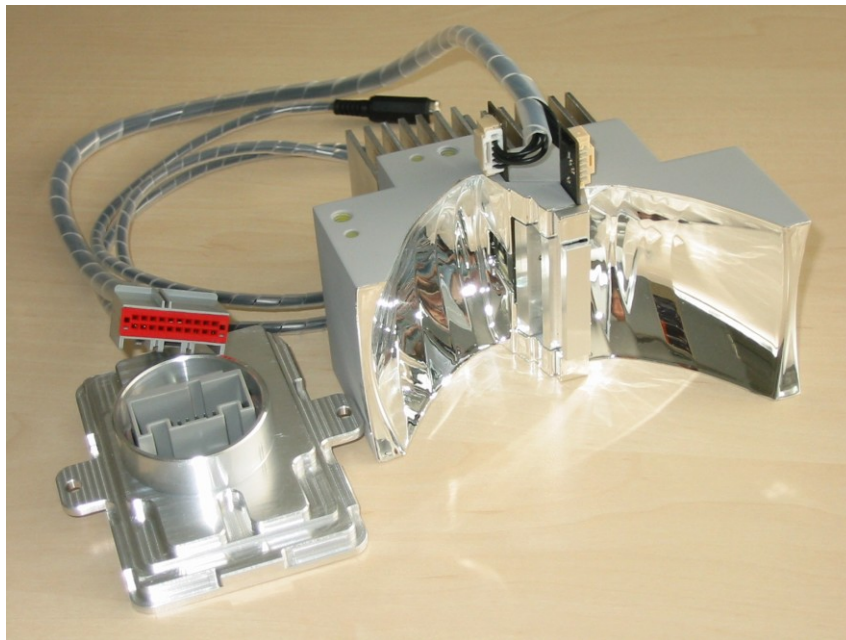
Většina LED světlometů je proto vybavena ventilátory, které ofukují relativně velké chladiče LED a teplý vzduch směřují na krycí sklo. Ventilátory ale mívají problémy s životností ložisek při extrémních teplotách a jejich životnost je limitujícím faktorem pro životnost celého světlometu. Menšinové řešení s pasivními chladiči zase naráží na velkou hmotnost světlometů a obtíže při splnění požadavků na ochranu chodců při srážkách. Hledání inženýrsky a cenově optimálního řešení problému odvodu tepla ještě zdaleka není uzavřeno a čeká se na nové neotřelé nápady.



Modul potkávacího světla ze světlometu Audi R8 (výrobce Automotive Lighting).

Řídicí elektronika

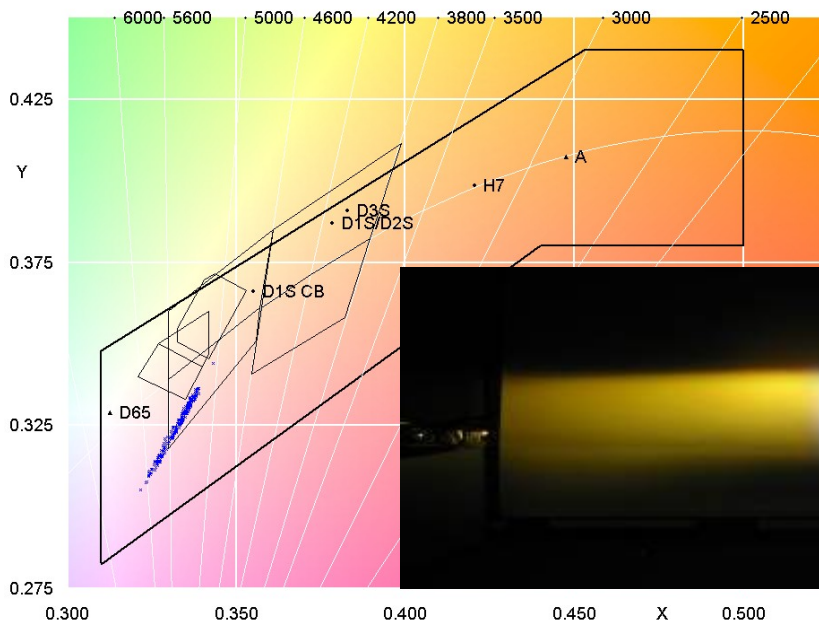
Strmá volt-ampérová charakteristika polovodičových diod neumožňuje prosté připojení LED na 12 V síť automobilu. LED vyžadují stálé napájení konstantním proudem, přestože napětí v palubní síti může kolísat mezi 9-19 V. Navíc je nutno monitorovat teplotu LED a v závislosti na ní upravovat hodnotu napájecího proudu, aby nedošlo k jejich zničení. V moderních automobilech jsou navíc periferie vozu řízené po sběrnici, proto je nezbytné ve světlometu kombinovat jak vysokofrekvenční analogové obvody spínaného zdroje, tak i digitální řízení mikrokontrolerem. Odladění řídicí elektroniky LED světlometu tak, aby splnila homologační zkoušky elektromagnetické kompatibility je pak často úkol na pomezí vědy a magie. I proto tvoří cena řídicí elektroniky druhou největší položku v rozpočtu LED světlometu (hned po ceně samotných LED).



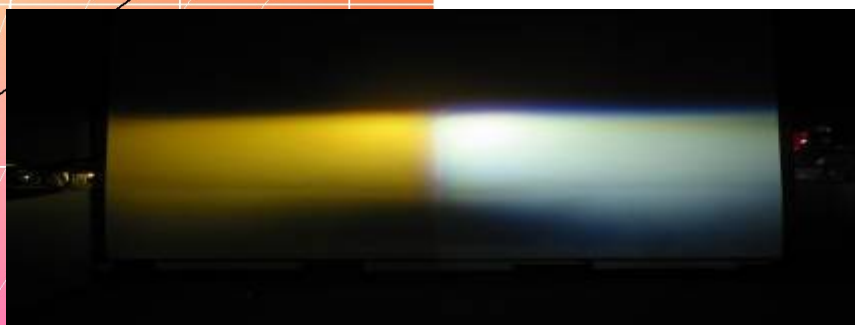
Řídicí elektronika a modul potkávacího světla (výrobce GOTEC, s.r.o.)

Sladění barev

Zajímavým problémem, který se vyskytuje při kombinaci klasických světelných zdrojů s LED (například HID projektoru pro potkávací světlo s LED pro dálkové světlo) je sladění barevných odstínů emitovaného světla. Dnešní technologie tvorby bílého světla pomocí konverze světla modrého luminoforem vede k tomu, že se výrobci běžně snaží posunout spektrum LED více do modré barvy, protože jim to zaručuje numericky vyšší hodnoty konverzní účinnosti a navíc většina osob takové světlo subjektivně považuje za silnější. Na výřezu z barevného trojúhelníku můžeme vidět vzájemnou polohu jednotlivých světelných zdrojů v rámci oblasti povolené pro automobilovou bílou barvu. Bílé výkonové LED se začaly vyrábět s barvou v oblasti zdroje D65 (~6000 K), postupně se výběr barevných odstínů rozšiřuje směrem k nižším barevným teplotám.



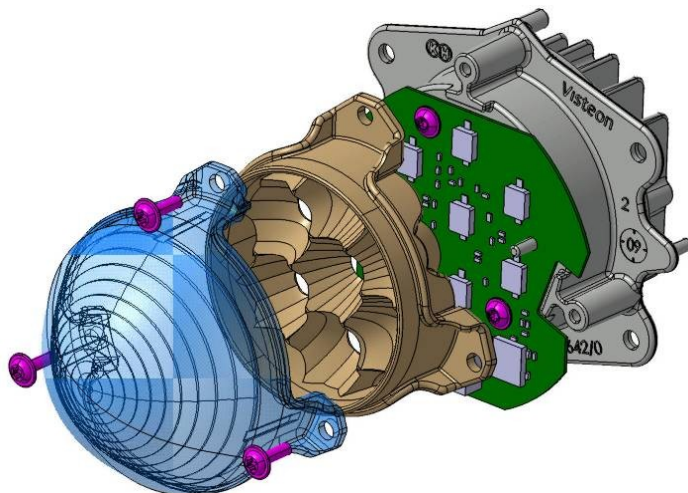
Pro zajímavost přikládáme fotografii porovnávající světlo z HID projektoru se světlem z LED projektoru.



Mechanické tolerance

Skutečnost, že pouzdra LED jsou mnohem menší, než baňka halogenové žárovky nebo HID výbojky, vede k automatickému očekávání stylistů, že i celkový optický systém bude podstatně menší, než klasická řešení. Neuvědomují si ale, že v podmínkách sériové výroby není velikost optické soustavy limitována velikostí nebo světelným tokem zdroje, ale jeho garantovanou výrobní tolerancí. Je-li v halogenové žárovce pozice vlákna vůči patici garantována s přesností $\pm 0,1$ mm, lze vyrábět odražeče pro potkávací světlo s minimálním horizontálním rozměrem asi 120 mm. Při tomto rozměru máme vysokou míru jistoty, že výsledný světelný svazek bude legální i pro pozici vlákna na hranici tolerance. Řetězec tolerancí je v případě reflektorového systému velmi krátký: vlákno žárovky vůči patici, patice vůči dosedu v reflektoru a případné deformace optické plochy.

Na příkladu blinkru pro vůz Bentley New Continental GT (výrobce Visteon-Autopal, s.r.o.) je možno demonstrovat, že typický systém s LED má toleranční řetězec podstatně delší: čip vůči pouzdru, pouzdro vůči desce tištěných spojů (PCB), PCB vůči chladiči (hlavní referenční součást) a k němu paralelně odražeč vůči chladiči a krycí čočka vůči chladiči. Skutečnost, že se nakonec čip ocitne vůči reflektoru ve správné pozici je pak už jenom výsledkem umění mechanických inženýrů a dodržování technologické kázně při výrobě tohoto modulu.



Výrobní linka

Sériová výroba LED světlometů také klade nové nároky na výrobní linku. Pro zamezení rizika skrytého poškození citlivých elektronických součástí je nutno navrhnout celou linku jako antistatickou a výstupní kontrola funkce světlometu musí být vybavena fotometrickým testerem, protože obvyklé elektrické testery nedokáží zjistit zda daná LED svítí a svítí-li ve správné intenzitě. Totální kontrola všech vyrobených kusů ještě před finálním zalepením krycího skla umožňuje zachytit a případně odstranit nedostatky, které by po kompletaci nutně vedly ke sešrotování materiálově velmi nákladného světlometu.



Fotometrický tester na konci výrobní linky světlometu.

Shnutí

Nástup výkonových svítivých diod do hlavních světlometových funkcí je doprovázen nutností řešit nové technické problémy, které se u klasických světelných zdrojů nevyskytují. Navíc je oblast polovodičových zdrojů světla zatížena spoustou mýtů („LED je neúčinnější“ nebo „LED je studený zdroj světla“ případně „LED světlomet může být miniaturní“), kterých se automobilky nerady vzdávají. Konfrontace s fyzikální realitou a s finančními náklady nutnými pro realizaci stylistova snu pak mnohdy vede k rozčarování. Nezbyvá proto, než aby odborná veřejnost neustále opakovala obdobně heslovité pravdy ve stylu:

- LED topí
- LED lze zničit mnoha způsoby
- LED světlomet nemůže být levnější než žárovkový, za to musí být přesnější
- LED se rozsvítí rychleji a při dobré péči vám vydrží déle.

Literatura

- [1] „LED Technologies in Automotive Lighting“, report by Driving Vision News, 2012, www.drivingvisionnews.com
- [2] Jan Popelek, „Benchmarking of LED headlamps – unravelling the mysteries“, 12th International Conference Intelligent Automotive Lighting, Stuttgart, 2012.
- [3] Ulrich Frei, Michael Brandl, Frank Singer, „High Power Multichip LEDs for Frontlighting Applications – The Evolution Continues“, ISAL 2011, 9th International Symposium on Automotive Lighting, Darmstadt, 2011, pp. 286-295, ISBN 978-3-8316-4093-5
- [4] Wolfgang Pohlmann, „Robustness of LED Components and LED Systems“, ISAL 2011, 9th International Symposium on Automotive Lighting, Darmstadt, 2011, pp. 647-657, ISBN 978-3-8316-4093-5
- [5] Workshop „Automotive LED-headlights development: Challenges and opportunities for designers and engineers“ at 11th International Conference Intelligent Automotive Lighting, Frankfurt Messe, 2011
- [6] Bruce A. Myers, Gary Eesley, David Ihms, „Electronics Cooling in the Automotive Environment“, Electronics Cooling, Volume 16, No. 1, 2010
- [7] Vladimír Kuběna, Jan Popelek, Jan Kratochvíl, „Headlamp Light Performance: Can the Color Temperature Beat the Collected Luminous Flux?“, ISAL 2009, 8th International Symposium on Automotive Lighting, Darmstadt, 2009.
- [8] Rainer Neumann, Vladimír Dobruš, Jan Popelek, Mitch Sayers, Vladimír Kuběna, „High Efficient LED Headlamp Design – Styling versus Light Performance“, Automotive Lighting Technology and Human Factors in Driver Vision and Lighting (SP-2106), SAE Technical Paper Series, 2007-01-0874, ISBN0-7680-1631-2

Návrh řídicího systému pro fytotronovou komoru

Ing. Stanislav Sumec, Ph.D., doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky, Technická 8, 616 00 Brno, www.ueen.feec.vutbr.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá návrhem systému pro ovládání fytotronové komory. Výsledný systém by měl zajistit autonomní provoz celého zařízení s možností parametrizace jeho činnosti a sběru měřených dat. Je zde prezentován způsob propojení jednotlivých komponent s včetně komunikace s nadřazeným systémem (PC). Pro otestování základní funkce systému byla vytvořena sada aplikací pro autonomní provoz komory, měření veličin, vzdálené ovládání a sběr dat přes síť Internet.

1. Úvod

V rámci projektu řešeného našim pracovištěm vyvíjíme osvětlení pro fytotronovou komoru s důrazem na efektivitu využití energie a vhodnost pro růst rostlin. Fytotronové komory simulují přirozené podmínky pro rostlinou kultivaci. Využívají se při výzkumu růstu rostlin a jejich reakce na stresové změny prostředí [1]. Aby bylo možné experimentálně ověřit funkčnost vytvořených prototypů svítidel v reálném provozu, je nutné vytvořit také vhodný systém pro řízení procesů v této komoře včetně dlouhodobého monitorování zvolených veličin. Hlavní požadavky na funkci systému byly stanoveny následovně:

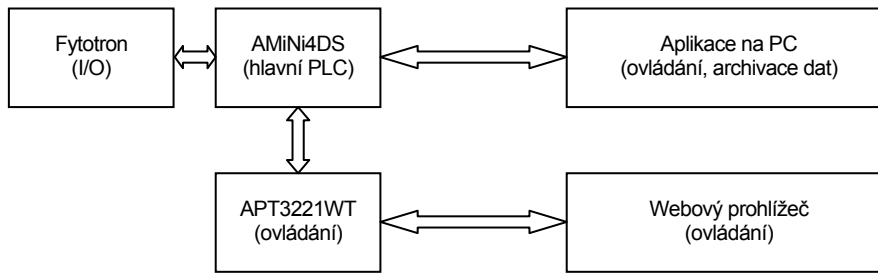
- spouštění osvětlení podle časových plánů, regulace intenzity a barevného spektra;
- měření veličin jako teplota, vlhkost, spotřeba energie (obecně energetické vstupy);
- možnost regulace topení, zálivky;
- vzdálené ovládání a přístup k naměřeným datům, popř. jejich zpracování a vizualizace.

Řídicí systém může být realizován jak klasickým počítačem doplněným vstupními a výstupními moduly, tak programovatelným logickým automatem (PLC) používaným běžně v průmyslu. Pro větší spolehlivost jsme se zaměřili na využití PLC, které umožní zajistit funkce řídicí a také monitorovací včetně vzdáleného řízení procesů a sběru dat. K dispozici je řada produktů zahraničních firem jako ABB, Siemens. V projektu jsme se rozhodli upřednostnit tuzemské výrobce obdobných zařízení. Provedli jsme podrobnější porovnání produktů firem AMiT a Teco, které dodávají zařízení s parametry srovnatelnými se zahraničními produkty. Pro vybrané PLC obou výrobců byl vytvořen a otestován prototyp řídicí software.

2. PLC AMiT

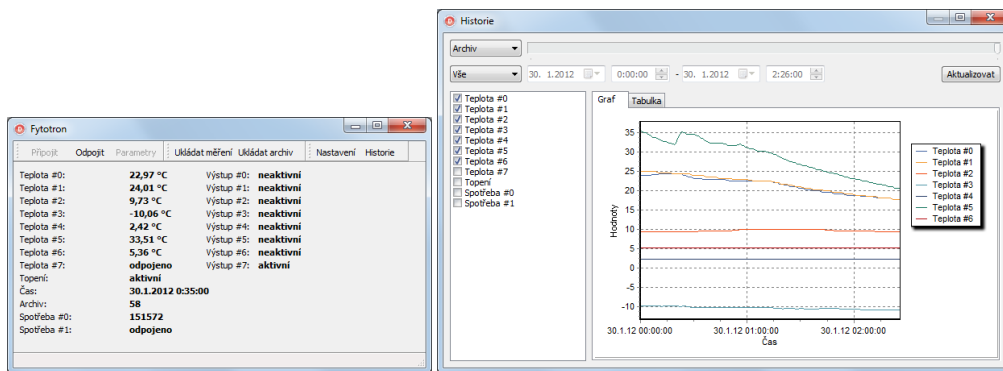
Od firmy AMiT byl vybrán řídicí systém AMiNi4DS obsahující potřebně vstupně/výstupní (I/O) moduly a grafický terminál APT3221WT zajišťující kromě vizualizační funkce také webový server pro vzdálené řízení. K základním parametrům AMiNi4DS patří 8 analogových a 8 digitálních vstupů, 4 analogové a 8 digitálních výstupů, rozhraní Ethernet a sériová linka RS232 a RS485. Dále je k dispozici displej a klávesnice pro zobrazení a změnu parametrů systému [2]. Grafický terminál APT3221WT obsahuje dotykovou obrazovku s rozlišením 320 x 240 bodů a obdobné komunikační rozhraní jako předchozí [3]. Postrádá však I/O moduly, proto je nutná spolupráce buď s dalším PLC nebo lze připojit pouze externí I/O modul.

V základní variantě bylo použito pro řízení fytotronové komory samostatné PLC bez grafického terminálu. Byl vytvořen software pro regulaci a měření osvětlení a teploty včetně archivace zaznamenaných dat. Veškeré parametry bylo možné nastavovat přímo na PLC. Základní požadavky kladené na systém bylo možné tímto zařízením splnit. Omezující se ukázal způsob archivace měřených dat. Bylo zvoleno minutové zaznamenávání měření několika veličin, díky vlastnostem PLC však šlo uchovávat záznamy za cca 1-2 týdny. Bylo by možné provést optimalizace způsobu ukládání, ale i tak je celkové množství dat omezeno kapacitou interní paměti PLC, protože systém neumožňuje ukládání na externí paměť např. paměťovou kartu typu SD. Z tohoto důvodu je nutné pravidelně data z PLC stahovat pomocí některého vizualizačního nástroje. Zjednodušenou strukturu systému s použitím uvedeného PLC ukazuje Obrázek 1.



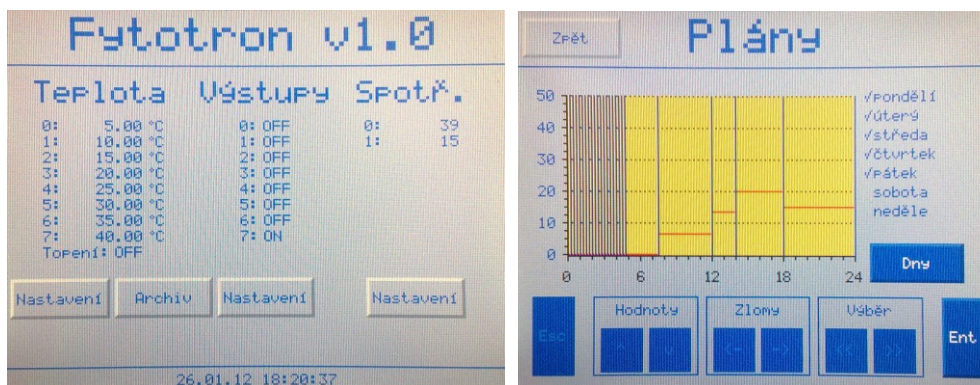
• Obrázek 1: Přehled systému založeného na produktech AMiT

Aby byl tento proces stahování dat usnadněn, byla vytvořena vlastní aplikace pro operační systém Microsoft Windows, která komunikuje s PLC prostřednictvím sítě Ethernet protokolem DB-Net/IP a umožňuje načítání dat z interního archivu včetně jejich přesun do SQL databáze. Program také umožňuje měnit na dálku parametry systému a prezentovat naměřená data. Pravidelným (automatizovaným) spouštěním programu lze zajistit bezpečnou archivaci dat mimo PLC. Další obrázek ukazuje vzhled hlavního okna aplikace připojené k PLC, jsou zde zobrazeny aktuální měřené hodnoty. Dále je vidět okno s archivem dat, která lze prohlížet ve formě grafu i tabulky.



• Obrázek 2: Aplikace pro ovládání a archivaci dat z AMiNi4DS

Stejným protokolem může komunikovat s PLC také grafický terminál. Výhodou je, že není nutné žádným způsobem rozšiřovat ovládací SW v PLC. Je však samozřejmě nutné naprogramovat uživatelské rozhraní v terminálu, případně také webové stránky umístěné na vestavěném webovém serveru. Doplněním tohoto zařízení se usnadní obsluha přímo na místě fytotronové komory, protože parametry systému a naměřená data se prezentují v grafické podobě, také vzdálené řízení je jednodušší a pro přístup k parametrům systému lze použít libovolný prohlížeč webových stránek. Příklad uživatelského rozhraní grafického terminálu prezentuje Obrázek 3.

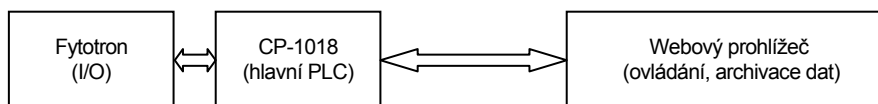


• Obrázek 3: Uživatelské rozhraní na grafickém terminálu

3. PLC Teco

Dalším testovaným zařízením bylo PLC TECOMAT FOXTROT CP-1018 od společnosti Teco, které kromě potřebných I/O modulů integruje také webový server [4]. Zařízení má k dispozici 10 kombinovaných vstupů

(lze použít jako analogové i digitální), 2 analogové vstupy, 4 analogové výstupy a 7 výstupních relé. Obdobně jako PLC od AMiT je také zde k dispozici integrovaný displej a klávesnice pro změnu parametrů programu. Další periférie lze kromě sériové linky připojit pomocí dvoudrátovou sběrnice CIB, pro kterou výrobce dodává řadu zařízení jako čidla teploty, vlhkosti, kvality vzduchu, dále různé ovladače, vypínače, předřadníky atd. Realizace řídicích funkcí fytotronové komory je prostřednictvím toho PLC srovnatelné jako u předchozího výrobce. Významnou výhodou je zde možnost ukládat měřená data na připojenou SD kartu. Lze tak uchovávat mnohem větší počet záznamů, případně použít častější vzorkování signálů. Pro vzdálený přístup k PLC může být využit integrovaný webový server, který kromě vizualizace dat a změny parametrů, umožňuje stažení archivů naměřených dat uložených na SD kartě. Odpadá tak nutnost používat na PC speciální aplikaci a stažení dat i ovládání lze realizovat pomocí běžného webového prohlížeče. Struktura celého systému se tak zjednoduší. Schéma této varianty ukazuje Obrázek 4. S výhodou lze využít další vlastnosti tohoto systému a to je schopnost odesílat data na server prostřednictvím ftp či http protokolu. PLC tak může zcela automaticky plnit databázi naměřených záznamů na bezpečném úložišti.



• Obrázek 4: Přehled systému s PLC Teco

Vytvoření aplikace umožňuje řízení 3 nezávislých svítidel s možností regulace intenzity zářivého toku, případně může být použito jedno svítidlo s několika spektrálními charakteristikami např. pro vyhodnocení vlivu spektra záření na růst rostlin. Osvětlení může být buď nastaveno na fixní hodnotu, nebo spínáno podle časového plánu. V časovém plánu lze zadat několik hodnot během každého dne týdne, kdy je osvětlení aktivováno na příslušnou zvolenou hodnotu výkonu. Předpokládá se využití časových plánů také pro řízení dalších veličin. Měření teploty je realizováno odporovým čidlem. Je však možnost připojit další snímače teploty či vlhkosti pomocí CIB sběrnice. Naměřené hodnoty a také stav řízených veličin se ukládají do archivu umístěného na paměťové kartě připojené k PLC. Díky tomu lze uchovávat data získaná z dlouhého časového období. Regulace jiných veličin může být snadno doplněna podle dalších požadavků. Software je připraven na případné další zpracování měřených hodnot a odeslání výsledků na příslušný výstup. Nastavování hodnot osvětlení a přehled o aktuálním stavu lze provádět přímo na PLC prostřednictvím vestavěného displeje a klávesnice. Kromě toho bylo využito integrovaného webového serveru, pro který byly připraveny webové stránky umožňující také sledování aktuálních hodnot případně změnu parametrů systému. Navíc poskytuje přístup k archivu naměřených hodnot, které lze stáhnout z PLC ve formátu běžných CSV souborů. Obrázek 5 obsahuje příklad webového rozhraní pro změnu parametrů systému.



• Obrázek 5: Ukázka webového rozhraní pro nastavení parametrů

Menší komplikací při vývoji software pro tento typ PLC je způsob realizace časových plánů v knihovnách, které jsou dodávány výrobcem. Jsou k dispozici bloky umožňující plánování pouze jednoho či dvou časových úseků, kdy má být výstupní hodnota aktivní. Systémové knihovny firmy AMiT obsahují funkce umožňující definovat průběh veličiny v čase, tj. může být jednoduše definováno více intervalů a odpovídajících hodnot. Také jsou k dispozici prvky umožňující tvorbu uživatelského rozhraní pro definici časových plánů na displeji PLC či grafického terminálu. V PLC firmy Teco je nutné k vytvoření plánu s více intervaly zkombinovat více jednoduchých bloků. Stejně tak uživatelské rozhraní pro zadávání intervalů musí být vytvořeno postupně pro jednotlivé časové úseky. O možnosti rozšíření funkcí časových plánů se bude jednat s vývojáři firmy Teco a je pravděpodobné, že se podaří integrovat požadované funkce do parametrizačních nástrojů, aby bylo sestavování plánů jednodušší a přehlednější. Jedná se o jednu ze stěžejních funkcí systému.

4. Závěr

Oba typy řídicích systémů byly podrobeny testům při zkušebnímu provozu, kdy byla prováděna regulace teploty a osvětlení na základě měření. Dále byly zaznamenávány získané hodnoty do archivu pro další zpracování. Základní funkce obou variant jsou srovnatelné. Celkově jsme vyhodnotili koncept zařízení společnosti Teco jako vhodnější pro nasazení ve fytotronové komoře, i když máme s produktu firmy AMiT dlouholeté zkušenosti a pro řadu aplikací se hodí lépe. Pro PLC firmy Teco je k dispozici řada nejrůznějších čidel a ovládacích prvků snadno připojitelných přes CIB sběrnici, záznam měření může být prováděn dlouhodobě bez nutnosti častého stahování dat. Webový server pro vizualizace a přístup k zaznamenanému měření je integrován v jediném zařízení. Pro případné další nasazení systému vychází tato varianta výhodněji. V současné době bude vytvořený systém nasazen při testování prototypů svítidel. Bude se zkoumat vliv způsobu osvětlení na růst rostlin včetně sledování teploty a účinnosti zařízení.

Poděkování

Výzkum byl financován z části za podpory Evropského fondu pro regionální rozvoj v rámci projektu č. CZ.1.05/2.1.00/01.0014 Centra pro výzkum a využití obnovitelných zdrojů energie a z části z projektu Výzkum a vývoj fytotronových komor s nízkou energetickou spotřebou č. FR-T13/383.

Literatura

- [1] Fytotronové (růstové) komory. *BLOCK a.s.* [online]. 2011 [cit. 2012-09-06]. Dostupné z: <http://www.block.cz/cs-116-fytotronove-rustove-komory.html>
- [2] Malé řídicí systémy, programovatelné automaty. *AMiT* [online]. 2012 [cit. 2012-09-06]. Dostupné z: <http://amit.cz/cz/products/minicompacts.htm>
- [3] Grafické terminály, volně programovatelné terminály. *AMiT* [online]. 2012 [cit. 2012-09-06]. Dostupné z: <http://amit.cz/cz/products/grterminals.htm>
- [4] CP-1018. *Tecomat* [online]. 2012 [cit. 2012-09-06]. Dostupné z: <http://www.tecomat.com/index.php?ID=717>

Energetická náročnost osvětlení – porovnání výpočtových metod

Zuzana, Pelánová, Ing.; Bohumír, Garlík, Ing., CSc.

Katedra technického zařízení budov, Fakulta stavební, České vysoké učení technické,
email: zuzana.pelanova@fsv.cvut.cz, bohumir.garlik@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Článek je zaměřen na energetickou náročnost osvětlení a poukazuje na důležitost správného osvětlení s ohledem na energetickou náročnost osvětlovacích soustav se zaměřením na školské budovy. V rámci projektu bylo provedeno několik výpočtů s použitím různých výpočetních metod a postupů pro určení spotřeby energie osvětlovací soustavy. Na základě porovnání výsledků je poukázáno na důležitost výběru výpočetní metody vhodné pro účel výpočtu.

Úvod

Udržitelné osvětlování (Sustainable Lighting Design) je nedílnou součástí nejen nízkoenergetického návrhu budov. Pro běžnou administrativní budovu představuje osvětlení okolo 30% z celkové energetické spotřeby. Spotřeba energie na osvětlení ve školských budovách činí okolo 15-20% z celkového příkonu.

V dnešní době, ve snaze o udržitelnou výstavbu ve všech sektorech stavebnictví, jsme schopni navrhnout a realizovat budovu s výbornými tepelnými vlastnostmi, s použitím vysoce účinných zařízení a použitím obnovitelných zdrojů energie. Tím dochází ke značným úsporám energie na vytápění, chlazení či provoz zařízení. V tomto případě pak osvětlení, tak jak se v dnešní době běžně navrhuje, zaujímá značnou část spotřeby energie v budově. Ačkoliv by měla být snaha o dosažení co nejnižší spotřeby energie na osvětlení, musíme mít na paměti, že energetická náročnost osvětlení nesmí být nikdy nadřazena nad splnění světelně technických parametrů.

Spotřeba energie pro osvětlení se v současné době s ohledem na platnou legislativu ČR řeší jako jedna část v rámci energetického auditu a hodnocení energetické náročnosti budov.

Energetický audit – slouží ke stanovení skutečné energetické náročnosti budov a k hledání možných úspor elektrické energie a to jak z hlediska energetického, tak i ekonomického a environmentálního.

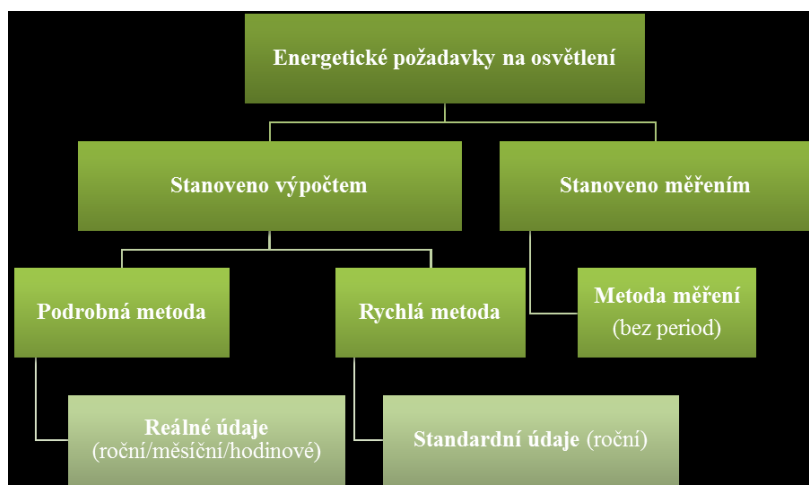
Energetická náročnost budov – hodnocení energetické náročnosti budov vypovídá o tom, s jakou energetickou účinností je objekt navržen. Hodnocení ENB je určeno ke vzájemnému porovnání budov podobného typu. Pro zachování možnosti porovnání vychází výpočet z normových vstupních údajů specifických pro daný typ budovy (např. provozní doba, využití denního světla apod.). Hodnocena je celková roční dodaná energie na vytápění, chlazení, větrání, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení, přičemž se zohledňuje využití energie z obnovitelných zdrojů.

Energetická certifikace osvětlení – tato certifikace se provádí na Slovensku jako samostatná část energetického hodnocení budov. Obsahuje informace pouze o části osvětlení a je zpracována osobami k tomuto účelu způsobilými. Postup certifikace vychází z normy STN EN 15193 a příslušných zákonů a vyhlášek.

Způsoby stanovení využití energie pro osvětlení

Pro výpočet energetické náročnosti osvětlení v budově lze použít různých metod a různých výpočtových nástrojů používajících různé výpočtové metody. Způsoby stanovení energie spotřebované pro osvětlení jsou uvedeny na obrázku 1.

Vzhledem k tomu, že při hodnocení energetické náročnosti osvětlení stávajících budov i nových objektů pracujeme většinou pouze s přibližnými hodnotami, vždy je třeba určit míru nepřesnosti našeho hodnocení. Pro možnost objektivního hodnocení energetické náročnosti osvětlení je třeba do budoucna zajistit přímé měření spotřeby elektrické energie pro osvětlení, které nám poskytne přesná data o spotřebě energie právě jen pro osvětlovací soustavu. Bez tohoto jsou jakékoliv výsledky energetického hodnocení a následná úsporná opatření pouze odhadovaná, čímž dávají šanci poměrně snadno legálně manipulovat výsledkem na jednu nebo druhou stranu.



• obrázek 1: Alternativní cesty pro stanovení využití energie (ČSN EN 15193) **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Určení spotřeby energie výpočtem je používáno především pro nově navrhované budovy. Podle požadované přesnosti výpočtu volíme mezi rychlou (méně přesnou) nebo pomalou (komplexní, více přesnou) metodou výpočtu. Výpočty lze provést ručně nebo s použitím softwaru.

Rychlá metoda se u výpočtu energetického vyhodnocení osvětlení používá pro hrubý odhad spotřeby energie pro budovu jako celek. Pomocí této metody lze ověřit, zda daná spotřeba energie na osvětlení odpovídá směrným hodnotám spotřeby elektrické energie pro referenční objekt. Metoda se používá pro účely rychlých odhadů a to zejména na projektové hodnocení. V praxi by měl probíhat takový postup, že posuzovatel nejdříve spočte spotřebu energie rychlou metodou, pokud výsledky nevyhoví, přistupuje se až následně k přesnějšímu výpočtu podrobnou metodou. Na základě výsledků z této metody nelze navrhnout úsporná opatření **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Podrobná (komplexní) metoda používá přesnější odhad spotřeby energie na osvětlení. Umožňuje získat přehled o podílu spotřeby elektrické energie jednotlivých prostorových jednotek objektu. Přesnější stanovení odhadu energie pro osvětlení lze provést také pro různá časová období (měsíční, roční popřípadě hodinový výpočtový krok). Tuto metodu lze použít pro libovolné období a místo (polohu) za předpokladu, že je stanoven úplný odhad obsazení místnosti a dostupnosti denního světla. V porovnání s rychlou metodou je podrobná metoda komplexnější, určování činitelů probíhá podrobněji a ne pouze tabelárně, tyto činitele následně upřesňují hodnotu skutečného využívaného příkonu (vypočteného) oproti celkovému instalovanému příkonu osvětlovací soustavy. Celý výpočet se tak přibližuje reálnému využití soustavy. Metoda se používá na bilanční hodnocení budov. Podle prvních zkušeností s výpočty spotřeby energie na osvětlení se ukazuje, že výpočty provedené rychlou metodou vedou obecně k vyšším hodnotám ukazatele LENI, než hodnoty získané podrobnou metodou.

Ne vždy je reálná soustava využívána vhodně a vzhledem k tomu, že metody pro výpočet energetické náročnosti jsou sestaveny tak, aby bylo možné porovnání všech vypočtených budov stejného typu, není zaručeno, že skutečná spotřeba energie není, popřípadě nebude reálně vyšší, než spotřeba vypočtená. Toto by se však nemělo stát, pokud posuzovatel správně zavede do výpočtu reálné chování soustavy.

Porovnání energetické náročnosti osvětlení dle vybraných výpočtových metod

Jako vzorová místnost pro srovnání výpočtů dle různých metod pro energetickou náročnost osvětlení je zde uvedena typická vyučovací místnost soukromé základní školy, kde v minulých letech došlo k celkové rekonstrukci osvětlovací soustavy. Ačkoliv běžně se výpočty provádí pro celý stavební objekt, zde z hlediska rozsahu a charakteru projektu a pro možnost posouzení výsledků jsou všechny výpočty provedeny pouze pro tuto jednu typovou místnost.

Původní osvětlovací soustava byla řešena zavěšenými svítidly s distribucí světelného toku pouze do dolního poloprostoru (přímá svítidla) se zářivkami T8. Kombinace zavěšených přímých svítidel s difuzní mřížkou a zdroji T8 neposkytovala uspokojivou účinnost ani dostatečnou zrakovou pohodu uživatelů. Nový

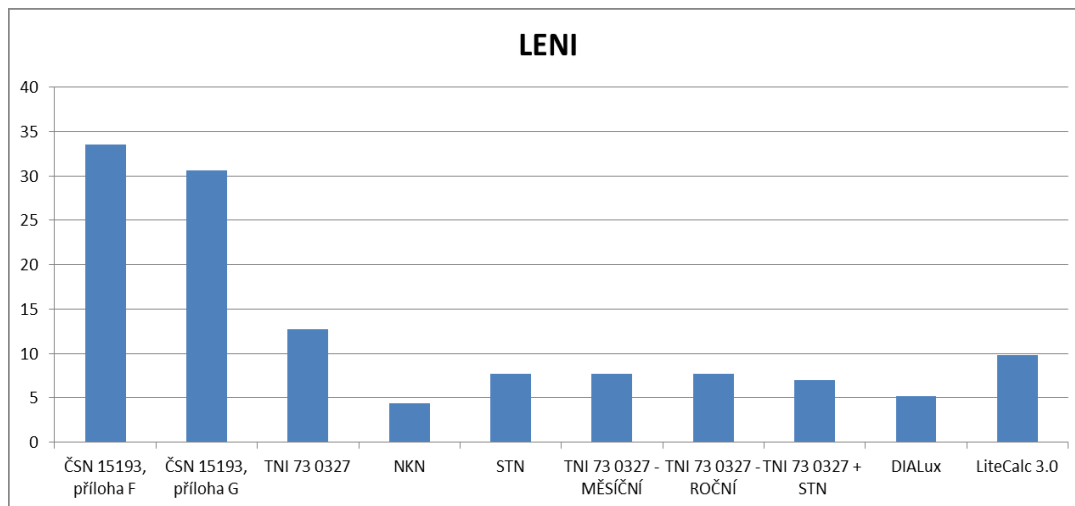
návrh světelného řešení učebny byl realizován svítidly s distribucí 50% do dolního a 50% do horního poloprostoru se zavěšením ve výšce 2,5 m a s trubcovými zářivkovými zdroji T5 2x35 W, rozmístěna v síti 2x3 svítidla. Pro osvětlení tabule dvě asymetrická svítidla, každé se zdrojem 1x35 W umístěna 1m od tabule. S použitím inteligentního řízení osvětlovací soustavy v závislosti na denním osvětlení umožňujícím zároveň detekci osob. Provoz systému je nastaven tak, že po stisknutí tlačítka dojde k rozsvícení osvětlovací soustavy na úroveň, kdy osvětlenost na srovnávací rovině je $E=500$ lx, v závislosti na denním osvětlení je i nadále celý systém regulován na tuto hodnotu. Zároveň však v souladu s informacemi z čidla pro detekci osob je systém nastaven tak, aby soustava byla vypnuta, pokud není detekován pohyb více než 15 min. Mimo systém automatického řízení je pro uživatele možnost manuální kontroly osvětlení při vstupu do místnosti. Vzhledem k tomu, že řady lavic u oken mají vyšší podíl denního osvětlení než řady u dveří, bude celý systém naprogramován tak, aby v případě regulace dle denního světla svítla řada u dveří o 30% více než u oken a tím byla zohledněna rovnoměrnost denního osvětlení. Pokud je osvětlení prostoru dostatečné díky dennímu osvětlení, bude celá soustava po postupném stmívání zcela vypnuta.

Tabulka níže (tabulka 1) ukazuje přehled výsledných hodnot spotřeby energie vypočtené pomocí jednotlivých výpočetních metod.

Zdroj	W_L	W_p	W	LENI
Rychlá metoda – ruční výpočet				
ČSN 15193, příloha F Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.	1692,1	221,4	1913,5	33,5
ČSN 15193, příloha G Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.	1524,7	221,4	1746,1	30,6
TNI 73 0327 Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.	717,3	10,1	727,4	12,7
STN 15193Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.	431	10,1	441,1	7,7
Rychlá metoda – SW				
NKN	249	0	249	4,4
Podrobná metoda – ruční výpočet				
TNI 73 0327 Chyba! Nenalezen zdroj odkazů. – měsíční krok	428,7	10,1	438,8	7,7
TNI 73 0327 Chyba! Nenalezen zdroj odkazů. – roční krok	428,4	10,1	438,5	7,7
TNI 73 0327 Chyba! Nenalezen zdroj odkazů. + STN	387,2	10,2	397,4	6,96
Podrobná metoda – SW				
DIALux	285,7	13,5	299,3	5,2
LiteCalc 3.0	497	61,2	558,2	9,8

• Tabulka 1: Přehled hodnot spotřeby energie při použití různých výpočtových metod pro vzorovou místnost

Níže na obrázku č. 2 je uveden přehledový graf výsledků dosažených různými výpočetními postupy. Můžeme vidět, že hodnoty LENI vyhoví dle požadavků ČSN EN 15193 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** ve všech případech.



• obrázek 2: Přehledový graf výsledků LENI dosažených dle použití různých metod

Obecně pomocí různých výpočtů využívajících rychlé metody se můžeme dostat k diametrálně odlišným výsledkům. Základní výpočet dle ČSN 15193 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** dosahuje vysokých hodnot ukazatele LENI a to při použití příloh F i G (rozdíl v určení činitele FD). Při výpočtu dle TNI 73 0327 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, který obsahuje podrobnější určení příkonů osvětlovací soustavy, se dostáváme k hodnotám o více než 50% nižším. Rozdíl v tomto případě je způsoben pouze přesnějším určením příkonů osvětlovací soustavy bližším realitě.

Pokud však přejdeme k softwarovému určení spotřeby, dostáváme hodnoty ještě nižší. Tyto hodnoty jsou dokonce nižší, nebo stejné, než hodnoty vypočtené pomocí podrobné metody. V případě rozdílu hodnot při použití NKN (Národní kalkulační nástroj) se pravděpodobně jedná o nepřesnosti vzniklé jednoduchým zadáváním a charakterem výpočetního programu. NKN, jak je uvedeno výše, neslouží primárně pro výpočet energetického hodnocení osvětlení, nýbrž pro určení celkové energetické náročnosti budov, kde osvětlení je bráno pouze jako část a především je na ně nahlíženo jako na teplotní zisky způsobené osvětlovací soustavou.

Zajímavým výsledkem je nízká hodnota spotřeby energie u výpočtu dle STN EN 15193 rychlou metodou oproti výpočtu pomocí softwaru LiteCalc, který je rovněž dle STN EN 15193, avšak na základě podrobné (komplexní) metody. Hodnota s použitím rychlé metody je zde o 20% nižší než hodnota, při použití podrobné metody. Dle předpokladů a předchozích zkušeností s certifikací osvětlení na Slovensku by však výsledek podrobnou metodou měl být vyšší. Tento úkaz by mohl být pravděpodobně způsoben zjednodušením výpočtu pouze pro jednu místnost namísto posuzování celé budovy.

U výpočtů provedených pomocí podrobné metody už nejsou rozdíly tak markantní. Problém je v použití ČSN EN 15193 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, kdy je sice umožněn výpočtový krok rozdělit na roční, měsíční či podrobnější, avšak chybí zde metodika, jak přistupovat v tomto případě při určování doby s přístupem a bez přístupu denního světla. Tento postup si pak může volit posuzovatel sám. Pokud má posuzovatel příliš volnou ruku, může se stát, že výpočty následně ztratí možnost objektivního srovnání s ostatními výpočty. Při postupu výpočtu pouze dle ČSN EN 15193 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** není rozdíl ve výsledku při měsíčním a ročním výpočetním kroku téměř žádný, při kombinaci výpočtových postupů dle ČSN i STN, dojdeme už k rozdílu 10%.

Pokud má postup výpočtu energetického vyhodnocení, uvedený v ČSN EN 15193 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, sloužit pro porovnání energetické náročnosti osvětlení u budov stejného charakteru, mělo by být k tomuto faktu neúplnosti výpočtového postupu přihlédnuto a případně zapracovány změny, které by tento problém vyřešily.

Při porovnání ručních výpočtů podrobnou metodou a výpočtu pomocí softwaru dostáváme rozdíl ve výsledku okolo 30%. Toto je způsobeno jemnějším výpočtovým krokem, kterého jsme schopni za pomoci softwaru dosáhnout.

Závěr

Z porovnání výsledků při použití jednotlivých metod je zřejmé, že dochází ke značnému rozptylu výsledných hodnot (hodnoty LENI 4,4 až 33,5). Velký rozdíl můžeme spatřit i tam, kde byl použit stejný

výpočtový princip. Tato skutečnost by měla každého, kdo zpracovává vyhodnocení spotřeby energie osvětlení, donutit k pečlivému výběru použité metody vhodné pro daný účel výpočtu. Při kombinaci výpočtových metod, což je legislativně přijatelné, docházíme taktéž ke značně rozdílným výsledkům (10%).

Navzdory předpokladům uváděným v literatuře, kde dle předchozích zkušeností z praxe vychází, že pomocí rychlé metody obecně získáváme vyšší hodnoty spotřeby než pomocí podrobné metody, se ukazuje, že při použití softwarových pomůcek toto není vždy pravda.

Poděkování

Za podporu a věnovaný čas děkuji jmenovitě: doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD., Ing. Petr Žák, Ph.D., Ing. Jan Zálešák

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 15103, (2008) – *Energetická náročnost budov – Energetické požadavky na osvětlení*
- [2] TNI 73 0327, (2011) – *Energetická náročnost budov – Energetické požadavky na osvětlení*
- [3] ČSN EN 12464-1, (2004) – *Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory*
- [4] J. Habel, P. Žák, (2009) – *Energetická náročnost osvětlovacích soustav*, Kurz osvětlovací techniky XXVII, ČSO RS Ostrava
- [5] Vyhláška č. 343/2009 Sb. kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb. – *O hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých*
- [6] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2002/91/ES, (2002) – *O energetické náročnosti budov*, Úřední věstník Evropské unie 53, Brusel, 18.6.2010
- [7] Zákon č. 406/2000 Sb., se změnami 359/2003 Sb., 694/2004 Sb., 180/2005 Sb., 177/2006 Sb., 214/2006 Sb., 574/2006 Sb., 186/2006 Sb., 393/2007 Sb., 124/2008 Sb., 223/2009 Sb. – *o hospodaření s energií*
- [8] Vyhláška 425/2004 Sb., kterou se mění vyhláška 213/2001 Sb., kterou se vydávají náležitosti energetického auditu
- [9] K. Sokanský a kol., (2009) *Úspory energie v osvětlování při hodnocení energetické náročnosti budov*, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky
- [10] D. Gašparovský, (2008) – *Potenciál energetických úspor v budovách na bývanie a v nebytových nevýrobních budovách*
- [11] Vyhláška č. 148/2007, (2007) – *O energetické náročnosti budov*
- [12] ČSN EN 15193 OPRAVA 1, (2010) – *Energetická náročnost budov – Energetické požadavky na osvětlení*
- [13] Z. Sternová a kol., (2010) – *Energetická hospodárnosť a energetická certifikácia budov*, JAGA
- [14] D. Gašparovský, (2009) – *Nový softvér LiteCalc 3.0 pre výpočet spotreby energie na osvetlenie komplexnou metódou*, Kurz osvětlovací techniky XXVII, ČSO RS Ostrava
- [15] Z. Pelánová, (2011) – *Energetické úspory v osvětlení (školské budovy)*, Diplomová práce, ČVUT, Fakulta stavební, Katedra technického zařízení budov

Hygienické aspekty rušivého světla

Ing. Petr Vrbík, autorizovaná osoba pro HZR
Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě
Odbor hygienických laboratoří - Brno, Masná 3c
petr.vrbik@zuova.cz

Úvod

Rušivé světlo lze považovat za tak trochu „módní“ fenomén, který někdy bývá nepřesně označován jako „světelné znečištění“ (*což je ale velice zavádějící pojem, protože světlo ze své podstaty nic neznečišťuje*). Nejčastěji se o rušivém světle diskutuje ve spojení s rušením některých astronomických pozorování noční oblohy, což ale nelze ztotožňovat s nepříznivým vlivem na lidské zdraví (s rušením spánku, obtěžováním obyvatel apod.).

Vlivy světla na lidské zdraví

Obecně se při hygienickém posuzování dané situace věnuje pozornost především těm faktorům, u kterých lze předpokládat vliv na lidské zdraví. K těm nejvýznamnějším fyzikálním faktorům, které prokazatelně působí na lidské zdraví, patří **světlo** (součást optického spektra elektromagnetického záření), které nám m.j. zprostředkovává i přenos informací o našem vnějším okolí. Záměrné používání světla k dosažení viditelnosti nebo rozlišitelnosti pozorovaných předmětů, označujeme jako **osvětlení**, u kterého potom rozlišujeme působení na lidský organizmus:

- množstvím světla (energetické působení);
- barvou světla (spektrálním složením);
- časovým průběhem (např. střídáním denního světla a tmy popř. míháním světla);
- dobou trvání (dlouhodobé nebo krátkodobé působení);

U osvětlení bývá za hygienicky významné považováno zajištění dostatečného **množství denního osvětlení** daného vnitřního prostoru během dne (základní fyziologická potřeba člověka) a **ochrana „standardního pozorovatele“ před oslněním** (aby nedocházelo k překročení adaptačních schopností lidského zraku).

K dalším významným hygienickým aspektům osvětlení patří i přirozené **střídání přírodního světla a tmy** v průběhu denního cyklu. Bylo prokázáno, že přirozené střídání denního světla a tmy **synchronizuje** naše vnitřní „**biorytmy**“. Tyto vnitřní biorytmy jsou u člověka vrozené a jsou pro udržení lidského zdraví nezbytné (mj. ztráta vnitřních biorytmů bývá považována za jednu z příčin psychogenních onemocnění).

Za zcela specifické lze potom považovat nežádoucí působení umělého osvětlení v noci, které lze označit za **rušivé světlo**. Ani zde však nelze zapomínat na to, že i v noci existuje vliv přirozeného světla (světlo odražené od Měsíce, polární záře apod.), na které jsme přirozeně adaptovaní.

V souvislosti s posuzováním zdravotního rizika rozlišujeme nepříznivé účinky světla na **přímé** a **nepřímé**.

K přímým (fyziologickým) účinkům řadíme:

- **oslňování**, přičemž v noci je překročení adaptačních schopností lidského zraku mnohem snazší (nižší adaptační jas);
- **rušení**, přičemž světlo interferuje s nějakou lidskou činností (spánkem, pozorováním, apod.);

Do nepřímých (psychologických) účinků řadíme:

- **obtěžování**, představující nepříjemné ovlivňování našeho prostředí, případně osobních či skupinových práv;
- **vyvolávání pocitu nepohody**, vznikající psychicky negativně vnímaným světlem u dotčené osoby či skupiny (emoční stres; podíl mohou mít i osobnostní rysy pozorovatele).

Pozn.: Fyziologické účinky (zda světlo oslňuje či ruší) se snažíme objektivizovat měřením fotometrických veličin (pro standardního pozorovatele) a nepřímé (zda obtěžuje či stresuje) vztahujeme pro konkrétní osoby (ověřujeme pomocí dotazníků).

Teoreticky lze předpokládat, že přímým vlivem světla může docházet i k rušení spánku. Přitom průběh spánkového cyklu bývá u každého jedince odlišný a závisí i na věku. Také potřeba délky spánku je individuální (pro dospělého člověka je uváděna průměrná doba asi 8 hodin). Navíc je k nerušenému spánku zapotřebí dodržení dalších podmínek vnějšího prostředí, kdy se jedná alespoň o přiměřené ticho i vhodné mikroklima. K rušení spánku může také výrazně přispívat případné míhání nebo výrazná barva světla především v těsné blízkosti obytných objektů (barevné záblesky u světelných reklam, výstražná světelná signalizace apod.). Při hygienickém posuzování rušivého světla v komunálním prostředí se tedy nejčastěji zaměřujeme na nežádoucí **rušení nočního spánku obyvatel**.

Pozn.: Z hlediska rušení nočního spánku se považuje za mnohem významnější zdravotní riziko způsobené hlukem než osvětlením, protože u hluku nemá člověk možnost žádné přirozené obranné reakce jakým je např. zavření očních víček (viz. nerušený spánek malého dítěte za denního světla).

Nicméně zdroj rušivého světla může nepříznivě působit na zdraví dotčených obyvatel i **nepřímo**, např. **obtěžováním** popř. vyvoláním **emočně podmíněného stresu**, obzvláště když jde o zdroj:

- cizí, vyskytující se v bezprostřední blízkosti obytné zástavby;
- obtěžující, např. svým nežádáním informačním charakterem (např. politická kampaň);
- je známým zdrojem světla, bez možností ovlivnění subjektem;
- působící i v období vyhrazeném k relaxaci dotčených obyvatel.

Je známo, že emoční stres může způsobovat dotčeným osobám značné potíže psychosomatického charakteru nebo být příčinou takového obtěžování, které lze považovat z hlediska zdravotního rizika za prokazatelné.

Charakteristiky světelné situace

K určité objektivizaci účinků rušivého světla v komunálním prostředí již byla přijata doporučení mezinárodní komise pro osvětlování CIE (viz tabulka č. 1):

Tab. č. 1: Ještě přijatelné maximum rušivého světla (ČSN EN 12464-2)

Zóna prostředí	Podíl světel. toku do horního poloprostoru ULR [%]	Svislá osvětlenost na objektech E_v [lx]		Svítivost svítidel I [cd]		Jas L [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$]	
		mimo dobu nočního klidu ^{a)}	pro dobu nočního klidu	mimo dobu nočního klidu	pro dobu nočního klidu	L_B - fasády	L_S - značky (reklamní tabule)
E 1	≤ 0	≤ 2	0	$\leq 2\ 500$	0	0	50
E 2	≤ 5	≤ 5	≤ 1	$\leq 7\ 500$	≤ 500	≤ 5	400
E 3	≤ 15	≤ 10	≤ 5	$\leq 10\ 000$	$\leq 1\ 000$	≤ 10	800
E 4	≤ 25	≤ 25	≤ 10	$\leq 25\ 000$	$\leq 2\ 500$	≤ 25	1000

Poznámky k tabulce:

a) V případě, kdy se neuplatňuje noční omezení, nesmí být větší hodnoty překročeny a mají se upřednostnit menší hodnoty.

E1 - představuje velmi tmavé oblasti jako národní parky a chráněná území;

E2 - představuje málo světlé oblasti; obytné venkovské oblasti;

E3 - představuje středně světlé oblasti jako průmyslová a obytná předměstí;

E4 - představuje velmi světlé oblasti jako městská centra a obchodní zóny;

Stanovení odpovídající zóny prostředí bývá v kompetenci příslušné samosprávy.

Z uvedeného doporučení CIE nám potom vyplývají kritéria, používaná při posuzování vlivu rušivého světla:

- **podíl světelného toku** do horního poloprostoru ULR [%] – kritérium určené především pro svítidla veřejného osvětlení (technický parametr, pro vliv na obytnou zástavbu méně podstatné);
- **svislá osvětlenost na objektech** EV [lx] – významná veličina, měří se luxmetry přímo na fasádě obytných domů (v oknech obytných místností, nejlépe pro původní stav a nově navrhovanou situaci);
- **svítivost svítidel** I [cd] – dána většinou technickými parametry svítidel a použitých světelných zdrojů (u zaclonených zdrojů nepodstatné);
- **jas L [cd.m-2]** – je nejvýznamnější fotometrická veličina, která se měří jak na fasádě dotčených obytných domů, tak se měří i jas zdroje rušivého světla (např. světelného poutače).

K podrobnějšímu zjišťování jasových poměrů v rámci konkrétní světelné situace se nám jeví jako nejvýhodnější zpracování digitální fotografie do tzv. „**jasové mapy**“, s jejíž pomocí potom můžeme porovnávat (objektivizovat) význam jednotlivých světelných zdrojů v rámci předpokládaného zorného pole pozorovatele (např. konkrétního stěžovatele).

Na obrázku (viz obr. č. 1) je ukázka zpracování digitální fotografie s více světelnými zdroji (osvětlený reklamní poutač, svítidla veřejné osvětlení, Měsíc, okna obchodního domu; autor Ing. P. Baxant, VUT Brno).

Obr. č. 1: Fotografie světelné situace a jejího zpracování do odpovídající „jasové mapy“



K další charakteristice světelné situace také přispívá zjištění **míry obtěžování u dotčených obyvatel** (ověření psychické odezvy); což někdy bývá obtížnější, protože náhledy dotčených osob mohou být často zcela protichůdné (fenomén „plného autobusu“).

*Pozn.: V komunálním prostředí obtěžování přiřazujeme pod pojem **pohoda bydlení**, který je obsažen ve vyhlášce o obecných požadavcích na výstavbu, kde se uvádí: "Umístění staveb musí odpovídat urbanistickému a architektonickému charakteru prostředí a požadavkům na zachování pohody bydlení."*

V praxi zde vycházíme z principu subjektivního hodnocení (např. pomocí místního šetření nebo popř. sestavením vlastního dotazníku). Použití dotazníku je vhodné jen u větších skupin obtěžovaných obyvatel (výsledky jsou akceptovatelné při alespoň 2/3 ne nespokojených dotčených osob). Výzkumy u nás zatím žádné neexistují.

Posuzování konkrétních světelných situací

V praxi potom porovnáваме rozdíly, čím se jednotlivé „světelné situace“ a jejich příspěvky liší a zda odpovídají obvyklým zvyklostem (stanoveným zónám), popř. jak může být dotčena přilehlá obytná zástavba. Posuzovat lze pouze v souvislostech – je potřeba znát celkovou světelnou scénérii v zorném poli dotčeného pozorovatele.

Především kontrolujeme, zda **rušivé světlo vyhovuje doporučeným limitům pro příslušnou zónu** (svislá osvětlenost na obytných objektech; jasy zdrojů a osvětlených ploch), přičemž ale žádné hygienické limity pro tuto oblast stanoveny nejsou.

Při možném obtěžování rušivým světlem je potom vhodné zohlednit:

- přítomnost / minulost - co bylo dříve či výstavba nebo světelné podněty;
- druh zástavby - rozdíl v městské s předpokladem častějších světelných podnětů a venkovské s předpokladem tmy, kde lidé vnímají zásah jako více obtěžující;
- konkrétní opodstatnění (máme mít osvětlené reklamní poutače i v noci?);
- senzitivitu (citlivost člověka) – vzrůstá s opakovaným a nadměrným působením podnětů nepříjemného charakteru (rozmrzelost);

Pozn.: Mezi nejčastěji posuzované situace patří soustavy veřejného osvětlení (nevhodné umístění či nasměrování svítidla), venkovní osvětlené prostory (např. povrchová důlní díla, překladiště, sportovní areály) a v neposlední řadě světelné reklamní poutače. Konkrétní příklady budou prezentovány na přednášce.

Závěr

Každá konkrétní světelná situace si vyžaduje náležité prozkoumání (nelze vyloučit ani zástupný problém), nicméně při vzetí do úvahy možné expozice obyvatel rušivému světlu včetně případné ochrany (žaluzie, okenice, apod.), lze většinou vliv **rušivého světla na rušení spánku** označit **za ne příliš významný** (přitom posuzování vlivu na zdraví je záležitostí příslušné autorizace osob).

Navíc zde existují různé možnosti konkrétních opatření – je vhodné zvážit konkrétní opodstatnění a zda vzhledem k jasovým kontrastům v daném prostředí by ke splnění účelu nevystačila nižší hladina osvětlenosti popř. zajistit regulaci osvětlení pro noční období.

Literatura a odkazy

- [1] BAXANT, P., SUMEC, S.: LumiDISP - software for the luminance distribution processing and digital photography analyses. Brno University of Technology, 2006, dostupný na <http://www.lumidisp.eu>
- [2] VRBÍK, P., Hygiena optického záření a osvětlování, IDV PZ Brno, 1998;
- [3] ŽIDKOVÁ, Z., ; Subjektivní vnímání stresu. In: Kolektiv autorů: Civilizace a nemoci, Futura, 2009, 274 s.

Mezopické vidění v roce 2012

Jiří Plch, Doc.,Ing.,CSc.

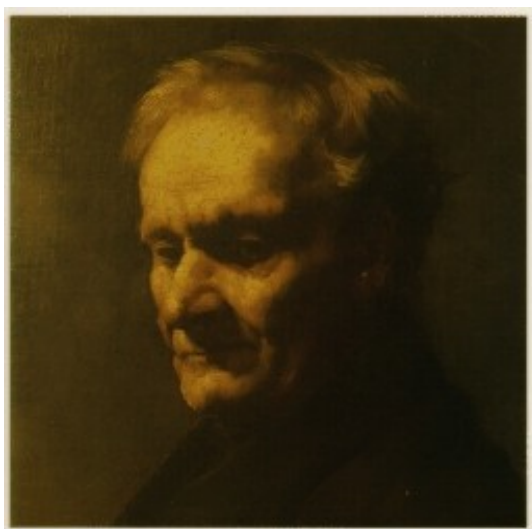
jiri_plch@volny.cz

Úvod do problematiky

Fyziologie zraku člověka procházela celou řadou fází poznání již od dávných dob až do dnešních dnů. Žádnému jinému orgánu lidského těla nebylo uděleno tolik Nobelových cen, jako právě lidskému oku a fyziologii zrakového systému. První zmínky o fyziologii pocházejí z arabského světa, a jsou datovány někdy kolem roku 1000.

Problematika vidění je v mnoha směrech chápána jen jako proces, který se odehrává na sítnici lidského oka s využitím jednotlivých receptorů sítnice, při fotopickém a skotopickém vidění, při odpovídající úrovni osvětlení.

Problematiku mezopického vidění (tyčinky versus čípky) jako první popsal přechod od vidění fotopického k vidění skotopického, český lékař Jan Evangelista Purkyně (1787-1869), který byl i zakladatelem prvního fyziologického ústavu v Evropě a jeho přínos je v literatuře uváděn jako Purkyňův fenomén.



Obr. 1. - Jan Evangelista Purkyně (1787-1869)

Limitní stavy mají stanovené hodnoty fotometrických ekvivalentů pro viditelné záření, tak jak byly určeny CIE. Kvantifikaci těchto průběhů v absolutních hodnotách platí pro normalizovaného pozorovatele a jejich spektrální průběhy jsou známé.

Při fotopickém vidění, je hodnota fotometrického ekvivalentu viditelného záření, pro maximální vlnovou délku

$\lambda_{fmax} = 555 \text{ nm}$, je stanovena na $K_{ff} = 683 \text{ lm/W}$.

Naproti tomu při skotopickém vidění, s hodnotou fotometrického ekvivalentu $k_{fs} = 1699 \text{ lm/W}$, je maximální hodnota vlnové délky $\lambda_{smax} = 505 \text{ nm}$.

Mezopické vidění lze považovat za přechodovou oblast, ve kterém biologicky systém člověka, vyplývající z fyziologie zraku, kontinuálně přechází, v závislosti na světelných podmínkách, z vidění fotopického ke skotopickému (z vyšších úrovní hladin osvětlení k nižším) a naopak (z nižších hladin osvětlení k vyšším). Jde přitom o rozdíl v posunu maximálních vlnových délek z 555 nm k 505 nm a naopak.

V přítomné době jsou hledány cesty, jak přiřadit mezopickému vidění fotometrické veličiny, které by respektovaly tuto zákonitost.

Již ze základních znalostí fyziologie zraku člověka, nelze problém mezopického vidění chápat čistě jen jako fyzikálně pojímaný problém, jak ukazuje poměr S/P (S/P ratio – CIE 191-2010), který vlastně je postaven na tom, že lidé potřebují světlo pouze k tomu, aby při výkonu svých činností jen viděli, ale vidět samo o sobě neznamena rozpoznat!

Celý problém můžeme velmi dobře analyzovat z následujícího obrázku. Ten ukazuje se, že biologický systém při kontinuálním přechodu neumožňuje určit poměry zrakových receptorů. Tak vlastně nevíme, kolik receptorů čípkových a tyčinkových se v jednotlivých úrovních přenosu účastní.

Fotopické

- tzv. denní vidění; kontrast jasů i barev
- fotoreceptory :
převážně čípky ⇒ barevné vidění
- adaptační jas nejčastěji $> 3 \text{ cd.m}^{-2}$
- čára $V(\lambda)$ definována pro jas 100 cd.m^{-2}



Mezopické

- kontrast jasů i barev nižší
- fotoreceptory – čípky i tyčinky
- adaptační jasy např. $0,1 \text{ cd.m}^{-2}$; 1 cd.m^{-2}
(nouzové osvětlení; osvětlení komunikací)



Skotopické

- tzv. noční vidění; pouze kontrast jasů
- fotoreceptory :
převážně tyčinky ⇒ vidění černobílé
- adaptační jasy velmi nízké, obv. $< 0,01 \text{ cd.m}^{-2}$
- čára $V'(\lambda)$ definována pro jas $10^{-5} \text{ cd.m}^{-2}$



Obr. 2. - Obraz na sítnici při různých stavech vidění

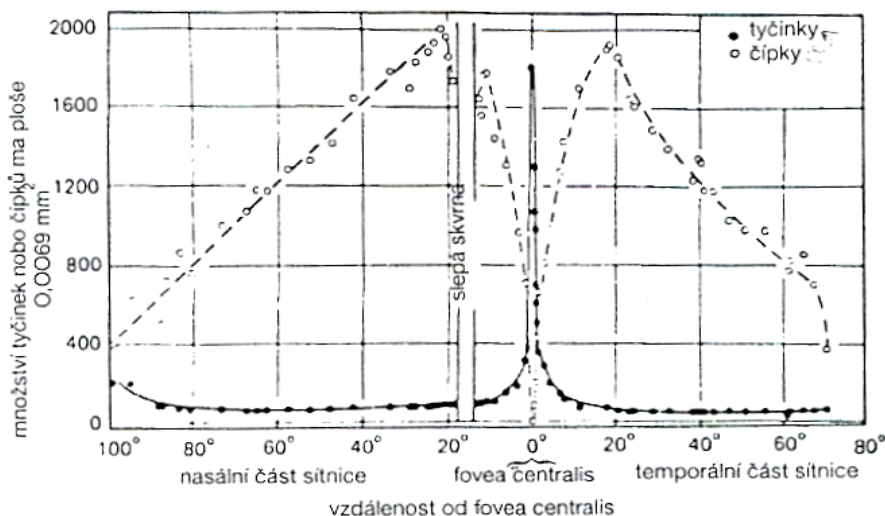
Za rozhodující v každém případě lze považovat skutečnost, že o mezopickém vidění můžeme hovořit jedině v tom případě, že v dané lokalitě sítnice se oba receptory nacházejí.

Rozložení receptorů na sítnici

Sítnice je tvořena deseti vrstvami a obsahuje receptory (tyčinky a čípky) plus čtyři typy neuronů :

- bipolární buňky,
- gangliové buňky,
- horizontální buňky,
- amakrinní buňky.

O rozložení jednotlivých receptorů (čípků a tyčinek) toho již bylo napsáno hodně, přesto je nutné si některé skutečnosti připomenout . Na obrázku 3 je uvedeno rozložení jednotlivých receptorů na sítnici.



Obr.3. – Rozložení receptorů na sítnici lidského oka
Hustota tyčinek a čípků v horizontální rovině sítnice oka

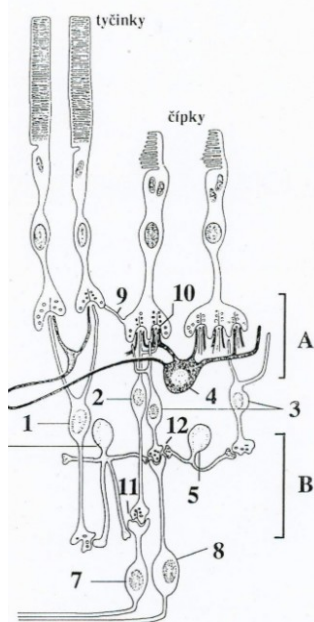
Podle posledního sčítání je skladba taková, že obsahuje :

- 120 mil tyčinek,
- 6 mil čípků,
- 1,6 mil GB

přítom jedině místo, kde nejsou prokazatelně tyčinky, je právě fovea centralis (ústřední jamka). Každý foveální čípek má vlastní miniaturní bipolární buňku, která jej spojuje s jedinou gangliovou buňkou takže každý foveální čípek je reprezentován jediným vláknem optického nervu.

Od ústřední jamky sítnice je hustota čípků v celém úhlovém rozsahu téměř konstantní. Naproti tomu tyčinky mají lokální maxima v určitých úhlových hodnotách. Dochází tak ke značné konvergenci receptorů přes bipolární buňky na gangliové buňky v poměru asi 105:1

Jak vypadá spojení těchto dvou typů receptorů mimo ústřední jamku, je zřejmé z obrázku 4.



Obr.4. – Spojení dvou typů receptorů mimo ústřední jamku

Z výše uvedené stručné analýzy a schématu spojení uvedeném na obrázku 4, potom můžeme odvodit, že jen v těch místech sítnice, kde se vyskytují oba druhy receptorů, může dojít k vidění mezopickému.

Gangliové buňky

Na sítnici je jich jenom 1,6 mil a mají velmi specifické postavení protože :

- převádějí po zrakových vláknech očního nervu informace do vyšších sfér CNS,
- pomocí odbočky do suprachiasmatického jádra hypotalamu předávají informace o cirkadiánní rytmicitě,
- odbočkou do area praetectalis řídí reflexní pohyby očí a zodpovídají za pupilární reflex,
- do colliculus superior synchronizují rychlé pohyby obou očí,
- do ventrální části CNS informují o chování.

Ústřední jamka sítnice má velkou hustotu čípků a je to místo nejvyšší zrakové ostrosti. Celkový počet čípků je kolem 860 000 a jsou přímo spojeny s gangliovými buňkami.

Ty se podle posledních výzkumů se dělí na tři skupiny :

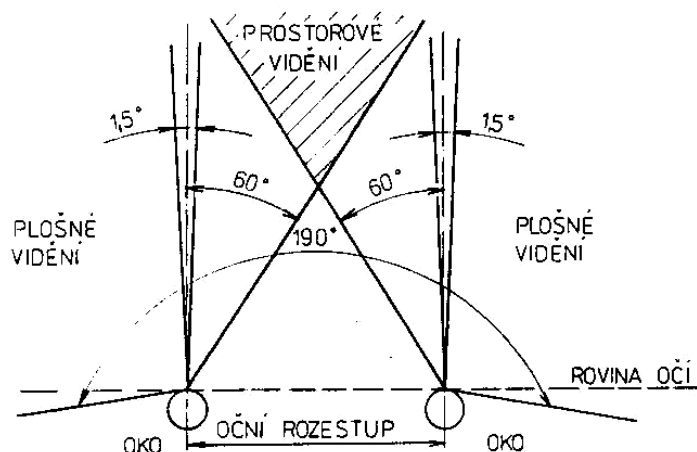
- typu W v počtu 40 % ústřední jamky (čípky) s přenosovou rychlostí 28,8 km/h (8m/s),
- typu X v počtu 55 % ústřední jamky (čípky barevné) 50,4km/h (14m/s),
- typu Y v počtu 5 %, největší, rychlé změny obrazu, pohyb 180km/h (50m/s).

Vzhledem k tomu, že známe jakým způsobem je sítnice strukturována, z hlediska rozložení jednotlivých typů zrakových receptorů, bude nutné analyzovat periferní a foveální vidění.

Periferní a foveální vidění

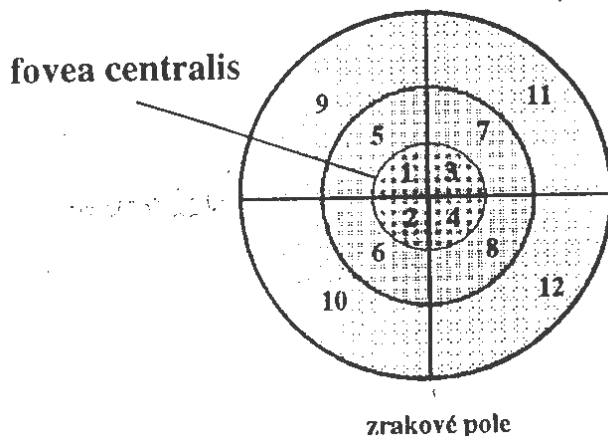
Obraz na sítnici v horizontální rovině (proloženou pravým a levým okem) může vzniknout v úhlovém rozmezí 190° (total) a tvoří základ zorného pole, jak je zřejmé z obrázku 5. Z této hodnoty potom asi úhlové rozpětí 120° tvoří binokulární pole.

Foveální vidění, odpovídající ústřední jamce má však úhlovou hodnotu kolem 1.5° , budeme-li respektovat jistý podíl žluté skvrny, potom lze hovořit o parafoveálním vidění s úhlovou hodnotou do 3° jak je zřejmé z následujícího obrázku. Vše ostatní je vidění nepřesné, periferní, a na tuto skutečnost se však velmi zapomíná.



Obr. 5. Zorné pole v horizontální rovině

Když od hodnoty 190° , odečteme asi 3° , je zřejmé, že podnět vytvořený na sítnici je z 98 % v periferní části zorného pole. Vždy jde o obraz nepřesný a neostrý, ať již jde o monokulární či binokulární pole ať již jde o fotopické, myopické či skotopické vidění či zapojení jednotlivých druhů receptorů do procesu vidění. Můžeme si sítnici lidského oka znázornit v podobě terče, kde jsou jednotlivé lokality číselně označeny a mají svůj přesně definovaný význam v celém procesu. Z postavení ústřední jamky jde jen o přenos informací s nejvyšším rozlišením (1,2,3,4) z ostatních můžeme periferii rozčlenit na blízkou (zóna 1 - 5,6,7,8) a vzdálenou (zóna 2 - 9,10,11,12), jak vyplývá z obrázku 6.



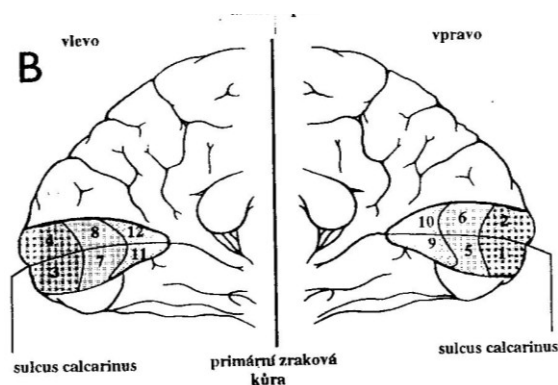
Obr. 6. – Sítnice lidského oka a skladba bloků pro analýzu podnětu

Lokality zorného pole můžeme dále rozčlenit podle toho, do které hemisféry se zrakové dráhy dostávají.

	Skladba	Levá hemisféra		Pravá hemisféra	
Fovea centralis	čípky	L1 a L2	P3 a P4	P1 a P2	L3 a L4
Periferie I	čípky a tyčinky	L5 a L6	P7 a P8	P5 a P6	L7 a L8
Periferie II	převažující tyčinky	L9 a L10	P11 a P12	P9 a P10	L11 a L12

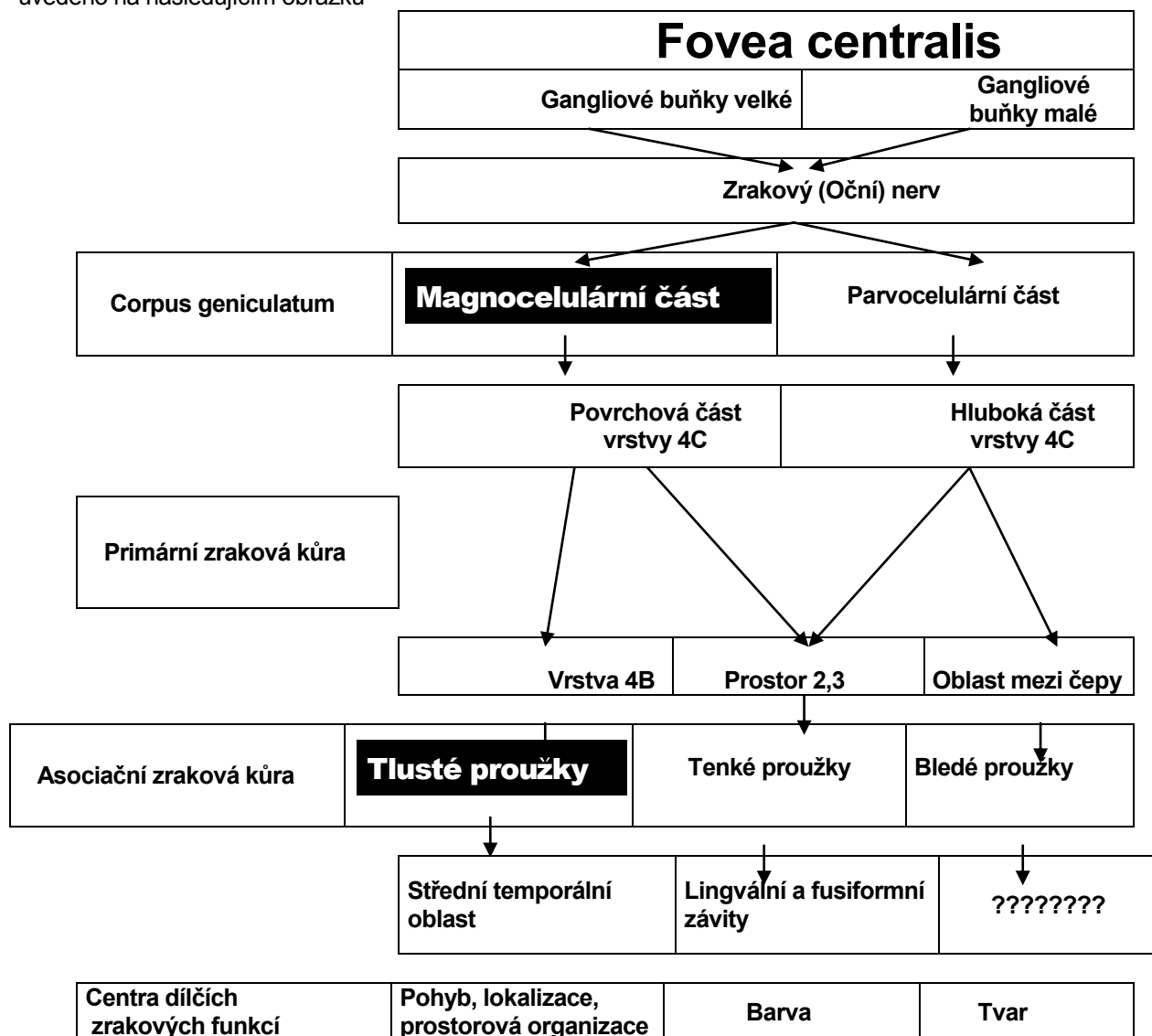
TAB. I. – Lokality zorného pole a systém vyhodnocení

V CNS jsou vymezeny lokality, v e kterých dochází k velmi složitému procesu dekódování obrazu sítnice. Za pozornost stojí skutečnost, že fovea centralit, která je součástí žluté skvrny má zhruba průměr jen 0,2 mm, ale pro účely rozpoznávání má vymezen relativně vysoký objem, oproti objemu určenému pro periferie I a II. Tato skutečnost vyplývá z následujícího obrázku.



Obr. 7. Lokality v CNS určené pro dekódování obrazu sítnice

Pro pochopení rozdílu mezi viděním a rozpoznáním je nutné analyzovat organizaci zrakových drah. Budeme předpokládat, že podněty byl převeden do místa nejostřejšího vidění – foveu centralis, jak je uvedeno na následujícím obrázku



Obr. 8 – Analýzy podnětu v jednotlivých centrech

Je zřejmé, že ze dvou souběžných drah z ústřední jamky do zrakové kůry se stávají tři, které paralelně zpracovávají informace :

- první centrum - analyzuje pohyb, lokalizuje podnět a jeho prostorovou organizaci,
- druhé centrum - analyzuje barvu podnětu,
- třetí centrum - určuje tvar podnětu.

Nakonec ze šesti center se výsledky sumarizují do jediného zrakového vjemu a v rozhodovací fázi biologický systém člověka rozhodne o adekvátní odpovědi na rozpoznaný podnět a jeho vlastnosti.

Je možné tak stanovit, že je-li podnět zachycen v periférní části sítnice, neznamená to automaticky, že bude rozpoznán a dokládá skutečnost, že vidět neznamená ještě rozpoznat.

Závěr

Ačkoliv mnoho pochodů, které se podílejí na zrakovém vnímání je zatím ještě neznámých, již tento soubor informací z řady rozdílných disciplin ukazuje, že celý proces rozpoznávání probíhá jedině v místě nejpřesnějšího a nejostřejšího vidění – v ústřední jamce . Celý systém se skládá ze tří podsystémů, které analyzují pohyb, lokalizují podnět a jeho prostorovou organizaci, barvu podnětu a nakonec třetí centrum - určuje tvar podnětu.

Celý proces vidění probíhá podle toho, které receptory a v jakém počtu se účastní, v podstatě ve třech úrovních – fotopickém, mezopickém a skotopickém vidění , podle toho jaké jsou světelné podmínky v obklopujícím prostředí.

Problém mezopického vidění v roce 2012 nelze chápat čistě jako fyzikálně pojímaný problém, jak ukazuje poměr S/P (S/P ratio – CIE 191:2010), který vlastně vychází jen z toho, že lidé potřebují světlo pouze k tomu, aby při výkonu svých činností jen viděli. Kvantifikovat poměry čípků a tyčinek a naopak, v periférním vidění je velmi problematické, pokud akceptujeme prostou skutečnost, že vidět samo o sobě neznamená rozpoznat! A to je klíčová skutečnost

Literatura a odkazy

- [1] *CORNSWEET, T.N.*: Visual Perception, Ac. Press, New York - London 1970
- [2] *DAVSON, H.Ed.*: The Eye II - The Visual Process, Ac. Press, New York - London 1962
- [3] *FUORTES, M.G.F.*: Handbook of Sensory Physiology VII/2 Physiologie of Photoreceptor Organs Springer - Verlag Berli-Heidelberg - New York, 1972
- [4] *GERŠUNI, G.V.*: Fiziologija sensorynych sistem - I. Fiziologija zrenija , Izdat. Nauka, Leningrat 1971
- [5] *PLCH, J.* : Světelná technika v praxi, *In El Praha, 2000*
- [6] *GRANIT, R...*: Receptors and Sensory Perception, New Haven 1956
- [7] *PLCH, J.*: Příspěvek k teorii naváděcích světlo technických soustav, KDP, FE VUT 1972
- [8] *PLCH, J.* : Zrakové vnímání řidiče, Studijní texty – Ústav soudního inženýrství VUT Brno, 2008
- [9] *MAŇÁK, Vl.*: Zrak, I. díl Fyziologie zrakového systému, aplikovaná na hygienu osvětlování, Vlnařský průmysl, Generální ředitelství Brno 1977

Osvětlení multifunkční auly GONG

Rekonverze plynojemu v národní kulturní památce v Dolní oblasti Vítkovic

Ing. Zbyněk Šimetka

Jednatel společnosti, www.inge.cz, simetkaz@inge.cz



• Obr. 1. Pohled na vstup do multifunkční auly GONG

Anotace

Před necelými třemi lety probíhala projektová příprava rekonverze plynojemu v Dolní oblasti Vítkovic v Ostravě na multifunkční halu. Naši společnost oslovili projektanti ve věci osvětlení plynojemu. Tato unikátní památková zóna, v níž byla v roce 1996 ukončena výroba železa a oceli, se po 14 letech rezivění a zarůstání býlím začala chystat na své znovuzrození a otevření se obyvatelům Ostravy. Mokřý plynojem z roku 1924 s kapacitou 50.000m³ plynu se připravoval na rekonstrukci podle projektu AP ateliéru na multifunkční aulu s kapacitou 1800 osob.



• Obr. 2. Zvon plynojemu po zvednutí

Požadavky na osvětlení

Hlavní problém spočíval v osvětlení členitého prostoru pod kopulí stavby. Jediná tehdy dostupná stmívatelná svítidla na kompaktní zářivky nedávala dostatečně úzký svazek světla a nebylo jasné, jak řešit výměnu zdrojů ve výšce 27m. Tenkrát jsme trochu troufale prohlásili, že by problém mohla vyřešit svítidla na LED, která jsme připraveni vyvinout. Dne 28. 7. 2010 proběhla v prázdném plynojemu – rezavé tlakové nádobě o průměru 70m a výšce 20m - funkční zkouška tří prototypů svítidel SATURN, která prokázala, že LED osvětlení je s to tento prostor osvětlit. Následovalo 15 měsíců vývoje a zkoušek nových a nových prototypů svítidel, která splňovala následující kritéria architektů a světelných techniků:

- Svítidla musí mít optimálně výstupní světelný tok 3000lm při teplotě chromatičnosti 3000K, s přesně definovanými parametry – 16° a 36° optikou.
- Tvar svítidel musí být jednoduchý, válcovitý.
- Chlazení svítidel musí být pasivní.
- Svítidla musí být plně říditelná pomocí DALI protokolu.
- Svítidla musí být dvouokruhová, nezávisle říditelná – hlavní světelný okruh a dekorativní okruh pracovně též nazývaný hvězdné nebe.
- Svítidla musí umožňovat integraci nouzových adresovatelných modulů a musí zajišťovat nouzové osvětlení sálu pro 1500 osob.
- Vzhledem k výšce, ve které byla svítidla instalována, bez jakékoli lávky nebo konstrukce, bylo třeba vyvinout nejen svítidla, ale i jejich závěsný systém s možností nastavit osu do přesně vertikálního směru, rozvodné krabičky a to vše s ohledem na skutečnost, že montáž svítidel budou provádět horolezci se základním elektroškolením ve visu na laně.
- Vzhledem k nedostupnosti svítidel je nutno svítidla koncipovat jako bezúdržbová, která budou nainstalována a po dobu 15 let na nich nebude třeba provádět žádnou údržbu.



