

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky



Česká společnost pro osvětlování
Regionální skupina Ostrava



Kurz osvětlovací techniky XXXI

22. září – 24. září 2014

HOTEL DLOUHÉ STRÁNĚ
Loučná nad Desnou

ISBN 978-80-248-3553-2

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

OSTRAVSKÉ KOMUNIKACE, a.s.

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

SKANSKA, a.s.

Líbalova 1/2348, Praha 4 – Chodov, 149 00 - www.skanska.cz

HORMEN CE, a.s.

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

ZUMTOBEL LIGHTING s.r.o.

Jankovcova 2, Praha 7, 170 00 – www.zumtobel.com

VYSTO Kobyíl, s.r.o.

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

ELIM spol. s.r.o.

Luční 515, Volary, 384 51 – www.elim.cz

Konference Kurz osvětlovací techniky XXXI, jak je již z názvu patrné, je 31. 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:

Vnitřní osvětlení

- inteligentní systémy řízení osvětlovacích soustav
- regulace osvětlovacích soustav na hladinu konstantní osvětlenosti
- oslnění a LED

Venkovní osvětlení

- rušivé světlo
- venkovní osvětlovací systémy v kombinaci s bezpečnostními kamerami
- vliv nových možností venkovního osvětlení na koncepce vzhledu měst a obcí v nočních hodinách

Veřejné osvětlení

- financování energetické optimalizace veřejného osvětlení
- obnova veřejného osvětlení
- výběr optimální varianty veřejného osvětlení pro konkrétní řešení
- osvětlování kritických oblastí na komunikacích

Denní osvětlení a hygiena

- sdružené osvětlení a stmívání osvětlovacích soustav umělého osvětlení
- léčba světlem
- proslunění budov

Elektro

- nové možnosti výroby svítidel s využitím moderních technologií
- moderní ovládací prvky osvětlovacích soustav
- certifikace svítidel

Workshopy:

- Program EUPRO II - Osvětová činnost v akumulaci energií

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

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

Obsah

Autor		Strana
Maireová Lenka	Světlo a biologické funkce člověka	1
Rehnová Vlasta	Zrakové vnímání řidiče a světelná reklama	7
Nieseg Petr	Trendy ve vývoji svítidel	15
Polínek Jaroslav	Využití metody EPC při energetické optimalizaci osvětlovacích soustav	20
Smola Alfonz	Důležité aspekty návrhu iluminácie	23
Králiková Ružena	Počítačová podpora tvorby inovatívnych návrhov osvetlenia	27
Škoda Jan	Porovnání LED s konvenčními světelnými zdroji	33
Balský Marek	Robotická jednotka pro měření osvětlenosti v interiérech	40
Kania Eva	EGO – světlo pro vyvolené	45
Černoch Jakub	Osvětlení průmyslových prostor s LED	49
Barčík Michal	Porovnanie parametrov svetelných zdrojov z hľadiska požiadaviek európskych smerníc	55
Dubnička Roman	Calculation methods of lighting parameters in simulation software	63
Šimetka Zbyněk	Osvětlení zámecké jízďárny v Lednici	68
Kómar Ladislav	Problém odrazu a rozptylu vo svetelnej technike	74
Hanuliak Peter	Spektrálny odraz svetla „Fotometrického náteru“	78
Stanislav Darula	Modelovanie difúznej a priamej osvetlenosti v umelej oblohe	82
Lepší Jana	Měření denního osvětlení v praxi	85
Vrbík Petr	Vliv světla na naše zdraví	86
Štěpánek Jaroslav	Fotobiologická bezpečnost světelných zdrojů o osvětlovacích soustav	91
Staněk Pavel	Denní osvětlení pod drobnohledem	96
Klvač Petr	Zkušenosti z posuzování denního osvětlení budov	98
Maixner Tomáš	Zatřídění komunikací – kdy a jak je možné snížit její třídu	105

Muchová Alena	Aktualizace generalu VO v Ostravě	105
Nováková Petra	Jak postupovat při vadném zhotovení veřejného osvětlení	112
Zdeněk Bláha	Jasové poměry a bezpečnost na osvětlených přechodech pro chodce v Ostravě	116
Žák Petr	Koncepce veřejného osvětlení	122
Plch Jiří	Problematika řízení motorových vozidel v noci	126
Tesař Jiří	Co vše může zapříčinit kvalita projektu VO	130
Gašparovský Dionýz	Hodnotenie energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia normatívnym prístupom	133
Chmelař Ivo	I veřejné osvětlení může být ON - LINE	145
Burant Jiří	Ochrana moderních osvětlovacích soustav před impulsním přepětím	152
Dudek Jan	Světelné instalace v budovách v souladu s platnými předpisy a normami ČSN	157
Pavelka Tomáš	Historie LED	165
Marek Martin	Praktické využití PIR HS senzorů k řízení a regulaci osvětlovacích soustav, s ohledem na zajištění požadované hladiny osvětlenosti	170
Žák Petr	Komplexní optimalizace návrhu vnitřního osvětlení	180
Ullman Ivo	Řízení a monitoring osvětlovacích soustav s instalací LED svítidel v elektrických stanicích ČEPS, a.s.	184
Lipnický Lukáš	Problematika merania osvetlenia futbalových štadiónov	188
Bracíník Peter	Implementácia využitia senzorických dát v multiagentnom riadiacom systéme AgSNET	194
Prokop Lukáš	Kvalita elektrické energie v ostrovních systémech	199
Mišák Stanislav	Možnosti řízení spotřeby energií v rodinných domech v ostrovním provozu	206
Pokorný Viktor	Eliminace hlukových emisí energetických zařízení ve SMART GRIDu	212
Burdová Sabina	Vliv úrovně hladiny osvětlení na dopravní nehodovost	219
Pelanová Zuzana	Osvětlenost vertikální nezacloněné roviny	222
Mudroň Lubomír	Osvětlení katedrály svatého Víta, Václava a Vojtěcha	226

Černoch Jakub	Reverzní(zpětný) inženýring sitových LED napájecích zdrojů	239
Krbal Michal	Ekodesign komponentů pro světelnou techniku	246
Kaňka Jan	Stíny denního osvětlení v Praze	251
Malteseva Anna	Textura a interakce světla	252
Vik Michal	Hodnocení barevného podání světelných zdrojů za použití fluorescenčních standardů	258
Zajíček Josef	Zásady projektování centrálních bateriových systému	262
Surman Martin	Prostor a světlo	264
Hrdlík Milan	Prvé skúsenosti z vývoja LED svietidiel	271
Mácha Marek	Modelovanie a simulácia jasov na umelej oblohe	274
Carbol Zbyněk	Retrofit aneb možnosti použití LED ve svítidlech konstruovaných por výbojky	279
Křivová Marie	Měření provozních veličin instalovaných osvětlovacích soustav s LED zdroji	282
Helštýnová Barbara	Mechanické riešenia adaptívnych svetlometových systémov	286
Šumpich Jan	Trendy v návrzích světlovou pro automobilový průmysl	289
Heider Jiří	LED osvětlení administrativního centra Florentinum	294

Světlo a biologické funkce člověka

Lenka Maierová, Ing. arch.

Katedra TZB, FSv ČVUT v Praze; lenka.maierova@fvs.cvut.cz

Abstrakt

Světlo je důležité při orientaci v prostoru, vizuální komunikaci s okolím a současně ovlivňuje řadu biologických funkcí v těle. Jeho proměnlivost napomáhá orientaci v čase. Rozšíření elektrického osvětlení v minulém století přineslo překotné změny našeho světelného prostředí, které se dnes výrazně liší od prostředí přírodního. Díky umělému osvětlení jsme schopni zajistit požadovanou intenzitu a kvalitu osvětlení, kdykoli během dne či noci. Je otázkou, zda světelné prostředí, které zpravidla přizpůsobujeme dle našich vizuálních požadavků, odpovídá také komplexním biologickým potřebám našeho těla. Příspěvek se zabývá vlivem světelného prostředí v budovách na dlouhodobé fungování organismu.