• Obr.3. Svítidlo SATURN 180 LED 42 W + 1 W DALI v černém provedení

V listopadu 2011 byla svítidla SATURN 180 odladěna a zvítězila v provozních zkouškách nad svítidly ostatních výrobců. Trvalo však další dva měsíce, než bylo dohodnuto, že dodavatelem všech svítidel pro plynojem bude naše společnost, která navíc bude zajišťovat instalaci některých řídicích DALI prvků a kompletní zprovoznění a naprogramování řídicího systému DALI a centrálního bateriového nouzového systému a bude garantovat funkčnost celého systému osvětlení.

V době jednání o dodavateli osvětlení byl horní zvon plynojemu o hmotnosti 800 tun vyzvednut o symbolických 1492cm a do takto vzniklého prostoru o průměru 70m a výšce 35m byly vestavěny dvě betonové osmipodlažní věže nesoucí ocelovou konstrukci hlediště pro 1500 osob. Do ocelového nýtovaného pláště plynojemu z roku 1924 byly vypáleny 3 otvory – prosklený vstup, okno za jevištěm (průhled na vysokou pec) a otvor o průměru 22m v horní části zvonu. Pouze těmito třemi otvory vstupuje do plynojemu denní světlo a je tedy jasné, že úloha umělého osvětlení všech prostor multifunkční auly je zcela zásadní. Původní ocelové konstrukce zůstaly rezavé, pouze byl zakonzervován jejich povrch, Nové ocelové konstrukce byly natřeny matnou černou barvou, betonové konstrukce zůstaly přírodní a podlahy byly vesměs ošetřeny černou barvou. Plánované využití auly zahrnuje divadelní představení, koncerty, přednášky a počítá se rovněž s tím, že ji budou využívat i místní univerzity a proto je většina svítidel stmívatelná.

Koncepce osvětlení

Objekt plynojemu je osvětlen 40 různými typy svítidel v celkovém počtu 2912 kusů. Z toho je 903 svítidel osazeno LED světelnými zdroji a 164 svítidel je osazeno novými 17W kompaktními zářivkami energy saver.

LED světelné zdroje byly voleny především proto, že zejména svítidla umístěná na kopuli jsou nepřístupná a případná výměna světelných zdrojů a čištění by byla spojena s velkými obtížemi a náklady. LED mají životnost mnohonásobně delší než konvenční trubcové nebo výbojkové zdroje. Dalším důvodem byla úspora místa (zvláště ve schodiškových stupních) a nižší spotřeba elektrické energie svítidel s LED zdroji.

Protože se jedná o objekt, v němž se shromažďuje velké množství osob, bylo nutno zajistit nouzové a protipanické osvětlení. Nouzové východy a únikové cesty jsou označeny nástěnnými nebo stropními nouzovými svítidly s piktogramy. Tato nouzová svítidla jsou napájena ze dvou ústředen s centrálními nouzovými bateriemi. Celkem je těchto nouzových svítidel 510. Dalších 184 nouzových adresovatelných jednotek je umístěno v běžných svítidlech. Centrální nouzový bateriový systém byl subdodávkou partnerské firmy Schrack technik, spol. s r.o..

Osvětlení hlavního sálu – svítidla instalovaná na kopuli

Hlavní sál je osvětlen 544 ze stropu zavěšenými svítidly SATURN 180. Tato svítidla jsou vybavena čtyřkanálovým LED driverem OSRAM, plně říditelná pomocí protokolu DALI a jsou vnitřně rozdělena na dva samostatně adresovatelné a říditelné okruhy tj. na okruh hlavní a na okruh dekorativní. Hlavní okruh je osazen 21 vysoce svítivými LED firmy Cree, dekorativní okruh, pracovně označovaný jako „hvězdné nebe“, je osazen jednou vícečipovou LED MX6. Vzhledem k závěsné výšce osazení svítidel a různým požadavkům na osvětlení, jsou LED hlavního okruhu osazeny buď úzkou optikou 16,4° (pro osvětlení míst na podlaze plynojemu přímo ze stropu plynojemu tj. z 27m), nebo širokou optikou 36,4° (hlavní sál). Svítidla SATURN 180 jsou pomocí vizualizačního a řídicího programu rozdělena do celkem třinácti okruhů.

Pro zajištění osvětlení sálu při výpadku elektrické energie je 64 svítidel SATURN 180 navíc osazeno dvěma samostatnými adresovatelnými nouzovými LED moduly s okruhy po pěti diodách. Jsou v nich použity stejné LED jako na hlavním okruhu se stejnými optikami, ale okruhy jsou nezávislé na napájení a řízení hlavního osvětlení, tzn. jde vlastně o dvě samostatná nouzová svítidla v jednom tělese. Nezávislost dvouokruhového nouzového osvětlení a hlavního osvětlení je unikátním řešením. Nemůže dojít k žádnému výpadku osvětlení ani v případě opakovaných výpadků sítě, neboť napájení z centrální baterie je udržováno ještě po dobu dvou minut po obnovení dodávky energie.

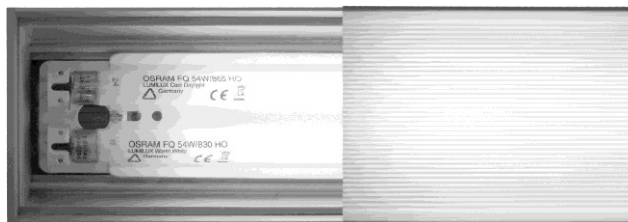
Další zajímavostí svítidel SATURN 180 je použití černého stínidla, které omezuje šíření světla do nežádoucích směrů, zabraňuje parazitním odrazům světla od reflektorů jevištní techniky, a tím snižuje oslnění diváka.



• Obr. 4. Pohled na centrální lustr o průměru 22m nepřímo nasvícený svítidly LINEA 80 a ochoz se svítidly KARDAN

Nepřímé osvětlení centrálního lustru

Uprostřed kupole plynoměru je vyvýšená část, která slouží ke zpevnění konstrukce kupole a k přivedení denního světla do prostoru plynoměru – tzv. tambur. Spodní část tamburu je osazena parabolickou sádrokartonovou, dolů vypuklou odraznou bílou plochou. Tato plocha o průměru 22m je ze spodní strany nepřímo osvětlena sestavami svítidel LINEA 80. Svítidla LINEA 80 jsou instalována na příhradových nosnících, nalakována stejnou barvou jako nosníky a při pohledu zdola nejsou viditelná. Každá řada svítidel je osazena dvěma paralelními řadami zářivek T5 o různé teplotě chromatičnosti. Jedna řada zářivek je osazena zářivkami s teplou bílou barvou (3000K) a druhá řada je osazena zářivkami se studenou bílou barvou světla (6000K). Každá řada zářivek je samostatně ovladatelná a kombinací intenzity jejich svitu lze vyvolat různé scény nasvícení tamburu např. ranní úsvit, plné denní světlo a jiné nálady. Celkem je toto náladové osvětlení tvořeno šestnácti sestavami svítidel (na každém nosníku je umístěna jedna sestava) s dvanácti zářivkami, tzn. že tambur je nasvícen 192 světelnými zdroji. Pro nastavení jednotlivých scén pomocí DALI protokolu má každá řada zářivek své vlastní předřadníky. Celkem je k řízení náladového osvětlení použito 96 samostatných DALI adres.



- Obr. 5. LINEA 80 2x54W se dvěma paralelními světelnými zdroji o různé teplotě chromatičnosti a s nezávislými DALI okruhy (kryt je pro názornost posunut)

Svítidla na ochozu nad hledištěm

Nad středem hlediště nebylo možno umístit svítidla SATURN 180. Je zde pouze nepřímo nasvícený prostor centrálního „lustru“, který nezajistí požadovanou hladinu osvětlení v hledišti a slouží pouze pro navození vhodné nálady. Proto jsou nad hledištěm, na vzpěrné konstrukci tamburu umístěna svítidla KARDAN s halogenovými žárovkami. Tato svítidla jsou přístupná z kruhového ochozu, který je pomocí 16 táhel zavěšen na plášti plynoměru. V každém svítidle je použito 12ks 100W reflektorových žárovek s úhlem vyzařování 24°. Žárovky jsou napájeny čtyřmi 300W elektronickými DALI transformátory a osazeny v kardanových závěsech. Celé svítidlo je možno naklápět a navíc je



každý reflektor individuálně nastavitelný tak, aby byl střed

- Obr. 6. KARDAN 4x3x100W/24° DALI – atypické svítidlo pro nasvícení střední části hlediště

hlediště správně a dostatečně osvětlen.

Osvětlení schodišť v hledišti

Schodiště v hlavním sále jsou osvětlena 288ks LED svítidel STEN osazenými jednou 1W výkonnou LED opět od firmy Cree. Vzhledem k různé výšce stupňů jsou použity tři varianty nastavení plošného spoje ve svítidle, které zajistí co nejlepší nasvícení příslušného stupně. Tato svítidla jsou



- Obr. 7. STEN LED 1W osvětlení schodiště v hlavním sále

nestmívatelná a jsou řízena pomocí stykačů ovládaných impulsem z releové jednotky napojené na DALI sběrnici. Zajímavostí je, že v průběhu zkoušek byl původně navržený výkon svítidel 3W snížen na pouhý 1W a po zahajovacích koncertech byla i tato 1W svítidla vybavena clonou proti oslnění účinkujících.

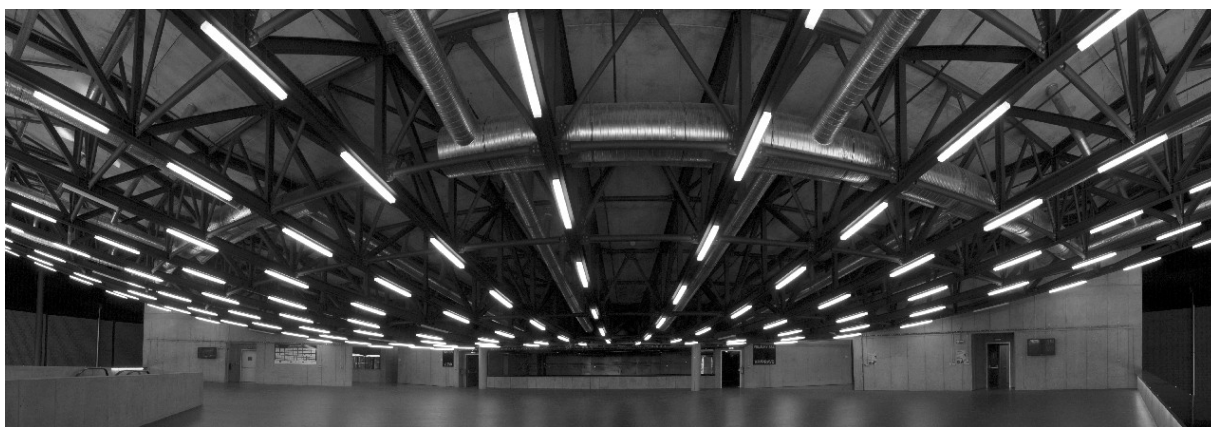
Osvětlení jeviště

Základní osvětlení jeviště je realizováno nestmívatelnými halogenovými reflektory INGE instalovanými na nosné ocelové konstrukci a částečně svítidla SATURN 180 zavěšenými na kopuli. Dále je jeviště osvětleno speciálními svítidly jevištního osvětlení. Tato svítidla tvoří svůj nezávislý systém a jako taková nejsou součástí osvětlení budovy. Oba systémy jsou ale propojeny pomocí počítače v režii a tak lze osvětlení sálu řídit na základě požadavků režie.

- Obr. 7. PLT-Q 1x100W stavitelný reflektor s ochrannou mřížkou



Osvětlení prostoru foyeru - konstrukce hlediště



- Obr. 8. Svítidla PO 1x80W DALI s opálovým krytem instalovaná na speciálních kabelových žlabech na spodní straně nosné konstrukce hlediště

Hlediště hlavního sálu je neseno mohutnou příhradovou konstrukcí přiznanou a viditelnou z prostoru foyeru. Pro osvětlení foyeru jsou použita svítidla zavěšená na speciálně pro tento účel vyrobených kabelových žlabech, připevněných na radiálních nosnících příhradové konstrukce. Kabelové žlaby jsou nalakovány stejnou barvou jako nosná konstrukce, svou šířkou odpovídají svídlům a černě lakované základny svítidel jsou na tento žlab připevněny v individuálních vzdálenostech podle projektu. Žlab je v prostoru mezi svídlí přikryt černě lakovaným víčkem. Z linie nosníků tak vystupují pouze bílé opálové kryty svítidel. Svítidla jsou osazena lineárními zářivkovými zdroji T5 o příkonu 80W s vysokým opálovým krytem. Každé ze 160 svítidel je ovládáno pomocí DALI sběrnice a 18 svítidel je navíc osazeno nouzovým modulem pro centrální nouzovou baterii.

Výstavní sál

Výstavní sál v prvním podlaží je příčkou rozdělen na dvě samostatné části osvětlované řadami závěsných svítidel LINEA 80 SYSTEM s krytem satíné. Svítidla tvoří nepřerušované řady. Ovládání je opět řešeno DALI protokolem a vybraná svítidla jsou osazena nouzovými moduly.

Workshopy

Ve druhém patře plynajemu je umístěn malý výukový sál s jevištěm. Tento prostor je osvětlen přisazenými svítidly PLT s opálovým krytem se zdroji 2x36W. Přilehlé učebny jsou osvětleny vestavnými svítidly DLT 2x17W. Všechny 190 svítidel je ovládáno přes DALI sběrnici. Toto řešení je zvoleno proto, že lze volně měnit prostorovou konfiguraci mezi výukovým sálem a osmi učebnami pomocí demontovatelných příček. Sál i učebny jsou ovládány samostatně ze svých ovládacích panelů a po demontáži příček tvoří rozšířený sál jeden samostatně ovladatelný celek. Řízení osvětlení v měnicích se prostorách je zajištěno na programové úrovni s minimálními náklady.



• Obr. 9. Osvětlení výukového sálu s jevištěm svítidly PLT 2x36W a DLT 2x17W

Osvětlení schodišť

Na schodištích jsou použita přisazená svítidla PMR s opálovým krytem a se zdroji 4x24W, technické prostory a zázemí jsou osvětlovány prachotěsnými svítidly PT 1x58W nebo 2x58W. Obvodová zeď je na vnitřní straně osazena svítidly s ochranným košem se zdroji 2x23W. Za zmínku stojí osvětlení venkovních schodišť realizované jedenácti atypickými LED svítidly ve vysokém krytí. V každém svítidle jsou tři LED na jednom plošném spoji. Tato svítidla jsou nestmívatelná a pro jejich konstrukci byla určující vzdálenost mezi svislými příčkami zábradlí.

Řízení osvětlení

Řídicí systém osvětlení plynajemu jsme realizovali společně partnerskou firmou DNA Central Europe s.r.o. Pro řízení osvětlení je použito zhruba 1900 jednotlivých DALI adres. V objektu plynajemu je v různých rozvaděčích osazeno celkem 19ks routerů firmy Helvar, které jsou mezi sebou propojeny ethernetovou sběrnici pomocí pěti switchů. Ovládání celého systému je buď ruční pomocí některého z 35-ti ovládacích tlačítkových panelů umístěných v příslušných místnostech, a nebo z počítače umístěného v režii. Na tento počítač je instalován výkonný software "Touch studio" s možností vizualizace a intuitivního ovládání celé řídicí soustavy. Další vizualizační program je nainstalován v tabletu nadřazeného systému režie. Z těchto dvou míst je možno nastavovat a ovládat veškeré osvětlení budovy. Při koncertu nebo divadelním představení se v okamžiku převzetí řízení režii stávají některé ovládací panely zejména v hlavním sále neaktivní.

Závěr

Možnost podílet se na takto významném a složitém projektu představovala pro naši společnost výjimečnou zkušenost a příležitost využít veškerého potenciálu firmy. Všechna použitá svítidla, s výjimkou svítidel SATURN, byla navržena, odsouhlasena a vyrobena v průběhu prvního čtvrtletí roku 2012. Ve druhé polovině dubna byla svítidla oživena, byl nainstalován řídicí systém a nouzový systém s centrální baterií. V průběhu dne otevřených dveří a zahajovacího koncertu, které se konaly 1.5. a 8.5.2012, byla osvětlovací soustava již plně funkční a prodělala zátěžové testy, ve kterých plně obstála.

Touto cestou bych chtěl poděkovat všem, kteří se na realizaci projektu osvětlení plynajemu podíleli.

Obsah návrhu osvětlení v různých stupních projektové dokumentace

Žák Petr, Etna s.r.o.

Etna s.r.o., Mečislavova 2, 140 00, Praha 4, zak@etna.cz

Úvod

Osvětlení, respektive osvětlovací soustava patří stejně jako větrání, topení a zdravotnické instalace k základním technickým zařízením každé budovy. V každém prostoru budovy, který je užíván člověkem se zřizuje osvětlení. Přesto v rámci projektové dokumentace nemá tento obor vyčleněnu samostatnou část a je rozdělen zvlášť na řešení denního a umělého osvětlení v odlišných částech projektové dokumentace. Pokud má být řešení osvětlení účelné a hospodárné je třeba jej řešit komplexně jako celek a to ve všech fázích projektové dokumentace. Následující příspěvek popisuje stávající stav a návrh možné podoby projektové dokumentace osvětlení a je primárně zaměřen na osvětlení v budovách.

Struktura projektové dokumentace

Současnou strukturu projektové dokumentace staveb lze popsat následujícím způsobem:

- architektonická studie;
- dokumentace pro územní řízení;
- dokumentace pro stavební řízení;
- dokumentace pro provádění stavby;
- dokumentace skutečného provedení stavby;

Z těchto fází jsou z pohledu legislativy povinné dokumentace pro územní řízení a stavební povolení, pokud jsou pro danou stavbu požadovány stavebním zákonem [1]. V následujících částech je pozornost věnována dokumentaci pro stavební řízení. Podle platné legislativy [2] obsahuje tato projektová dokumentace následující části:

- A. Průvodní zpráva
- B. Souhrnná technická zpráva
- C. Situace stavby
- D. Dokladová část
- E. Zásady organizace výstavby
- F. Dokumentace objektů

Projektová dokumentace přitom musí vždy obsahovat části A až F členěné na jednotlivé položky s tím, že rozsah jednotlivých částí musí odpovídat druhu a významu stavby, jejímu umístění, stavebně technickému provedení, účelu využití, vlivu na životní prostředí a době trvání stavby.

Průvodní zpráva obsahuje základní identifikaci stavby, jejíž součástí jsou údaje o místě stavby stavebníkově a projektantovi. Dále obsahuje informace o dosavadnímu využití území, stavebním pozemku a majetkoprávních vztazích, údaje o provedených průzkumech a o napojení na dopravní a technickou infrastrukturu. Součástí jsou také údaje o splnění podmínek regulačního plánu, územního rozhodnutí, předpokládanou dobu výstavby a statistické údaje o orientační hodnotě stavby a podlahové ploše. *Souhrnná technická zpráva* popisuje urbanistické, architektonické a stavebně technické řešení, mechanickou odolnost a stabilitu a řešení požární bezpečnosti. Další informace se týkají hygieny, ochrany zdraví a životního prostředí, bezpečnosti při užívání, ochrany proti hluku a úspor elektrické energie. Součástí je pak také zařízení stavby zahrnující způsob řešení odvodnění území včetně zneškodňování odpadních vod, zásobování vodou, zásobování energiemi, řešení dopravy, povrchové úpravy okolí a elektronické komunikace. *Situace stavby* obsahuje situaci širších vztahů stavby a jejího okolí s napojením na dopravní a technickou infrastrukturu s vyznačením ochranných bezpečnostních a hlukových pásem. Dále obsahuje koordinační situaci, kde jsou vyznačeny hranice pozemků a jejich parcelní čísla a zakresleno umístění stavby s vyznačením vzdálenosti od sousedních pozemků a další informace. *Dokladová část* obsahuje stanoviska, posudky a výsledky jednání vedených v průběhu zpracování projektové dokumentace a průkaz energetické náročnosti budovy podle zákona o hospodaření s energií. Součástí *zásad organizace výstavby* je technická zpráva a výkresová

část. Technická zpráva obsahuje informace o rozsahu staveniště, přístupy a příjezdy na staveniště, významné sítě technické infrastruktury, napojení staveniště na zdroje vody, elektřiny, odvodnění staveniště, informace o uspořádání staveniště z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví i z hlediska ochrany veřejných zájmů, stanovení podmínek pro provádění stavby a orientační lhůty výstavby a přehled rozhodujících dílčích termínů. Výkresová část obsahuje celkovou situaci stavby se zakreslením hranic staveniště a staveb zařízení staveniště, vyznačení přívodů vody a energií a jejich odběrných míst, vyznačení vjezdů a výjezdů na staveniště.

Dokumentace objektů obsahuje kompletní popis řešení stavby v podrobnosti potřebné pro účely stavebního řízení. Každá její část zpravidla obsahuje technickou zprávu a výkresovou část a případně výpočty. V případě pozemních objektů má část F projektové dokumentace následující části:

- F.1.1 Architektonické a stavebně technické řešení
- F.1.2 Stavebně konstrukční řešení
- F.1.3 Požárně bezpečnostní řešení
- F.1.4 Technika prostředí staveb
 - F.1.4a Zařízení pro vytápění staveb
 - F.1.4b Zařízení pro ochlazování staveb
 - F.1.4c Zařízení vzduchotechniky
 - F.1.4d Zařízení pro měření a regulaci
 - F.1.4e Zařízení zdravotně technických instalací
 - F.1.4f Plynová zařízení
 - F.1.4g Zařízení silnoproudé elektrotechniky včetně bleskosvodů
 - F.1.4h Zařízení slaboproudé elektrotechniky

V současné době se problematiky osvětlení dotýká několik částí projektové dokumentace. První částí je dokladová část, která stanovuje energetickou náročnost objektu. Bez znalosti koncepce řešení osvětlení by část hodnocení energetické náročnosti osvětlení budovy neměla být zpracována. V opačném případě dochází k chybnému nadřazení energetických požadavků nad hygienické. V části F.1.1 Architektonické a stavebně technické je řešeno denní osvětlení a oslunění a v části F.1.4g Zařízení silnoproudé elektrotechniky je řešeno osvětlení umělé a nouzové. V této části je zmíněno, že technická zpráva projektová dokumentace má obsahovat údaje o druhu osvětlení s údaji o požadované intenzitě (osvětlenosti) a popis a zdůvodnění koncepce. Výkresová část pak má obsahovat pouze základní orientační schémata. Mezi zpracovávané výpočty patří řešení osvětlení a oslunění.

Projektová dokumentace osvětlení

V následující části je navržena možná struktura návrhu osvětlení jako samostatné části projektové dokumentace. Účelem této části dokumentace je zajistit koordinovaný návrh osvětlení obsahující jak návrh denního tak umělého osvětlení jako celku včetně jeho ovládání jak z pohledu hygienických požadavků, tak z pohledu energetické náročnosti. Projektová dokumentace by měla obsahovat následující části:

- denní osvětlení;
- umělé osvětlení;
- nouzové osvětlení;
- ovládání osvětlení;

Součástí projektové dokumentace pro stavební řízení by měl být uveden koncept řešení denního osvětlení, včetně jeho případné regulace (žaluzie, rolety..), koncept řešení umělého osvětlení včetně způsobu ovládání a koncept řešení nouzového osvětlení. Součástí návrhu by měly být tabulky místností, pro které by byly definovány příslušné světelně technické parametry podle účelu a vykonávaných zrakových činností pro denní, umělé i nouzové osvětlení. Na základě těchto parametrů by byly stanoveny orientační hodnoty příkonu osvětlovací soustavy. Součástí projektové dokumentace by měly být i výpočty vzorových místností pro vzorový typ svítidel. Jako jedna z podmínek pro předání osvětlovací soustavy, uvedená v projektové dokumentaci, by měly být protokoly měření osvětlení v definovaných místnostech.

Literatura a odkazy

- [1] 183/2006 Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- [2] 499/2006 Vyhláška o dokumentaci staveb
- [3] 268/2006 Vyhláška o technických požadavcích na stavby

Potenciál úspor elektrické energie využitím denního světla v budovách

Jan Šumpich¹⁾, Tomáš Novák²⁾ Zbyněk Carbol³⁾ Karel Sokanský⁴⁾

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava, Česká republika, www.fe.i.vsb.cz.

¹⁾ tel: +420 597 329 327, email: jan.sumpich@vsb.cz ,

²⁾ tel: +420 597 321 503, email: tomas.novak1@vsb.cz ,

³⁾ tel: +420 597 329 327, email: zbynek.carbol@vsb.cz ,

⁴⁾ tel: +420 597 325 181, email: karel.sokansky@vsb.cz ,

ABSTRACT

Cílem článku je řešení problematiky výpočtů úspor elektrické energie při osvětlování vnitřních pracovních prostor soustavami denního i umělého osvětlení. Zabývá se transformací dynamického modelu rovnoměrně zatažené oblohy do příspěvku denní složky osvětlení v rámci konkrétních vnitřních prostorů. Výpočet energetických úspor využitím příspěvku osvětlenosti denního světla je umožněn modelováním stmívání soustav umělého osvětlení právě podle namodelovaných příspěvků denního osvětlení. Díky využití modelu rovnoměrně zatažené oblohy se eliminuje vliv prostorové orientace okenních otvorů.

Na základě znalosti difúzní osvětlenosti venkovní nezastíněné roviny a hodnot činitele denní osvětlenosti v bodech zraťového úkolu lze pro každý okamžik vypočítat příspěvek denního světla. V dalším kroku lze pro konkrétní osvětlovací soustavu umělého osvětlení stanovit úroveň stmívání jednotlivých prvků osvětlovací soustavy umělého osvětlení (svítidel) tak, aby bylo vyhověno normativním požadavkům hodnot osvětlení pro specifikovaný zraťový úkol. Rozdíl mezi energií spotřebovanou stmívatelnou a nestmívatelnou osvětlovací soustavou udává potenciál energetických úspor u osvětlovacích soustav umělého osvětlení s využitím denního světla.

Keywords: Denní světlo, úspory energie, vnitřní osvětlení, stmívání, rovnoměrně zatažená obloha

1 ÚVOD

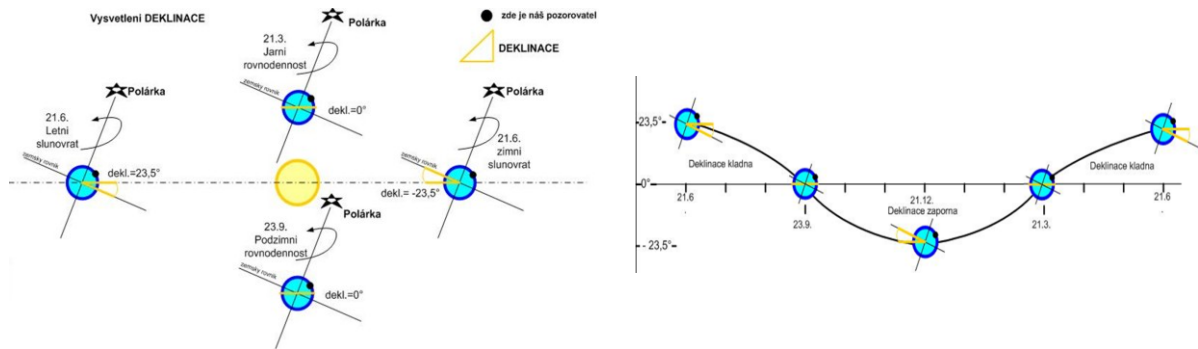
Snaha o ekonomické úspory nás nutí ke snižování spotřeby elektrické energie. Tento fenomén se nevyhýbá ani osvětlování vnitřních pracovních prostorů. V osvětlování vnitřních pracovních prostorů, se stále více využívá kombinace denního světla se světlem umělým tak, že na základě informací čidel osvětlenosti dotuje soustava umělého osvětlení pouze rozdíl, který nedokáže na požadované normativní hodnoty osvětlit světlo denní. Současná technická úroveň svítidel umožňuje regulaci světelného toku na konstantní hladinu osvětlenosti pomocí nezávislého automatického stmívání bez zásadního zvýšení investičních nákladů. U takovýchto osvětlovacích soustav lze pak využitím denního osvětlení uspořit nemalou část elektrické energie.

Při stanovování potenciálu úspor je třeba vycházet z úrovně intenzity vnějšího osvětlení. Tato je ovšem výrazně proměnlivá. Pro současné výpočty činitele denní osvětlenosti se používá modelu rovnoměrně zatažené oblohy s intenzitou osvětlení 5000 lx resp. 20000 lx. Námi navržený dynamický model rovnoměrně zatažené oblohy s proměnlivou osvětleností během dne a v rámci celého roku lze využít i pro výpočty osvětleností způsobených denním světlem v interiérech.

Denní světlo ovlivňuje i biologické pochody v našem těle a hraje tak důležitou roli v našem životě. Snaha maximalizovat využití denního světla při osvětlování tak vyplývá nejen z potřeby energetických úspor, ale také z hlediska hygienických požadavků.

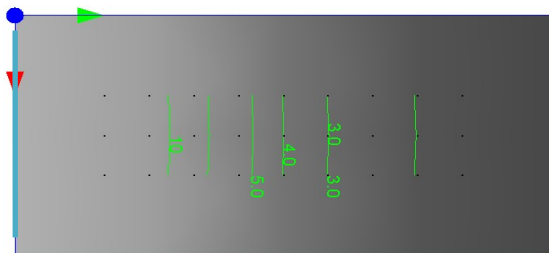
2 DYNAMICKÉ MODELOVÁNÍ KOMBINACE DENNÍHO A UMĚLÉHO OSVĚTLENÍ

Tato část příspěvku se zabývá názornou ukázkou dynamického modelování denního světla jako podkladu pro výpočet regulace umělých osvětlovacích soustav a následné vyčíslení energetických úspor. Při dynamickém modelování je celá řada aspektů, které jsou zapotřebí dodržovat. Základem pro dynamické modelování příspěvků denní osvětlenosti je využití rovnoměrně zatažené oblohy. Díky tomu lze při výpočtu eliminovat vliv světových stran na umístění osvětlovacích otvorů. Do výpočtu nevstupuje pouze model rovnoměrně zatažené oblohy, ale také deklinace Slunce měnící se v průběhu celého roku (viz Obr.1).

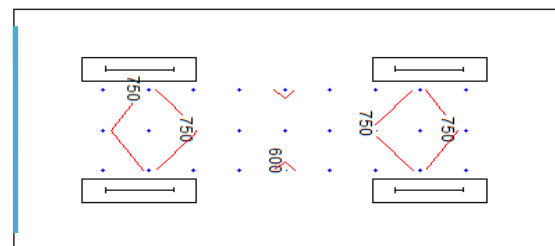


Obr. 1 Deklinace Slunce v průběhu roku

Pro výpočet modelové místnosti je třeba zjistit činitel denního osvětlení, který je zobrazen na Obr.2. Pro výpočty činitele denních osvětlení byl použit výpočetní v programu WDLS. Dále je třeba navrhnout umělou osvětlovací soustavu, pro náš model běžné kanceláře (viz Obr.3) jsme stanovili požadavek na dodržení udržované osvětlenosti 500 lx ve všech bodech protože nebylo stanoveno konkrétní místo zrakového úhlu. Návrh umělé osvětlovací soustavy byl proveden v programu WILS.

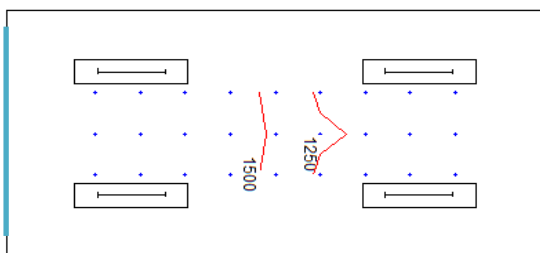


Obr. 2 Výpočet činitele denní osvětlenosti v modelové místnosti



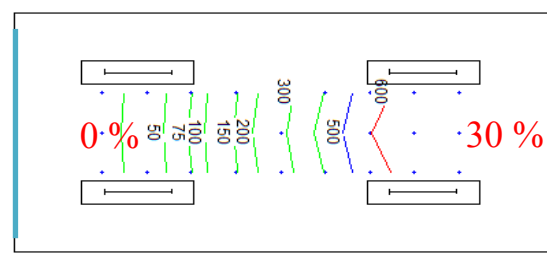
Obr. 3 Návrh umělého osvětlení v modelové místnosti

Nyní už je možné přejít k výpočtům kombinace denního a umělého osvětlení. Příklad výpočtu kombinace denního a umělého osvětlení pro jeden konkrétní čas v roce je uveden na Obr.4. Po základním výpočtu osvětlovacích soustav (denní a umělé), je možné v upravené verzi programu WILS přejít k výpočtu potenciálu regulace jednotlivých zadaných soustav umělého osvětlení (viz Obr.5). Regulace osvětlovacích soustav při vlastních výpočtech probíhá po 10 % a to od 0 % do 100 %. Pro tento příklad byla zvolena lineární závislost mezi světelným tokem a příkonem. Při požadavcích na světelný tok jdoucí z osvětlovací soustavy menších než 10% program tuto soustavu virtuálně odpojí. Pro praktické výpočty úspor osvětlovacích soustav je vhodné použít maximálně 4 soustav svítidel. Při použití více nezávisle regulovaných osvětlovacích soustav dochází k výraznému nárůstu délky samotného výpočtu.



Obr. 4 Součet umělého a denního osvětlení pro jeden stejný

konkrétní okamžik



Obr. 5 Regulovaná osvětlovací soustava pro

okamžik jako je uvedený na Obr. 4

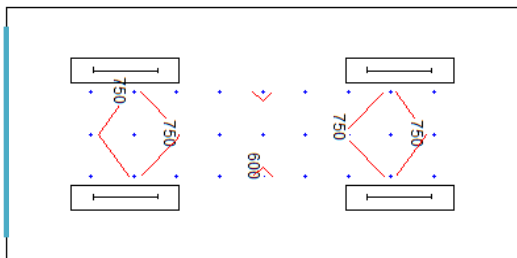
3 MODELOVÉ MÍSTNOSTI

Pro porovnání výpočtů úspor a regulací jsme vybrali 3 typy prostorů a to 3x6 metrů, 6x3 metry a 6x6 metrů. Pro modelové místnosti jsme použili stejná svítidla a to přisazená s lesklou mřížkou 2x36 W. Příkon 36 W je zde uveden včetně příkonu elektronického předřadníku a je při výpočtu brán z ldt dat výrobců. Program umožňuje nastavení výběru pracovních dnů a rozsah pracovní doby, které má použít pro daný výpočet. Ve všech bodech srovnávací roviny je dodržena podmínka, že hodnoty současného působení denního a umělého osvětlení musí být vyšší než 500 lx.

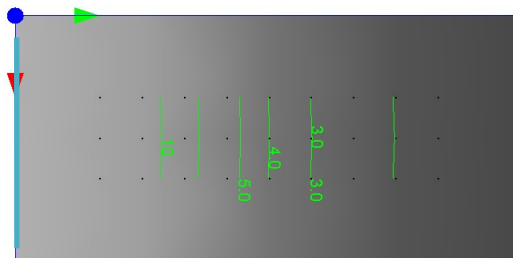
Místnost 3x6 m

V prostoru o rozměrech 3000x6000 mm a světlé výšce 3000 mm je umístěno okno o rozměru 2800x1800x900 mm ve středu stěny. Z následujících obrázků (Obr. 6,7), je možné vyčíst činitel denní

osvětlenosti, hodnoty udržované osvětlenosti umělé osvětlovací soustavy a rozmístění jednotlivých svítidel, která jsou rozdělena do dvou řad a to první řada u okna (2 kusy svítidel) a druhá řada dál od okna (2 kusy svítidel).



Obr. 6 Návrh umělé osvětlovací soustavy



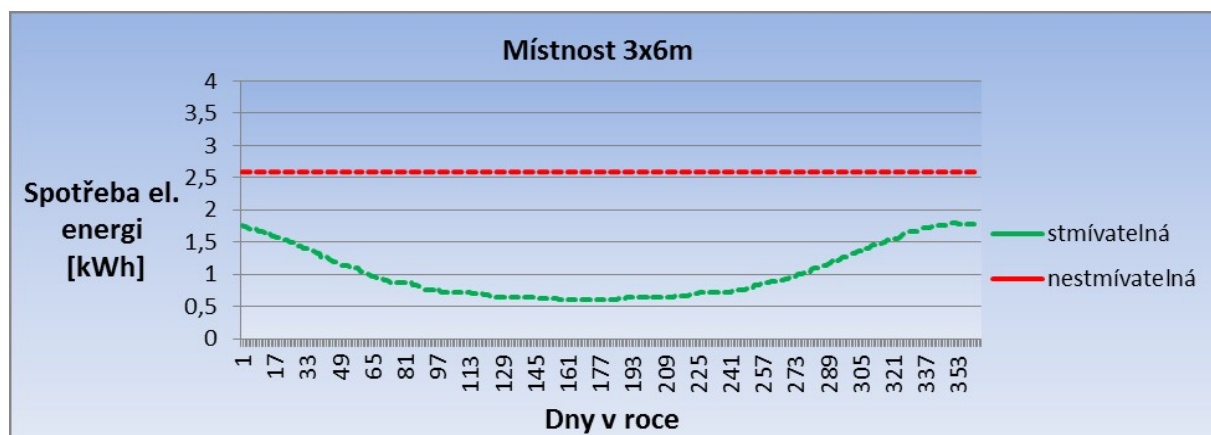
Obr. 7 Činitel denní osvětlenosti

Následující tabulka Tab.1 udává míru regulace dvou osvětlovacích soustav R1 a R2 při různých exteriérových intenzitách osvětlení. Například při hodnotě horizontální osvětlenosti na venkovní nezastíněné rovině 10 klx nebude první řada osvětlovací soustavy umělého osvětlení svítit vůbec a druhá řada bude svítit pouze na 60 %.

Místnost 3x6m		
Eext	R1	R2
1000	0.90	0.90
5000	0.30	0.90
7000	0.00	0.90
10000	0.00	0.60
20000	0.00	0.30
25000	0.00	0.20

Tab. 1 Regulace osvětlovacích soustav

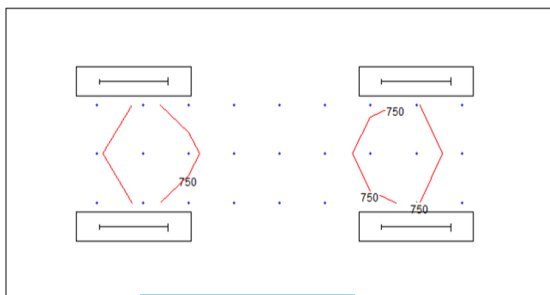
Na Obr. 8 je vidět rozdíl příkonu osvětlovací soustavy bez regulace a s regulací v dané místnosti. Při použití čtyřech svítidel bez regulace (provoz při celé pracovní době) je spotřeba elektrické energie cca 2,6 kWh za jeden den, s regulací je vidět jak jsou výsledné hodnoty spotřeby elektrické energie závislé na ročním období. Přes zimu když je nejméně difuzního světla je regulace minimální a tím pádem spotřeba největší cca 1,8 kWh za den a přes letní měsíce kdy je nejvíc difuzního světla je regulace největší a spotřeba nejmenší cca 0,6 kWh za den.



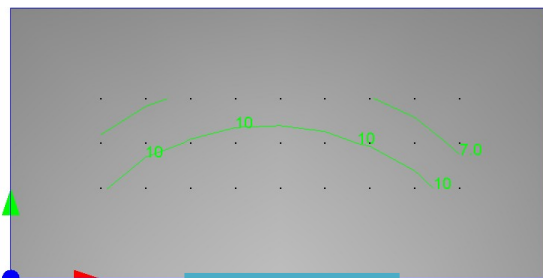
Obr. 8 Spotřeba elektrické energie regulovatelné a neregulovatelné osvětlovací soustavy

Místnost 6x3 m

Zde je uveden příklad identické místnosti otočené pouze o 90°, která má rozměry 6000x3000 mm a světlou výškou 3000 mm s umístěným oknem uprostřed stěny s rozměry 2800x1800x900 mm. Vůči oknu je tato místnost méně hluboká (viz Obr. 9,10). Díky tomuto faktu bude potenciál úspor pomocí regulace vyšší.



Obr. 9 Návrh umělé osvětlovací soustavy



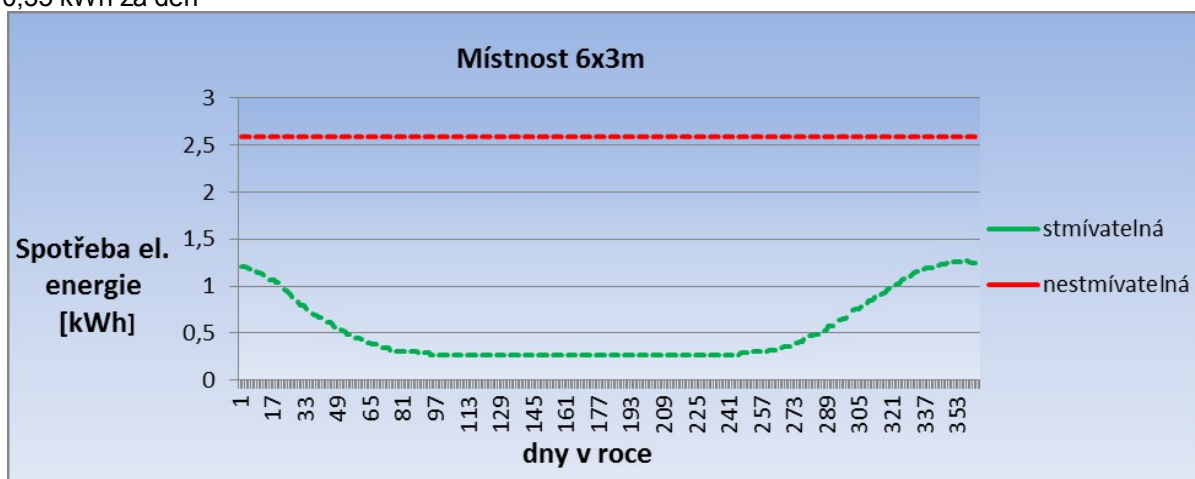
Obr. 10 Činitel denní osvětlenosti

V Tabulce Tab. 2 jsou uvedeny základní hodnoty regulace pro místnost 6000 x 3000 mm. Při srovnání těchto hodnot s místností 3000x6000 mm vidíme, že při hodnotě 10 klx na venkovní nezastíněné rovině v této místnosti osvětlovací soustavy umělého osvětlení nesvítí, kdežto při minulosti druhá řada osvětlovací soustavy pracovala při hodnotě v 60 % jmenovitého světelného toku.

Místnost 6x3 m		
Eext	R1	R2
1000	0.60	0.90
5000	0.00	0.60
7000	0.00	0.30
10000	0.00	0.00
20000	0.00	0.00
25000	0.00	0.00

Tab. 2 Regulace osvětlovacích soustav

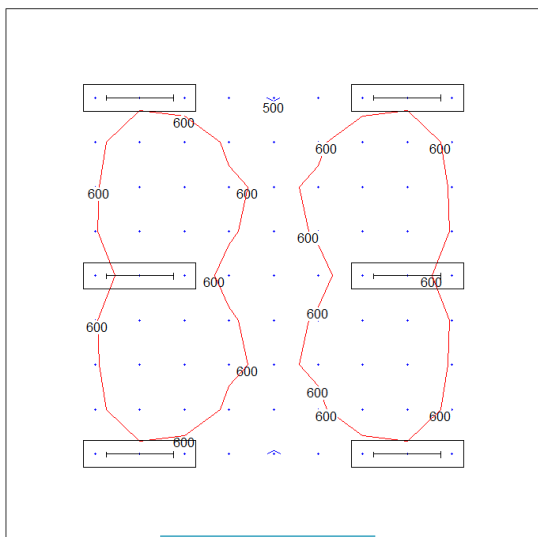
Na Obr. 11 je vidět rozdíl osvětlovací soustavy umělého osvětlení bez regulace a s regulací. Při použití čtyřech svítidel bez regulace je spotřeba elektrické energie cca 2,6 kWh za jeden den, s regulací je vidět jak jsou výsledné hodnoty spotřeby elektrické energie závislé na ročním období, kdy přes zimu když je nejmíň difuzního světla je regulace minimální a tím pádem spotřeba největší cca 1,25 kWh za den a přes letní měsíce kdy je nejvíce difuzního světla je regulace největší a spotřeba nejmenší cca 0,35 kWh za den



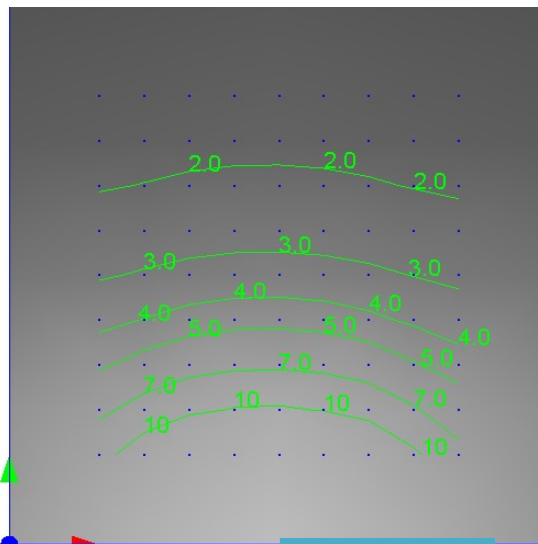
Obr. 11 Spotřeba elektrické energie regulovatelné a neregulovatelné osvětlovací soustavy

Místnost 6x6 m

Dalším prostorem pro srovnání je místnost 6000 x 6000 mm se světlou výškou 3000 mm i zde je okno o velikosti 2800x1800x900 mm umístěno uprostřed jako v předchozím případě. V této místnosti jsou použity tři řady po dvou kusech svítidel z důvodu větší plochy než v předchozích dvou případech. Z toho nám plyne i delší čas pro počítání potenciálních úspor při regulaci osvětlovacích soustav. I zde je zachována podmínka minimálně 500 lx pro všechny body na srovnávací rovině.



Obr. 12 návrh umělé osvětlovací soustavy



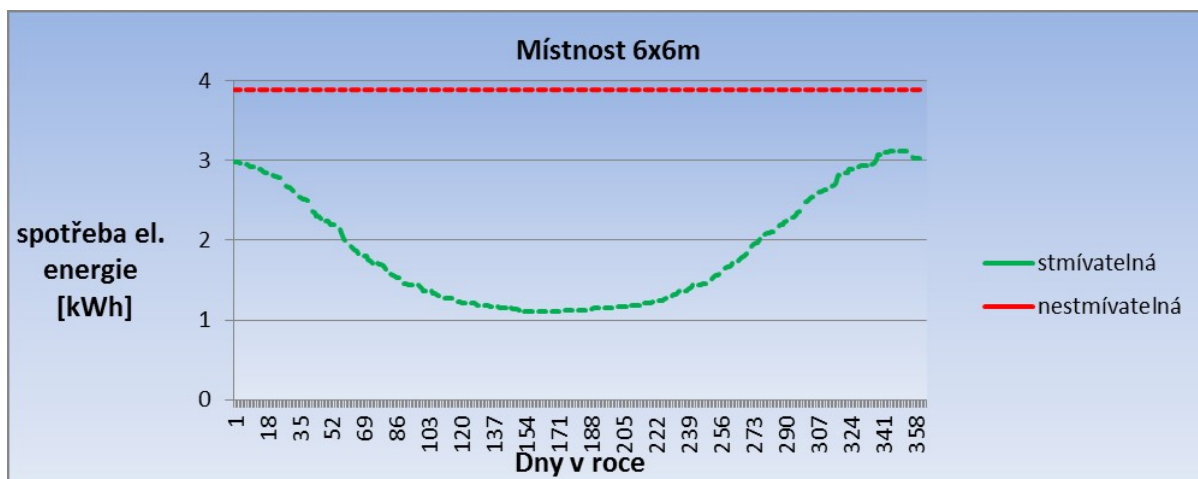
Obr. 13 Číselník denní osvětlenosti

Z tabulky Tab.3 je možné zjistit jak jsou jednotlivé řady osvětlovacích soustav regulovány pro uvedené hodnoty osvětleností na venkovní nezastíněné rovině. Ostatní podmínky jsou stejné jako u předchozích dvou případů jen s rozdílem přidání jedné řady svítidel.

Místnost 6x6m			
Eext	R1	R2	R3
1000	0.60	0.90	1.00
5000	0.20	1.00	1.00
7000	0.00	0.80	1.00
10000	0.00	0.50	0.90
20000	0.00	0.00	0.60
25000	0.00	0.10	0.30

Tab. 3 Regulace osvětlovacích soustav

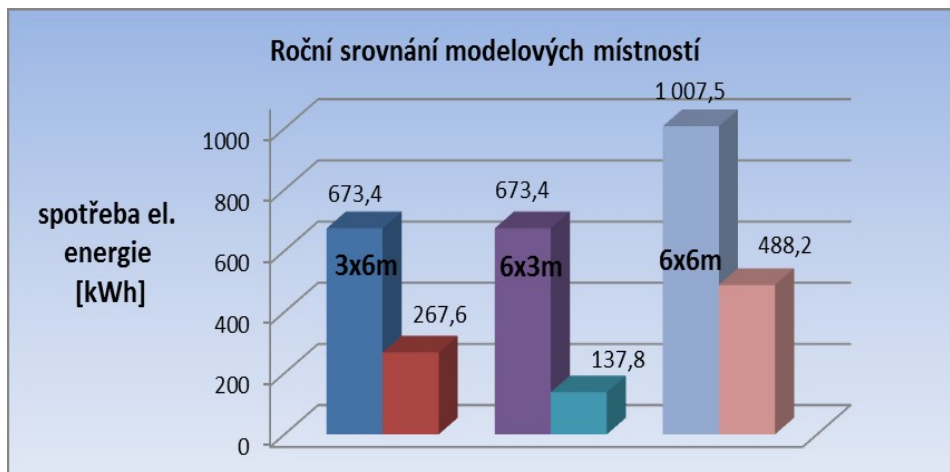
Na Obr. 14 je znázorněn rozdíl osvětlovací soustavy bez regulace a s regulací. Při použití šesti svítidel bez regulace je spotřeba elektrické energie cca 3,9 kWh za jeden den, s regulací je maximální spotřeba cca 3 kWh za den přes zimní měsíce a přes letní měsíce je spotřeba elektrické energie cca 1,1 kWh za den.



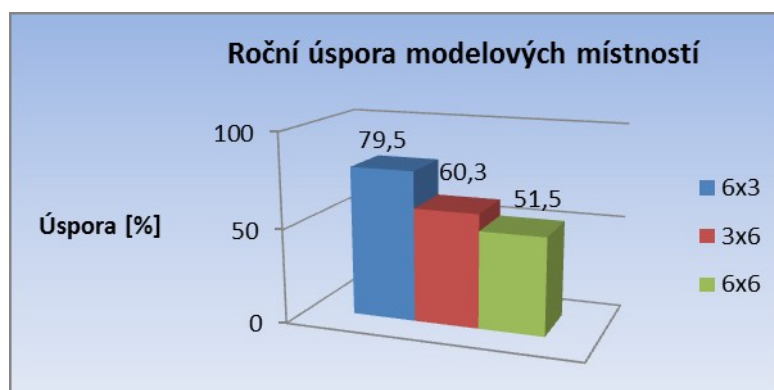
Obr. 14 Spotřeba elektrické energie regulovatelné a neregulovatelné osvětlovací soustavy

4 POROVNÁNÍ SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV

Aby bylo názorně vidět, jaké úspory lze dosáhnout regulací osvětlovacích soustav jsou předchozí hodnoty z programu znázorněny v grafech. Na Obr. 15 je vidět srovnání modelových místností, kde je vidět rozdílnost spotřeby elektrické energie a možnosti dosažení úspor regulací jednotlivých osvětlovacích soustav. Na Obr. 16. Je vidět procentuální úspora mezi uvedenými modelovými typy místností.

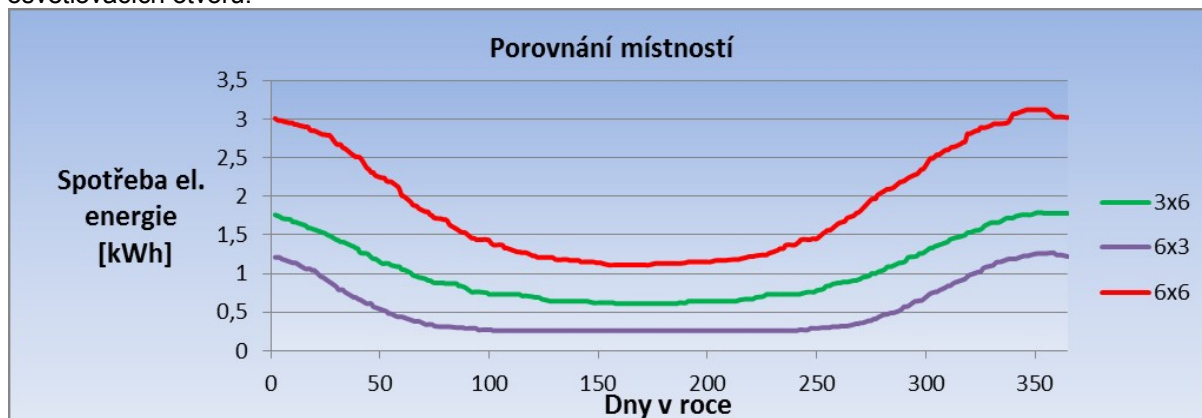


Obr. 15 Porovnání spotřeby elektrické energie za rok



Obr. 16 Energetické procentuální úspory modelových místností

Na Obr. 17 je celková potenciální spotřeba elektrické energie stmívaných osvětlovacích soustav umělého osvětlení během celého roku pro dané typy místností, ze kterých je vidět jak se průběhy liší v závislosti na denním osvětlení a hlavně na celkovém rozložení prostoru a na velikosti a pozici bočních osvětlovacích otvorů.



Obr. 17. Spotřeba elektrické energie v průběhu roku pro modelové místnosti

5 ZÁVĚR

Článek popisuje výsledky modelování potenciálu úspor osvětlovacích soustav využitím denního světla. Z těchto výsledků je patrné že regulací se dá dosáhnout nemalých úspor elektrické energie a tím i financí. V současné době se model porovnává s reálnými naměřenými výsledky v různých typech prostorů pracujících v režimu dynamického stmívání osvětlovacích soustav umělého osvětlení v závislosti na velikosti příspěvku osvětlení denního. Po ověření správnosti aplikace modelu rovnoměrně zatážené oblohy a vyladění software se předpokládá využití této metody při návrzích a rekonstrukcích osvětlovacích soustav umělého osvětlení, energetických auditech budov a tvorbě doporučení pro snižování jejich energetické náročnosti.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek byl vypracován za podpory “Nové možnosti LED technologií v osvětlování”. SP 2012/160.

LITERATURA

- [1] RYBÁŘ, P. a kol.: Denní osvětlení a oslunění budov, ERA 2001. ISBN 80-86517-33-0
- [2] DARULA, S. a kol.: Osvětlování světlovody, Grada Publishing 2009, ISBN 978-80-247-2459-1
- [3] Program wds, wils
- [4] Norma ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov, ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení obytných budov
- [5] ŠUMPICH, J., SOKANSKÝ, K., NOVÁK, T., CARBOL, Z. Stanovení denní osvětlenosti pod rovnoměrně zataženou oblohou za účelem snížení energetické náročnosti v budovách. In: *Světlo 2011*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2011, s. 207-209. ISBN: 978-80-248-2480-2.
- [6] Norma ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory

Meranie spotreby elektrickej energie v sieťach verejného osvetlenia

Ing. Peter Janiga, PhD., Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.

Slovenská technická univerzita v Bratislave, FEI, Ilkovičova 3, 812 19

Siete verejného osvetlenia predstavujú významný odber elektrickej energie. Tieto siete sa nachádzajú vo všetkých mestách na Slovensku aj v ostatných krajinách. Z hľadiska nákladov spojených s prevádzkou nezanedbateľnou mierou zasahujú do rozpočtov miest a obcí. Nesprávny alebo neoptimálny návrh zvyšuje náklady spojené s prevádzkou. Z tohto dôvodu je snaha posudzovať siete verejného osvetlenia nie len z hľadiska svetelnotechnického ale aj z hľadiska energetického.

Cieľ posudzovať siete verejného osvetlenia z hľadiska energetickej náročnosti sa očakáva od pripravovanej normy EN 13 201 – 5. Piata časť normy je pripravovaná pracovnou skupinou CEN TC 169/226 JWG. Navrhovaná metodika vychádza z počítania príkonu na plochu komunikácie, pričom zohľadňuje viaceré špecifiká verejného osvetlenia.

Cieľom tohto príspevku je ukázať na výsledkoch merania v sieťach verejného osvetlenia aktuálny stav z pohľadu elektrických veličín. Na základe meraní je možné si vytvoriť predstavu o aktuálnych energetických pomeroch v sieťach verejného osvetlenia a taktiež o problémoch, ktoré sa pri meraní a nesprávnom návrhu objavujú.

Spôsoby merania spotreby elektrickej energie

Presný výpočet spotreby elektrickej energie vo verejnom osvetlení by bol veľmi komplikovaný. Preto je overenie vypočítaných hodnôt vhodné porovnať s hodnotami nameranými. Sú možné dva spôsoby merania spotreby::

- **dlhodobé** — zachytáva aj časové zmeny v sieti,
- **okamžité** — meria sa len okamžitá spotreba siete.

Pri týchto meraniach je možné použiť buď napätie siete alebo zdroj s presným sínusovým napätím 230 V. Ak je použité presné napätie, je eliminovaný vplyv podpätia alebo prepätia a tiež deformácie napätia. Keď je sieť napájaná napätím siete a chceme určiť spotrebu pri nominálnych hodnotách, mali by byť použité korekčné činitele zohľadňujúce odchýlku od sínusového napätia, pretože je v tomto prípade ovplyvnený svetelný tok.

Meranie aktuálnej spotreby energie v sieti verejného osvetlenia nezohľadňuje použitý riadiaci systém. Ak chceme navrhnúť meranie spotreby energie, ktoré by bralo do úvahy aj riadiaci systém, tak treba použiť dlhodobé meranie spotreby.

Dlhodobé merania zohľadňujú:

- **regulátor napätia** — stmievanie v čase zníženej prevádzky na komunikácii, v čase východu a západu slnka alebo pri zníženom výkone v dôsledku predimenzovania siete,
- **premenlivú dobu spínania verejného osvetlenia** — prevádzka počas dňa sa mení v závislosti od dňa v roku,
- **pasívnu spotrebu siete** — najmä riadiaceho systému.

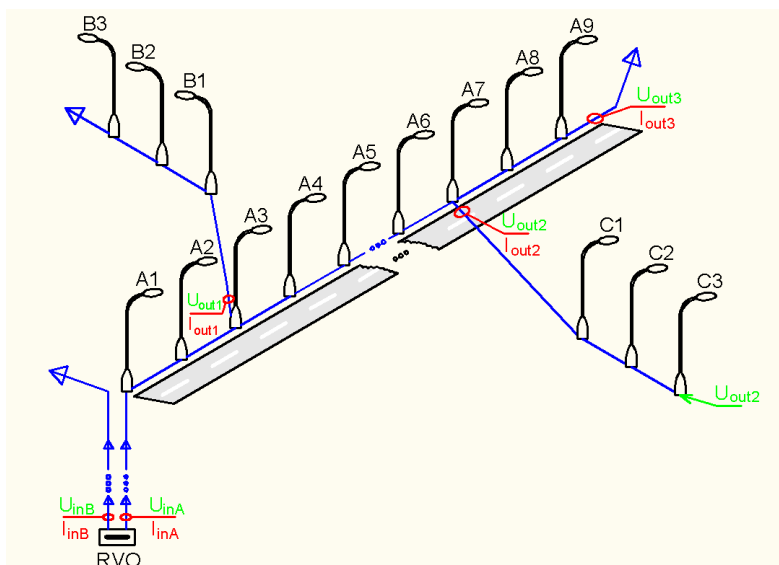
Dlhodobé meranie spotreby energie

Pre takéto meranie by bolo vhodné použiť prístroje, ktoré umožňujú záznam dát. Pri takomto meraní je možné posúdiť kvalitu návrhu siete aj z pohľadu spätného elektrického vplyvu na distribučnú sieť a tým aj možné zvýšenie nákladov na prevádzku siete v budúcnosti, pretože je snaha distribučných spoločností preniesť náklady spojené s generovaním vyšších harmonických na odberateľa. Aby dlhodobé meranie vystihlo správny návrh riadenia siete, bolo by optimálne aby trvalo jeden rok. Dlhodobé meranie môže byť:

- na vybranom úseku — spotreba bude vzťahovaná len na vybraný úsek,
- v rozvádzači — spotreba bude vzťahovaná na všetky úseky napájané z daného rozvádzača. Takéto meranie sa v dnešnej dobe inštaluje pre lepšie monitorovanie prevádzky siete, takže by v tomto prípade nevznikli zvýšené náklady na meracie prvky.

Meranie okamžitej spotreby energie

V sieťach verejného osvetlenia je hlavným spotrebičom svietidlo. Pri presnom vyšetovaní spotreby v sieťach nie je možné výslednú spotrebu určiť len sčítaním inštalovaného príkonu a vynásobením času prevádzky. Pre lepšie pochopenie špecifik sietí verejného osvetlenia boli vykonané merania napätia a prúdu v rozvádzačoch a vo vybraných svetelných miestach.



• Obr. 1 Orientačná schéma merania

Analyzované boli siete verejného osvetlenia v mestách a obciach Slovenskej republiky.

Obec	Michalovce	Dunajská Streda	Gabčíkovo	Handlová	Galanta	Matúškovo
Počet meraných RVO a sietí	82	43	1	2	1	1
Rozvody	Káblové, závesné káble, vonkajšie vedenia	Káblové, závesné káble, vonkajšie vedenia	Vonkajšie vedenia	Káblové	Káblové	Káblové
Stav siete	1 rok po rekonštrukcii	4 roky po rekonštrukcii	Po čiastočnej rekonštrukcii	Po rekonštrukcii	5 rokov po rekonštrukcii	Pred rekonštrukciou
Použitý regulátor	7	6	0	0	0	0
Svetelné zdroje	Sodíkové a halogenidové výbojky, kompaktné žiarivky, LED	Sodíkové a halogenidové výbojky, kompaktné žiarivky, LED	Kompaktné žiarivky	Sodíkové a halogenidové výbojky	Sodíkové výbojky	Sodíkové a ortuťové výbojky
Predradníky	Klasické a elektronické	Klasické a elektronické	Klasické	Klasické	Klasické	Klasické

• Tabuľka 1: Parametre analyzovaných sietí verejného osvetlenia

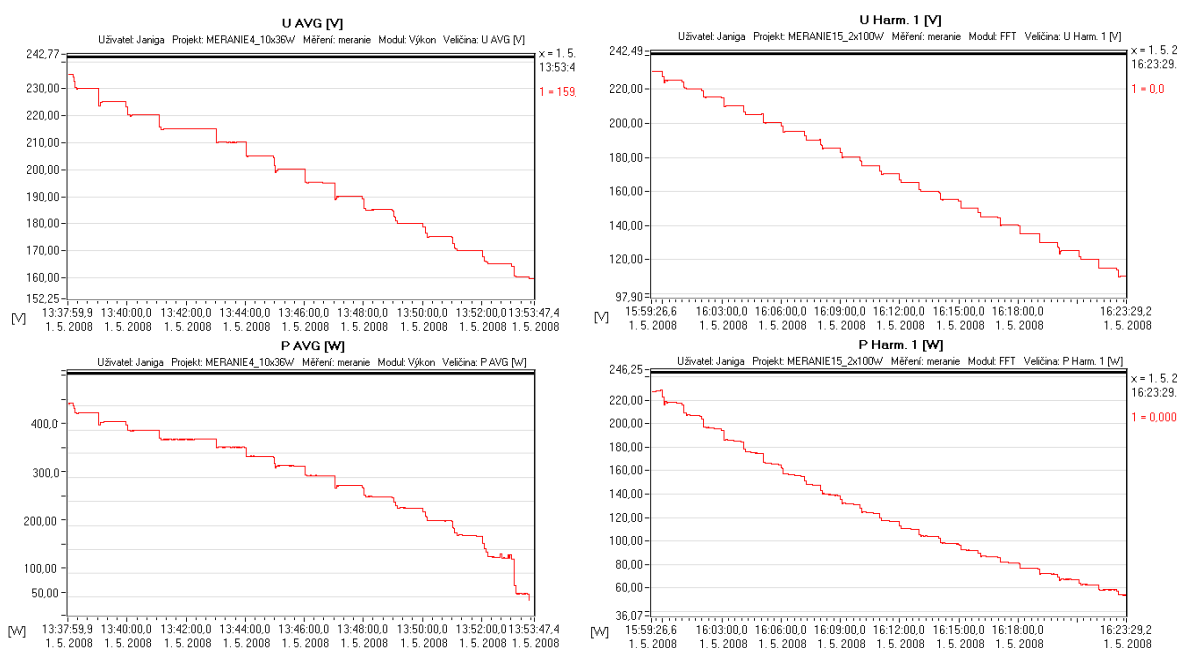
Spotreba okolitých odberateľov ovplyvňuje veľkosť a deformáciu napájacieho napätia. Z hľadiska vplyvu distribučnej siete na siete verejného osvetlenia boli merania uskutočnené v čase minimálneho aj maximálneho zaťaženia distribučných sietí. Siete s vonkajším vedením malo spoločný nulový vodič s rozvodmi distribučných sietí pre domácnosti a firmy. Z tohto dôvodu nebolo možné merať zaťaženie nulového vodiča. Takéto zapojenie výraznejšie ovplyvňuje napätie na svietidlách v porovnaní so zapojením, kde sú na nulový vodič pripojené len svietidlá verejného osvetlenia.



• Obr. 2 Meranie v RVO (vľavo), meranie na svorkovnici stožiaru (vpravo)

Vplyv úbytkov napätia na celkový príkon siete

Hlavným spotrebičom v sieťach verejného osvetlenia predstavuje svietidlo. Vplyvom zmeny napätia sa mení aj prúd tečúci jeho obvodmi. V konečnom dôsledku predstavuje zmena napájacieho napätia aj zmenu príkonu svietidla.

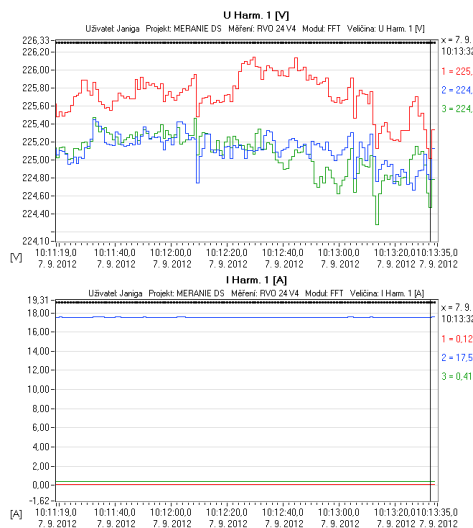


• Obr. 3 Zmena príkonu svietidla pri zmene napájacieho napätia. 10 x 36 W svietidlo s kompaktnou žiarivkou (vľavo), 2 x 100 W svietidlo so sodíkovou výbojkou (vpravo)

Z nameraných hodnôt je vidieť, že zmena napätia spôsobuje zmenu príkonu svietidla. V prípade prepätí je príkon svietidla väčší ako nominálny a pri podpätí je príkon nižší ako nominálny. Príkon svietidla klesá s klesajúcou hodnotou napätia. Svietidlá s klasickými predradníkmi obsahujú kompenzačný kondenzátor, ktorý je navrhnutý na prevádzku svietidla pri nominálnom napätí. Vplyvom regulácie alebo úbytkov napätia sa objavuje problém s jalovou zložkou.

Príkon svietidla ovplyvňuje nie len veľkosť napätia ale aj deformácia napät'ovej vlny. Problémy s deformovaným napätím sa objavujú najmä na koncoch vetiev. Zväčšené THD_U je dôsledok toku neharmonických prúdov.

Siete verejného osvetlenia sú špecifické svojou stromovou topológiou s jedným napájacím bodom. Pri návrhu a dimenzovaní sietí sa robí výpočet z hľadiska prúdovej zaťažiteľnosti. Pretože sa jedná o rozľahlé siete je nevyhnutné kontrolovať aj úbytky napätí v koncových bodoch.



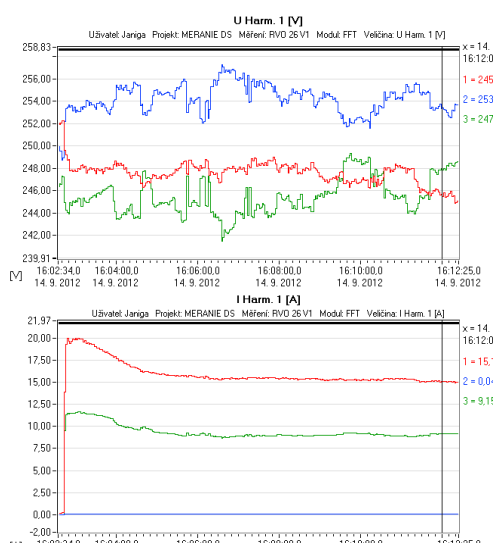
• Obr. 3 Napätie merané v RVO. Počas merania bolo na svorkách koncového SM napätie 192 V

Nízke napätie ovplyvňuje príkon svetidla ale tiež zvyšuje riziko nestabilného výboja. Napätie pri svietidlách s klasickými predradníkmi a výbojovými svetelnými zdrojmi nemôže klesnúť pod limitné hodnoty, kedy nastáva prerušovaný výboj alebo sa úplne preruší.

Svetelný zdroj	Minimálne napätie svetidla, pri ktorom nastal výboj	Minimálne napätie svetidla, pri ktorom bol výboj ešte stabilný
Sodíková výbojka 70 W	185 V	61 V
Sodíková výbojka 100 W	187 V	98 V
Kompaktná žiarivka 36 W	173 V	143 V
Halogenidová výbojka 150 W	195 V	135 V
Halogenidová výbojka 400 W	180 V	135 V

• Tabuľka 2: Laboratórne namerané minimálne hodnoty napájacieho napätia svetidla, pri ktorom nastane výboj a pri ktorom je výboj ešte stabilný

Zvýšené napätie v sieťach verejného osvetlenia predstavuje zvýšený príkon siete a tým aj zvýšenú spotrebu odberného miesta. V takýchto prípadoch sú komponenty svietidiel a častí sietí viac namáhané a môže dochádzať k ich častejším poruchám. Najčastejšou príčinou je umiestnenie RVO v blízkosti distribučného transformátora 22/0,4 kV a jeho zlé nastavenie odbočiek.



• Obr. 4 Zvýšené napájacie napätie v RVO v dôsledku zle nastavenej odbočky na distribučnom transformátore

Kolísanie napätia a s tým súvisiaca zmena príkonu svietidiel je eliminovaná pri svietidlách s elektronickými predradníkmi a pri svietidlách s LED. Predradníky týchto svietidiel generujú napätie nezávisle od napätia v sieti, avšak len do určitej miery. V prípade poklesu napätia mimo prevádzkovej hranice je svietidlo vypnuté. Na rozdiel od svietidla s klasickým predradníkom, kedy po prerušení výboja tečie prúd cez kompenzačný kondenzátor.

Príkon osvetľovacej sústavy môže byť menený aj inštalovaním regulátorov do RVO. Regulátory môžu pracovať v dvoch režimoch. Buď je výstupné napätie zmenené o nastavenú hodnotu voči sieťovému alebo je výstupné napätie regulátora nastavené na užívateľom zadanú hodnotu.

Záver

Analýza spotreby v sieťach verejného osvetlenia si vyžaduje zapracovanie veľkého množstva informácií. Pripravovaná metodika hodnotenia energetickej náročnosti v sieťach verejného osvetlenia rieši najmä svetelnotechnické parametre vstupujúce do výpočtu. Vykonané merania však ukazujú, že elektrické parametre siete a ich zmeny výrazne ovplyvňujú celkovú spotrebu.

V dôsledku bežných i zriedkavých vplyvov na sieť sa budú objavovať rozdiely medzi vypočítanými a nameranými hodnotami. V príspevku je analyzovaný jeden z najzreteľnejších vplyvov a to zmena napätia. Treba si však uvedomiť, že do nepresnosti medzi vypočítanými a nameranými hodnotami vstupujú i ďalšie faktory a to najmä pripájanie slávnostného osvetlenia, osvetlenia telefónnych búdok, napájanie fontán alebo elektrických závor. Zmeny môžu byť spôsobené aj rozdielmi medzi naprojektovanou prevádzkou a realizáciou, kedy prevádzkovateľ z dôvodu šetrenia vypína časť osvetlenia. V neposlednej rade budú rozdiely spôsobené aj poruchami svietidiel a častí siete.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol s podporou Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky na základe zmluvy

VEGA 1/1100/12 „Inteligentné siete ako súčasť distribučných sietí - nové metódy merania a riadenia spotreby“

Literatura a odkazy

- [1] EN 50 160: Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks
- [2] EN 60 555 - 2: Power supply harmonic emissions
- [3] IEEE 519-92: Recommended practice for monitoring electric power quality
- [4] Szathmary, P.: Power quality, PRO s.r.o., Banska Bystrica, 2003
- [5] Sankaran, C.: Power Quality, CRC press, 2002
- [6] Arrillaga, J., Watson, N. R., Chen S.: Power system quality assessment, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2000
- [7] Dugan, R.; McGranaghan, M. F.; Beaty, H. W.: Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill, New York, 1996

Zkušenosti z měření denního a umělého osvětlení

Jana Lepší, Ing. jana.lepsi@zuusti.cz

Pavel Stupka, Ing. pavel.stupka@zuusti.cz

ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem, Plzeň - Oddělení faktorů prostředí

Co nesmí chybět v protokolu o měření?

Měření osvětlení vnitřních prostorů a náležitosti protokolu o měření osvětlení v současné době řeší trojice norem:

- [1] Norma ČSN 36 0011-1 Část 1: Měření osvětlení vnitřních prostorů je rozdělena do tří částí. Část 1: Základní ustanovení obsahuje definice a obecně specifikuje základní technické požadavky. Kromě celé řady důležitých informací se v kapitole 4.10 nachází soupis nezbytných náležitostí protokolu o měření.
- [2] Norma ČSN 36 0011-2 Část 2: Měření denního osvětlení je věnována měření denního osvětlení. V kapitole 4.14 jsou doplněny a upřesněny povinné informace, které v protokolu o měření denního osvětlení nemají chybět. Příloha A obsahuje dvě přehledné tabulky se souhrnem činností požadovaných při měření a soupisem nutných a doporučených náležitostí obsahu protokolu o měření denního osvětlení.
- [3] Norma ČSN 36 0011-3 Část 3: Měření umělého osvětlení je v podstatě analogií normy části 2, je pouze věnována měření osvětlení umělého.

Stručně o měření osvětlení

- Podle účelu měření a z toho vyplývajících požadavků na přesnost se rozeznává měření osvětlení vnitřních prostorů:
 - a) **přesné**, určené pro posouzení náročných vnitřních prostorů nebo pro výzkumné účely - odhad rozšířené nejistoty měření je $U \leq 8$ [%];
 - b) **provozní**, určené pro ověřování správnosti navržených a realizovaných podmínek osvětlení a zrakové pohody, jejich dodržování během užívání stavby a pro porovnání různých řešení osvětlovacích soustav - odhad rozšířené nejistoty měření je $8 < U \leq 14$ [%];
 - c) **orientační**, určené pro ověřování základních podmínek zrakové pohody, na základě kterého se navrhuje další postup (opatření v údržbě, popřípadě přesnější měření při zjištění nevyhovujících podmínek) - odhad rozšířené nejistoty měření $14 < U \leq 20$ [%].

V praxi je nejčastěji prováděno měření provozní.

- Podle účelu měření a charakteru vnitřních prostorů staveb se jejich osvětlení měří:
 - a) **bez přítomnosti uživatelů** (v nové stavbě před jejím uvedením do provozu nebo během užívání stavby tam, kde přítomnost uživatelů vnitřního prostoru neovlivní podstatně podmínky osvětlení a zrakové pohody);
 - b) **za přítomnosti uživatelů** vnitřního prostoru na jejich obvyklém místě, když uživatelé ovlivňují osvětlení stíněním, např. na pracovním místě).

Je-li to možné, pak bychom i z hlediska určení činnosti doporučovali vždy měřit za přítomnosti uživatelů.

Normy [1], [2] a [3] dále řeší mimo jiné:

Měřicí přístroje (luxmetry, jasoměry) je třeba pravidelně kalibrovat podle přesnosti měření v intervalu 2 roky (přesné), 3 roky (provozní - u luxmetrů změněno vyhláškou na 2 roky) a 5 let (orientační).

Norma detailně popisuje postup měření denního i umělého osvětlení. Při požadavku na měření osvětlení sdruženého je potřeba měřit každou složku zvlášť.

Norma stanovuje způsob výběru kontrolních bodů i srovnávací roviny.

Měření musí být v protokolu jednoznačně popsáno tak, aby výsledky při opakovaných měřeních byly vzájemně srovnatelné.

Pro měření a zejména jeho vyhodnocení je nezbytné provést odhad standardní nejistoty měření.

Měření sestává z logicky na sebe navazujících fází: příprava - měření - vyhodnocení - protokol.

Detailní přehled činností a obsah protokolu stanovuje ČSN 36 001-1, -2, -3 (tab. 1, 2). Absence jakékoliv z níže uvedených náležitostí v protokolu o měření není v souladu s ČSN 36 001-1, -2,-3.

Tab. 1

POVINNÝ OBSAH PROTOKOLU - MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ

Údaj	Stupeň přesnosti měření		
	přesné	provozní	orientační
a) Přesné označení stavby, měřeného vnitřního prostoru	+	+	+
b) Datum a čas měření	+	+	+
c) Účel, druh a stupeň přesnosti měření	+	+	+
d) Měřicí přístroje (typ, výrobce, číslo, kalibrace atd.)	+	+	+
e) Charakteristika vnitřního prostoru (rozměry, zařízení, zrakové činnosti a jejich rozmístění, funkce prostoru, konstrukce, orientace atd.)	+	+	+
f) Osvětlovací otvory (konstrukce, umístění, rozměry)	+	+	+
g) Stav údržby (znečištění, lhůty čištění atd.)	+	+	+
h) Venkovní podmínky (stav oblohy, stínění, odraznost atd.)	+	+	(+)
i) Podmínky a postup měření (stav regulace, stínění uvnitř, přítomnost osob, měřené veličiny, opakování měření)	+	+	+
j) Teplota vzduchu vnitřní i venkovní	+	+	(+)
k) Výkresy se zakreslením měřicích bodů	+	+	(+)
l) Výsledky měření s tabelárním přehledem nebo zápisem do výkresu, způsob měření, použité korekce a jejich zdůvodnění	+	+	+
m) Grafické znázornění změřených hodnot (např. isofoty)	+	(+)	-
n) Vyhodnocení měření, porovnání s požadavky norem	+	+	+
o) Návrhy na opatření	-	-	-
p) Pracovníci zúčastnění na měření	+	+	+
q) Osoby, které poskytly údaje pro měření a byly přítomny	(+)	(+)	(+)
r) Podpis pracovníka odpovědného za měření	+	+	+

POZNÁMKA - Značky v tabulce znamenají:

- + je nutné
- (+) doporučuje se
- (-) nedoporučuje se
- není nutné

Tab. 2

POVINNÝ OBSAH PROTOKOLU - MĚŘENÍ DENNÍHO OSVĚTLENÍ

Údaj	Stupeň přesnosti měření		
	přesné	provozní	orientační
a) Přesné označení stavby a měřeného vnitřního prostoru	+	+	+
b) Datum a čas měření	+	+	+
c) Účel, druh a stupeň přesnosti měření	+	+	+
d) Měřicí přístroje (typ, výrobce, číslo, kalibrace)	+	+	+
e) Charakteristika vnitřního prostoru (rozměry, zařízení, funkce prostoru, zrakové činnosti a jejich rozmístění, funkce prostoru, konstrukce, orientace, osvětlovací otvory atd.)	+	+	+
f) Stav údržby (znečištění, lhůty čištění atd.)	+	+	(+)
g) Osvětlovací soustava (druh a vlastnosti zdrojů, svítidel, napájení, regulace, stáří, předběžné stárnutí atd.)	+	+	+
h) Podmínky a postup měření (stínění, přítomnost osob, funkční stav osvětlovací soustavy, stabilizace, regulace, denní osvětlení, opakování měření atd.)	+	+	+
i) Napájecí napětí osvětlovací soustavy při měření	+	+	(+)
j) Teplota vzduchu uvnitř	+	+	(+)
k) Výkresy se zakreslením měřicích bodů	+	+	(+)
l) Výsledky měření s tabelárním přehledem nebo zápisem do výkresu, použité korekce a jejich odůvodnění	+	+	+
m) Grafické znázornění změřených hodnot (např. isoluxy)	+	(+)	-
n) Vyhodnocení měření, porovnání výsledků s požadavky norem nebo předpisů	+	+	+
o) Návrhy na opatření	-	-	-
p) Pracovníci zúčastnění na měření	+	+	+
q) Osoby, které poskytly údaje pro měření a byly při něm přítomny	+	+	+
r) Podpis pracovníka odpovědného za měření	+	+	+

POZNÁMKA - Značky v tabulce znamenají:

- + je nutné
- (+) doporučuje se
- (-) nedoporučuje se
- není nutné

Praktické zkušenosti z měření osvětlení

Způsoby samotné realizace měření osvětlení mohou být značně rozdílné. Velmi záleží na konkrétním prostoru, jeho zařízení, osvětlovací soustavě, zrakové náročnosti vykonávané práce a na celé řadě dalších faktorů. Mimořádně důležitá je také odborná znalost a zkušenost samotných měřičů. Rukama nám prošlo množství protokolů z měření. Některé často se opakující nedostatky při provádění měření a zpracovávání protokolu o měření:

- 1) není uveden zvolený stupeň přesnosti měření
- 2) chybí údaje o měřicích přístrojích včetně třídy přesnosti a kalibrace přístrojů
- 3) nejsou jednoznačně specifikovány měřicí body a jejich rozmístění (problematická kontrola – srovnatelnost a reprodukovatelnost výsledků)
- 4) chybí výkresy, popis, fotodokumentace
- 5) chybí údaje o vlastnostech vnitřního prostoru a jeho zařízení (odraznosti, stav, míra znečištění...)
- 6) chybí údaje o osvětlovacích soustavách, stavu údržby
- 7) chybí údaje o okolnostech, ovlivňujících měření (teplota, napětí, ...)
- 8) chybí korekce dle kalibrační křivky měřidla
- 9) chybí odhad nejistoty měření
- 10) ...

Normy přesně stanovují, co má který protokol dle zvolené přesnosti obsahovat. Není výjimkou, že se z protokolu informací o volbě přesnosti měření nedozvíte.

Měření často provádí revizní technik neověřeným přístrojem. Dle vyhlášky MPO 345/2002 Sb. v platném znění je pro stanovená měřidla (kterými luxmetry jsou) a běžná provozní měření požadován interval ověření 2 roky. Zde je třeba upozornit na skutečnost, že cena za ověření může až desetinásobně překročit pořizovací cenu nejlacinějších luxmetrů. Pro měření se často používají přístroje, které nesplňují ani požadovanou velikost fotonky (nemá přesahovat 30 mm).

Mnohdy není prováděna korekce naměřených hodnot dle kalibrační křivky luxmetru ani korekce podle použitého světelného zdroje.

Měří se často zřejmě z ruky, bez zajištění měřené srovnávací roviny. Stává se, že měření neprobíhá na pracovních místech, jak požaduje norma ČSN EN 12464-1, ale pouze v prostoru. Místo měření nebývá z plánu jednoznačně identifikovatelné. Mnozí místo plánek nakreslí pouze obdélník bez směrové orientace, označení okenních otvorů, dveří a případných pracovních míst.

Někdy jsou stoly situovány v místech (ke zdi apod.), kde projektanti s umístěním nepočítali.

Pokud nejsou měřená pracoviště dobře popsána a zakreslena, nelze prokázat jejich pozdější přemístění. Pro jednoznačné a nezpochybnitelné popsání prostoru je vhodné použití fotodokumentace. K tomu je samozřejmě nezbytný souhlas objednavatele. Z fotodokumentace si pak i pracovník hygienické služby, kterému je protokol předložen, nejlépe udělá o kontrolovaném prostoru (pracovišti) představu.

Pro správné hodnocení výsledků měření umělého osvětlení je nezbytná znalost denního osvětlení prostoru. Není-li výpočet denního osvětlení k dispozici, nebo je-li nevěrohodný, pak je třeba provést v jednoznačných případech alespoň odborný odhad. Zde je však nutné, aby toto subjektivní hodnocení realizoval zkušený odborník v denní době (po soumraku lze snadno zanedbat některé důležité aspekty). Nejsme-li si zcela jisti, pak je vhodné si takto stanovenou hypotézu ověřit regulérním výpočtem nebo měřeními denního osvětlení.

Samotné měření denního osvětlení je velmi náročné na přípravu. Musí se dobře zvolit vhodné nezastíněné místo pro měření venkovní srovnávací osvětlenosti, včas si rozměřit a připravit síť kontrolních bodů uvnitř. Nezbytné je sledování předpovědi počasí, neboť dnů vhodných pro měření denního osvětlení - rovnoměrně zataženou oblohou, je během roku pouze několik. Pokud už takový vzácný okamžik nastane, tak je třeba rychle a koordinovaně jednat. V průběhu měření venkovní srovnávací osvětlenosti je důležité pravidelně

jasoměrem kontrolovat rozložení jasu oblohy. Pokud dojde byť i jen k částečnému protrhání oblačnosti, musíme měření okamžitě přerušit případně zcela odvolat.

V protokolech často zcela chybí popis prováděné činnosti, taktéž popis osvětlovacích soustav bývá nedostatečný. Rozmístění kontrolních měřících bodů by mělo i ve výkresech navazovat na rozmístění těles osvětlovací soustavy.

V měřeném prostoru musí být kontrolována teplota. Z jakého důvodu je potřeba přepočítávat osvětlenost na teplotu? Podstatné je to v případě zimního měření v ještě nevytopeném prostoru, kde se ale topit určitě bude. Není asi logické přepočítávat osvětlenost na teplotu v prostoru chladírny. Tam totiž během provozu nelze předpokládat teplotu vyšší - přepočet musí provést již projektant, který osvětlovací soustavu dimenzuje.

Případ, který se nám stal při měření nouzového osvětlení. Svítidla nouzového osvětlení nebyla zapojena pro normální provoz, ale jen do nouzového režimu (rozsvítila se až při výpadku napájení). Vzhledem k tomu, že v chladírně byla teplota kolem 4 °C, svítidla v nouzovém režimu nebyla schopna produkovat dostatečné světlo. Řešením bylo přepojit svítidla i do běžného provozu (svítí trvale, i po výpadku napájení). Světelný tok provozem zahřátých zdrojů pak bez problému setrval i v nouzovém režimu při napájení z akumulátorů.

Přepočítávat na napětí má význam pouze v případě, že se nejedná o běžný provozní stav.