Světelné podmínky v historii a dnes

Životní styl dnešního člověka se zásadně liší od způsobu života našich předků, přirozeného stavu, pro který se náš organismus po miliardy let vytvářel. V posledních několika stoletích nastala překotná změna kvality, kvantity a časové dostupnosti světla, kterému jsme během dne i noci vystaveni. Zásadní změna proběhla v tak krátké době, že evoluce neměla možnost vyvinout adaptační mechanismy.

V prehistorické době žil člověk v naprostém souladu s přírodou, respektoval její rytmus. Celý den trávil venku lovem nebo sběrem potravy, na noc se uchyloval pod ochranu jednoduchých přístřešků nebo přírodních krytů v ústí jeskyň. Mimo otevřeného ohně neměl zdroje světla, jeho život byl podřízen dostupnosti světla denního. Vstával s rozbřeskem, usínal pravděpodobně krátce po setmění. Délka jeho dne i míra aktivity se měnila s ročním obdobím.

Ani ve středověku se mnoho nezměnilo. Oproti světlu v budovách, jak jej známe v současnosti, uvnitř běžných středověkých staveb bývalo převážně šero. Okna bývala malá a do interiéru mnoho venkovního světla nepřiváděla. Zasklení nebylo dostupné. Aby se tedy zabránilo úniku tepla, byla okna po část roku ucpána a uzavřena okenicemi. Možnosti osvětlení v interiéru byly omezeny na otevřený čadící oheň loučí, či mihotavé světlo olejových či lojových kahanů. Nečadící voskové svíce byly dostupné pouze bohatým. Velká část činností se proto odehrávala venku na denním světle, jehož dostupnost stále řídila veškerou aktivitu. Rytmus střídání dne a noci, krátkých zimních a dlouhých letních dnů byl pro středověkého člověka v našich zeměpisných šířkách hlavní odraz plynutí času. Určující pro středověkou náboženskou společnost byl cyklický čas dne, roku, života - lineární čas plynoucích dějin nebyl důležitý [1].

Rozšíření olejových a kerosinových (petrolejových) lamp do domácností znamenalo v 19. století prodloužení aktivního dne, snížilo závislost na denním světle. Dostupnější umělé osvětlení v domácnostech zpřístupnilo vzdělání širší veřejnosti, napomohlo rychlejšímu šíření informací. Plynové osvětlení také umožnilo prodloužení pracovní doby v továrnách (vícesměnný i 24hodinový provoz) a tím zvýšilo možnou produkci [2]. Čas získal hodnotu, rychlost se stala konkurenční výhodou, společnost se začala ubíhat po linii pokroku a rozvoje. Industriální revoluce přivedla mnoho lidí do měst, koncentrovala je na malé ploše a tím výrazně zhoršila jejich životní podmínky. Celodenní práce venku na poli byla nahrazena pobytem v šeru tovární haly, stísněné společné pavlače a nedostatečně prosvětleného bytu; podmínky života v dělnických předměstích vedly na počátku 20. století k vytvoření prvních norem a hygienických předpisů pro výstavbu měst, požadavků na odstupy mezi objekty, minimálního prosvětlení a proslunění obytných místností [3].

Vynález žárovky definitivně přenesl kontrolu nad osvětlením do rukou člověka. Relativně levné, dostupné světlo v jakoukoli denní či noční dobu rychle změnilo způsob života. Možnost zajistit kvalitní vnitřní prostředí pozvolna zredukovala celkový objem času strávený venku na denním světle. Mnoho aktivit se přesunulo do interiéru budov. Vliv přirozeného rytmu denního světla v našem životě se minimalizoval. Konstantní hladina světla v interiéru ve dne i v noci, společnost aktivní 24/7, dálkové lety přes mnoho časových pásem; to vše ruší náš vnitřní rytmus původně řízený denním světlem.