U osvětlovacích soustav nebývá v protokolech popsán jejich aktuální stav - jak jsou staré, kdy se měnily světelné zdroje, kolik mají odsvíceno a jejich index podání barev. Chybí údaj o malování, čistotě prostředí. Bez těchto vstupních informací není možné provést korektní přepočet na udržované hodnoty.

Nezřídkou dochází k měření zcela prázdných, nezařízených prostorů. Je-li to možné, je lépe takové měření odložit až na dobu po úplném „zabydlení“. Vypovídací hodnota výsledků, zjištěných v prázdné místnosti, není velká. Stačí použít tmavý koberec, vymalovat barvami s nižší odrazností světla, zaplnit prostor tmavým nábytkem (vysokými stroji) a osvětlenost na pracovišti se již může pohybovat pod stanoveným limitem.

Není výjimkou, že si pracovníci stěžují na nekvalitní osvětlení, ale mnohdy nejde ani tak o osvětlení jako o špatné rozmístění pracovišť s PC. To ale lze při měření ve vybavených prostorech podchytit. V NV 361/2007 Sb. §50 je popsáno, jakým způsobem má být PC umístěno. „Měřiči“ však mívají malou povědomost o předpisech. U velkoplošných kancelářích mohou stoly být stíněny příčkami, část má i sdružené osvětlení.

V praxi jsme se rovněž nejednou setkali s požadavkem na měření netradičních prostor (výkrmna hospodářských zvířat, železniční vagon...). Zde je třeba si opatřit příslušné předpisy s patřičnými požadavky (srovnávací rovinu apod.).

Mnohdy se stává, že osvětlenost při měření není splněna. V takovém případě je vhodné zákazníkovi navrhnout potřebné úpravy. Po realizaci úprav provedeme opakovaně kontrolní měření a vypracujeme protokol.

U některých prací musíme být zvláště obezřetní, protože dle vyhlášky 432/2003 Sb. odstavce 11 spadají pod kategorizaci prací. Jedná se o pracoviště nepřetržitého monitorování, používání zvětšovacího přístroje, rozeznávání malého kritického detailu a neodstranitelné oslňování.

Na požadavek stěžovatelů nebo zástupců obce se také měří rušivé světlo. Jedná se o obtěžování obyvatel přilehlých bytů ať již svítidly nebo světelnými reklamami. Stížnosti se potom řeší s majiteli těchto zdrojů.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 1: Základní ustanovení
- [2] ČSN 36 0011-2 Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 2: Měření denního osvětlení
- [3] ČSN 36 0011-3 Měření osvětlení vnitřních prostorů - Část 3: Měření umělého osvětlení
- [4] ČSN EN 12464-1 - Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory
- [5] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. v platném znění
- [6] Vyhláška č. 345/2002 Sb. v platném znění
- [7] Vyhláška č. 432/2003 Sb. Kategorizace prací

Vyhláška č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch

IJana Lepší, Ing.
ZÚ Plzeň

§ 33

Požadavky na mikroklimatické podmínky, osvětlení a vnitřní ovzduší bazénové haly

(1) Požadavky na mikroklimatické podmínky, osvětlení a vnitřní ovzduší bazénové haly krytých koupališť jsou uvedeny v příloze č. 12 k této vyhlášce.

(2) Pro pořádání plaveckých soutěží či jiných organizovaných akcí v bazénech o délce 50 m se intenzita umělého osvětlení řídí technickými normami (ČSN EN 12193 Světlo a osvětlení - Osvětlení sportovišť, ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů).

§ 34

Prohřívárna sauny

(6) Prohřívárna musí být dostatečně větratelná, s možností regulace. Musí být dostatečně osvětlena a opatřena nouzovým osvětlením. Osvětlovací tělesa musí být umístěna tak, aby nedošlo k ohrožení saunujících se osob.

§ 38

Mikroklimatické podmínky saun

(1) Požadavky na mikroklimatické podmínky a osvětlení saun jsou upraveny v příloze č. 13 k této vyhlášce.

Příloha č. 12 k vyhlášce č. 238/2011 Sb.

Mikroklimatické požadavky, osvětlení a vnitřní ovzduší bazénové haly krytého bazénu a jeho přilehlých prostor

faktor prostředí	hala bazénu	přilehlé prostory pro uživatele (šatny, WC, sprchy, chodby atd.) [lx]	vstupní hala [lx]
intenzita osvětlení	min. 200 lx pro rekreační koupání, min. 300 lx pro plavecký výcvik 500 lx při závodech v 50 m bazénu	200	100

Příloha č. 13 k vyhlášce č. 238/2011 Sb.

Mikroklimatické podmínky a osvětlení sauny

místo	minimální intenzita osvětlení [lx]
chodba	100
šatna	200
prohřívárna	50
vnitřní ochlazovna	75
vnější ochlazovna	75
odpočívárna	75
záchod	100

Osvětlování bytů

Jana Lepší, Ing.

Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Zkušební laboratoř Plzeň

Přednáška bude pojednávat o problematice umělého osvětlení v bytě. Osvětlení v bytě se vždy řídí činností, kterou v daném prostoru budeme vykonávat. Záleží také na tom, jakou polohu budeme při činnosti zaujímat. V kuchyni půjde s největší pravděpodobností převážně o činnost vstaje. V obývacím pokoji pak nejčastěji vsedě. V ložnici při čtení o polohu vleže či vsedě. Důležité je zda ji bude vykonávat dospělý člověk nebo dítě. Tomu bude odpovídat i výběr vhodného svítidla. Norma ČSN 73 4301 Změna Z1 Obytné budovy udává požadavky na jednotlivé části bytu. Na fotografiích budou ukázány příklady různých řešení osvětlení.

Obecné požadavky předpisů na byty:

Vyhláška o technických požadavcích na stavby č. 268/2009 Sb., novelizované vyhláškou č. 20/2012 Sb.

§ 11 Denní a umělé osvětlení, větrání a vytápění

(1) U nově navrhovaných budov musí návrh osvětlení v souladu s normovými hodnotami řešit denní, umělé i případné sdružené osvětlení, a posuzovat je společně s vytápěním, chlazením, větráním, ochranou proti hluku, prosluněním, včetně vlivu okolních budov a naopak vlivu navrhované stavby na stávající zástavbu.

(4) V pobytových místnostech musí být navrženo denní, umělé a případně sdružené osvětlení v závislosti na jejich funkčním využití a na délce pobytu osob v souladu s normovými hodnotami.

(7) Záchody, prostory pro osobní hygienu a prostory pro vaření musí mít umělé osvětlení v souladu s normovými hodnotami, musí být účinně odvětrány v souladu s normovými hodnotami a musí být dostatečně vytápěny s možností regulace vnitřní teploty.

(10) Komunikační prostory musí mít umělé osvětlení v souladu s normovými hodnotami a musí být odvětrány.

§ 16 Úspora energie a tepelná ochrana

(1) Budovy musí být navrženy a provedeny tak, aby spotřeba energie na jejich vytápění, větrání, umělé osvětlení, popřípadě klimatizaci byla co nejnižší. Energetickou náročnost je třeba ovlivňovat tvarem budovy, jejím dispozičním řešením, orientací a velikostí výplní otvorů, použitými materiály a výrobky a systémy technického zařízení budov. Při návrhu stavby se musí respektovat klimatické podmínky lokality.

Požadavky na umělé osvětlení bytů obsahuje ČSN 73 4301 Změna Z1 - Obytné budovy

B.2.1 Osvětlovací soustavy ve vnitřních prostorech bytů musí být variabilní a umožňovat více kombinací pro různé aktivní činnosti i pro pasivní odpočinek. Osvětlovací soustavy v jedné místnosti by měly zajistit vyhovující osvětlení pro časté případy, kdy uživatelé vykonávají současně odlišné činnosti a potřebují každý jiné osvětlení, přičemž nesmí jeden druhému svým osvětlením rušit (úroveň osvětlení, jasy a úhly clonění svítidel a usměrnění světelného toku).

Tabulka B.1 – Nejnižší požadované hodnoty \bar{E}_m , UGR_L a R_a

Prostor		Udržovaná osvětlenost \bar{E}_m (lx)	Index oslnění UGR_L	Index podání barev R_a	Výška vodorovné srovnávací roviny nad podlahou (m)
1	Domovní dvory, atria	10	–	–	0
2	Domovní, méně frekventované komunikace	20	25	60	0
3	Vnitřní části domovních vstupů, vstupy do výtahů u objektů s malou frekvencí	30	25	60	0
4	Na místě se jménem uživatele bytu, na zvonkovém tablu a na vstupu do bytu	30	–	–	–
5	Celkové osvětlení obytné místnosti (které se ještě doplňuje místním osvětlením)	50	22	80	0.85
6	Komunikace v bytě	75	22	80	0
7	Obytné kuchyně, šatny, spíže	100	22	80	0.85
8	Sušárny, úschovny kočárků a kol	100	28	60	0.85
9	Domovní, frekventované komunikace včetně vnitřních částí vstupů a vstupy do výtahu – zvýšený pohyb v objektu nebydlících osob	100	25	60	0
10	Domovní prádelny	150	25	80	0.85
11	Koupelny, WC	200	22	80	0.85
12	Domácí dílny, místnost pro domácí práce, mandl	300	22	80	0.85
13	Kuchyňská pracovní linka, varná deska sporáku	300	22	90	–

POZNÁMKY

- 1) Uvedená výška vodorovné srovnávací roviny nad podlahou musí být upravena, je-li činnost vykonávána v jiné výšce (například nižší stoly pro děti a podobně).
- 2) Uživatelé bytů si v rozhodující většině případů zřizují, udržují a užívají celkové i místní osvětlení obytných místností sami podle vlastní úvahy. Pro svítidla celkového osvětlení jsou zpravidla podle projektu rozmístěny vývody světelného obvodu, pro místní osvětlení se využívají zásuvky. Osvětlení ostatních prostorů bytu (příslušenství, hygienická zařízení atd.) se navrhuje v projektu. Podobně je tomu je u domovních komunikací a dalších společných prostorů.

Byt či dům

Každý člen rodiny by se měl v bytě cítit co nejlépe. Co znamená - cítit se jako doma? V bytě by mělo být útulno, příjemně. Byt také často něco vypovídá i o jeho obyvatelích - jaké mají záliby, čím se rádi obklopují. Většinou se řeší osvětlení v bytě postupně v několika etapách tak, jak se prostory postupně zabydlují. Záleží na délce pobytu obyvatel doma. Jiné požadavky má maminka s dítětem na mateřské, a jiné singl, který je pracovně vytížen a domů se chodí jen vyspat. Vzhledem k rostoucím cenám energií je aktuální i ekonomika a hospodárnost provozu.

Úkolem osvětlení je zajistit potřebu vidění všech členů domácnosti v prostoru celého bytu. Pro danou činnost je důležité zajistit zrakovou pohodu, tzn. nejen kvantitu osvětlení, ale i kvalitu. Barevné řešení a

prostorové uspořádání zařízení bytu potom ovlivní i dobrý psychický pocit. Při výběru barev na stěny je třeba užívat spíše světlé odstíny. Teplé barvy povrchů a světla způsobí i větší pocit tepla zvláště v místnostech situovaných na severní stranu. V bytě by se měly opakovat maximálně tři odstíny barev (z nich lze volit různé sytosti), které spolu navzájem ladí. Stropy a ostění by měly být bílé - pro lepší odraz světla do místnosti. Uspořádání nábytku by mělo být přirozenou součástí místnosti, nikoliv překážkovou dráhou či skladištěm různých stylů. Měli bychom dbát i na výběr různých dezénů dřeva na podlahu, nábytek a dveře - „aby spolu ladily“. Velké množství odlišných druhů působí rušivě.

Vyvarovat bychom se měli oslnění, ať již přímému od světelných zdrojů nebo odrazem od lesklých ploch (skla na stole), ale i plochám s velkým rozdílem jasů. Oslnění působí vždy nepříznivě na náš zrak. Z tohoto pohledu jsou vhodnější matné materiály. Jediné oslnění se připouští u slavnostní tabule - lesk příborů, třpyt skla a dekorací.

Doporučený poměr osvětleností mezi sousedními místnostmi by neměl být horší než 1:5.

Do zorného pole každého z nás v bytě připadají z větší části svislé plochy. Z tohoto důvodu je vhodnější použití osvětlení šikmé než shora. Šikmé osvětlení je plastičtější, zlepšuje prostorové vidění, vytváří stíny na svislých plochách. Toho lze využít zvláště v obývacím pokoji.

V obývacím pokoji se setkávají všechny věkové skupiny, které se v bytě vyskytují. Mělo by být samozřejmostí využívání tří hladin osvětleností:

1) nejnižší - orientační, odpočinková - intimní, určená pro poslech hudby, sledování televize, rozhovory s přáteli

2) střední - pro běžný provoz rodiny

3) nejvyšší - vhodná pro v prostoru zrakově nejnáročnější činnosti jako je čtení, studium, šití, pletení, žehlení... U činností jako je žehlení však nelze použít přisvětlení lampou, protože by překážela. Minimální osvětlenost pro žehlení je 300 lx.

Místním přisvětlením doplníme křeslo, konferenční stůl (viz jídelní stůl), klavír nebo pracovní stůl. K tomu slouží stojanová, stolní nebo nástěnná svítidla. Lampa se umísťuje vlevo od křesla nepatrně za. Pro nasvětlení not existují i speciální svítidla.

Jednou z nejobtížnějších činností v bytě z hlediska zraku je šití a ruční práce. Důležité je rozeznávání odstínů barev nití a látek. Zvláště obtížné je šití černou nití na černou látku. Zde není potřebný kontrast mezi látkou a nití. Svítidlo pro místní přisvětlení musí mít neprůsvitné stínidlo. Nesmí oslňovat. Mělo by co nejrovnoměrěji nasvětlit místo zrakového úkolu.

Nesmíme zapomenout ani na osvětlení dekorativní, ať již uměleckých děl např. obrazů, plastik, vitrín, knihovny nebo rostlin či akvária. Při nasvětlování obrazů platí zásada, že směr světla svírá se svislicí úhel asi 30°. Tím se zabrání zrcadlení při prohlížení díla a zároveň vzniku velkých stínů od rámu. Světelný zdroj musí být skryt z pohledu pozorovatele. U plastik se musíme vyvarovat tvrdých stínů - zkrusují tvar.

Pro nepřímé měkké osvětlení celého pokoje lze využít zářivkových svítidel zabudovaných do různých říms, dřívě používaných gamyží záclon - závěsů či polic. Výhodná pro obývací pokoj je regulace osvětlení ať již skoková, nebo plynulá.

V každém bytě je dnes minimálně jedna **televize**. Je známo, že velký kontrast jasů velmi namáhá a unavuje oči. Proto pro snížení kontrastu jasů je důležité přisvětlení. Svítidlo se nesmí zrcadlit na obrazovce, ale zároveň jej nesmíme mít v zorném poli. Nejvhodnější je celkové osvětlení o nízké intenzitě. Vysoký kontrast je také důvodem, proč televizi neumísťujeme na okenní stěnu mezi okna, ani proti oknu. Tím zamezíme velkému kontrastu jasů proti oknu a zrcadlení okna v obrazovce ve dne. Podobně je tomu i u PC. Vzdálenost sezení by měla být 3× až 4×větší než samotná velikost úhlopříčky televize.

Za **obytnou kuchyni** se dle ČSN považuje kuchyně mající plochu více než 12 m². V 60-tých letech se předpokládalo se doma v kuchyni vařit nebude.

Dnes se však vyskytují spíše kuchyně propojené s obývacím pokojem. Oba prostory lze oddělit i světlem. (Výhody a nevýhody byly uvedeny v ložském článku).

Prostor **kuchyně** lze dnes rozdělit do dvou částí - první určená na přípravu pokrmů, druhá pro konzumaci - jídelní kout - jídelní stůl.

Dle normy ČSN 73 4301 Změna Z1 je požadována osvětlenost 300 lx. Musíme zde zajistit takové celkové osvětlení, aby nedocházelo ke stínění pracovního místa. Kuchyňská linka je ale pracovní plochou, kde se používají nože a hrozí úraz. Místní přisvětlení má zajistit rovnoměrné osvětlení na celé ploše včetně dřezu. Z tohoto důvodu je zde vhodné využití lineárních světelných zdrojů. Při použití většího počtu menších zdrojů dochází ke vzniku nežádoucích stínů na pracovní ploše. Přisvětlení plochy nad sporákem či varné desce se většinou řeší integrovaným svítidlem v digestoři. V kuchyni je důležitá barva světla, aby maso nebylo odstínu dozelena, ale mělo přirozený odstín. To lze zajistit správným výběrem světelných zdrojů - při použití u zářivkových trubíc značených např. 36W/830.

Při osvětlování **jídelního stolu** by se mělo dbát především na to, aby svítidlo bylo ve správné výšce - neoslňovalo (problematické pokud u stolu sedí děti), nevyčnival světelný zdroj a aby svítidlo nebránilo pohledu na sedícího proti nám. Stůl by neměl být lesklý - skleněný, protože zde dochází k oslnění odrazem. Světlo nad stolem má funkci i stmelovací. Vždy by mělo ale ještě svítit celkové osvětlení. Minimální prostor kolem stolu by měl být alespoň 60 cm, na sezení 75 cm.

Dětský pokoj je určen pro děti, které postupem času rostou a mění požadavky na prostor a jeho vybavení. Nejmenší děti leží v postýlce, lezou po zemi. Větší staví ze stavebnic, převážně si hrají na zemi. S léty se postupně přesouvají stále více ke stolu s kreslením, psaním, čtením, později i s používáním PC. Zde je při osvětlování nejdůležitější výška dítěte a směr pohledu. U nejmenších dětí se převážně jedná o pohled zdola. Lezoucí dítě nesmí mít přístupné žádné zásuvky - z toho důvodu není vhodné používání stojacích lamp a stolních lampiček připojených kabely. Nejvhodnější je rovnoměrná nepřímá osvětlovací soustava zajišťující osvětlenost v celé ploše pokoje. Ta nám vyloučí oslnění dítěte i dospělého. Zcela nevhodná jsou svítidla přímá. Pro kontrolu spícího dítěte postačí orientační osvětlení - nesmí rušit.

U větších dětí je důležité brát v úvahu rozdělení pokoje na zónu spací, hrací a pracovní. Pro přípravu domácích úkolů potřebují vhodný stůl a stabilní výškově nastavitelnou židli. Stůl by měl být doplněn místním osvětlením. Nejčastěji se k tomu využívají stolní nastavitelné lampy s 2-3 klouby. Lampa by měla zajistit rovnoměrné nasvětlení pracovní plochy stolu. Pro hrací plochu postačí centrální svítidlo. I u lůžka by měla být možnost přisvětlení pro čtení nejprve dospělým, později dětem.

Ložnice - patří mezi prostory nejméně frekventované. Prostory klidu, výhradně pasivní, odpočinkové, proto sem nepatří pracovní kouty. Zde by měla být převážně nižší osvětlenost zajištěná převážně nepřímou či nepřímou osvětlovací soustavou. I zde je vhodné stmívání. Ovládání osvětlení od lůžka by mělo být samozřejmostí.

Místním svítidlem by se ve směru pohledu měly intenzivněji nasvětlit prostory určené pro čtení na lůžku. Přisvětlení by nemělo rušit partnera při spánku. Naši ortopedové, ani oční však čtení v posteli nedoporučují.

Pokud slouží ložnice i za šatnu - jsou zde umístěny skříně, je zde důležité přisvětlení směřované do skříní (např. lištový systém, světlomety), případně ještě přisvětlení zrcadla. Zanedbatelné není ani orientační osvětlení pro případ pohybu v místnosti potmě. Pokud ale máme opačný problém - před oknem veřejné osvětlení a naopak potřebujeme snížit množství světla uvnitř, máme možnost využití žaluzií, nebo závěsů. Dnes již existují i třivrstvé materiály určené na závěsy, které světlo nepropouští - prodávají se pod názvem „black out“.

Koupelna

Z hlediska bezpečnosti jde o prostředí s možností dotyku mokrou rukou. Z tohoto důvodu jsou zde požadována svítidla s vyšším krytím. Zpravidla jsou ve specializovaných prodejnách vyčleněna zvlášť. Pro celkové osvětlení se používají stropní svítidla. V každé koupelně je také zrcadlo určené pro dekorativní líčení, holení. Pro tyto činnosti je důležité dostatečné osvětlení nejlépe ze všech stran zrcadla. Pokud je svítidlo umístěno pouze nahoře, vznikají stíny pod bradou, a tím i problém dokonalého holení mužů. Z tohoto důvodu je vhodnější použití dvou bočních svítidel. Svítidla by neměla oslňovat, měla by mít nižší jas. Bodová svítidla vytváří na obličej ostré stíny.

WC - postačí osvětlit svítidlem v ose mísy nebo na stropě. Dle normy na 200 lx ve výši srovnávací roviny 0,85 m. Zřejmě se zde předpokládá i krátkodobé čtení.

Schodiště - na schodišti je nejdůležitější bezpečnost. Nejdůležitější je rozeznání prvního a posledního schodu. Schodiště je možné osvětlit různými způsoby - osvětlit jej z boční stěny několika svítidly nebo u kratších nasvětlit podesty. Důležité je, aby byla zachována rovnoměrnost osvětlení a plasticita schodů. Svítidla nemají být v ose pohledu při výstupu. Nevhodná jsou nepřímá svítidla, protože se zde ztrácí plastičnost. Pozor příliš úzké schodiště je nepraktické. Nic po něm nepřestěhujete, dvě osoby se tam nevyhnou.

Zádveří, vstupní hala

Po otevření dveří by neměla být směrem k věšáku žádná překážka. Celkové světlení by mělo být dostatečné pro orientaci. Návštěva by si neměla splést kabát na věšáku. Zrcadlo pro kontrolu zevnějšíku odcházejícího by mělo být doplněno přisvětlením.

V bytě jsou místa, která odpovídají svými požadavky na vidění zrakově náročným pracovištím. Ta se řeší dle ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory.

Do pracovních prostorů patří dílna, kuchyně i **pracovna kancelářského** charakteru.

Pracovna

Každý z nás občas doma úraduje nebo si přinese práci domů. Ti, kteří pracují v klidu a pohodlí svého domova k tomu potřebují klidný, dobře osvětlený prostor v bytě. Nejde však vždy jen o činnosti kancelářského typu, ale většina se věnuje i nějakým koníčkům jako jsou ruční práce, filatelie, malování, řezbářství, modelářina, amatérská elektrotechnika a pod. Jedná se zde převážně o práci vsedě.

Každá činnost provozovaná v bytě má své specifické požadavky na prostor i osvětlení. Norma ČSN 73 43 01/Z1 nám říká - má-li být navrženo umělé osvětlení v pracovnách a na pracovních místech v obytném domě pro činnosti uvedené v normě pro vnitřní pracovní prostory, nebo jim blízké, vychází se i z hodnot osvětleností, UGR a R_a uvedených v této ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory.

Požadavek pro kancelářské práce - čtení, psaní, práce na PC dle ČSN EN 12464-1 je na světlenost 500 lx; oslnění UGR_L 19; rovnoměrnost U_o 0,6; index podání barev R_a 80 (ref č. 5.26.2). Umístění svítidel volit takové, aby se zabránilo odrazům vysokých jasů.

Hladina osvětlení se volí v souladu s požadavky na zrakovou práci a je třeba respektovat návyky uživatele. Někdo upřednostňuje osvětlení pracovního stolu a zbytek prostoru ponořený do tmy (což není z hlediska jasových poměrů pro zrak dobré!). Někdo jiný zase požaduje osvětlení celé místnosti na vysoké hodnoty. Na to ostatně pamatovaly staré normy, které takový způsob osvětlení připouštěly.

Stará, dnes již neplatná, ČSN 36 0452 měla požadavky na osvětlenost v tabulkách rozčleněnu podrobněji dle jednotlivých činností.

Rozsah [lx]		Prostor a činnost	Místo
$E_{pk}[lx]$ celkové odstupňované	$E_{pk}[lx]$ na místě úkolu		
300		pracovny, ateliery, domácí dílny, žehlírny, mandl	
	300	- studium - běžné ruční práce (přešívání, čištění, drobné opravy ap.) - žehlení, mandl	- psací stůl - v místě úkolu - v místě úkolu
300 - 500 - 750		osvětlení pro činnosti zrakově náročné	
	500	- jemné ruční práce, - šití - žehlení - rýsování - modelářství	v místě úkolu
300 - 500 - 750		osvětlení místa pro činnosti zrakově velmi náročné	

V současné době obsahuje platné požadavky na umělé osvětlení bytů ČSN 73 4301 Změna Z1 - Obytné budovy

Ta v článku normy B.2.1 říká - Osvětlovací soustavy ve vnitřních prostorech bytů musí být variabilní a umožňovat více kombinací pro různé aktivní činnosti i pro pasivní odpočinek. Osvětlovací soustavy v jedné místnosti by měly zajistit vyhovující osvětlení pro časté případy, kdy uživatelé vykonávají současně odlišné činnosti a potřebují každý jiné osvětlení, přičemž nesmí jeden druhému svým osvětlením rušit (úroveň osvětlení, jasy a úhly clonění svítidel a usměrnění světelného toku).

Tabulka B1 pak uvádí požadavky na osvětlenost v jednotlivých prostorech vyskytující se v bytě - domě. Pro pracovní jsou dnes platné takovéto požadavky.

Prostor	udržovaná osvětlenost $\bar{E}_m [lx]$	Index oslnění UGR_L	Index podání barev R_a	Výška vodorovné srovnávací roviny nad podlahou [m]
12 domácí dílny místnost pro domácí práce mandl	300	22	80	0,85
Poznámka 1) Uvedená výška vodorovné srovnávací roviny nad podlahou musí být upravena, je-li činnost vykonávána v jiné výšce (například nižší stoly pro děti a podobně).				

Kde všude může být pracovna v bytě?

Některé byty mají komoru - uzavíratelný prostor. Problémem komory bývá ale nedostatek světla. Výměnou dveří za prosklené nebo obložením dveřního otvoru bez použití dveří můžeme opticky zvětšit např. předsíň, ale denní světlo tam asi nedostaneme. Pro občasné použití je přesto i takovýto prostor využitelný.

Do tohoto prostoru se vejde pracovní stůl s vestavbou pro počítač i s policovým systémem na dokumenty. Svítidlo je vhodné nechat dle původní elektroinstalace pokud možno na stropě.

Podobným způsobem můžeme využít výklenek po staré hlubší skříni, nebo prostor vzniklý vybouráním zdi mezi obyvákem a kuchyní (o vlastnostech propojení prostorů někdy přišť).

Pracovní stůl můžeme zakomponovat do celé obývací sestavy, čímž vznikne efektní kompaktní celek.

Základem každé pracovny je kvalitní stůl. Domů si můžeme vybrat moderní či historický či luxusní stůl. Musí být dostatečně velký a měl by mít uzamykatelné šuplíky (v případě volného přístupu dětí). Zda použijete notebook nebo klasický PC je na vás. Vhodné je zamezit změti kabelů. Některé PC stoly mají otvor, kterým se kabely vedou pod desku stolu. Kabely lze vést v lištách podél zdi.

Prodlužovací šňůru můžeme umístit do speciálního boxu s otvorem ve víku, který umístíme do poličky pod deskou stolu nebo na zem.

požadavky na pracovní stůl:

regulovatelná výška 68 - 76 cm

délka od 80 do 180 cm

hloubka 60 - 80 cm

polohovatelná výsuvná deska pod klávesnici a obrazovku

nastavitelný sklon pracovní plochy (v případě jiných činností)

zaoblená hrana desky

horní část monitoru ve výšce očí

vzdálenost očí od obrazovky cca 60 cm

Pracovní stůl nemusí být vždy složitý kus nábytku.

Kvalita židle by měla odpovídat předpokládanému času na ní strávenému. Židle by měla být nastavitelná, pohodlná, středně měkká a v nejlepším případě s kolečky. Jednodušeji se vám na ní bude pohybovat a snáz si najdete polohu, při které vás nebudou bolet záda.

požadavky na židle

regulovatelná výška sedací plochy

dostatečně široká sedací plocha

polohovatelná zádová opěrka ve vertikálním a předozadním směru

podpěrka rukou s měnitelnou výškou

proti bolení zad pomůže nastavitelná bederní opěrka

hloubka židle by měla zajistit, aby se lýtka nohou nedotýkala sedací plochy (90 °)

vzdálenost mezi výškou židle a stolu by měla být kolem cca 28 cm

prostor na odsunutí židle cca 77 cm

Na problémy s bolestmi zad může pomoci také gymnastický míč. Velikost dána výškou postavy - stehna s lýtky svírají 90 °. Musí se na něm sedět vzpřímeně, čímž se páteř méně namáhá. Drobné pohupování na míči jemně posiluje břišní a zádové svaly. To pomáhá správnému držení těla.

Barvy povrchů (stěny, strop, nábytek - stůl) volíme raději světlé neutrální, matné. Potom můžeme doplnit prostor kontrastními doplňky (barevné šanony). Ale pozor, příliš výrazné barvy mohou působit až rušivě, chaoticky. Pestrý nábytek nebo přeplněná místnost vyvolává dojem nepořádku a pocit nesoustředěnosti. Nesoustředěnost může způsobit ale i dehydratace organismu, proto je důležité při práci dodržovat pitný režim.

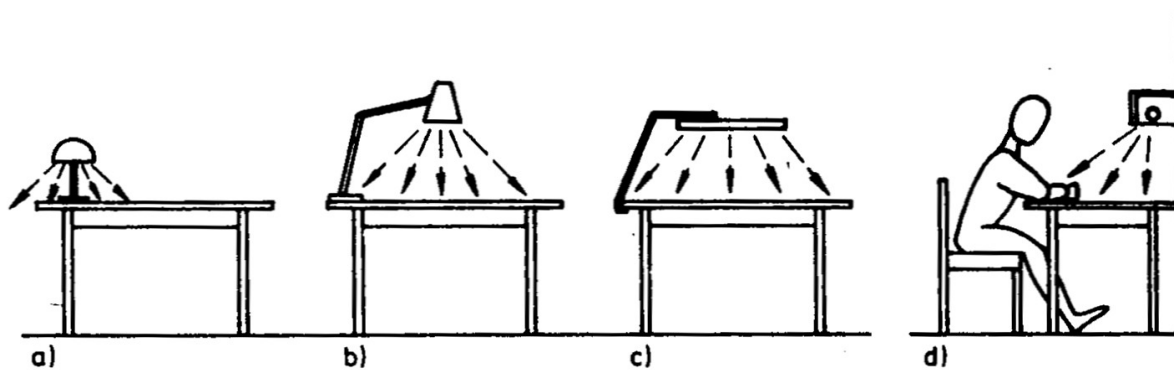
Z hlediska světla je nejlepší umístění pracovního stolu v blízkosti okna. Možnost pohledu ven je vždy vítána. Pohled do dálky uvolní naše okohybné svaly ze sevření při pohledu na blízko. Navíc pohled do přírody uklidňuje. Pokud nenajdeme v bytě místo u okna, vybereme alespoň světlé místo. Uklidňujícím dojmem pro oči působí pohled na akvárium, květinovou zeleň nebo i obrázky oblíbené krajiny. K navození příjemné atmosféry pomůže i tichá relaxační hudba.

K zajištění klidu potřebného k práci může posloužit shrnovací stěna nebo dveře, které oddělí pracovní opticky a částečně i akusticky.

Pro praváky umístíme světlo z levé strany a mírně shora, pro leváky ze strany pravé shora. Světlo musí svítit na pracovní desku, klávesnici, nikoli do monitoru ani do očí.

Celkové osvětlení většinou nezajistí dostatek světla pro naši činnost. Proto by měl být stůl vybaven kvalitní nastavitelnou stolní nebo stojací lampou. Ta musí rovnoměrně osvětlit pracovní plochu a zajistit orientaci na stole. Stolní lampa v každém případě nesmí překážet na pracovní ploše. Musí být stabilní, což je dáno délkou ramene a upevněním. Nejvýhodnější je upnutí na okraj desky stolu, tím zajistíme, že nebude překážet, případně padat při neopatrné manipulaci např. s knihou. Svítidlo musí být dostatečně cloněné proti pohledu pozorovatele. Aby lampa osvětlila požadovanou plochu, musí být nastavena do určité výšky.

Obrázek z knihy Osvětlení bytů



Osvětlení pracovního stolu. a – nízké svítidlo osvětlí jen malou část plochy, b – žárovkové nastavitelné svítidlo, c – zářivkové svítidlo osvětlí rovnoměrně celý stůl, d – stůl u stěny se výhodně osvětlí nástěnným svítidlem, cloněným proti přímému pohledu do zdroje.

Provádíte -li činnosti, které jsou zvláště náročné na zrak či máte oční vadu nebo jste již starší 40 let, určitě využijete kvalitní lampu s vestavěnou lupou. Pokud bude plynule nastavitelná tím lépe.

Nikdy by se však neměla používat pouze stolní lampa bez celkového osvětlení. V takovém případě dochází k velkému namáhání očí vlivem velkých rozdílů jasů. Na pracovní ploše je vysoký jas a v okolí stolu je tma. Pro práci u psacího stolu by v zorném poli sedícího mělo být co nejméně kontrastů a to jak barevných, tak světelných.

Skleněné desky z hlediska oslnění odrazem nejsou vhodné.

Pokud osvětlenost na pracovním místě dosahuje vysokých hodnot, je důležité dbát na to, aby sousední prostor nebyl osvětlen výrazně jinak. V národní příloze ČSN 12464-1 čl. 4.3.6 je doporučeno, aby poměr průměrných osvětleností sousedních prostor byla v poměru 1:5 (nebo 5:1).

Ani v domácím prostředí by nemělo docházet ke špatnému umístění PC z hlediska zraku. To je nejčastějším zdrojem únavy očí na pracovištích, přestože Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. v platném znění v § 50 uvádí, jak se mají PC monitory umisťovat.

NV č. 361/2012Sb. - §50 - Bližší hygienické požadavky na zobrazovací jednotky

(1) Na obrazovce zobrazovací jednotky se nesmí vyskytovat kmitání, plavání či poskakování znaků, řádků, střídání jasů a podobně. Jas a kontrast mezi znaky a pozadím na obrazovce musí být snadno regulovatelný i vzhledem k okolním podmínkám. Obrazovka musí svou konstrukcí umožňovat posunutí, natáčení a naklánění podle potřeby zaměstnance. Musí být umístěna tak, aby na ní nevznikaly reflexy ze svítidel či z jiných zdrojů jako jsou okenní otvory, světlé stěny, nábytek a podobně. Vzdálenost obrazovky od očí pro obvyklou kancelářskou práci nesmí být menší než 400 mm, jas obrazovky nesmí být menší než 35 cd/m^2 .

(2) Klávesnice musí být při trvalé práci oddělena od obrazovky, aby zaměstnanci umožnila zvolit nejvhodnější pracovní polohu. Volná plocha mezi předním okrajem desky stolu a spodní hranou klávesnice musí umožňovat opření rukou i zápěstí. Povrch klávesnice musí být matný, aby na něm nevznikaly reflexy. Písmena, číslice a symboly na tlačítkách musí být dobře čitelné a kontrastní proti pozadí.

(3) Rozměry desky stolu musí být zvoleny tak, aby bylo možné proměnlivé uspořádání obrazovky, klávesnice a dalšího zařízení. Deska pracovního stolu a dalšího zařízení musí být matná, aby na ní nevznikaly reflexy. Držák pro písemnosti musí být umístěn co nejbližší k obrazovce, tak aby pohyby hlavy a očí byly omezeny na minimum. Opěrka pro dolní končetiny musí být poskytnuta každému, kdo ji vyžaduje.

Umístění stolu je velmi důležité z hlediska zrakové pohody. V tomto případě není vhodné preferovat pohled „ven“ (na sousední fasádu), ale lepší by bylo otočit tento stůl o 90° s pohledem proti zdi. Pro zrak je mnohem příhodnější bílá stěna za monitorem než okno - nevznikají velké kontrasty jasů.

Světelné zdroje

V našich bytech se stále ještě nejčastěji objevují žárovková svítidla. Žárovky vyšší watáže se však postupně přestávají vyrábět. Pokud jako náhradu použijeme halogenovou žárovku, již jsou úspory menší. Při smívání se snižuje životnost. Do budoucna ale také výroba těchto žárovek bude omezena.

V místech, kde se svítí po delší dobu, je jejich použití z ekonomického hlediska nevýhodné. Pro zajištění dostatečné intenzity osvětlení se ve svítidlech nahrazují úspornějšími kompaktními zářivkami. Ne však do všech svítidel jsou jako náhrada vhodné. Musíme si uvědomit, že kompaktní zářivky s „rovnými trubičkami“ největší část světelného toku vyzařují do stran oproti žárovkám. Lépe jsou na tom kompaktní zářivky se „stáčenými trubičkami“. Kompaktní zářivky jsou ve většině případu delší než žárovky a proto ze

svítidel často vyčnívají. Stínidlo pak ale neplní jednu ze svých funkcí - snižování jasu světelného zdroje. Často se stává, že nezakrytý - holý světelný zdroj se dostává do zorného pole pozorovatele. Svítidel vyráběných pro kompaktní zářivky ještě stále není na trhu dostatek. Pro dosažení vyšší intenzity osvětlení by muselo takové svítidlo obsahovat hned několik kompaktních zářivek. Takových je na trhu ale jako šafránu. Zásadou by však mělo být - nevidím světelné zdroje, pokud ano tak jen omezeně a s nižšími jasy.

Nově nastupující světelné zdroje LED potřebují převážně speciální svítidlo. Jednotlivé LED zdroje po vyhoření nevyměňují, ale musí se vyměnit celé svítidlo. Žárovková svítidla osazená LED světelným zdrojem ve tvaru „žárovky“ změní své rozložení světelného toku. Tyto světelné zdroje svítí převážně pod sebe. Zatím se vyrábějí s vyzařovacím úhlem 120 °. Lze je přirovnat k reflektorové žárovce.

U pracovního stolu potřebujeme především dosáhnout dostatečného, rovnoměrného nasvětlení pracovní plochy. K tomuto účelu se využívají lampy stojanové nebo stolní. Žárovkové lampy nasvětlí pracovní plochu většinou velmi nerovnoměrně. Vhodnější jsou zářivkové lampy, mající větší svítící plochu, které osvětlí celou plochu. Lampy s LED zdroji mají zatím vysoký jas, což může dělat problémy. Svítidla s LED zdroji jsou stále ještě dražší. Svítí pod sebe. V blízké budoucnosti budou určitě nahrazovat doposavad používaná žárovková svítidla.

Index podání barev u žárovek je nejvyšší (= 100), to znamená, získáme zrakový vjem v barvách spektrálně podobný dennímu osvětlení. U ostatních světelných zdrojů je kvalita barevného podání o něco nižší. Do bytu nepatří světelné zdroje s indexem podání barev horším než 80. U zářivek se s barvou liší světelný tok. Pro byty jsou nejoblíbenější zářivkové světelné zdroje označením xW/830 - teple bílé, méně již xW/840 - bílé, které mají studenější barvy. Ty se běžně používají v pracovním prostředí. Pro lepší podání barev jsou pak značeny xW/930 nebo 940. S vyšším barevným (čísla 8 a 9 odpovídajícím barevnému podání 80 a 90 koresponduje u zářivek i LED zdrojů cena. Další číslo značí teplotu chromatičnosti. Ta by pro byty měla být do 5 300 K (ČSN 12464-1 národní příloha článek 4.7.2). Tzv. denní světelné zdroje mající teplotu > 5 300 K se do bytů vůbec nehodí - při nízkých intenzitách osvětlení zkreslují barvy. Jsou příliš „studené“. Studeným světlem často svítí i LED zdroje u nás prodávané.

Použitá literatura:

- [1] ČSN 73 4301 Změna Z1 - Obytné budovy (2005)
- [2] ČSN 360452- Umělé osvětlení obytných budov (1986 - již zrušená)
- [3] ČSN EN 12 464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory (2012)
- [4] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. v platném znění
- [5] Moderní osvětlení bytu - Ing. Arch. Jaroslav Vokoun, Ing. Arch. Ladislav Chalupský (1968)
- [6] 100 × o umělém osvětlení Ing. Arch. Ladislav Chalupský 1969)
- [7] Osvětlení bytů - Ing. Arch. Jiří Matoušek (1984)
- [8] Osvětlení a svítidla v bytech - Ing. Arch. Ladislav Monzer (1998)
- [9] článek - Umělé osvětlení v bytech - Ing. Tomáš Maixner (Světlo 1/2010)

Zákon o energetickém auditu versus veřejné osvětlení

Jiří Voráček

Správa VO, Ostravské komunikace, a.s., www.okas.cz, voracek@okas.cz

Jedná se o rozbor zákona o energetickém auditu z hlediska jeho uplatnění na soustavy veřejného osvětlení. Provedl jsem na příkladě souboru VO jednoho většího statutárního města. Zabýval jsem se tímto tématem hned po vzniku zákona a k znovuobnovení tohoto textu mě přimělo to, že mnozí zlatokopové vyrazili na zteč a uvádějí starosty v omyl, že k žádosti o dotaci na VO budou muset mít vypracovaný energetický audit.

Zákon č. 406/2000 Sb. ze dne 25. října 2000 o hospodářství energií,

který stanoví práva a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, zejména elektrickou **pročten z pohledu vazby k zařízení VO.**

§ 2 Základní pojmy

Pro účely zákona se rozumí:

a) nakládáním s energií, **spotřeba energie**

e) **energetickým hospodářstvím soubor technických zařízení sloužících k nakládání s energií**

Další § nejsou z hlediska našeho problému důležité

§ 3 – Státní energetická koncepce

§ 4 – Územní energetická koncepce – v odst. 3) uvedeno, že **obec má právo** pro svůj územní obvod nebo jeho část pořídit územní energetickou koncepci (*nemá tedy ze zákona povinnost – tu má pouze kraj*)

§ 5 – k „Programu“ (hospodárného nakládání s energií) a dotace k jeho uskutečňování

§ 6 – Účinnost užití energie – *týká se výrobců, distributorů energie, výrobců, dovozců a distributorů spotřebičů, vlastníků bytů nebo společenství vlastníků jednotek.*

§ 7 – Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (*netýká se spotřebitelů*)

§ 8 – Energetické štítky (*týká se tuzemských výrobců a dovozců spotřebičů podle seznamu dle vyhlášky č. ?? – nemáme a nevíme ted,y zda jsou v seznamu svítidla VO ?*)

§ 9 – Energetický audit

odst. (3) – Povinnost podrobit své **energetické hospodářství a budovu** energetickému auditu se vztahuje na

písm. a) každou fyzickou nebo právnickou osobu, která žádá o státní dotaci v rámci Programu

písm. b) organizační složky státu, organizační složky krajů a obcí a příspěvkové organizace **s celkovou roční spotřebou energie vyšší, než je vyhláškou** (č. 213/2001-v § 10 odst. 2 - 1500 GJ/rok, *pokud jsme dobře počítali tak je to asi 420 MWh a tj. instalovaný příkon asi 100 kW a to může být třeba 800 SM a tedy každá obec nad 8 tisíc obyvatel*) stanovená hodnota

písm. c) fyzické nebo právnické osoby, s výjimkou příspěvkových organizací, s celkovou roční spotřebou **vyšší, než je vyhláškou stanovená její hodnota.** (č. 213/2001-v § 10 odst. 3 – 35 000 GJ/rok, *pokud jsme dobře počítali tak je to asi 9 720 MWh a tj. instalovaný příkon asi 2 430 kW a to může být třeba 18 000 SM a tedy každá obec, město nad 180 tisíc obyvatel*)

odst. (5) – U **nové stavby**, nebo je-li prováděna **změna dokončené stavby**, která **má vyšší celkovou roční spotřebu** energie, než je vyhláškou stanovená hodnota, je **stavebník**, popřípadě **vlastník stavby povinen** zajistit zpracování energetického auditu

odst. (7) – Podrobnosti týkající se náležitostí energetického auditu stanoví vyhláška

dále zákon pokračuje paragrafy:

§ 10 – Energetický auditor

§ 11 – Působnost ministerstva

§ 12 – Kontrola a sankce

§ 13 – Ochrana zvláštních zájmů (v odst. (2) uvedeno, že státní energetická inspekce je dotčeným orgánem při ochraně zájmů chráněných tímto zákonem ve stavebních řízeních)

§ 14 – odst. (3) - organizační složky státu, organizační složky krajů a obcí, příspěvkové organizace a fyzické a právnické osoby **uvedené v § 9 odst. 3 písm. c) jsou povinny do 3 let** ode dne nabytí účinnosti tohoto zákona (1. ledna 2000) nechat si **vypracovat** na jimi provozované **energetické hospodářství a budovy energetický** audit (dále EA).

Co z toho vyplývá a co by bylo nutno zjistit a jednoznačně vysvětlit ?

- 1) zajistit jednoznačný právní výklad použitého pojmu v písm. e) - **energetické hospodářství jako soubor technických zařízení sloužících k nakládání s energií** ve vztahu k zařízení VO provozovaném obcí – *může být rozhodující pro určení povinnosti vypracování EA na VO dle § 9 odst. 3 písm. b) a § 14 odst. 3.*
- 2) v § 9 odst. 3 je použito spojení **energetické hospodářství a budovu** – protože není uvedeno energetické hospodářství **nebo** budovu, může být výklad takový, že se povinnost vypracování EA nevztahuje na zařízení VO, ale na stavební objekty (různého zaměření – energetické stanice, provozovny, výroby, administrativní budovy) v majetku uvedených subjektů
- 3) pokud by někdo posoudil, že celé VO města je jednou stavbou, pak by asi každá její změna (rekonstrukce) podléhala povinnosti vypracování EA podle § 9 odst. 5 (*každá PD by ke stavebnímu řízení musela mít AU*) v závislosti na tom, zda celková roční spotřeba VO města je nad limitem stanoveným vyhláškou – **a to jednoznačně je - to by byla ale potom velká legrace.**

A nyní pohled na prováděcí vyhlášku:

Vyhláška č. 213/2001 Sb. ze dne 14. června 2001,
kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu

Jak by měl podle této vyhlášky EA VO vypadat:

§3 identifikační údaje

- a) *zadavatel (kterým je obchodní firma ?!):* Statutární město, obec
- b) *provozovatel předmětu EA:* provozovatel a správce VO.
- c) *zpracovatel:*
- d) *určení předmětu EA, kterým je ... zařízení, stavba -* veřejné osvětlení města, obce
přesné místo umístění předmětu EA: území celého města, obce
adresa: uvést kompletní seznam ulic města, nebo adresy všech odběrných míst VO?

§4 popis výchozího stavu

odst. 1 základní údaje o:

- a) *předmětu EA nebo PD:* veřejné osvětlení jako veřejná služba občanům města – dále rozvedeno dle odst. 2 § 4:
 - a. *název:* VO
 - b. *základní popis:* předmět EA je tvořen nosiči se svítilny umístěnými po celém území města, vzájemně propojenými kabelovými nebo holými vodiči, skupinově napájenými z jednotlivých zapínacích bodů (zpravidla odběrných míst el. energie)
 - c. *charakteristika výroby firmy:* z elektrické energie vyrábí zdánlivě prospěšné osvětlení ploch a komunikací, ve skutečnosti z pohledu astronomů poškozují životní prostředí – z jejich názvosloví „světelným znečištěním“.
 - d. *situační plán:* přiložit kompletní pasport VO - všech téměř 600 mapových čtverců pasportu?
 - e. *seznam všech budov s uvedením jejich účelu:* ???
 - f. *výčet všech energeticky významných výrobních technologií:* ???
- b) *energetické vstupy a výstupy:* vstup - elektrická energie
výstup – obtěžující světlo, které v rozporu se zákonem o ovzduší a nařízením vlády způsobuje „světelné znečištění“
- c) *vlastní energetické zdroje:* nejsou
- d) *rozvody energie:* AL nebo Cu kabely v zemi, částečně venkovní vedení AlFe, Cu nebo samonosné izolované vodiče

e) *významné spotřebiče energie:* cca 38 000 malých spotřebičů

odst. 3 *dalšími údaji jsou*

výkresová dokumentace: přiložit buď kompletní pasport nebo celý archiv s kolaudačními výkresy, DSPS staveb VO

provozní režim: jen noční, ve dne jen při opravách, zkoušení a revizích

počet pracovních dnů v týdnu: 7; celkem 4 200 pracovních hodin ročně

směnnost: zařízení – pracuje jen v noci

počet zaměstnanců: všichni obyvatelé města, odpovědnost primátor, náměstci, pracovníci odboru dopravy odboru investic, správa VO

smluvní závazky: firmy údržby, projektanti, architekti – jako smluvní partneři

odst. 4 *údaje o energetických vstupech a výstupech musí obsahovat stanovení roční výše vstupů a výstupů*

vstupy: roční výše el. energie – dodá energetik správy VO

výstupy: osvětlenost komunikací dle protokolů o měření u novějších staveb, u ostatních provést změření intenzit a jasů VO u všech komunikací, chodníků a ploch ve městě (podle abecední seznamu názvů ulic a náměstí), míru světelného znečištění nelze bohužel změřit – bude nutno všechny soustavy přepočítat (pro stará svítidla předělat programy tak, aby umožňovaly výpočet úniků světla do horního poloprostoru).

odst. 5 – *vyplnit tabulku dle přílohy č. 5:* v celé tabulce se vyplní **jeden** údaj – nákup el. energie

odst. 6 *roční množství nakupované energie:* doložit faktury SME za všechna odběrná místa, uvést sazbu odběru (sice je jediná a speciální, ale asi k posouzení, zda by přesto nebyla nějaká vhodnější).

odst. 11 *údaje pro rozvod – zvlášť páteřní a hlavní rozvody*

napětí: 3 + PEN, stř., 400/230 V

příloha – album napájecích kabelů

- mapový pasport rozvodů VO

odst. 12 *údaje o budovách a významných spotřebičích*

pro VO jsou to svítidla. Podle vyhlášky se zjišťují technické parametry spotřebičů z pasportu, podle štítků a z provozních záznamů – zajistí technici s firmami (plošiny objedou všechna svítidla a opíší se údaje ze štítků)

odst. 14 *základní informace o spotřebičích*

druh spotřebiče: svítidlo

provozní hodiny: 4200 hodin / rok

energetický příkon: podle typů – zjištěno viz výše odst. 12

napěťová úroveň: 1+N, PE, stř., 230 V (TN-S od svorkovnice elektrovýzbroje)

§ 5 odst. 6 analýza stavu rozvodů, budov a spotřebičů

- vypsát hodnoty izolačních stavů ze všech revizních zpráv,
- evidenci kabelových poruch a spojek na rozvodech,
- vypracovat analýzu stavu svítidel podle typů a stáří,
- vyhodnotit průměrné znečištění skel a tím způsobené ztráty na výstupech
- vyhodnotit průměrné stáří světelných zdrojů, jejich životnost, vhodnost používaných typů apod.

odst. 8 *kontrola údajů energetické bilance*

písm. a) na vstupech – kontrolují se kvalitativní a kvantitativní ukazatele, soulad se smlouvami a dodržování cen dle ceníků

- nutno dokončit měření napěťové úrovně na přívodních svorkách hlavních jističů všech RVO a vyhodnotit splnění normovaných parametrů dodávek el. energie (téměř 600 měření)
- doložit k posouzení smlouvy se SME, přihlášky k odběru
- provést kontrolu oprávněnosti velikosti hlavních jističů (zda se neplýtvá)

- porovnat ceníky SME z jednotlivých roků a správnost faktur

písm. e) energetické ztráty v rozvodech – posuzuje se úroveň těchto ztrát, příčiny jejich nadměrné výše

- vypočítat úbytky napětí a ztráty v rozvodech – samostatně pro každý vývod RVO včetně napájecích kabelů – rozsah asi 2 500 výpočtů

písm. i) spotřebu energie na ostatní procesy, časové procesy a jejich účelnost

- vyhodnotit pro další napojená zařízení na rozvod VO (zastávky DPO, O2, dobíjení radarů a informačních panelů měření rychlosti, protipovodňové hlásiče apod.

§ 6 Návrh opatření ke snížení spotřeby energie

odst. 1 – opatření se navrhnou minimálně ve dvou variantách (???)

Návrh variant:

- varianta 1 – úplně zhasnout – dosaženo maximální úspory a 100% vyhovět zákonu o ovzduší
- varianta 2 – **nevyhazovat zbytečně peníze za EA**, ale pokračovat nerušeně v práci správy VO podle Generelu, ze strany města dodržovat ustanovení Generelu a Strategie v rekonstrukcích soustav VO s přínosem snížení průměrného instal. příkonu a udržování přiměřené spotřeby k rozsahu provozovaného zařízení VO

odst. 2 *pro vybranou variantu vypracovat energetické bilance ...*

- vybrat variantu 2 – ale jak pro ni vypracovat **pevnou energetickou bilanci**, když nejde předem přesně stanovit rozsah budoucích záměrů správy VO (závislé na rozpočtu města), rozsah investic v dalších letech ve městě Ostravě (dtto), dosud neznámé rozsahy dostaveb VO, nových dopravních staveb včetně VO apod.

odst. 3 *vyplnit tabulku příl. č. 6 – hodnoty před realizací projektu dle EA a po realizaci, hodnoty energie v GJ a k tomu náklady v Kč*

žádá se vyplnit následující řádky:

1. vstupy paliv a energie
2. změna zásob paliv
3. spotřeba paliv a energie
4. prodej energie cizím
5. konečná spotřeba paliv a energie v objektu (ř.3-ř.4)
6. ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech(z ř.5)
7. spotřeba energie na vytápění a TUV (z ř.5)
8. spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř.5)

Celá tabulka jasně dokazuje, že navrhovatel zákona a vyhlášky neměl na myslí zařízení VO.

§ 7 Ekonomické vyhodnocení

odst. 1 *Úspory nákladů na energii vyplývající z upravené energetické bilance se upravují zejména o změnu dalších provozních nákladů, případně tržeb za energii, mzdy, servisní služby... Takto se stanoví roční přínosy a změna peněžních toků energeticky úsporného projektu. Ve výpočtech se přínosy uvažují v cenové úrovni roku realizace projektu.*

odst. 2 *Výpočet ekonomického vyhodnocení se provede způsobem uvedeným v příloze č. 7*

Příloha obsahuje vzorce pro výpočty:

1. Výpočet prosté doby návratnosti, doby splacení investice
2. Vzorec pro výpočet reálné doby návratnosti, doba splacení investice při uvažování diskontní sazby Tsd
3. Výpočet čisté současné hodnoty (NPV)
4. Výpočet vnitřního výnosového procenta (IRR)

§ 8 Vyhodnocení z hlediska ochrany životního prostředí

dle odst. 2 se vyhodnocení zpracovává v tabulkovém provedení podle vzoru v příl. č. 8:

- porovnává se výchozí stav a stav po realizaci projektu v tunách za rok u SO₂, NO_x, CO, CO₂
- vše jsou hodnoty, které EA v případě VO „určitě správně vyhodnotí“ a výsledky budou přínosem.
 - nutno vyhodnotit světelné znečištění – ale v tabulce není pro to kolonka.

§ 9 Výstupy EA

odst. 1 výstupy EA jsou:

- a) hodnocení stávající úrovně energ. hospodářství
- b) celková výše dosažitelných energetických úspor, která se **uvede v technických jednotkách**
- c) návrh optimální varianty energeticky úsporného projektu včetně ekonomického hodnocení
- d) doporučení obsahující konečné stanovisko a doporučení energ. auditora k realizaci navrženého energeticky úsporného projektu

odst. 2 vzor evidenčního listu EA je v příloze č. 9

opět z něj přímo číší, že je „samozřejmě“ myšlen i pro VO

Nabízí se k vyplnění takové údaje jako např.:

- vlastní energ. zdroj, typ energosoustruj,
- spotřeba paliv a energie v členění podle spotřebičů, jejich příkonů v kW, kolik z toho činí přímá technologická spotřeba
- popis energeticky úsporného projektu – shrnuje všechny výše provedené návrhy a výpočty – investiční náklady, z toho do technologie, končená spotřeba paliv a energie, přínosy z hlediska životního prostředí, ekonomická efektivnost

odst. 3 *V návrhu vybrané varianty souboru opatření k dosažení **garantované úspory energie** ... Uvede se míra využití potenciálu energetických úspor, roční finanční výnos... Současně se uvedou **okrajové podmínky**, za kterých jsou hodnoty **úspor energie stanoveny a garantovány**.*

Např., že rada města bude garantovat každoroční naplnění rozpočtu správy VO, investic do VO ve výše podle Generelu VO, že již nebude vybudováno ani jediné SM navíc (?) apod.

§ 10 Rozsah EA (spíše stanoví podmínky vzniku povinnosti vypracování EA)

odst. 1 – stanoví výši 1 500 GJ **celkové roční spotřeby (CRS)** pro org. složky státu, krajů a obcí

odst. 2 – stanoví výši 35 000 GJ CRS pro fyzické a právnické osoby

odst. 3 – stanoví výši 700 GJ CRS pro fyzické a právnické osoby u budov a areálů samostatně zásobovaných energií

odst. 4 – **Celkovou roční spotřebou energie se rozumí součet všech forem energie ve všech odběrných místech provozovaných pod jedním IČO.**

a) přepočít: 1 MWh = 3,6 GJ

b) plyn: 1000 m³ = 34,05 GJ

c) tuhá či kapalná paliva se přepočítávají údajem výhřevnosti udávaným dodavatelem.

odst. 5 *Forma energie podle odst. 4 je:*

a) *nakoupená elektřina pro vlastní spotřebu*

b) *dtto plyn*

c) *dtto teplo*

d) *nakoupená tuhá nebo kapalná paliva, pokud jsou použita pro výrobu elektřiny nebo tepla*

Úvaha k odst. 4 a 5.

Statutární město nemá na svoje IČO vedená odběrná místa VO, nemá tudíž celkovou roční spotřebu energie k posouzení se stanoveným limitem. **Má tedy povinnost vypracovat pro VO EA ?**

Provozovatel a správce VO má na svoje IČO vedená odběrná místa VO, platí za dodávky faktury, ale nenakupuje elektřinu pro **vlastní spotřebu**. Z toho vyplývá, že asi ani OK, a.s. nemá povinnost vypracování EA.

Výsledek úvahy

V konkrétním případě města není dána ze zákona č. 406/2000 Sb. a prováděcí vyhlášky povinnost zařízení VO podrobit vypracováním EA.

Dále je ještě ve vyhlášce:

§ 11 Odborná způsobilost pro auditora – stanovení pravidel pro uznání praxe a její prokazování

§ 12 Tato vyhláška nabyla účinnosti dnem vyhlášení – tj. 14. 6. 2001

Závěr z rozboru vyhlášky č. 213/2001 Sb. k zákonu č. 406/2000 Sb.

Z výše uvedeného rozboru vyhlášky 213/2001 Sb. na podmínky VO je zřejmé, že jediným skutečným závěrem a ekonomickým výsledkem EA by bylo, že by zařízení VO přišlo o významnou finanční částku, kterou bylo nutno na vypracování EA vynaložit, přičemž EA nic nového nad rámec již existujících dokumentů (Generel VO, Strategie postupu rekonstrukcí VO, náplň činnosti Správy VO) nepřinesl a po pravdě řečeno ani přinést nemohl.

„Přínosem“ EA tak bude záporný efekt – peníze vyhozené za zbytečný dokument tak nepřinesou skutečný ekonomický nebo kvalitativní efekt, který by nastal, pokud by byly účelně využity ve prospěch stávajícího zařízení VO.

POZOR !

Aby údaje uvedené v EA byly správné a přesné nesmí se v době jeho vypracovávání provádět:

- výměny svítidel, rozváděčů
- opravy kabelových rozvodů
- rekonstrukce VO
- dostavby VO
- jiné stavby, které předpokládají připojení nových úseků VO

Tento druh prací bude možné provádět až po skončení EA, ale jen v rozsahu v jakém jsou v EA obsaženy, protože jenom tak bude dosaženo projektovaných hodnot úspor a ekonomických výsledků. Z toho vyplývá, že EA musí asi zcela nahradit Generel VO a Strategii rekonstrukcí VO s tím, že přesně předem stanoví provozní a investiční náklady v každém roce, přesné počty demontovaných a nově montovaných spotřebičů, zřejmě zakáže další předem nenaplánované doplňování spotřebičů (SM), protože tyto by samozřejmě znehodnotily plánovaný a garantovaný efekt EA.

Nechápu tedy, proč jsou starostové záměrně uváděni v omyl, že k žádosti o nějaký dotační titul budou muset předložit vypracovaný energetický audit? Anebo to chápu – je třeba vydělat za každou cenu – i tam, kde mají pár korun v obecní pokladně. Je to bezesporu „seriózní“ chování.

BLUDNÉ CESTY VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ

Tomáš, Maixner, Ing.
Siteco Lighting, s.r.o.

Nad Petruskou 10, 120 00 PRAHA 2, tel. 604 277 729; maixner@pivon.cz

Třídy osvětlení

Zcela nový způsob, jak přimět pokladníky k rozbití obecního prasátka je přeřazení komunikací do méně náročných tříd osvětlení.

Třídy osvětlení jsou definovány v souboru předpisů [1]. Ke každé třídě jsou pak přiřazeny určité parametry, které je nutné splnit, aby osvětlení bylo vyhovující [2].

Bylo by nošením dříví do lesa, kdybych zde jednotlivé třídy osvětlení popisoval. Snad jen připomenutí, že skupina tříd osvětlení S je určena pro komunikace určené chodcům a cyklistům. A to na stezkách pro ně určených, v odstavných pruzích, nebo částech komunikace, ležících odděleně, nebo podél vozovek dopravních tahů. Určena je také pro pěší zóny, parkoviště, komunikace v obytných zónách. Tedy místech, kde se může vyskytnout také automobil, ale jedoucí rychlostí do 30 km/h. A ještě jen tak, že daným místem neprojíždí, pouze zajíždí k domu, nebo zásobuje obchod apod.

Z předešlého textu tedy vyplývá, že jakákoliv jiná komunikace, kde se vyskytuje motorizovaná doprava musí být zařazena do třídy osvětlení skupiny ME(W) nebo CE.

Zatřídění

V třídě osvětlení skupiny CE jsou nejmenší nároky vzneseny ve třídě CE5. Tam je požadavek na hodnotu udržované osvětlenosti jen 7,5 luxu s rovnoměrností 0,4. To znamená, že minimální osvětlenost nesmí klesnout pod hodnotu $7,5 \times 0,4 = 3$ luxy. Ve třídě S3 je požadavek na udržovanou osvětlenost stejný, ale minimální osvětlenost postačí poloviční, tedy 1,5 lx. Pokud se použije ještě nižší třída, tak samozřejmě požadavky klesají. Dosáhnout takových hodnot není obtížné. Naopak, problémem se stává zajištění nízkých hladin osvětlení. Je to možné snížením světelného toku svítidla, tedy snížením jeho příkonu, nebo většími roztečemi mezi svítidly.

Prakticky použitelná nejmenší vysokotlaká sodíková výbojka má příkon 50 W. Pokud i s takovým zdrojem je udržovaná osvětlenost příliš vysoká, není již možné dále snížit příkon. Řešením by bylo umístění svítidel s většími roztečemi. Ale to nejde vždy. Buď proto, že se musí zachovat současné umístění stožárů, nebo proto, že mezi vzdálenějšími svítidly již není zajištěna požadovaná minimální osvětlenost (tj. rovnoměrnost).

Z uvedeného vyplývá, proč se skupina tříd S stává tak populární. Nižší udržovanou osvětlenost lze zajistit svítidlem s nižším příkonem; poloviční požadavek na rovnoměrnost je také snadno splnitelný. Jen s trochu solidnějšími svítidly se světelnými diodami je možné splnit požadované s příkonem nižším než zmíněných 50W. Úspory jsou na světě! Dosáhlo se snížení příkonu osvětlovací soustavy a „prokázat“ úspory (samozřejmě „významné“), které ospravedlní vysoké investiční náklady na realizaci.

Jiným důvodem pro takové přetřídění je to, že je pak umožněno použití parkových (dekorativních) svítidel místo technických (obvyklých pro osvětlování komunikací). To se děje tam, kde si architekt nebo radní města umanou, že použijí taková (dekorativní) svítidla i na komunikaci pro motorová vozidla. Avšak „jejich“ svítidla nejsou sto toho dosáhnout. Přitom aktéři chtějí působit dojem odborníků dodržujících normy... Tak se přetřídí vozovka do oné populární skupiny S.

Můj známý právník by řekl, že se konání „třídíčů“ neslučuje s dobrými mravy. Já dodám (což by jistě dodal i on), že takovým jednáním ohrožují majetek, zdraví i životy uživatelů dopravní cesty. Je neuvěřitelné, že autorům takových řešení nevadí pomyšlení, že díky jejich obchodnímu „úspěchu“ může někdo dojít újmy. Kdyby to byl jen vyvrknutý kotník nebo pomačkaný plech na nešťastníkově voze.

Zneužití tabulky porovnatelných hladin osvětlení

Přetřídění nesolidní prodavači či počtáři provádějí s odvoláním na normu, kde je tabulka tříd osvětlení s porovnatelnými hladinami osvětlení (viz [1], odst. 6.3). Neznalé osobě s pomocí tabulky namluví, že konají naprosto korektně. Vždyť právě tam je uvedeno, že třídu ME4(b) lze porovnat s třídou CE4. A je tam uvedeno i to, že třídu osvětlení CE4 lze porovnávat s třídou S2...

Nepozorný posluchač si neuvědomí, že porovnat neznamená nahradit.

Tabulka slouží jen k porovnání sousedních oblastí s odlišnými požadavky na osvětlení. Rozdíly nemají být větší než dvě porovnatelné třídy. Bude-li tedy „naší“ komunikaci ME4 (CE4) křížovat cyklistická stezka, tak nesmí být zatříděna do třídy osvětlení méně náročné, než je S4. Ale rozhodně to neznamená, že lze vozovku ME4 osvětlit jako S2, neřku-li S4.

Tab. 1 Třídy osvětlení s porovnatelnými hladinami osvětlení

	ME 1	ME 2	ME 3	ME 4	ME 5	ME 6		
CE 0	CE 1	CE 2	CE 3	CE 4	CE 5			
			S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6

Zatřídění v praxi

Na obrázku 1 je komunikace vedoucí z rychlostní komunikace do centra jednoho moravského města. Vozovka je lemována chodníky, na severu dokonce zčásti odděleným zelenou plochou. Nejde tedy o komunikaci, kde by byl účastníkem dopravy chodec. Byť jeho přítomnost není vyloučena (zejména ne na přechodu ☺).

Není smyslem tohoto článku vysvětlovat způsob, jakým se stanovují třídy osvětlení. Proto jen velice stručně. Projektant zatřídil zmíněnou komunikaci do tzv. světelné situace B2. Což bylo bezesporu dobře. Ovšem této světelné situaci odpovídá skupina tříd osvětlení ME. Po upřesnění, vycházející z údajů projektanta, to je ME4b. Norma připouští třídu osvětlení CE v případě, že není možné (norma říká nepraktické) použití jasových požadavků (tedy skupiny ME). V našem příkladu je možné použít kritéria stanovená pro třídu CE4. Je však naprosto vyloučené použití skupiny tříd osvětlení S.

Projektant zmíněnou komunikaci zařadil dokonce do třídy osvětlení S3. Smyslem tohoto naprosto neprofesionálního konání byla evidentní snaha použít parková svítidla. Svítidla, která nebyla schopna osvětlit komunikaci s vyššími nároky.

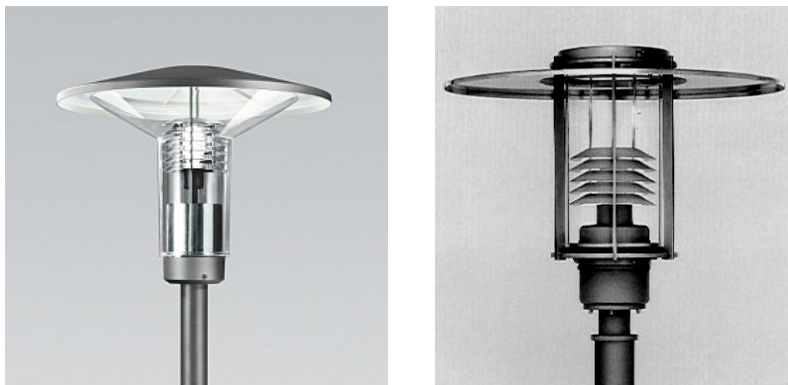


Obr. 1 Komunikace vedoucí do centra jednoho moravského města

Pozoruhodné je, že existují svítidla, která jsou vzhledově velice podobná těm projektantovým, přitom však mají mnohem lepší fotometrické parametry... jsou schopna zajistit splnění požadavků normy. Skutečných požadavků, ne těch účelově pokroucených.

Nemohu blíže specifikovat ani jedno ze zmíněných svítidel. Důvody jsou nasnadě. Snad jen sdělení – svítidla, která si jsou velice podobná mohou svítit zcela odlišně (obr. 2). Proto záměny vyprojektovaných svítidel jinými, byť na první pohled stejnými, nelze provést bez doložení, že zaměňující svítidlo zajistí přinejmenším stejně kvalitní osvětlení jako to původní. Takovým doložením může být jedině kvalifikovaný výpočet.

Smutné je, že popsaný případ se nejen skutečně stal, ale co je smutnější – jde o podvod, který provedla jedna velice renomovaná firma, jeden ze světelných techniků, který se vydává za předního odborníka. A dokonce je za něj i považován.



Obr. 2 Svítidla na obrázku vypadají velmi podobně

Přece to pravé („projektanta“) není sto zajistit parametry odpovídající třídě osvětlení CE4. Levé svítidlo má výrazně lepší fotometrické vlastnosti a dokáže to.

Udržovaná hodnota

Dalším ze způsobů, které používají zlatokopové, je manipulace s velikostí udržovacího činitele. Jsou dva přístupy. Při prvním se úmyslně použije vyšší hodnota činitele údržby než je reálný. V druhém, jak lze předpokládat, naopak hodnota nižší.

Prvý způsob má za důsledek to, že je osvětlovací soustava poddimenzovaná. Výpočet „prokáže“, že postačuje menší počet svítidel nebo nižší příkony oprati řešení konkurence. Koho napadne změřit parametry osvětlovací soustavy za dva nebo čtyři roky? To již poddimenzovaná soustava nebude dosahovat požadovaných hodnot. Ale prostým okem to nikdo nepozná. Právě teď mám na stole k posouzení projekt, kde projektant známé společnosti (tvářící se korektně – jak projektant, tak společnost), poddimenzoval osvětlovací soustavu v poměru 0,95/0,56, tedy o více jak 40%. Soustava měla příkon 4,6 kW; konkurenční – korektně spočítaná – 7 kW. Podvržené řešení tedy „prokazovalo“ investiční i provozní úspory. Ve skutečnosti by měla soustava přibližně $4,6 \times 0,95/0,56 = 7,8$ kW. Nemusím asi uvádět, které řešení chtěl investor realizovat.

Druhý způsob vede k předimenzování soustavy. Poté se zákazníkovi sdělí, že je možné soustavu regulovat. Dokonce lze bez obav prohlásit jak vysoké procento se uspoří. Odpovídá zhruba stupni předimenzování. Tak lze zajistit, že obec použije 70W výbojky tam, kde by stačily 50W. Poměr příkonů včetně klasických předřadníků je zhruba 61/83, tedy asi 27%. Protože světelný tok klesá rychleji než příkon, tak na jistotu lze prohlásit, že „úspory“ budou nejméně 20%. Ani tento příklad není vymyšlený.

Podobné podvody se nedělají jen v oblasti veřejného osvětlení. Zvolit velikost udržovacího činitele v interiéru 0,6 tam, kde je ve skutečnosti korektní hodnota 0,8 přináší dodavateli dvojí prospěch. Jednak dodá soustavu větší o třetinu ($0,8/0,6 = 1,33$), jednak má jistotu, že čtvrtinu příkonu předimenzované soustavy „ušetří“ díky regulaci snižující příkon předimenzované soustavy. Z úspor plynou výborné reference a šance získat další zakázky. Smutné je, že tento postup praktikuje jedna ze známých a ctěných společností. Žel, nejenom ona, ale patří to k běžné praxi.

Měření

Měření je další oblast, kde lze oklamat netechnicky vzdělaného zákazníka, který s úžasem hledí na „odborníka“, který prochází ulicí, v ruce drží luxmetr a moudře pokyvuje hlavou. Změří osvětlení u staré, znečištěné soustavy se zdroji na konci jejich života a porovná výsledky se soustavou novou, s čistými svítidly, novými světelnými zdroji. A ejhle – nová soustava svítí více. Pokud se takové měření provede dříve, než dojde k zahoření světelných zdrojů, pak nová soustava může být zvýhodněna o další až desítky procent. Často „experti“ „opomenou“ naměřené hodnoty přepočítá na hodnoty udržované.

Zažil jsem i případ, kdy byl luxmetr úmyslně upravený tak, aby „měřil“ vyšší hodnoty, než jaká byla skutečnost. Bylo to zhruba o třetinu. U přístroje za pár desítek eur při zakázce za pár desítek tisíc se taková úprava samozřejmě vyplatí.

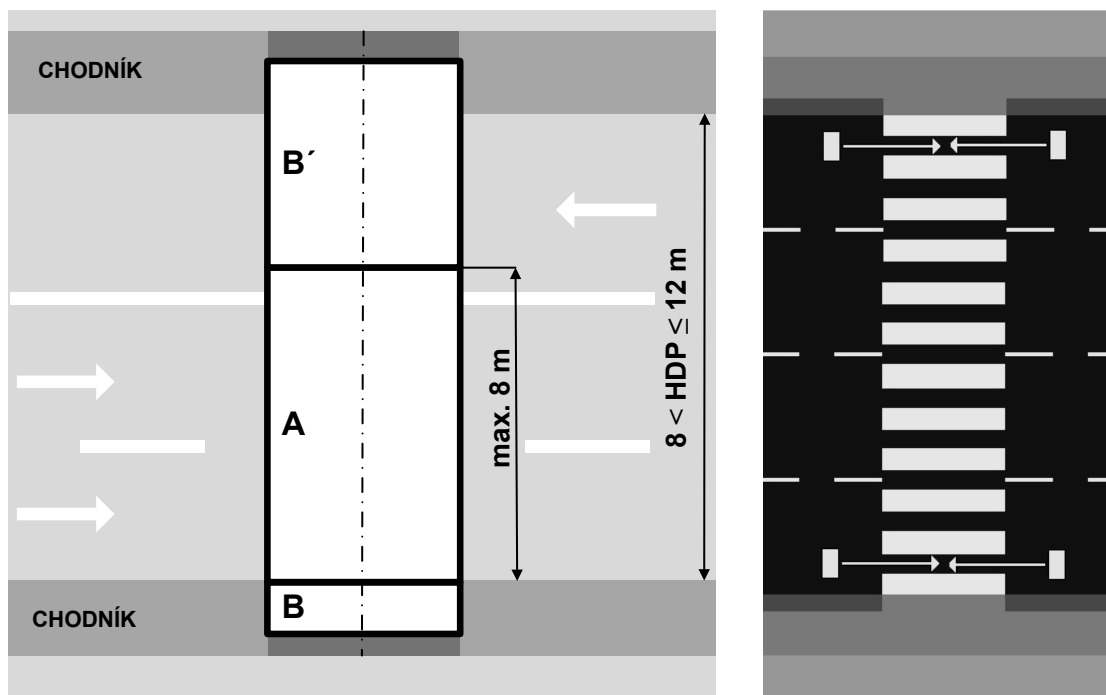
Porovná-li nesolidní prodavač starou (vesměs neudržovanou soustavu) s novou, nezahořelou, tak může vykázat třeba dvojnásobnou hodnotu osvětlenosti oproti té staré. Ovšem již za rok může prodavačova soustava produkovat méně světla než ta původní.

Závěr

Možností, jak podvádět v oboru je ještě celá řada. Vynechal jsem ty, které jsou snadno odhalitelné selským rozumem. Třeba výkřiky nekorektních prodavačů o úsporách až o 80% a podobně. Ono „až“ se snadno přehlédne. A při srovnávání staré soustavy s nefunkčními svítidly je taková úspora možná. Ovšem stejně velkých úspor by se dosáhlo i klasickým řešením s vysokotlakými sodíkovými výbojkami. Není možné svítidly se světelnými diodami dosáhnout tak vysokých úspor v případě porovnání s moderní soustavou.

V současné době lze prohlásit, že LED jsou sto, s kvalitními svítidly, nahradit vysokotlaké sodíkové výbojky do příkonu cca 70W. Nahradit tak, aby byla jejich vyšší pořizovací cena uhrazena za přijatelně dlouhou dobu. V některých případech může nahradit i 100W. Vyšší příkony zatím jen ve velmi vzácných případech; vysoká cena LED se neuhradí případnými úsporami na spotřebě.

Mnohem „drsnější“ je ale způsob, kdy si firma upraví pravidla pro osvětlování tak, aby uspěla obchodně, ovšem za cenu ohrožení lidských životů. Existuje jakýsi návod na osvětlování chodců na přechodech. Vychází z toho, že chodec musí být z boku osvětlen tak, aby jeho jas byl 3× vyšší než jas pozadí. Jistá firma převzala tuto metodu, avšak zjistila, že přechody delší než 8 m by bylo potřeba osvětlovat z obou stran přechodu. To by prodražilo dodávku a mohlo by se stát, že by investor takové řešení odmítl. Tak se uchýlila k tomu, že přechod ve vzdálenosti delší než 8 metrů prohlásila za doplňkový a tam připouští osvětlenost na úrovni 1/3 osvětlení prostoru hlavního (obr. 3). To znamená, že chodec bude mít stejný jas jako pozadí, tedy nemusí být vůbec vidět. Bude přecházet v domnění, že na osvětleném přechodu ho řidič přijíždějícího vozidla vidí a v klidu vstoupí na přechod. Řidič jej neuvidí... možný důsledek je jasný.



Obr. 3 – Přechod pro chodce

Vlevo – ŽIVOTU NEBEZPEČNÉ rozdělení přechodu na hlavní (A) prostor a doplňkový (B, B').

Vpravo – SPRÁVNÉ osvětlení širokého přechodu „párovou“ soustavou.

Literatura

1. ČSNCEN/TR 13201-1 Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Výběr tříd osvětlení
2. ČSN EN 13201-2 Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Výkonnostní požadavky
3. Maixner, T. Osvětlení přechodů pro chodce, časopis Světlo 1/2012

Měření elektrických parametrů veřejného osvětlení v Ostravě

Ing. Jaroslav Šnobl, prof. Ing. Karel Sokanský, CSc., Ing. Tomáš Novák, Ph.D.
VŠB-TU OSTRAVA, FEI - Katedra Elektroenergetiky, 17.listopadu 15, 708 33 Ostrava

Úvod

Pro každého správce osvětlovací soustavy je dobré znát, co možná nejpřesněji všechny možné parametry o svítidlech, stožárech, rozvodech a ostatních prvcích osvětlovací soustavy. Takovéto informace mohou vést i k potenciálním možnostem úspor elektrické energie, jelikož se potom dokáže přesněji říci, které části je přednostně potřeba rekonstruovat či vyměnit tak, aby provoz byl ekonomicky méně náročný. Výsledky měření mohou také naznačit, u kterých rozvaděčů by bylo vhodné nasadit nějaký způsob regulace. Z tohoto důvodu vznikl požadavek na straně Ostravských komunikací, a.s. o proměření několika hlavních rozvaděčů v rámci města Ostravy.

Výběr rozvaděčů

Pro vyhodnocení optimalizace při nasazování regulace a monitoring osvětlovací soustavy bylo pracovníky Ostravských komunikací vytipováno několik rozvaděčů. Tyto rozvaděče zastupují svými parametry většinu stávajících ostravských rozvaděčů. Byly vybrány rozvaděče na frekventovaných tazích i v menších obydlených oblastech o menším celkovém příkonu. Při výběru měřených rozvaděčů byla zohledňována tato kritéria:

- Elektrický příkon – přednostně vybrány rozvaděče s větším příkonem z důvodu možnosti nasazení regulace, která by měla vyšší úsporný potenciál než u soustav s nízkým příkonem.
- Možnost využití regulace – především rozvaděče na frekventovaných hlavních tazích s instalovanými svítilny s příkonem nad 100W.
- Stáří rozvaděče – přednost při výběru dostávaly rozvaděče jejichž životnost je již u konce a u kterých bylo třeba ověřit skutečný odebíraný příkon.

Měřicí aparatura

Před samotnou instalací systému pro regulaci výkonu VO je důležité znát reálnou spotřebu a parametry sítě či rozvaděče, kde bude regulace pracovat. Tyto údaje potřebujeme pro účely přesného vyhodnocení a odhadu možných dosažených úspor a návratnosti vložených investic. Na tato měření je vhodné použít analyzátor sítě, který dokáže dlouhodobě zaznamenávat průběhy zvolených elektrických veličin jako jsou proudy, napětí či výkony.

V rámci měření vybraných rozvaděčů je použit analyzátor sítě Unilyzer 902 na Obr.1 společnosti Unipower. Tento přístroj je homologovaný a certifikovaný pro tato měření. Je založen na bázi 32-bit „digital signal processor“ a má osm analogových vstupů a jeden vstup pro napájení. Přístroj je určen k provádění všech typů měření kvality sítě podle národních a mezinárodních standardů, které mohou odhalit nechtěné stavy v síti jako jsou přechodové jevy při zapínání a vypínání, podpětí či přepětí v jednotlivých fázích atd.

Přístroj Unilyzer 902 disponuje těmito technickými specifikacemi:

- 4 diferenční napěťové kanály 0-700 V RMS
- 4 diferenční proudové kanály 0-30 A RMS – při použití proudových kleští
- nejistota měření $\pm 0,1$ % pro proudové a napěťové kanály při pracovní teplotě 0-40 °C
- detekce poruch - přechodové jevy a podpětí / přepětí

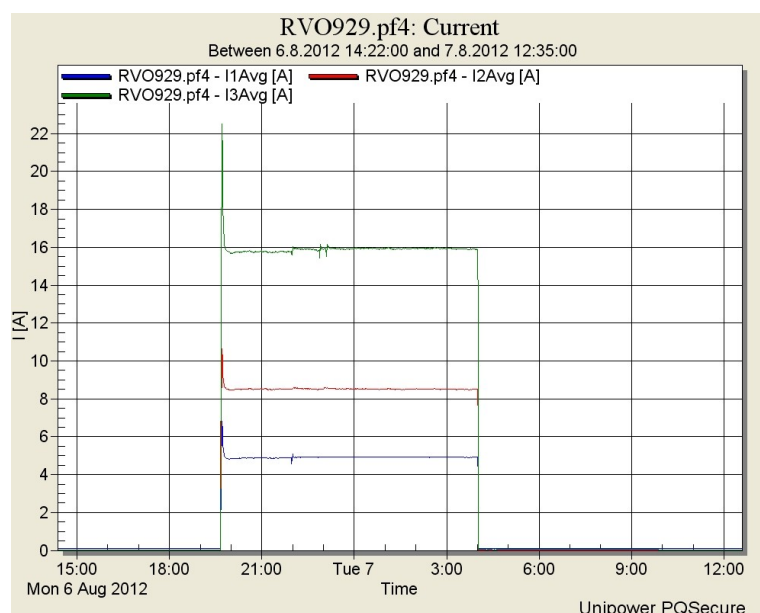


Obr. 1 Analyzátor sítě Unilyzer 902 firmy UNIPOWER

Vyhodnocení a výsledky měření

- Proudová nesymetrie

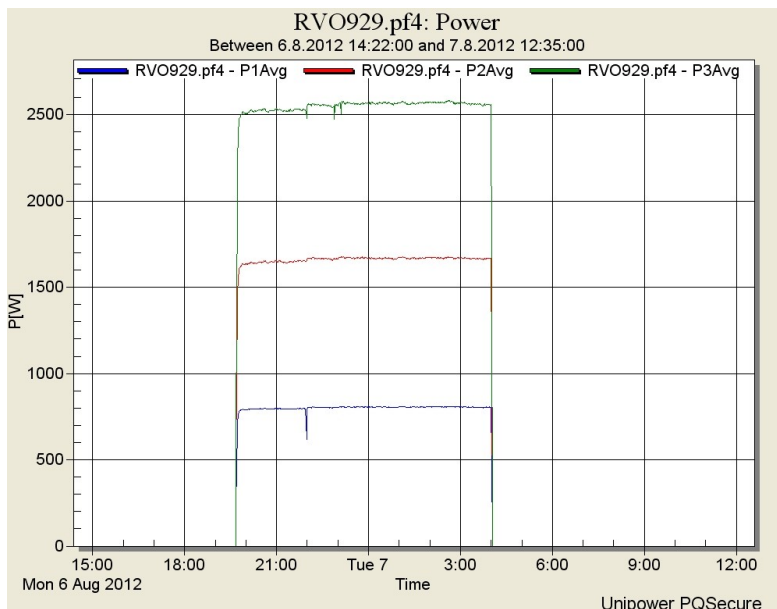
V současné době se měření na rozvaděčích dokončuje. První výsledky měření ukázaly na proudovou nesymetrii ve fázích, viz Obr. 2. Proudové nesymetrie mají vliv na energetické ztráty v síti.



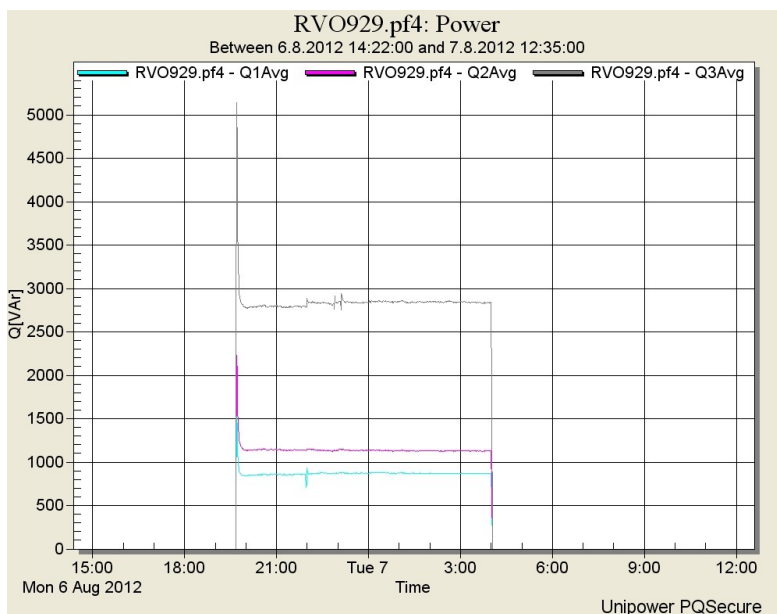
Obr. 2 Zjištěná proudová nesymetrie v rozvaděči

- Jalový výkon

Na Obr. 4 je vidět velikost jalového výkonu s ohledem na celkový činný výkon viz Obr. 3. Výsledek ukazuje na nefunkční kondenzátory ve svítlidle a nutnost jejich výměny. Z empirických zkušeností se uvádí poruchovost kondenzátorů okolo 3% a degradace jejich kapacity mezi 3 až 10% v závislosti na použitém typu. U paralelních kondenzátorů vhodných pro svítidla veřejného osvětlení se uvádí životnost 50 000h. Hodnoty $\cos \varphi$ se u měřených rozvaděčů pohybují mezi hodnotami 0,5 a 0,6, což má také negativní vliv na celkové ztráty elektrické energie.