Dnes jsme díky umělému osvětlení schopni si zajistit víceméně jakékoli světelné prostředí, osvětlení v budovách i mimo ně vytváříme přesně dle našich vizuálních požadavků. Paradoxně, i přes možnost zajistit si stabilní, téměř dokonalé světelné prostředí vhodné pro naši zrakovou činnost, výzkumy chování uživatelů jednoznačně potvrzují preferenci míst u okna, kde kvalita osvětlení zdaleka není stálá díky přímému kontaktu s denním světlem. Současné výzkumy potvrzují roli světla jako nositele informace o čase. Proměnlivost světelného prostředí předává našemu tělu pojem o denní době, vliv počasí i měnící se délka dne informuje o ročním období. Nejedná se pouze o efekt psychologický, proměnlivost světla v čase ovlivňuje i biologické procesy v našem těle. Rytmus přirozeného střídání světla a tmy umožňuje tělu automaticky najít vhodný rytmus aktivity a regenerace. Tak, jako jsou rytmické přírodní děje na Zemi, jsou rytmické procesy i v těle člověka. Přítomnost a absence světla je pro tělo podnět, na základě kterého se rytmus v organismu synchronizuje s rytmem vnějšího světa.

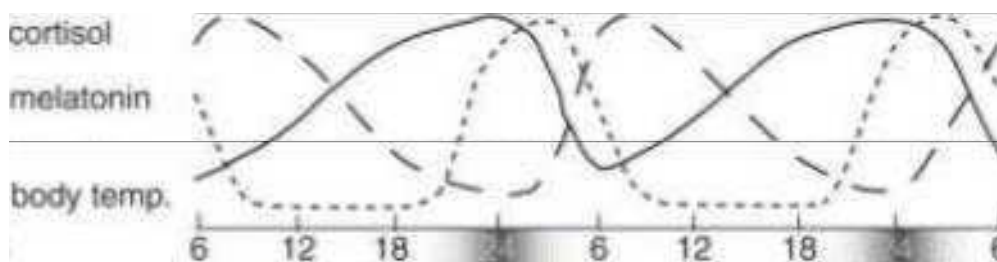
Oko, nevizuální vnímání světla a rytmické procesy v těle

V roce 2002 byl v lidském oku prokázán nový druh na světlo citlivých buněk [4], fotoreceptorů označených ipRGCs - intrinsically photosensitive Retinal Ganglion Cells. Jsou z velké části zodpovědné za proces nazývaný nevizuální, neobrazové (non-image forming, NIF) vnímání světla, kdy je do mozku předávána pouze informace o přítomnosti nebo absenci světla, nikoli informace obrazová, jako v případě vizuálního systému. Pomocí nevizuálního vnímání synchronizuje rytmus střídání pozemského dne a noci vnitřní cirkadiánní biologické hodiny s vnějším prostředím. Vědní obor, který se periodickými procesy v organismu zabývá, se nazývá chronobiologie [5].

Tzv. cirkadiánní rytmus (z latiny circa = přibližně, diem = den) je přibližně 24-hodinový cyklus biochemických, fyziologických a behaviorálních procesů v organismu, zjednodušeně řečeno vnitřní hodiny člověka. Nejedná se pouze o rytmus spánku a bdění, probíhají také změny tělesné teploty, tlaku, srdeční frekvence, aktivity trávicího traktu, vylučování, mění se hladiny hormonů v těle atd. Tento endogenní rytmus se může lišit mezi jedinci, délka se pohybuje mezi 23,6 – 25,1 hodiny, v průměru 24,2 hodiny. Jedinci s kratší nebo delší (většina populace) periodou než 24 hodin musí své vnitřní hodiny pravidelně synchronizovat s vnějším světem právě pomocí systému nevizuálního vnímání světla [6].

Při dopadu dostatečného množství světelného záření na sítnici oka jsou aktivovány fotoreceptory ipRGCs, které jsou přímo propojeny se suprachiasmatickým jádrem (SCN) v hypotalamu a s dalšími centry v mozku. SCN plní funkci hlavních cirkadiánních hodin v těle, centrálního oscilátoru, který koordinuje periferní oscilátory v jednotlivých orgánech. K tomu dochází pomocí hormonu melatoninu, produkovanému v součinnosti s SCN v epifyze.

Melatonin je jeden z hormonů, který vnitřní procesy v těle reguluje a jehož koncentrace často slouží v chronobiologii jako ukazatel aktuálního stavu organismu. Během dne jsou koncentrace melatoninu v těle velmi nízké. Výrazně se zvyšují v době, kdy se organismus ukládá ke spánku. Jako protihráč melatoninu pracuje hormon kortizol, jehož koncentrace se zvyšují v době, kdy je třeba aktivita organismu (obr.1). Dlouhodobě vysoké koncentrace kortizolu však mohou být pro organismus velmi vysilující, neboť mu nedovolí odpočívat.



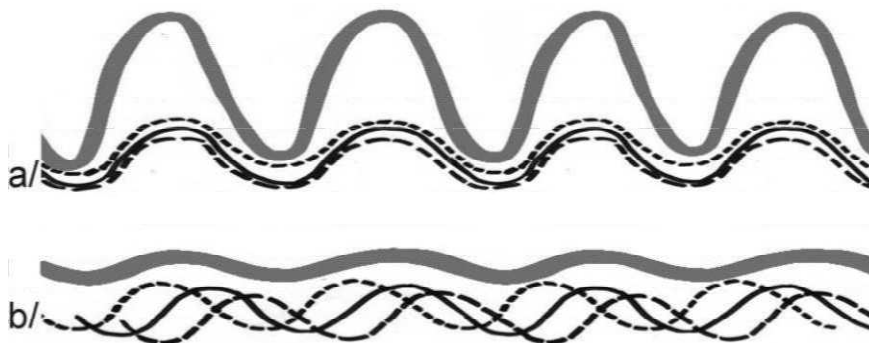
Obrázek 1 - Zdvojený graf (2 x 24 hod) typického denního rytmu tělesné teploty, melatoninu a kortizolu v lidském těle při přirozeném 24 hodinovém cyklu střídání dne a noci [7].

Světlo a další synchronizátory (zeitgeber)

V dobách, kdy se člověk pohyboval celý den venku, měl nevizuální systém zajištěno dostatečné množství podnětů. I při zamračené obloze se hladiny venkovní osvětlenosti pohybují nad 4000 lx, v jasných slunečných dnech dosahuje venkovní osvětlenost 100 000 lx, svítání a západ slunce dosahují 1000 lx – světlo potřebné k aktivaci nevizuálního systému člověka. Při práci v běžné kanceláři jsou hladiny osvětlení 40 – 200krát nižší, než na co je naše oko zvyklé při pohybu venku. Moderní člověk, který tráví většinu času uvnitř budov, tak může žít v biologické

tmě. Důsledkem dlouhodobého pobytu pod umělým osvětlením s nižšími hladinami může být nedostatek impulsů pro synchronizaci denních i sezonních tělesných rytmů. Při posunu vnitřních cirkadiánních hodin oproti běžnému času dochází v organismu k potížím.

Ke stabilní synchronizaci endogenního rytmu přispívají kromě světla i další vnější (sociální) vlivy (Zeitgebers): doba příjmu potravy, společenské vlivy a návyky a další. Pokud se jejich rytmy, periody a fáze shodují, výsledný podnět pro organismus je silný a jednoznačný. (obr.2a) Pokud každý z těchto oscilátorů běží podle vlastního vzorce, amplitudy jednotlivých rytmů se vzájemně míjejí a hlavní synchronizátor – světlo - není jednoznačný, vnitřní biologické hodiny běží dle vlastní periody (freerunning), organismus je desynchronizován. (obr.2b) V denních hodinách může být ve fázi odpočinku, v noci naopak bdělý. Pokud nutíme organismus být aktivní v době, kdy by se měl regenerovat a naopak odpočívat v době subjektivní aktivity, ani jeden z těchto procesů neprobíhá řádně. V konečném důsledku není nikdy zcela bdělý ani zcela odpočívající. Přitom pouze kvalitní spánek přináší organismu dostatečnou regeneraci, a následně možnost koncentrace a vysokého výkonu v době bdění.