Obr. 3 Činný výkon ve třech fázích v rozvaděči



Obr. 4 Jalový výkon ve třech fázích v rozvaděči

Výsledky ukazují také na to, že výměna kondenzátoru ve svítidlech by měla být prováděna s každým druhým cyklem výměny výbojky tak, aby nedocházelo k jeho selhání. Tzn. výměna výbojky cca každé čtyři roky a výměna kondenzátoru jedenkrát za osm let.

Poděkování

Tento článek byl zpracován v rámci projektu SP2012/160 s názvem „Nové možnosti LED technologií v osvětlování“.

Literatura a odkazy

- [1] www stránky: <http://www.unipower.se>
- [2] www stránky: <http://www.dnacap.com>

Měření UGR s využitím jasového analyzátoru

Petr Závada¹, Karel Sokanský¹, Tomáš Novák²

VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektroenergetiky¹⁾

Katedra elektrotechniky²⁾

17. listopadu 15, 70833 Ostrava-Poruba, Česká Republika

e-mail: petr.zavada@vsb.cz

karel.sokansky@vsb.cz

tomas.novak1@vsb.cz

[http:// www.vsb.cz](http://www.vsb.cz)

Abstrakt

Pro dosažení pracovní pohody ve vnitřních pracovních prostorech je zapotřebí věnovat velkou pozornost omezení psychologického oslnění. Pro hodnocení psychologického oslnění se v současnosti používá UGR metoda, kterou definovala mezinárodní komise pro osvětlování (CIE) a je uvedena v publikaci Discomfort Glare in Interior Lighting, Technical Report CIE 117. Vzorec pro hodnocení UGR zohledňuje polohu pozorovatele, jas svítidla a jas pozadí. S využitím jasového analyzátoru s objektivem FishEye (objektiv s prostorovým úhlem 2π) umístěným v místě pozorovatele je možné zachytit jasovou mapu větší, než je zorný úhel lidského oka (nejčastěji se udává ve vodorovné rovině 140° a ve svislé rovině 90°) a následně vyhodnotit jas všech světelných zdrojů a jas pozadí v zorném poli oka. Díky využití vlastností jasového analyzátoru můžeme přesně oddělit jas svítidel od jasu pozadí a dosadit hodnoty do vzorce pro jednotné hodnocení UGR.

Klíčová slova oslnění, zorný úhel, jasová analýza, jas pozadí, jas svítidla

Úvod

V posledních letech se při návrhu osvětlení setkáváme s mnohými změnami vyvolanými použitím nejen nových světelných zdrojů, ale i svítidel se specifickými křivkami svítivosti. Radikální změny pracovních postupů a zvyšující se povědomí společnosti o potřebách úspor energie rovněž zasahují k tomuto návrhu.

V důsledku těchto změn se můžeme setkat s nepříznivými důsledky, jako je oslnění. K zvětšení rušivého oslnění mohou vlivem technologických změn přispívat:

- Nové světelné zdroje - několikanásobné zvýšení jasů světelných zdrojů.
- Nové konstrukce svítidel - nesymetrické rozložení svítivosti.

K dalším vlivům ke zvýšení rušivého oslnění dochází:

- Uspořádáním kanceláře - velké otevřené plochy s nepravidelným rozmístěním nábytku s mnoha různými směry pohledu.
- Zrakové úkoly v pracovních stanicích se zobrazovacími jednotkami - větší část stropu a více svítidel se nachází v periferním poli pohledu – více svítidel bude v osobní „oblasti oslnění“.

Rušivé oslnění

Oslnění je nepříznivý stav zraku, který ruší zrakovou pohodu nebo zhoršuje či dokonce znemožňuje vidění. Následkem oslnění je zhoršené rozeznávání kontrastů a detailů a dochází k zvyšování zrakové únavy a snižování pracovního výkonu.

Pocit zrakové nepohody člověka vyvolaný rušivým oslněním je do značné míry subjektivní, je závislý na stavu zrakového orgánu člověka i na jeho momentálním rozpoložení. Lze však říci, že oslnění je tím větší, čím větší jsou jasy svítících předmětů v zorném poli a čím jsou tyto předměty větší. Naopak pocit oslnění je

nepřímo úměrný jas pozadí, jas, na který je zrakový orgán adaptován. Problém je dále komplikován tím, že oslnění navíc závisí na směru, odkud přichází vzhledem ke směru, kterým je orientován zrakový orgán.

Činitel UGR se počítá v bodech, ve kterých se předpokládá poloha oka člověka při činnosti v prostoru. Průměrná výška oka sedícího člověka se předpokládá 1,2 m a stojícího člověka 1,5 m.

Při výpočtu UGR je třeba vyhodnotit a popsat uvažované směry pohledu, kde se doporučuje brát v úvahu převážné, nikoliv výjimečné směry pohledu. Při výpočtu lze předpokládat počáteční (čistý) stav prostoru. [1]

Tabulková metoda hodnocení oslnění

V normě EN 12464-1 je k výpočtu indexu UGR doporučena tabulková metoda. Tuto metodu lze s výhodou použít v jednoduchých případech k rychlému stanovení parametrů oslnění v místnostech obdélníkového tvaru. Nevýhody této metody jsou, že hodnoty uvedené v tabulce dodané výrobcem je nutné korigovat podle konkrétních parametrů místnosti, osvětlovací soustavy a pozorovatele a tyto tabulky nejsou obecně použitelné pro místnosti různých tvarů a pro nepravidelné rozmístění svítidel a jejich různé orientace. [3]

Vzorec pro jednotné hodnocení oslnění (UGR)

Vzorec UGR spojuje vlastnosti Einhornova a Hopkinsonova vzorce a zahrnuje rovněž činitel polohy podle Gutha. Může být považován za spojení nejlepších částí hlavního vzorce z hlediska použitelnosti a blízkosti k výsledkům předvídání oslnění. [2]

Míra rušivého oslnění (UGR) je dána vzorcem (viz obr. 4.1.):

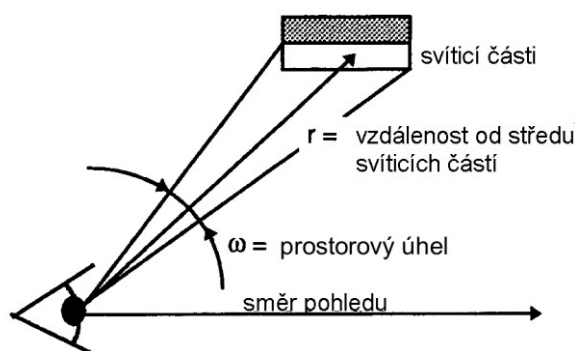
$$UGR = 8 \cdot \log \left(\frac{0,25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right) \quad (-) \quad (1)$$

kde L_b je jas pozadí ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$),

L jas svítící částí svítidla ve směru k oku pozorovatele ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$),

ω prostorový úhel, pod nímž pozorovatel vidí svítící část každého svítidla (sr),

p činitel polohy podle Gutha pro každé svítidlo (vychýlení ze směru pohledu)



- Obrázek 1. Jas svítidla L a prostorový úhel ω , pod nímž pozorovatel vidí svítidlo. r je vzdálenost od středu svítících částí svítidla. [2]

Jas pozadí

Jas pozadí L_b je definován jako rovnoměrný jas celého okolí, který vytváří stejnou osvětlenost na kolmé (svislé) rovině procházející okem pozorovatele, jako zorné pole bez oslňujících zdrojů. Může být vypočítán podle vzorce:

$$L_b = \frac{E_i}{\pi} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (2)$$

kde E_i je nepřímá osvětlenost oka pozorovatele (lx).

Jas pozadí L_b se obvykle vypočítá z E_i , která může být stanovena buď výpočtem na počítači z rozložení svítivosti v prostoru, anebo výpočtem pomocí nepřímého činitele využití. Tento výpočet je založen na předpokladu, že průměrná nepřímá osvětlenost stěn se více nebo méně rovná nepřímé osvětlenosti oka pozorovatele. Při nejobecnější metodě jsou povrchy místnosti rozděleny na dílčí povrchy. Jas každého dílčího povrchu je určen vzájemnými odrazy mezi nimi a přímou osvětleností od svítidel. Nakonec se stanoví osvětlenost oka pozorovatele vytvořená dílčími povrchy. [2]

Jas svítidla

Jas svítidla L je všeobecně odvozen ze svítivosti svítidla ve směru k pozorovateli I a plochy průmětu svítidla A_p . [2]

$$L = \frac{I}{A_p} \quad (\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (3)$$

Prostorový úhel vzhledem k oku pozorovatele

Velikost prostorového úhlu může být odvozena z průmětu ploch svítících částí svítidla a vzdálenosti oka pozorovatele od středu svítidla. [2]

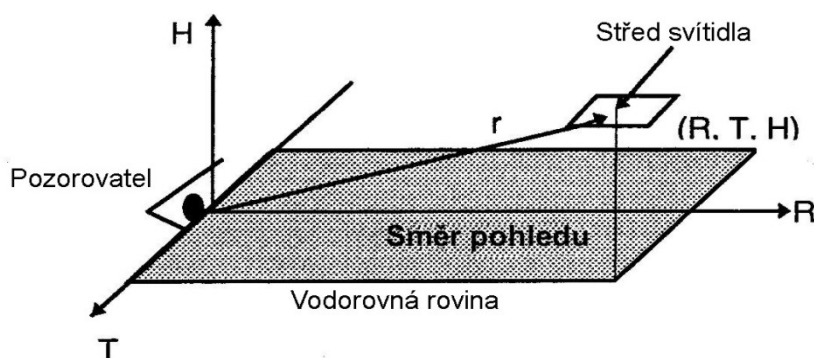
$$\omega = \frac{A_p}{r^2} \quad (\text{sr}) \quad (4)$$

kde A_p je plocha průmětu svítící části svítidla (m^2),

r vzdálenost pozorovatele od středu svítících částí svítidla (m).

Činitel polohy

Činitel polohy p se stanoví interpolací údajů v tabulce v publikaci CIE 117. Parametry tabulky T/R a H/R jsou definovány na Obr. 2. R, T a H vytvářejí souřadnicovou soustavu s počátkem v oku pozorovatele a za předpokladu, že čára pohledu je vodorovná, je R průmět vzdálenosti na směr pohledu, T je vodorovný posun od směru pohledu a H je výška nad okem pozorovatele. Všechny souřadnice jsou vztaženy ke středu svítidla.



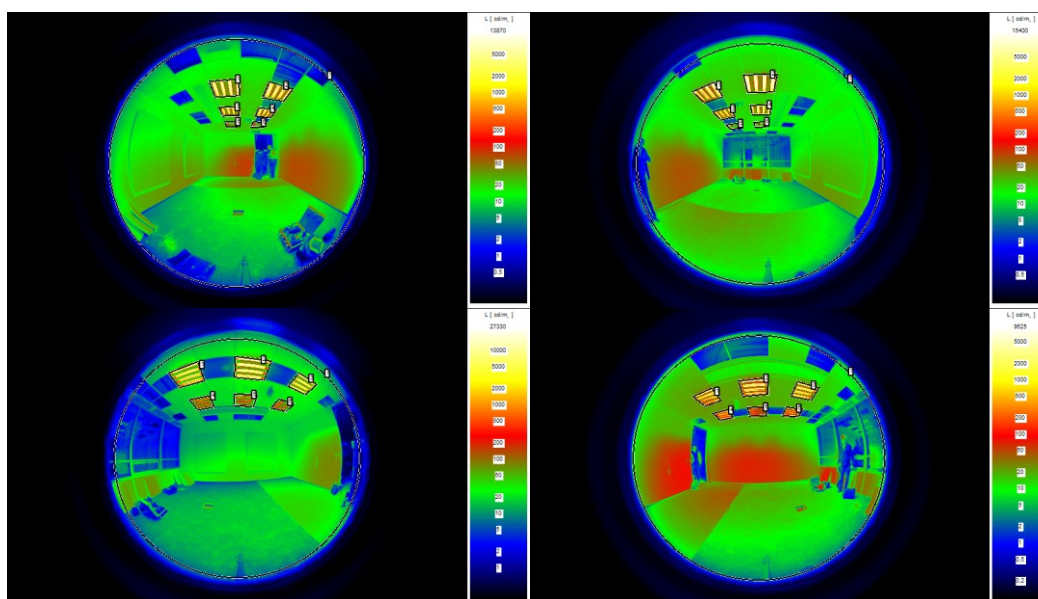
• Obrázek 2. Souřadnicová soustava činitelů polohy (R,T,H) s počátkem v oku pozorovatele. [2]

Hodnocení oslnění

Ve vybrané místnosti s nerovnoměrně rozmístěnými mřížkovými svítidly bylo provedeno hodnocení UGR dvěma METODAMI. První metoda hodnocení UGR je s využitím jasové analýzy, druhý způsob využívá výpočtový program Relux.

Jasová analýza

Pro měření oslnění byl využit jasový analyzátor LMK Mobile Advanced s objektivem FishEye. Následně byly pořízeny čtyři kritické pohledy v kanceláři (Obr. 3) a definovány vzdálenosti potřebné k určení činitele polohy pro výpočet oslnění. Pro měření byla uvažována výška pozorovatele ve 1,2 m, což odpovídá výšce očí sedícího pracovníka. Jas pozadí byl uvažován v prostorovém úhlu 2π .



• Obrázek 3. Jasové mapy kritických pohledů (vlevo nahoře pohled 1, vedle pohled 2, vlevo dole pohled3 a pohled 4)

U každého pohledu bylo provedeno hodnocení UGR výpočtem ze vzorce 1. Jas pozadí je brán jako vážený průměrný jas kruhové oblasti odpovídající prostorovému úhlu 2π vyjma oblastí svítidel. Jas svítících částí svítidel ve směru k pozorovateli je uvažován jako průměrný jas všech svítidel v prostorovém úhlu 2π . Aby bylo možné určit prostorový úhel svítících částí svítidel, byla vybrána oblast odpovídající zornému poli 2π s odpovídajícím počtem pixelů. Jednomu pixelu pak odpovídá prostorový úhel daný poměrem prostorového úhlu 2π k počtu pixelů v této oblasti.

$$\omega_{px} = \frac{2\pi}{px} = \frac{2\pi}{1,113 \cdot 10^6} = 5,65 \cdot 10^{-6} \text{ (sr)} \quad (4)$$

kde ω_{px} prostorový úhel jednoho pixelu,

px počet pixelů v zorném poli pozorovatele.

Vynásobením počtu pixelů svítících částí svítidel v zorném poli pozorovatele (2π) velikostí prostorového úhlu jednoho pixelu získáme prostorový úhel, pod nímž pozorovatel vidí svítící částí svítidel. Poté byl stanoven činitel polohy podle Ghuta a vypočten činitel oslnění UGR podle vzorce 1.

Číslo svítidla	L (cd/m ²)	H	T	R	q (-)	ω (sr)	L _b (cd/m ²)	UGR (-)
1.	2019	1600	300	1200	10,30	0,06	18,42	15,27
2.	1890	1600	900	1200	10,30	0,05		
3.	738	1600	300	2400	4,10	0,02		
4.	1055	1600	900	2400	3,70	0,02		
5.	44	1600	300	3600	2,60	0,01		
6.	39	1600	900	3600	2,50	0,01		

- Tabulka 1: Hodnoty H, T a R pro jednotlivá svítidla kritického pohledu 1

Číslo svítidla	L (cd/m ²)	H (mm)	T (mm)	H (mm)	q (-)	ω (sr)	L _b (cd/m ²)	UGR (-)
1.	2319	1600	900	1200	10,00	0,05	22,37	17,46
2.	3059	1600	300	1200	10,20	0,07		
3.	1014	1600	900	2400	3,80	0,02		
4.	1262	1600	300	2400	3,70	0,03		
5.	56	1600	900	3600	2,50	0,01		
6.	52	1600	300	3600	2,50	0,01		

- Tabulka 2: Hodnoty H, T a R pro jednotlivá svítidla kritického pohledu 2

Číslo svítidla	L (cd/m ²)	H (mm)	T (mm)	H (mm)	q (-)	ω (sr)	L _b (cd/m ²)	UGR (-)
1.	2893	1600	1020	1200	10,50	0,07	27,24	18,77
2.	4345	1600	180	1200	10,90	0,09		
3.	2909	1600	1380	1200	10,50	0,04		
4.	286	1600	1020	2400	3,70	0,03		
5.	274	1600	180	2400	3,90	0,03		
6.	187	1600	1380	2400	3,80	0,02		

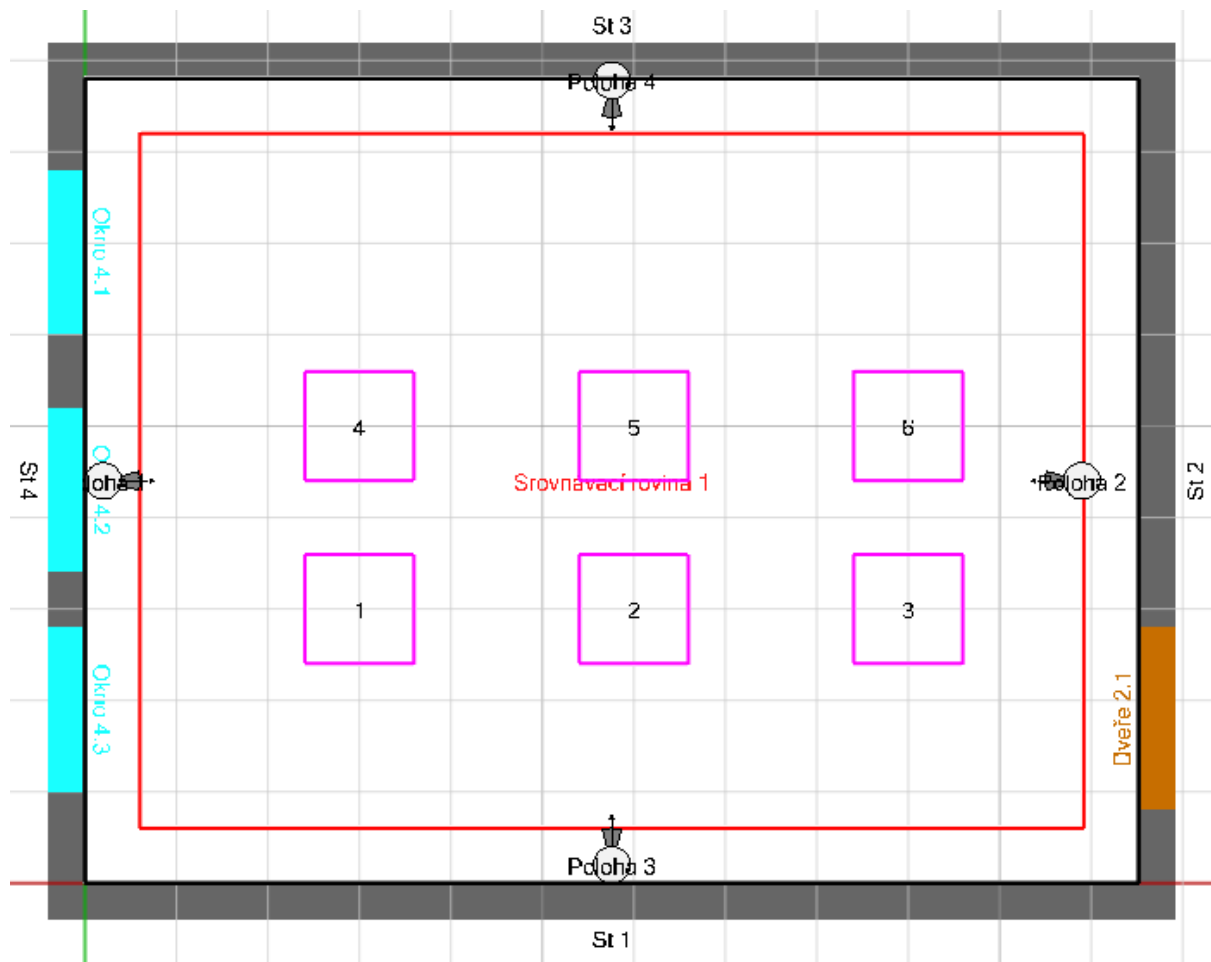
- Tabulka 3: Hodnoty H, T a R pro jednotlivá svítidla kritického pohledu 3

Číslo svítidla	L (cd/m ²)	H (mm)	T (mm)	H (mm)	q (-)	ω (sr)	L _b (cd/m ²)	UGR (-)
1.	769	1600	1380	1000	13,22	0,04	20,41	8,92
2.	1406	1600	180	1000	14,20	0,06		
3.	1001	1600	1020	1000	12,96	0,04		
4.	311	1600	1380	2200	4,30	0,02		
5.	95	1600	180	2200	4,30	0,02		
6.	186	1600	1020	2200	3,96	0,02		

- Tabulka 4: Hodnoty H, T a R pro jednotlivá svítidla kritického pohledu 4

Výpočtový program Relux

V následujícím obrázku je vidět půdorys měřené místnosti pro výpočet oslnění pomocí programu Relux.



• Obrázek 4 Půdorys místnosti v programu Relux [4]

V následující tabulce je uvedeno porovnání jednotlivých metod hodnocení UGR. V první sloupci tabulky jsou definovány kritické pohledy s doplněním jejich směru. Ve druhém sloupci jsou hodnoty UGR měřených a vypočtených za pomoci jasové analýzy a ve třetím sloupci jsou hodnoty UGR vypočteny v programu Relux.

UGR	Jasová analýza	Výpočet Relux
Pohled 1 - dlouhý podélný (směrem ke dveřím)	15,27	17
Pohled 2 - dlouhý podélný (směrem k oknu)	17,46	14
Pohled 3 - krátký příčný (směrem na tabule)	18,77	20
Pohled 4 - krátký příčný (směrem ke stěně)	8,92	19

• Tabulka 5: Tabulka s porovnáním hodnot UGR první a druhé metody

Naměřená hodnota rušivého oslnění pro jednotlivé kritické pohledy ani v jednom případě nepřekračuje požadovanou hodnotu podle normy [1] $UGR = 19$. Při měření nebyly podmínky ideální (nedodělaný strop, špinavá podlaha - snížení jasu pozadí) a přispívaly tak k vyššímu UGR a zároveň byl prostorový úhel měření větší, než zorný úhel pozorovatele. Z toho vyplývá, že výsledné UGR po dokončení všech úprav nebude překračovat požadovanou hodnotu.

Závěr

Výrobce svítidel může data pro hodnocení oslnění publikovat buď příslušnými tabulkami UGR dle CIE 117 nebo poskytnutím pomůcky – programu, který činitel UGR umožňuje stanovit pro konkrétní případy. Rozdílné hodnoty mezi vypočtenými a měřenými hodnotami u pohledu 4 jsou způsobeny zvýšeným jasem pozadí z důvodu nesymetricky rozmístěných svítidel (viz. Obrázek 3 vpravo dole).

Poděkování

Tento článek byl vypracován za podpory projektu “Nové možnosti LED technologií v osvětlování”. SP 2012/160.

Literatura a odkazy

- [1.] ČSN EN 12464-1/2012: Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory.
- [2.] Discomfort Glare in Interior Lighting, Technical report CIE 117
- [3.] Staněk, P.: Možnosti prezentace výpočtu oslnění, Časopis Světlo 2006/01
- [4.] Relux 2012, <http://www.relux.biz/>

LED v obytných priestoroch

Zlatko, Balaš, Ing.¹ – Matej, Janík, Ing.² – Anton, Rusnák, Ing.² – Alfonz, Smola, prof. Ing. PhD.²

¹Beloon, s.r.o., ²FEI STU, zbalas@gmail.com, anton.rusnak@stuba.sk

Abstrakt

Vývoj v oblasti svetelných zdrojov LED spôsobil veľký záujem laickej verejnosti o použitie tohto druhu technológie na svietenie. V súčasnosti nastáva fáza nasadzovania LED do bežných bytových jednotiek. Spojením pozitívnych vlastností LED s kreativitou dizajnéra sa vytvára široká škála variability použitia. Pri použití moderných inštalácií s LED sa vytvárajú doteraz nevídané efekty, ktoré pre bežných ľudí neboli dostupné. Príspevok sa zaoberá možnosťami nasadenia LED v bežnej domácnosti. Uvedené budú reálne príklady a realizácie svetelných riešení v spojení s inteligentnou inštaláciou. Článok pojednáva o výhodách a nevýhodách využitia LED v jednotlivých priestoroch bežnej domácnosti a o využití inteligentnej inštalácie v súčinnosti s LED technológiou.

Úvod

Osvetlenie v obytných priestoroch má v súčasnosti vďaka novým technológiám takmer neobmedzené možnosti. Končí doba klasických elektroinštalácií a osvetlení pomocou klasických svietidiel ako jediným svetelnotechnickým prvkom. Nové technológie nám umožňujú vytvoriť súlad, pohodu a estetiku v každom priestore a podľa predstáv a potrieb užívateľa. Široká verejnosť si začína uvedomovať vplyv osvetlenia aj v prostredí svojho domova.

Osvetlenie tvorí veľmi veľkú úlohu v živote človeka. Každý človek má svoj cirkadiánnu rytmus života, vďaka čomu sa vie prispôsobiť dennému a nočnému režimu. Biorežim ľudského organizmu je dôležitý pre zachovanie správnej rovnováhy.

Denné osvetlenie je ideálnym osvetlením a snahou je takéto osvetlenie dostať i do vnútorných priestorov a tým zabezpečiť správne biologické funkcie ľudského tela ako aj psychologickú pohodu. Celodennou prácou pri umelom osvetlení v pracovných priestoroch sme podnecovaní práve k dosiahnutiu maximálnej produktivity, ktorá môže mať za následok stres a disfunkčnosť pohody. Dlhodobá námaha v takomto prostredí môže mať za následok práve nepohodlie, zvýšený stres, nervozitu alebo dokonca aj chorobu. Na vytvorenie duševnej pohody vo veľkej miere hra úlohu aj správne osvetlenie obytných priestorov: Obytné priestory sú práve tie, ktoré primárne využívame na oddych. Tu končíme pracovný deň a výsledkom dobrého osvetlenia bytov má byť práve relax, oddych a uvoľnenie napätia. Správne svetlom vytvorená atmosféra napomáha k odstráneniu rušivých vplyvov. Hra farieb svetla a komfort riadenia osvetlenia nám spríjemňujú život.



• obrázok 1. Osvetlenie obývacieho priestoru pomocou svetelného stropu LED svietidlami s teplotou chromatickosti 3000 K.

LED a ich pôsobenie v interiéri

V dnešnej dobe v oblasti osvetlenia sú LED technológie správnu cestou k trendovému osvetleniu. Vďaka svojim výborným svetelnotechnickým parametrom a dlhej životnosti vybrané druhy svetelných zdrojov LED sú schopné plnohodnotne nahradiť konvenčné svetelné zdroje v obytných priestoroch. Dostupné sú v celom spektre chromatickosti od 2700 K až po 8000 K, obr. 2. Farebné podanie kvalitných LED je v súčasnosti lepšie ako 90 a merný výkon dosahuje 115 lm / W. S takýmito svetelnotechnickými parametrami je možné realizovať aj komplexné osvetľovacie sústavy v bytoch, napr. centrálné osvetlenie. Tiež vieme nimi nahradiť žiarivkové osvetlenie.



• obrázok 2. Detail LED čipov pre tvorbu biodynamického osvetlenia. [1]

Vďaka vysokému mernému výkonu je vhodné použitie LED aj v domácich pracovniach, v ktorých je možné prevádzkovať osvetlenie celý deň. Obstarávacie náklady sú v porovnaní s teplotnými alebo výbojovými svetelnými zdrojmi vyššie. Vyšší merný výkon, pri porovnaní s teplotnými svetelnými zdrojmi, však už aj v súčasnosti zaisťuje relatívne rýchlu návratnosť investícií.

LED svietidlá v interiéri

LED svetelné zdroje sú do interiérov nasadzované ako kompletne sety umiestnené v svietidlách. Najpoužívanejšie sú dnes LED downlighty, ktoré prešli v posledných rokoch veľkým vývojom a priblížili sa bežným spotrebiteľom aj v nižších cenových reláciách. Ich použitie v domoch a bytoch nie je komplikované, úspora elektrickej energie oproti svietidlám s halogénovým zdrojom je nezanedbateľná a ich využitie je čoraz širšie. Veľmi často sú vo svietidlách používané RGB príp. ako RGBW LED. Využívajú sa aj LED svietidlá pre stimuláciu organizmu osvetlením v podobe dvojice čipov s farebným tónom svetla teplým a studeným. Miešaním vzniká požadovaná farba svetla. Ďalšou kategóriou svietidiel v interiéroch sú LED spoty. Pri tomto type svietidiel je potrebné brať do úvahy práve vyžarovací uhol. Predajcovia, príp. bežný spotrebiteľ sa často dopúšťa nesprávnej výmeny halogénových žiaroviek za LED zdroje. Chyba spočíva v neadekvátnej náhrade svetelného zdroja s iným vyžarovacím uhlom. Veľmi vhodný spôsob akcentačného osvetlenia, ktoré je cenovo výhodné a dizajnové, je využitie LED v umelo vytvorených stropných rímсах v interiéri. Svetelné zdroje sú umiestnené v rímse a vytvárajú difúzne osvetlenie miestnosti odrazom. Typ takéhoto osvetlenia je využívaný v reprezentatívnych a bytových priestoroch, kde pôsobí vizuálne esteticky a pôsobí relaxačne. Veľmi praktickým typom osvetlenia sú svetelné stropy, v ktorých sú využívané LED vo forme pásov, prípadne LED polí, ktoré osvetľujú translucenčné materiály. Materiály majú veľmi vysokú priepustnosť vyžarovaneého svetelného toku, ktorý je len vo veľmi malej miere pohlcovaný. Výstup svetelného toku zo svietidla má kosínový vyžarovací charakter, keďže prestupový materiál je difúzny. Optická plocha svietidla pôsobí jednotne osvetlene, pričom užívateľ nie je oslňovaný vysokým jasom. Pri tomto type osvetlenia sa ukazuje variabilita LED osvetlenia, ktoré je prakticky vytvárané na mieru užívateľovi. Dodržané sú ako estetické tak aj parametre na osvetlenie.

Pre obytné priestory nie sú definované parametre intenzity osvetlenia, stupňa oslňenia, indexu farebného podania. Vhodné hodnoty parametrov zabezpečuje návrh osvetlenia. V závislosti od účelu priestoru sa volí dostatočná hodnota osvetlenosti, pričom nároky na rovnomernosť sú len odporúčané. Dôležitými parametrami pri osvetľovaní LED sú teplota chromatickosti a index farebného podania, pre ktoré platí tab.1. Z tabuľky 1 je zrejmé, že výrobné tolerancie jednotnosti farby svetla sú značné. Pri nižších hodnotách osvetlenosti priestoru, ako domácnosti je vhodná nižšia teplota chromatickosti. Túto závislosť znázorňuje Kruithoffov diagram. Jednotnosť farby svetla je dôležitá pri osvetlení interiéru, kedy pri vneme rôzne teploty chromatickosti svietidiel pôsobia rušivo.

Teplota chromatickosti T_c		Index farebného podania R_a
Nominálna hodnota [K]	Povolený rozptyl hodnôt [K]	
3000	3045 ± 175	≥ 80
3500	3465 ± 245	
4000	3985 ± 275	≥ 70
4500	4503 ± 243	
5000	5028 ± 283	
5700	5665 ± 355	
6500	6530 ± 510	

* Tabuľka 1: Požadované hodnoty pre LED z hľadiska T_c a R_a . [3]

Z hľadiska kolorimetrických parametrov je daná podmienka stálosti farby pre LED, kde maximálne zmena môže byť 0,007 v sústave CIE1976 (u',v') a pre zložku indexu farebného podania musí platiť $R_g > 0$. Z hľadiska životnosti L_{70} musia LED svietiť aspoň 15 000 hodín. Svetelné zdroje musia spĺňať nielen nároky na fotometrické parametre ale musia byť aj hospodárne, tab.2, [3].

Charakter zdroja / svietidla LED	Príkon [W]	Minimálny merný výkon [lm / W]
Všesmerový	< 10	55
	≥ 10	60
Smerový	< 10	40
	≥ 10	45
Dekoratívny	< 10	45
	≥ 10	50

* Tabuľka 2: Požadovaný merný výkon vzhľadom na príkon LED.

O hospodárnosti osvetlenia rozhodujú v prvom rade kvalitatívne parametre osvetľovacej sústavy. Je to v prvom rade merný výkon svetelných zdrojov, účinnosť svietidiel, účinnosť distribúcie svetelného toku na pracovnú plochu, riadenie svetelného toku a pod. Merný výkon LED v súčasnosti dosahuje viac než dvojnásobnú hodnotu v porovnaní s údajmi z tabuľky 2. Účinnosť svietidiel na báze LED môže byť veľmi vysoká, pretože často tieto svietidlá neobsahujú ďalšie svetelnočinné časti, ktoré by mohli znížiť svetelný tok. Riadenie LED je veľmi jednoduché a nenákladné. Dá sa ním vytvoriť ľubovoľná svetelná scéna aj s ohľadom na vysokú hospodárnosť osvetlenia.

Riadenie inteligentnej inštalácie

Veľkou výhodou LED svetelných zdrojov je jednoduchá možnosť radenia svetelného toku, farby svetla, či jeho teploty chromatickosti. Použitím vhodného spôsobu riadenia LED môžeme v obytnom priestore vytvoriť akúkoľvek atmosféru, podľa potreby v danom okamihu. Súhra farby svetla, intenzity jednotlivých svietidiel a tieňov v priestore je možná až do takej úrovne, že nám umožní priniesť dynamiku denného svetla aj do bytov. Teplota chromatickosti bielej farby svetla meniacej sa podľa zadaného harmonogramu alebo manuálne podľa nálady užívateľa má obrovský vplyv na psychiku a zdravie človeka.

Na vytvorenie vhodnej atmosféry je potrebný kvalitný a zároveň aj komfortný systém ovládania a riadenia osvetlenia. Spínanie osvetlenia či centrálného, miestneho, doplnkového alebo dekoračného musí byť tak jednoduché a intuitívne ako stlačenie vypínača a zároveň musí byť inteligentné a komfortné.

Vhodná je postupná zmena intenzity svetla pri jeho zapnutí alebo vypnutí. Akákoľvek náhla zmena v osvetľovacej sústave vytvára adaptačný šok videnia a znižuje zrakovú pohodu. Z tohto dôvodu má stmievanie osvetlenia veľký význam ako v obytných tak aj v iných priestoroch. Riadenie osvetlenia má v mnohých prípadoch vlastnú koncepciu funkcionality. Nastavenie teploty chromatickosti bieleho svetla, t.j. biodynamické osvetlenie má najväčší význam, keď je riadené samostatne nezávislé od užívateľa. Toto je možné dosiahnuť veľmi jednoducho pomocou automatizovaného systému riadenia, ktorý nám dokáže na základe zmien stavu oblohy, polohy slnka alebo aj stanoveného harmonogramu plynulo meniť teplotu chromatickosti.



- obrázok 3. Štvorkanálový UNI DIMM kontrolér s maximálnym zaťažením 16A na kanál, umožňujúci jednoduché riadenie LED osvetlenia analógovo, pomocou DMX, 0-10V alebo aj diaľkovo. [1]

Systémov pre riadenie LED osvetlenia je mnoho, a každý väčší výrobca má svoj sofistikovaný systém riadenia, príp. má podporu pre univerzálne riadiace protokoly. Medzi najznámejšie v oblasti riadenia LED patrí ovládanie pomocou analógového signálu 0 – 10 V, príp. 1 – 10 V, alebo pomocou digitálnych signálov systémami DALI alebo DMX, obr. 3. Analógový systém už v súčasnosti vykazuje nedostatky, a to najmä spôsobené stratami napätia na dlhších trasách vodičov. Riadenie DMX je pomerne rýchle a jeho najväčšie uplatnenie je v scénickom osvetlení. Ovládanie protokolom DALI je implementované do svietidiel väčšinou výrobcov svietidiel. Riadenie na užívateľskej úrovni je dnes najmä – a) pomocou vypínačov – tlačidiel, b) pomocou smartphonov, tabletov a PC a c) pomocou internetu a GSM, obr.4. Vypínače umožňujú komunikáciu medzi sebou a riadiacou jednotkou pomocou FTP, príp. cez bezdrôtový signál.



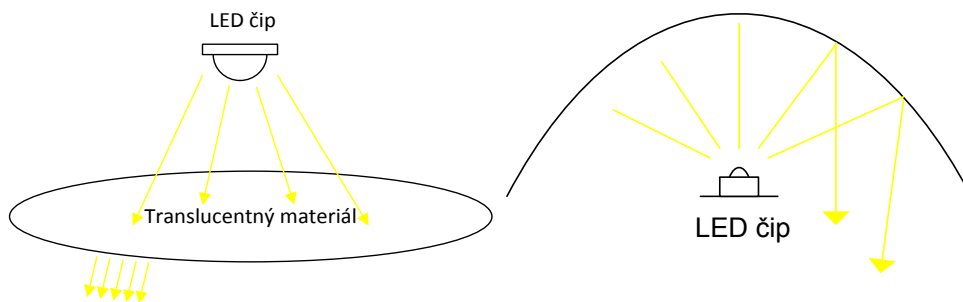
a)

b)

- obrázok 4. Riadenie osvetlenia pomocou: a) tlačidiel, b) smartphonu. [1]

Reálne príklady LED vo vybraných bytových priestoroch

LED osvetlenie umožňuje rôznorodé spôsoby osvetlenia priestoru. Vhodným prvkom v obývacích izbách je centrálné svietidlo, zaisťujúce dostatočnú osvetlenosť. V prípade diódového osvetlenia bol najväčší problém dosiahnuť rovnomerné osvetlenie z jediného svietidla. Výrobcom riešili problém odstránenia vznikajúcich kontrastných polí v priestore optickými komponentami alebo osvetľovaním cez odraz svetelného toku na optických častiach svietidla, príp. stropu, t.j. využitie nepriameho osvetlenia. Technickým riešením je aj použitie translucenčných materiálov rôznych výrobcov. Svetelné zdroje sú umiestnené za optickou časťou. Osvetlením difúzneho materiálu, dôjde v závislosti od transmisivity materiálu k prestupu svetelného toku a jeho rovnomernému rozloženiu. Kvalitné translucenčné materiály majú prestup až 80 % vyžiareného svetelného toku zo zdroja, obr. 5. Pre priestory, v ktorých sa nevykonáva pracovná činnosť je vhodné difúzne rozložené svetlo do priestoru.



• obrázok 5 Náčrt výstupu svetla zo svetidla s LED s difúznym materiálom a odrazom na optických častiach.

Dnešné LED sú typické vysokým jasom a relatívne nízkym svetelným tokom z jedného čipu. Preto dochádza k ich spájaniu do väčších celkov - polí, ktoré súčtom parametrov sú schopné emitovať dostatok svetla. V závislosti od požadovanej osvetlenosti, svetelného toku volíme rozmer svetidla. Z panelu 0,3 x 0,6 m a počtom čipov 60 dosiahneme cca 5 000 lm. Súčasne vyrábané svetidlá s technológiou LED, ak majú byť dostatočne účinné a majú spĺňať odporúčané hodnoty osvetlenosti musia byť rozmerné – v prípade jedného svetidla, alebo sa použije väčšie množstvo svetidiel. Finančné náklady sú nižšie pri jednom svetidle. Meraniami bolo zistené, že stropné prisadené svetidlo s LED o priemere 1 m dosiahne na pracovnej rovine 0,85 m viac ako 300 lx v prípade osadenia LED pásmi, príp. LED polom. V prípade použitia svetidiel s menším uhlom vyžarovania je potreba väčšieho počtu svetidiel, tak aby bola dodržaná minimálna hodnota rovnomernosti 0,5. Bodové svetidlá s vysokým jasom spôsobujú na zariadení domu nežiaduce odrazy svetla. V prípade difúzneho svetidla sa svetelný tok vyžaruje konzistentne do priestoru a nepôsobí rušivo v okolitom prostredí.

V ďalšom texte budú popísané príklady typických miestností v obytných priestoroch. Vstupné priestory majú pôsobiť reprezentatívne. Vstupný priestor do bytovej jednotky je zaistený centrálnym svetidlom s difúznym rozkladom svetla z diódového zdroja, obr. 6. Priestory ako šatník, police apod. je vhodné osvetliť, tak aby bola možná v nich orientácia a manipulácia. Na osvetlenie šatníka sa využívajú spot lighty, LED pásy sa využívajú na osvetlenie políc a zvýraznenie detailov priestoru.



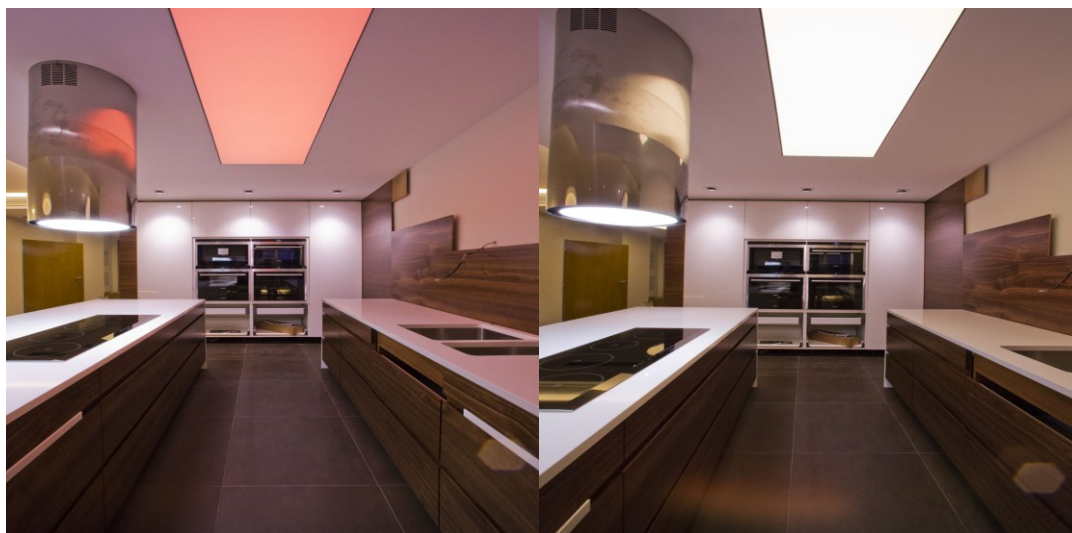
• obrázok 6. Osvetlenie vstupných priestorov. [2]

V obývacích priestoroch je kladený dôraz na variabilitu, všestrannosť, estetiku a pohodlie užívateľa. Regulácia umožňuje stmievanie, zmenu teploty chromatickosti a farby svetla v prípade RGB. Tento systém nám umožňuje vytvoriť vhodné zrakové podmienky ako pre prácu tak aj pre oddych. Doplnkovým osvetlením je ambientne podsvietenie televízneho prijímača, obr. 7. Obývací priestor sa štandardne projektuje na osvetlenie 100 lx. Použitý systém osvetlenia je volený s miestnym osvetlením práve v miestach, kde dochádza k príležitostnému čítaniu, príp. iným menej náročným zrakovým úlohám s konečnou hodnotou osvetlenosti 300 lx.



• obrázok 7. Osvetlenie obývacích priestorov. [2]

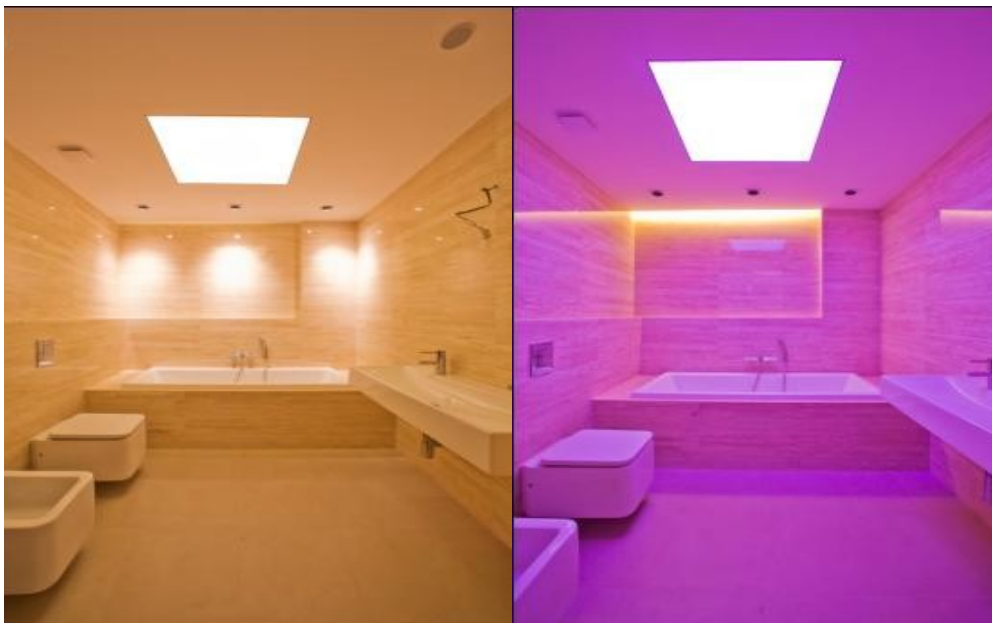
Pri osvetlení kuchynského priestoru je vhodné rozloženie zón v závislosti od vykonávanej činnosti. Určité zóny vyžadujú zvýšené nároky z hľadiska zrakovkej činnosti. Pri osvetlení pracovnej dosky sú LED zdroje vyhovujúce – na menšej vzdialenosti dosiahnu vyššiu intenzitu osvetlenia a vyššiu rovnomernosť. Osvetlenie jedálenskej časti je možné vytvoriť závesným svetidlom s nastaviteľnou výškou, čo umožňuje meniť intenzitu osvetlenia na pracovnej ploche, obr. 8. V kuchynskom priestore sa uplatňuje odstupňované osvetlenie celková osvetlenosť je dimenzovaná na 100 lx. Jedálenská časť dosahuje osvetlenosť 200 lx a pracovná kuchynská plocha 300 lx.



• obrázok 8. Osvetlenie kuchynských priestorov. [2]

V priestoroch kúpeľne a sociálneho zariadenia, obr.9, je vhodné vytvorenie viacerých režimov využitia – a) pre relax a oddych, b) pre osobnú hygienu. Režimy dosiahneme

- stmievaním, zmenou chromatickosti a zmenou farby svetla RGB
- vyššou hladina osvetlenosti (vertikálnej), chromatickosti vyššou ako 4000 K a index podania farieb viac ako 90. Vytvorenými podmienkami dosiahneme detaily ľudskej tváre a využívame nasvetlenie z viacerých strán.



• obrázok 9. Atmosféra v kúpeľni vytvorená LED osvetlením. [1]

Záver

Osvetlenie interiérov s LED svetelnými zdrojmi sa v súčasnosti stáva realitou. V budúcnosti bude možno osvetlenie v bytových priestoroch umožňovať prostredníctvom biologických senzorov ľudského tela, ktoré budú súčasťou svietidiel, stimulovať pochody ľudského organizmu. Na základe užívateľsky zvolenej aktivity bude osvetlenie priestoru vytvárať ideálnu scénu. Vytvorenie osvetlenia v bytoch LED technológiou je dnes finančne náročné, obzvlášť ak má byť elektroinštalácia inteligentná.

Pod'akovanie

Tento článok vznikol za podpory spoločnosti Beloon s.r.o. a Svetelné stropy, ktoré umožnili prístup k novým technológiám, trendom a inováciám v praktickej aplikácii pri osvetľovania svietidlami so svetelnými zdrojmi LED a inteligentných inštalácii.

This paper is supported by the agency VEGA MŠVVaŠ SR under Grant No.

VEGA 1/0988/12 „Energy efficiency of lighting systems in buildings“

Literatura a odkazy

[1] Beloon s.r.o., dostupné online:[www.beloon.sk], 2012.

[2] Svetelné stropy, dostupné online:[www.svetelnestropy.sk], 2012

[3] American National Standard, Specifications for the Chromaticity of Solid State Lightings Products, ANSI C78.377-2011, NEMA, USA,2011.

Komplexní pohled na provoz LED trubíc

Zbyněk Carbol, Jan Šumpich, Tomáš Novák

VŠB – TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky,
17. listopadu 15, 708 33 Ostrava, <http://fei.vsb.cz>

Tento článek se zabývá provozem LED trubíc použitých jako náhrad zářivek typu T8 a to jak ve stávajících svítidlech a osvětlovacích soustavách, tak i v nových instalacích. V úvodní části jsou zmíněny základní výhody a nevýhody použití LED trubíc, následuje rozbor zapojení a měření elektrických parametrů a hodnocení teplot trubíc měřených v prachotěsném svítidle. Následují výsledky měření fotometrických parametrů LED trubíc v mřížkovém kancelářském svítidle. S naměřenými daty byl proveden návrh tří osvětlovacích soustav a ekonomické porovnání celkových provozních nákladů.

Výhody nahrazení lineárních zářivek LED trubícemi

Porovnání použití LED bylo provedeno hlavně se zářivkami T8 (průměr trubice 26 mm), kterých se v České republice, oproti jiným typům, používá stále nejvíce a toto nahrazení se jeví jako nejefektivnější. Jako náhrada moderních zářivek T5 s elektronickým předřadníkem se LED trubice nehodí, protože rozdíl v měrném výkonu mezi těmito zdroji není vysoký. Základní motivací pro použití LED náhrad lineárních zářivek T8 jsou jejich následující výhody:

- Snížení spotřeby - snižování energetické náročnosti osvětlovacích soustav a tím i nákladů na osvětlování je v dnešní době téma číslo jedna. Zatímco měrný výkon běžné zářivky T8 s indukčním předřadníkem je většinou do 75 lm/W a s elektronickým předřadníkem 85 lm/W, tak LED náhrady zářivek nabízejí v současnosti hodnoty přes 100 lm/W. Volbou nové technologie je tedy možné, při zachování stejného světelného toku jdoucího ze světelných zdrojů, uspořit až 20 % v nákladech na elektrickou energii.
- Provoz bez předřadníků - náhrady zářivek s LED nepotřebují žádné externí předřadné přístroje. Elektronický předřadník, který upravuje napětí pro LED čipy, bývá nejčastěji integrován v trubici a je z hlediska doby života dimenzován stejně jako LED. V širokém pásmu použitelného vstupního napětí zajišťuje konstantní napájení pro LED. Jako úsporu lze chápat i eliminaci výměny startérů. Provoz integrovaného předřadníku v trubici je na rozdíl od klasických indukčních předřadníků tichý.
- Omezení mihání světla – světelné zdroje osazené LED omezují rušivé mihání světla – flickr, protože jsou napájeny stejnosměrným napětím, které je upravováno v elektronických předřadnicích.
- Četnost spínání a okamžitý náběh světelného toku - doba života LED trubíc, na rozdíl od zářivek, je nezávislá na četnosti spínání. Náběh světelného toku na provozní úroveň je velmi rychlý a start není doprovázen blikáním. Díky tomu je možné LED zářivky používat v kombinaci se senzorem přítomnosti (např. chodby).
- Provoz při nízkých teplotách - u běžných zářivek při nízkých teplotách okolí výrazně klesá světelný tok, a proto je jejich použití pro venkovní osvětlování omezené. LED zářivkám naopak nízké teploty prospívají (zlepšuje se chlazení modulů). Tyto zdroje se dají účelně použít pro osvětlování pasáží, podchodů, nebo zastávek.
- Dlouhá doba života - běžné lineární zářivky T8 s elektronickým předřadníkem mají dobu života do 20 tisíc hodin a při provozu s indukčním předřadníkem je tato doba života pouze do 10 tisíc hodin. Existují ale i speciální trubice T8, konstruované pro místa s vysokými náklady na výměnu světelných zdrojů se servisním intervalem až 75 tisíc hodin. Výrobci LED trubíc uvádějí dobu života 25 až 50 tisíc hodin.
- Zvýšení účinnosti svítidel - na rozdíl od klasických zářivek LED trubice nevyzařují z celého povrchu, ale pouze do jednoho poloprostoru. Většina výrobků má vyzařovací úhel 120°. Ve svítidlech proto dochází k menšímu počtu odrazů, což může mít příznivý vliv na jejich celkovou účinnost. Tímto se také zvyšuje činitel údržby, protože čistota odrazných povrchů svítidla má menší vliv na světelný tok.
- Dobrý index podání barev - většina LED trubíc má hodnotou indexu podání barev $R_a > 80$. Díky tomuto jsou LED trubice použitelné i do prostorů s většími nároky na zrakovou činnost, jako jsou například učebny nebo kanceláře s trvalým pobytem osob.
- Nízké teplotní vyzařování ze světelného zdroje i celého svítidla, díky kterému se LED trubice dobře uplatňují v chladicích vitrínách nebo boxech.

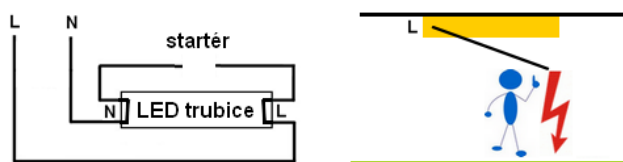
Nevýhody nahrazení lineárních zářivek LED trubicemi

LED zářivky nejsou lepší ve všech ohledech, je třeba poukázat i na parametry, ve kterých v porovnání s konvenčními zaostávají, resp. je limitováno jejich nasazení:

- Nízké příkony LED trubic - nízké příkony LED trubic, ani přes vyšší měrný výkon, nedovolují dosáhnout stejného světelného toku svítidel jako při použití klasických zářivek. Výkonové omezení je dáno maximálním oteplením LED trubice, která má ztížené chlazení pro malou chladicí plochu a velkou koncentraci LED čipů na malé ploše.
- Bezpečnost – pokud není nový zdroj schválený výrobcem a není otypovaný pro provoz v konkrétním svítidle, pak provozovatel přebírá zodpovědnost za případné škody spojené s výměnou na sebe. Na takto provozované svítidlo se nevztahuje původní prohlášení o shodě vydané výrobcem svítidla, protože výměnou zdrojů došlo k výrazným změnám parametrů svítidla (mechanických, elektrických i světelných) a/nebo změně zapojení svítidla.
- Stmívání – chceme-li LED trubice stmívat, tak je nutné zakoupit jejich speciální variantu, která toto umožňuje. Obecně je ale nutné upozornit na fakt, že stmívání LED je vůči stmívání ostatních světelných zdrojů (zejména výbojových) velice komfortní a umožňuje stmívání v celém rozsahu světelného toku.
- Spolehlivost světelného zdroje - jelikož je předřadník pro napájení LED modulů vestavěn do trubice, je navíc třeba zohlednit jeho spolehlivost v rámci spolehlivosti celé LED trubice. Protože je tento předřadník za provozu vystaven vysokým teplotám, dochází k rychlejšímu stárnutí použitých součástek, zejména kondenzátorů. Někteří výrobci proto nabízejí pro LED trubice vyměnitelný předřadník. Stejně tak LED, které jsou zapojeny v dlouhém řetězci v sérii, může být příčinou snížené životnosti trubic.
- Vysoký podíl modré složky ve vyzařovaném spektru, který může ovlivňovat biologické pochody lidského organismu, více než jiné zdroje. Proto při dlouhodobém se vystavování světlu LED (nejen LED trubic), zejména v podvečerní a večerní době může vést k nespavosti.
- Oslnění – při náhodném pohledu na otevřené svítidlo osazené LED trubicí s průhledným krytem dochází nejčastěji k oslnění, které je vnímáno jako nepříjemné. Účelnější je používání LED trubic s marným krytem a umístování otevřených svítidel mimo zorné pole a předpokládané směry pohledu. Současné normy nejsou s to toto rušivé oslnění kvantifikovat, popř. omezit.

Používání LED trubic v zářivkových svítidlech

Hlavní motivací pro záměnu zářivek za moderní LED trubice jsou snahy o úsporu financí na nákladech na údržbu osvětlovací soustavy a na elektrickou energii.

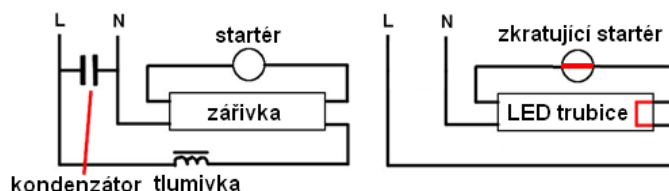


• Obr. 1: Zapojení starších typů LED trubic

Starší LED trubice se zapojovaly podle Obr. 1 (tlumivka mohla být ponechána). Toto zapojení mělo dva hlavní nedostatky z hlediska bezpečnosti. Mohlo dojít k úrazu elektrickým proudem při instalaci trubice do svítidla, když uživatel nevědomky instaloval nejprve konec trubice do patice s fází, a došlo by k dotyku s druhým koncem trubice a přes zem se uživatelem mohl uzavřít smrtící obvod. Dále vyjmutí startéru mohlo narušit původní IP krytí svítidla.

V poslední době byly uvedeny na trh nové typy LED zářivek určených pro instalaci do zářivkových svítidel bez nutnosti úpravy elektrického zapojení. V případě použití těchto trubic může záměnu provést i osoba bez elektrotechnické kvalifikace. Jedná se pouze o výměnu startéru a světelného zdroje. Startér je v tomto případě pouze pro zkratování větve žhavení zářivky, aby bylo dosaženo zapojení na Obr. 2 (případně s tlumivkou).

Jako příklad těchto zdrojů uveďme LIGHTDEC LED Tube T8. Firma Philips má také typovou řadu pro náhradu trubic T8 a to MASTER LEDtube GA, v instalačním návodu ale vyžaduje změnu zapojení spočívající v přemostění tlumivky.



• Obr.2: Zapojení svítidla Modus LLX236Al a doporučené zapojení LED trubice

Pro měření křivek svítivosti jsme použili běžné přisazené mřížkové svítidlo Modus LLX236Al. Po jeho zapojení s LED trubici nás překvapila velmi nízká hodnota účinnku, viz Tab 1. Byla způsobena tím, že svítidlo je vybaveno kondenzátorem pro kompenzaci jinak nízkého účinnku zářivek v zapojení s indukčním předřadníkem. Tento po instalaci LED trubice (s polovičním příkonem oproti předchozím zářivkám) způsobí velmi výrazné překompenzování svítidla. Tato zapříčiní vyšší proud (a tedy i ztráty) v přívodních vodičích, může způsobit špatnou funkci jističích přístrojů (ve větších světelných instalacích) a v nejhorším případě může zapříčinit vznik rezonančních jevů v síti.

Je třeba podotknout, že vestavěnou kompenzací nejsou vybavena všechna svítidla a že odpojením kondenzátoru se výše uvedené problémy eliminují.

Ačkoli při pouhé náhradě světelného zdroje nemusíme provádět změnu zapojení svítidla, v každém případě výrazně změníme elektrické parametry svítidla.

Výrobce také vydává ES prohlášení o shodě na svítidlo se zářivkovým zdrojem, a proto při použití LED trubice toto bezvýhradně neplatí.

	P (W)	cos φ / λ (-)	S (VA)
zářivka 2x36W	84,6	0,92 induktivní	92,0
LED trubice 2x18W	32,5	0,23 kapacitní	141,3
LED trubice 2x18W (odpojen kondenzátor)	32,3	0,92 induktivní	35,1

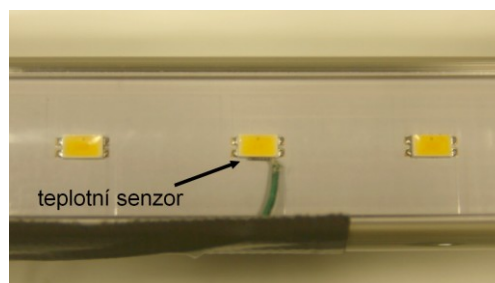
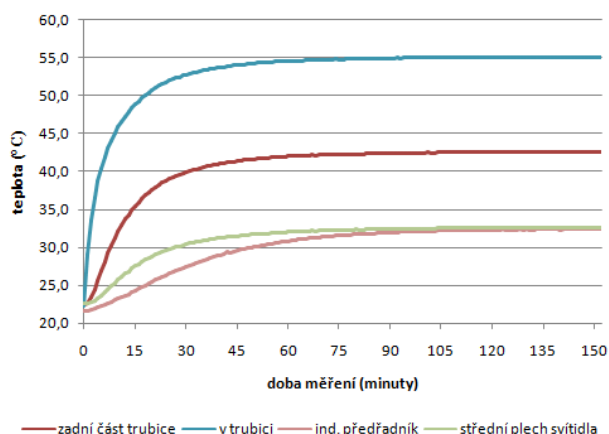
• Tab. 1: Naměřené elektrické parametry svítidla

Pro svítidla s elektronickým předřadníkem se LED trubice všeobecně použít nedají, neboť výrobci trubice se zatím nepodařilo zajistit kompatibilitu s předřadníky různých výrobců. Navíc pro lepší provozní vlastnosti svítidel s elektronickými předřadníky by záměna vůbec nemusela být rentabilní. Problematika záměny zářivek za LED trubice, ačkoli je tato fyzicky velmi snadná, není jednoduchá.

Měření oteplení LED trubice v prachotěsném svítidle

U LED světelných zdrojů stojí za zmínku, že většina výrobců uvádí jejich životnost 50 tisíc hodin. Stejně tak tomu je i u testovaných světelných zdrojů LIGHTDEC. Zde navíc výrobce udává povolený rozsah provozních teplot od -30°C do +50°C.

Naším cílem bylo ověření teplotního chování LED trubice v nejhorším možném případě, tedy v uzavřeném svítidle bez možnosti výměny vzduchu s okolím. Bylo zvoleno běžné prachotěsné svítidlo 2x36W, často používané v průmyslu.

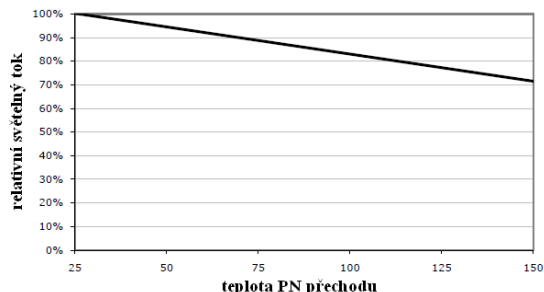


• Obr. 3: Oteplení prachotěsného svítidla a LED trubice, umístění senzoru uvnitř trubice

Měření proběhlo v kulovém integrátoru a zároveň byly zaznamenávány hodnoty světelného toku. Protože použitý kulový integrátor má velký vnitřní objem (více než 8 m³), teplota vzduchu uvnitř integrátoru (22°C) nebyla svítidlem ovlivněna.

Teplota trubice se téměř ustálila po hodině měření na hodnotě 43°C, teplota uvnitř svítidla dosáhla 32,6°C.

Senzor v trubici jsme se snažili umístit co nejbližší čipu, přesto naměřená teplota 55°C není teplotou PN přechodu. Neměřená teplota je nejbližší teplotě T_{case} (tedy teplotě pouzdra LED čipu) a teplota PN přechodu je zpravidla o 5-10°C vyšší.



Case Temp. [T _c]	Ambient Temp. [T _a]	Drive Current [I _f]	Average Lumen Maintenance at 6,000 hours	Reported TM-21 L70 Lifetime
45°C	45°C	80 mA	99.0%	L70(6k) > 36,300 hrs
55°C	55°C	80 mA	98.3%	L70(6k) > 36,300 hrs
85°C	85°C	80 mA	98.1%	L70(6k) > 36,300 hrs

• Obr. 4: Světelný tok srovnatelné LED v závislosti na teplotě PN přechodu, predikce životnosti srovnatelné LED Cree ML-B [2]

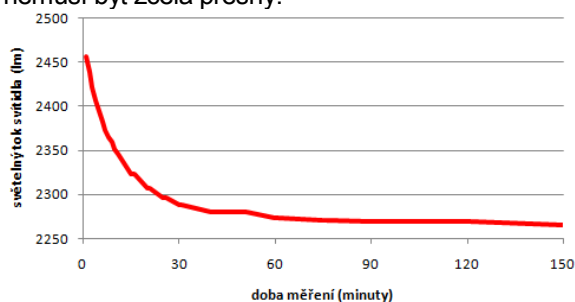
Obr. 4 (vlevo) potvrzuje námi očekávanou teplotu PN přechodu 60-65°C poklesem světelného toku do 10%. Protože výrobce trubice neuvádí typ použitých LED čipů, vzali jsme graf LED srovnatelného příkonu napájené srovnatelným proudem.

Pokud by teplota okolí ve svítidle byla 50°C (nejvýše dovolených výrobcem trubice), při uvažování lineárních teplotních nárůstů, byla by teplota T_{case} 73°C.

Obr. 4 (vpravo) ukazuje predikci životnosti LED srovnatelné s čipy použitými v trubici. Odhad životnosti L70 (tedy než světelný tok poklesne na 70% počáteční hodnoty) se provádí výpočtem na základě měření úbytku toku po nejméně 6000 hodinách provozu.

Na základě uvedeného měření a zhodnocení degradačních parametrů obdobných LED lze říci, že měřená LED trubice by pravděpodobně dosahovala i po 50 tisících hodinách 70% počátečního světelného toku. Otázkou pak ale zůstává životnost zdroje napájecího LED čipu uvnitř trubice.

Za zamýšlení stojí údaj výrobce LED, který uvádí přesnost měření světelného toku při testování ±2%, uvedený výpočet tedy nemusí být zcela přesný.



• Obr. 5: Pokles světelného toku svítidla

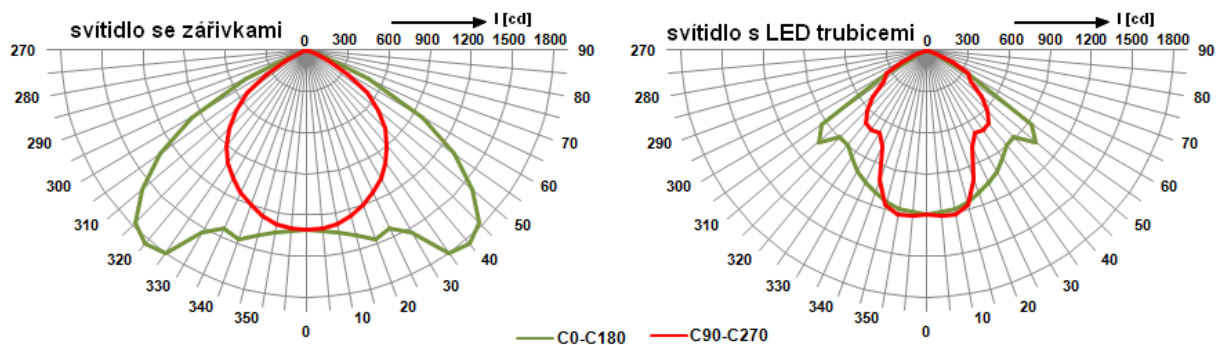
Světelný tok svítidla (a tím i světelných zdrojů) poklesl za dobu měření z počáteční hodnoty o 8%.

Z průběhu vyplývá, že při měření LED svítidel nebo světelných zdrojů je tímto třeba nechat dostatečný čas k tepelnému ustálení a tedy i ustálení světelného toku a souvisejících parametrů.

Změna křivky svítivosti a účinnosti svítidla při použití LED trubice

Protože LED trubice má jinou křivku svítivosti lze očekávat i změnu křivek svítivosti svítidla.

Pro měření křivek svítivosti jsme použili běžné přisazené mřížkové svítidlo Modus LLX236AI s lesklou mřížkou, nejčastěji používané ve školních třídách, chodbách nebo starších kancelářích.



• Obr. 6: Naměřené křivky svítivosti svítidla Modus LLX236AI osazeného klasickými zářivkami a LED trubicemi

Z obr. 6 lze vidět, k jakým změnám na křivkách svítivosti došlo. Křivky jsou záměrně uvedeny přímo v kandelách, aby byl patrný pokles svítivosti a to i normálové. Při záměně světelného zdroje došlo k výraznému „zúžení“ fotometrických křivek, hlavně C0-180 a C30-210. Pokud by byly světelné zdroje v těchto svítidlech zaměněny, klesla by nejen udržovaná osvětlenost, ale i rovnoměrnost.

	světelný tok svítidla [lm]	příkon [W]	účinnost svítidla [-]	měrný výkon svítidla [lm/W]
svítidlo LLX236 se zářivkami	3691	84,6	0,61	43,6
svítidlo LLX236 s LED trubicemi	2332	32,5	0,75	71,8

• Tab. 2: Naměřené světelně-technické parametry svítidla se zářivkami a LED trubicemi

Z Tab. 2 je patrné, že účinnost svítidla se při použití LED trubice zvýší o 14%, ale protože naměřený tok jedné LED trubice byl pouze 1562lm (oproti 3010lm u zářivky) hodnoty svítivosti svítidla se nezvýší, naopak poklesnou.

Z naměřených křivek svítivosti, viz Obr. 6, lze vidět, že při použití LED trubic se křivky svítivosti svítidla markantně změnil a původní křivky nelze jako podklad pro projektování osvětlovacích soustav použít.

Jasové poměry svítidel osazených LED trubicemi v porovnání se zářivkami

Použití LED trubic v zářivkovém svítidle s sebou přináší nejen změny křivek svítivosti, ale i jasů.

Protože se světelný tok sníží (zhruba na polovinu) a opticky aktivní plocha světelného zdroje je také poloviční, dalo by se čekat, že jas zůstane stejný. Stane se tak u průměrného jasu, ale to co způsobuje oslnění je (podle názoru autorů článku) jas maximální.

Norma ČSN EN 12461-1 (Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory) [3] nám říká: „Zdroje světla s velkým jasnem mohou oslnovat a zhoršovat viditelnost předmětů. Tomu se musí zabránit například vhodným cloněním světelných zdrojů...“

Oslnění je definováno jako: „podmínky vidění, při kterých vzniká nepohoda nebo snížená schopnost vidět podrobnosti nebo předměty způsobené nevhodným rozložením nebo rozsahem jasu nebo extrémním kontrastem.“

Dále následuje tabulka:

jas světelného zdroje (kcd/m²)	minimální úhel clonění (°)
20 až 50	15
50 až 500	20
≥ 500	30

• Tab. 3 Minimální úhly clonění svítidel pro specifikované jasy zdrojů [3]

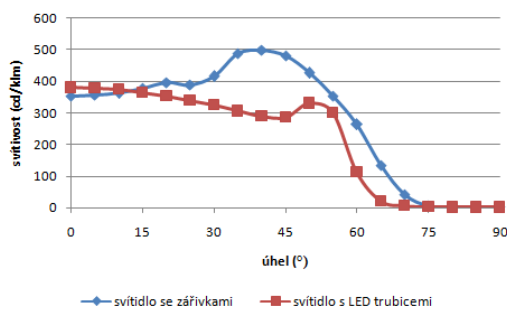
Norma nikde neuvádí, o jaké jasy se jedná, všeobecně se předpokládá, že se jedná o průměrný normálový jas světelného zdroje. Protože LED trubice vyzářují pouze do jednoho poloprostoru, výsledek měření může zdroj posunout do jiné kategorie. V zářivkovém svítidle nemusí LED trubice splňovat podmínku dostatečného clonění.

Úhel clonění je definovaný v normě ČSN EN 13032-2 (Světlo a osvětlení – Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů a svítidel – Část 2: Způsob uvádění údajů pro vnitřní a venkovní pracovní prostory) takto: „úhel mezi horizontální rovinou a prvním směrem pohledu, z něhož jsou přímo viditelné svítící části světelného zdroje ve svítidle.“

Protože při použití LED trubice se optický systém uplatňuje minimálně, lze přibližně určit úhel clonění z křivek svítivosti. Nejširší křivkou měřeného svítidla je C0-180 a u svítidla s LED trubicemi vidíme

prudký nárůst svítivosti po překročení úhlu 60°, viz Obr. 7. Úhel clonění je doplňkový úhel k úhlu otevření svítidla, úhel clonění tedy je 90-60=30°.

Podle normy tedy lze svítidlo používat v interiérech i s LED trubicemi, ačkoli subjektivní hodnocení oslnění může být jiné.



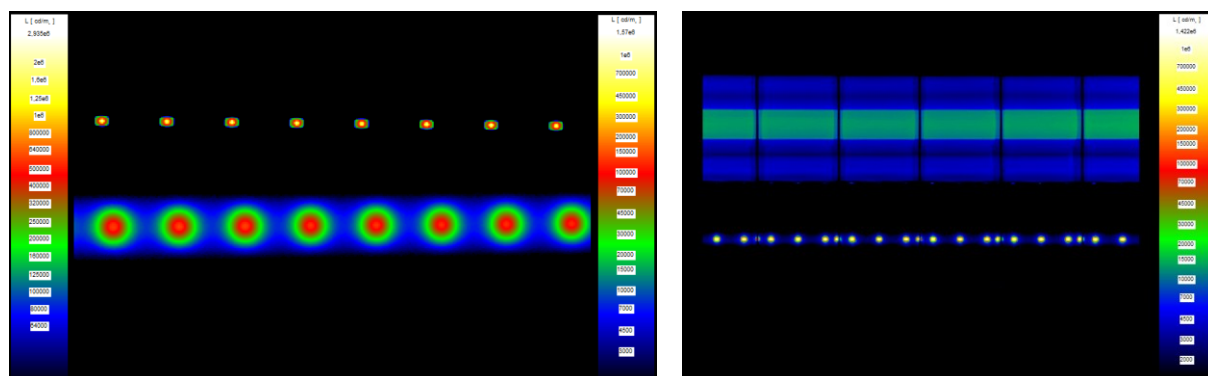
• Obr. 7: Fotometrie roviny C0-180 v kartézských souřadnicích

Problémem jsou v tomto případě maximální jasy čipů, které jsou v případě čirých LED trubic až 275 krát větší než v případě zářivek. Testy prošel i jeden kus LED trubice s matným krytem, výsledek jasové analýzy je daleko příznivější.

	světelný tok [lm]	maximální jas [kcd/m ²]	průměrný jas [kcd/m ²]
zářivka Osram Lumilux L36/840	3010	16	13
LED trubice čirá LIGHTDEC 1200-I-40/8HPT	1562	4 400	nelze určit
LED trubice matná LIGHTDEC 1200-I-40/8HPM	1453	200	15

• Tab. 4: Naměřené hodnoty světelného toku a jasů

Hodnotu průměrného jasů čiré LED trubice nebylo možné určit, z důvodu nedostatečného dynamického rozsahu dostupných jasových analyzátorů – LED čip má tak vysoký jas, že na jasovém snímku nelze rozeznat obrys trubice ani při použité logaritmického měřítka.



• Obr. 8 vlevo: Jasy čiré (měřítka vlevo) a matné LED trubice,

• Obr. 8 vpravo: Kontrasty jasů v testovaném svítidle (zářivka a čirá LED trubice)

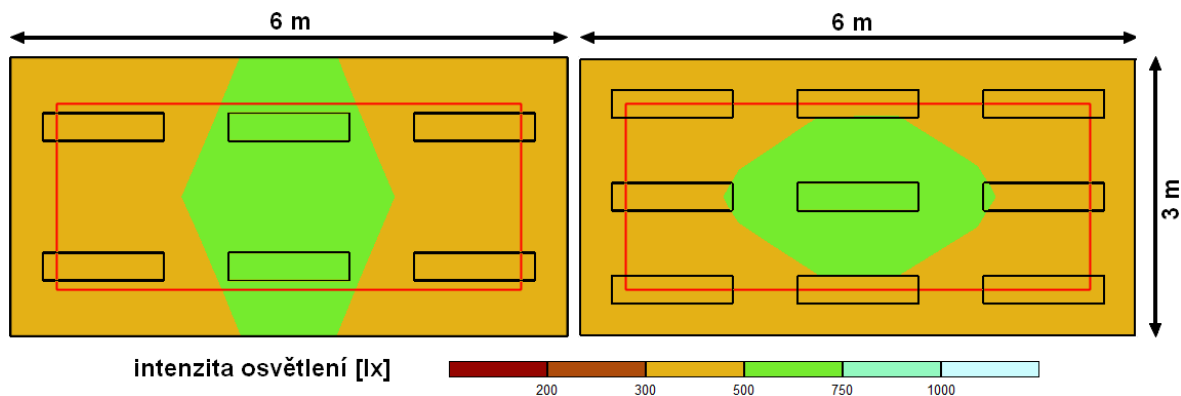
Vlivem zrcadlového odrazu se mohou vyskytnout velmi vysoké jasy i na optickém systému svítidel s lesklou mřížkou.

Pro použití v otevřených svítidlech lze doporučit pouze použití matných LED trubic a svítidla pokud možno s matnou mřížkou. Čiré LED trubice lze doporučit pouze tam, kde oslnění nehrozí.

Na Obr. 8 lze kontrast jasů ve svítidle vidět názorně - zářivka a LED trubice jsou umístěny ve svítidle vedle sebe. Zatímco jas zářivky a optického systému svítidla je v poměru 10:1, u LED trubice je kontrast v milionech ku jedné, protože LED zářivka využívá optický systém svítidla jen minimálně a tedy pozadí zůstává tmavé. Tento kontrast upoutává pozornost i při letném pohledu nastává nepříjemné oslnění.

Návrh osvětlovací soustavy s LED trubicemi/zářivkami

Z naměřených křivek svítivosti i elektrických parametrů byly vytvořeny 1d soubory svítidel, se kterými byl navrhnout projekt osvětlovací soustavy v programu Relux [7], a to s výše popsanými mřížkovými svítidly.



• Obr. 9: Navržené osvětlovací soustavy (zářivky vlevo)

Byla navržena kancelářská místnost s udržovanou osvětleností 500lx na 75cm vysoké srovnávací rovině, udržovací činitel shodně 0,67 (čisté prostředí, výmalba po 3 letech). Bylo zvoleno automatické rozmístění svítidel, výsledky viz Tab. 5. Osvětlovací soustavy lze světelnými parametry považovat za srovnatelné, pokud je LED svítidel o třetinu více, přesto je příkon této soustavy o 40% nižší než v případě použití zářivek.

	počet svítidel	Em	rovnoměrnost	příkon
zářivky	6 ks	662 lx	0,82	510 W
LED trubice	9 ks	645 lx	0,82	306 W

• Tab. 5: Porovnání parametrů navržených soustav

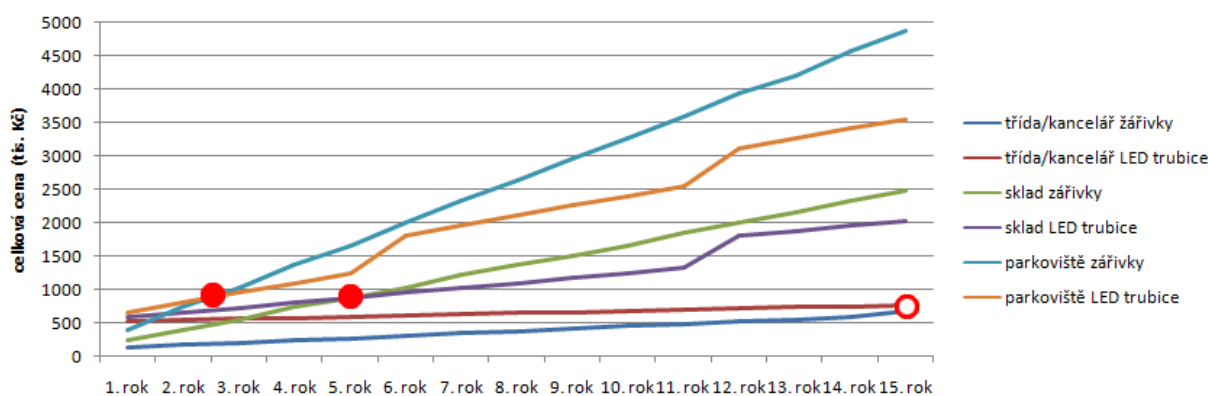
Ekonomické porovnání osvětlovacích soustav

Pro vytvoření ekonomického porovnání byly vybrány 3 typy osvětlovacích soustav s různým provozem:

- třída/kancelář – provoz osvětlovací soustavy 4 hodiny denně, 5 dní v týdnu,
- sklad - provoz osvětlovací soustavy 12 hodiny denně, 5 dní v týdnu,
- podzemní parkoviště - provoz osvětlovací soustavy 24 hodiny denně, 7 dní v týdnu.

Protože světelný tok LED svítidel je nižší, ve výpočtech je uvažováno s navýšením počtu svítidel s LED zdroji o 30%. Udržovací činitel byl zvolen shodně pro oba typy soustav.

Vstupní data pro výpočet: cena elektřiny 4 Kč/kWh; LED trubice 1 500 Kč/ks, životnost 50 000h; zářivka 50 Kč/ks, životnost 15000h; svítidlo Modus LLX236Al za 750 Kč; náklady na výměnu světelného zdroje 50 Kč.



• Obr. 10: Porovnání nákladů na pořízení a provoz osvětlovacích soustav

Výpočet zohledňuje jak pořizovací, tak provozní cenu osvětlovacích soustav. Z Obr. 10 je patrné, že nejkratší doba návratnosti je v případě nepřetržitého svícení – 3 roky. V případě svícení každý pracovní den 12 hodin, se nám vložená investice vrátí za cca 6 let. Pokud bychom s LED trubicemi svítili pouze 4 hodiny za den, záměna by pro nás nebyla rentabilní – návratnost ve vyhodnocovaném časové úseku nenastala.

Udržovací činitel při použití LED trubic

Zatímco pro snadnou porovnatelnost byla v projektu výše zvolena stejná hodnota udržovacího činitele pro oba typy světelných zdrojů, prakticky by měl projektant nové osvětlovací soustavy postupovat jinak.

Pokud chceme potenciál LED zdrojů maximálně využít, i vzhledem k jejich vysokým investičním nákladům, je smysluplné nechat je svítit po celou dobu jejich životnosti.

Norma ČSN EN 12464 – 1 [3] říká toto: „*udržovací činitel závisí na provozních charakteristikách světelných zdrojů a předřadníků, svítidel, prostředí a na plánu údržby.*“

$$z = z_z \cdot z_s \cdot z_{po} \cdot z_{fz} \quad (1)$$

,kde z_z činitel stárnutí zdrojů
 z_s činitel stárnutí a znečištění svítidel
 z_{po} činitel znečištění povrchu osvětlovaného prostoru
 z_{fz} činitel funkční spolehlivost zdrojů

Činitel funkční spolehlivost zdrojů má hodnotu 1 za předpokladu, že nesvítilí světelné zdroje jsou měněny okamžitě, což je v případě LED trubíc účelné.

Pro LED trubice udává většina výrobců pouze L70, tedy dobu, za kterou polovina z testovaných zdrojů svítících za daných podmínek svítí minimálně 70% počátečního světelného toku (někteří výrobci udávají i L80). V tomto případě nabývá činitel stárnutí světelného zdroje hodnoty 0,7.

Činitel stárnutí svítidla (a s tím spojený interval čištění) je pro zjednodušení vynechán, protože v daném případě se optické části svítidla na usměrnění světelného toku téměř nepodílejí.

Zbývá činitel stárnutí povrchů v prostoru, který závisí na čistotě prostředí a na zvoleném intervalu obnovy povrchů. Například pro čisté prostředí (učebny, kanceláře apod.) má v případě výmalby každé 3 roky hodnotu 0,8.

$$z = 0,7 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,56 \quad (2)$$

Pro naši kancelář by tedy při výměně LED trubíc na základě doby L70 vycházel velmi nízký udržovací činitel 0,56, který způsobí vyšší náklady na energii a tím zapříčiní prodloužení doby návratnosti vložených investic.

Závěr

Jak je patrné z textu celého článku, nahrazování konvenčních zdrojů LED retrofity není zdaleka jednoduchou záležitostí. Provést záměnu zářivek za LED trubice ve stávajících osvětlovacích soustavách nelze doporučit bez důkladného zvážení následků, zejména poklesu udržované osvětlenosti a rovnoměrnosti.

Zvýšenou pozornost je třeba věnovat volbě udržovacího činitele v osvětlovacích soustavách s LED zdroji.

Pro zamezení rušivého oslnění autoři jednoznačně doporučují použití matných LED trubíc, čiré lze použít jen tam, kde je oslnění zabráněno účinným cloněním nebo polohou.

Měření teplot ukázalo, že LED čipy jsou s to dosáhnout životnosti L70 více než 50 tisíc hodin. Celkovou spolehlivost LED trubíc však ukáže až čas.

Z příkladu ekonomického porovnání vyplývá, že doba návratnosti se velmi liší podle doby provozu osvětlovací soustavy. Může být od 3 let až do nekonečna...

LED technologie nabízí mnoho výhod a proto, že skýtá i četná úskalí, před konečným rozhodnutím o jejím nasazení je nutné komplexní posouzení vhodnosti pro konkrétní instalaci.

Poděkování

Autoři děkují firmě apolloLED, s.r.o., za zapůjčení LED trubíc firmy LIGHTDEC za účelem měření. Tento článek byl vypracován za podpory projektu "Nové možnosti LED technologií v osvětlování". SP 2012/160.

Literatura

- [1] Philips, <http://www.lighting.philips.cz/>
- [2] LED Cree ML-B, <http://www.cree.com/products>
- [3] ČSN EN 12464-1/2012: Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory.
- [4] CARBOL, Zbyněk a Tomáš NOVÁK. Náhrady lineárních zářivek trubícemi osazenými LED moduly. In: Electric Power Engineering 2011. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2011, s.512-515. DOI: ISBN 978-80-248-2393-5
- [5] CARBOL, Zbyněk a Tomáš NOVÁK. Náhrady lineárních zářivek trubícovými zdroji. Světlo. FCC Public s.r.o., 2011, 2011(6), 48-51. DOI: ISSN 1212-0812.
- [6] Katalog firmy Osram, <http://catalog.myosram.com>
- [7] Relux 2012, <http://www.relux.biz/>

Light Server pro DALI řízení osvětlení

Pavel Bílek, Ing.

ERCO Lighting GmbH Praha, www.erco.com, p.bilek@erco.com

Řídicí systém osvětlení firmy ERCO je profesionální systém pro řízení a regulaci osvětlení. Inteligentní řídicí systém zvyšuje uživatelský komfort a přináší také úsporu energie. Systém je zvláště vhodný pro komplexní řízení osvětlení v prostorech jako jsou vstupní hotelové haly, obchody, restaurace, bary a konferenční místnosti. Systém umožňuje dynamické a uživatelsky srozumitelné ovládání svítidel s RGB technologií.

Systém firmy ERCO představuje pokrokový přístup k řízení osvětlovacích soustav – v kombinaci se softwarem Light Studio sofistikovaně využívá technologii DALI pro individuálně adresovatelná svítidla a tím vytváří integrovaný systém pro scénografické osvětlení. V kombinaci se širokou nabídkou interiérových a exteriérových svítidel DALI včetně lišty pro světlometry DALI jsou scénografické světelné efekty jako světelné scény, sekvence, barevné světlo a jeho dynamický průběh, mnohem snadněji dostupné než kdykoliv předtím.

Logické propojení softwaru a hardwaru umožňuje snadné programování systému s kreativním řízením a velkým rozsahem funkcí a intuitivní uživatelskou obsluhou. Např. programovat RGB svítidla je možno jednoduše a interaktivně pouhým kliknutím myši. Spínací a stmívací funkce integrované do předřadníků svítidel odstraňují omezení běžné elektroinstalace jako jsou jednou dané světelné okruhy a spínací či regulační prvky v rozváděčích. Při prvním připojení systému jsou svítidla ERCO DALI automaticky identifikována řídicí jednotkou Light Server a jednoznačně zobrazena jako tzv. prvky Light Client v softwaru Light Studio. Toto je zajištěno kódováním předřadníků při výrobě svítidel ERCO DALI. Do systému lze také integrovat svítidla DALI ostatních výrobců, a pak je ovládat obdobně jako svítidla ERCO. Jednotka Light Server s 64 adresacemi může být uplatněna pro řízení osvětlení v různých místnostech, obchodech, výlohách, restauracích, foyer či showroomech.

Pro větší instalace přesahující 64 adresací je možno vzájemně propojit sítě ethernet až 12 jednotek Light Server. To umožňuje ovládat až 768 adresací. Aby bylo možno snadno identifikovat jednotlivá svítidla v celém komplexu místností bez přímého vizuálního kontaktu, je na každém ERCO DALI svítidle snadno snímatelná nálepka s jedinečným identifikačním kódem, který je zanesen i do paměti předřadníku svítidla. Při instalaci svítidla se nálepka přelepí do výkresu rozmístění svítidel a následně lze svítidla v systému identifikovat, protože jednotlivé kódy svítidel se zobrazují i v softwaru systému. Systém sestává z hardwarových komponentů Light Server a Light Changer+ a softwaru Light Studio. Light Server je jednotka DALI pro uchování systémových dat a naprogramovaných světelných scén a zajišťuje řídicí funkce. Pro uživatelské ovládání systému slouží nástěnný panel Light Changer s dotykovým displejem, tlačítka či vypínače a dálkové ovládání. Definování světelných scén a dalších komplexních funkcí se děje prostřednictvím softwaru Light Studio a počítače propojeného s jednotkou Light Server přes USB rozhraní nebo při využití sítě ethernet pro více jednotek Light Server pak i přes místní počítačovou síť LAN nebo vzdáleně přes bezdrátovou síť WLAN. Jednotka Light Server využívá DALI protokol pro komunikaci se svítidly prostřednictvím dvou vodičového vedení. S využitím ERCO lišty je možno snadno ovládat také světlometry ERCO DALI.

Light Studio - software

Software Light Studio (viz obr. 1) je určen pro programování osvětlovacích soustav pracujících s protokolem DALI připojených na řídicí jednotku Light Server a k vytváření komplexních funkcí v uživatelsky srozumitelném prostředí. Po naprogramování systému lze počítač se softwarem Light Studio odpojit a systém je ovládán přes ovládací prvky (nástěnné panely, tlačítka, vypínače atd.).

Software sestává z pěti modulů: Light Master, Light Book, Light Timer, Light Sequencer a Light Keeper. Světelné scény, které mohou obsahovat barevné efekty a časové průběhy, jsou vytvářeny a upravovány v modulu Light Master. Modul Light Book je určen pro organizaci a upořádání svítidel. Jednotlivé světelné scény mohou být časově aktivovány přes modul Light Timer. Pro vytvoření a uchování sekvencí jednotlivých světelných scén slouží modul Light Sequencer. Rozhraní pro nastavení projekčních světlometů ERCO Emanon Goborotator je integrováno do modulu Light Master. Konfiguraci systému můžeme vytisknout nebo exportovat do formátu PDF.

Light Master

Základní funkcí modulu Light Master je konfigurace světelných scén. Je zde seznam svítidel a jejich grafické zobrazení. Jejich spínání, stmívání a barvu světla lze interaktivně nastavovat s využitím posuvných jezdců, barevného kruhu, knihovny barev a časových průběhů. Jednotlivá svítidla mohou být řazena do skupin pro synchronní ovládání. Lze vytvořit a individuálně pojmenovat až 1024 světelných scén. Světelné scény jsou pak zobrazeny také na obrazovkách ovládacích panelů Light Changer.

Light Book

Hlavní funkcí modulu Light Book je vytváření zón (místností) a přiřazení jednotlivých svítidel a ovládacích prvků do těchto zón.

Umožňuje popsat jednotlivá svítidla, definovat atributy ke svídlům ostatních výrobců a relevantní informace uložit do předřadníků svítidel.

Light Timer

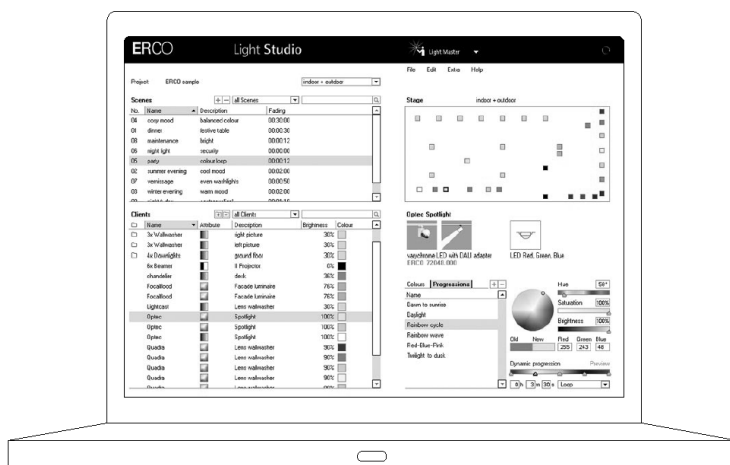
Modul Light Timer slouží pro aktivaci světelných scén v předem definovaných časech. Funkce času a kalendáře poskytují velkou flexibilitu pro automatické scénografické osvětlení, např. zapnutí světelných scén v prodejní době nebo naopak snížení hladiny osvětlení během noční doby.

Light Sequencer

Pro vytváření a ukládání sledu světelných scén, tj. sekvencí, se využívá modul Light Sequencer. Ve srovnání s dynamickým časovým průběhem pro jednu světelnou scénu v modulu Light Master modul Light Sequencer umožňuje vytvářet sekvence světelných scén s definováním individuální doby trvání jednotlivých scén a jejich přechodového času.

Light Keeper

Modul umožňuje sledovat provozní dobu jednotlivých svítidel, funkčnost jejich předřadníků nebo světelných zdrojů a okamžitý příkon svítidel v jednotlivých místnostech s možností aktivování tzv. ekomódu pro úsporu elektrické energie.

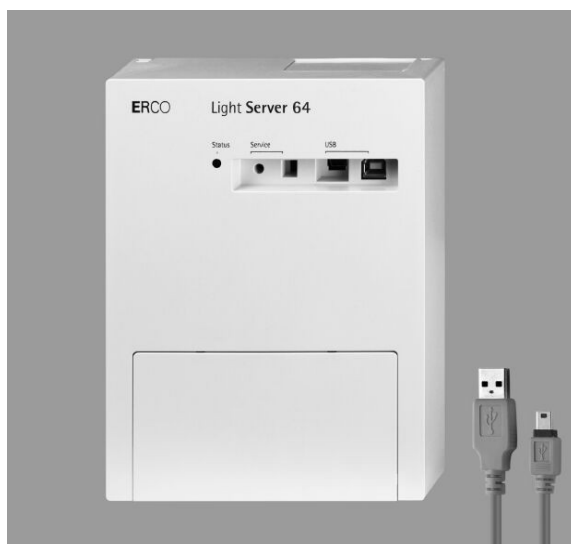


• Obr. 1 Software Light Studio

Light Server – řídicí jednotka

Kompaktní tvar řídicí jednotky Light Server (viz obr. 2) usnadňuje výběr místa pro její instalaci. Zadní strana jednotky je uzpůsobena pro upevnění do rozváděče nebo přímo na stěnu. Jednotka ovládá prvky zvané Light Client. Těmito prvky jsou DALI svítidla, resp. další komponenty kompatibilní s protokolem DALI - předřadníky, stmívače, transformátory a stykače. Data pro jednotlivá svítidla, světelné scény, časové programy a definice zón, resp. místností jsou uloženy v jednotce Light Server. Pro nastavení a konfiguraci systému je třeba připojit počítač s nainstalovaným softwarem Light Studio k jednotce Light Server přes USB rozhraní nebo síť ethernet. Samostatná jednotka může obsluhovat až 64 adresací. Přes síť ethernet lze vzájemně propojit až 12 jednotek a tím zvýšit kapacitu systému na 768 adresací. Dvanáct binárních vstupů na každé řídicí jednotce můžeme využít pro připojení ovládacích tlačítek, vypínačů a pohybových senzorů, z toho šest vstupů lze alternativně nastavit do analogového režimu pro soumraková čidla pracující s výstupním napětím 0-10 V; v případě potřeby dalších binárních a analogových ovládacích vstupů je

možno přes síť ethernet připojit jednotku Input Box. Multimediální ovladače lze připojit rovněž přes síť ethernet.



• Obr. 2 Řídící jednotka Light Server

Light Changer+ – ovládací panel s barevným displejem

Ovládací panel Light Changer+ (viz obr. 3) je vybaven barevným dotykovým displejem 5,7".

Panel se do systému připojuje přes síť ethernet, maximální počet panelů je 12 ks v rámci jednoho systému.



• Obr. 3 Ovládací panel Light Changer+

Light Changer+ PC– ovládací panel na monitoru

Je možno vytvořit i virtuální panel Light Changer+ na monitoru počítače a takto uživatelsky ovládat systém.

Další ovládací prvky

Pro zapnutí světelných scén je možno použít i vypínače, tlačítka, pohybové senzory a soumraková čidla. Pro jednodušší instalaci nebo pohodlnější obsluhu můžeme použít bezbateriové dálkové ovládání v kombinaci s přijímačem. Rovněž je možno do systému připojit multimediální ovladače. V místnostech s pohyblivými příčkami lze slučovat funkci ovladačů v závislosti na aktuálním členění prostoru.

Vypínače

Zapnutím vypínače se aktivuje přednastavená scéna, vypnutím vypínače se dle naprogramovaného režimu zhasne nebo se přejde do stavu před zapnutím vypínače.

Tlačítka

Pomocí tlačítka lze cyklicky přepínat až mezi 30 světelnými scénami. Pokud tlačítku přiřadíme časovou závislost, po uplynutí nastaveného limitu dojde ke zhasnutí či přepnutí na naprogramovanou světelnou scénu; tuto funkci můžeme využít např. k osvětlení schodiště. Tlačítko může sloužit i pro stmívání či roztmívání nebo zapnutí či vypnutí všech svítidel připojených do systému.

Pohybová čidla

V prostorech, kde je vhodné spínat osvětlení automaticky při pohybu osob, je možno využít pro aktivaci příslušné světelné scény pohybové čidlo.

Soumraková čidla

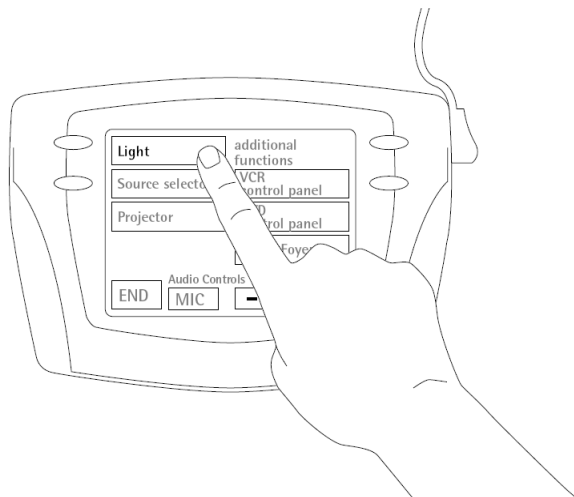
Šest z dvanácti binárních vstupů na řídicí jednotce Light Server je možno využít pro připojení analogových senzorů. Typickým případem je soumrakové čidlo. V systému lze individuálně nastavit 12 spínacích úrovní pro každé soumrakové čidlo a tím definovat postupné zapínání např. osvětlení fasády či venkovního osvětlení.

Dálková ovládání

Pro pohodlnou obsluhu osvětlení můžeme použít 4tlačítkový bezbateriový přenosný nebo nástěnný ovládač. Dosah ovladače cca 30 m. Pracovní frekvence 868 MHz.

Multimediální ovladače

Přes síť ethernet lze připojit do systému multimediální ovladače (viz obr. 4) firmy AMX pro aktivaci naprogramovaných světelných scén.



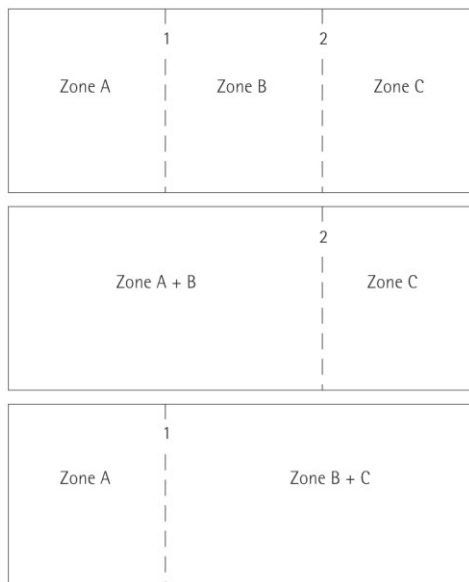
• Obr. 4 Příklad multimediálního ovladače

LON interface

Přes síť ethernet lze připojit nadřazený systémem BMS (building management system) pracující na bázi LON, a to prostřednictvím brány iLON Smart Server fy Echelon.

Místnosti s pohyblivými příčkami

Variabilní ovládání osvětlení je nepostradatelné zejména v multifunkčních místnostech s pohyblivými příčkami jako jsou konferenční sály a hotelové salónek. Systém umožňuje snadno přizpůsobit spínací funkce ovládacích panelů osvětlení, tlačítek či vypínačů dle aktuálního členění prostoru. V jedné místnosti mohou být až čtyři posuvné předěly v různém uspořádání. Příklad prostoru se dvěma posuvnými příčkami pro možnost vytváření až tří samostatných menších místností je uveden na obr. 5. Pokud příčka 1 přepažuje zóny A a B, je i oddělené ovládání osvětlení v obou zónách. Jestliže dojde k odstranění příčky 1, ovládací panely, tlačítka a vypínače v obou zónách A a B pracují souhlasně.



• Obr. 5 Příklad místnosti se 2 posuvnými příčkami

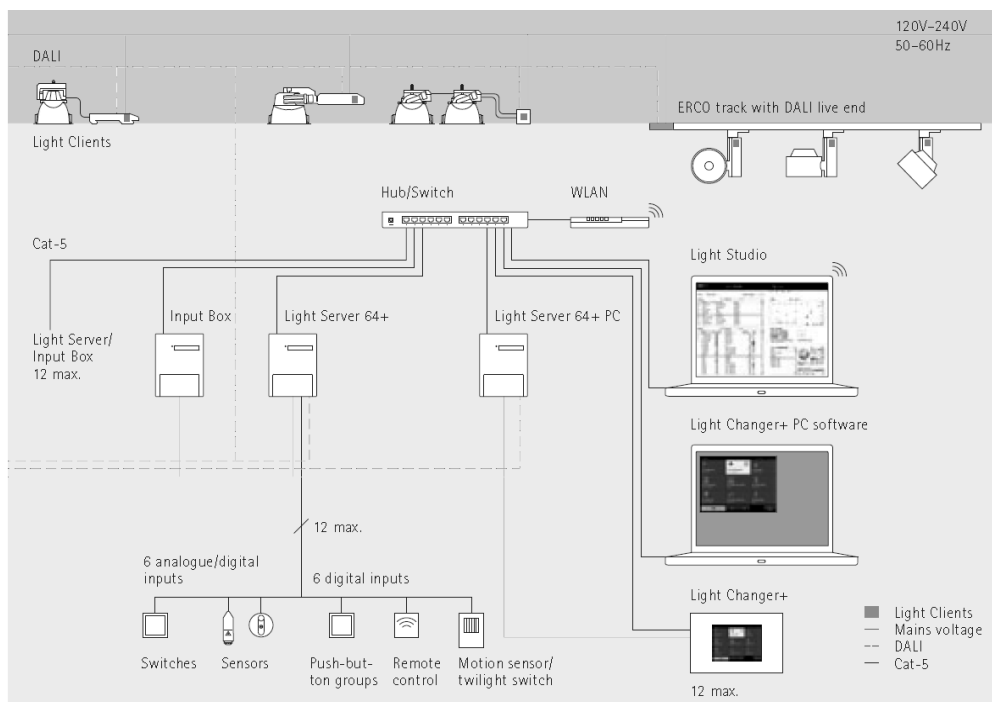
Příslušenství pro ovládání světel

DALI stykače, DALI stmívače a DALI transformátory umožňují do systému připojit i svítidla, která nemají možnost přímé adresace, např. svítidla s běžnými předřadníky.

Pro stmívatelná svítidla řízená analogovým signálem 1-10 V je možno použít odpovídající DALI převodník.

Přehledové schéma systému ERCO DALI

Schéma (viz obr. 6) ukazuje, že jednotlivé komponenty systému mohou být kombinovány nejenom se svítidly ERCO, ale i se svítidly jiných výrobců a rovněž i s ovládacími prvky jiných výrobců jako např. tlačítka. Nároky na instalaci jsou značně redukovány ve srovnání s technologiemi ostatních systémů. DALI technologie slučuje spínací a stmívací funkce přímo do svítidel nebo jejich předřadníků a dvou vodičové vedení propojuje všechna svítidla v libovolné topologii. Pro signál DALI je možno použít nestíněný kabel 2x1,5 mm² s délkou do 300 m. Silové napájení svítidel je trvalé a nezávislé na vedení signálu DALI.



• Obr. 6 Přehledové schéma systému ERCO DALI

Rozdíly ve vjemu překážek v podmínkách uličního osvětlení a osvětlení světlometry automobilů

Prof. Ing. Jiří Habel, DrSc.¹⁾, Ing. Petr Žák, Ph.D.¹⁾, Ing. Luděk Hladký²⁾, Ing. Tomáš Novák, Ph.D.³⁾

¹⁾ ČVUT FEL Praha, Katedra elektroenergetiky, Technická 2, 160 00, Praha 6, habel@fel.cvut.cz, zakpetr@fel.cvut.cz

²⁾ Philips Lighting, Šafránkova 1238/1, 150 00 Praha 5, Česká republika, Ludek.Hladky@philips.com

³⁾ VŠB-TUO-FEI, Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba, tomas.novak1@vsb.cz

1. Úvod

Energetická účinnost a snižování energetické náročnosti procesů a technických zařízení v nejrůznějších oblastech lidské činnosti patří v dnešní době mezi aktuální témata. Mezi tyto oblasti také patří, dříve přehlížená, oblast osvětlování. Zatímco oblast energetické náročnosti osvětlení ve vnitřních prostorech je v dnešní době již kontrolována v rámci norem týkající se energetické náročnosti budov [1], pro oblast venkovního osvětlení takové normy v současné době nejsou. Jednou z aplikačních oblastí ve venkovním osvětlení je veřejné osvětlení. Jednou z možných cest hledání energetických úspor v této oblasti je pokusit se nalézt úspory ve vzájemně koordinovaném využití veřejného a automobilového osvětlení. Situaci v osvětlení pozemních komunikací lze obrazně přirovnat k situaci v interiérech, kde se využívá denní a umělého osvětlení. Soustava umělého osvětlení musí být navržena tak, aby zajistila odpovídající světelné podmínky i v situacích bez denního světla. Denní osvětlení se pak používá pro zajištění světelných podmínek při dostatečné úrovni denního osvětlení. Podobně osvětlení automobilů musí být navrženo tak, aby zajistilo dostatečné osvětlení povrchu vozovky jak ve městech, tak mimo město, tedy pro případy, kdy není k dispozici veřejné osvětlení. Veřejné osvětlení se pak navrhuje v zastavěných částech měst a obcí, bez ohledu na automobilové osvětlení. Vystává zde otázka, zda by nebylo možné provést optimalizaci osvětlení pozemních komunikací a automobilového osvětlení z pohledu energetické náročnosti. Pro hledání odpovědi na tuto otázku je třeba nejprve popsat jak se oba systémy fungují, jakými kritérii se posuzují a jakými veličinami se hodnotí.

2. Osvětlení pozemních komunikací

Podle statistických údajů z řady zemí dosahuje hustota dopravy v noci přibližně čtvrtinové úrovně v porovnání s hustotou dopravy ve dne. Přesto je závažnost dopravních nehod v noci výrazně vyšší. Podíl smrtelných dopravních nehod v nočních hodinách dosahuje až 40% z celkového počtu těchto nehod. Jedním z hlavních důvodů jsou odlišné vizuální podmínky i reakce zraku člověka. Při řízení motorového vozidla se rozlišují tři úrovně zrakového úkolu řidičů [2]:

1. *polohová úroveň* - zahrnuje běžné řízení a přizpůsobování rychlosti vozidla, nezbytné pro udržení potřebné rychlosti a polohy na vozovce.
2. *situační úroveň* - zahrnuje změnu rychlosti, směru a polohy vozidla na vozovce, vyvolané změnou geometrie a funkce komunikace nebo charakteru okolí.
3. *navigační úroveň* - zahrnuje výběr a sledování cesty od počátku až do jejího cíle.

Při běžném provozu jsou všechny tři úrovně zrakového úkolu vykonávány současně. S narůstající složitostí a náročností zrakového úkolu se pozornost a koncentrace přesouvá k nižší úrovni (1.) a vyšší úrovně jsou postupně potlačeny. Osvětlení pozemní komunikace musí být takové, aby zajistilo dobré zrakové podmínky v rámci celé noční scény, aby bylo možné bezpečně vykonávat všechny úrovně zrakového úkolu řidičů.

Zrakové pole řidiče tvoří pozemní komunikace, bezprostřední okolí komunikace, okolní krajina nebo zástava a obloha. Jakýkoliv předmět, o kterém je třeba získat vizuální informace, musí být zřetelně zobrazen proti té části zorného pole, která vytváří jeho bezprostřední okolí.

Jedním z prostředků, které slouží pro získávání vizuálních informací v nočních hodinách jsou přední světlomety automobilů. Tyto světlomety slouží k osvětlení hlavní části zorného pole, tj. pozemní komunikace, k vedení řidiče a k detekci objektů, které se nacházejí v bezprostřední blízkosti od okraje komunikace. Jejich účinnost při získávání informací se snižuje s narůstající rychlostí, počtem vozidel a složitostí zorného pole. Přední světlomety jsou navíc zdrojem oslnění pro protijedoucí vozidla a nemusí pokrývat celý úsek komunikace, který je nezbytný pro zastavení vozidla.

Dalším prostředkem pro dosažení odpovídajících vizuálních podmínek na pozemních komunikacích je veřejné osvětlení, které slouží jak k osvětlení povrchu vozovky, tak i jejího okolí. Vytváří vizuální podmínky, které umožňují řidičům vnímat objekty a překážky z větších vzdáleností, čímž vzniká dostatečný časový prostor pro potřebné reakce řidičů. Veřejné osvětlení navíc přispívá ke snížení míry oslnění od čelních světlometů protijedoucích vozidel.

Při osvětlování pozemních komunikací z pohledů řidičů hraje významnou roli několik faktorů. Jedním z nich je jas okolí, jehož vliv lze popsat na dvou případech. Prvním případem je městská ulice lemovaná po obou stranách zástavbou. Zorné pole řidiče v tomto případě tvoří osvětlená komunikace a osvětlené fasády budov (okolí). Vyšší jas okolí přispívá nejen k lepšímu vjemu osob i předmětů nacházejících se po stranách komunikace (proti jasnějšímu pozadí), ale také ke zvýšení adaptačního jasu. S rostoucím adaptačním jasnem se snižuje citlivost zraku na oslnění od předních světlometů automobilů i od svítidel veřejného osvětlení. Druhým případem je pozemní komunikace procházející malou obcí s nepravidelnou, nízkou zástavbou s větším odstupem od komunikace. V tomto případě, kdy je okolím a pozadím vozovky tmavý terén a obloha s minimálním jasnem, je zrak řidičů, v porovnání s prvním případem, citlivější na oslnění. Současně je podstatně ztížena identifikace osob a předmětů, které se vyskytují v blízkosti komunikací. Z tohoto důvodu je třeba u komunikací, kde je malý jas okolí dbát na omezení oslnění i na dobré clonění svítidel.

Mezi činitele, které u silničních komunikací výrazným způsobem ovlivňují světelné prostředí je počasí. Požadované světelné technické parametry se snazším způsobem dosahují na suchých komunikacích. Na mokřích komunikacích se vlivem změny charakteru odrazu světla snižuje rovnoměrnost jasu na vozovce. Vytvářejí se výrazné jasové skvrny, které se v určitých případech stávají zdrojem oslnění. Proto se v doporučeních a v normách zohledňuje převažující stav povrchu vozovky v průběhu roku. Vnímání noční scény výrazným způsobem ovlivňuje déšť, sněžení a mlha. Za těchto podmínek, pro které nejsou v normách uváděna žádná doporučení, se začíná výrazněji projevovat orientační funkce osvětlovací soustavy, kdy svítidla slouží pro optické vedení řidičů.

Třetím důležitým činitelem, který ovlivňuje vjem noční scény a rychlost reakcí, je věk řidiče. S rostoucím věkem dochází jednak ke zhoršování zrakového výkonu a jednak ke zpomalování reakcí a různých psychofyzikálních procesů. Z tohoto důvodu potřebují starší řidiči pro rozhodování a reakci na aktuální dopravní situace větší časový prostor i delší vzdálenost.

3. Veřejné osvětlení

Nejpoužívanější přístup při volbě kvalitativních kritérií u osvětlování pozemních komunikací pro motorovou dopravu je založen na konceptu jasu. Dříve se v některých zemích používal koncept založený na osvětlenosti, ale na základě zkušeností se tento koncept ukázal jako nedostatečný. Při použití konceptu jasu je cílem zajistit jasný povrch vozovky (negativní kontrast), proti kterému jsou objekty a předměty vnímány jako siluety. Z tohoto důvodu mezi základní kvalitativní kritéria patří úroveň a rovnoměrnost jasu povrchu vozovky a omezení oslnění. Je třeba však podotknout, že celá řada objektů a předmětů, která se objevuje se na pozemních komunikacích má velký činitel odrazu. Takové objekty a předměty pak řidič nevnímá jako siluety, ale prostřednictvím přímo odraženého světla. Navíc při vysoké hustotě dopravy dochází k situaci, kdy je velká část pohledů na povrch vozovky stíněna vozidly, a nemůže tak sloužit jako pozadí pro rozlišování objektů a předmětů na komunikaci. Přes uvedená omezení byl koncept jasu, zajišťující dostatečnou úroveň a rovnoměrnost jasu povrchu komunikace při odpovídající zábraně oslnění, zaveden do řady národních a mezinárodních doporučení. Mnohaleté zkušenosti s používáním tohoto konceptu ukazují, že poskytuje uspokojivý základ pro návrh osvětlení pozemních komunikací.

Kvalitativní kritéria používaná v současné praxi jsou obsažena v normě pro osvětlování pozemních komunikací. Základní nástrojem pro zařazení komunikací jsou tzv. světelné situace, na základě kterých se stanovuje třída osvětlení s konkrétními světelně technickými požadavky. Základními vstupními parametry pro volbu světelné situace jsou:

- typická rychlost hlavního uživatele;
- druh uživatele.

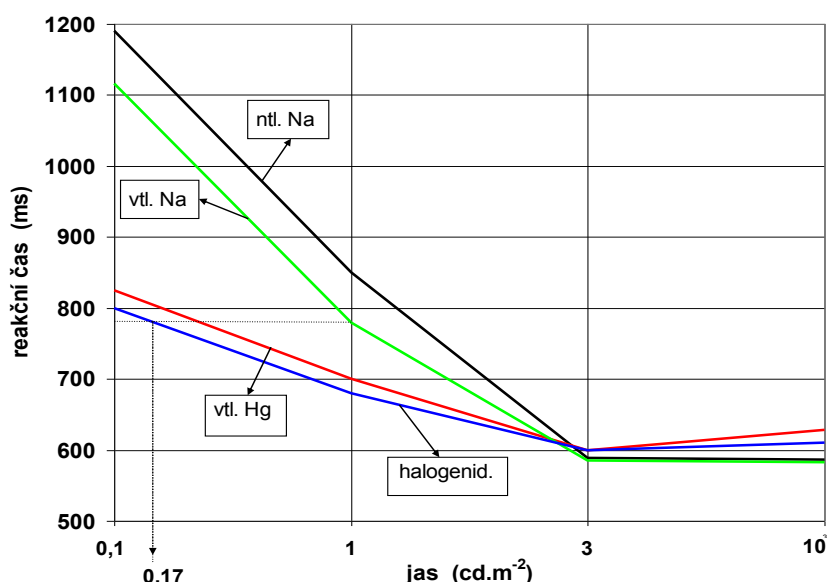
V rámci výše uvedených norem jsou zavedeny čtyři druhy uživatelů: motorová doprava (M), velmi pomalá vozidla (P), cyklisté (C) a chodci (CH). Při volbě světelné situace se pro jednotlivé uživatele určuje, zda jsou hlavními, povolenými nebo nepovolenými uživateli. Pro stanovení konkrétní třídy osvětlení se vybraná světelná situace upřesňuje o dalšími informacemi, souvisejícími s geometrickým uspořádáním dopravního prostoru, charakterem dopravy a charakterem okolního prostředí.

V rámci současných norem se pozemní komunikace pro motorovou dopravu klasifikují třídami osvětlení označované pro suché komunikace ME a pro převážně mokré komunikace MEW. Pro tyto třídy osvětlení jsou předepsány následující parametry:

- jas povrchu komunikace;
- rovnoměrnost jasu;
- fyziologické oslnění;
- osvětlení okolí;
- optické vedení,

U pozemních komunikací pro motorovou dopravu se množství světla hodnotí *jasem povrchu komunikace*, s kterým souvisí jak zrakový výkon, tak i zraková pohoda řidičů. Jas povrchu komunikace ovlivňuje kontrastní citlivost zraku řidiče i kontrast překážek na silnici vůči jejich pozadí. V rámci normy [6] je pro motorovou dopravu předepsána průměrná udržovaná hodnota jasu povrchu komunikace, která se kontroluje ve všech jízdnicích pozemní komunikace. U komunikací pro motorovou dopravu se hodnotí dva typy *rovnoměrnosti jasu*, a to celková a podélná. Celková rovnoměrnost označovaná U_o má vliv na zrakový výkon a stanovuje se jako poměr průměrné a minimální hodnoty jasu povrchu komunikace. Z výsledků praktických zkoušek se ukázalo, že se u soustav s dobrou celkovou rovnoměrností jasu mohou vyskytovat nepříjemné, opakující se jasové přechody mezi místy s malým a velkým jasnem, které ovlivňují zrakovou pohodu řidičů. Z tohoto důvodu se kontroluje ještě podélná rovnoměrnost označovaná U_l , která se stanovuje jako poměr minimální a maximální hodnoty jasu povrchu komunikace podél zvolené přímkou, rovnoběžné s osou komunikace a procházející místem pozorovatele. Podélná rovnoměrnost je významná hlavně u frekventovaných a dlouhých nepřerušovaných úseků pozemní komunikace. Dalším důležitým parametrem, který přímo ovlivňuje zrakový výkon, je *fyziologické oslnění*. Fyziologické oslnění se hodnotí relativním přírůstkem prahu rozlišitelnosti jasu tzv. prahovým přírůstkem TI (%), který závisí na poměru závojevého jasu a jasu povrchu komunikace. Hodnota TI je také přímo úměrná věku řidiče. V oblasti veřejného osvětlení pro motorovou dopravu zatím nebyla navržena metoda hodnocení psychologického (rušivého) oslnění, která by dávala uspokojivé výsledky. Dříve používaný číselník G (Glare Control Mark) se v praxi neosvědčil [2]. Při osvětlování pozemních komunikací pro motorová vozidla je důležité dosažení dostatečných hodnot jasů povrchu komunikací, proti kterým je pak možné vnímat obrysy objektů, které se mohou na komunikaci vyskytnout. Pokud se ale na komunikaci nacházejí vysoké předměty nebo předměty situované u krajů komunikace, nejsou tyto předměty vnímány proti osvětlené komunikaci, ale proti jejímu okolí. Z tohoto důvodu je třeba zajistit přiměřené *osvětlení okolí* komunikace, které zlepšuje jejich vjem. Osvětlení okolí vedle toho také umožňuje vnímat objekty nacházející se sice mimo komunikaci, ale v její bezprostřední blízkosti. Osvětlení okolí se hodnotí činitelem osvětlení okolí SR , který se stanoví jako poměr průměrné osvětlenosti dvou pásů přiléhajících k okrajům komunikace zvenku a průměrné osvětlenosti dvou pásů přiléhajících k okrajům komunikace zevnitř [6]. Na komunikaci bez veřejného osvětlení je *optické vedení* řidičů v nočních hodinách omezeno pouze na oblast, kterou pokrývají čelní světlomety automobilů. Pokud u komunikací s veřejným osvětlením osvětlovací soustava vhodně kopíruje směr pozemní komunikace, zlepšuje se optické vedení řidičů a jejich orientace. Naopak nevhodně uspořádaná soustava bývá matoucí a orientaci řidičů může komplikovat. V současné době neexistuje objektivní metoda pro návrh osvětlovací soustavy z pohledu optického vedení. Uvádějí se pouze určité zásady a doporučení:

- Na otevřených silnicích s oddělenými jízdnicemi se dobrého optického vedení dosahuje umístěním stožárů veřejného osvětlení na střední dělicí pás.
- V obloucích a zatáčkách se dobrého optického vedení dosahuje umístěním svítidel podél vnější strany oblouku, resp. zatáčky.
- Dobré optické vedení lze vytvořit barevným odlišením pozemních komunikací. Například hlavní sběrné komunikace lze od ostatních komunikací odlišit použitím světelných zdrojů s jinou teplotou chromatičnosti.



Obr. 1 Závislost reakční doby na adaptačním jasu pro vybrané typy světelných zdrojů

Mezi důležité vlastnosti osvětlení, které ovlivňují zrakový výkon i zrakovou pohodu uživatelů patří jeho spektrální vlastnosti. Z výsledků řady výzkumů vyplývá, že existuje souvislosti mezi spektrálním složením světla zdrojů a rychlostí reakce řidičů nebo zrakovou ostrostí (obr.1) [3]. Odlišnou volbou teploty chromatičnosti světla například pro osvětlení hlavních městských komunikací lze zlepšit orientaci řidičů v nočním městě nebo upozornit na nebezpečná místa (přechody pro chodce, křižovatky apod.). Nicméně přes uvedené výsledky nejsou v současné době tyto vlastnosti v rámci evropských norem zohledněny.

4. Automobilové osvětlení

Automobilové osvětlení, respektive čelní světlomety automobilů slouží pro osvětlení pozemní komunikace v době nedostatku denního světla. Při osvětlování čelními světlomety automobilů se principiálně používá koncept jasu, v tomto případě založený na pozitivním kontrastu na rozdíl od negativního kontrastu, využívaného u veřejného osvětlení. To je dáno rozdílnou polohou světlometů vůči osvětlovaným předmětům na komunikaci v porovnání s polohou svítidel veřejného osvětlení. Obecně čelní osvětlení tvoří dva typy světlometů vytvářející rozdílné křivky svítivosti, které se označují jako potkávací světlomety (low beam) a dálkové světlomety (high beam). Dálkové světlomety se používají v případech, kdy nejsou na komunikaci před vozidlem žádná jiná vozidla a není třeba kontrolovat míru oslnění. Potkávací světlomety se používají pokud jsou na komunikaci před vozidlem další vozidla, kdy je třeba omezit oslnění od čelních světlometů, tak aby nedošlo k omezení zrakového vjemu ostatních řidičů. U čelních světlometů se vedle prostorového rozložení světelného toku také kontrolují barevné vlastnosti vyzařovaného světla, které musí mít odpovídající barevný tón bílého světla (teplotu chromatičnosti), tak aby došlo k odlišení od ostatních typů osvětlení automobilů (signalizační). Automobilové osvětlení se vyhodnocuje v rámci kontrolních zón a bodů v zorném poli řidiče. Základní veličinou, kterou se popisují světlomety je osvětlenost v předem definovaných bodech na vertikální rovině umístěné v definované vzdálenosti od světlometů.

5. Porovnání veřejného a automobilového osvětlení

Pro porovnání účinků osvětlení noční scény veřejným osvětlením a čelními světlomety automobilů bylo využito výsledků měření, provedených na VŠB v Ostravě. Měření bylo provedeno na místní komunikaci, jejíž osvětlovací soustavu tvořily světelné body umístěné v rozteči 30 m, osazené svítidly pro 100 W sodíkové výbojky instalované ve výšce 8 m. Při měření byl použit automobil Subaru Foerster, jehož čelní světlomety byly osazené halogenovými žárovkami H4. Jedním z řady provedených měření bylo stanovení jasu chodců a jasu okolí při současném provozu veřejného osvětlení a potkávacích nebo dálkových světlometů, měřených ze vzdálenosti 75 m (obr.2).



Obr. 2 Měření jasů v zorném poli řidiče při současném použití veřejného a automobilového osvětlení

Z naměřených výsledků je zřejmý zanedbatelný vliv potkávacích světlometů na světelné technické parametry pro danou vzdálenost. Druhým výsledkem je fakt, že použití obou systémů osvětlení může ve svém důsledku zhoršovat vizuální podmínky na komunikaci. To je zřejmé z naměřených hodnot jasů pozadí a jasů chodce v černém obleku v podmínkách samotného veřejného osvětlení a při kombinaci veřejného osvětlení a dálkových světlometů. Při použití dálkových světlometů došlo ke snížení kontrastu jasů mezi chodcem v černém oblečení a pozadím přibližně o 30% (tab.1).

Tab.1 Naměřené hodnoty jasů v zorném poli řidiče při různých způsobech osvětlení venkovní scény

Oblast	L_{av} (cd/m ²)		
	Veřejné osvětlení	Veřejné osvětlení + potkávací světlomety	Veřejné osvětlení + dálkové světlomety
Oblast mezi automobilem a chodci	1,31	1,31	1,39
Pozadí za přechodem	0,51	0,51	0,58
Chodec v bílém oblečení	2,16	2,16	4,02
Chodec v černém oblečení	0,27	0,27	0,44

6. Závěr

Jak veřejné osvětlení pozemních komunikací, tak čelní světlomety automobilů slouží osvětlení prostoru před automobilem a k zajištění odpovídajících světelných podmínek z pohledu řidiče. Proto aby předměty před automobilem byly z pohledu řidiče viditelné musejí mít určitou úhlovou velikost a kontrast jasů nebo barev větší než je práh rozlišení. Osvětlením nelze neovlivnit úhlovou velikost předmětu a kontrast barev se uplatní pouze v případech, kdy je malý kontrast jasů. V současné době má většina světelných zdrojů ve veřejném osvětlení velmi nízký index podání barev, proto je pro hodnocení vzájemného působení veřejného a automobilového osvětlení nejdůležitějším parametrem z pohledu zrakového vjemu kontrast jasů. V rámci řešení této problematiky byla provedena řada měření [3], při kterých se sledovaly příspěvky osvětlenosti od veřejného a automobilového osvětlení na vertikální překážce v různé vzdálenosti od automobilu. Z výsledků měření vyplývá, že oblast před automobilem lze rozdělit do tří úseků. V prvním úseku (cca. do 40m) významně převládá příspěvek od automobilového osvětlení, ve druhé úseku (cca. 40 až 60 m) jsou příspěvky od veřejného a automobilového osvětlení srovnatelné a v posledním úseku převažuje příspěvek od veřejného osvětlení. Uvedené hranice jsou orientační a závisí na uspořádání osvětlovací soustavy, typu svítidel a světelných zdrojů veřejného osvětlení a na typu čelních světlometů automobilů. Ukazuje se, že působením obou systémů osvětlení současně může docházet k nežádoucímu zvyšování jasů pozadí, případně jasů objektů, což ve svém důsledku vede ke snížení viditelnosti předmětů a překážek na vozovce. Pro další řešení této problematiky bude proto třeba provést rozsáhlejší výzkum zaměřený na současné použití veřejného a automobilového osvětlení.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 15193 - Energetická náročnost budov - Energetické požadavky na osvětlení, červen 2008
- [2] CIE 115 Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic, 1995
- [3] Peter R. Boyce, Lighting for Driving; Roads Vehicles, Signs and Signals, CRC Press, 2009
- [4] ČSN EN 13201- Osvětlení pozemních komunikací, 2005

Možnosti snižování hladin jasů při použití světelných zdrojů s vysokou teplotou chromatičnosti ve VO v oblasti mezopického vidění

Tomáš Novák¹⁾, Daniel Diviš²⁾, Karel Sokanský³⁾

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky,

17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava, www.fe.i.vsb.cz

¹⁾ tel: +420 597 321 503, tomas.novak1@vsb.cz,

²⁾ tel: +420 597 323 449, daniel.divis@vsb.cz,

³⁾ tel: +420 597 325 181, karel.sokansky@vsb.cz

Abstrakt

Příspěvek se snaží rozebrat nejnovější poznatky z oblasti mezopického vidění. Jedná se zejména o snahy některých výrobců a provozovatelů osvětlovacích soustav VO, kteří v rámci snižování příkonu, tlačí na snížení hladiny jasů na komunikacích při použití moderních světelných zdrojů (světelných diod LED). Tito výrobci operují tím, že lidské oko na komunikacích osvětlených VO je adaptováno na jasy v oblasti mezopického vidění ($0,005 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ – $5 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$). V rámci těchto hladin jasů lidské oko využívá jak čípků (receptory pro denní vidění) tak tyčinek (receptory pro noční vidění). Tyčinky jsou citlivější právě v oblasti kratších vlnových délek dopadajícího viditelného záření, které je vyzařováno diodami a nikoliv vysokotlakými sodíkovými výbojkami. Tyto se v současné době ve VO používají dominantně. Protože veškeré normy a přístrojové vybavení jsou přizpůsobeny citlivosti lidského oka pro denní (fotopické) vidění, tak někteří výrobci a provozovatelé VO mají pocit, že vzniká prostor pro snižování jasů na komunikacích. V článku je uvedena polemika mezi požadavky na snižování jasů s nejnovějšími poznatky v této oblasti.

Klíčová slova

Mesopic vision, public lighting luminaire, LED

1 Úvod

V článku se zabýváme nejnovějšími poznatky v oblasti mezopického vidění a jejich praktickým využitím při posuzování a vyhodnocování jasů na komunikacích s ohledem na bezpečnost. Stále tu existuje několik neupřesněných faktorů, které ovlivňují naše vnímání při pohybu na komunikaci. Tím nejzásadnějším se zdá být určení adaptačního jasu. Pro vyhodnocení je také důležité znát použité světelné zdroje ve svítidlech veřejného osvětlení.

Členění článku je následující:

- Mezopické vidění,
- Aplikace mezopické fotometrie,
- S/P ratio,
- Určení adaptačního jasu,
- Závěr.

2 MEZOPICKÉ VIDĚNÍ

Mezopické vidění je vidění člověka v oblasti mezi denním (fotopickým) a nočním (skotopickým) viděním. Rozmezí jasů, při kterých zrak člověka využívá mezopické vidění je následující: $0,005 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ až $5 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$. Typickým příkladem, kdy náš zrak využívá mezopické vidění, je venkovní komunikace osvětlená veřejným osvětlením, při kterém se odraznost povrchu vozovky pohybuje v rozmezí $0,05 \div 0,25$, pro praktické účely se většinou používá hodnota $0,07$. Při této odraznosti se jasy vozovky pohybují ve výše uvedených hodnotách, ve kterých se uplatňuje mezopické (společné) vidění.

Při společném vidění obou druhů fotoreceptorů můžeme definovat poměr, v jakém se účastní procesu vidění – S/P ratio (CIE 191-2010).

2.1 Aplikace mezopické fotometrie

Znamé faktory:

- adaptační jas definující spektrální citlivost lidského oka $V''(\lambda)$,
- S/P poměr světelných zdrojů,
- postup pro výpočet L_{mes} založený na S/P poměru a L_p fotometrickém jasu.

Neznámý faktor:

- zrakové adaptační pole – co všechno zahrnuje a jak ho definovat?

2.2 S/P ratio

Jde o poměr příspěvku skotopického vůči fotopickému vidění.

$$S/P \text{ ratio} = \frac{K'_m \int_0^{\infty} S_{\lambda}(\lambda) V''(\lambda) d\lambda}{K_m \int_0^{\infty} S_{\lambda}(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

Kde:

K_m	683 lm/W
K'_m	1700 lm/W
S_{λ}	spektrální distribuce světelného zdroje
$V(\lambda)$	spektrální křivka fotopického vidění
$V''(\lambda)$	spektrální křivka skotopického vidění

Pokud bude S/P ratio větší než 1, pak mezopicky vnímaný jas vyvolaný fotopickým jasnem o určité hodnotě se bude zvětšovat a naopak pokud bude S/P ratio méně než 1 bude pak mezopicky vnímaný jas nižší.

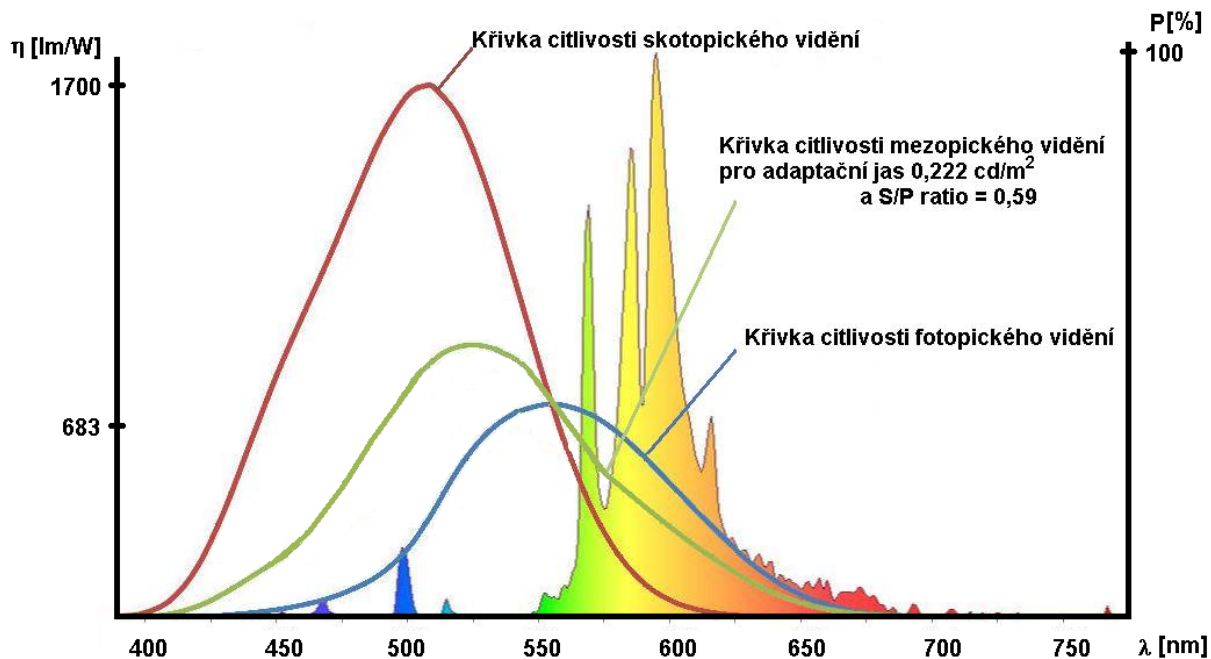
Pro tento přepočet doporučila mezinárodní komise pro osvětlování CIE používat systém Mes2 popisující průběh mezopické spektrální citlivosti. Další výpočetní modely, které jsou v současnosti využívány pro stanovení mezopického jasu jsou: USP, Move a Mes1.

Tab. 1 Světelné zdroje a jejich S/P ratio

Světelný zdroj	S/P ratio [-]	Pozn.
Nízkotlaká sodíková výbojka	0,25	-
Vysokotlaká sodíková výbojka	0,40-0,76	2000 K
Zářivka – teple bílá	0,98	2900 K
Rtuťová výbojka	1,18	3500 K
Inkadescentní zdroj	1,41	2850 K
Inkadescentní zdroj	1,54	4100 K
zářivka – studená bílá	1,58	5000 K, triphosphor
zářivka – studená bílá	1,70	5000 K, Ra 90
LED – neutrální bílá	1,68	4180 K
Zářivka – denní	1,72-2,22	-
Indukční výbojka	1,83	4866 K
LED – studená bílá	2.50	6000 K

Tab. 2 Procentuální rozdíly mezi fotopickým jasnem a vnímaným jasnem při mezopickém vidění pro světelné zdroje s různým S/P poměrem [1]

S/P	Adaptační fotopický jas (cd·m ⁻²)		
	0,03	0,3	3
0,65	-24 %	-10 %	-3 %
1,00	0 %	0 %	0 %
1,35	20 %	9 %	3 %
2,15	61 %	28 %	9 %



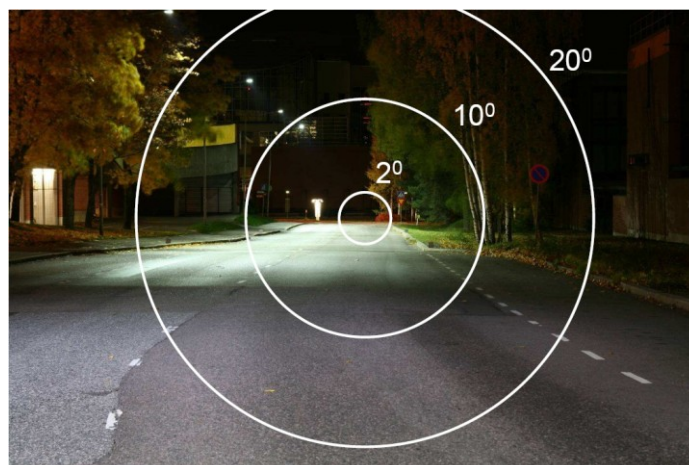
Obr. 1 Proložení spektrálních křivek do spektra odraženého světla z LED

Z obr. 1 vidíme, jakou měrou a jak efektivně využíváme světelný zdroj pro danou oblast mezopického vidění. Naměřená data jsou ve směru pohledu řidiče a můžeme konstatovat, že jsou pouze minimální odchylky od původního vyzařování zdrojů. V minulosti, kdy se dominantně využívaly pro osvětlování komunikací rtuťové výbojky, byla situace lepší z toho hlediska, že rtuťové výbojky vyzařují také poměrně značnou část světelného záření v modré oblasti světelného spektra.

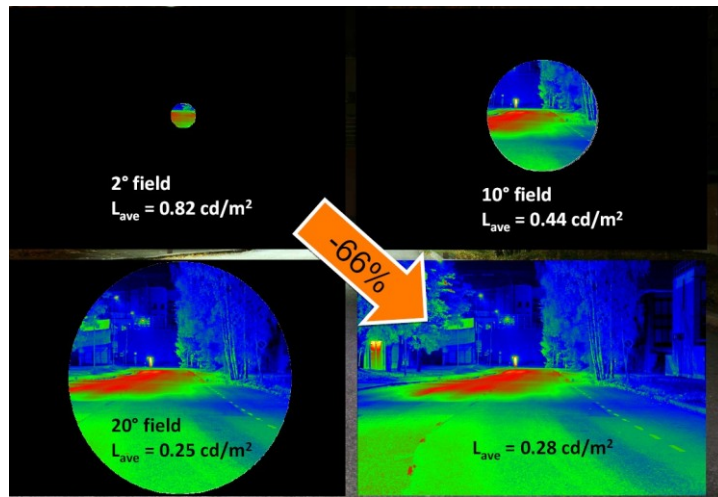
Při foveálním vidění se uplatňují pouze čípky, které jsou umístěné v centrální jamce – žluté skvrně. Tyčinky v centrální jamce nejsou. Při periferním vidění jsou aktivními fotoreceptory tyčinky, které jsou nejhustěji rozmístěny po okraji sítnice.

2.3 Příklady určení adaptačního jasu

Rozdílné jasy uvedené na uvedených obrázcích jsou zapříčiněny různými situacemi, které se mohou vyskytnout v zorném poli řidiče, rozdíly mohou činit až desítky procent. Pokles průměrného adaptačního jasu od 2° pozorovatele přes 10°, 20° až po celou vyhodnocovanou oblast je přibližně 66% dle [2].



Obr. 2 Zaznamenaná situace na komunikaci [2]



Obr. 3 Průměrný jas pro různá zorná pole [2]

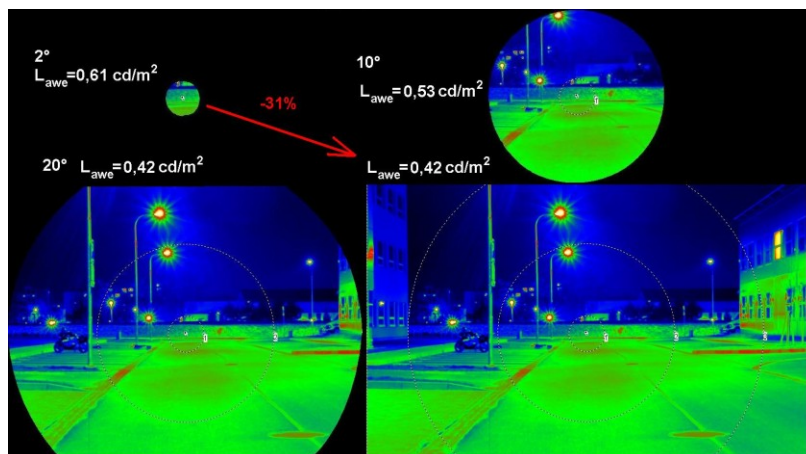
Obr. 2 zachycuje komunikaci s tmavým okolím (stromy). Na obr. 4 nejsou stromy a komunikace se nachází mezi budovami s relativně světlou fasádou, proto pokles průměrného jasu mezi oblastmi 1. a 4. je nižší a to 31%.

Tab. 3 Průměrné hodnoty jasů vyznačených na obr. 5

Oblast		Průměrný jas (cd·m ⁻²)
1.	2°	0,61
2.	10°	0,53
3.	20°	0,42
4.	celá oblast	0,42



Obr. 4 Situace na komunikaci



Obr. 5 Jasové poměry na komunikaci pro různá zorná pole

3 ZÁVĚR

Ačkoliv moderní LED světelné zdroje jsou z hlediska mezopického vnímání účinnější, není možné snižovat hladiny jasů a osvětleností na komunikacích s ohledem na bezpečnost provozu na komunikacích a to z důvodu, že neumíme přesně stanovit adaptační jas (foveální vidění-čípky, periferní vidění-tyčinky).

S/P poměr je chápán jako integrování celé sítnice, ale protože je kritický detail vnímán do 2° tedy foveálně, je vnímán fotopicky. Zvyšování S/P poměru (teploty chromatičnosti zdrojů) má vliv na zvýšení vnímání okolí v oblasti mezopického vidění nikoliv na oblast kritického detailu. Z toho plyne, že nelze snižovat jasy. Problematika plochy adaptačních jasů je stále v řešení.

Za zcela neprobádanou oblast lze rovněž považovat chování oka v jeho dynamickém režimu – časové změny adaptačních jasů, kterými prochází např. řidič motorového vozidla při jízdě.

PODĚKOVÁNÍ

Článek vznikl v rámci projektu SGS – Nové možnosti LED technologií v osvětlování, číslo projektu SP 2012/160.

LITERATURA

- [1] Gašparovský, D., Smola, A.: *Návrh umělého osvetlenia interiérov a exteriérov*, Bratislava: SEZ-KEZ, 2011. s. 262. ISBN 978-80-8106-046-5.
- [2] Halonen, L., Puolakka, M.: *CIE system for mesopic photometry*, CIE introductory tutorial & workshop on mesopic photometry, p. 35 Vienna 2012
- [3] CIE 191:2010 *Recommended system for mesopic photometry based on visual performance*, ISBN 9783901906886.
- [4] Zálešák, J., Habel, J., Sokanský, K.: *Summary of present knowledge about mesopic vision*, Ostrava, 2011, p 116, ISBN 978-80-248-2480-2
- [5] Völker, S.: *Issues for practical application*, CIE introductory tutorial & workshop on mesopic photometry, Vienna 2012

Specifika světelně technických výpočtů pro LED svítidla

Tomáš Maixner, Ing.
Siteco Lighting, s.r.o.

Ani nevím, jak vznikl nápad, abych pohovořil na téma světelně technických kalkulů pro LED svítidla. Jako by bylo světlo vystupující ze svítidel se světelnými diodami nějak zásadně jiné, než to, které vychází ze svítidel s doposud obvyklými světelnými zdroji (klasickými).

Opravdu v zásadě žádný rozdíl není. Liší se vzájemně spektrem, barevnou teplotou a barevným podáním. Ale o tom se již několikrát hovořilo. Z uvedených vlastností se nejvíce přetřásá „bílé světlo“ a pupillumeny. Lepší vnímání bílého světla, ovšem jen při malých jasech, není důvodem pro snížení hladin osvětlenosti či jasů. Jen připomenu (protože opakování je matkou moudrosti), závěr příspěvku [1], kde se praví: „Ačkoliv moderní LED světelné zdroje jsou z hlediska mezopického vnímání účinnější, není možné snižovat hladiny jasů a osvětleností na komunikacích s ohledem na bezpečnost provozu na komunikacích a to z důvodu, že neumíme přesně stanovit adaptační jas (foveální vidění-čípky, periferní vidění-tyčinky). Za zcela neprobádanou oblast lze rovněž považovat chování oka v jeho dynamickém režimu – časové změny adaptačních jasů, kterými prochází např. řidič motorového vozidla při jízdě.“

Ale přece existují některá specifika. Nebo lépe řečeno, ve výpočtech soustav se objevují některé... jak to nazvat? Nesprávné volby v zadání. Zda k nim dochází omylem, neznalostí nebo úmyslně nebudu rozebírat. Žel, to poslední – úmysl – není rozhodně vzácný.

Začal bych volbou udržovacího činitele. Tvrzení podomních prodavačů (ale i doposud seriózních prodejců) LED, že jsou svítidla se světelnými diodami jsou bezúdržbová patří samozřejmě do žánru sci-fi.

Činitel znečištění svítidel

Svítidla pro světelné diody se vyrábí podobně jako klasická (v tom lepším případě, často se bastlí v dílně obecního zámečníka). Mají určitý stupeň krytí optické části. A (opět připomenu, nezapomeňte na matku) mezi tímto „utěsněním“ svítidla a mírou jeho znečištění existuje vazba. Ve změně Z1 normy ČSN EN 13201-2 [2] je uvedena tabulka vycházející z materiálů CIE:

Tabulka 1 – Činitel znečištění svítidel Z_s

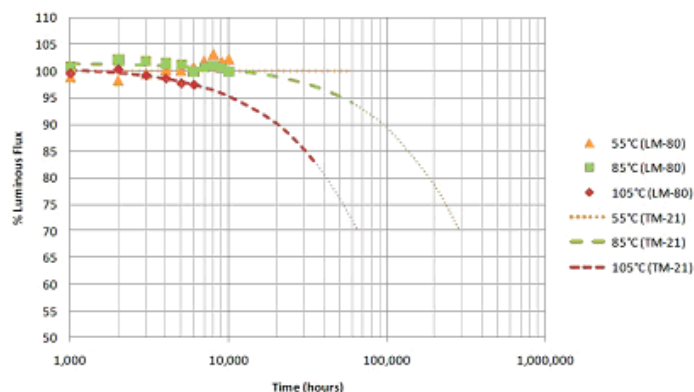
Stupeň krytí optické části svítidla	Znečištění ovzduší	Interval čištění (roky)				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
IP 2×	malé	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
	střední	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	velké	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
IP 5×	malé	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
	střední	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	velké	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
IP 6×	malé	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90
	střední	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	velké	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83

Ta samozřejmě platí i pro LED svítidla. Pokud takové svítidlo má krytí IP5× a bude se čistit v intervalu 2 let, tak při středním znečištění ovzduší bude velikost činitele znečištění svítidla v nejlepším případě 0,86. Praxe je však často taková, že se svítidla čistí při výměně výbojky, kdy se hadrem otře svítidlo. Tedy zhruba po čtyřech letech ($Z_z < 0,82$). Protože u řady svítidel LED se musí vyměnit celé svítidlo, nebo blok s diodami (a optikou), pak se skutečně nebude provádět údržba – pokud bych ji omezil jen

na čištění. Pokud bude svítidlo LED zvlášť životaschopné, může k výměně dojít třeba až za 9 let. Jak bude v té době zaneseno nečistotami, to tabulka neříká. Lze extrapolovat a odhadnout, že to pro IP5× a střední znečištění ovzduší bude asi 0,78... budu optimista a řeknu 0,8.

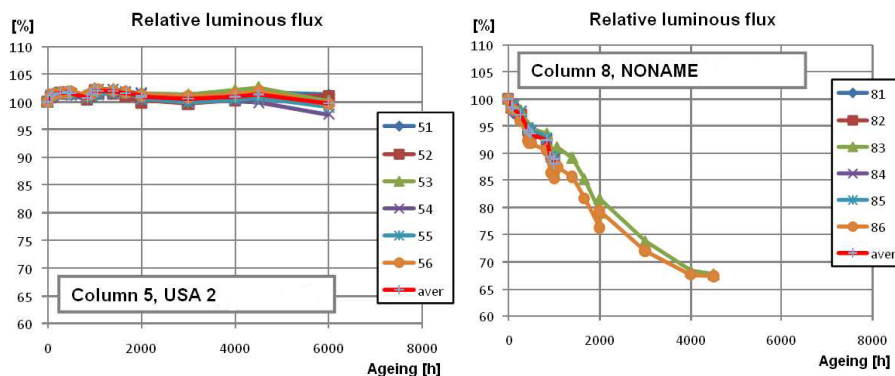
Činitel stárnutí světelných zdrojů

Samozřejmě, že i světelné diody podléhají vlivům času. S dobou provozu klesá světelný tok. Jak, to je do jisté míry nejisté. Ještě nejsou tak dlouhá měření, která by tento pokles prokázala. Jde tedy o teoretická čísla. Dlužno podotknout, že se lze na ně do značné míry spolehnout. U předních výrobců je předpoklad, že konečná hodnota činitele stárnutí LED poslední generace nebude menší než 0,8. Záleží také především na teplotě diody.



Obr. 1 – pokles světelného toku v závislosti na čase a teplotě u renomovaných výrobců ([3])

U méně kvalitních výrobků to bude o poznání horší. V [3] jsou uvedeny výsledky měření závislosti světelného toku na čase u dvou různých výrobců:



Obr. 2 – pokles světelného toku v závislosti na čase a teplotě u renomovaných a druhořadých výrobců [3]

Je zjevné, že LED od „noname“ výrobce jsou pro praktické aplikace naprosto nevhodné, pokles světelného toku nejméně o 30% nastává po roce provozu v soustavách VO.

Ve výpočtu se samozřejmě stárnutí nemůže zanedbat. Pokud jsou ve svítidle diody poslední generace a renomovaných výrobců, pak je možné zvolit činitel stárnutí 0,8. Pro méně kvalitní 0,7. „Noname“ pak nedosáhne ani na tuto hodnotu.

Žel situace je mnohem složitější. Většina předních výrobců svítidel využívá snadné regulace světelného toku LED a na počátku snižuje jejich výkon. S dobou svícení se pak zvyšuje příkon a tím se udržuje konstantní světelný tok vystupující ze svítidla. Potom je činitel stárnutí světelných zdrojů roven 1. V energetické bilanci se však musí počítat s nárůstem příkonu svítidla. Může být o desítky procent vyšší než u nového svítidla.

Činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů

S touto složkou, která se podílí na konečné velikosti udržovacího činitele, se ve výpočtech VO obvykle nepočítá. Důvod je nasnadě. Pokud nečekaně dojde k výpadku výbojky, pak se samozřejmě v co nejkratší možné době vymění. Jeden nesvítící stožár v řadě je pochopitelně nepřípustný. Ovšem

v případě svítidel LED, která obsahují v mnohých případech desítky diod se jedna vyhořelá prakticky nepozná.

U LED se dá uvažovat s takzvanou střední doba do poruchy jako u elektronických součástek. Ta je statisíce hodin. Pokud by byl někde jeden LED čip, tak pravděpodobnost, že přestane svítit je mizivá. Ovšem u svítidla s větším počtem diod, a také větším počtem dalších elektronických prvků, tato pravděpodobnost narůstá. Bude-li svítidlo obsahovat např. 50 diod a dalších prvků, tak nedojde k poruše někde v horizontu milionu hodin, ale za 1/50 této doby. To je pro zmíněný milion již jen 20 000 hodin. V soustavě svítidel se tato doba dále zkracuje. Bude-li na nějaké komunikaci 20 svítidel s padesáti prvky, pak lze očekávat, že již za 1 000 provozních hodin může dojít k první poruše (to je v průměru cca čtvrt roku). Kdeže jsou desítky let „zaručovaných“ nejrůznějšími dodavateli. Ale jde o statistické údaje.

Tak například jedna rtuťová výbojka v Plzni, která, pokud jsem ji ještě měl možnost sledovat, svítila dvacátý rok – tedy přes 80 tisíc hodin, nejméně desetinásobek střední doby života. Naopak na prvním pilotním projektu v Praze bylo již při prvním měření zaznamenáno několik nesvítících diod, tedy po cca 2000 hodinách provozu.

Jak s činitelem funkční spolehlivosti naložit? Na to lze zatím jen obtížně odpovědět. Pravděpodobnost poruchy stoupá s počtem elektronických prvků. Zatím se činitel funkční spolehlivosti ve výpočtech zanedbává. Není to v pořádku.

Za korektní přístup považuji uvažovat pro potřeby návrhu osvětlovacích soustav s činitelem funkční spolehlivosti odpovídají pravidlu pro servisní dobu. To znamená uvažovat $z_{mfz} = 0,9$. Ovšem pokládám tento návrh jako „nouzové“ řešení. Tato problematika si zaslouží diskusi na větší odborné platformě. Ve VO lze uvažovat se $z_{mfz} = 1$ – viz dále.

Výpočtová hodnota udržovacího činitele

Udržovací činitel se součinem dílčích činitelů. Vezmu-li v potaz ty nejpříhodnější, tak mohu za činitel znečištění svítidel vzít případ krytí IP6× a vzorné čištění jednou za dva roky v průměrném prostředí. Tedy $z_s = 0,89$. Budu předpokládat kvalitní diody, tedy činitel stárnutí světelného zdroje $z_z = 0,8$ a konečně činitel funkční spolehlivosti $z_{mfz} = 0,9$. Potom je výpočtová hodnota $z = 0,89 \times 0,8 \times 0,9 = 0,64$.

V případě, že bude světelný tok řízen, takže $z_z = 1$, pak bude výpočtová hodnota $z = 0,89 \times 1 \times 0,9 = 0,80$. Konečně, když budu uvažovat o stejné situaci ve veřejném osvětlení, pak budu vycházet z toho, že svítidla s nefunkčními světelnými diodami se budou muset vyměnit, resp. u solidních svítidel, že se vymění modul s LED. Potom je i $z_{mfz} = 1$ a výpočtový udržovací činitel $z = 0,89 \times 1 \times 1 = 0,89$.

Jen pro porovnání, za stejných podmínek platí pro vysokotlakou sodíkovou výbojku: $z_s = 0,89$; $z_z = 0,90$ ([3]) a $z_{mfz} = 1$. Potom je výpočtová hodnota $z = 0,89 \times 0,90 \times 1 = 0,80$.

Nejen udržovací činitel

Uvedl jsem jen náznak problematiky výpočtů osvětlovacích soustav se světelnými diodami. Platí obecně, nejen pro oblast venkovních osvětlovacích soustav, ale i pro interiéry. V interiérech bude situace pro LED ještě méně příznivá v případě porovnání s moderními zářivkami. Ty totiž mají činitel stárnutí pouhých 0,95.

Žel, udržovací činitel je v drtivém množství případů, které jsem měl možnost vidět, nadhodnocen. Někdy až nehorázně. Viděl jsem výpočet VO se svítidly LED, kde byl udržovací činitel 0,95 a projektant uváděl, že se svítidla budou čistit v intervalu pěti let. I pro kdytí IP06× a čisté prostředí je hodnota činitele znečištění 0,9 – a to po třech letech. Po pěti bude ještě o něco horší.

Vysoký činitel údržby snižuje potřebný počet svítidel nebo jejich příkon. Je to zcela běžnou praxí nejen ve VO – LED 30W „nahrazující“ vysokotlaké sodíkové výbojky 70W nejsou v portfoliu podvodných prodejců žádnou vzácností.

A pro nevěřící: Opakuji, jsem příznivec nových směrů, vítám techniku LED. Ale nesmí se pokrok přeceňovat, nesmí se v zájmu co nejvyšších „úspor“ navrhovat poddimenzované soustavy.

Literatura:

- [1] Sokanský a kol., Snižovat hladiny jasů při použití světelných zdrojů s vysokou teplotou chromatičnosti (LED) ve VO či nikoliv?, Zpravodaj SRVO 2011
- [2] ČSN EN 13201-2 Změna 71
- [3] Černoch J., LED – fakta a mýty, Sborník „Cesty světla“ – Ampér 2012
- [4] Maixner T., Bludné cesty veřejného osvětlení, Zpravodaj SRVO 2011

INTERVAL ÚDRŽBY SVÍTIDEL SE SVĚTELNÝMI DIODAMI

Doc.Ing. Jiří Plch, CSc.,
Světelná technika Brno

1. Úvod

Dnes stojíme na prahu nové éry v technice osvětlování a lze konstatovat, že nové technologie spojené s aplikacemi světelných diod již vytvořily předpoklady k tomu, aby se v daleko širší míře aplikovaly v osvětlovacích soustavách.

I přes některé rozporuplné pohledy, existuje již řada aplikací ve VO s prokazatelnými úsporami a je snahou v tomto příspěvku ukázat na některé skutečnosti, které mohou v dalším období zásadním způsobem ovlivnit jejich aplikaci.

2. Výchozí podmínky

Vývoj a pokročilá technologie výroby světelných diod (LED) slibuje do blízké budoucnosti takové osvětlení, jehož energetická účinnost určená hodnotami měrných výkonů světelných diod, bude mnohem vyšší než energetická účinnost postupně rušených klasických žárovek a dalších světelných zdrojů.

Důsledkem toho potom bude mnohem více světla na jednotku energie i v přepočtu na náklady. Studie realizované na toto téma ve světovém měřítku předpovídají, že všeobecné zavedení světelných diod vysokých hodnot měrných výkonů, může naopak zvýšit spotřebu světla v Mlumenhodinách během dvou desetiletí až na desetinásobek, jak předvídá britský časopis The Economist . Obdobně i studie amerických výzkumníků, předpovídají dopady budoucího zavádění dosud nejpokročilejší osvětlovací technologie. Její závěry jsou jen dalším potvrzením takzvaného Jevonsova paradoxu, který vysvětluje, proč inovace, které přinesou úspory energie, vedou nakonec k nárůstu její spotřeby. Všichni ti, kteří doufají, že se tím sníží spotřeba elektrické energie na umělé osvětlení, jejíž podíl na světové spotřebě činí asi 6,5 procenta, čeká zřejmě velké zklamání.

3. Člověk a veřejné osvětlení

Propad cen na jednotku světla povede ke zvýšení poptávky po něm, jejíž nasycení je podle Tsaa a jeho kolegů v nedohlednu. I když osvětlení dnes, ve srovnání s 19. stoletím před vynálezem žárovky, nelze srovnat, jsou i nyní interiéry bytů, kanceláří a pracovišť osvětleny obvykle jen z deseti procent venkovního světla a to při zatažené obloze.

Kvůli zvýšeným nákladům na provoz veřejného osvětlení tak zůstává v noci ve tmě bezpočet menších obcí, měst i v EU, které by zřejmě všichni obyvatelé, s výjimkou astronomů, padouchů a zločinců, viděli raději osvětlené. Jen relativně bohatá země EU Belgie, je zatím asi jedinou větší zemí světa, kde jsou v noci osvětleny všechny dálnice.

Nelze také očekávat, že dojde k zachování reálné ceny elektřiny, po odpočtení inflace na současné úrovni, lze oprávněně předpokládat, že vzroste celkový náklad na potřebovanou elektrickou energii na osvětlení, více než dvojnásobně.

4. VO a svítidla

Hospodárné osvětlení je takové, které s nejmenší spotřebou elektrické energie a provozních nákladů, dosáhneme kvalitní osvětlení.

Kromě základních světelnotechnických parametrů svítidel mají základní elektrické parametry a vlastnosti uvedeny přímo na štítcích svítidel a informují nás o :

- ochraně proti nebezpečnému dotyku živých i neživých částí,
- ochraně proti vniknutí cizích těles, prachu a vlhkosti,
- odolnosti proti nárazu,
- ochraně proti hořlavosti.

Existuje zde ještě jedna cesta, vedoucí ve svém důsledku k úsporám a tou je aplikace svítidel ve VO: s vysokým krytím proti vniknutí prachu a vody,

- světelnými zdroji s vysokou životností,
- světelné zdroje s vysokou hodnotou měrného výkonu,
- světelné zdroje s nízkou provozní teplotou povrchu.

Mohlo by se zdát, že svítidlo s krytím IP 5x prakticky vylučuje zašpinění vnitřních světelně činných ploch svítidel, opak je však pravdou. Záleží totiž na povrchové teplotě aplikovaných světelných zdrojů. Čím vyšší je provozní teplota, tím je i vyšší výměna vzduchu mezi vnějším prostorem a vnitřní částí svítidla. Taková svítidla je třeba čistit uvnitř již jednou za tři roky. Vně obvykle postačí čas od času svítidla jen přetřít vlhkým hadrem, ale to už stojí hodně peněz a potom záleží hlavně na jejich celkové konstrukci a bezprostředně souvisí s udržovacím činitelem.

Obecně se udržovací činitel u svítidel ve VO stanoví jako součin dílčích činitelů:

$$Z = Z_z * Z_s * Z_{fz}$$

kde je Z_z činitel stárnutí světelných zdrojů,
 Z_s činitel stárnutí a znečištění svítidel,
 Z_{fz} činitel funkční spolehlivosti světelných zdrojů.

Pokud je výměna světelných zdrojů prováděna bezprostředně po jejich výpadku, mohli bychom činitele Z_{fz} za tohoto předpokladu přímo vypustit, a udržovací činitel byl by jenom součinem dvou dílčích činitelů. Jestliže však budeme aplikovat světelné diody, tak to učinit nelze.

Zde je na místě varovat před nekorektním přístupem některých firem, které záměrně navrhnu osvětlovací soustavu s dlouhými intervaly údržby. Důsledkem je nízký udržovací činitel, tedy osvětlovací soustava s vysokým příkonem. Nekorektní cesty nevedou jen přes předimenzovanou osvětlovací soustavu, ale i přes aplikace svítidel s nízkou provozní účinností nebo s nevhodným rozložením světelného toku, atp.

Eliminování nárůst energetických náročností osvětlovacích soustav a provozních nákladů na jejich opravy a údržbu, pro určitý interval údržby, je možné jen v případě, že budou tyto celkové náklady minimalizovány. Toho lze dosáhnout jedině tím, že bude interval údržby optimalizován.

Optimalizace musí být postavena na zákonitostech provozování určitých typů světelných zdrojů, kde fyzikálně-chemické změny světelných zdrojů vedou k poklesu světelného toku zdroje, při daných teplotních režimech. Obdobně tomu musí být u vnitřních odrazných ploch, za deklarovaných provozních podmínek. To jsou údaje, které by měli poskytovat sami výrobci.

5. Praktická aplikace optimalizace svítidla se světelnými diodami

Za účelem získání věrohodných a provozně aplikovatelných výsledků bylo testováno několik svítidel typu ZEUS 72 (na obrázku 1), českého výrobce – společnosti EMPESORT.



Obr. 1 – Vyobrazení svítidla se světelnými diodami ZEUS 72

Vlastní svítidlo je v hliníkovém provedení s komaxitovou povrchovou úpravou. Vlastní tvar má samočistící účinek v našich klimatických podmínkách. Svítidlo má rovné kalené sklo, které je mírně zapuštěno pod vnější hranu svítidla (odkapová hrana a na sklo přímo nezatéká dešťová voda. Ve vnitřní části je modul se světelnými diodami, jak je zřejmé z obrázku 1.

Toto svítidlo bylo provozováno po dobu 24 měsíců v nepřetržitém provozním režimu a po provedené analýze bylo zjištěno :

- všechny světelné diody modulu byly provozuschopné,
- znečištění vnitřního prostoru s modulem téměř neidentifikovatelné,
- čistý povrch vnitřní strany krycího kaleného skla svítidla čisté.
- vnější povrch vykazoval stopové znečištění prachem.

Z hlediska elektrických parametrů byl posuzován celkový příkon svítidla, který se pohyboval v tolerancích měřicího přístrojů, prakticky beze změny.

Z hlediska světelné technických veličin byly změřeny křivky svítivosti a vypočten celkový světelný tok metodou zonálních toků. Výsledkem, po dvouletém celodenním provozu, je skutečnost, že procentní ztráta světelného toku činí zhruba 3,5 %.

6. Blízká perspektiva

Česko ztrácí i řadu konkurenčních výhod, které pomáhaly růstu v minulosti. V přítomné době jsme jednou z nejdražších rozvíjejících se zemí z hlediska ceny práce. Jsme v přítomnosti již čtyřikrát dražší než Čína, dvakrát než země na Balkánu a o polovinu dražší než Slovensko a Polsko.

Na celém světě chybějí řemeslníci ! Již v přítomnosti pocítujeme nedostatek kvalifikovaných profesí, hlavně elektrikářů, kteří by se měli podílet na kvalifikované údržbě a provozu VO.

Za tohoto stavu se ukazuje, že bude nutné hledat cesty, které povedou k tomu, že svítidla ve veřejném osvětlení budou „bezúdržbová“ a to alespoň po dobu 5 – 8 roků, přičemž by se vyměnily jen dílčí komponenty a svítidlo by bylo v provozu po další období.

V tomto směru mají zcela otevřené pole působnosti právě nové technologie svázané s aplikacemi světelných diod, jejichž relativně nízká povrchová teplota a vyšší stupeň krytí světelné části jsou základem.

Řada cest je správná, jak ukazují výsledky prvních realizovaných provozních zkoušek, která si zajišťuje sám výrobce a je otázkou času, kdy k tomu dojde ve větším měřítku.

Závěr :

Dnes, s odstupem 130 roků po vstupu žárovky na technické kolbiště světelných zdrojů jsme svědky toho, že tento jednoduchý teplotní zdroj byl odejít z aplikační scény . Na straně druhé se musíme smířit se skutečností, že pokroky ve vývoji a výrobě spojených s novými technologiemi v oblasti světelných diod (LED) , povedou k tomu, že u řady dalších světelných zdrojů se jejich aplikační oblasti budou zužovat a budou postupně vytlačeny, jako je tomu u naší „žárovky“.

Z teorie Jevonsova paradoxu tak plyne, že opatření EU typu zákazu žárovek s nízkým měrným výkonem, sama o sobě nepovedou k deklarovanému cíli snížit spotřebu energie. Pokud se má zavedením úsporných světelných zdrojů spotřeba opravdu snížit, musely by se úspory, odhadované Evropskou komisí, pohybovat ročně na 11 miliardách eur (asi 272 miliard Kč) . EU si dále vytyčila cíl snížit do roku 2020 celkovou spotřebu energie o 20 procent! Její představitelé zároveň tvrdí, že spotřebitelé na úsporách vydělají, ale to je v přímém rozporu s výzkumem Jevonsova paradoxu a dosáhnout toho je zřejmě nemožné.

EU však vedle toho plánuje zvýšit podíl obnovitelných zdrojů na spotřebě energie na 20 procent. Jelikož obnovitelné zdroje jako větrná a solární energie jsou často výrazně dražší než konvenční zdroje, předpokládá to značný nárůst cen energie s negativním dopadem i na veřejné osvětlení a je zcela odůvodněné hledat cesty k minimalizaci provozních nákladů svítidel VO.

Literatura

- [1] Plch, J.:
Světelná technika v praxi.
In-El, Praha 1999
- [2] Plch, J.: Člověk a světlo
Stavba, č.7, 1999, příloha 2 a 3
ISSN 1210-9568
- [3] Plch, J.: Energie pro lidstvo na počátku XXI. století
ISBN-80-7060-482-1,
VII. Mezi- konference o měření, Brno, Praha 1999, str. 52-54
- [4] Plch, J.: Moderní metody osvětlovacích soustav
VII. Mezi- konference o měření, Brno, Praha 1999, str. 55-57
- [5] Plch, J.: Hodnocení osvětlovacích soustav z mezi-ho pohledu
VŠB-TU Ostrava, 1999, str. 107-11
- [6] Plch, J.: Světlo pro člověka v novém tisíciletí
XII. Celoštatná konferencia
Slovenský elektrotechnický zväz, Bratislava 2000, 12 stran
- [8] CIE Publikation - 106 (93), 103 (93), 125 (1997)
- [9] DIN 5031: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik
- [10] Grothmann, K.,
Messung und Bewertung optischer Strahlung in der Phototherapie, Dissertation am FG Lichttechnik der TU Berlin
- [11] ICNIRP: Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0,38 to 3 μm), Health Physics 73 (1997) 3, pp 539 – 554
- [12] Kranhold, Th.,
Charakterisierung weißer LED, Diplomarbeit, FG Lichttechnik, TU Ilmenau, 2002
- [13] Kronauer, R.E. u.a.,
Mathematical model of the human circadian system with two interacting oscillators, Am. Journal of Physiology 242 (1982) R3 - R17

Zásady nasvětlování cyklostezek

Lukáš Zelinka

HELLUX ELEKTRA s.r.o., www.hellux.cz, lukas.zelinka@hellux.cz

Ve většině případů lze jízdu po cyklostezce přirovnat k adrenalinovým sportům.

I přesto, že dle vyhlášky má cyklista povinnost mít v rámci výbavy zadní i přední světlomet, které se neustále zdokonalují, je cyklista při jízdě v noci pro řidiče lehce přehlédnutelným účastníkem provozu.

Proto ve většině měst a obcí je snaha budovat samostatné a osvětlené komunikace určené pro jízdu na kole. Pro osvětlení cyklostezky se využívá třídy osvětlení S v rámci norem ČSN CEN/TR 13201-1 2004.

Ve většině případů se jedná o třídu S5 a S4.

CEN/TR 13201-1 2004								
A.8 - Lighting situations - sets D3 and D4								
Geometric measures for traffic calming	Parked vehicles	Difficulty of navigational task	Traffic flow pedestrians and cyclists					
			Normal			High		
			←	0	→	←	0	→
No	Not present	Normal	S6	S5	S4	S5	S4	S3
		High than normal	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	Present	Normal	S5	S4	S3	S4	S3	S2
		High than normal	S4	S3	S2	S3	S2	S1
Yes			Choice as above, but select ≤ R4 only at area of traffic calming					
Alternative A classes of comparable lighting level to recommended S classes can be found in Table 4. Additional ES and EV classes to recommended S classes can be found in Table 5.								

- Přehled tříd osvětlení pro cyklostezky

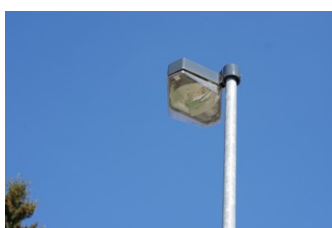
Ukázka typů osvětlení (spol. Hellux Elektra, s.r.o.) určené pro cyklostezky:

- **Dosud využívané světelné systémy:**

- Dosud využívané typy světel pro cyklostezky/pěší zóny:
- **Elipse 130 - 6**
- **NSB 152 - 6**
 - Montážní výška světla 3-6 m
 - Sodíková výbojka 50/70/100W
 - Osvětlení: hlavní i vedlejší komunikace, náměstí, sídliště, obytné zóny, parkoviště, průmyslové zóny, parky i příjezdové cesty
 - Tělo světla je vyrobeno z extrudovaného hliníku
 - Osazeno speciální optikou, umožňující delší rozteč mezi světelnými body



• NSB 152_6



• NSB 152_6 detail



• Elipse 130_6 detail



• Elipse 130_6

- **Nové trendy v rámci světelných systémů:**

- mezi nové trendy patří LED technologie. Příkladem takového typu VO je **PURO 770**
 - Osvětlení: hlavní i vedlejší komunikace, náměstí, sídliště, obytné zóny, parkoviště, průmyslové zóny, parky i příjezdové cesty
 - Tělo světla je vyrobeno extrudovaného hliníku
 - Čočky svítidla jsou vyrobené z vysoce čistého a tepelně odolného PMMA s optickou propustností až 94%
 - Světlo je osazeno moduly:
 - HC32 4.500 K, 1.500 lm, výkon 24 W
 - HC32 3.000 K, 1.200 lm, výkon 24 W
 - Typ ochrany IP 65
 - Instalace světla:
 - PURO_01 na stožár Ø 76 nebo 66 mm (s přidavným adaptérem)
 - PURO_02 na zeď
 - Montážní výška světla 3-5 m
 - Světlo je dodáváno s 5,5 m kabelem



• PURO 770 LED



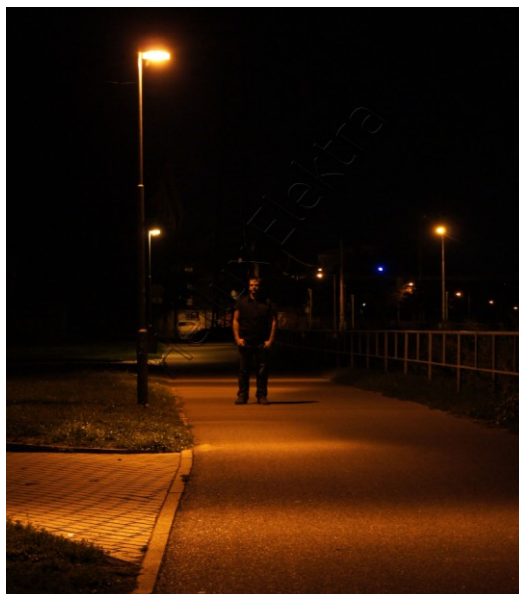
• PURO 770 LED

Srovnání dosavadních osvětlovacích soustav s novými trendy

Z hlediska požadavků investorů a ekologie je žádoucí co největší rozteč mezi světelnými body, aniž by docházelo k narušení rovnoměrnosti osvětlení nebo zbytečnému osvětlení okolních ploch a noční oblohy. Proto jsou pro cyklostezky vyvíjeny speciální typy světel, které se snaží v ideálním případě osvětlit pouze žádoucí úzký pás komunikace s co největší roztečí mezi světelnými body.



• Cyklostezka Vyškov, ul. Tyršova typ: PURO 770



• Cyklostezka Brno, ul. Křenová typ: NSB 152-6

Ekonomická situace:

Vezmeme-li v úvahu 1km dlouhou cyklostezku, uložení světel ve výšce 5m:

Typ: Puro 770 LED – dle výpočtu RELUX bude zapotřebí cca 33 ks světel.

Jestliže PURO 770 LED má příkon 24 W, bude příkon celé světelné soustavy cca 792 W.