Obrázek 2 - Schéma stabilizace vnitřního (cirkadiánního) rytmu pomocí vnějších podnětů dle [8].

a/ Silná stabilní synchronizace (šedá linie) díky vzájemné časové vazbě jednotlivých podnětů (černé linie).

b/ Rytmus s malou amplitudou následkem míjejících se podnětů, snadněji se posune, je méně spolehlivý.

Proto světlo v různých denních (a nočních) dobách může mít rozdílný vliv na biologické hodiny. Toto je princip tzv. křivky fázového posunu (phase response curve), která nám pomáhá upravit náš vnitřní rytmus vnějším času. Ranní světlo posouvá naše hodiny dopředu (tj. umožňuje nám vstávat dříve), světlo ve večerních hodinách náš vnitřní čas zpožďuje (spánek přichází později). Nejvýraznější posun způsobí světlo na počátku a na konci dne. Pokud se jedná o přirozené prostředí a organismus synchronizován, je to v čase svítání a soumraku.

Známým akutním příkladem desynchronizace vnitřních a vnějších cirkadiánních hodin je například jet-leg, stav po rychlém překročení více časových pásem. Pro lidský organismus extrémní zátěž představuje práce na směny, zejména střídání práce v nočních a denních hodinách. Při dlouhodobém rušení cirkadiánního rytmu mohou být následky velmi vážné. Studie na zdravotním personálu v nemocničních zařízeních prokázala několikanásobně vyšší riziko určitých typů nádorových onemocnění u osob, zejména u žen, pracujících v nočních směnách po dobu více než 5 let.

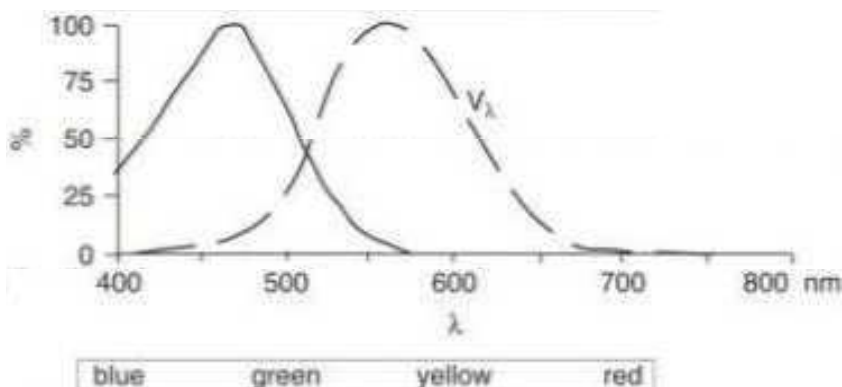
Poruchy spánku jsou závažným problémem moderní společnosti, trpí jimi přes 80% starších osob. Jedna z potenciálních příčin je zhoršení propustnosti oka pro denní světlo a tím i desynchronizace vnitřního času jedince. Starší lidé mívají tendence trávit veškerý čas v budovách, často pod nedostatečným osvětlením.

Měření vlivu světla na biologické funkce člověka

Metody běžné v osvětlovací praxi nelze využívat pro měření parametrů světelného prostředí pro posuzování nevizuálního vnímání. Požadavky na měření se liší v referenčním bodě i ve vlastnostech používaných přístrojů. Pro hodnocení intenzity osvětlení nelze v případě nevizuálního systému použít běžný údaj osvětlenosti na referenční ploše. Pro cirkadiánní systém je rozhodující jas na oku, ideální měření by byla prováděna přímo na rohovce. V chronobiologických výzkumech jsou pro tato měření využívány světelné senzory osazené např. na brýlové obruby, nosiči na helmě, případně jako přívěšek na krku.