Průměrný příkon celé světelné soustavy / rok v hodinách (kWh), je cca 3.564 kWh.

Typ: NSB 152_6 - dle výpočtu RELUX bude zapotřebí cca 20 ks světel.

Jestliže NSB 152_6 má příkon 77 W, bude příkon celé světelné soustavy cca 1.400 W.

Průměrný příkon celé světelné soustavy / rok v hodinách (kWh), je cca 6.930 kWh.

Typ: Elipse 130_6 - dle výpočtu RELUX bude zapotřebí cca 22 ks světel.

Jestliže Elipse 130_6 má příkon 77 W, bude příkon celé světelné soustavy cca 1.540 W.

Průměrný příkon celé světelné soustavy / rok v hodinách (kWh), je cca 7.623 kWh.

Závěr:

Fotografie dvou cyklostezek ukazují rozdíl mezi LED technologií a sodíkovou výbojkou. Při nasvícení světlem typu: PURO 770 mají dotázaní lepší subjektivní pocit bezpečí / rozpoznávání tváří, lepší rozlišovací vlastnosti, věrohodnost barev se zdá velice dobrá. Při využití sodíkové výbojky s typem: 152_6 se ukazuje horší rozlišení barev, nezřetelné rozpoznání tváří, pocitově se dotázaní necítí příliš bezpečně.

Zdroj:

- Tabulka norem, upraveno dle ČSN CEN/TR 13201-1 2004
- Zdroj fotografií společnosti Hellux Elektra, s.r.o. : www.hellux.cz
- Autor fotografií světelných situací: Ladislav Pavlíček

Realizace nového venkovního osvětlení v elektrických stanicích ČEPS, a.s.

Ing. Ivo Ullman, Ph.D.

ČEPS, a.s., Elektrárenská 774/2, 101 52 Praha 10,
www.ceps.cz, ullman@ceps.cz

Úvod

Rekonstrukce elektrických stanic přenosové soustavy ČR a výstavba nových stanic zahrnuje v sobě instalaci nového venkovního osvětlení, které musí odpovídat platným normám, zejména ČSN EN 12464-2 Světlo a osvětlování – Část 2 Osvětlení pracovních prostorů – Venkovní pracovní prostory. V rámci standardizace v ČEPS, a.s. byla zpracována technická norma **TN 59 Venkovní osvětlení v elektrických stanicích**, která upřesňuje požadavky na provedení jednotlivých druhů osvětlení. Tato norma popisuje zásady instalace osvětlovacích soustav, jejich ovládání s ohledem na zabezpečení elektrické stanice a požadavky na vyhotovení projektové dokumentace. Cílem instalace nového venkovního osvětlení je dodržení požadavků normy ČSN EN 12464-2 na osvětlení venkovních pracovních prostorů, omezení rušivého světla a také dosažení správné kamerové osvětlenosti pro zabezpečovací systém stanice. Na závěr stavby je provedeno měření osvětlení odbornou skupinou VŠB – TU Ostrava s výstupním protokolem a zhodnocením dosažených parametrů osvětlovacích soustav.

Projektová příprava

Na základě Záměru akce pro rekonstrukci nebo výstavbu elektrické stanice je zpracovávána projektová dokumentace, která řeší venkovní osvětlení ve stavební části jako stavební soubor SO 340 Vnější osvětlení. Projektant nejprve provede výpočet osvětlení jednotlivých celků elektrické stanice tak, aby byla dodržena technická norma ČEPS, a.s. **TN 59 Venkovní osvětlení v elektrických stanicích PS**, která obsahuje požadavky norem ČSN EN 12464-2 a ČSN CEN/TR 13201-1-4.

Výpočet osvětlení v projektu zahrnuje:

- Hlídací osvětlení (kolem plotu elektrické stanice)
- Osvětlení komunikací (všechny cesty, kde mohou jezdit auta v elektrické stanici)
- Provozní osvětlení (rozvodna 420kV, rozvodna 245kV, osvětlení stanoviště transformátoru)

Jako příklad požadovaných parametrů osvětlení pro provozní osvětlení:

Druh prostoru, úkonu nebo činnosti	\bar{E}_m [lx]	U_o -	GR_L -	R_a -
Provoz chodců v elektricky bezpečných prostorech	5	0,25	50	20
Celková kontrola	50	0,40	50	20
Oprava elektrických zařízení (za použití mobilního osvětlení)	200	0,50	45	60

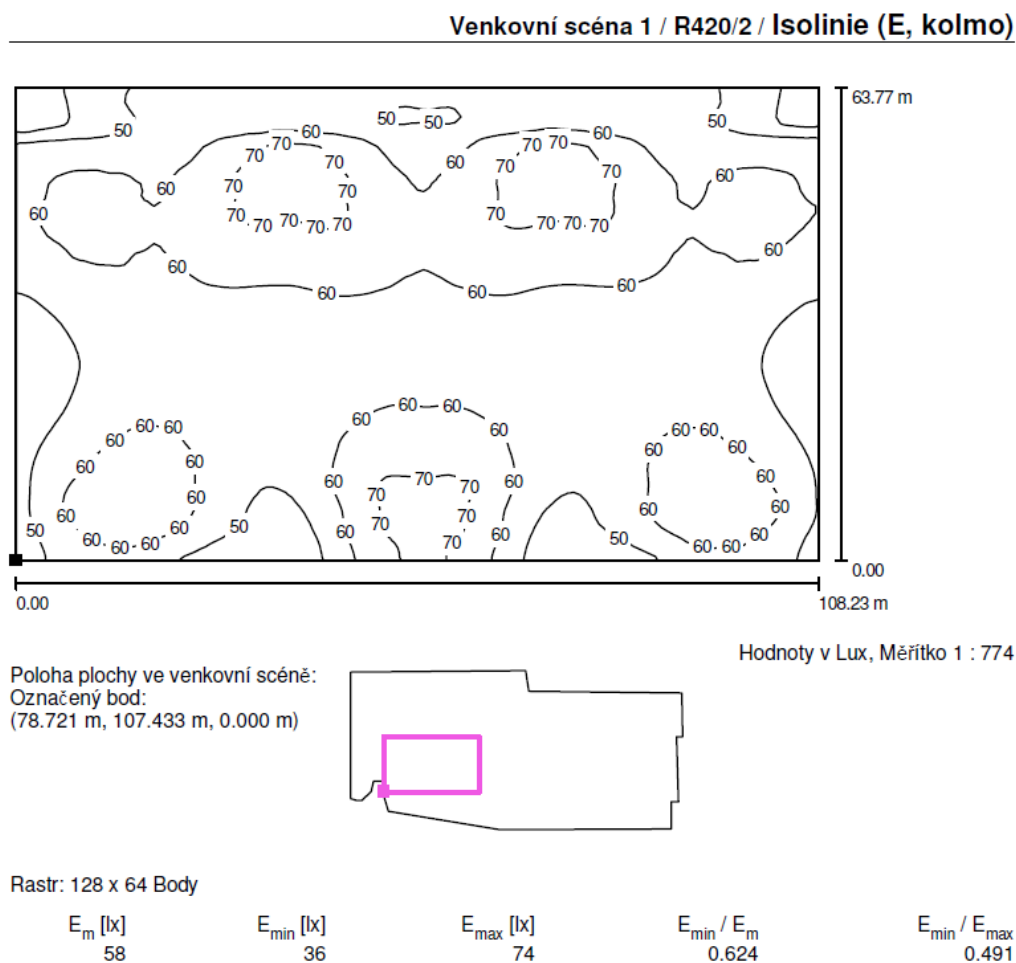
Pro osvětlení stanovišť transformátorů doporučujeme použít jako svítidla reflektory s asymetrickou vyzařovací charakteristikou se zdrojem halogenidovou výbojkou. Požadovaná udržovaná osvětlenost je 50 lx v horizontálním i vertikálním směru.

Provozní osvětlení rozvoden je zajištěno reflektory se sodíkovou výbojkou a s vyzařovací asymetrickou charakteristikou tak, aby bylo omezeno rušivé světlo.

U všech druhů osvětlení při návrhu svítidel je požadováno omezení rušivého světla podle ČSN EN 12464-2. Elektrické stanice jsou zařazeny podle tabulky 2 jako zóna 2 – *oblasti s velmi malým jasem*, jako průmyslové a obytné zóny. Světelný tok jdoucí ze svítidel přímo do horního poloprostoru může být maximálně 5 % celkového světleného toku.

Dále je při návrhu osvětlovací soustavy požadována kamerová osvětlenost pro správnou funkci kamerového zabezpečovacího systému TSFO. Např. požadována osvětlenost vstupní brány je 50 lx a osvětlení je provedeno halogenovým reflektorem s čidlem pohybu, spínaném za tmy. Osvětlení na 50 lx před bránou umožní rozpoznat kamerovým systémem typ auta vč. registrační značky (RZ) a osoby při vystoupení z auta.

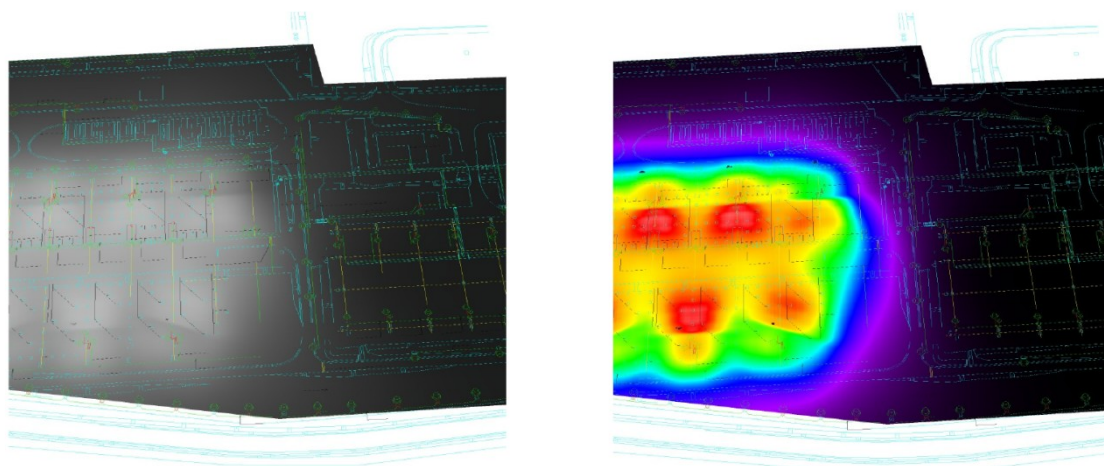
Jako příklad výpočtu v programu Dialux uvádím vybranou část výpočtu provozního osvětlení rozvodny R 420 kV v TR Přeštice:



Obr. 1 Výpočet osvětlení rozvodny R 420 kV TR Přeštice – dílčí část isolinie a vypočtené hodnoty E_m

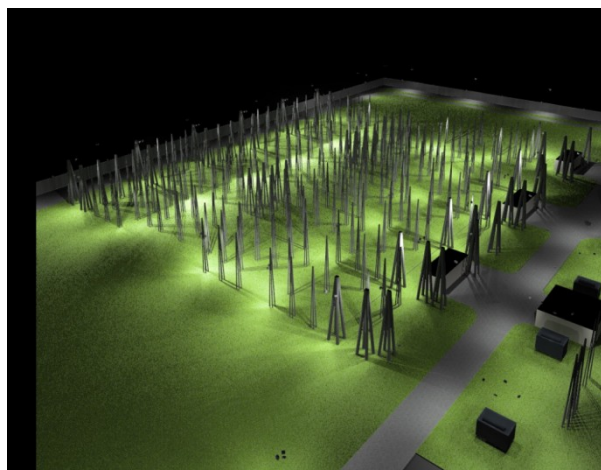
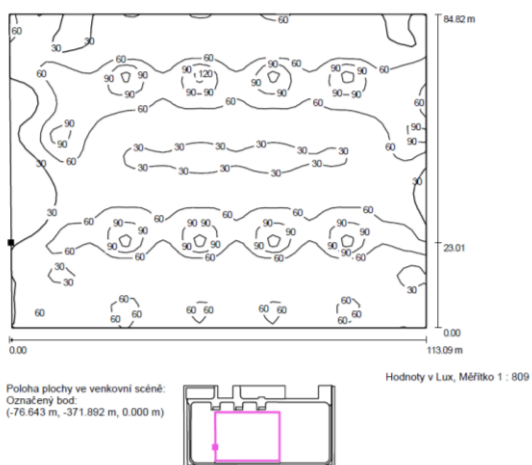
Výpočty osvětlení jsou v projektu požadovány dodat elektronicky i v papírové formě v celém rozsahu se stanovením světelně-technických parametrů osvětlovacích soustav v elektrické stanici.

V papírové formě je výpočet osvětlení požadován v 1 paré projektové dokumentace pro provádění stavby (DPS). Zároveň je požadován v elektronické podobě výpočet osvětlení pro kontrolu parametrů osvětlovacích soustav při závěrečném měření.



Obr. 2 : Vizualizace výpočtu osvětlení rozvodny R 420 kV v TR Přeštice – ztvárnění 3D a renderování nepravými barvami

Venkovní rozvodna / Vše / Provozní osvětlení / Plocha 1 / Isolinie (E)



Obr. 3 : Výpočet osvětlení elektrické stanice TR Kletné – rozvodna R 420 kV – stanovení isolinií a vizualizace modelu rozvodny

Závěrečné měření je prováděno ve dvou etapách. První měření po dokončení montáže svítidel ověří základní stav skutečného osvětlení v jednotlivých částech elektrické stanice a určí, která svítidla je třeba správně nasměrovat. Druhé následné měření kontroluje výsledné parametry osvětlení v celé elektrické stanici a z výsledků je zpracován protokol z měření umělého osvětlení.

Realizace akce

Projektová dokumentace je podkladem pro zadání stavby a její realizaci. Pro vydání stavebního povolení je požadována DSP – Dokumentace pro stavební povolení, která obsahuje výpočet osvětlení. Připomínky a požadavky správních orgánů (stavební úřad, Ministerstvo životního prostředí) je nutno respektovat a splnit při realizaci osvětlení. Další stupeň projektové dokumentace DPS – Dokumentace pro provádění stavby řeší konkrétní provedení vnějšího (venkovního) osvětlení a je podkladem k výběrovému řízení dodavatele stavby.

V rámci stavby je venkovní osvětlení realizováno stavebním dodavatelem jako stavební soubor SO 340 Vnější osvětlení. Montáž je průběžně sledována na kontrolních dnech tak, aby byla v souladu s projektem, případné změny jsou řešeny projektantem, který zajišťuje autorský dozor. Důležitým výkresem pro správnou montáž svítidel je výkres natočení a naklonění svítidel. Zde musí být přehledně a srozumitelně pro montážníka zakresleno, jak mají být svítidla nasměrovány.

Po dokončení montáže svítidel je provedena koordinační schůzka mezi dodavatelem, provozovatelem, projektantem a měřicí skupinou. Cílem koordinační schůzky je dohodnout program měření a součinnost specialistů při měření osvětlení (např. záznam kamer TSFO, dálkový dohled Stálé služby).

Hlavním bodem zajišťující kvalitu osvětlení elektrické stanice je měření osvětlení, které provádí měřicí skupina Vysoké školy báňské – Technická univerzita Ostrava. Podkladem pro měření je projektová dokumentace, zejména výpočet osvětlení a světelné parametry jednotlivých druhů osvětlení (osvětlení komunikací, hlídací a provozní osvětlení).

Technická norma TN 59 přesně definuje, jak se měření provádí a jak jsou umístěny měřicí body.

Hlídací osvětlení

Při posuzování plochy pole se vytváří síť bodů o rozteči 5 nebo 10 m. Posuzuje se horizontální osvětlenost ve výšce 0 m, tj. na terénu.

Osvětlení komunikací

Měřicí body se umísťují vždy do středu komunikace. Posuzuje se osvětlení ve výšce 0 m, tj. na komunikaci. Rozteč měřících bodů se volí 10 m.

Provozní osvětlení

Při posuzování plochy pole se vytváří síť bodů o rozteči 5 nebo 10 m. Měří se horizontální osvětlenost v úrovni 0 m, tj. v úrovni terénu.

Při posuzování vybraných pracovních míst se měří horizontální i vertikální osvětlenost. Měření horizontální osvětlenosti se provádí ve výšce srovnávací roviny (místo zrakového úhlu).

Vertikální osvětlenost se měří opět v místě zrakového úhlu (např. na boku příslušného přístroje).

Stanoviště transformátorů a tlumivek:

Je nutno osvětlit všechny plochy transformátorů, zejména jejich horní část včetně průchodek. S ohledem na bezpečnost je nutno dodržet požadavek na **horizontální i vertikální osvětlenost $E_m \geq 50 \text{ lx}$** .

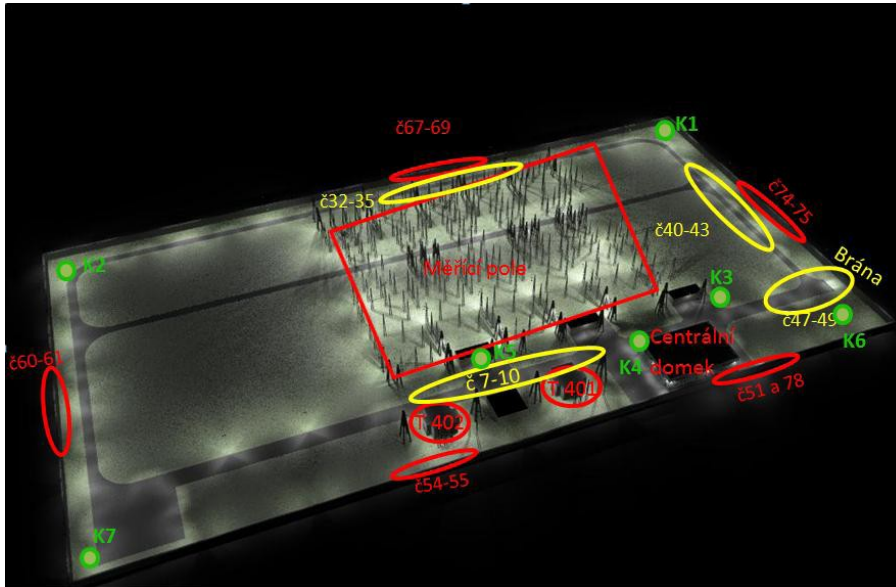
Měření osvětlení se provádí ve dvou etapách – základní měření zahrnuje komplexní proměření všech druhů osvětlení a porovnání s parametry světelného výpočtu v projektové dokumentaci. Výsledkem tohoto měření je určení závad a požadavků na opravu nasměrování svítidel. Následně – korekční měření je provedeno po odstranění závad, ke kterým bývá potřeba montážních plošin nebo lezeckých prací. Cílem celkové měření osvětlení je dosažení optimálních parametrů celkového venkovního osvětlení elektrické stanice.

Výstupem měření umělého osvětlení v elektrické stanici TR Kletné je technická zpráva „**Měření světelně-technických parametrů v TR Kletné**“. Po stanovení předmětu měření je popsána metodika měření osvětlení vhodná pro elektrické stanice přenosové soustavy, která odpovídá stávající technické normě ČEPS – TN 59/2010 a normám ČSN EN 12 464-2 a ČSN 36 0011. Pro měření je jako podklad předána dokumentace pro provedení stavby a je stanoven požadavek na zařazení do environmentální zóny. Měřené prostory v elektrické stanici jsou prostory komunikací, prostory provozu v transformovně, prostory pod dohledem hlídacího osvětlení, dále kamerové osvětlení a vyzářování do horního poloprostoru. V TN 59 jsou stanoveny normativní požadavky pro osvětlení komunikací a provozních prostorů v transformovně a také pro hlídací osvětlení. Dále jsou stanoveny normativní požadavky pro vyzářování rušivého světla přímo do horního poloprostoru a normativní (doporučené) požadavky na kamerovou osvětlenost, Pro jednotlivé prostory jsou určena místa zrakových úhlů pro horizontální a vertikální, případně pro kamerovou osvětlenost.

Způsob a provedení měření osvětlení ve venkovní rozvodně v elektrické stanici PS zahrnuje:

- Datum a dobu měření
- Meteorologické podmínky
- Průběh měření
- Svítidla dle projektové dokumentace
- Udržovací činitel
- Použité měřicí přístroje (Jasový analyzátor a Luxmetr)

Na základě projektové dokumentace TR Kletné byly označeny místa měření:



Z naměřených hodnot např. **horizontální intenzity osvětlení brány a příjezdové komunikace k centrálnímu domku** byla zpracována statistika s vyhodnocením výsledků měření a byly popsány dílčí závěry:

Statistika:

	veličina	naměřené udržované hodnoty	naměřené minimální hodnoty	naměřené hodnoty s nejistotou měření 10%	požadavek norem	porovnání
osvětlení vývodových polí	udržovaná horizontální osvětlenost \bar{E}_m (lx)	51,9	19,3	46,7-57,1	>50 lx	\bar{E}_m dodržena
	rovnoměrnost osvětlení U_0 (-)	0,37	-	0,33-0,4	> 0,4	U_0 dodržena

K vyhodnocení kamerového osvětlení byli využiti 2 figuranti s odlišnými odrazovými vlastnostmi jejich oděvů a dále byla vybrána provozně důležitá místa pro kamerové snímání.

Měření kamerové osvětlenosti na transformátoru T401

K5 pohled na T401



Pohled kamery ve dne



Pohled kamery v noci



Snímek jasové kamery

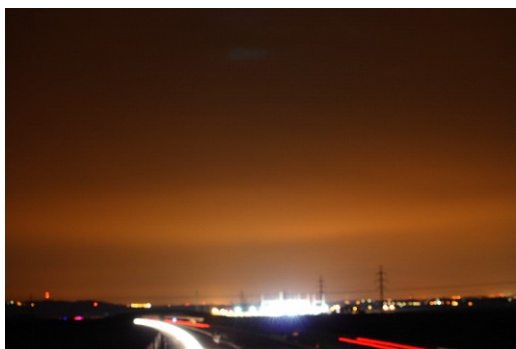


Jasová mapa snímku

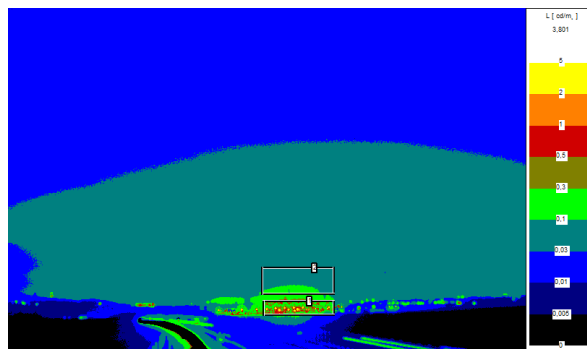
Měřená oblast	Průměrný jas (cd/m ²)	Kamerová osvětlenost (lx)
Transformátor	4,24	37
Celý snímek	8,2	

Poznámka: Naměřené osvětlenosti a jasy jsou vhodné pro TSFO, nicméně pro požadavky na pracovní činnost na vertikální stěně transformátoru přilehlé ke kameře K5 jsou nedostatečné (viz. kapitola 3.4).

Další částí měření osvětlení elektrické stanice je **měření rušivého světla**. Toto měření bylo provedeno z mostu nad dálnicí D1.



Snímek jasové kamery



Jasová mapa snímku

Měřená oblast	Průměrný jas (cd/m ²)
Rozvodna	0,445
Obloha nad rozvodnou	0,088

Poznámka: Z výše uvedené jasové mapy vyplývá, že zapnutá rozvodna negativně neovlivňuje svými jasy přilehlou dálnici D1 (Brno – Ostrava). Průměrný jas rozvodny v měřeném kritickém směru nepřevyšoval hodnotu 0,5 cd/m², což je hodnota výrazně nižší, než hodnota jasů, na které se nasvětlují vesnické architektury, či billboardy u dálnic. Zvýšený jas oblohy nad rozvodnou je dán především nízkou oblačností a je srovnatelný s jasy nad obcemi, které se nacházejí v blízkosti rozvodny.

Na základě provedených měření bylo provedeno zařazení elektrické stanice TR Kletné do environmentální zóny. S ohledem na světelný tok jdoucí do horního poloprostoru ze světelně-technických výpočtů bylo stanoveno, že do horního poloprostoru jde přímo pouze 2,5 % světelného toku jdoucího ze svítidel. Tato hodnota přiřazuje osvětlovací soustavu elektrické stanice TR Kletné do **Environmentální zóny 2**.

V celkovém vyhodnocení měření je posouzena osvětlovací soustava elektrické stanice TR Kletné se závěrem, že odpovídá požadavkům na osvětlování transformoven stanovených technickou normou ČEPS a světelně-technickým výpočtům v rámci projektové dokumentace.

Závěr

Cílem realizace nového venkovního osvětlení v elektrických stanicích přenosové soustavy je splnění požadavků normy ČSN EN 12 464-2 a technické normy ČEPS TN 59. Tyto stanice jsou provozovány v režimu dálkového ovládní, a to stanovuje nové pohledy na venkovní osvětlení. Předepsaná úroveň osvětlení je třeba při odstraňování závažných poruch, jako je např. výpadek transformátoru v noci a také je zapotřebí dostatečné osvětlení při déle trvajících diagnostických pracích v transformovně. Zvláštní význam u dálkově ovládaných stanic má vhodné kamerové osvětlení pro správnou činnost zabezpečovacího systému a také pro dohled stálé služby a dispečinku na takto provozovanou elektrickou stanici.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 12464-2 – Světlo a osvětlování – Osvětlování pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory
- [2] TN 59 Venkovní osvětlení elektrických stanic PS – Technická norma ČEPS, a.s. 06/2009, aktualizace 12/2010
- [3] Sokanský, K., Novák, T., Ullman, I., Medvec, Z.: Osvětlování venkovních elektrických stanic. Světlo 2/2009, FCC Public, Praha 2009, str. 42-44, ISSN 1212-0812
- [4] Sokanský, K., a kol.: Lighting of outdoor electrical stations philosophy, EPE 2009, VŠB-TU, Ostrava, 2009
- [5] Novák, T., Ullman, I., Sokanský, K.: Osvětlování venkovních pracovních prostor v kombinaci s kamerovými systémy, Kurz osvětlovací techniky XXVII, Kouty nad Desnou, 29.9.-1.10.2009, str. 316-322, ISBN 978-80-248-2087-3
- [6] Ullman, I.: Osvětlování venkovních rozveden v elektrických stanicích ČEPS, a.s.; Kurz osvětlovací techniky XXVIII, Kouty nad Desnou, 11.10.- 13.10.2010, str. 192-197, ISBN 978-80-248-2307-2
- [7] Ullman, I.: Venkovní osvětlení ve stanicích PS výpočty a měření. 12. celostátní seminář Vysoké napětí, Malenovice, 11.11.- 12.11.2010
- [8] Ullman, I., Fiala, K.: Technické normy ČEPS pro projektování. Konference Projektanti 2011 Hrotovice, 9.5. - 12.5.2011
- [9] Ullman, I.: Rozvoj přenosové soustavy ČR a vliv obnovitelných zdrojů na elektrizační soustavu ČR. VI. Konference „Elektrická zařízení požívána při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, jejich bezpečnost a nové trendy“, VŠB TU Ostrava, 26.4. - 27.4.2012

System pro řízení osvětlení v železničních stanicích

Dawid Recmanik, Bc., Tomáš Krenželok, Ing. Ph.D.

Trakce a.s., Hlávkova 3, Ostrava, www.trakce.cz, info@trakce.cz

Úvod

Firma Trakce, a.s. se řadí mezi významné dodavatele v oblasti zabezpečovací a sdělovací techniky v železniční dopravě. Jeden z produktů vývojového oddělení Trakce, a.s. a zároveň ze zavedených systémů na dráze – systém FARCOM – slouží pro dálkové a místní ovládání elektrických zařízení železniční infrastruktury. Je tedy určen i pro řízení osvětlení v železničních stanicích, především pro řízení osvětlení nákladíšť, veřejného osvětlení na nástupištích, uvnitř veřejnosti přístupných hal, technologických zázemích i mimo území přímo spojené s vlakovou zastávkou či nádražím.

Předpisy a normy

Návrh projektu i celá realizace stavby, jejíž součástí jsou silové, řídicí či kontrolní části systému osvětlování v železničních stanicích, spadá do kategorie „určených technických zařízení“. Na celý proces se tedy vztahuje především Zákon o drahách 266/1994 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a Vyhl. 100/1995 Sb. Ministerstva dopravy, kterou se stanoví podmínky pro provoz, konstrukci a výrobu určených technických zařízení a jejich konkretizace (Řád určených technických zařízení).

Mezi stěžejní technické normy vztahující se k návrhu osvětlení v žst. patří:

ČSN 332000-7-714. Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Část 7: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech. Oddíl 714: Zařízení pro venkovní osvětlení

ČSN EN 12464-1 (360450). Světlo a osvětlení. Osvětlení pracovních prostorů. Část 1: Vnitřní pracovní prostory, Praha.

ČSN EN 12464-2 (360450). Světlo a osvětlení. Osvětlení pracovních prostorů. Část 2: Venkovní pracovní prostory, Praha

Osvětlování venkovních prostor dráhy

V drážním prostředí se musí otázka osvětlení řešit zvláště zodpovědně. Instalované osvětlení musí vytvářet adekvátní podmínky pro práci personálu drah, zúčastněných firem a rovněž pro veřejnost. Všechny nutné podmínky jsou vztaženy k legislativě, hygienickým normám, energetickým plánům a podléhá diktátu ekonomického provozu.

Energetické přínosy nových technologií

S postupem času je kladen stále větší nárok na vyvážený rozpočet celkových nákladů, a to po celou dobu provozu osvětlení. Obsahuje cenu pořízení, provozu, údržby, náklady na spotřebovanou energii, dohled, opravy atd.

Náklady na pořízení inteligentní osvětlovací soustavy se nejlépe rozpočítají při budování nových stanic, kde je nutné pořídit celou novou instalaci. U zastaralých instalací, kdy se jedná „pouze“ o rekonstrukci, hůře prochází návrh, na celkovou modernizaci. A tak se spoléhá na to, že si s provedenými úpravami vystačíme navždy.

Ovšem promyšlenou rekonstrukcí s pomocí inteligentních prvků komunikace a řízení minimalizujeme budoucí provozní náklady a využijeme stávající napájecí infrastrukturu. Ta poslouží jako datový propoj pro komunikaci s řídicím systémem (modemy na napájecí síti a inteligentní řízení ve svítidle). Celková flexibilita tím vzroste a není prakticky omezena.

Hlavní zdroje energetických úspor

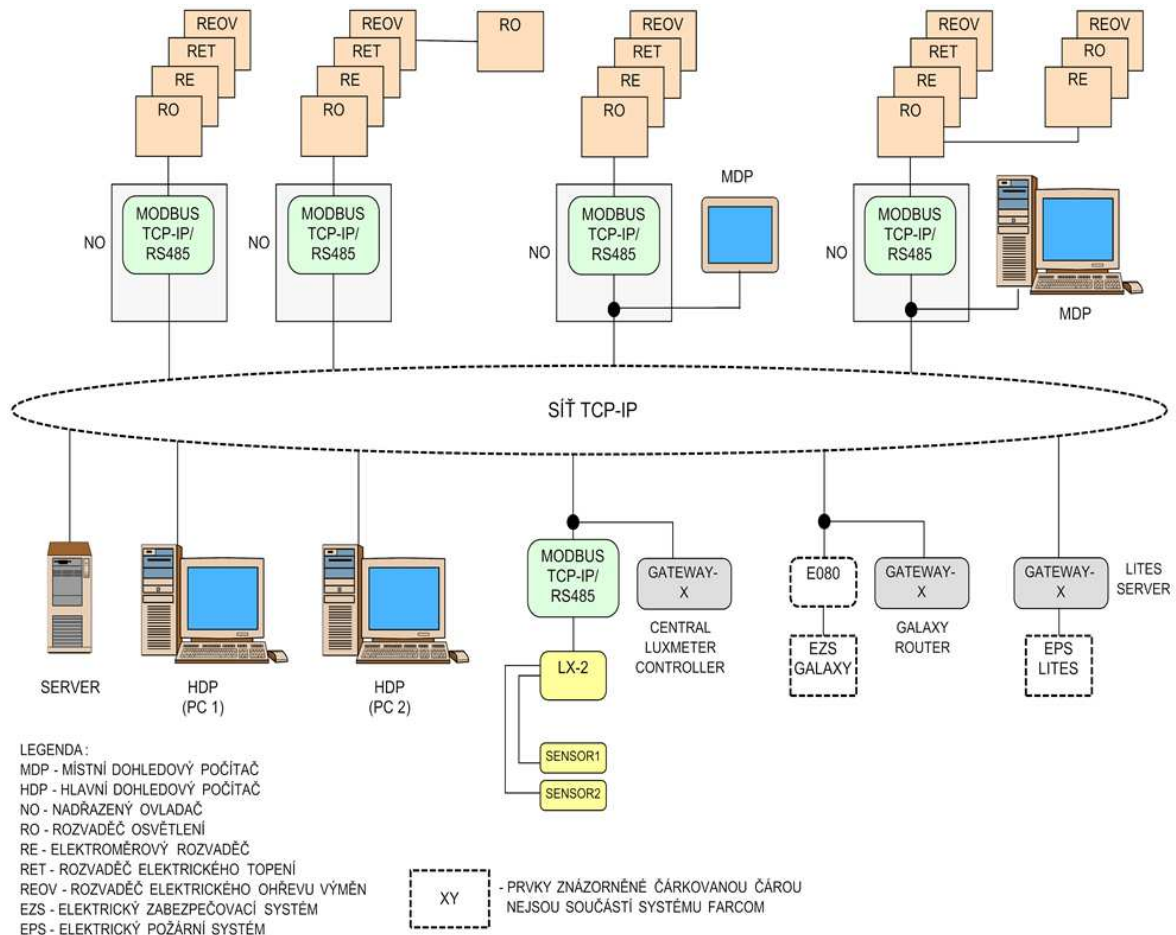
- volba adekvátního zdroje svícení a jeho ergonomické rozmístění
- technologie elektronického předřadníku
- časově závislé plánované řízení svítu podle okolních světelných podmínek (sluneční kalendář)
- kontextové řízení (svítí se tam, kde se nastupuje nebo pracuje)

Použité systémy

Pro realizaci systémů vzdálené měření osvětlení a ovládání svítidel je použit systém FARCOM a moduly MPM, které jsou schopny autonomního provozu.

Systém FARCOM

Název systému FARCOM je zkratka anglických slov FAR off COntrol and Monitoring. Jedná se o elektronický systém dálkového ovládání, řízení a monitorování činnosti elektrických zařízení. Primárně je určen pro železniční stanice ČD. FARCOM je decentralizovaný řídicí systém, jehož základní bloková architektura je znázorněna na následujícím obrázku.



• Obr. Základní architektura

Oblasti využití vzdáleného monitoringu a ovládání jsou tyto

- Osvětlení (měření intenzit a ovládání svítidel)
- EOV - Elektrický ohřev výměn
- elektrické vytápění v objektech
- EZS - elektrická zabezpečovací signalizace
- EPS - elektrická požární signalizace
- odečet spotřeby elektrické energie
- další (binární vstupy a výstupy z jiných technologií)

Moduly MPM

Modul MPM (Multi Purpose Module) je víceúčelový modul sloužící pro automatické ovládání, monitoring a pro komunikační účely na rozhraních RS485 a RS232.

Existují v několika modifikacích

- MPM-L (Light) - pro osvětlení
- MPM-R (Railheat) - pro elektrický ohřev výměn
- MPM-H (Heat) - pro vytápění budov
- MPM-S (Switch) - pro speciální komunikační účely

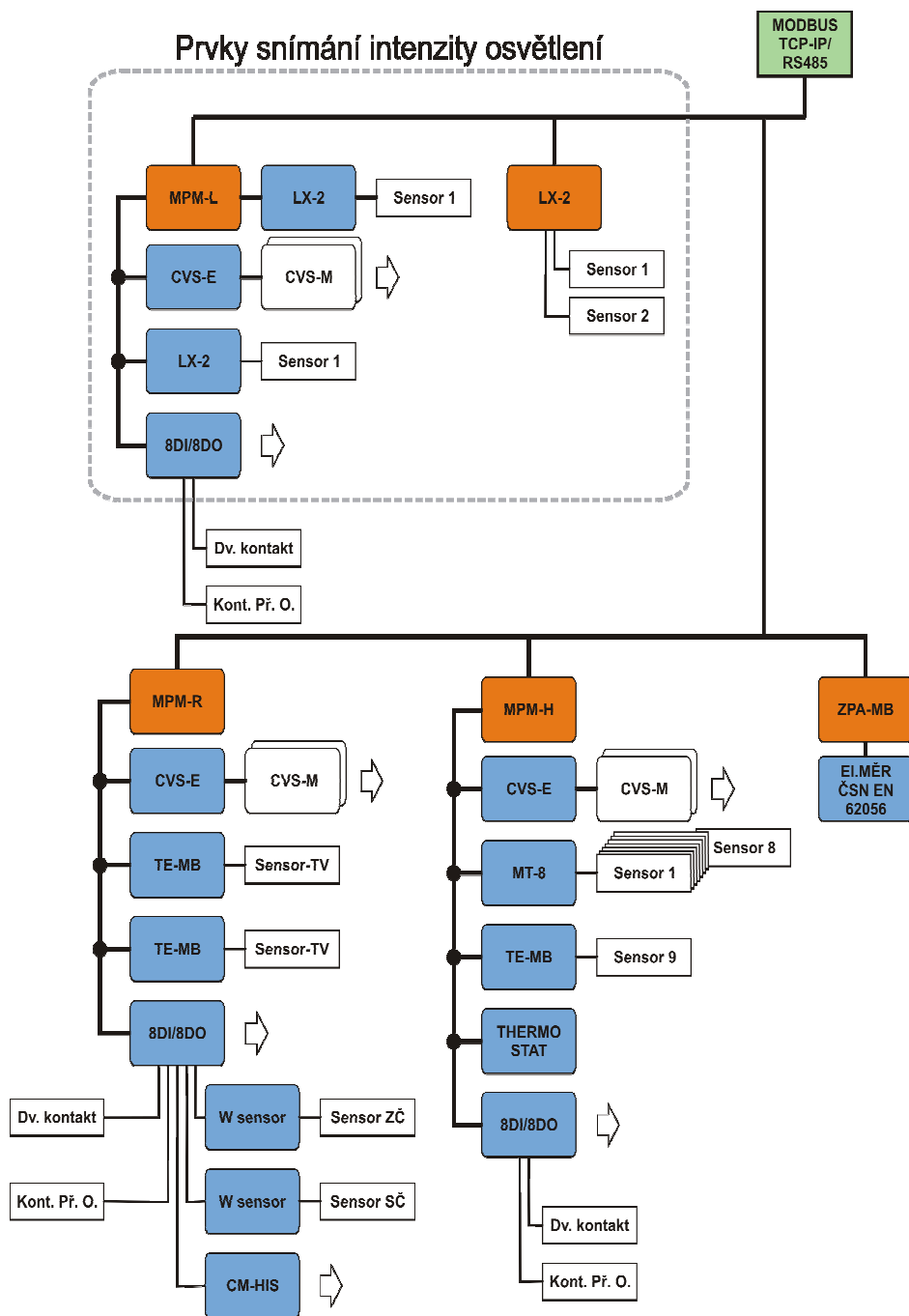
Moduly řeší autonomní automatické ovládání a monitoring jednotlivých zařízení, měření senzorů a komunikace s nadřizovanými a podřizovanými systémy.

Protože moduly pracují zcela autonomně, jejich řídicí algoritmus je nutné parametrizovat. To se provádí přes počítač nebo tester. V aplikacích, kde se nepočítá s napojením rozváděčů (resp. MPM) k dohledovému počítači, je možná plná konfigurace pomocí notebooku se servisním programem.

MPM je vybaven jedním komunikačním portem 10 Base-T Ethernet, třemi komunikačními sériovými porty EIA/TIA485 a třemi EIA/TIA232. Komunikační rychlost pro porty 1 a 2 je 9600-19200 bit/s a pro port 3 je 4800-9600 bit/s.

Komunikační protokol odpovídá standardu MODBUS. Dále jsou k dispozici dva binární vstupy a dva binární výstupy. BCD přepínači se nastavuje adresa modulu pro komunikaci. MPM obsahuje také obvod reálného času se zálohovaným napájením.

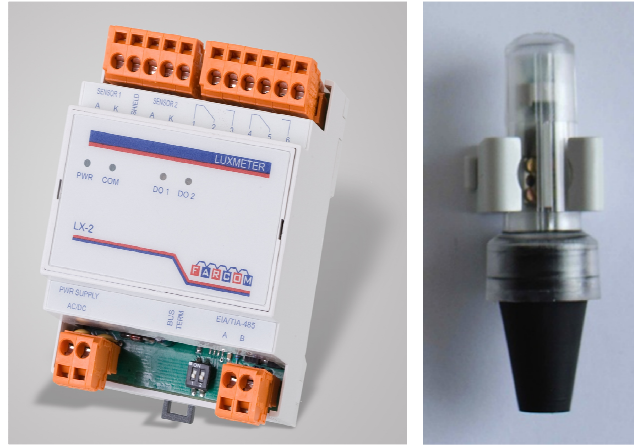
Tento modul je plně funkční i při ztrátě komunikace s nadřazeným prvkem. MPM umožňuje při ztrátě komunikace s dohledovým počítačem nastavení základních funkcí potřebných k činnosti.



• Obr. Začlenění MPM-L do systému

Měření osvětlení

Pro funkci měření intenzity osvětlení slouží digitální luxmetr LX-2. Ten lze použít jak v budovách, halách, tak i ve venkovních prostorách, např. nástupištích, zhlavích. Je multifunkční, může být použit jako centrální snímač intenzity osvětlení (a předávat informace až 16 různým MPM-L), jako místní snímač osvětlení (připojuje se pouze jeden) a jako soumrakový spínač (2 ks snímače a 2 přepínací kontakty, nastavení skrz ovládací SW). Jeho měřicí rozsahy jsou 10-500 lx a 300 - 200 000 lx (případně jiné). Pro instalaci se používá kabely délky až 30 m, typ MK2. Systém je možné osadit dvěma snímači a tím zvýšit jeho pohotovost. Komunikace probíhá standardem MODBUS ASCII po lince RS485.



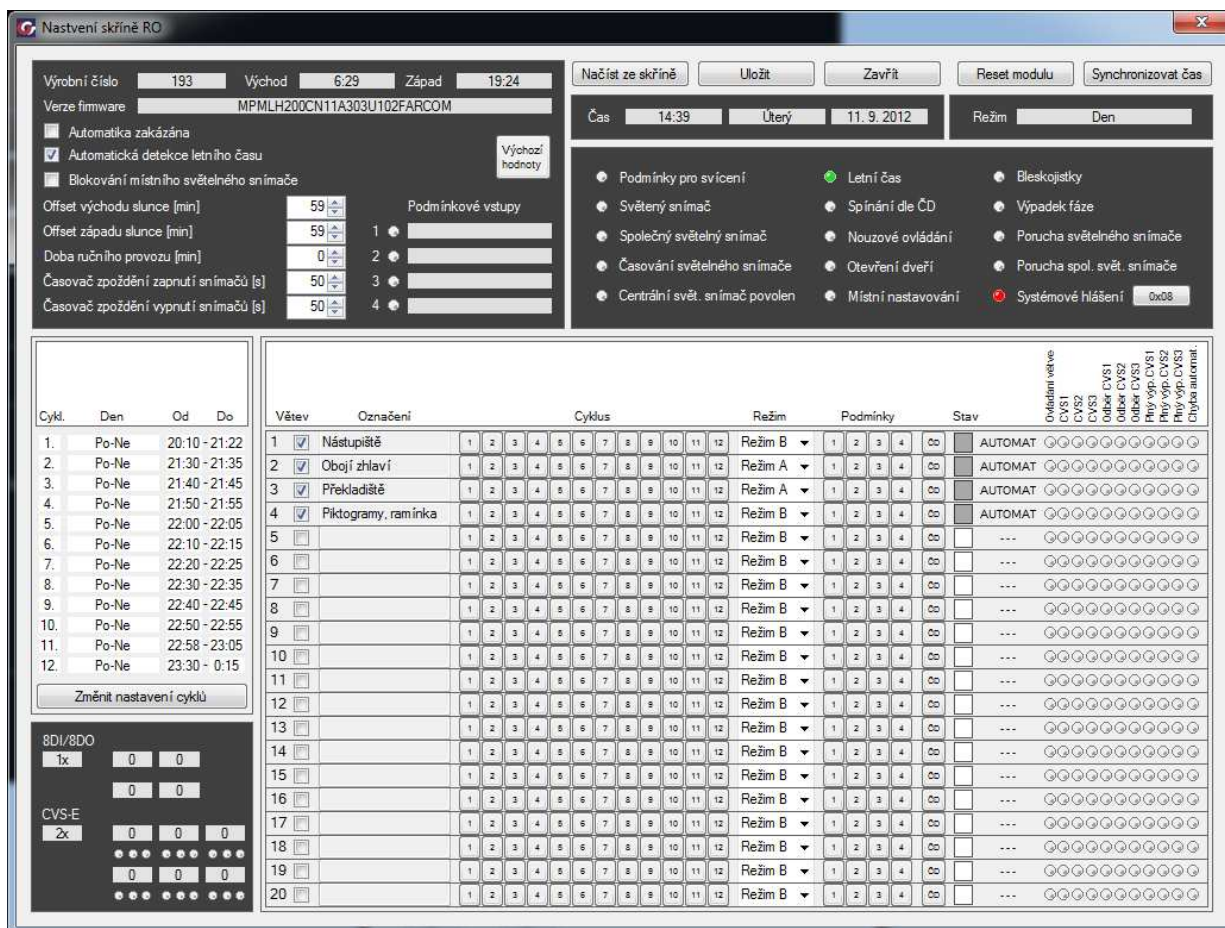
• Obr. Vyhodnocovací jednotka a snímač LX-2

Režimy řízení osvětlení

Pro nastavení funkce celého systému slouží tzv. „okno technika“. Po jeho vybrání z nabídky v ovládacím SW systému Farcom máme k dispozici přehled konfigurace, detailní informace o stavech jednotlivých větví a další hlášení o poruchách. Toto okno nám umožňuje i aktivní zásah, např. změnu nastavení nebo přímé ovládání větví.

V konfiguraci nalezneme

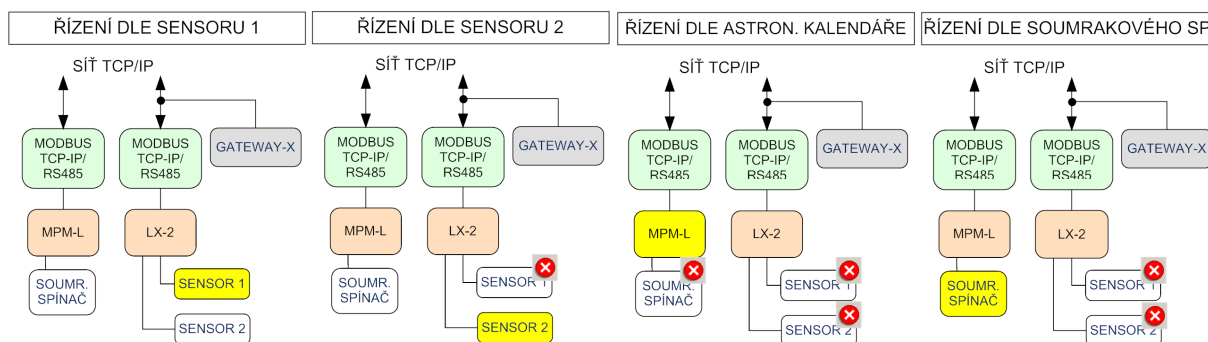
- cyklus = označení ve kterých časových cyklech bude daná větev spínána automatikou
- ruční provoz = doba po které budou ručně zapnuté větve opět zařazeny do automatického provozu
- časovač zpoždění snímačů určuje dobu po kterou musejí být snímače v ustáleném stavu, aby je automatika vyhodnotila
- tlačítko pro blokování funkce světelného snímače - aktivaci řízení dle astronomického kalendáře
- offset východu a západu slunce - časový interval kolem astronomického východu a západu slunce, kdy není vyhodnocována porucha soumrakového spínače
- harmonogram spínání osvětlení
- režim významu soumrakového spínače v souvislosti s aktivním časovým cyklem a zvolených podmínkových vstupech. Režim
 - o A - pro spínání větve se nevyhodnocuje indikace den/noc, větev bude sepnuta, pokud bude aktivní zvolený podmínkový vstup nebo časový cyklus modulu
 - o B - větev bude ve dne zapnuta, pokud budou aktivní zvolené podmínkové vstupy nebo časové cykly, v noci zapnuta vždy
 - o C - větev bude ve dne vždy vypnuta a v noci bude zapnuta, pouze pokud budou aktivní zvolené podmínkové vstupy nebo časové cykly



• Obr. Náhled okna technika

Předávání řízení osvětlení

Pro řízení osvětlení je důležité si určit, z jakého zdroje informací (nastavení) budeme čerpat a kdo vydá povel k rozsvícení. Systém je hierarchický a redundantní. To znamená, že existuje několik úrovní řízení, které se v případě poruchy zastupují a jsou navzájem kompatibilní.



• Obr. Strukturované řízení – redundance

Inteligentní systémy řízení

Inteligentní zdroje osvětlení

V nových konstrukcích zdrojů osvětlení jsou již delší dobu ve větší míře instalovány elektronické prvky. V první řadě to jsou elektronické předřadníky. Tyto systémy nám slouží k účinnému využití světelných zdrojů a elektrické energie.

Elektronický předřadník

Je důležité zmínit, co pod pojmem elektronický předřadník rozumíme. Není to pouze přímá náhrada za tlumivku a startér, ale rovněž zdroj konstantního proudu pro napájení LED, světelného zdroje dnes velmi diskutovaného.

Elektronický předřadník skýtá několik předností. Například použitím elektronického předřadníku se zbavíme nutnosti instalovat velké tlumivky (podle instalovaného výkonu svítidla) a startérů. Tím klesá hmotnost a zastavěný objem a cena spojená s cenou mědi. Rovněž spotřeba oproti klasickým konstrukcím klesá o více jak 20%.

Souhrn obecných výhod

- menší hmotnost
- nižší příkon předřadníku
- účinník blízký 1
- start bez blikání a rychlé opětovné starty (výjimky)
- prodloužení životnosti trubic
- vyšší pracovní frekvence a tak menší stroboskopický efekt

V případě rozšířeného návrhu, kdy konstruktér uvažuje začlenit prvky zvyšující užitnou hodnotu předřadníku třeba osazením mikroprocesoru, komunikačních sběrnic, přináší výsledný produkt nové způsoby použití.

Rozšířené výhody

- možnost řízeného stmívání
- autodiagnostika a monitorování provozu
- komunikace s okolím
- autonomnost

I přes veškeré vyjmenované výhody, je nutné počítat i s druhou stranou mince. Veškerá modernizace, je přímo závislá na integraci polovodičových součástek, vyžaduje si použití širšího spektra jiných prvků, které jsou vystaveny velmi nepříznivým klimatickým vlivům.

Nevýhody

- vyšší pořizovací cena (při menších výkonech)
- větší pravděpodobnost poruchy (větší počet zdrojů poruch)
- různé komunikační protokoly

Komunikační standardy

V současné době se nabízí použití několika standardů, pro řízení svítidel

- Analog 1-10 V – malé celky s jednoduchým ovládáním
- DALI – nejmodernější ovládání, lze integrovat do technologického celku řízení
- Touch – jedním spínačem zapínané a vypínané i s regulací jasu
- Kombinované – funkce postupného rozsvěcování podle pohybu osob a vozidel

Tyto protokoly, resp. standardy, vyžadují nutnou přítomnost souběžného komunikačního vedení. To tvoří další část nákladů a v některých situacích je jejich dodatečná instalace nemožná nebo přinejmenším problematická.

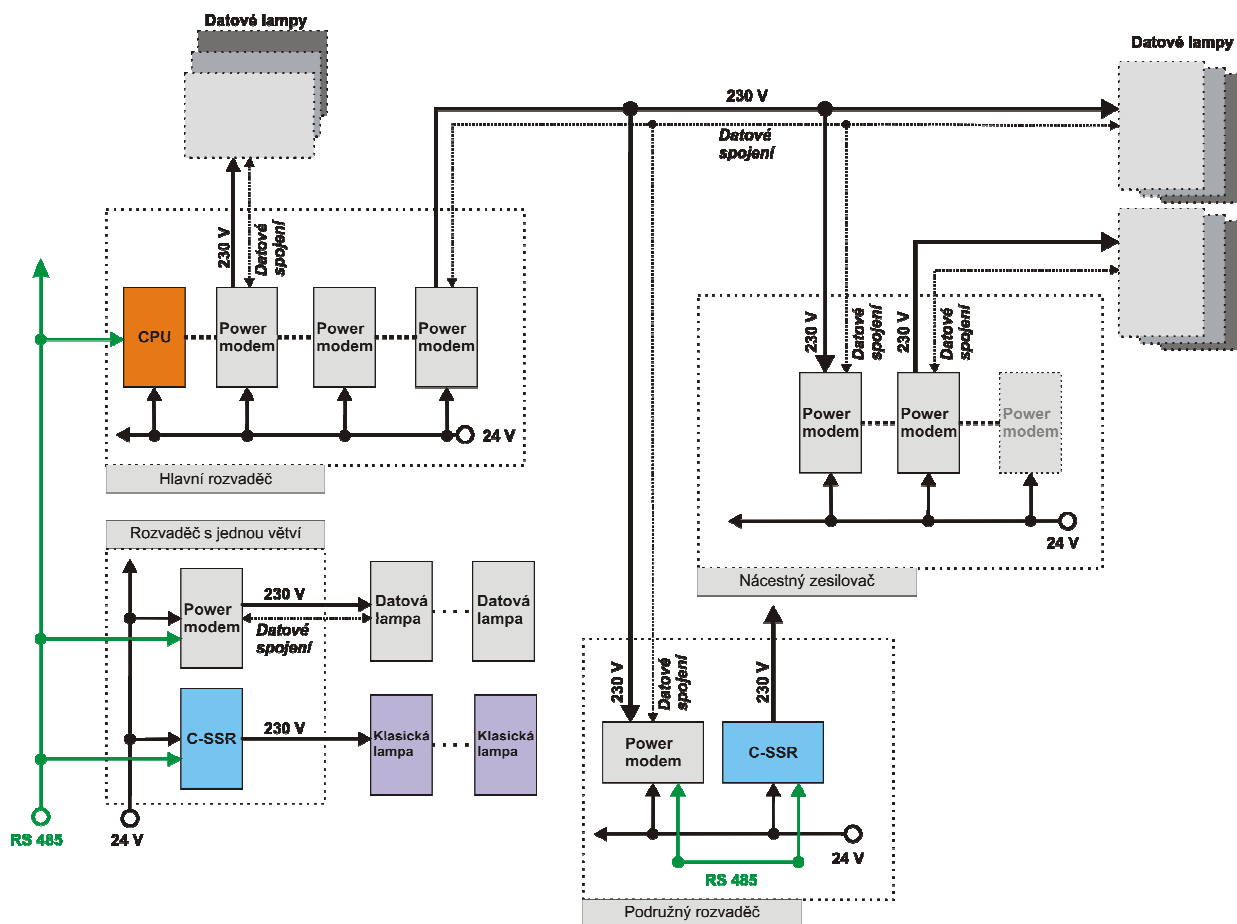
Komunikace po napájení

V situaci kdy máme stanici, kterou je nutné z části rekonstruovat a vybudovat nový zdroj osvětlení, musíme uvažovat nad budoucím rozšířením, přidáním dalších větví, změnou v řízení a to v delší časové perspektivě. Pokud je kladen požadavek na výlučné ovládání určených větví, je nutné při stávající technologii natažení

dalšího výkonového kabelu a další s tím spojené práce. Tím narůstají náklady a užitná hodnota instalace zůstává prakticky nezměněná. Dodatečné změny jsou rovněž těžko proveditelné.

Pokud ovšem změním koncept řízení z výkonového ovládání na sofistikovanou aplikaci modemů, které komunikují po napájecí síti, získáme tím mnoho výhod:

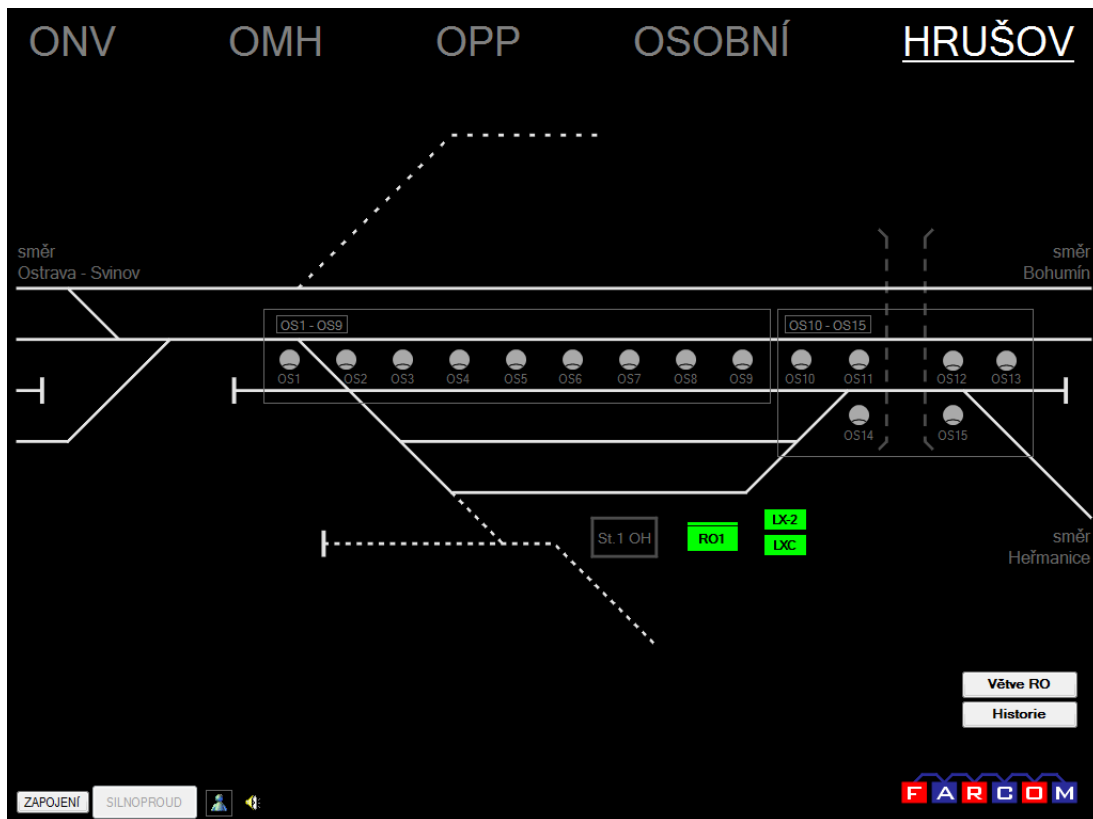
- využití velké části výkonového vedení pro napájení i komunikaci
- minimální stavební úpravy
- libovolná kombinace skupin svítidel
- nastavitelné zdroje řízení
- technické omlazení svítidel



• Obr. Struktura propojení rozvaděčů s modemy

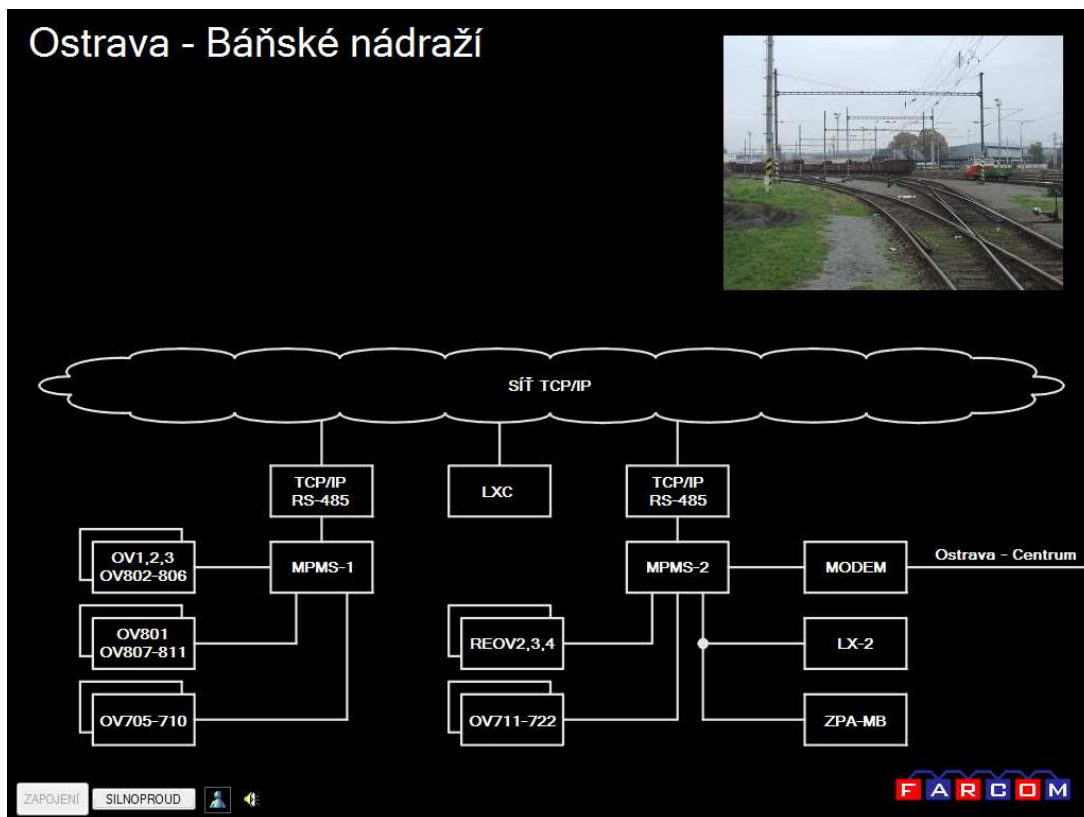
Dohledový systém

Software instalovaný na PC, který je připojen v intranetové síti nebo má sdílené spojení s touto sítí, poskytuje obsluhu, servis a dalším uživatelům náhled nad stavem technologického celku, možnost měnit nastavení (po autorizovaném přihlášení), výpis provozní historie a poruchových hlášení. Na obrázku vidíme příklad názorného zobrazení stavu ve stanici Ostrava-Hrušov.



• Obr. Dohledový systém v Ostrava-Hrušov

Struktura komunikačních vazeb, které slouží pro monitoring a sběr dat, je na následujícím obrázku.



• Obr. Dohledový systém v Ostrava – Báňské nádraží



- Obr. Pohled do nastavovacího rozhraní LX-2

Závěr

Systém Farcom je pro řízení osvětlení použit ve více než cca 30 železničních stanicích. To dokazuje, že toto řešení řízení osvětlení má své místo v praxi a že ho lze i nadále rozvíjet. Existují rovněž další možnosti využití luxmetru s datovým výstupem v jiných oblastech, v průmyslu, v montážních halách, na veřejných prostranstvích.

Poděkování

Tento projekt TA01031231 probíhá za finanční podpory z veřejných prostředků prostřednictvím Technologické agentury České republiky. Hlavním řešitelem projektu je Trakce, a.s., dalším řešitelem projektu je VŠB Technická Univerzita Ostrava.

Literatura a odkazy

- [1] Firemní literatura, technické podmínky systému Farcom
- [2] Webové stránky www.farcom.cz a www.trakce.cz

Kritický pohľad na fotometrické a energetické požiadavky na osvetlenie vnútorných pracovísk

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.¹ – Ing. Michal Barčík¹

¹ Slovenská technická univerzita v Bratislave, FEI, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava

1. Úvod

Jedným z najdôležitejších aplikácií svetelnej techniky je nepochybne osvetlenie pracovísk. Kvalita osvetlenia má zásadný vplyv na kvalitu výstupov práce, produktivitu aj efektivitu. Kvalita osvetlenia sa však nevyjadruje len merateľnými parametrami osvetlenia, determinujú ju aj hygienické, energetické či dokonca estetické hľadiská. Je pochopiteľné, že normy týkajúce sa osvetlenia pracovísk prechádzajú neustále novelizáciou. Jednak to súvisí so zásadami v CEN, že normy budú podliehať pravidelným revíziám, jednak ako dôsledok technologického vývoja v oblasti svetelnej techniky.

Tento príspevok sa zaoberá analyzovaním vybraných najnovších požiadaviek, ktoré vyplývajú z normy pre vnútorné pracoviská: **STN EN 12464-1:2012** „Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovísk. Časť 1: Vnútorné pracoviská.“ Nová norma platí na Slovensku v podstate od 1. decembra 2011, sprvu však bola dostupná len v anglickej verzii, keďže spracovanie takejto dôležitej normy prekladom vyžadovalo adekvátny čas. Určitým dôvodom bola aj potreba zosúladenia terminológie s novou terminologickou normou STN EN 12665, ktorá nasledovala s menším časovým odstupom a bude vydaná v novembri 2012. Takto norma STN EN 12464-1 v slovenskej verzii platí od 1. marca 2012.

Príspevok sa upriamuje na nové normatívne požiadavky, ktoré z hľadiska praktickej aplikácie predstavujú technický problém príp. môžu viesť k energeticky a nákladovo neefektívne predimenzovaným osvetľovacím sústavám. Tvrdenia sú podložené aj praktickými modelovými príkladmi a v niektorých prípadoch už overené aj pri praktickej realizácii osvetľovacích sústav.

2. Rozloženie jasov a odrazivosti hlavných povrchov miestnosti

Rozloženie jasov v zornom poli má vplyv na úroveň adaptácie oka (a tým aj na viditeľnosť zrakovej úlohy) aj na zrakovú pohodu. Na vytvorenie dobre vyváženého rozloženia jasov treba zohľadniť jas všetkých povrchov v miestnosti na základe ich odrazivosti a osvetlenosti. Na zvýšenie adaptačných úrovní a zrakovej pohody užívateľov je potrebné, aby povrchy v miestnosti boli svetlé. Platí to predovšetkým pre steny a strop. Projektant osvetlenia musí zvážiť a zvoliť vhodné odrazivosti a osvetlenosti povrchov. Pre hlavné difúzne povrchy interiérov sa odporúča voliť hodnoty z tabuľky 1, ktorá uvádza aj porovnanie s predchádzajúcou verziou normy. Všimnime si, že sa zvýšila predovšetkým spodná hranica odrazivosti stropu a stien. Niekedy sa požiadavky na svetlé miestnosti môžu stretnúť s protichodnou požiadavkou architektonického návrhu, najmä v pracovno-reprezentatívnych priestoroch. Treba si však uvedomiť, že osvetlenie pracoviska je predovšetkým technickým osvetlením. Pri návrhu osvetlenia odrazivosti nie sú projektantovi známe – ale je jeho úlohou definovať v technickej správe mantinely pre povrchy, ktoré potom treba dodržať aj pri realizácii.

Tab. 1 Odporúčané odrazivosti pre hlavné povrchy v miestnosti

Povrch	Doteraz (od 2004)	Odteraz (od 2012)
Strop	0,6 - 0,9	0,7 - 0,9
Steny	0,3 - 0,8	0,5 - 0,8
Podlaha	0,1 - 0,5	0,2 - 0,4
Objekty	0,2 - 0,6	0,2 - 0,7

Na návrh osvetlenia sa u nás najčastejšie používa softvér DIALUX. Pri založení nového projektu v tomto programe sú štandardné nastavenia odrazivosti interiéru nasledovné: strop **0,70**, steny **0,50**, podlaha **0,20**. Porovnajme to s tabuľkou 1 – je to spodná hranica odporúčaných intervalov! Zo skúseností vyplýva, že väčšina projektantov tieto hodnoty ponecháva bez zmeny. Pritom odrazivosti majú zásadný vplyv na energetickú hospodárnosť osvetlenia. Na druhej strane treba ale varovať aj pred príliš optimistickými odrazivosťami, ktoré keď sa pri realizácii nedodržia, môžu viesť k neuveriteľným problémom pri hygienickej kontrole osvetlenia meraním. Pri kvalite dnešných náterov sa dá odporúčať skôr stred uvedených rozsahov: strop **0,80**, steny **0,65**, podlaha **0,30**. Pri stenách sa nižšou hodnotou zohľadňujú tieto predpoklady:

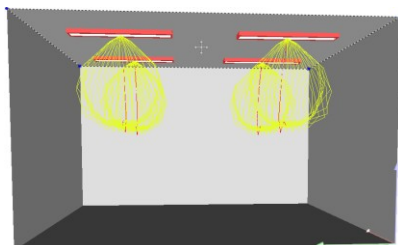
- časť steny, približne do polovice až 2/3 výšky zaberá nábytok, ktorý má nižšiu odrazivosť
- na odraz svetla od svietidiel má najväčší účinok horná 1/3 steny, ktorá zvyčajne nie je zakrytá nábytkom alebo iným objektom

Treba ale upozorniť, že na jednej stene sú zvyčajne okná, ktorými svetlo môže vychádzať von z priestoru. Pre túto stenu treba voliť adekvátne nižšiu odrazivosť. Treba pritom zohľadniť použitie závesov alebo žalúzií, ktoré pri prevádzke umelého osvetlenia v čase bez denného svetla bránia tomuto prestupu.

Vplyv odrazivosti na výsledné parametre osvetlenia, a tým aj na energetickú efektívnosť sústavy môžeme demonštrovať na nižšie uvedenom príklade. V príklade uvažujeme fixnú typológiu svietidiel (obr. 1) a ich počet a skúmame rozdiel v osvetlenosti. Pevný výber svietidiel je zárukou zachovania účinnostných parametrov osvetľovacej sústavy (merný výkon svetelných zdrojov, optická účinnosť žiariviek). Alternatívne by sa dali porovnávať rôzne riešenia osvetlenia pomocou rôznych typov svietidiel pri daných odrazivostiach povrchov tak, aby sa optimalizovali investičné a prevádzkové náklady (vrátane energií, t.j. s dopadom na energetickú efektívnosť sústavy), nevýhodou tohto postupu je ale premenlivosť účinnosti použitých prostriedkov. Tento postup bude realizovaný a hodnotený v ďalších pripravovaných publikáciách.

PRÍKLAD 1:

Kancelária 5 x 5 m, výška 3 m, MF = 0,80, w = 0,5, $h_{TA} = 0,75$, $E_m = 500$ lx

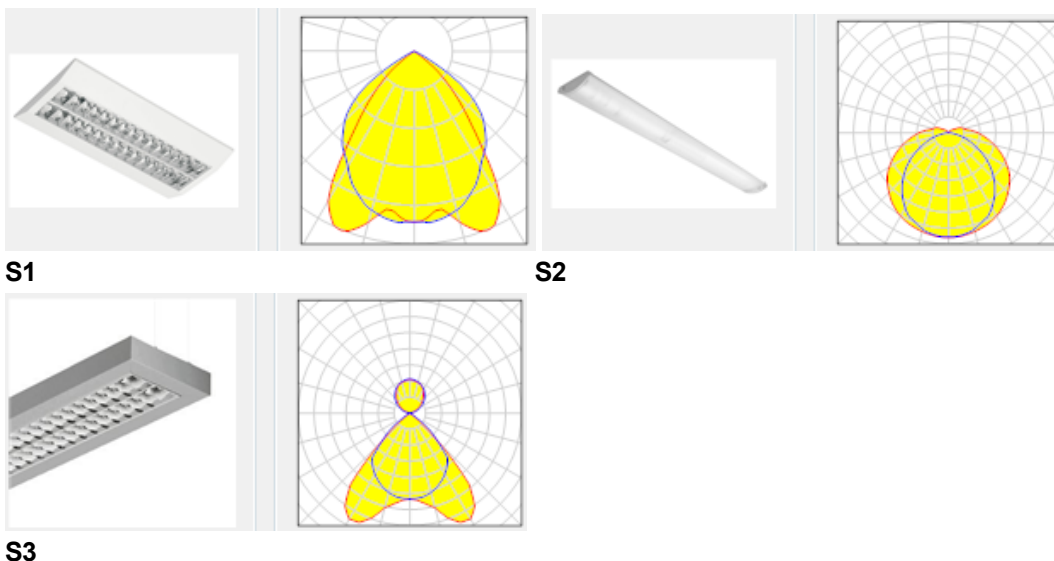


Typológia svietidiel:

S1: 4 ks svietidiel 2x49W, MIRO4 mriežka, priame rozloženie toku, stropné

S2: 4 ks svietidiel 2x49W, prizmatický difúzor, prevažne priame rozloženie toku, stropné

S3: 4 ks svietidiel 2x49W, mriežka, zmiešané rozloženie toku, závesné 0,5 m



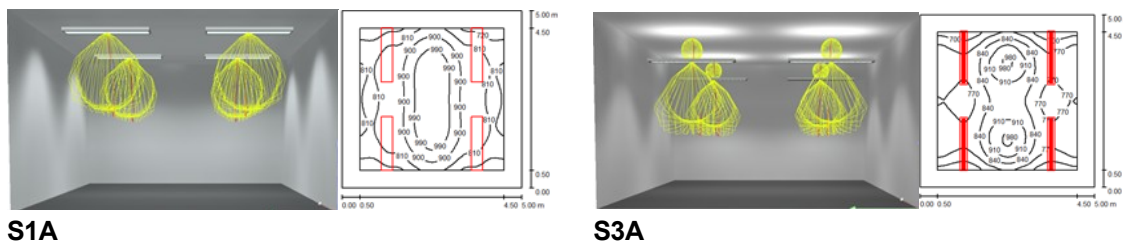
Obr. 1 Typológia použitých svietidiel

Varianty odrazivosti:

A: Strop/steny/podlaha = 0,70 / 0,50 / 0,20 (spodná normatívna hranica)

B: Strop/steny/podlaha = 0,80 / 0,65 / 0,30 (hodnoty odporúčané autorom príspevku)

C: Strop/steny/podlaha = 0,90 / 0,80 / 0,40 (horná normatívna hranica)



Obr. 2 Príklady výsledkov modelových výpočtov

Tab. 2 Výsledky výpočtu intenzity a rovnomernosti osvetlenia pre rôzne modelové varianty

Variant	E_m (lx)	U_o (-)
S1A	864	0,747
S1B	969	0,789
S1C	1184	0,834
S2A	721	0,797
S2B	870	0,837
S2C	1163	0,894
S3A	812	0,797
S3B	930	0,828
S3C	1165	0,864

Tab. 3 Výsledky porovnania intenzity osvetlenia pre rôzne modelové varianty

Variant	B – A (%)	C – A (%)
S1	10,8	27,0
S2	17,1	38,0
S3	12,7	30,3

Výsledky výpočtu sú v tabuľkách tab. 2 a tab. 3. Z výsledkov vyplýva, že v rámci normou vymedzeného intervalu rozdiely predstavujú okolo 30 % a pri svietidlách s difúzorom môžu byť takmer 40 %. Zaujímavejšie je však porovnanie variant A a B. Ak pri návrhu osvetlenia bude ponechaná spodná hranica uvádzaná v norme, pričom reálne hodnoty by zodpovedali odporúčaným, rozdiely sú väčšie ako 10 %. To je nezanedbateľné predimenzovanie osvetlenia. Rozdiely sú výraznejšie pre systémy so svietidlami s difúzorom.

3. Požiadavky na osvetlenie hlavných povrchov miestnosti

Úplne novou normatívnou požiadavkou je posúdenie osvetlenosti a rovnomernosti osvetlenia na hlavných povrchoch miestnosti – t.j. na stenách a strope. Požiadavky uvádza tabuľka 4. Cieľom požiadavky je, aby zrak pracovníkov nebol namáhaný veľkými kontrastmi, aby v priestore nevznikal tzv. „tunelový efekt“, keď sú stropy príliš tmavé. Požiadavka je to preto prirodzená, ale znevýhodňuje priame osvetlenie napr. stropnými mriežkovými svietidlami. Osvetlenie stropov sa dá zvýšiť použitím závesných svietidiel, tieto však nie je možné použiť vždy. A použitie svietidiel s difúzormi naráža na problém požiadavky na zábranu oslnenia pri $UGR_L = 19$.

Tab. 4 Normatívne požiadavky na osvetlenosť a rovnomernosť osvetlenia na hlavných povrchoch miestnosti

Povrch	Udržiavaná osvetlenosť E_m (lx)	Rovnomernosť osvetlenia U_o (-)
Všeobecné priestory		
Strop	> 30	$\geq 0,10$
Steny	> 50	$\geq 0,10$
Niektoré uzavreté priestory: kancelárie, vzdelávacie a zdravotnícke zariadenia, vstupné haly, chodby, schodiská		
Strop	> 50	$\geq 0,10$
Steny	> 75	$\geq 0,10$

Dopad požiadaviek môžeme opäť demonštrovať na príkladoch. V prvom rade môžeme overiť hodnoty parametrov pre kanceláriu z vyššie uvedeného Príkladu 1. Výsledky uvádza tab. 5 pre strop, pre steny je situácia priaznivejšia. S rovnomernosťou evidentne nie sú problémy a takisto intenzita osvetlenia spĺňa požadované limity.

PRÍKLAD 1:

Tab. 5 Vypočítané hodnoty udržiavanej osvetlenosti stropu pre modelové varianty

Variant	Osvetlenosť			Rovnomernosť osvetlenia		
	A	B	C	A	B	C
S1	131	237	438	0,71	0,74	0,82
S2	262	399	662	0,66	0,74	0,84
S3	389	496	705	0,33	0,42	0,58

Pozrime sa však na miestnosti s nižšou návrhovou osvetlenosťou ako sú napr. chodby:

PRÍKLAD 2:

Chodba 2,5 x 10 m, výška 3 m, MF = 0,80, w = 0, $h_{TA} = 0$ (podlaha), $E_m = 100$ lx

Typológia svietidiel: identický typový a príkonový rad ako v príklade 1, svietidlá sú však jednodrožové

Varianty odrazivosti: identické s príkladom 1

Tab. 6 Výsledky výpočtu intenzity a rovnomernosti osvetlenia pre rôzne modelové varianty

Variant	E_m (lx)	U_o (-)
S1A	159	0,56
S1B	186	0,61
S1C	239	0,69
S2A	84	0,61
S2B	106	0,67
S2C	150	0,72
S3A	148	0,47
S3B	177	0,55
S3C	234	0,63

Na hodnotenie osvetlenia stropu je potrebné poznať aj intenzitu osvetlenia podlahy ako pracovnej roviny, na ktorú sa viaže návrhová osvetlenosť. Výsledky výpočtu osvetlenosti na pracovnej rovine sú v tab. 6 a na strope v tab. 7.

Tab. 7 Vypočítané hodnoty udržiavanej osvetlenosti stropu pre modelové varianty

Variant	Osvetlenosť			Rovnomernosť osvetlenia		
	A	B	C	A	B	C
S1	29	53*	101	0,67	0,72	0,81
S2	37	58	100	0,51	0,59	0,70
S3	96	121	171	0,23	0,34	0,50

* Spĺňa podmienku 50 lx, ale pri takmer dvojnásobne predimenzovanom osvetlení (186 lx), keď typy a počty svietidiel sú fixované

Z výsledkov vyplýva, že požadovanú osvetlenosť 50 lx na strope pri odporúčaných odrazivostiach povrchov nie je možné splniť bežnými stropnými (alebo vstavanými) mriežkovými svietidlami a pri nižších odrazivostiach dokonca ani svietidlami s difúzorom! Jediným riešením ostáva použitie závesných svietidiel, čo je však v prípade chodieb nereálna technická požiadavka.

Problém spočíva v tom, že predpísané sú absolútne hodnoty osvetlenosti stropu a stien. Je prirodzené, že na zabezpečenie podmienok videnia potrebujeme určité absolútne hodnoty, treba si ale uvedomiť, že oko osvetlenosť aj tak nevníma, vníma jasy. V prípade kancelárií môže byť aj požadovaná hodnota 50 lx málo oproti osvetleniu daného priestoru. Zrejme by bolo vhodnejšie definovať požiadavky na osvetlenie stropu percentuálne z požadovanej osvetlenosti zrakovej úlohy v danej miestnosti (návrhové kritérium). Ak takéto podielové odvodenie takisto nie je plne vyhovujúce, bolo by vhodné stanoviť požiadavky na osvetlenosť stropu individuálne pre každú úroveň intenzity osvetlenia z normalizovaného radu.

Táto nová požiadavka kladie zvýšené požiadavky na spracovanie projektovej dokumentácie. Čo však vôbec nie je jasné, ako sa tieto požiadavky budú v praxi overovať meraním. Predovšetkým meranie osvetlenosti na strope môže znamenať vážne technické problémy! A ak by sa nemalo merať, potom daná normatívna požiadavka nemá zmysel, nikto by ju v skutočnosti nedodržiaval. Každá požiadavka musí byť určitým spôsobom overiteľná.

4. Farba svetla svetelných zdrojov

Pre farbu svetla podľa rozsahu náhradnej teploty chromatickosti norma STN EN 12464-1:2012 definuje nové termíny (tabuľka 8), ktoré keďže nie sú predmetom terminologickej normy STN EN 12665:2012 ani Medzinárodného svetelnotechnického slovníka CIE ILV, touto normou sa prakticky zavádzajú. Nová terminológia prináša do názvov farby svetla logiku. Pre informáciu uvedme, že doteraz používané názvy boli: teplobiela, biela a denná. Nové znenie dostali tieto pojmy aj v anglickom origináli, ktoré sa ale odlišujú od doterajších prístupov.

Tab. 8 Klasifikácia svetelných zdrojov podľa farby svetla

Farba svetla	Náhradná teplota chromatickosti T_{CP}
Teplá biela	do 3 300
Neutrálna biela	3 300 až 5 300
Studená biela	nad 5 300

5. Cylindrická osvetlenosť

Dobrá vizuálna komunikácia a potreba rozpoznania objektov v priestore vyžadujú, aby bol dobre osvetlený celý objem priestoru, v ktorom sa ľudia pohybujú alebo pracujú. To znamená zabezpečiť adekvátnu úroveň udržiavanej cylindrickej osvetlenosti E_z v mieste aktivity vnútorného priestoru:

- $E_z \geq 50 \text{ lx}$, $U_0 \leq 0,10$ na horizontálnej rovine v určitej výške nad podlahou (napr. 1,2 m pre sediace a 1,6 m pre stojace osoby)
- $E_z \geq 150 \text{ lx}$, $U_0 \leq 0,10$ v priestoroch, kde je dôležitá dobrá vizuálna komunikácia (najmä v kanceláriách, zasadačkách, vzdelávacích zariadeniach atď.)

Opäť ide o úplne novú požiadavku, doteraz sa cylindrická osvetlenosť v interiéroch neposudzovala (vo verejnom osvetlení sa v určitých prípadoch posudzuje semicylindrická osvetlenosť). Pre projektanta to znamená nové hľadisko, ktoré musí brať do úvahy, nová položka v dokumentácii atď. Požiadavky nie sú veľmi prísne, ak je na osvetlenie priestoru použitých radšej viac svietidiel s menším príkonom. To je ale protichodné s požiadavkami na energetickú hospodárnosť a na optimum ekonomických nákladov. Problém splniť túto požiadavku sa však dá očakávať len v náročných prípadoch.

Čo však problém skutočne je, že softvér DIALUX v aktuálnej verzii 4.10 (2012) nemá túto požiadavku implementovanú. Projektant nemá ako tento parameter spočítať!

6. Energetické hľadiská

Zhora požiadavky na osvetlenosť nie sú priamo obmedzené. Norma STN EN 12464-1 však požaduje, aby spotreba energie na osvetlenie bola čo najnižšia, pričom priamo odkazuje na normu STN EN 15193 pre energetickú hospodárnosť osvetlenia v budovách. Nízka energetická náročnosť osvetľovacej sústavy sa má dosiahnuť voľbou energeticky efektívnych technológií, využitím denného svetla, reguláciou osvetlenia v závislosti od obsadenosti atď., zásadne nie na úkor požadovaných parametrov osvetlenia. Energetická náročnosť osvetľovacej sústavy sa posudzuje prostredníctvom číselného ukazovateľa LENI.

7. Udržiavací činiteľ

Udržiavací činiteľ sa musí vypočítať pre zvolené svetelnotechnické zariadenia, dané prostredie a stanovený plán údržby. Udržiavací činiteľ pre umelé osvetlenie interiérov sa určuje postupom podľa CIE 97:2005. Norma teraz priamo cituje túto CIE publikáciu ako návod na stanovenie udržiavacieho činiteľa. To v praxi znamená, že projektant osvetlenia musí mať túto publikáciu legálne zaobstaranú!

Udržiavací činiteľ MF má zásadný vplyv na energetickú účinnosť osvetľovacej sústavy. Predpoklady použité na stanovenie hodnoty MF musia byť optimalizované tak, aby viedli k vysokým hodnotám MF. Pri použití softvéru DIALUX treba dať pozor na implicitne nastavené hodnoty. Stanovenie MF sa musí opierať o údaje výrobcov svetelných zdrojov a svietidiel. Keďže ide o možný potenciál úspor, Európska komisia udelila mandát CEN na spracovanie normy, ktorý by riešila zložku udržiavacieho činiteľa súvisiaceho so znečistením svietidiel LMF. Predpokladá sa, že výskumy realizované v 60-tych rokoch 20. storočia sú výrazne odlišné od súčasných podmienok pracovného prostredia.

8. Fotometrické požiadavky na vybrané prípady

Predpísané hodnoty priemernej horizontálnej prípadne vertikálnej osvetlenosti E_m pre konkrétny druh vykonávanej práce sú dané tabuľkovou formou, a to vrátane hodnoty oslnenia vyjadrenej prostredníctvom činiteľa UGR, minimálneho vyžadovaného indexu farebného podania svetelných zdrojov R_a a ďalších špecifických požiadaviek. Požiadavky sa zásadne nelíšia od predchádzajúcej verzie normy, všimnime si však dve exponované prípady uvedené v tabuľke 9.

Tab. 9 Požiadavky na osvetlenie vybraných aplikácií

Typ miestnosti, úlohy alebo činnosti	E_m (lx)	UGR _L (-)	U_0 (-)	R_a (-)
Šatne, umývárne, kúpeľne, toalety	200	25	0,40	80
Čierna, biela a zelená tabuľa	500	19	0,70	80

8.1 Toalety

O potrebe osvetlenia 200 lx na toaletách sa diskutuje už dlhšie. Má ísť o toalety ako miestnosti určené aj na úpravu zovňajšku, t.j. časť miestnosti so zrkadlami. Boli však spracované aj projekty, kde bola táto požiadavka splnená v kabínkach označených ako WC a v časti so zrkadlami, ktorá bola označená ako chodbová časť, bola návrhová osvetlenie zvolená iba 100 lx – v úplnom protiklade. Nová norma, žiaľ, neprináša do tejto aplikácie žiadny rozumný poriadok. Požiadavky (vrátane 200 lx osvetlenia) totiž **platia pre každú samostatnú toaletu, ak je zo všetkých strán uzavretá (stenami)**. To znamená aj malé WC miestnosti do 1 m². Naopak, spoločné WC s kabínkami, ktoré majú spoločný strop (obr. 3) a pomocou žiarivkových svietidiel nie je problém požiadavky splniť, nevyhovujú uvedenej definícii!



Obr. 3 Spoločné WC (vľavo) a kabínkové WC (vpravo)

8.2 Školské tabule

Ďalší rozpor s logikou predstavujú školské tabule, po anglicky „blackboard“. Vertikálna osvetlenie 500 lx sa prakticky nedá rozumne dosiahnuť pomocou jednozdrojových asymetrických svietidiel. Dvojjdrojové svietidlá tohto druhu sú raritou, pretože nie je konštrukčne jednoduché dva zdroje umiestniť v takejto optike. Pozrime sa však na to, aké opodstatnenie má požiadavka na 500 lx: zohľadnime veľkosť kritického detailu, druh a veľkosť kontrastu. Iná bude situácia pri čiernej alebo tmavozelenej tabuli, po ktorej sa píše bielou kriedou, ako pri bielej tabuli, po ktorej sa píše čiernou fixkou. Tmavá tabuľa je určite neefektívna, pohlcuje značnú časť svetelného toku. Ak však na úroveň 500 lx osvetlíme bielu tabuľu, v zornom poli žiakov sa budú nachádzať neúmerne vysoké jasy, ktoré budú výrazne oslňovať. Aký význam má požadovať v triede UGR 19 pre osvetľovaciu sústavu, keď oslnenie vytvoríme na tabuľi?



Obr. 2 Pôvodné osvetlenie tmavozelenej tabule žiarivkovým reflektorovým svietidlom

Nová norma exaktne zaklincovala status quo: k čiernej tabuli sa pridala aj tabuľa zelená (angl. „greenboard“) a biela (angl. „whiteboard“). To je priam popretie logiky, oko predsa vníma jasy a nie osvetlenie! To nie je len teória, nedávno rekonštruované osvetľovacie systémy v triedach s bielou tabuľou tak osľujú, že nové osvetlenie tabule sa prakticky nepoužíva! A musíme dodať, že pomocou nainštalovaných svietidiel sa ani nedosahuje požadovaných 500 lx!



Obr. 3 Nové osvetlenie bielej tabule žiarivkovým svietidlom s asymetrickou optikou

Záver

Nová norma na osvetlenie vnútorných pracovísk priniesla celý rad nových normatívnych požiadaviek. Ako sa však zdá, dobrý úmysel nevedol vždy k racionálnym záverom. Výsledkom je, že v praxi bude problém splniť všetky normatívne požiadavky adekvátnym technickým riešením.

Môžeme sa opýtať, či tvorcovia normy vykonali dostatočný počet vzorových výpočtov, či zvažili všetky možné následky. Ale predsa normy prechádzajú štandardným pripomienkovým konaním v rámci členov CEN a každý z nás má možnosť sa k návrhu normy vyjadriť. Na druhej strane je pravda, že problémy z textu normy nekričia, že prichádzajú postupne pri aplikácii normy v praxi. Tak vzniká námet na budúcu revíziu normy. Už dnes sa dá tohto procesu zapojiť. V CIE bola založená nová technická komisia TC3-53, ktorej úlohou je revízia normy CIE S 008 a jej čiastočná harmonizácia s EN 12464-1. Tu je možné problémy z praxe diskutovať, prispieť tak k novej kvalite normy CIE a následne ďalšej edícii EN 12464-1.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol s podporou Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky na základe zmluvy

VEGA 1/0988/12 „Energetická hospodárnosť osvetlenia v budovách“

Literatura a odkazy

1. Vyhláška MZ SR č. 541/2007 Z.z. o podrobnostiach o požiadavkách na osvetlenie pri práci v znení neskorších predpisov
2. STN EN 12464-1:2012 „Svetlo a osvetlenie. Osvetlenie pracovísk. Časť 1: Vnútorné pracoviská.“
3. STN EN 12665:2012 Svetlo a osvetlenie. Základné termíny a kritériá na stanovenie požiadaviek na osvetlenie
4. STN EN 15193:2008 Energetická hospodárnosť budov. Energetické požiadavky na osvetlenie
5. CIE 97:2005 Maintenance of Indoor Electric Lighting Systems (2nd edition)
6. CIE S 017/E:2011: ILV: International Lighting Vocabulary
7. Softvér DIALUX verzia 4.10, Dial 2012

Měření vlastností snímačů pro automatické vyhodnocování intenzity osvětlení

Roman Hrbáč, Ing. Ph.D., Václav Kolář, Ing. Ph.D., Tomáš Novák, Ph.D.

VŠB-TU Ostrava, roman.hrbac@vsb.cz, vaclav.kolar@vsb.cz, tomas.novak1@vsb.cz

Hlavním cílem příspěvku bylo provést ukázkou testování průmyslově vyráběných snímačů intenzity osvětlení. Účelem bylo nalezení vhodného snímače pro ovládání osvětlení, který by mohl být využíván systémem pro řízení železnic (FARCOM-ECO). Systém řízení osvětlení železnic bude pracovat plně automaticky, a to na základě předem naprogramovaných požadavků v závislosti na skutečné hodnotě osvětlenosti.

K orientačním měřením intenzity osvětlení se v současnosti velmi často používají snímače na bázi křemíkového snímače s PN přechodem (fotočlánky, fotodiody). Tyto detektory převádí viditelnou, či jinou část elektromagnetického záření na elektrický signál. Bohužel citlivost v ultrafialové a infračervené oblasti spektra je v tomto případě nežádoucí. Jako nejvhodnější řešení se nabízí odfiltrování nežádoucích složek spektra optickými filtry. Výroba takového snímače se však velmi prodražuje. Z toho důvodu budou v následujícím textu popisovány vlastnosti levných průmyslových snímačů bez dalšího optického přizpůsobení křivce citlivosti lidského oka.

Průmyslové snímače intenzity osvětlení MAX44009 a TSL2561

Moderní levné snímače využívají technologie se dvěma fotodiodami. Každá z nich má jinou spektrální citlivost. Kombinací těchto citlivostí se snímače snaží přiblížit křivce citlivosti lidského oka.

Nastíněné řešení snímání intenzity osvětlení nabízí například integrované obvody MAX44009 a TSL2561. Příklad spektrálních charakteristik těchto fotodiód implementovaných v jednom snímači je znázorněn na (Obr. 2a). Obě fotodiody mohou být implementovány na společném čipu včetně dalších elektronických obvodů, jenž umožní analogové, případně i digitální zpracování změřených signálů. Velkovýroba těchto průmyslových snímačů intenzity osvětlení velmi snižuje jejich konečnou cenu, která se zhruba pohybuje do 100 Kč.

V současné době se vyrábí se celá řada takovýchto snímačů intenzity osvětlení, některé s analogovým, jiné s digitálním výstupem. Primárně jsou tyto snímače určeny především do zařízení s LCD displeji pro automatické řízení jejich jasu v závislosti na intenzitě okolního osvětlení (notebooky, promítací přístroje, LCD, PDA, atd.). Lze je samozřejmě použít i pro jiné aplikace, například řízení osvětlení nebo informativní měření intenzity okolního osvětlení.

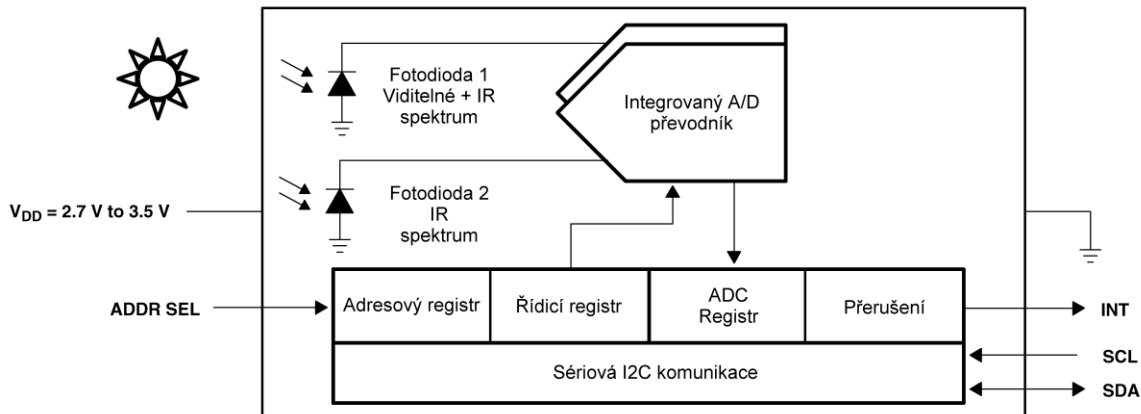
Z poměrně velkého výběru snímačů intenzity osvětlení jsme vybrali dva typy (TSL2561 a MAX44009), které se jeví vzhledem ke svým parametrům, jako nejvhodnější. Informace o intenzitě osvětlení se u obou těchto snímačů přenáší v digitální podobě prostřednictvím sériové I2C komunikace. Testy obou těchto snímačů jsme prováděli ve fotometrické laboratoři.

Snímač intenzity osvětlení TSL2561

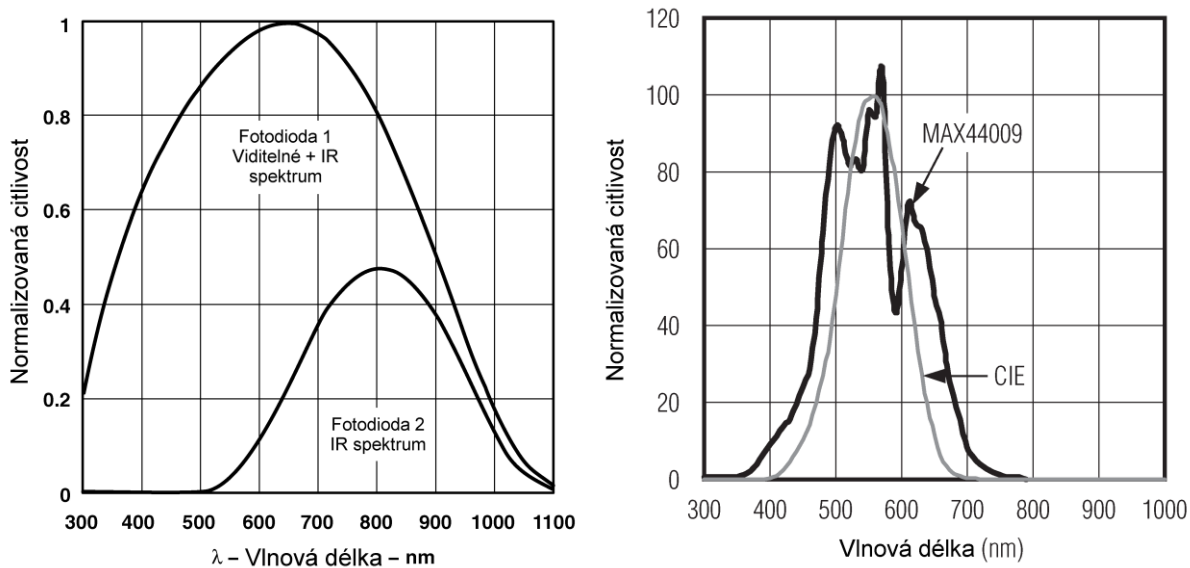
TSL2561 má dle výrobce rozsah přibližně od 0,01 lx (rozlišení AD převodníku) do 30 klx. Rozsah nelze stanovit zcela jednoznačně, protože záleží na spektru měřeného světla. Je zde možné modifikovat zesílení analogové části a volit integrační čas A/D převodníku. Takto lze nastavovat citlivost měření. Uvedený rozsah je zde maximální možná citlivost a maximální možný rozsah.

Výsledkem měření obvodu TSL2561 jsou dvě digitální hodnoty, z nichž každá pochází z jedné fotodiody s jinou spektrální citlivostí. Výsledná intenzita osvětlení se softwarově počítá v nadřazeném elektronickém systému podle algoritmu, jenž uvádí výrobce v katalogovém listu [1].

Funkční blokové schéma snímače intenzity osvětlení TSL2561 je uvedeno na Obr. 1. Spektrální charakteristiky snímače intenzity osvětlení TSL2561 z obou fotodiód jsou znázorněny na Obr. 2 (a).

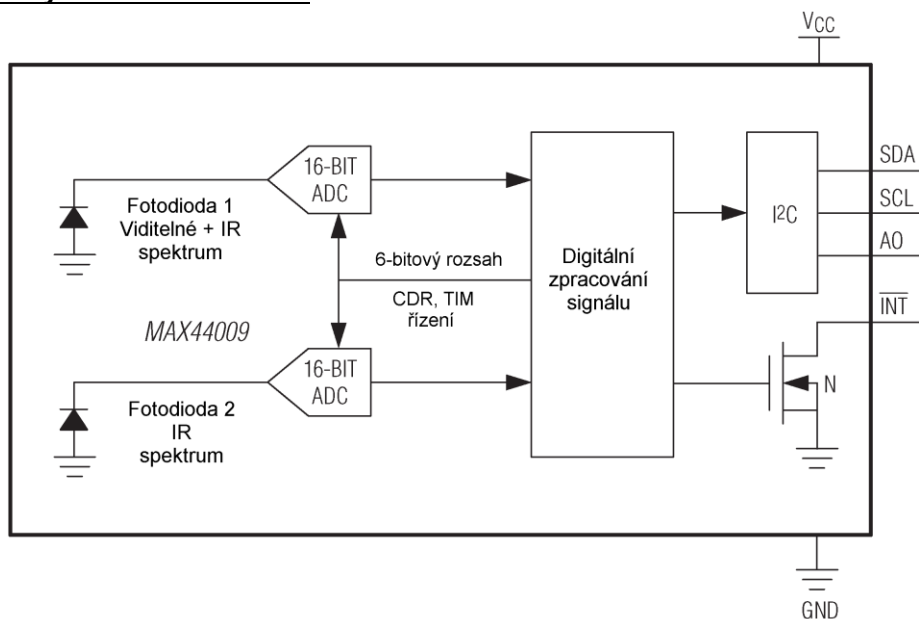


Obr. 1 Blokové schéma snímače intenzity osvětlení TSL2561



Obr. 2 Spektrální charakteristiky snímače intenzity osvětlení: (a) TSL2561, (b) MAX44009

Snímač intenzity osvětlení MAX44009



Obr. 3 Blokové schéma snímače intenzity osvětlení MAX44009

Snímač MAX44009 má rozsah od 0,045 lx (rozlišení A/D převodníku) do 188 klx. Umožňuje rovněž nastavit integrační čas A/D převodníku a poskytuje také automatický režim. Obvod MAX44009 provádí výpočet intenzity osvětlení v luxech automaticky a výsledek tvoří exponenciální číslo ve tvaru: $intenzita\ osvětlení = mantisa * 2^{exponent}$ (lx), kde mantisa je 8-bitová a exponent 4-bitový. Pro velký rozsah měřené veličiny je tento tvar vhodný [2]. Funkční blokové schéma snímače intenzity osvětlení MAX44009 je uvedeno na Obr. 3. Výsledná spektrální charakteristika snímače intenzity osvětlení MAX44009 je znázorněna na Obr. 2 (b).

Měření vlastností snímačů

Aby bylo možné provést měření snímačů, musel být zkonstruován testovací KIT (deska plošných spojů). Součástí testovacího KITU byl i luxmetr s označením Data Logger HK-01, který byl vyvinut vědeckými pracovníky na VŠB-TU Ostrava, FEI. Tento luxmetr vyhovuje třídě přesnosti B a při experimentálním měření sloužil jako kontrolní měřidlo. Jako hlavní měřidlo, k němuž byly vztaženy naměřené hodnoty, byl použit spektrofotometr JETI 1211. Kromě výše popsaných snímačů TSL2561 a MAX44009 byla na testovacím KITU umístěna ještě samostatná fotodiody BPW21 (nejnižší náklady na pořízení pro sériovou výrobu). Naměřené analogové veličiny fotodiody BPW21 byly následně analogově upraveny (operační zesilovač) a pomocí A/D převodníku zpracovávány mikrokontrolérem ATMEGA8. Pomocí tohoto mikrokontroléru byly rovněž zpracovány naměřené hodnoty ze snímačů TSL2561, MAX44009 a luxmetru HK-01.

První vlastnost snímačů, která byla ověřována, je jejich linearita a s ní související rozsah. Toto je základní vlastnost snímače a měla by být z výroby splněna. Při měření byla linearita ověřována tak, že na KIT s umístěnými snímači svítil bodový světelný zdroj (halogenová žárovka) s konstantním světelným tokem z proměnné vzdálenosti. U všech testovaných snímačů byla potvrzena lineární převodní charakteristika a bylo ověřeno, že platí převodní konstanty udávané výrobcem v celém jejich měřicím rozsahu.

Velmi další důležitou optickou vlastností jsou tzv. směrové charakteristiky, které ukazují, jak se mění citlivost snímače v závislosti na úhlu dopadajícího záření. Charakteristika směrové citlivosti snímačů by měla odpovídat kosinové závislosti. Snímač by tedy měl mít kosinovou charakteristiku. V ideálním případě by měla být směrová charakteristika stejná ve všech směrech (rotačně symetrická). Výrobci u všech testovaných snímačů směrové charakteristiky uvádějí. Tyto by se měly blížit kosinové charakteristice. Katalogové listy výrobců obou snímačů také uvádějí, že rotačně symetrická jsou.

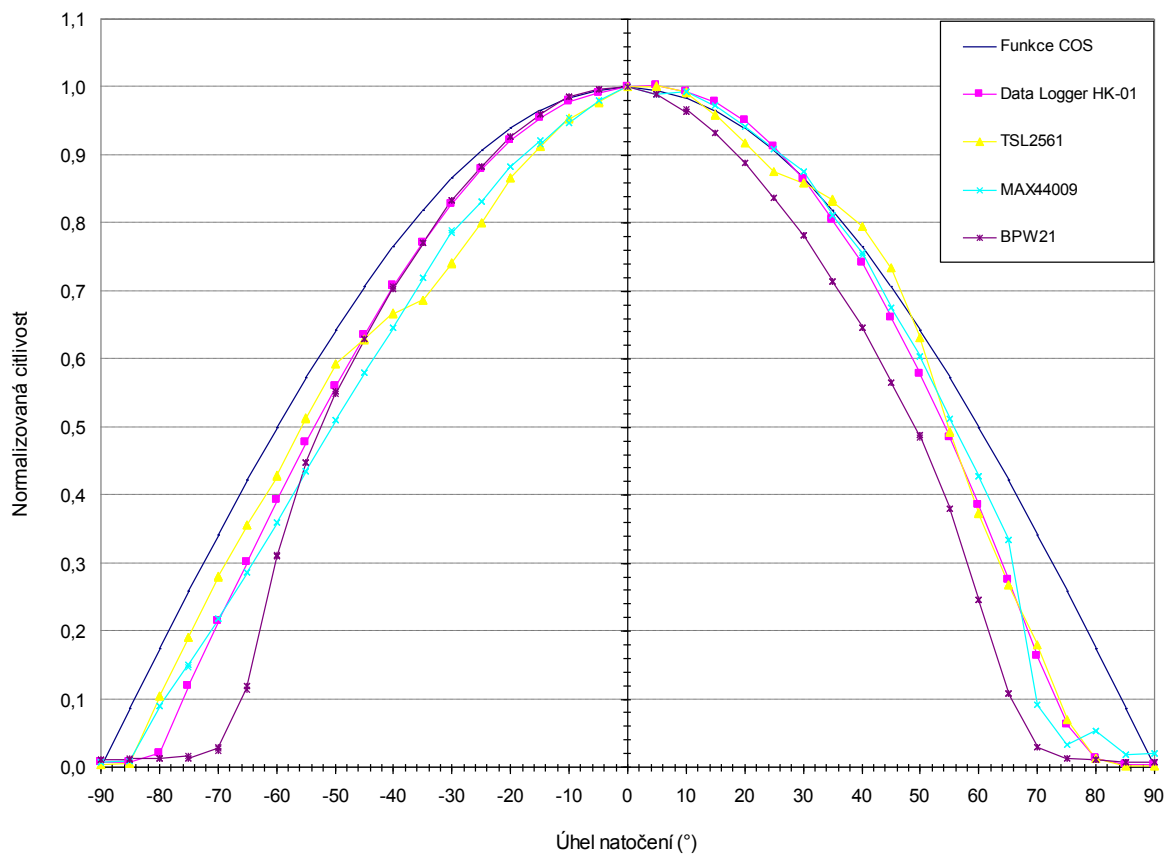
Měření směrových charakteristik bylo provedeno na fotometrické lavici tak, že KIT se snímači byl umístěn na goniometru, který s KITem otáčel kolem svislé (i vodorovné) osy s krokem natočení jeden stupeň. Jako světelný zdroj byla opět použita halogenová žárovka.

Z grafických výsledků je patrné (viz Obr. 4 a Obr. 5), že směrové charakteristiky snímačů se do značné míry blíží kosinové charakteristice. Naměřená směrová charakteristika u obvodu TSL2561 ukazuje, že není v obou osách shodná, což výrobce neuvádí. V dokumentaci k tomuto obvodu je uvedena pouze jediná charakteristika, ta je podobná té námi naměřené, která se více blíží funkci kosinus. Zdá se, že výrobce zde uvedl údaj, který je pro něho příznivější. Celkově se dá zhodnotit, že z hlediska směrových charakteristik všech námi testované snímače vyhovují požadovanému účelu orientačního měření.

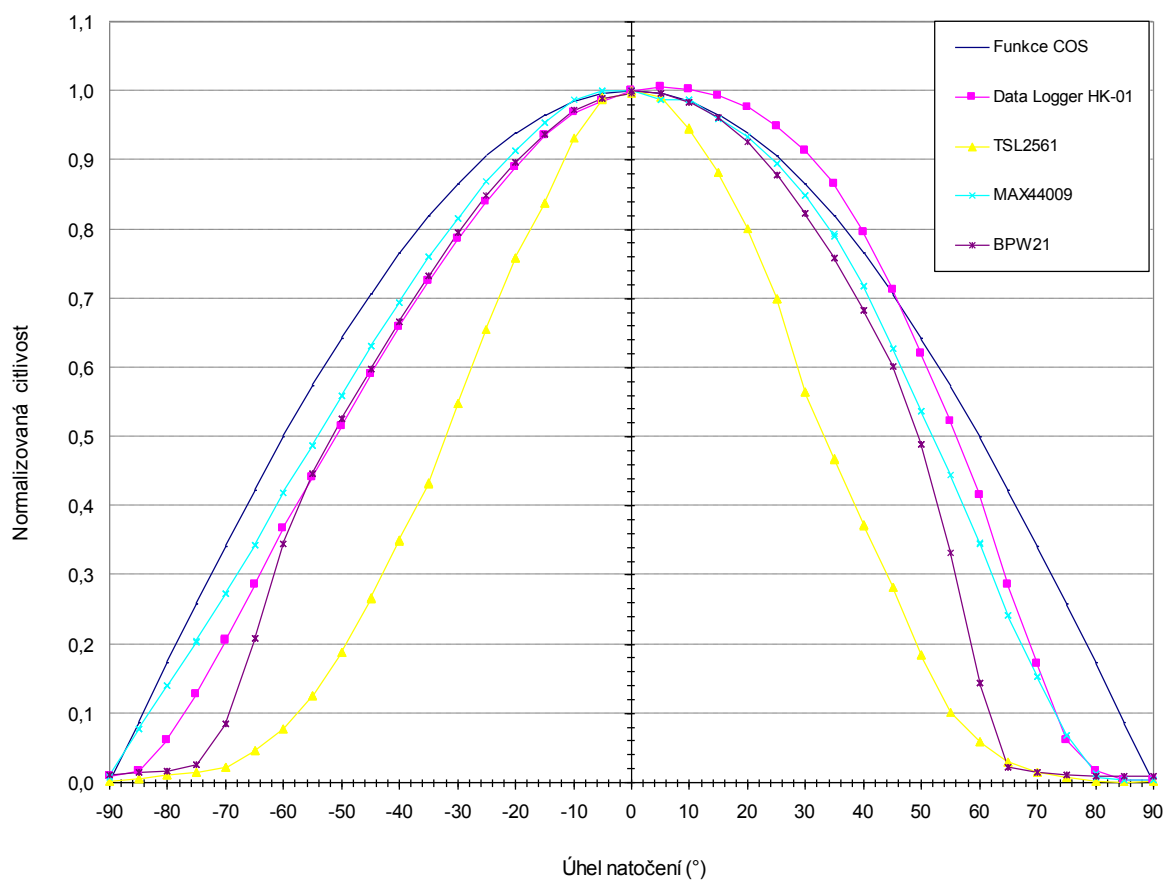
Poslední zkoumanou vlastností snímačů intenzity osvětlení byly jejich spektrální vlastnosti, které jsou důležité zejména z pohledu měření různých druhů umělých světelných zdrojů.

Měření spektrálních vlastností snímačů bylo provedeno pro několik typů vybraných světelných zdrojů, které by měly pokrýt portfolio nejčastěji prakticky používaných světelných zdrojů (žárovka, zářivka, LED a různé druhy výbojek). Každý světelný zdroj byl změřen z několika vzdáleností, aby bylo možné eliminovat nahodilé chyby.

Jako srovnávací měřidlo byl v tomto případě opět použit spektrofotometr Jeti 1211, který díky numerickému přepočtu křivky citlivosti lidského oka disponuje nejmenší spektrální chybou. Spektrofotometr Jeti 1211 je specifikován následujícími parametry: měřená vlnová délka 350 nm – 1000 nm, rozlišení vlnové délky 5 nm, pozorovací úhel 1,8°, 0,2 cd/m² – 7 000 cd/m², 2 lx – 50 000 lx, přesnost ± 0,7 nm, přesnost 2 % (1000 cd/m², 2856 K).



Obr. 4 Měření směrových charakteristik jednotlivých snímačů – horizontální osa natáčení



Obr. 5 Měření směrových charakteristik jednotlivých snímačů – vertikální osa natáčení

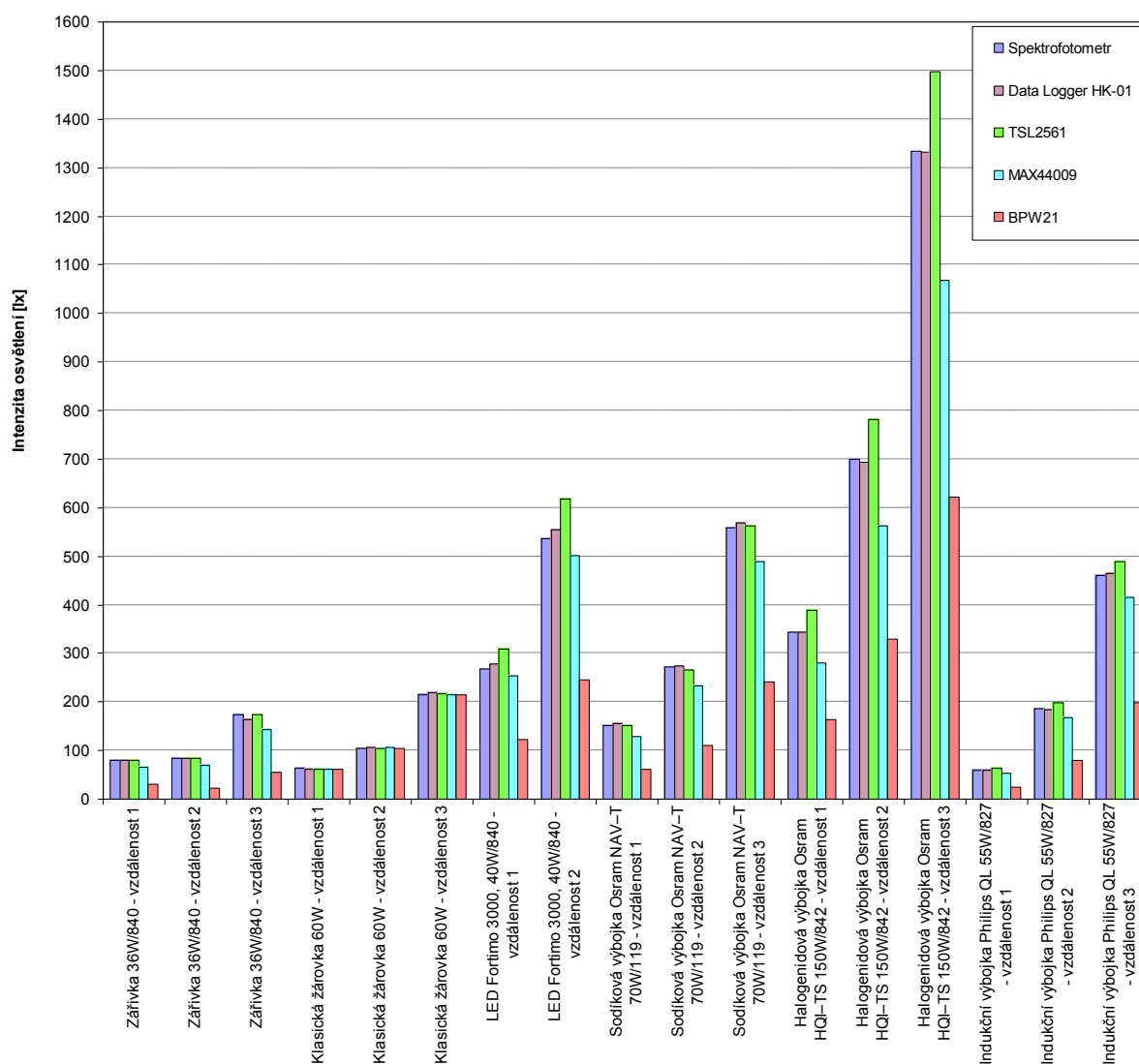
Výsledky měření snímačů pro zvolené světelné zdroje jsou znázorněny ve sloupcových grafech na Obr. 6. Procentuální vyjádření odchylky intenzity osvětlení je zobrazeno na Obr. 7.

Z výsledků měření lze vidět, že fotodioda BPW21 má velkou chybu a pro všechny druhy měřených světelných zdrojů s výjimkou klasické žárovky dosahuje více než 50 %. I pro praktické orientační měření osvětlení vygenerovaného z různých světelných zdrojů je tudíž nepoužitelná.

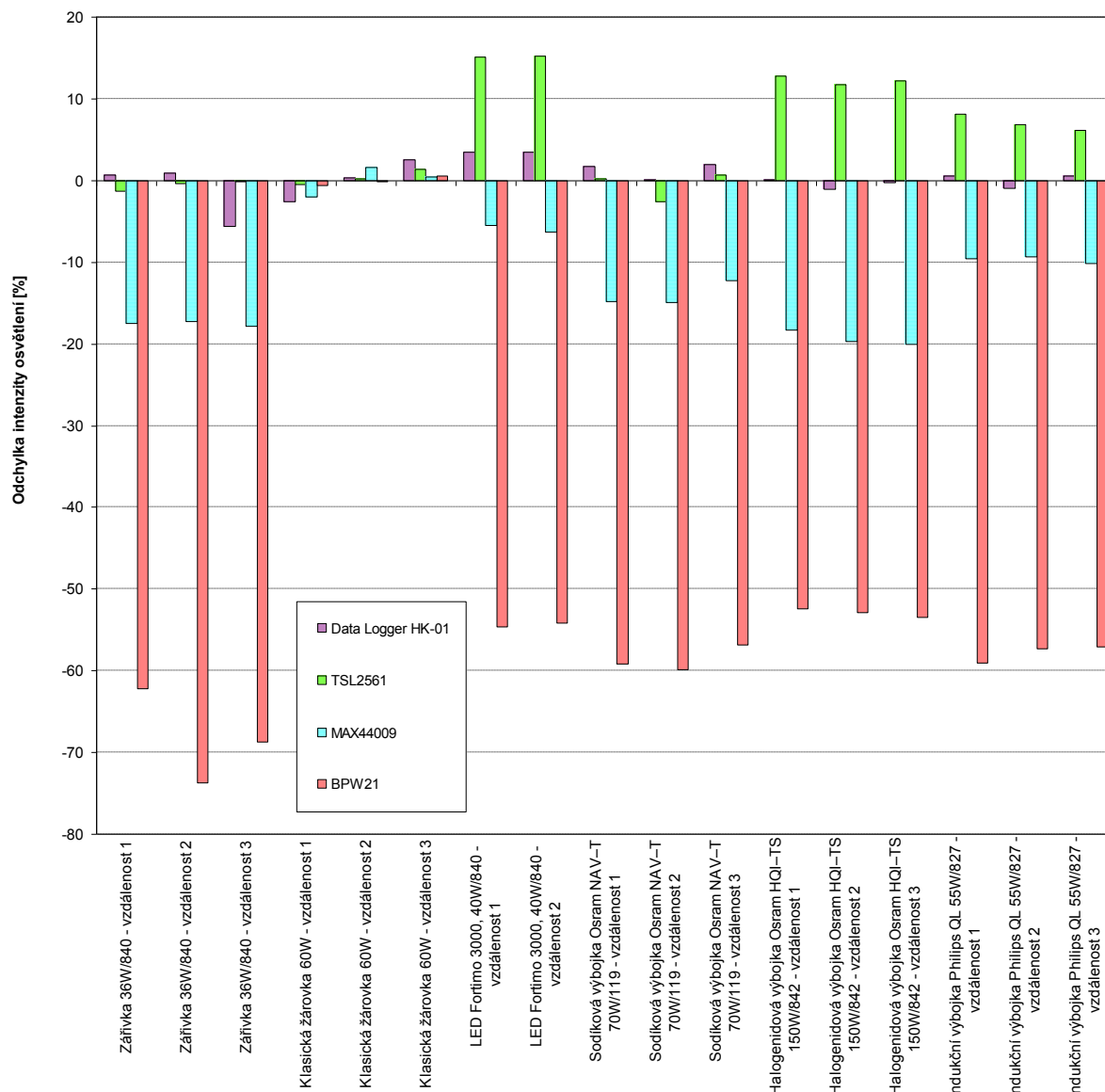
Luxmetr s označením Data Logger HK-01 dle očekávání disponoval pouze minimální spektrální chybou, což bylo způsobeno především tím, že obsahuje profesionálně vyrobené fotometrické čidlo s vestavěnými korekčními filtry. Vzhledem k tomu, že cena tohoto čidla je poměrně vysoká (cca 6000 Kč), tak také není vhodné pro použití v námi požadovaných aplikacích.

Integrovaný snímač TSL2561 má největší kladnou odchylku 15 % (LED Fortimo 3000, 40W/840) a největší zápornou odchylku -3 % (sodíková výbojka Osram NAV-T 70W/119). Integrovaný snímač MAX44009 má největší kladnou odchylku 2 % (klasická žárovka 60W) a největší zápornou odchylku -20 % (halogenidová výbojka Osram HQI-TS 150W/842).

Integrované snímače TSL2561 a MAX44009 nemají tak velkou odchylku jako fotodioda BPW21, což lze vysvětlit použitím dvou snímacích diod u těchto integrovaných snímačů a následným matematickým přizpůsobením křivce citlivosti lidského oka.



Obr. 6 Měření odezvy jednotlivých snímačů osvětlení na různé světelné zdroje



Obr. 7 Měření odezvy jednotlivých snímačů osvětlení na různé světelné zdroje s procentuálně uvedenou odchylkou intenzity osvětlení

Závěr

Příspěvek se zabýval měřením světelných charakteristik průmyslových snímačů intenzity okolního osvětlení MAX44009, TSL2561 a BPW21. Vhodnost použití těchto snímačů závisí především na konkrétních požadavcích na přesnost a rozsah měření. Snímač MAX44009 oproti snímači TSL2561 vynikal svým širokým rozsahem měření osvětlenosti, který se pohyboval od 0,045 lx do 188 klx.

Celkově se dá zhodnotit, že námi změřené směrové charakteristiky testovaných snímačů vyhovují požadovanému účelu a ztotožňují se směrovými charakteristikami udávanými výrobcem. Jen naměřená směrová charakteristika u obvodu TSL2561 ukazuje, že není v obou osách shodná, což výrobce neuvádí. Při měření spektrálních vlastností snímačů pro několik vybraných světelných zdrojů dosahoval nejmenší odchylky integrovaný snímač TSL2561 a největší fotodioda BPW21. Největší kladná odchylka snímače TSL2561 byla 15 % (LED Fortimo 3000, 40W/840) a největší záporná odchylka -3 % (sodíková výbojka Osram NAV-T 70W/119). Fotodioda BPW21 měla chybu měření pro všechny druhy vybraných svítidel s výjimkou klasické žárovky více než 50 %. Integrovaný snímač MAX44009 měl největší kladnou odchylku 2 % (klasická žárovka) a největší zápornou odchylku -20 % (halogenidová výbojka Osram HQI-TS 150W/842).

Přestože integrované snímače TSL2561 a MAX44009 nepodávají tak dobré výsledky jako klasické luxmetry, jsou pro méně náročné praktické aplikace přijatelné.

Poděkování

Tento článek byl podpořen projektem “Nové možnosti LED technologií v osvětlování,” SP 2012/160“ a projektem TAČR TA01031231, za podporu autoři děkují.

Literatura a odkazy

- [1] Texas Advanced Optoelectronic Solutions: TSL2561 - Light-to-Digital Converter, Datasheet PDF, pages 1-42; 11/09.
- [2] Maxim Integrated: MAX44009 - Ambient Light Sensor with ADC, Datasheet PDF, pages 1-20; Rev 0; 1/11, Maxim Integrated Products, CA 95134 USA.

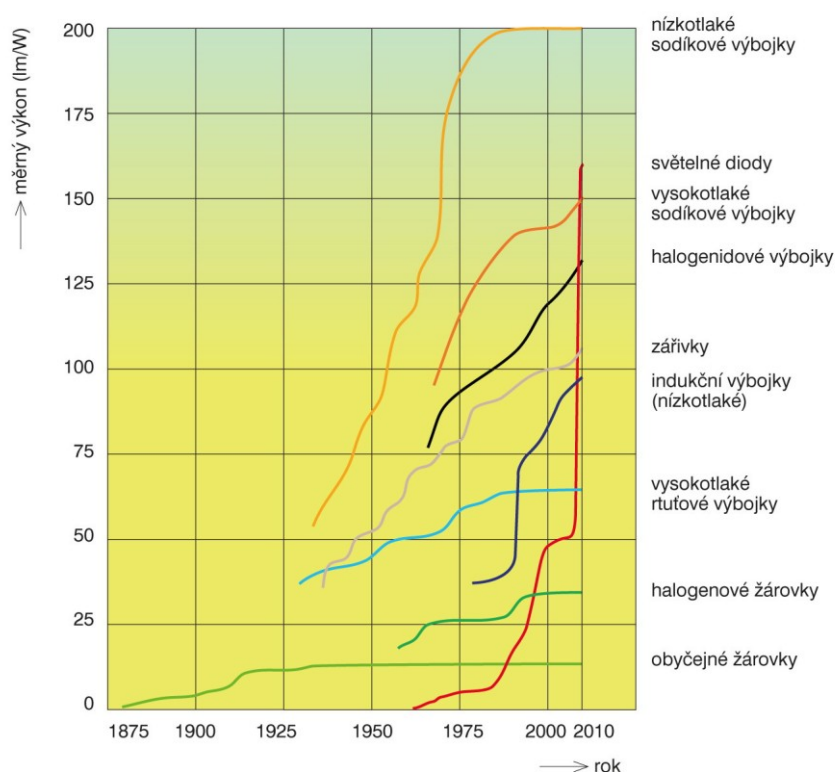
Poklady světelné techniky v NTM

Výbojové světelné zdroje

Vladimír Dvořáček, Ing
dvoracek2@seznam.cz, ČNK CIE

Základem sbírky výbojových světelných zdrojů, stejně jako velmi kvalitní sbírky žárovek, o níž jsem měl možnost na tomto semináři referovat před čtyřmi roky, je velkorysý dar Ing. Miroslava Prokopa, významného odborníka v oblasti elektrotechniky a zejména světelné techniky v meziválečném období, který až do své smrti v r. 1956 byl neúnavným propagátorem a popularizátorem historie světelné techniky. Kromě toho byl i autorem řady moderních svítidel, která byly realizována ve výrobě u f. Franta Anýž, Napako Praha, osvětlil Strakovu akademii v Praze, vilu krále Alexandra v Bělehradě, Černínský a Valdštejnský palác atd. Jeho sbírka světelných zdrojů, jeho projekty, výsledky měření, návrhy svítidel se nacházejí v archivu NTM. Vymyslel způsob prezentace světelných zdrojů ve stálé expozici, která bohužel nebyla dodnes realizována. A tak se informace o této výjimečné sbírce dostávají k široké veřejnosti pouze velmi sporadicky. Moje přednášky na toto téma jsou malou splátkou dluhu, který vůči tomuto velikánovi a vůči historii československé světelné techniky máme.

Dříve než Vám předvedu vybrané typy výbojek, k nimž patří předchůdci dnešních vysokotlakých rtuťových výbojek pro všeobecné osvětlení a pro kosmetické a léčebné účely (horská slunce), směsových výbojek, nízkotlakých sodíkových výbojek, halogenidových výbojek a vysokotlakých sodíkových výbojek, dovoluji si představit graf znázorňující vývoj jednotlivých skupin s.z. od doby jejich vzniku a uvedení na trh až do r. 2010.

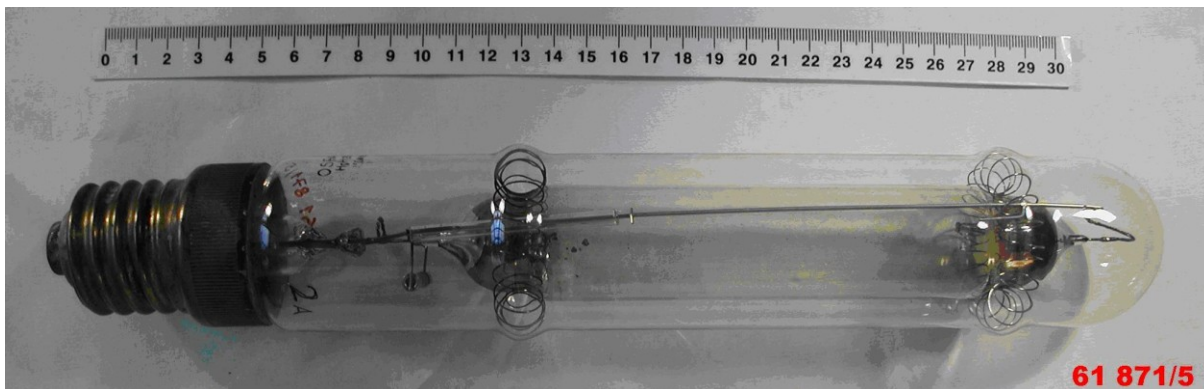


Graf dokazuje bouřlivý rozvoj nových světelných zdrojů, zejména světelných diod a halogenidových výbojek s keramickým hořákem, stagnaci jiných s.z., zejména žárovek, směsových výbojek a vysokotlakých rtuťových výbojek, jejichž nízká efektivnost přeměny elektrické energie na světelnou je důvodem jejich postupného vytlačení z trhu, byť někde i za cenu tvrdých, hodně

diskutovaných, ale ve svém konečném důsledku velmi potřebných legislativních opatření. Období, z něhož pocházejí s.z., které jsou předmětem mé přednášky a jsou uloženy v depozitáři NTM je vymezeno léty 1920 – 1970, tedy léty, kdy se objevily první rtuťové výbojky (1920), první halogenidové výbojky (1955-1960). Obsahují výrobky zejména tradičních firem Osram a Philips, a v neposlední řadě i výrobky hlavního československého výrobce Tesly Holešovice, kterému se dařilo sledovat s poměrně velmi krátkým časovým odstupem světový vývoj ve všech základních skupinách světelných zdrojů a úspěšně je zavádět do sériové výroby, ve velké většině případů na technologickém zařízení vlastní výroby.

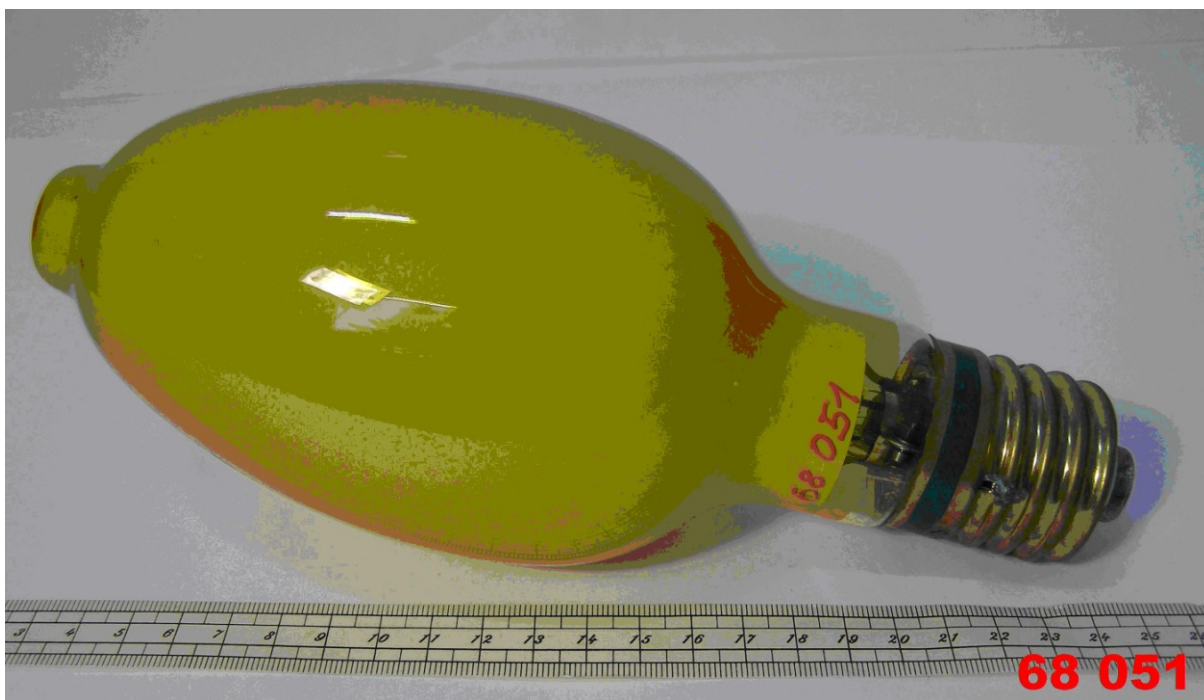
Ale vraťme se do hlubší historie. Podobně jako u žárovek před Edisonem – i v oblasti výbojek byly podstatně dříve než zobrazuje graf na obr.1 pozorovány jevy, které v dalším období vedly k vývoji prakticky použitelných s.z. využívajících záření v parách Hg. Tak např. v r.1675 J.Picard pozoroval, že páry rtuti v jeho barometru za určitých podmínek září, stejně jako o několik let později tentýž jev pozorovali J.Bernoulli a J.de Luc. V r. 1882 M. Aron v Berlíně zhotovil první prakticky použitelnou Hg-výbojku, v r. 1901 jej následoval v New Yorku P.C. Hewlett a v r. 1927 byla na vnější baňku Hg-výbojky nanášena vrstva luminoforu, transformující UV-záření Hg-výboje na viditelné světlo. Ještě nutno dodat, že do uvedené skupiny s.z. patří i obloukovky, s jejichž vývojem bylo započato již v začátku 19. století a za jejichž vynálezce je považován Humphry Davy, i když ve stejném období, ne-li dříve prezentovali své obloukovky J. Ritter, W. Nicolson a V. Petrov. V této skupině světelných zdrojů sehrál velmi významnou roli rovněž český velikán Fr. Křižík. Rovněž obloukovky jsou v NTM zastoupeny velmi důstojně, avšak nejsou předmětem mé přednášky.

Vysokotlaké rtuťové výbojky se používaly a dosud –byť již jen v omezené míře – používají pro všeobecné osvětlení a dále pro léčebné a kosmetické účely (tzv. horská slunce) a v některých variantách i pro dekorativní osvětlení. Výboj probíhá v hořáku zhotoveném z křemenného skla, který je zdrojem viditelného a ultrafialového záření. Ultrafialové záření je však z velké části odfiltrováno vnější baňkou. Hořák je opatřen dvěma hlavními wolframovými povrchy emisní hmotou a jednou pomocnou elektrodou, které jsou do hořáku zataveny pomocí kovových drátových průchodků, později pomocí molybdenových fólií, zajišťujících vakuovou těsnost hořáku. Uvnitř hořáku se nachází přesně stanovené množství rtuti (zajišťující předepsané elektrické a tím i světelné parametry výbojky) a argon. Po přiložení napětí se výboj zapálí mezi hlavní a pomocnou elektrodou, dochází tak k předběžné ionizaci plynné náplně, která usnadňuje zapálení výboje mezi hlavními elektrodami. Pomocný výboj mezi hlavní a pomocnou elektrodou je stabilizován rezistorem, umístěným ve vnější baňce. Prostor ve vnější baňce je naplněn argonem. První výbojky měly čirou válcovou baňku, jejich světlo obsahovalo zejména modro-zelenou část spektra a vyznačovalo se velmi špatným podáním barev. Významného zlepšení bylo dosaženo použitím luminoforu nanášeného na vnitřní stěnu baňky, který transformuje UV-záření výboje do červené oblasti spektra a výrazně zlepšuje kvalitu podání barev. Luminofory prošly rovněž dlouhým a úspěšným vývojem, uplatněním prvků vzácných zemin se zlepšovala jejich teplotní odolnost a zvyšovala červená složka. Z původních 3% dosáhla 12-14%, takže ve své době tyto zdroje našly široké uplatnění ve veřejném, ale i průmyslovém osvětlení. Dochází k rozšíření sortimentu z hlediska příkonu (50 – 2000 W). Výbojky s luminoforem se vyráběly s eliptickými baňkami, nejdříve z měkkého, později z tvrdé skla. Vedle těchto klasických výbojek se vyráběly i výbojky se žlutou baňkou, které upozorňovaly řidiče, že se blíží ke křižovatce apod. Výbojky s baňkou z černého skla, která nepropouští téměř žádné viditelné záření, pouze záření v UV-B našly své použití v dekorativním osvětlení. Vysokotlaké výbojky pro kosmetické účely (tzv. horská slunce), byly velmi populární zejména v 30-letech a byly jim připisovány léčebné účinky, i když – podle složení křemenného skla – mohly vyvolávat i negativní reakce pokožky. Některé jejich konstrukce jsou však z technického hlediska velmi zajímavé, dosti pracné a svědčí o vysoké řemeslné zručnosti jejich tvůrců.



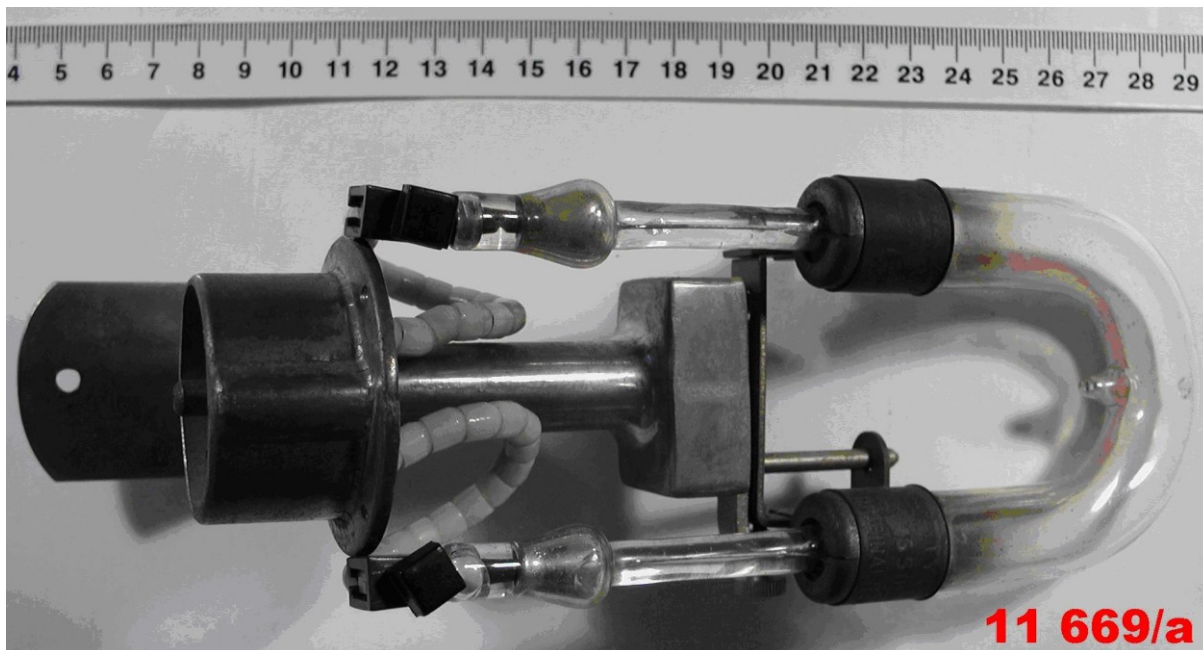
• Obrázek 2. Vysokotlaká rtuťová výbojka bez luminoforu

určená pro uliční osvětlení s hořákem zhotoveným ze speciálního tvrdého křemičitého skla s jednou pomocnou elektrodou, zátav elektrod je proveden pomocí wolframových průchodek. Poloha ve vnější baňce je fixována pomocí dvou pružin, které obepínají hořák v blízkosti elektrod a zapadají do vypouklých míst baňky. Vnější baňka je čirá, válcová, v místech u obou elektrod mírně vypouklá, naplněná argonem. Jedná se o výrobek f. Osram z období 1935-1940 o příkonu 450 W, světelný tok 20 000 lm. Pochází ze sbírky Ing. Prokopa.



• Obrázek 3. Výbojka rtuťová vysokotlaká s luminoforu a žlutou baňkou.

Žlutá baňka potlačuje záření v modré oblasti spektra. Výbojka s takto upraveným spektrem byla určena k osvětlení křižovatek a měla upozorňovat na místa se zvýšeným nebezpečím. Výboj probíhá v hořáku zhotoveném z křemenného skla, je opatřen dvěma hlavními a dvěma pomocnými elektrodami, které jsou do hořáku zataveny pomocí molybdenových folií. Hlavní elektrody jsou z wolframu, jsou pokryté emisní hmotou, která sestává z oxidů barya a vápníku. Vnější baňka z tvrdého borito-křemičitého skla je eliptická, nahoře s „dómem“, žlutá, pokrytá luminoforem a je naplněná argonem. Výrobce je firma RADIUM, typ výbojky HRL 250W, gelb. Na patici je nanesen zelený proužek upozorňující, že výbojku nutno provozovat s příslušným předřadníkem. Spojení patice s baňkou je pouze mechanické, bez použití tmele. Výbojka je funkční. Pochází z období 1960 – 1970.



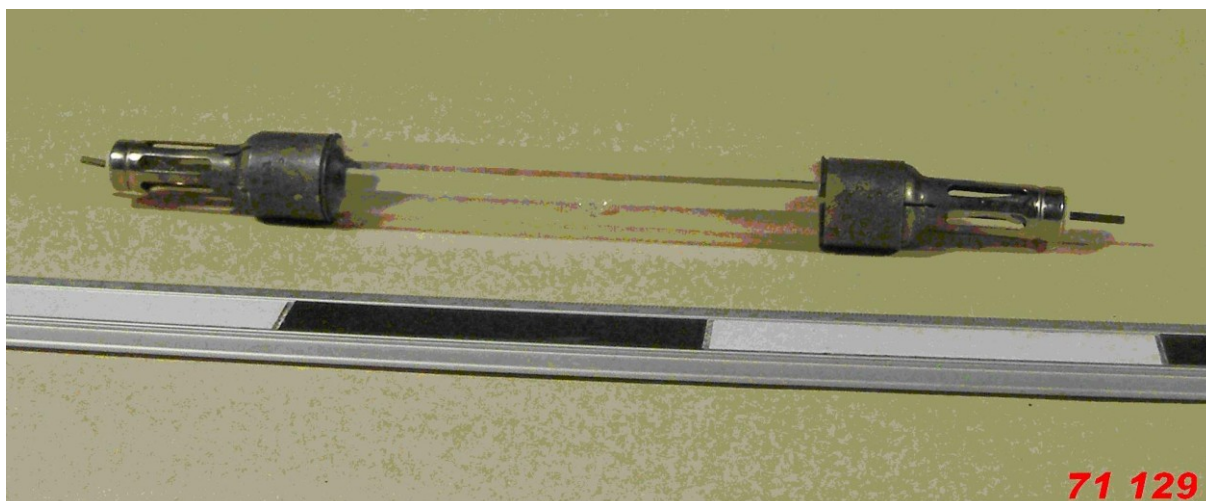
• Obrázek 4. Výbojka rtuťová vysokotlaká pro lékařské a kosmetické účely.

Zdrojem UV-záření s vlnovou délkou 280-320nm je trubice ve tvaru písmene U zhotovená z křemenného skla. Konstrukce výbojky vychází z provedení na stejnosměrný proud, takže má dvě katody tvořené větším množstvím rtuti nacházející se v nejspodnější části příslušného ramene a dvě kovové hříčkové anody nacházející se nad odpovídající katodou. Anoda a příslušná katoda jsou vodivě spojeny. Uvnitř trubice se kromě rtuti nachází argon usnadňující zapálení výboje. Na vnější stěně je nanesen vodivý proužek ze zlatého listu, který je prostřednictvím kovových montážních dílů uzemněn a rovněž usnadňuje zapálení výboje. Tlak rtuťových par dosahuje po 2-3min od zapálení výboje hodnoty cca 100kPa. Výbojka je umístěna do kovového nosného systému s objímkami umístěnými v oblasti anod. Na jedné z nich je vyražen nápis s uvedením typu výbojky (TYP S 500) a názvu výrobce (ORIGINAL HANAU). Pochází ze sbírky Ing. Prokopa.



- Obrázek 5. Výbojka rtuťová vysokotlaká bez luminoforu určená pro lékařské a kosmetické účely.

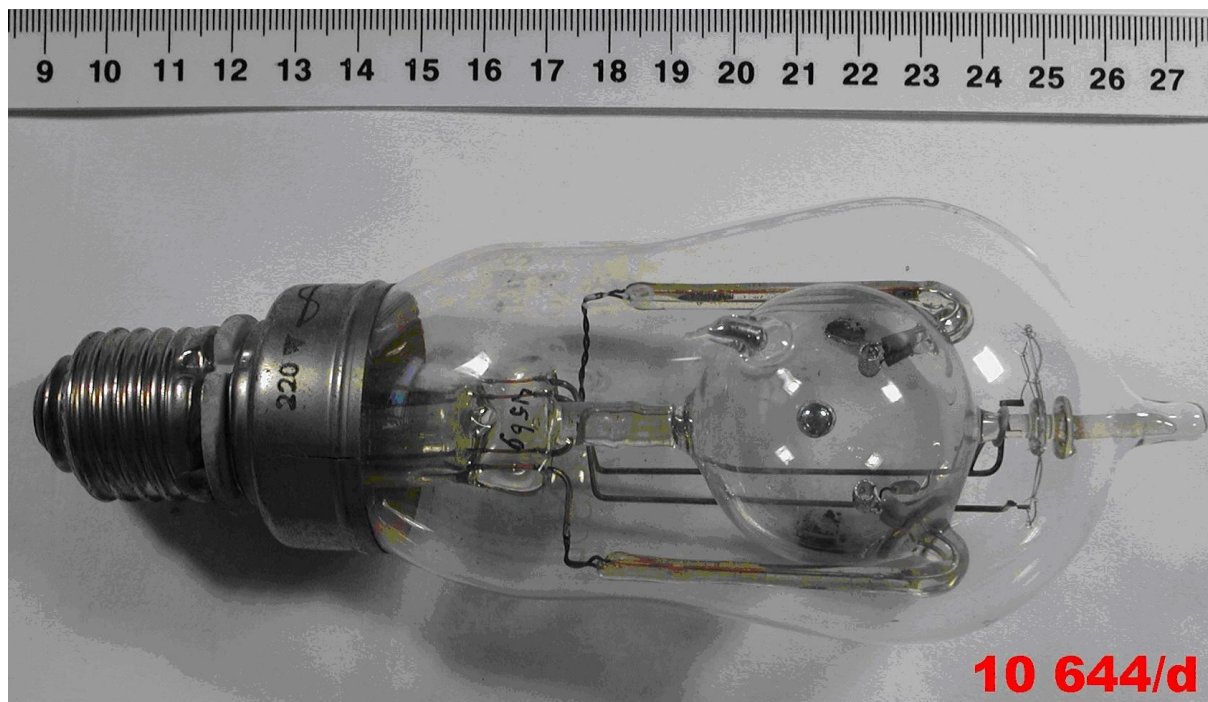
Výbojka je díky své konstrukci zdrojem ultrafialového, viditelného i infračerveného záření v intervalu 220 až 810nm. Vlastním zdrojem světla je výboj v inertním plynu (argonu) a v parách rtuti při zvýšeném tlaku, který probíhá mezi dvěma elektrodami zhotovenými z tenkého wolframového plechu svinutého do válcové plochy. Povrch obou elektrod je aktivován emisní hmotou. V ose obou elektrod jsou umístěny wolframové spirály, elektricky spojené do série pomocí masivního příčného kovového nosníku v horní části baňky. Po přiložení napájecího napětí se obě spirály nažhívají na vysokou teplotu, v důsledku toho dochází k vypařování rtuti a mezi pláští obou elektrod se rozsvítí výboj, který je zdrojem UV-záření s maximem kolem 365nm. Baňka je zhotovená ze speciálního skla propouštějícího UV-záření. Je plněná větším množstvím rtuti (kolem 100 mg) a inertním plynem. Elektrické parametry 14V 35W. Pochází ze sbírky Ing. Prokopa.



- Obrázek 6. Výbojka rtuťová vysokotlaká bez vnější baňky.

Výboj probíhá v trubici zhotovené z křemenného skla a je zdrojem viditelného – převážně modrofialového - světla a ultrafialového záření. Elektrody pokryté emisní hmotou na bázi oxidu barya jsou zataveny do křemene ručně pomocí molybdenové fólie. Část obou zaelektrodových prostorů, nacházející se pod kovovým pláštěm patice, je pokryta tenkou vodivou vrstvou zhotovenou z platinového listu. Tato místa jsou vzájemně spojena úzkým (cca 2mm) vodivým proužkem ze stejného materiálu, naneseným podél celé výbojové trubice. Vodivý proužek usnadňuje zapálení výboje mezi elektrodami a nahrazuje tak pomocné elektrody, běžně používané k tomuto účelu u celého sortimentu vysokotlakých rtuťových výbojek. Na oba konce výbojky jsou nasazeny mosazné poniklované patice opatřené 6 větracími podélnými otvory. Výrobce je TESLA Hloubětín, typ výbojky THK 500S. Jedná se o jeden z prvních světelných zdrojů vyrobených pod značkou TESLA.

Směšové výbojky mají kombinované záření hořáku a wolframového vlákna, zapojeného s ním do série. Jednalo se o operativní náhradu za vysokowattové žárovky, které mají pouze poloviční účinnost. Používaly se pro všeobecné osvětlení i pro kosmetické účely. Výboj probíhá v hořáku zhotoveném z křemenného skla, který má shodnou konstrukci i zářivé vlastnosti jako hořák vysokotlakých rtuťových výbojek. Wolframové vlákno je zdrojem světla v červené oblasti spektra, které doplňuje modro-zelené světlo Hg-výboje a zlepšuje tak podání barev osvětlovaných předmětů. Vlákno zároveň plní funkci předradníku, takže je možné je zapojit přímo do sítě. Vnější baňka má eliptický tvar, je čirá nebo mdlená, naplněná argonem a zhotovena z měkkého sodno-vápenatého skla. Jejich použití v současné době je velmi omezené a do nových instalací se nepoužívají.

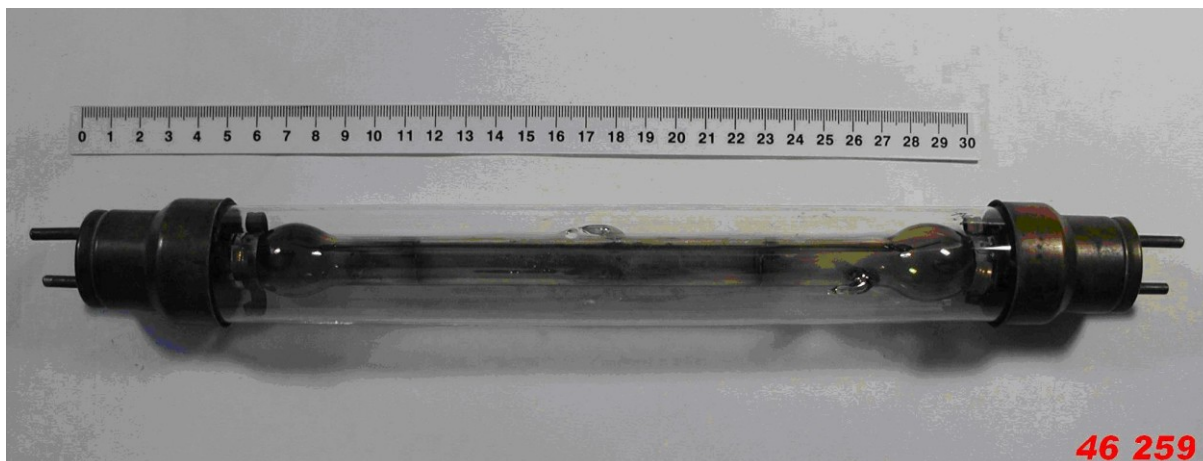


• Obrázek 7. Výbojka směšová

určená pro lékařské a kosmetické účely. Je zdrojem UV-záření s vlnovou délkou 280-320 nm, které je vydávané rtuťovým výbojem hořáku a zdrojem viditelného a zejména infračerveného záření vydávaného wolframovým vláknem. Vlastní hořák představuje vysokotlakou rtuťovou výbojku zhotovenou ze speciálního skla propouštějícího UV-záření. Má tvar koule o průměru cca 35mm, do jejíž horní poloviny jsou šikmo shora zataveny wolframové elektrody, na nichž je nanesena emisní hmota na bázi oxidu barya. Elektrody jsou samozhavicí, oba konce každé elektrody mají svůj vlastní průřez do stěny hořáku a teprve v prostoru vnější baňky jsou spojeny nakrátko. Výboj probíhá v parách rtuti a v neonu (pravděpodobně s malým obsahem argonu – cca 0,5%, který usnadňuje zapálení výboje mezi elektrodami). Rtuť se v hořáku nachází ve velkém přebytku, v množství několika set mg. V podélné ose výbojky jsou k hořáku přitaveny masivní skleněné tyčinky, které fixují polohu vnitřního systému v baňce. Spodní tyčinka je přitavena ke stisku nožky, zatímco horní tyčinka svým koncem vchází do výstupku vytvořeného ve vrchlíku baňky. V tělese horní tyčinky jsou vytvořeny dvě čočky, do jedné z nich je vějířovitě zapíchnuto 7 molybdenových háčků. Na koncích těchto háčků jsou vytvořena očka, jimiž volně prochází wolframové vlákno. Konce vlákna jsou mechanicky zamáčknuty do tenkých pásků přibodovaných k masivním přívodům. Vzájemná poloha obou přívodů vlákna je zajištěna pomocí krátkého skleněného můstku se dvěma elektricky oddělenými držáky přivařenými k příslušnému přívodu. Vnější baňka je hruškovitého tvaru a je naplněna inertním plynem. Zátav je proveden na nožku, v jejímž stisku jsou zataveny celkem 4 přívody, jeden z nich však není ani v elektrickém ani v mechanickém kontaktu s dalšími součástmi výbojky. Jedná se o výrobek f. PHILIPS o příkonu 110 W s obchodním názvem ULTRASOL. Pochází ze sbírky Ing. Prokopa. Jedná se o technicky velmi zajímavý a technologicky velmi náročný výrobek. Vyrobeno 1930-1935.

Nízkotlakové sodíkové výbojky mají hořák vyrobený ze speciálního skla odolného proti působení sodíku. Hořák má tvar rovné trubice anebo trubice ve tvaru písmene U, která má na svých koncích umístěny wolframové elektrody zhotovené jako jednoduché šroubovice pokryté emisní hmotou na bázi oxidu barnatého. Elektrody lze žhavit pomocí přídavného vnějšího transformátoru a snížit tak zapalovací napětí výbojky anebo použít zdroj vyššího napětí, které zajistí spolehlivý zápal bez vnějšího žhavení. Náplň hořáku tvoří sodík a neon. Po připojení napájecího napětí dojde mezi konci zapalovací pomůcky a přilehlou hlavní elektrodou k zapálení doutnavého výboje v neonu, který přechází do výboje mezi hlavními elektrodami. Tento výboj dále nahřívá danou hlavní elektrodu a zároveň zvyšuje teplotu stěny trubice. V důsledku toho dochází k postupnému vypařování sodíku, který se v pevné fázi nachází na stěnách výbojové trubice. Oranžový výboj v neonu tak postupně přechází do výboje v parách sodíku s jeho typickým, prakticky monochromatickým, žlutým světlem. Hořák je umístěn do vnější válcové čiré baňky, která je vyčerpaná na vysoké vakuum, což snižuje tepelné ztráty a zvyšuje tak její účinnost. Účinnost tohoto typu výbojky dosahovala cca 45lm/W při životě 3000hod. Tyto výbojky se zachovaly dodnes, zejména v zemích Beneluxu při osvětlení dálnic.

Dosahují však podstatně vyšší účinnosti až 200 lm/W, avšak s ohledem na velmi špatné podání barev jejich používání stagnuje a jsou postupně vytlačovány modernějšími s.z.

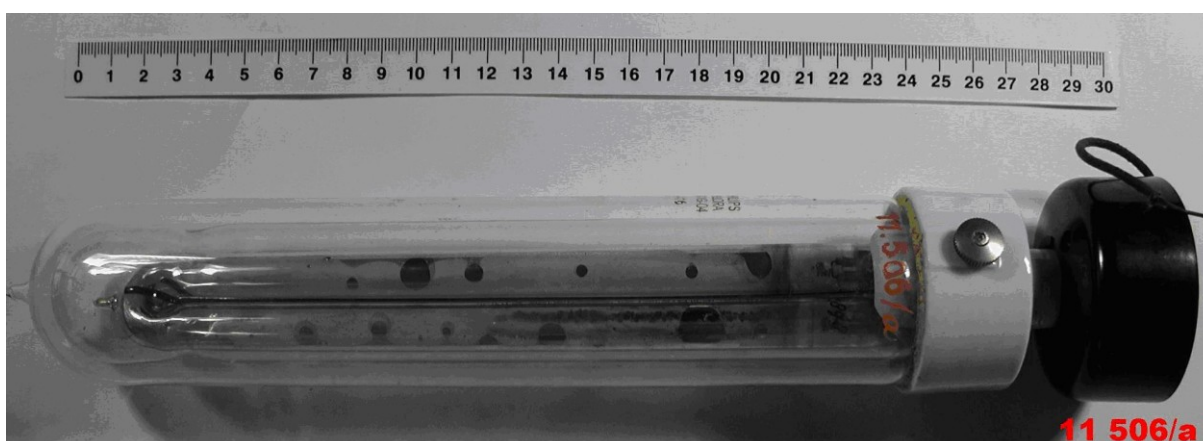


• Obrázek 8. Výbojka sodíková nízkotlaká, dvoupaticová.

Zdrojem světla je hořák ve tvaru válce, který se svých koncích přechází do elipsoidní části, v níž je umístěna elektroda. Na obou koncích výbojové trubice jsou zataveny hlavní wolframové elektrody zhotovené jako jednoduché šroubovice následně svinuté do tvaru písmene U a pokryté emisní hmotou na bázi oxidu barya. Elektrody mají oba své konce vyvedeny z hořáku až do příslušně patice. Tím je umožněno je žhavit pomocí vnějšího transformátorku a snížit tak zapalovací napětí výbojky. Uvnitř výbojové trubice podél celé její délky se nachází tenká skleněná trubička, do níž je umístěna zapalovací pomůcka ve formě drátu takovým způsobem, že jeho konce, vyčnívající z trubičky, se nachází v bezprostřední blízkosti obou katod. Slouží k jejich vzájemnému vodivému přiblížení. Na hořáku jsou dva odpalky trubiček, z nichž jedna sloužila k čerpání hořáku a druhá pravděpodobně k dávkování sodíku. Hořák je umístěn do vnější válcové čiré baňky. Výbojka je na obou koncích opatřena mosaznou paticí s rozšířeným límečkem a se dvěma masivními kolíky a keramickým kamenem. Jedná se o výrobek f.OSRAM, 80W na 220 V, při účinnosti cca 45lm/W a životě 3000hod. Pochází ze sbírky Ing. Prokopa z období 1935 – 1940.



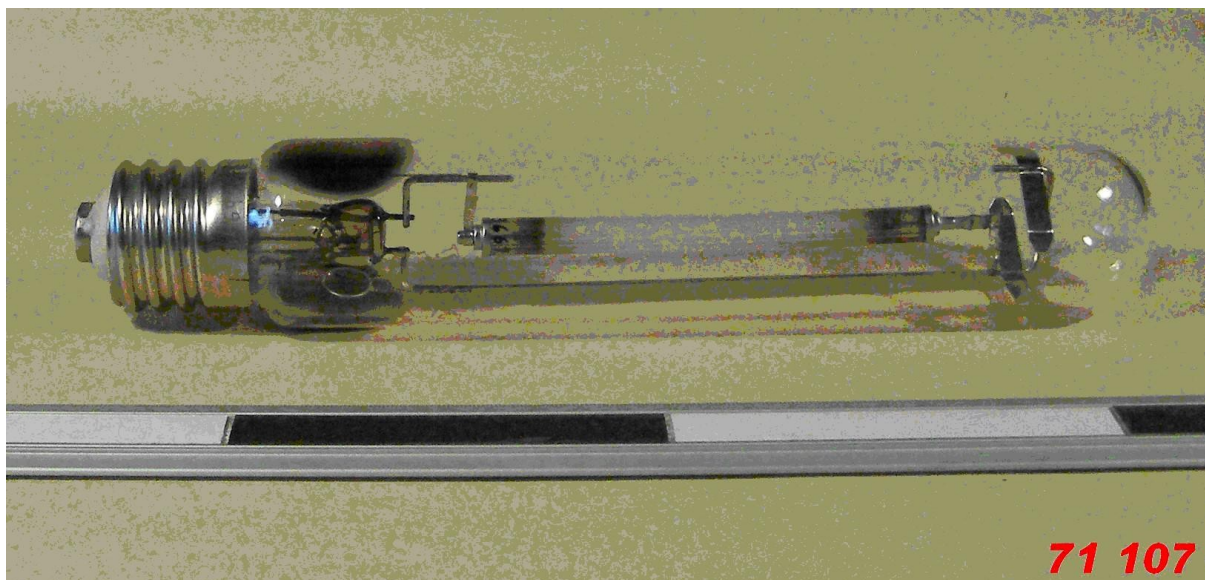
- Obrázek 9. Výbojka sodíková nízkotlaká s výbojovou trubicí ve tvaru písmene U, se samozhavicími elektrodami pokrytými emisní hmotou. Elektrody jsou zhotoveny z tenkého wolframového drátu svinutého do dvojité šroubovice tak, že podélná osa druhého návinnu je totožná s podélnou osou obou ramen výbojky. Tento typ výbojky nepoužívá pomocnou elektrodu, výboj se zapaluje pomocí zvýšeného napětí z rozptylového transformátoru. Výbojka je opatřena keramickou patičí, jejíž dolní část je rozměrově a tvarově shodná s patičí B22. Tato sestava se vkládá do samostatné vnější baňky s dvojitým pláštěm. Prostor uvnitř je evakuován, čímž se snižují tepelné ztráty a zvyšuje se účinnost výbojky. Tento plášť však u daného vzorku chybí. Jde o výrobek f. PHILIPS, 140 W a světelným tokem 11 000 lm. Pochází z období 1930 – 1940.



- Obrázek 10. Výbojka sodíková nízkotlaká. Zdrojem světla je výbojová trubice ve tvaru písmene U se samozhavicími elektrodami pokrytými emisní hmotou. Tento typ výbojky nepoužívá vnitřní pomocnou elektrodu, výboj se zapaluje pomocí zvýšeného napětí z rozptylového transformátoru. Snadnějšímu zapálení výboje napomáhá dále vnější kovový pásek nacházející se mezi oběma rameny hořáku po celé jejich délce, přičemž jeden jeho konec je vodivě spojen s jednou elektrodou. Výbojová trubice je opatřena keramickou patičí, jejíž dolní část je rozměrově a tvarově shodná s bajonetovou patičí B22. Celá tato sestava se následně vkládá

do samostatné válcové baňky s dvojitým pláštěm. Jedná se o výrobek f.PHILIPS s obchodním názvem PHILORA o příkonu 70 W. Vnější dvojitá baňka je v místě spojení vnější a vnitřní části opatřena keramickou válcovou objímkou s obdélníkovým otvorem, do něhož se vkládá vnitřní sestava s výbojovou trubicí. Výbojovou trubicí po ukončení jejího života lze vyměnit, zatímco vnější baňka je použitelná po podstatně delší dobu. Pochází z období 1930 – 1940.

Vysokotlaké sodíkové výbojky mají hořák vyrobený z průsvitného polykrystalického oxidu hlinitého, do něhož jsou pomocí speciální keramické pájky a niobových průchodek zataveny wolframové elektrody pokryté emisní hmotou na bázi barya. Konstrukce vakuově těsného uzávěru keramické trubičky pomocí niobových polotovarů doznala značných změn a hraje rozhodující úlohu při dosažení požadovaných parametrů výbojky. Náplň hořáku tvoří amalgám sodíku a argon, krypton nebo xenon. Vnější baňka je válcová nebo eliptická, čirá, zhotovena z měkkého skla u výbojek s malým příkonem, resp. z tvrdého skla u výbojek s vysokým příkonem, vyčerpána na vysoké vakuu, které je udržováno pomocí getrů nacházejících se uvnitř vnější baňky. Sortiment těchto výbojek je velmi široký od 50 do 1000 W, podle tlaku náplně lze dosáhnout indexu podání barev od 25 do 80, byť posledně jmenované typy jsou vytlačovány podstatně účinnějšími halogenidovými výbojkami využívajícími hořák z korundové keramiky.



• Obrázek 11. Výbojka sodíková vysokotlaká určená pro uliční osvětlení.

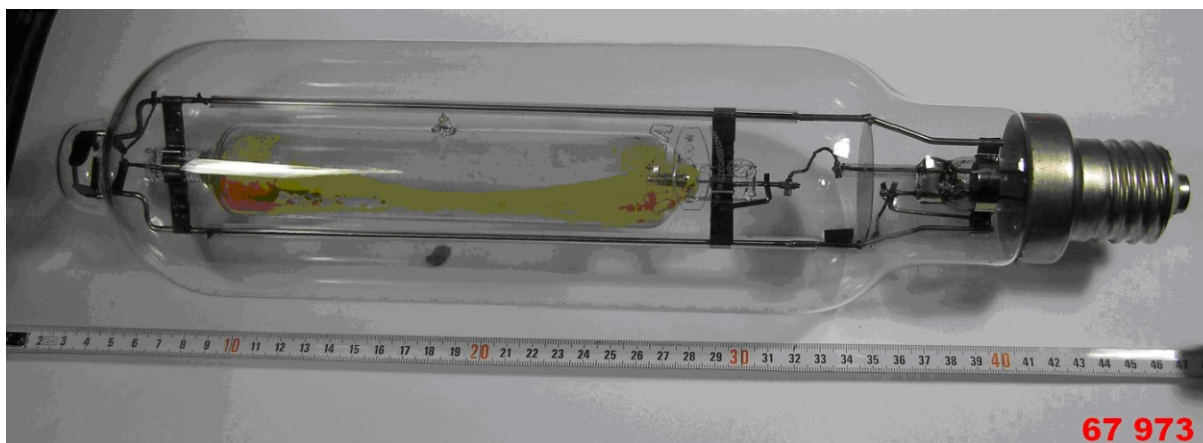
Jedná se o laboratorní vzorek, u něhož je zdrojem světla hořák vyrobený z čirého monokrystalu oxidu hlinitého tuzemské výroby, do něhož jsou pomocí speciální keramické pájky a niobových čepiček vakuově těsně zataveny tradiční elektrody. Na jedné straně hořáku je k niobové čepičce pomocí titanové pájky připájena čerpací trubička, zhotovená rovněž z niobu. Trubička po vyčerpání a naplnění hořáku se uzavírá pomocí tří příčných švových svarů. Náplň hořáku tvoří amalgám sodíku a argon. Vnější baňka je válcová, čirá, zhotovena z tvrdého borito-křemičitého skla vyčerpána na vysoké vakuu, které je v průběhu života výbojky udržováno pomocí baryového getru, napařeného na vnitřní stěnu vnější baňky vf-ohřevem. Jedná se o výrobek TESLA SHC 400W. Hořáky vyrobené z monokrystalického oxidu hlinitého nebyly zavedeny – podobně jako i u jiných výrobců - do sériové výroby pro vysokou cenu a náročnou technologii výroby monokrystalu. Jedná se tedy o unikátní exemplář z r. 1977.



• Obrázek 12. Výbojka sodíková vysokotlaká, reflektorová určená pro průmyslové osvětlení.

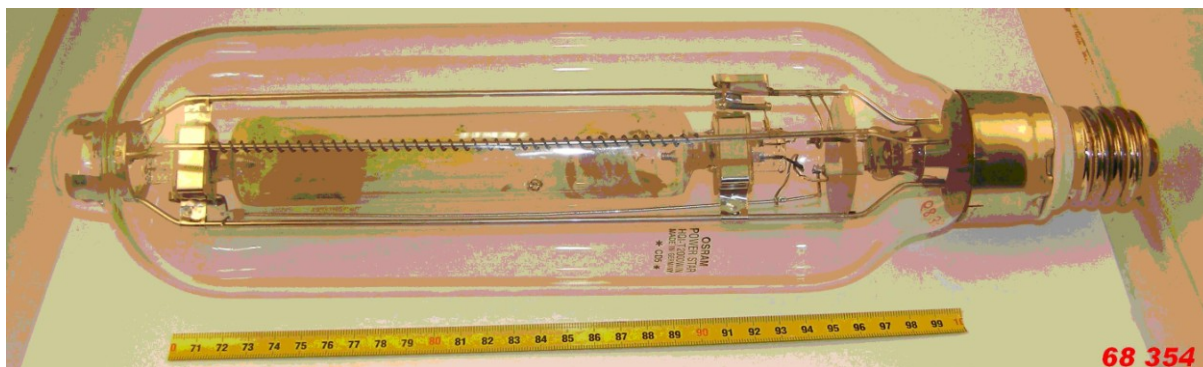
Zdrojem světla je hořák vyrobený z průsvitného polykrystalického oxidu hlinitého novější technologie výroby. Vnější baňka je eliptická, čirá, zhotovená z tvrdého borito-křemičitého skla vyčerpaná na vysoké vakuum a její část od rovníku až k patci je pokrytá difúzní vrstvou bílého oxidu křemičitého nebo titaničitého, která usměrňuje světelný tok hořáku převážně do osového směru. Jedná se o výrobek TESLA, označení SHR 150W z r. 1978. Tento typ výbojky byl vyroben pouze ve velmi omezeném počtu v rámci technického úseku. Do sériové výroby nebyl zaveden a proto je oblíbeným exemplářem u sběratelů světelných zdrojů.

Halogenidové výbojky se objevily na trhu poměrně nedávno (v 60-tých letech minulého století), avšak zaznamenaly bouřlivý rozvoj a brzy dosáhly účinnosti 80 až 100 lm/W při vynikající kvalitě podání barev. Do přednášky byly vybrány vysokowattové výbojky o příkonu 2000 a 3500 W, které jsou určeny pro osvětlení velkých prostranství a sportovních stadionů. Vlastním zdrojem světla je hořák zhotovený z křemenného skla s nízkým obsahem OH-skupin. Výboj svítí mezi dvěma wolframovými elektrodami pokrytými emisní hmotou. Elektrody jsou do hořáku zataveny pomocí molybdenových fólií, které zajišťují vakuovou těsnost hořáku. Hořák obsahuje kromě rtuti další příměsi kovů, vnášených do hořáku ve formě sloučenin, nejčastěji jodidů., příp. bromidů. Nejdříve se používaly směsi jodidu sodného, thalného a indného, nebo směs jodidu thalného a halogenidů kovů vzácných zemin, jako např. dysprozia, holmia a thulia, používají se i směsi jodidu skanditého, sodného a thoričitého atd. Možností je velmi mnoho, např. katalogy specializovaných výrobců halogenidů určených výhradně pro světelné zdroje obsahují více než 90 různých halogenidů asi 50 kovů, což umožňuje vyhledávat stovky různých kombinací využitelných jak pro účely všeobecného osvětlení tak i pro další oblasti vědy a techniky (polygrafický průmysl, zdravotnictví, zemědělství atd.). Baňka je čirá, zhotovenou z tvrdého hlinito-borito-křemičitého skla, jehož teplotní roztažnost je shodná s roztažností wolframu. V posledním období se podařilo zvládnout použití halogenidů do hořáku zhotoveného z polykrystalického korundu, což umožnilo zlepšit podání barev, zvýšit účinnost i u výbojek malých příkonů, zvýšit stabilitu kolorimetrických parametrů, prodloužit život. Tyto výbojky nacházejí stále častější použití jak v osvětlení interiérů, tak při osvětlení měst, kde po dlouhé době, začalo ustupovat osvětlení žlutými sodíkovými výbojkami bílému světlu halogenidových výbojek.