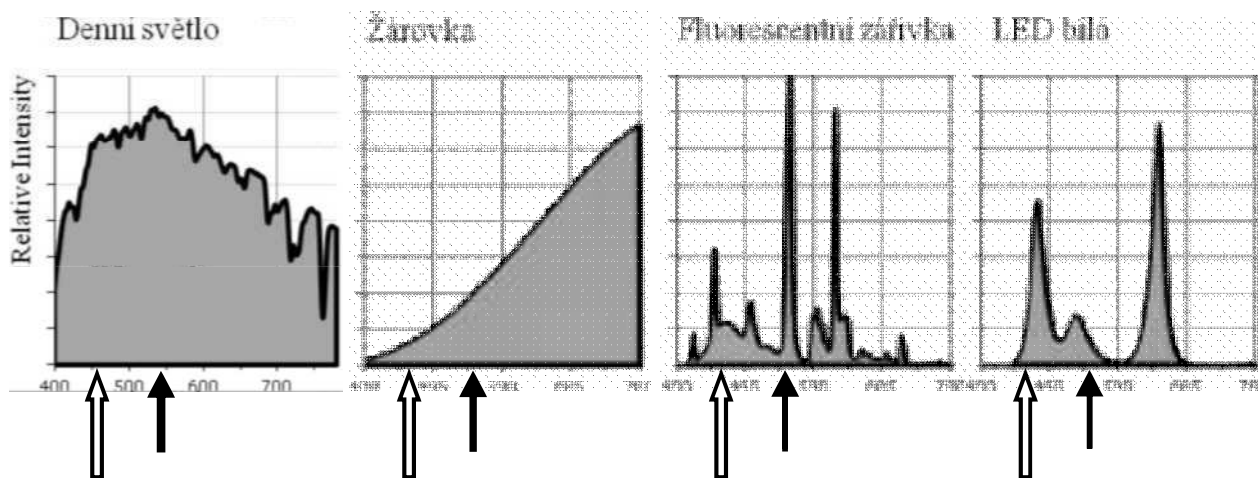
Výzkum a měření účinků světla na funkce nevizuálního systému nelze provádět pomocí měřicích přístrojů běžně užívaných k měření osvětlenosti - luxmetr. Citlivost luxmetru je přizpůsobena vizuálnímu systému s maximální

citlivostí kolem 555 nm, fotoreceptory ipRGCs jsou citlivé na kratší vlnové délky než tyčinky a čípky. Jejich maximální citlivost se pohybuje v oblasti modré části světelného spektra, kolem 460 nm [9], viz obr. 3.



Obrázek 3 - Křivky spektrální citlivosti oka V_λ pro fotopické vidění (čárkovaně), předpokládaná spektrální křivka citlivosti oka pro nevizuální systém, dle potlačení produkce melatoninu (plně) [9].

Speciální, na citlivost cirkadiálního systému kalibrované měřicí přístroje jsou teprve vyvíjeny [10], jednotná metodika měření prozatím neexistuje. Alternativou je používání spektrometrů a následné kalibrace. Při použití luxmetrů pro přibližná měření je nutné znát celé spektrální složení světla. Na základě světelného spektra zdroje lze posoudit nejistotu měření a velikost případné chyby. Obrázek 4 ukazuje příklady spektrálního složení zdrojů světla s vyznačenou vlnovou délkou nejvyšší citlivosti nevizuálního a vizuálního systému. Zatímco při hodnocení denního světla je rozdíl mezi hodnotou naměřenou na luxmetru a skutečnou intenzitou pro nevizuální systém zanedbatelný, u zdrojů s bodovým spektrem může být skutečná intenzita až tisícinásobně odlišná od naměřené hodnoty.



Obrázek 4 - Příklady spektrálního složení světelných zdrojů – denní světlo, klasická žárovka, fluorescenční zářivka, RGB bílá LED; horizontální osa – vlnová délka [nm], vertikální osa- relativní intenzita; bílé šipky označují oblast maximální citlivosti ipRGCs, černé šipky označují maximum vizuálního systému.