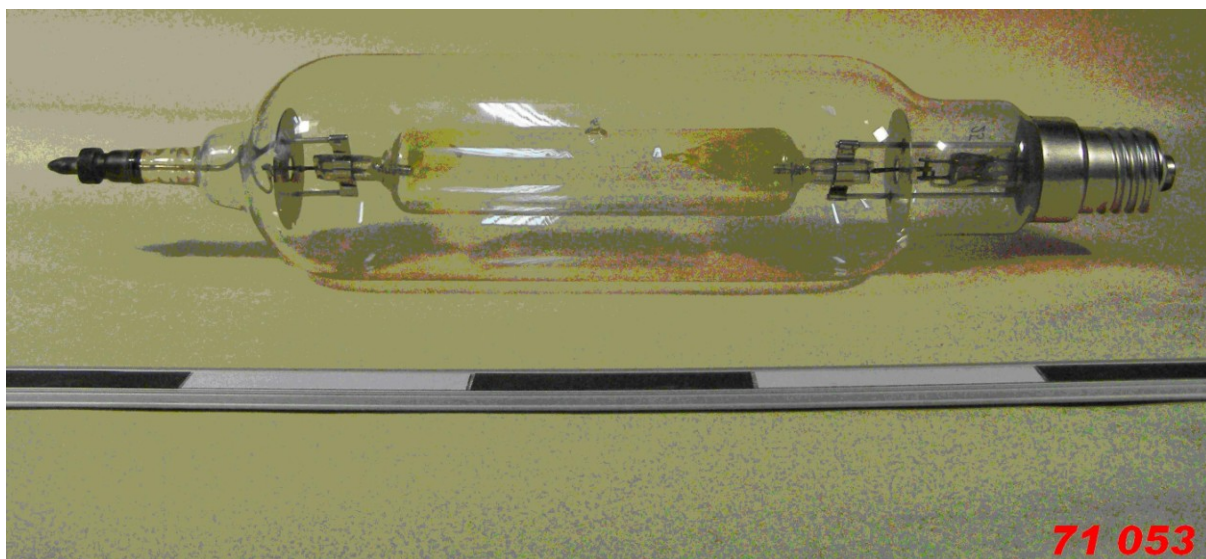
• Obázek 13. Výbojka halogenidová

určená pro osvětlení velkých prostranství a sportovních stadionů. Hořák obsahuje směs jodidu sodného, thalného a indného. Tyto příměsi zajišťují požadovanou barvu světla a účinnost výbojky. Dále je v hořáku přítomna rtuť v přesně stanoveném množství, která společně s inertním plynem (argonem) zajišťuje předepsané elektrické parametry, zapalovací schopnost a život výbojky. Hořák je pomocí kovových montážních prvků (nosníky podél hořáku jsou z molybdenu, zbývající části nosného rámečku jsou z niklu). Na molybdenové části nosníku jsou navlečeny křemenné trubičky zabraňující fotoemisi elektronů z nosníku, které by vyvolaly nežádoucí reakce na přilehlém vnitřním povrchu křemenného hořáku a vedly tak ke zkrácení života výbojky. V dolní části rámečku u patice je umístěn niklový kotouč, který brání přehřátí patice během provozu výbojky. Prostor vnější baňky obsahuje dusík o tlaku cca 46kPa. Jde o výrobek TESLA RVI 2000W, napájecí napětí 380V, počáteční světelný tok 180 000lm, pracovní poloha vodorovná. Jedná se o první konstrukční provedení výbojky RVI 2000W, které bylo zavedeno do sériové výroby a o první typ halogenidové výbojky Tesla z r. 1962.



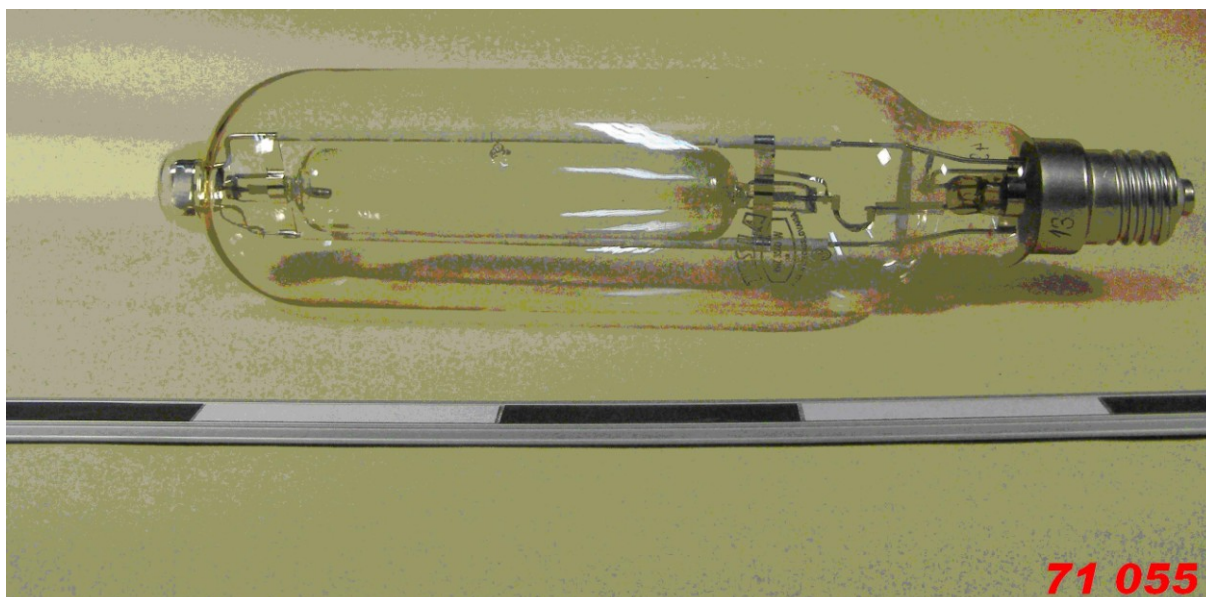
• Obrázek 14. Výbojka halogenidová

určená pro osvětlení velkých prostranství (stadiony, nádraží apod.). Vlastním zdrojem světla je hořák obsahující směs jodidu sodného, thalného a indného. Výbojka má pomocnou zapalovací elektrodu, která se používá pouze u některých typů náplně. Po přiložení napájecího napětí se výboj nejdříve zapálí mezi hlavní a nejbližší pomocnou elektrodou, dochází tak k předběžné ionizaci náplně, která napomáhá rozvinutí výboje mezi hlavními elektrodami, aniž by bylo nutné používat přídavné vnější zapalovací zařízení. Kromě rezistorů stabilizující pomocný výboj je ve vnější baňce umístěn bimetalový můstek, který po nahřátí během provozu zkratuje pomocnou a příslušnou hlavní elektrodu a tím zabraňuje nežádoucí elektrolyze taveniny jodidů uvnitř hořáku. Baňka čirá, válcová, zhotovená z tvrdého hliníto-borito-křemičitého skla. Výrobce je f.OSRAM, označení POWER STAR HQI-T 2000W/N, příkon 2000 W, světelný tok 180 000 lm., výrobek z r. 1980.



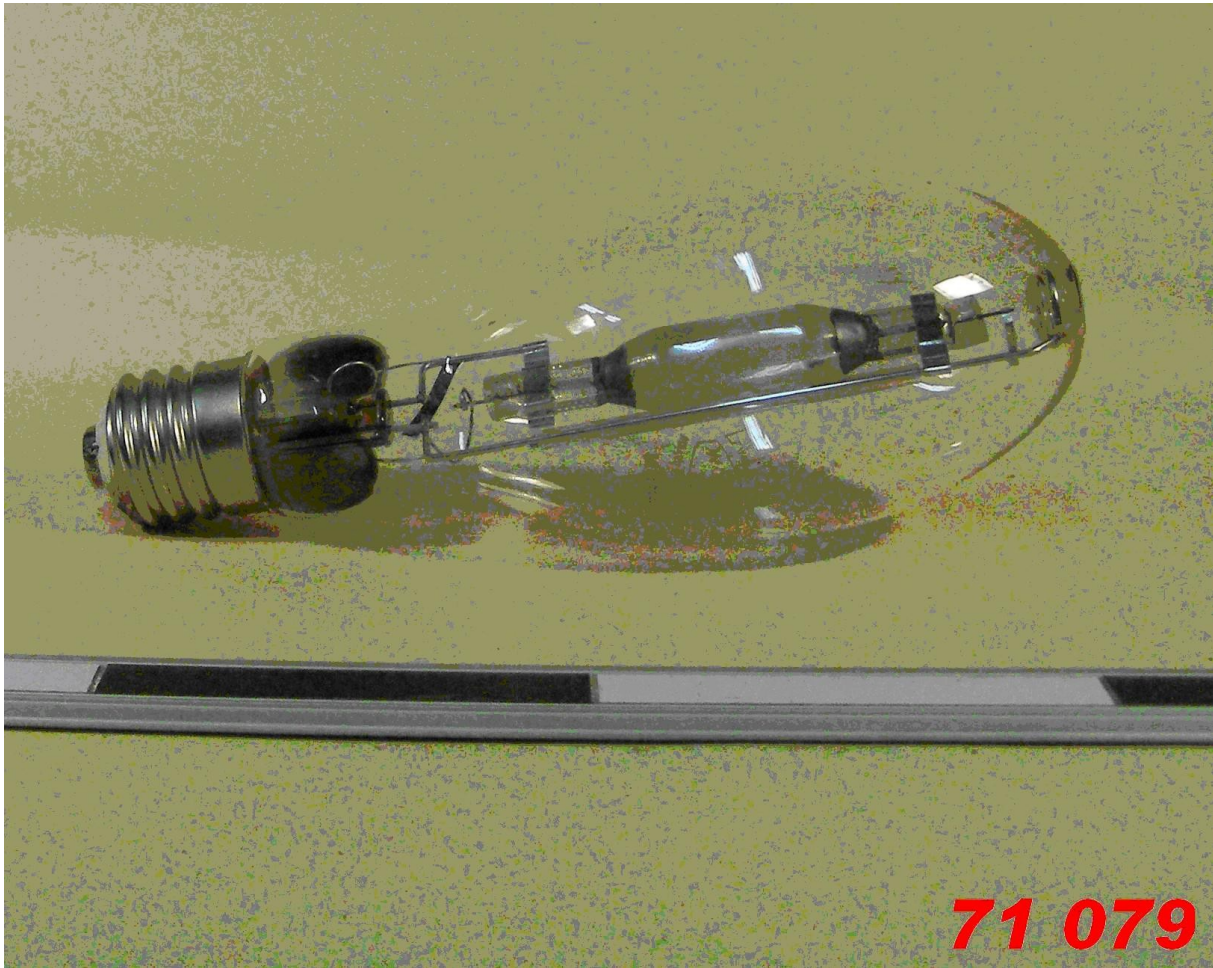
• Obrázek 15. Výbojka halogenidová

určená pro použití v osvětlovacích soustavách, kde je z bezpečnostních nebo prestižních důvodů v případě krátkodobého výpadku elektrické energie zapotřebí zajistit okamžité rozsvícení výbojky v horkém stavu. Velmi vysoké zápalné napětí výbojky (až několik desítek kilovoltů) v horkém stavu vyžaduje úpravu konstrukce celé výbojky. Úprava spočívá v maximálně možném zvětšení vzdálenosti mezi oběma póly napájecího napětí, takže jeden pól představuje patice, jejíž kontakty jsou uvnitř baňky zkratovány, druhý pól je tvořen kovarovou průchodkou v místě vrchlíku baňky. Ve výbojce je použit hořák výbojky RVI 3500 bez dalších úprav, jehož poloha v její ose je fixována pomocí masivních niklových nosníků. Oba konce výbojky jsou před přehřátím odstíněny kovovými stínicími kotouči. Baňka čirá, válcová, zhotovená z tvrdého borito-křemičitého skla, dodatečně opatřená kovarovou průchodkou. Výbojka pocházejí ze vzorků pro typovou zkoušku, na kterou nenavazovala sériová výroba. Jde o funkční vývojový vzorek výbojky Tesly Holešovice RVI 3500 W, k níž byl vyvinut speciální předřadník zajišťující výstupní napětí dosahující hodnoty 35kV, které postačuje k okamžitému rozsvícení ihned po přiložení napájecího napětí. Celkem bylo vyrobeno pouze cca 10 kusů rozdílné konstrukce, jedná se tedy o velmi vzácný exemplář z období kolem r. 1975.



• Obrázek 16. Výbojka halogenidová

určená pro osvětlení sportovních stadionů, velkých prostranství apod. Hořák obsahuje směs jodidu sodného, thalného a indného, ostatní konstrukční prvky odpovídají tradiční konstrukci f. TESLA. Vnější baňka čirá, válcová, zhotovená z tvrdého ručně vyráběného hlinito-borito-křemičitého skla. Jmenovitý příkon je 3500W, teplota chromatičnosti 3500 K, účinnost 100 lm/W. Jedná se o světelný zdroj s nejvyšším příkonem v historii výroby Tesly Holešovice.



• Obrázek 17. Výbojka halogenidová

se zelenou barvou světla, určená pro dekorální a slavnostní osvětlení. Hořák obsahuje několik miligramů jodidu thalného, který se vyznačuje intenzivní spektrální čarou v zelené oblasti spektra s vlnovou délkou 535nm. Konce hořáku jsou pokryty vrstvou grafitu, která zvyšuje a stabilizuje teplotu nejchladnějšího místa hořáku a zajišťuje tak požadované elektrické a světelné parametry výbojky. Přívody jsou přemostěny bimetalovým páskem s wolframovým kontaktem, jímž ve studeném stavu protéká zkratový proud tlumivky, jehož ohřevem se rozpojí elektrický obvod, vzniká tak elektrický vysokonapěťový impulz, který zapálí výboj mezi elektrodami hořáku. Teplo hořáku udržuje bimetalový pásek v odpojeném stavu až do vypnutí výbojky, kdy se vrací do původního stavu a umožňuje další start. Asymetrická poloha odpalku čerpací trubičky potvrzuje, že se jednalo o první výrobu v rámci vývojového poloprovozu. Baňka čirá, čistá, eliptická, vyčerpána na vysoké vakuum. Jde o výrobek TESLA, typ RVI 400. Jedná se o velmi vzácný exemplář. Vyrobeno kolem r. 1970.

Geisslerovy trubice je všeobecný název pro výbojové trubice, jejichž vynález se datuje do r. 1857. Svou konstrukcí představují vyčerpaný skleněný prostor nejrůznějšího tvaru, opatřený dvěma nebo více kovovými elektrodami plněný plynem. Vyznačovaly se použitím různých druhů barevných skel tvarovaných do různých ozdobných tvarů a různých druhů plynů, počínaje dusíkem, oxidem uhličitým a následně vzácnými plyny. Lze je považovat za předchůdce nízkotlakých výbojových zdrojů, resp. svítících trubíc se studenými katodami, které však ve své době sloužily především pro dekorální účely a prezentaci jevů souvisejících s průchodem elektrického proudu různými druhy plynu.



- Obrázek 18 a 19. Trubice Geisslerovy

ve tvaru královské koruny. Koruna je tvořena soustavou dvou trubic zapojených do série. Výchozími polotovary jsou trubičky z čirého a žlutozeleného (uranového) skla o vnějším průměru cca 5-6 mm, ručně vytvarované do dílů jednoduchých ozdobných tvarů (spirál, šroubovic, hvězdy, kříže a dalších prvků.), plynule přecházejících jeden do druhého. Celá konstrukce koruny je zpevněna třemi skleněnými plnými díly, které nenarušují charakteristickou strukturu skleněného výrobku. Každá trubice má dvě elektrody, k nimž jsou z vnější části připevněny mosazné kloboučky s očkem. Sériové spojení obou trubic je provedeno pomocí vnějšího vodiče. Střídavé napájecí napětí se přivádí k elektrodě umístěné v nejnižší části koruny a k elektrodě od ní nejvzdálenější. Trubice jsou naplněny s největší pravděpodobností argonem o tlaku několika set Pascalů, dávajícím vyzařovanému světlu v částech zhotovených z čirého skla namodralou barvu a v částech ze žlutozeleného skla barvu nazelenalou. Jedná se o výrobek určený pro dekorální účely, vyznačující se jemnou sklářskou prací. Je funkční, lze ji s příslušným vysokonapěťovým napájecím zdrojem rozsvítit. Datum jeho vzniku lze odhadnout na přelom 19. a 20. století. Jedná se o velmi zajímavý exponát.

Netradiční „postupy a přístupy“ ve veřejném osvětlení.

Ladislav, Kodytek, Ing
l.kodytek@atlas.cz

Ve oblasti veřejného osvětlení se současný provozovatel, nebo správce mnohdy jen s obtížemi orientuje v nabídce svítidel, světelných zdrojů a dalšího příslušenství. Nabídka dodavatelů je mnohdy závislá ne na potřebě veřejného osvětlení, ale na snaze dodavatele (výrobce) prodat svůj výrobek co nejvýhodněji. Proto se setkáváme s výrobky, kde je cena mnohdy nadhodnocená, a nebo je cena sice úměrná kvalitě a parametrům, ale uživatel nakonec zjistí, že většinu dokonalých a skvělých parametrů a vlastností ani nepotřebuje.

V této přednášce ukáží na třech případech s praxe, jakými „netradičními“ způsoby se dá při výběru výrobků, služeb a dodavatelů postupovat.

1. úspory elektrické energie ve veřejném osvětlení

Platby za elektrickou energii jsou v dnešní době výraznou položkou v rozpočtu každého provozovatele veřejného osvětlení. Je naprosto samozřejmou snahou potlačit tyto náklady, a nebo alespoň zajistit aby nedocházelo k jejich navyšování. Možností jak toho dosáhnout je více a i pro odborníka není jednoduché se rozhodnout pro konkrétní postup. V našem konkrétním případě **nebyl** podstatný mechanismus jak úspor dosáhnout. Volba úsporných opatření byla ponechána na jejich dodavateli. Princip této cesty spočívá ve skutečnosti, že realizace opatření, nebo dodávka zařízení je hrazena z **prokazatelných** úspor elektřiny. Na provozovateli veřejného osvětlení je jen stanovení základních mantinelů. To znamená například :

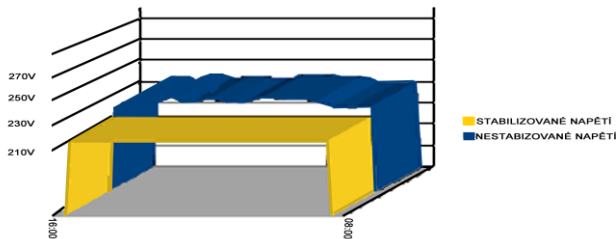
- ▲ minimální požadovaná výše úspor (nejlépe v %, nebo MWh)
- ▲ maximální délka splácení
- ▲ poměr celkových investic a předpokládaných úspor za časové období
- ▲ záruční doba
- ▲

Uchazeč o takovou zakázku musí být skálopevně přesvědčen, že jeho varianta řešení je funkční, proveditelná a realizovatelná za cenu, kterou uvede v nabídce. V našem konkrétním případě zvítězila dodávka 14 kusů napěťových regulátorů od společnosti AKTÉ Zlín. Celková hodnota zakázky je cca 2 miliony Kč se splatností tři roky. V rámci smlouvy byl podepsán splátkový kalendář a přesně popsán postup prokazování úspor. V rámci celého procesu dodávky a provozu zařízení je nejsložitější nastavení prokazování reálných úspor.

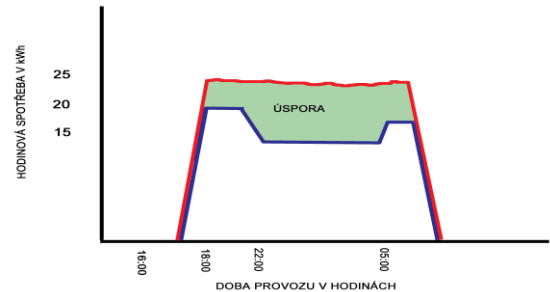
Je několik možností :

- ▲ porovnávání reálné spotřeby se spotřebou vypočtenou (součet příkonů svítidel napájených z rozvaděče)
- ▲ porovnání spotřeby z minulých let se spotřebou současnou
- ▲ porovnávání spotřeby bez regulace se skutečnou spotřebou, přičemž jsou obě hodnoty zjištěny měřeními
- ▲ porovnání spotřeb s a bez regulace zjištěných odečty z elektroměru
- ▲

Každá z uvedených variant má své výhody i nevýhody. Žádná z uvedených variant není ideální(přesná) a nezohledňuje (ve své podstatě ani nemůže) vlivy běžného provozu a činností na veřejném osvětlení. Vlivy jako nesvítící části veřejného osvětlení, přepojování jednotlivých větví v rámci kabelových poruch apod. Navíc konkrétní varianta, tedy centrální napěťová regulace dosahuje úspor již při zapnutí veřejného osvětlení tím, že od počátku je vstupní napětí stabilizováno na úrovni 220V v jednotlivých fázích. Úspory vyplývající ze stabilizace napětí jsou dosahovány ve výši cca 6 – 9%. Viz obr. 1.



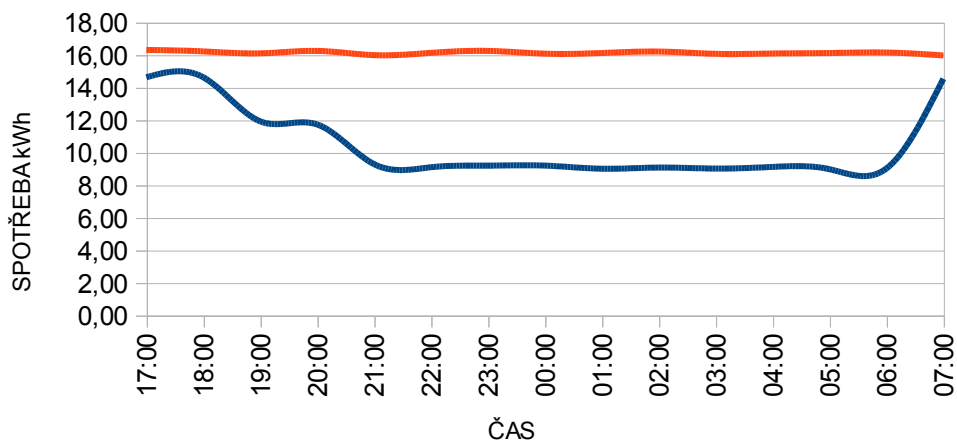
Obr. 1



Obr. 2

Obrázek č. 2 ukazuje jaký by měl teoreticky být účinek úsporného opatření pomocí centrální napěťové regulace. Tabulka č.1 a obr. 3 ukazují skutečně naměřené hodnoty spotřeby na jednom z rozvaděčů veřejného osvětlení ze dne 4.1.2012 a 5.1.2012. V jednom případě byla regulace vypnuta a při druhém měření zapnuta.

Jak je vidět úspora ve spotřebě elektrické energie je naprosto jasná a nezpochybnitelná.



Obr.3

ČAS	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00
SPOTŘEBA S REGULACÍ kWh	14,62	14,62	11,91	11,72	9,28	9,09	9,19	9,19	9,00	9,07	9,01	9,11	8,97	9,01	14,53
SPOTŘEBA BEZ REGULACE kWh	16,30	16,21	16,09	16,24	15,98	16,12	16,24	16,07	16,11	16,20	16,06	16,08	16,11	16,14	15,96

Při porovnání obou denních spotřeb, tedy 158 kWh a 242 kWh je denní úspora ve výši 83,5 kWh, nebo 34,5 %, nebo při ceně 2,8 Kč/kWh 233,8 Kč za jeden den.

Celkové hodnocení realizace úsporných opatření:

Průměrná celková měsíční úspora u všech nainstalovaných regulátorů napětí se pohybuje ve výši 95 až 105 tisíc Kč (podle doby svícení), měsíční splátky za všechny regulátory napětí dosahují přibližně jen 80% výše úspor. To znamená, že na provoz veřejného osvětlení ročně přibude z položky spotřeba elektřiny 200 až 220 tisíc Kč, které mohou být využity například na obnovu.

2. *spínání a monitorování veřejného osvětlení*

Mnozí si jistě povšimli, že jsem v předchozím případě nepopisoval do hloubky způsobu získávání dat o spotřebě, tedy měření. Bylo to naprosto záměrně. Mimo řešení úspor ve veřejném osvětlení byl zároveň řešen problém s centrálním ovládáním a monitorováním funkcí veřejného osvětlení. O možnostech jak spínat a vypínat veřejné osvětlení toho bylo již napsáno mnoho. Podstatně méně se ale řeší monitorování veřejného osvětlení. Přitom správně nastavené monitorování může samo o sobě vyřešit, nebo dát návod k řešení mnohým potížím a problémům. Jestliže bylo rozhodnuto o pořízení „spínacího a monitorovacího systému“ pro veřejné osvětlení a zároveň vyvstala nutnost sledovat spotřebu energie byl tento požadavek okamžitě zařazen do zadávací dokumentace.

Požadavky v zadávací dokumentaci pro veřejnou zakázku byly následující :

1. Spínání :
 - centrální zapnutí a vypnutí veřejného osvětlení
 - zapnutí a vypnutí veřejného osvětlení po částech (po jednotlivých rozvaděčích)
 - dálkové ovládání přes SMS, nebo internet
2. monitoring
 - okamžitá spotřeba
 - hodinová spotřeba
 - denní spotřeba
 - měsíční spotřeba
 - časy zapnutí a vypnutí
 - doba provozu za den a měsíc
3. chybová hlášení
 - nesepnutí stykače
 - chybí napětí (po jednotlivých fázích)
 - vstup do rozvaděče
 - ztráta spojení a řídicím PC
4. Další požadavky :
 - zálohování všech dat
 - export dat do Excelu
 - zasílání chybových hlášení formou SMS na tři telefonní čísla
 - více úroňový vstup do programu (nastavování a jen čtení)

Kritéria hodnocení veřejné zakázky byly následující :

- ♣ 40% váhy pořizovací cena
- ♣ 40% váhy technické řešení (přesné splnění požadavků)
- ♣ 20% váhy provozní náklady na jeden rozvaděč a rok

Nestandardní přístup k řešení výběrového řízení přišel v okamžiku vyhlášení veřejné zakázky.

Samotná zakázka byla vyhlášena v naprostém souladu se zákonem č..... o veřejných zakázkách. Osloveny byly společnosti, které podobné systémy a zařízení dodávají. Na druhou stranu byly osloveny i společnosti, které **nikdy** neměly s veřejným osvětlením **nic společného**. Společnosti, které doposud působily v oblasti MaR, sledování vozidel a pultů centrální ochrany, dálkových odečtů tepla apod. Odpověď na otázku „Proč?“ vychází z myšlenky :

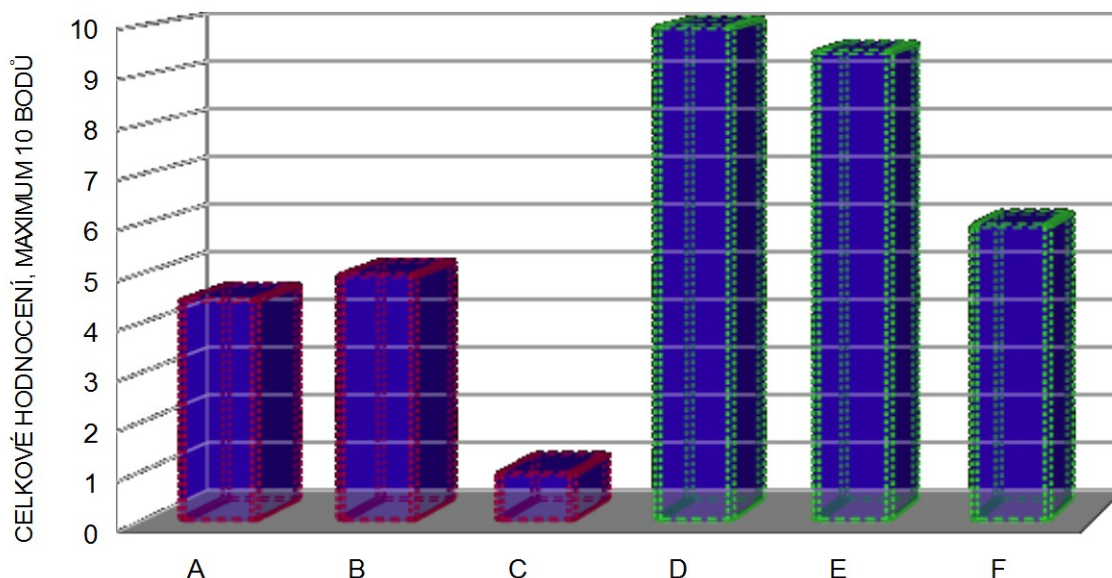
- ▲ je jedno jestli se měří teplo, nebo elektřina (stačí jen vyměnit koncové zařízení)
- ▲ je jedno jestli se přenáší data o pohybu vozidel, nebo stavu rozvaděčů
- ▲ je jedno jestli se dálkově spíná zabezpečení objektu, nebo veřejné osvětlení

Výsledkem byla naprostá „bomba“.

Nemám souhlas společností zúčastněných ve výběrovém řízení s uveřejněním jejich názvů (asi by to ani nebylo vhodné) a tak pro potřeby tohoto článku je označím jako A, B, C, D, E, F. První tři jsou dodavateli standardních zařízení pro veřejné osvětlení a další tři v oblasti veřejného osvětlení nikdy nepůsobily.

Pořadí výběrového řízení byl následující : D, E, F, B, C, A. Samotné pořadí ovšem nevyjadřuje rozdíly mezi jednotlivými společnostmi. Celkové hodnocení účastníků výběrového řízení mnohem lépe vyjádří níže uvedené grafické znázornění. Samozřejmě jsme si položili otázku proč jsou rozdíly mezi jednotlivými společnostmi tak výrazné.

Důvodů bude zřejmě několik.



▲ Společnosti dodávající standardně služby a materiál do oblasti veřejného osvětlení se mezi sebou dobře znají a znají i ceny za které své výrobky a služba dodávají. Jejich finanční nabídky tudíž odpovídaly situaci na trhu.

▲ Tyto společnosti také mají již delší čas své „standardní“ výrobky a pro tuto poptávku nehodlaly vyvíjet přesně to co bylo zadáním. Aby zadání splnily nabídky výrobky, jejichž vlastnosti výrazně zadání převyšovaly a tudíž byly i finančně náročnější.

▲ Společnosti, které v oblasti veřejného osvětlení standardně nepůsobí se pohybují na trhu, který je mnohem náročnější (MaR, teplo, pulty centrální ochrany,) na kvalitu poskytovaných služeb. Také v cenové oblasti je konkurence mnohem výraznější.

▲ V oblasti veřejného osvětlení není standardní vyvíjet software „na míru“, kdežto jinde je minimálně úprava software podmínkou získání zakázky.

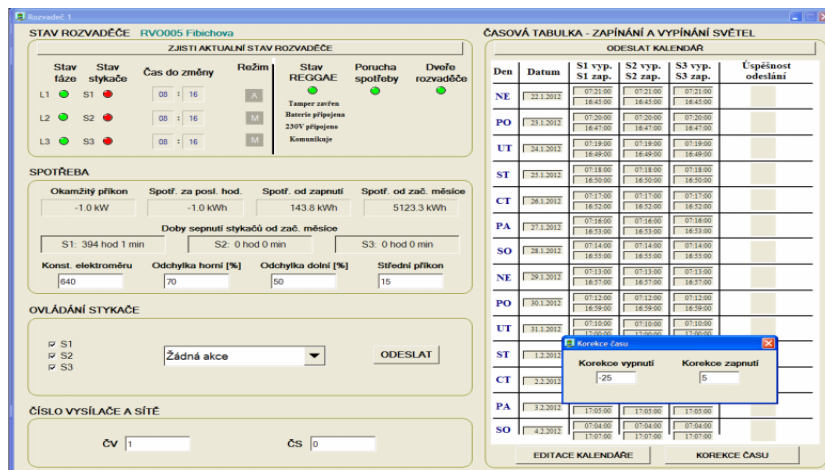
Jak tedy funguje „Spínací a monitorovací systém ušitý na míru“?

Podle ročních zkušeností naprosto skvěle. Spínání je zajištěno virtuálními astronomickými hodinami (součást software) s možností libovolné korekce při zapnutí, nebo vypnutí. Mimo automatického provozu je zde možnost manuálního ovládní buď celého veřejného osvětlení, nebo jednotlivých

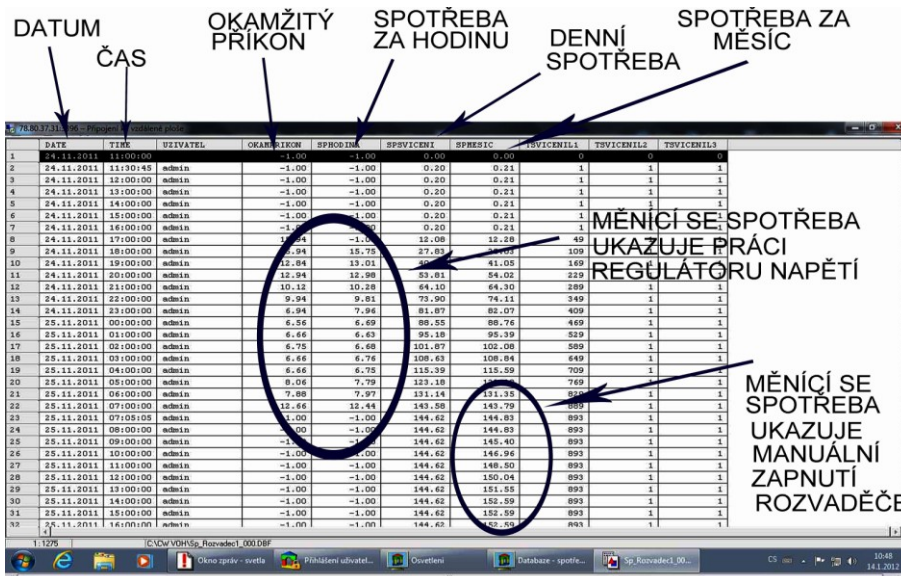
rozvaděčů. Vše řídí PC, které je ukryto u provozovatele veřejného osvětlení a přístup do programu je přes vzdálenou plochu. Po otevření programu se objeví „úvodní“ obrazovka.



Jsou zde základní karty všech rozvaděčů, přepínání do mapy, chybových hlášení a vstup do datové části. Každý rozvaděč má navíc svou „velkou“ kartu.



Podrobný popis činnosti tohoto spínacího systému by byl na samostatnou přednášku a proto již jen jedno zastavení. Na níže uvedené obrazovce je vidět jak je jednoduché vyhodnocovat činnost regulátoru napětí. Je možno sledovat po hodině jak se mění spotřeba na příslušném rozvaděči. Pokud by měl někdo zájem a čas může strávit u PC klidně celou noc sledovat okamžitý příkon třeba po jedné minutě.



3. Rozvaděče veřejného osvětlení

Rozvaděče ve veřejném osvětlení, tak jako ostatně v každém elektrotechnickém zařízení slouží k zajištění napájení dílčích celků a zařízení elektrickým napětím. Tolik teorie.

Každý provozovatel, nebo správce veřejného osvětlení ví, že rozvaděče, které jsou vystaveny povětrnostním vlivům, jako všechna další zařízení je výrazně ohrožen působením ještě jednoho činitele. Lidí. Výsledky tříleté statistiky od pojišťovny jsou následující. Ročně je vandalismem poškozeno 5-6% elektroměrových rozvaděčů a **12-15%** rozvaděčů podružných. Vzhledem k tomu, že pojišťovna nikdy neuhradí plnou částku vzniká výrazná škoda na opravách nejen pojišťovně, ale i provozovateli. Doposud bylo možností jak reálně chránit rozvaděče pomálu. Starší rozvaděče jsou ve většině případů realizovány v ocep rozvodnici na betonovém základu. Novější jsou pak plastové a opět na betonovém základu, nebo na plastové noze. Tyto realizace mají dvě základní nevýhody. Především jde o materiál. Neplatí to stoprocentně, ale použité plasty jsou obecně křehké a tato vlastnost je vlivem povětrnostních podmínek (především nízkých teplot ještě zvýrazněna. Druhou nevýhodou těchto řešení je spojení rozvaděče s podstavcem. Tyto spoje, i když jsou provedeny kvalitními šrouby časem korodují. Tomu je možno zabránit ošetřením v rámci údržby, ale já osobně neznám případ, kde by tato činnost byla do údržby zařazena.

Takže jsou specifikovány potíže a zbývá vyřešit otázku jak je odstranit. Myšlenka, která vyřešila problémy u podružných rozvaděčů je překvapivě jednoduché a naprosto geniální. Bohužel se musím přiznat, že tato myšlenka nebyla moje. Úplně na počátku byla otázka „Nemůžeme dát výzbroj podružných rozvaděčů do sloupů veřejného osvětlení?“. Každý, kdo pracuje v oblasti veřejného osvětlení ihned odpoví „sloupy nemají krytí, do sloupů se to nevléze“. To je samozřejmě pravda. Ale pokud si pohrajeme s původní myšlenkou, tedy sloupem, tento zkrátíme na cca 1,5 až 2 metry a zvětšíme jeho průřez na 40 – 50 cm, dodáme horní víko a vyřízneme dvířka máme tento výsledek.



Obr.6 PODRUŽNÝ ROZVADĚČ



Jak je vidět, máme část „sloupu“ s rozvodnicí v krytí IP 54, s maximální výbavou 6 ks pojistkový odpínač 14/3 + svorkovnice PEN. Tento rozvaděč je do země ukládán do betonového základu a protože je z 4mm pozinkovaného plechu je téměř „nedobytný“.

Výše je prezentována „lehčí“ varianta, která byla vyvinuta jen pro veřejné osvětlení. Dnes je na trhu již další varianta, která svými vlastnostmi tu původní vysoce předčí, ale na druhou stranu je i dražší. Jen několik základních parametrů. IP 68, IK 20, maximální výzbroj 6ks pojistkový odpínač 22/3, nebo 8ks 14/3, typově odzkoušen až pro 400A.



Mne osobně zaujal parametr IK 20, neboť stejnou mechanickou odolnost má i tank.

Nyní se vrátíme k elektroměrovým rozvaděčům. Zde již situace nemá tak snadné řešení. Vyrobit dostatečně velkou a dostatečně odolnou rozvaděčovou skříň je sice možné, ale asi by nezbylo než ji stěhovat jeřábem, také cena by byla možná zajímavá pro výrobce, ale zcela jistě ne pro zákazníka. Pokud jsme v našem případě byli odhodláni neuspokojivou situaci řešit museli jsme začít hledat a pátrat. Naše požadavky byly následující :

- materiál plast s vysokou pevností, odolností proti vlivu teplot (křehnutí) a odolávající mechanickým nárazům
- konstrukce s vnitřními zpevňujícími prvky a přípravou pro uchycení přístrojů bez nutnosti vrtání, základní osazení na montážní desku
- možnost složení skříní různých velikostí, pro oddělení elektroměrové části a řídicích a monitorovacích systémů

Když jsem viděl poprvé všechny požadavky pohromadě, měl jsem dojem, že jsem se zbláznil. Od kolegů jsem slyšel jen dvě slova „cvok“ a „debil“. Nicméně jsem je přesvědčil že alespoň zkusíme hledat. K našemu společnému překvapení stačil jen jeden týden, pár dotazů na internetu, několik hodin pátrání v katalogích a několik konzultací a výsledek byl na světě. Materiál je polyester zesílený skelným vláknem, instalace přístrojů na montážní plech, nebo DIN lišty instalované každá zvlášť, celá konstrukce je již z výroby zesílena vylisovaným žebrováním, na vnitřních stranách jsou předlisované otvory pro šrouby M12. Celý rozvaděč má IP65.



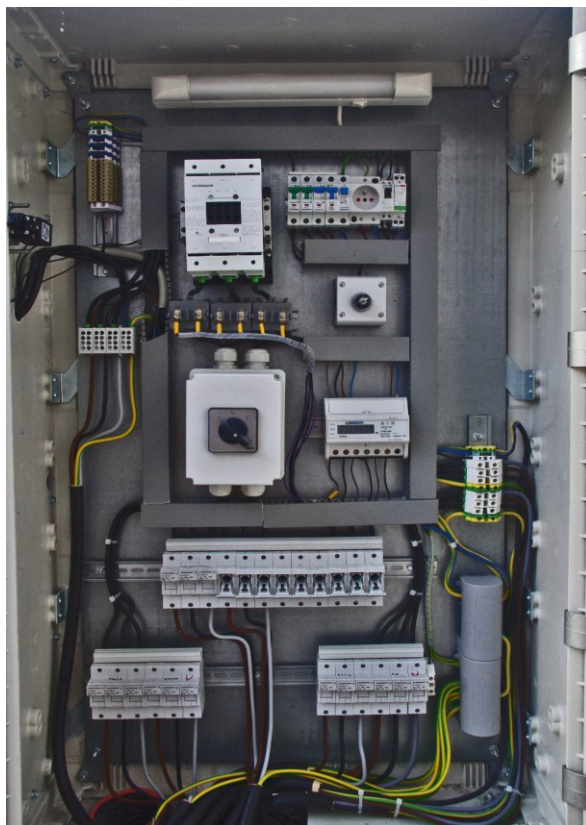
Jedna z prvních otázek, která napadne asi každého je proč je rozvaděč rozdělen na tři části. Příslušné ČSN to samozřejmě nepožadují.

Důvodů je hned několik.

- Ekonomika. Prvotní investice jsou proti standardnímu rozvaděči sice vyšší, ale každou část je možné vyměnit samostatně. A nejen jednotlivou skříň, ale i dveře, bočnice, rám dveří,... Tyto

skutečnosti v dlouhodobém výhledu znamenají podstatně ekonomičtější provoz.

- Unifikace. Nejen, že je každá rozvaděčová skříň naprosto stejná, ale naprosto stejné je i vnitřní zapojení, což opět zlevňuje výrobu. Nezanedbatelná je i spokojenost distributora elektrické energie. Elektroměr je oddělen v samostatné skříni a přesto je součástí rozvaděče.
- Bezpečnost. Dnes je již dokáží pracovníci údržby v těchto rozvaděčích orientovat „poslepu“, což především při nočních výjezdech a pracích je nezanedbatelná výhoda. Navíc jsou do zapojení rozvaděče zapojeny nestandardní bezpečnostní prvky, jako je například uzamykatelný vypínač, který blokuje nejen stykač, ale odpojí přívodní napětí. Vzhledem k tomu, že je vypínač uzamykatelný není možné rozvaděč zapnout aniž by o tom pracovník nevěděl.



4. Shrnutí

Tato přednáška nedává žádný přesný návod k řešení problémů ve veřejném osvětlení. Tato přednáška by měla „jen“ ukázat, že není vždy účelné a ani přínosné se držet zaběhaných postupů. Že používání vlastní mysli může mnohdy přinést nečekané a velice přínosné výsledky a toto se netýká jen veřejného osvětlení.

Na závěr jen několik shrnujících bodů:

- Jestliže Vám někdo nabízí úsporná opatření, pak by měl být o jejich účinnosti sám přesvědčen. Měl by tedy být i schopen zajistit alespoň částečné financování těchto úsporných opatření. Pokud tomu tak není budiž to varováním.
- Ne každý kdo nabízí zařízení, servis, práci, nabízí to nejlepší za optimální cenu. Šanci by měli dostat i ti, kteří v oboru standardně nepůsobí. Podmínka o referencích, mnohdy dávána do výběrových řízení může být v některých případech až příliš omezující. **Podle mého názoru by v případě svítidel by tato podmínka naopak měla platit na 100%.**
- Nikdo není nejchytřejší a vždy se vyplatí „pouvažovat“ i o cizích myšlenkách.
- I relativně jednoduché věci je možné změnit tak, aby byly lepší a dokonalejší a hlavně užitečnější.
- Činnost „chtít a hledat kvalitní věci“ by měla být zařazena do pracovních povinností správce veřejného osvětlení.
- Ekonomika veřejného osvětlení je dlouhodobá záležitost. Uvažovat v jen v kategorii nákupní ceny znamená dlouhodobě platit víc.

Nový ovladač řízení Helvar Tridium

Ing. Tomáš Čížinský, Sofim spol. s r.o.

Josef Neduchal, DNA CENTRAL EUROPE s.r.o.

Helvar Tridium – nová cesta integrace systémů

Čím lze v současnosti obohatit světelnou instalaci? O konektivitu a softwarové uživatelské rozhraní. Vysoce uživatelsky oblíbený software Helvar Designer již několik let představuje konfiguračně výkonný, programátorský a operační nástroj pro uživatele produktů systémů Helvar Digidim a Imagine. Na základě současné struktury příkazů HelvarNet, která je nyní používána k integraci systémů třetích stran, vytvořil tým vyvíjející software společnosti Helvar nový IP ovladač, Helvar Tridium.

Nový IP ovladač propojí komponenty pro řízení osvětlení společnosti Helvar se systémy třetích stran v rámci celosvětově rozšířeného prostředí pro integraci systémů budov Niagara AX od společnosti Tridium. Díky tomu budou moci řídicí systémy třetích stran prostřednictvím různých komunikačních sběrnic, **např. Bacnet, Ethernet, KNX, Lon atd.**, vstupovat do sítě Helvar.



- Obrázek 1 Řídicí jednotka Tridium Jace (v ČR nabízena pod značkou CentralLine HAWK AX)

Ovladač je instalován v modulovém adresáři Niagara AX a poté je nastaven v programátorském rozhraní AX Workbench (v ČR nabízeno pod značkou CentralLine COACH AX). Integrátor systému tak může programovat funkce, zahájit odesílání ethernetových dotazů jak prostřednictvím směrovačů (routerů) Digidim, tak prostřednictvím směrovačů Imagine, přičemž poskytuje všechny výhody uzavřeného systému řízení osvětlení Helvar v rámci širšího uživatelského prostředí systému správy budov. Ještě důležitější je skutečnost, že uživatel má nyní přístup k ovládání osvětlení z internetu, a může tak využívat všechny výhody vzdáleného monitorování pomocí jediného rozhraní M2M (man to machine – komunikace člověka a zařízení).



- Obrázek 2 Grafická uživatelská centrála Ax Supervisor (v ČR nabízena pod značkou CentralLine Arena AX)

Helvar Router System s TCP/IP komunikací

Směrovače Digidim a Imagine klientům nabízejí plný výkon a funkce protokolu DALI včetně testování a monitorování nouzového osvětlení. Současně s obvyklými funkcemi systémů řízení osvětlení, jako je detekce pohybu pro úsporu energie, snímání denního světla v návaznosti na časový plán či nastavení světelných scén, získává klient plnohodnotně spravovanou instalaci osvětlení. Směrovač Imagine navíc poskytuje přístup k vlastnímu protokolu S-Dim Helvar a současně k protokolu DMX (Digital MultipleX), známému v oboru scénického osvětlení.

Směrovače Helvar využívají výhody možnosti připojení k Ethernetu a využití protokolů TCP/IP. Přejít k této technice nejen otevřel možnosti přístupu prostřednictvím internetu a kabelové i bezdrátové konektivity, ale rovněž umožnil využívat infrastrukturu sítí IT CAT 5 nebo CAT 6. Systém umožňuje zmenšit počet běžně používaných řídicích sběrníkových sítí a zjednodušit mezisystémovou komunikaci, která napomáhá snižovat instalační a provozní náklady a zvyšovat spolehlivost celého systému. Integrace Helvar Router Systemu do řídicích systémů třetích stran v rámci celé budovy pouze prohloubí tento proces racionalizace ku prospěchu klientů.

NIAGARA AX – nástroj mezisystémové komunikace

Celé spektrum adresovatelných řídicích produktů osvětlení, jako jsou chytré senzory, uživatelská rozhraní, tlačítkové panely, stmívače, reléové jednotky, předřadníky či konvertory, lze nyní ovládat bez omezení výkonu dosavadního systému pomocí softwaru na bázi **Niagara AX Framework**. Osvětlení je nejrozšířenější službou v budovách a vyžaduje tak použití co nejvíce intuitivních a uživatelsky přívětivých ovládacích prvků. Bezpečnost a pohodlí uživatelů budovy jsou velmi závislé na správném provozu osvětlovacích soustav. Komponenty systému řízení osvětlení od společnosti Helvar nabízejí kompletní soubor řídicích funkcí, jako je řízení, spínání osvětlení či použití nouzového osvětlení.

Výhody integrace systémů

Zahrnují nižší celkové náklady, menší množství použitých komponent a kvalitnější Facility Management. Systém řízení osvětlení od společnosti Helvar byl v minulosti úspěšně integrován do sofistikovaných AV systémů s komponentami od různých výrobců, kde umožnil vytvoření fantastických světelných scén a představení. Nový ovladač Tridium přivádí integraci na zcela novou úroveň a umožňuje systému řízení osvětlení plnohodnotně komunikovat se systémy správy budov (BMS), vytápění, větrání a klimatizace (HVAC), popř. jinými řídicími systémy používanými v inteligentních budovách.

Vzhledem k tomu, že inteligentní technika (chytré čipy) je zabudována do stále menších komponentů systému, je nutné reagovat na úkoly obsažené v otázkách individuální adresovatelnosti a nekonvenčních funkcí. Použitím předřadníků DALI je vytvořen stav, kdy každé svítidlo má svou individuální identitu (adresu). Totéž platí i pro řídicí senzory světla udržující přednastavenou úroveň umělého osvětlení v závislosti na denním světle.

Dnes je již konektivita mezi vstupními a výstupními jednotkami v tomto případě realizována spíše virtuálně než fyzicky. Vytváření těchto virtuálních spojení je účelem řídicího softwaru **Helvar Designer verze 4.2.14**. Tato verze softwaru již obsahuje Helvar IP ovladač (driver). Jde o speciálně vyvinutý ovladač pro zařízení Tridium Jace (v ČR nabízeno pod značkou CentraLine HAWK AX) nebo grafickou uživatelskou centrálu Ax Supervisor (v ČR nabízenou pod značkou CentraLine Arena AX) na bázi Niagara AX Framework.

Tento IP ovladač (driver) umožňuje řídicí jednotce Tridium Jace komunikovat se směrovači Helvar pomocí TCP/IP a integrovat připojené DALI zařízení. Integrační a řídicí software Niagara AX je univerzálně přístupný prostřednictvím webového rozhraní. Tím je částečně odstraněna závislost na speciálních počítačích a místní údržbě a docíleno snížení nákladů na technickou podporu.

Shrnutí

Společnost Helvar disponuje bohatými znalostmi o osvětlení a zkušenostmi s jeho ovládním. V situacích, kdy je specifikován plně integrovaný řídicí systém budovy, je pro uživatele dobré vědět, že má k dispozici systém řízení osvětlení bez kompromisů. Bez ohledu na to, zda jde o aplikaci v malém obchodě, v řetězci supermarketů či maloobchodů, v kanceláři nebo na palubě velké výletní lodi, lze vždy bezpečně a přesně identifikovat a integrovat produkt pro řízení osvětlení této značky.

Ovladač Helvar Tridium potvrzuje odhodlání výrobce nabízet své znalosti v tomto propojeném světě a vyzdvihuje význam vzdáleného přístupu k řídicím systémům budovy na bázi internetu.

Literatura a odkazy

[1] TRIDIUM - HELVAR, New Helvar Tridium Driver opens the way to a wider systems integration world, Helvar News 1 / 2012

[2] „Driver for the Tridium Integration System“ ke stažení v rubrice „Tools“ na, www.helvar.com

- helvarDriver.jar
- HLC-IPDRV, Instalation and User Guide



Akciová společnost ČEPS působí na území České republiky jako výhradní provozovatel přenosové soustavy (elektrická vedení 400 kV a 220 kV) na základě licence na přenos elektřiny, udělené Energetickým regulačním úřadem podle Energetického zákona.

Udržuje, obnovuje a rozvíjí 41 rozvoděn, se 71 transformátory převádějícími elektrickou energii z přenosové do distribuční soustavy, a trasy vedení s napětovou hladinou 400 kV o délce 3508 km a 220 kV o délce 1910 km.

V rámci elektrizační soustavy České republiky poskytuje ČEPS, a.s., přenosové služby a služby spojené se zajištěním rovnováhy mezi výrobou a spotřebou elektrické energie v reálném čase (systémové služby).

Společnost ČEPS je začleněna do evropských struktur. Zajišťuje přeshraniční přenosy pro export, import a tranzit elektrické energie. ČEPS, a.s., se také dlouhodobě aktivně podílí na formování liberalizovaného trhu s elektřinou v ČR i v Evropě. Více informací naleznete na www.ceps.cz.



LED
news



www.deos.cz



www.okas.cz

Údržba a oprava komunikací
Údržba veřejného osvětlení
Reklama na sloupech VO
Dopravní značení
Světelná signalizace
Kolektory
Strojní metení komunikací
Nákladní doprava
Opravy motorových vozidel
Měření emisí – Diesel
Dopravně – Inženýrská činnost



Držitel
certifikátů dle:
ČSN EN ISO 9001
ČSN EN ISO 14001
ČSN OHSAS 18001



Dobrá investice je záruka dobrých časů

**VÝROBA
OCELOVÝCH
STOŽÁRŮ**

VYSTO
KOBYLÍ



- ▶ Stožáry veřejného osvětlení
- ▶ Přechodové a dekorativní stožáry
- ▶ Stožáry pro sportovní areály
- ▶ Vlajkové a rozhlasové stožáry
- ▶ Stožáry pro světelnou signalizaci
- ▶ Atypické stožáry
- ▶ Stožáry pro kamery, radary, antény
- ▶ Výložníky a stožárová výzbroj
- ▶ Svítidla, zdroje, patice
- ▶ Komplexní materiál veř. osvětlení
- ▶ Zámečnická výroba

TERMOPLASTICKÉ
POVRCHOVÉ
ÚPRAVY



Těšíme se na vzájemnou spolupráci

www.vysto.cz, stozary@vysto.cz, tel/fax: +420 519 430 500, 519 430 654, mob.: +420 602 767 901

B.E.G. LUXOMAT®

DALI a KNX

Pohybová a přítomnostní čidla pro inteligentní systémy řízení osvětlení a automatizaci budov



- Spínání a stmívání dle přítomnosti nebo pohybu osob
- Regulace osvětlení v závislosti na denním světle
- Ovládání pomocí dálkového ovladače
- Pro použití s:
 - o Analogovým řízením DIM 1-10V
 - o Digitálním řízením DALI/DSI
 - o Sběrníkovým systémem KNX/EIB
- Úspora energie a ochrana životního prostředí

Možno použít:
IR-PD-DALI





INDUKČNÍ A XENONOVÉ OSVĚTLENÍ
VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ
NASVĚTLOVÁNÍ PRŮMYSLOVÝCH HAL
INTENRIÉROVÉ OSVĚTLENÍ
ROZVADĚČE AŽ DO IP68 A IK50
ENERGETICKÝ MANAGEMENT
ENERGETICKÉ ÚSPORY
SVĚTELNĚ TECHNICKÉ VÝPOČTY

KONTAKT
OSTEOS service, s.r.o.
Čs. armády 877 / 20
710 00 Ostrava
office@osteos.cz
www.osteos.cz



LUSTACO Group, s.r.o.
Nálepková 886/21
708 00 Ostrava - Poruba
Česká Republika

IČ: 28616812

mail: info@lustaco.com
web: www.lustaco.com

Lukáš Starý
jednatel, ředitel společnosti
mail: stary@lustaco.com
gsm: +420 724 902 202

Ing. Ctibor Novák
obchodní ředitel
mail: novak@lustaco.com
gsm: +420 737 637 686



LUSTACO INDUSTRIAL LED LIGHTING SYSTEMS

DEVELOPMENT | ENGINEERING | TECHNOLOGY | PRODUCTION

LUSTACO Group se zabývá projekty osvětlení, využívajícími pokročilých technologií ke snížení energetické zátěže, zvýšení efektivity využití energie a snižování zatížení životního prostředí.

Zaměřujeme na vývoj, konstrukci a technologii průmyslového a veřejného LED osvětlení s následným zajištěním výroby a komplexní realizaci celého projektu.

Soustředíme se na projekty veřejného osvětlení, průmyslového osvětlení jako jsou výrobních a skladovacích hal, logistických skladů, sportovní hal, sportovní stadiony, osvětlení průmyslových staveb apod.

Dále se zabýváme vývojem a konstrukcí hybridního osvětlení s využitím alternativních zdrojů energie jako např. solární či větrné energie. Vytváříme i speciální osvětlení např. pro ropné plošiny, nebo osvětlení pod hladinou moře v hloubkách okolo 1500m.

Detailní informace o společnosti LUSTACO najdete na našich webových stránkách:

www.lustaco.com



Svítíme vám každý den...





Foto: Boris Renner

● ... nyní i LED svítidla.

INGE[®]
OSVĚTLOVACÍ SYSTÉMY

INGE Opava, spol. s r.o.
Stará silnice 3, 746 01 Opava
Česká republika

tel.: +420 553 602 123

mob.: +420 606 782 762

tel.: +420 553 602 124

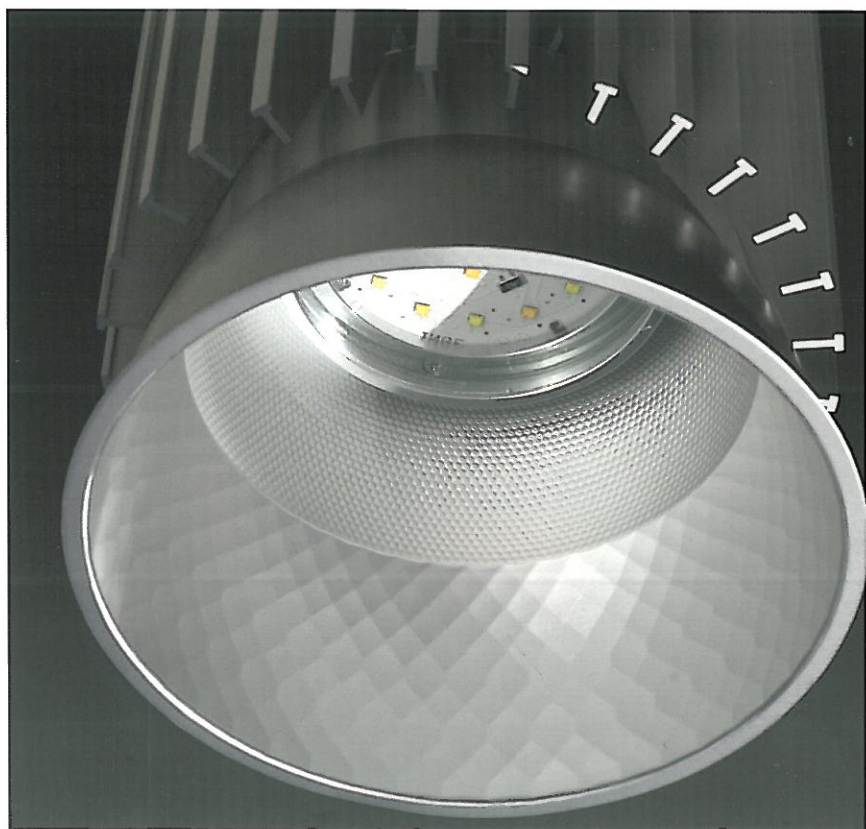
mob.: +420 602 217 045

tel.: +420 553 602 125

mob.: +420 602 502 326

e-mail: inge@inge.cz

www.inge.cz





LIGHT NEWS

OSRAM Deco & Living: COMBILITE®

Stylová sedmidílná řada LED
svítidel v různých variantách

- Svítidla s jedním nebo více moduly
- Ideální ke vzájemnému kombinování
- Jasně teplé bílé světlo



Inovační technika. Puristický design.

Řada LED svítidel COMBILITE® obsahuje sedm svítidel. Základní jednotkou je kompaktní šestihranný modul v různých počtech a uspořádáních: pro stropní svítidlo, pro stojací svítidlo a dalších pět svítidel, která lze nainstalovat podle potřeb jako stropní nebo závěsná.



1
COMBILITE® SINGLE CEILING:
stropní svítidlo z jednoho modulu

Vždy a všude budou dobře vidět.

- Výrazně stylový a přitom nadčasový design
- Atraktivní a kvalitní bílá povrchová úprava
- Velmi úsporné a jasné teplé bílé světlo: každý modul se třemi vysoce výkonnými LED, celkem čtyřmi watty a světelným tokem 165 lumenů
- To správné svítidlo pro konkrétní použití: jako hlavní nebo pomocný zdroj světla, pro náladové nebo akcentové osvětlení, jako svítidlo pro čtení, na stůl nebo schodiště, v jídelně, obývacím pokoji nebo ložnici, v kuchyni nebo u baru
- Všechna svítidla s třídou ochrany II a integrovaným předřadníkem



2
COMBILITE® LINEAR: lineární svítidlo ze čtyř modulů pro stropní nebo závěsnou montáž.



3
COMBILITE® QUAD: „kruhové“ svítidlo ze čtyř modulů pro stropní nebo závěsnou montáž.



4
COMBILITE® SIX FLOOR: „kruhová“ stojací lampa ze šesti modulů pro flexibilní umístění v rámci místnosti, zároveň dekorativní doplněk i svítidlo.

Označení výrobku	Barva svítidla	t [lm] ¹	W	lm	l [mm]	b [mm]	h [mm]	K	△°	□	□	Objednací kód (EAN)
COMBILITE®												
COMBILITE SINGLE CEILING	bílá	20000	4	165	100	100	55	3000	30	1	4	4008321979155
COMBILITE SINGLE PENDANT ²	bílá	20000	4	165	100	100	55	3000	30	1	4	4008321976604
COMBILITE TRIPLE ²	bílá	20000	3x4	3x165	201	201	55	3000	30	1	2	4008321976635
COMBILITE LINEAR ²	bílá	20000	4x4	4x165	252	175	55	3000	30	1	2	4008321976697
COMBILITE QUAD ²	bílá	20000	4x4	6x165	349	100	55	3000	30	1	1	4008321976666
COMBILITE SIX ²	bílá	20000	6x4	6x165	267	267	55	3000	30	1	1	4008321976727
COMBILITE SIX FLOOR	bílá	20000	6x4	6x165	267	267	1750	3000	30	1	1	4008321976758

¹ Střední životnost.

² Maximální závěsná délka: 2000 mm.

VIDĚT SVĚT V NOVÉM SVĚTLE





LIGHT NEWS

OSRAM Deco & Living: SILENTO™

Řada inovačních velmi
atraktivních svítidel

- Design založený na plochých a vysoce kvalitních LED panelech
- Otočné moduly pro přímé i nepřímé osvětlení*
- Mimořádně intenzivní a úsporné



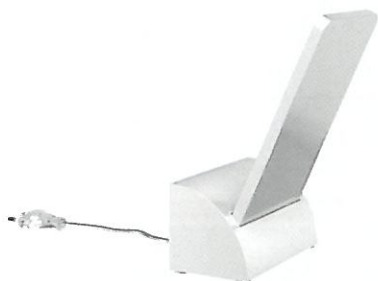
* Silento Poco a Silento Lungo

VIDĚT SVĚT V NOVÉM SVĚTLE



Inovační technika. Puristický design.

SILENTO™ propojuje inovační technologii LED panelů s puristickým designem svítidla. Tato řada mimořádně kvalitních a intenzivních svítidel má čtyři zástupce: jedno nástěnné a jedno stolní svítidlo obsahující po jednom LED panelu a dvě závěsná svítidla se třemi, resp. pěti LED panely – všechna s integrovaným předřadníkem.



1

SILENTO™ Muro: Nástěnné svítidlo 2 v 1 se 7-palcovým LED panelem. Díky panelu, který je možné vyjmout z podstavce a nasadit opačně, umožňuje přímé i nepřímé osvětlení. S pomocí síťové zásuvky, která je součástí balení, a integrovaného dotykového senzoru včetně funkce stmívání lze svítidlo umístit také na polici nebo regál.

Nevšední elegance a kvalita světla.

- Velmi štíhlý, puristický design
- Dlouhá životnost a vysoká účinnost
- Mimořádně harmonické, velkoplošné světlo díky panelové technologii
- Vysoký světelný tok, velký měrný světelný výkon, příjemné teple bílé světlo
- Mnohostranné možnosti dekorativního využití: obývací pokoje, jídelny, ložnice, kuchyně, vestibuly, chodby, kanceláře, pracovní



2

SILENTO™ Tavolo: Stolní svítidlo se 7-palcovým LED panelem. Díky plošnému, mimořádně rovnoměrně vyzařujícímu světlu není třeba polohu svítidla nijak upravovat. Dotykový senzor včetně funkce stmívání umožňuje jednoduché zhasínání i rozsvěcení na různé úrovně jasu.






3

SILENTO™ Poco: Závěsné svítidlo se třemi 7-palcovými LED panely. Panely jsou vzájemně nezávisle otočné o +180°/-160° a umožňují tak flexibilní nastavení přímého nebo nepřímého světla. Snadné nastavení závěsné délky během instalace s pomocí závěsné sady.



4

SILENTO™ Lungo: Závěsné svítidlo – jako SILENTO™ Poco, ovšem s pěti 7-palcovými LED panely.

Označení výrobku	Barva svítidla	t [lm] ¹	W	lm	l [mm]	b [mm]	h [mm]	K				Objednací kód (EAN)
SILENTO™												
SILENTO Muro	bílá	25000	6	300	135	71	210	3000	120	1	2	4008321989406
SILENTO Tavolo	bílá	25000	6	300	170	110	448	3000	120	1	2	4008321989383
SILENTO Poco ²	bílá	25000	18	900	671	129	8	3000	120	1	2	4008321985651
SILENTO Lungo ²	bílá	25000	30	1500	1085	129	8	3000	120	1	2	4008321985668

¹ Střední životnost.

² Maximální závěsná délka: 2000 mm.

VIDĚT SVĚT V NOVÉM SVĚTLE



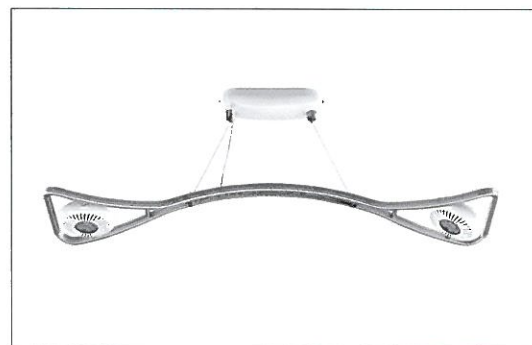


LIGHT NEWS

OSRAM Deco & Living: SLINGSHOT®

Inovační závěsné LED svítidlo
do kuchyně a jídelny

- Otočné osvětlovací moduly pro přímé i nepřímé osvětlení
- Inovační a jemný design
- Velmi účinné teple bílé světlo



Inovační LED svítidlo s jednoduchou instalací.




SLINGSHOT® je závěsné LED svítidlo osazené dvěma otočnými moduly. Díky svému inovačnímu designu a úspornému světlu představuje vynikající volbu osvětlení pro „moderní a lehké“ kuchyně.

Vkusné přímé i nepřímé osvětlení.

- Velmi jemný, lehký design
- Robustní plastový rám se snadnou údržbou a kovovým vzhledem
- Dva moduly otočné o 270° v leštěném „slonovinovém“ provedení
- Ideálně vhodné pro použití v kuchyni a jídelně



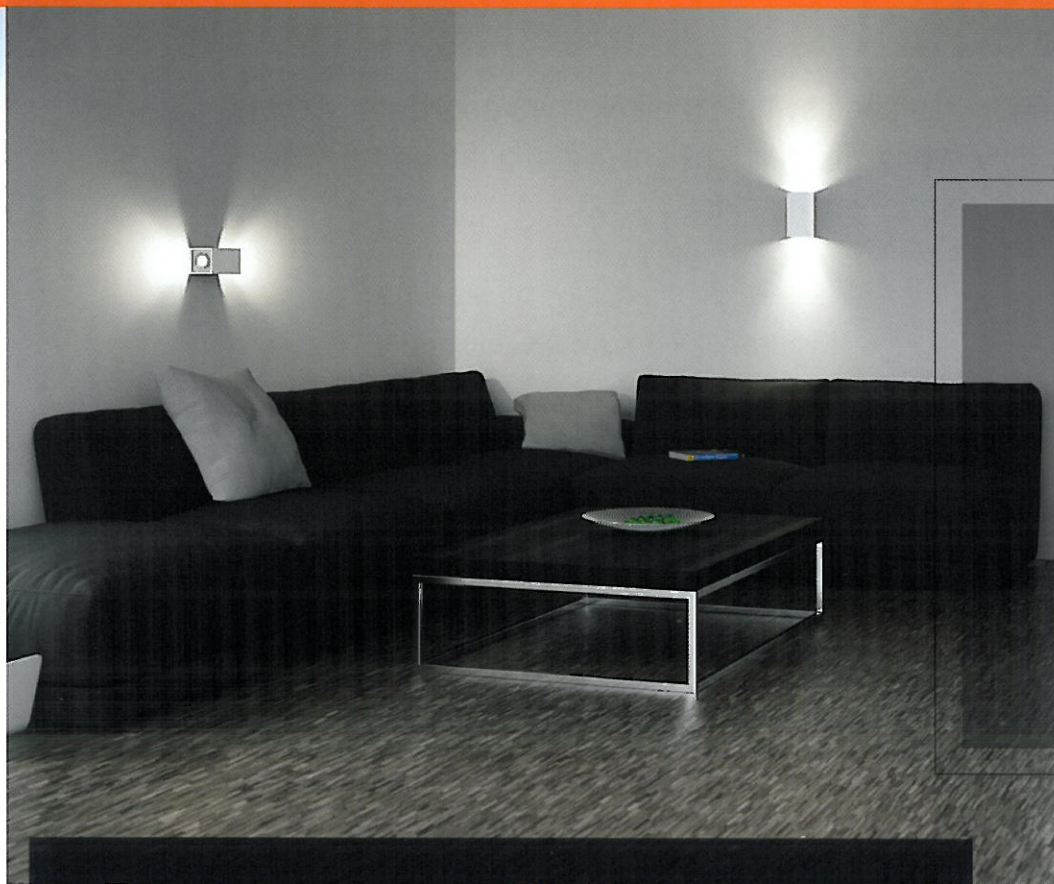
1 Velmi úsporné jasné teplé bílé světlo: každý modul se třemi vysoce výkonnými LED, celkem 4,5 wattů a světelným tokem 165 lumenů.

Označení výrobku	Barva svítidla	t [h] ¹	W	lm	l [mm]	b [mm]	h [mm]	K				Objednací kód (EAN)
SLINGSHOT®												
SLINGSHOT ²	stříbrná/bílá	20000	2x4,5	2x165	628	142	60	3000	30	1	2	4008321976819

1 Střední životnost.
2 Maximální závěsná délka: 2000 mm.

VIDĚT SVĚT V NOVÉM SVĚTLE



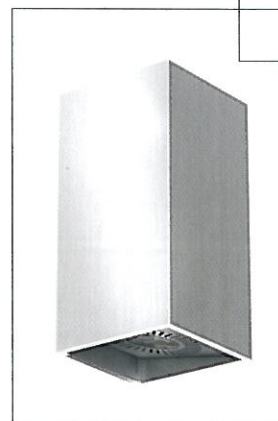
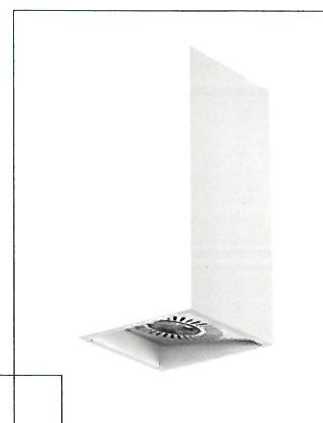


LIGHT NEWS

OSRAM Deco & Living: TRESOL Bloc®

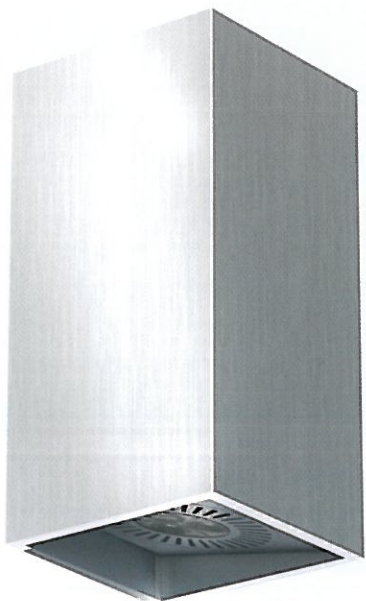
Dekorační nástěnná LED svítidla

- Kvalitní hliníkové pouzdro
- Nastavitelné osvětlovací moduly pro individuální světelnou náladu
- Mnohostranné možnosti použití



Vkusné osvětlení

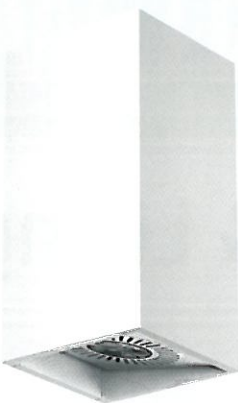
TRESOL® Bloc je dekorační nástěnné svítidlo s hliníkovým pouzdem, dvěma nastavitelnými LED moduly vydávajícími intenzivní světlo a integrovaným předřadníkem pro obzvláště snadnou instalaci.



1
TRESOL® Bloc stříbrné provedení: kvalitní nástěnné svítidlo v kartáčovaném hliníku.

Kvadratické. Praktické. Elegantní.

- Efektní a dekorační nástěnné osvětlení
- Moderní nadčasový design
- Atraktivní, vysoce kvalitní hliníkové pouzdro
- Velmi úsporné, jasné teple bílé světlo; každý modul se třemi vysoce výkonnými LED, celkem 4,5 wattů a světelným tokem 165 lumenů
- Díky nastavitelným modulům (60°) lze osvětlení upravit přesně podle individuální nálady
- Možnost vodorovné i svislé montáže
- Mnohostranné použití v obývacích pokojích, ložnicích a jídelnách, pro vstupní prostory, schodiště i chodby



2
TRESOL® Bloc bílé provedení: kvalitní nástěnné svítidlo se zářivě bílou povrchovou úpravou.

Označení výrobku	Barva svítidla	l ¹ [m]	W	lm	l [mm]	b [mm]	h [mm]	K				Objednací kód (EAN)
TRESOL® Bloc												
TRESOL Bloc	stříbrná	25000	2x4,5	2x165	170	92	84	3000	30	1	4	4008321985484
TRESOL Bloc	bílá	25000	2x4,5	2x165	170	92	84	3000	30	1	4	4008321990143

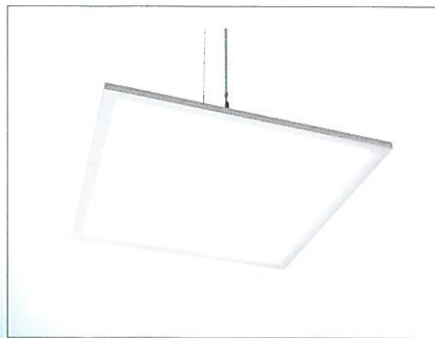


LIGHT NEWS

LEDVANCE® AREA – jedno z nejlepších OSRAM svítidel. Stojí za pozornost!

Univerzální, atraktivní svítidlo s LED technologií. Extrémně ploché, s extrémně dlouhou životností.

Všestranně použitelné svítidlo – nejen do kanceláří, zasedacích místností, foyerů a chodeb, ale také do domácností – svým moderním čistým designem je perfektní i do moderních obývacích pokojů, kuchyní nebo předsíní. LEDVANCE® AREA je možné použít jako svítidlo přisazené, stropní nebo nástěnné, s příslušenstvím je toto svítidlo možné i zavěsit. Dodává se ve dvou tvarech – čtvercové nebo obdélníkové.



- Homogenní osvětlení díky 640 kusům DURIS E3 LED.
- Přisazená nebo závěsná varianta (příslušenství: sada pro zavěšení)
- Velice tenké svítidlo – pouhých 16 mm bez EP
- Efektivní náhrada T5 nebo T8 svítidel (např. 3 × 14 W nebo 3 × 18 W)
- Rozměry 600 × 600 nebo 1200 × 300 mm
- Vysoce kvalitní bílý hliníkový kryt
- Barva světla 3000 K nebo 4000 K pro obě varianty

LEDVANCE® AREA 600 X 600**Charakteristika:**

- Rozměry 597 x 597 [mm]
- Výška (bez EP): 16 mm, 56 mm (vč. EP)
- Hmotnost 4,6 kg
- IP 20
- Příkon 54 W
- Napětí 110-240V
- Světelný tok 3400 lm
- Životnost 35000 h
- Barva světla 3000 K nebo 4000 K
- Index podání barev > 81
- Vyzařovací úhel 120°

Použití:

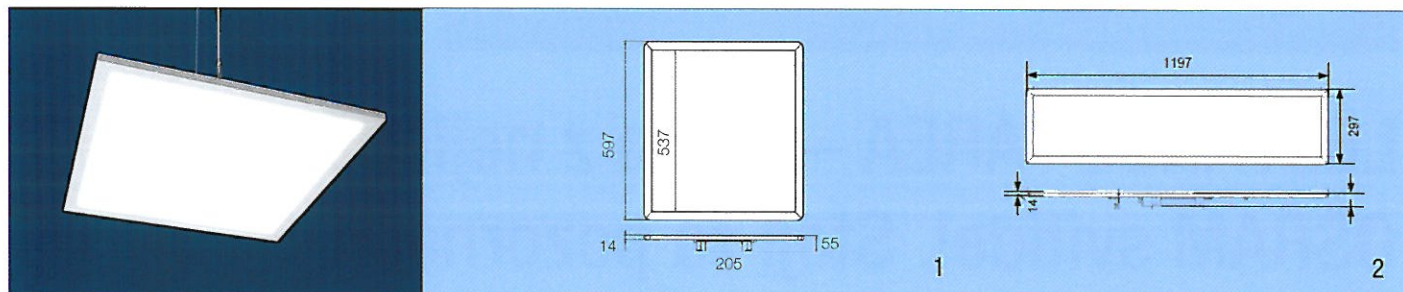
Reprezentativní osvětlení kanceláří, konferenčních místností, foyerů, chodeb

LEDVANCE® AREA 1200 X 300**Charakteristika:**

- Rozměry 1197 x 297 [mm]
- Výška (bez EP): 16 mm, 56 mm (vč. EP)
- Hmotnost 4,8 kg
- IP 20
- Příkon 54 W
- Napětí 110-240V
- Světelný tok 3400 lm
- Životnost 35000 h
- Barva světla 3000 K nebo 4000 K
- Index podání barev > 81
- Vyzařovací úhel 120°

Použití:

Reprezentativní osvětlení kanceláří, konferenčních místností, foyerů, chodeb

TECHNICKÉ ÚDAJE

Název výrobku

EAN kód



K

lm

lm/W

cd/cm²*

Ra



Obr. č.

LEDVANCE® AREA 600x600 3000K	4008321817167	640 OSRAM LED DURIS E3	3000	3400	63	<3000	>80	120	1	1
LEDVANCE® AREA 600x600 4000K	4008321817174	640 OSRAM LED DURIS E3	4000	3400	63	<3000	>80	120	1	1
LEDVANCE® AREA 1200x300 3000K	4008321817280	640 OSRAM LED DURIS E3	3000	3400	63	<3000	>80	120	1	2
LEDVANCE® AREA 1200x300 4000K	4008321817297	640 OSRAM LED DURIS E3	4000	3400	63	<3000	>80	120	1	2
Sada na zavěšení	4052899903128									4

* průměrná svítivost z vodorovného úhlu 65°

PRIMA

PRIMA ADAPTER

spolu s pohybovým senzorem je určen k regulaci a řízení osvětlení. Konstrukčně je připraven k přímému připojení v místě vývodky k zářivkovým svítidlům typové řady PRIMA.

Použití adaptéru je ve spojení s elektronickým předřadníkem s regulací stmívání (ER) se systémem DIM nebo DALI.



ENERGY SAVER

Provedení s elektronickým předřadníkem T5 OSRAM Quicktronic Professional – pro zářivky Lumilux T5 HE/HO ES (energy saver).



PRIMA XT - EXTRÉMNĚ DLOUHÁ ŽIVOTNOST

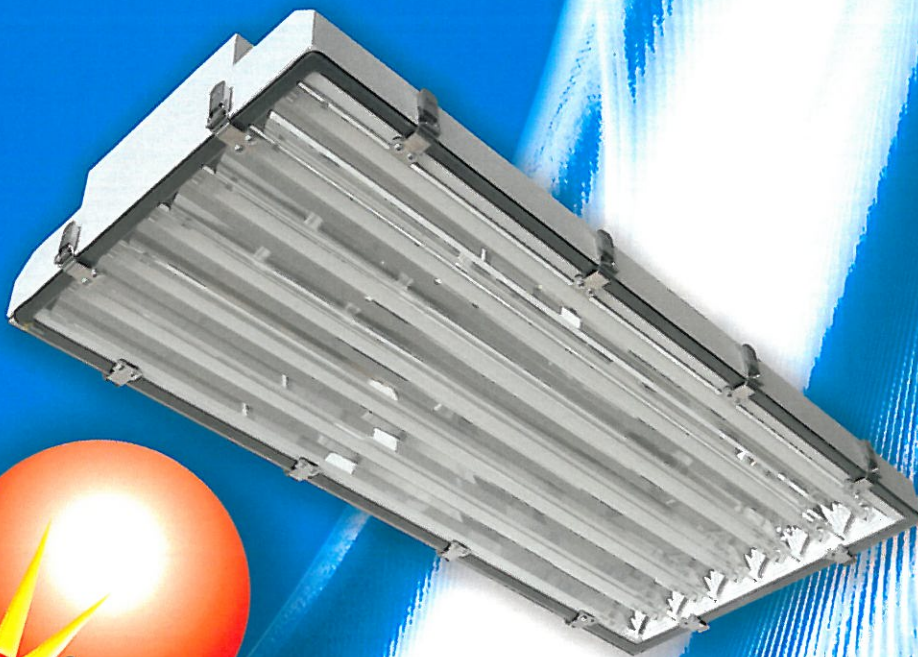
Provedení s elektronickým předřadníkem OSRAM Quicktronic Professional (QTP8) – pro zářivky Lumilux T8 XT. Zářivková svítidla PRIMA XT nabízejí inovativní řešení pro osvětlovací systémy, kde je výměna zářivek velice náročná a proto spojena s vysokými náklady. Využití zářivkových svítidel PRIMA XT pro průmyslové prostory je vhodné zejména tam, kde nelze provést výměnu světelného zdroje bez narušení běžného provozu.

Jako servisní životnost pro zářivky T8 XT je na základě jejich nízkých světelných ztrát definován okamžik, kdy přestane svítit 10 % zářivek.



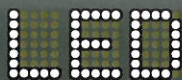
TITAN

TITAN - průmyslové kovové svítidlo je vhodné svítidlo pro velké prostory s vysokými stropy, ideální pro sklady, výrobní závody, sportovní haly a mnoho dalších průmyslových aplikací.



www.trevos.cz

VÝKONNÉ



SVÍTIDLO ADONIS

VYSOKÝ výkon!
NÍZKÁ spotřeba!

enika®

ENIKA.CZ – výhradní distributor LED svítidla ADONIS

výkon
až **344 W**

až o **25 %** vyšší
účinnost než běžná
LED svítidla



ADONIS

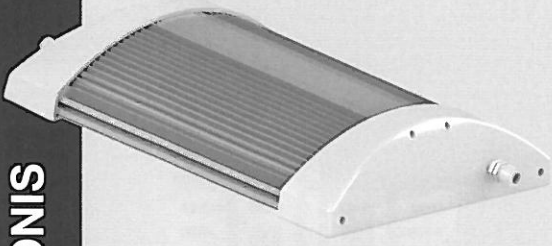
Vysoce výkonné LED svídlo

určené pro osvětlování

rozlehlých ploch.

www.enika.cz

ENIKA.CZ, Vikov 33, 50901 NOVÁ PAKA, tel.: +420 493 77 33 11, prodej@enika.cz



ADONIS - vysoce výkonné LED svítidlo určené pro osvětlování rozlehlých ploch. Adonis je výsledkem spojení jednoduchého designu, vysoké svítivosti a velmi nízké spotřeby. Svítidlo je dostupné ve třech velikostech a vybrat si můžete z pěti různých optik (A, B, C, D, E).

POUŽITÍ: průmyslové areály, sportovní areály, dálniční tunely, velké parkovací plochy

Svítidlo je vybaveno třmenem z nerezové oceli pro nástěnnou a stropní montáž. Pro uchycení na výložník, nebo na vrchol stožáru je možno objednat speciální výložníky jako příslušenství.

TECHNICKÁ SPECIFIKACE:

- světelný zdroj: LED max. 344 W (CREE, OSRAM), 4000 – 5300 K
- CRI: $70 < Ra < 80$
- materiál: masivní hliníkové tělo s rozsáhlým žebrováním pro zajištění odvodu tepla
- difuzor: plochý skleněný, 4 mm silný
- napájení: 90 – 260 V, 50/60 Hz
- vestavěný driver
- IP 66, CLASS II
- rozměry: 354 x 410 mm, 504 x 410 mm nebo 704 x 410 mm

ADONIS

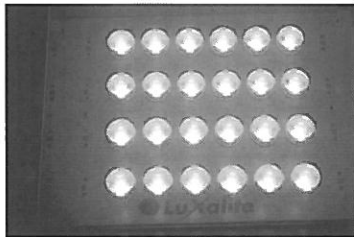
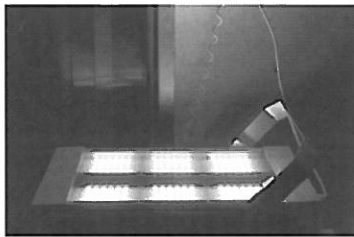
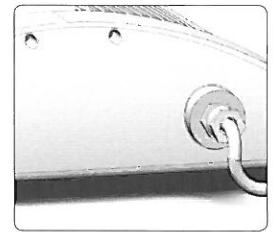
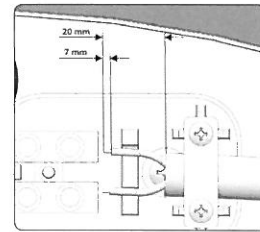
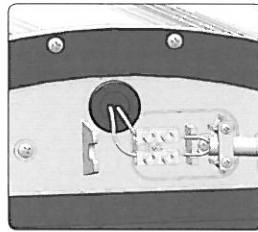
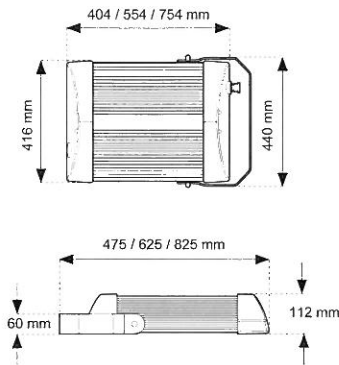


IP66 ◆ ▽ CLASS II □ IK 08 EN 60598 CE

seda **G**

ADONIS

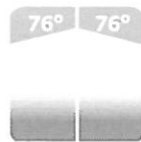
objednáací číslo	typ	zdroj	lm	jm. výkon	optika
A31035010	LUX-ADO-59W-36	☉ bílá	36 LED/6 500 lm	59 W	výběr z 5 optik
A31035011	LUX-ADO-86W-36	☉ bílá	36 LED/8 700 lm	86 W	výběr z 5 optik
A31035012	LUX-ADO-115W-48	☉ bílá	48 LED/11 600 lm	115 W	výběr z 5 optik
A31035013	LUX-ADO-157W-96	☉ bílá	96 LED/17 300 lm	157 W	výběr z 5 optik
A31035014	LUX-ADO-172W-72	☉ bílá	72 LED/17 400 lm	172 W	výběr z 5 optik
A31035015	LUX-ADO-229W-96	☉ bílá	96 LED/23 300 lm	229 W	výběr z 5 optik
A31035016	LUX-ADO-258W-108	☉ bílá	108 LED/26 300 lm	258 W	výběr z 5 optik
A31035017	LUX-ADO-344W-144	☉ bílá	144 LED/34 900 lm	344 W	výběr z 5 optik



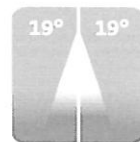
Optika A



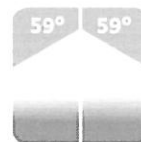
Optika B



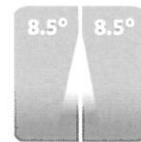
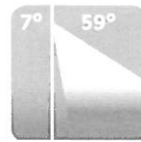
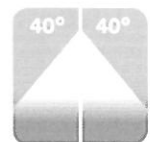
Optika C



Optika D



Optika E



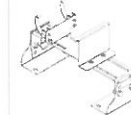
A31038025



A31038026



A31038028



A31038027



PŘÍSLUŠENSTVÍ

A31038025	Držák na vrchol sloupu
A31038026	Držák na vrchol výložníku
A31038028	Držák pro montáž do tunelů
A31038027	Držák na závěsná lana