Nejednotnost v místě a způsobu měření i nedostupnost certifikovaného měřicího přístroje komplikuje porovnávání výsledků výzkumů nevizuálních efektů vzájemně, jejich replikaci pro ověření dosažených výsledků jakož i srovnání požadavků s požadavky vizuálních funkcí.

Světelné prostředí vhodné pro nevizuální systém

Pro navrhování světelného prostředí vhodného pro správnou funkci nevizuálního vnímání světla je nezbytná znalost funkce a pochopení jeho základních principů. V posledních deseti letech, od prokázání nového fotoreceptoru v lidském oku, se tomuto výzkumu intenzivně věnuje řada vědců po celém světě. Dokonalému porozumění tomuto komplexnímu systému stále brání řada nezodpovězených otázek i praktických problémů. V porovnání s vizuálním systémem se řada faktorů zásadně liší.

Jak již bylo řečeno, denní doba hraje v cirkadiálním systému zásadní roli. Fáze dne či noci, kdy je organismus vystaven světlu, může významně ovlivnit prahové hranice potřebné k synchronizaci. Může ovlivnit formu i míru následné reakce i smysl reakce jako takové - zda se vnitřní hodiny ve vztahu k vnějšímu času posunou vpřed či zda se opozdí. Čas výskytu světla, který díky rychlé adaptaci nehraje u vizuálního systému téměř žádnou roli, je zde klíčový faktor. Oproti klasickým fotoreceptorům, ipRGCs jsou citlivé na kratší vlnové délky. Jejich maximální citlivost se pohybuje v oblasti modré části světelného spektra, kolem 460 nm [9]. Poslední studie také naznačují posun citlivosti při nižších světelných intenzitách, obdobně jako Purkyňův jev u vizuálním systémem. Potřebná intenzita pro aktivaci nevizuálního systému se pravděpodobně mění v průběhu dne a zejména v noci. Byla prokázána aktivace systému při hodnotách nad 1000 lx v denní době (měřeno světlo dopadající na oko ve vertikální rovině) [11]. V noci náš systém reaguje na hodnoty výrazně nižší – dle některých laboratorních studií až kolem 50 -100 lx, přesný práh však není znám. Vysoká světelná intenzita během dne pravděpodobně pozitivně ovlivňuje psychiku člověka a využívá se k léčbě některých psychologických poruch [12]. Pro aktivaci ipRGCs je potřebná dostatečná světelná intenzita po dobu, která je výrazně delší než u ostatních světelných čidel. Jednotlivé faktory dle [13] jsou shrnuty v tabulce 1. Přesné fungování celého systému je však stále předmětem výzkumu.

	VIZUÁLNÍ	NEVIZUÁLNÍ
MNOŽSTVÍ SVĚTLA	Prahové hodnoty (osvětlenost referenční plochy) : měsíční světlo až přímé slunce	Prahové hodnoty (jas na rohovce) : ve dne více než 1000 lx, v noci výrazně méně ??
SPEKTRÁLNÍ SLOŽENÍ (vrchol)	555nm (505nm)	cca 460 nm (dle potlačení melatoninu [9])
DOBA TRVÁNÍ	Prevence mihání	Aktivace systému po minutách/hodinách, trvání ovlivňuje intenzitu signálu
DOBA VÝSKYTU BĚHEM DNE	-	Zásadně ovlivňuje formu a intenzitu reakce v těle
ZMĚNA MNOŽSTVÍ SVĚTLA	Adaptace během sekund / minut	Vliv světelné historie (hodiny, dny)
DISTRIBUCE V PROSTORU	prevence oslnění, kontrast v zorném poli	Pravděpodobně, neprokázané

Tabulka 1 – Schematické porovnání základních faktorů ovlivňujících vizuální a nevizuální systém vnímání světla [13].

Závěr

Od chvíle, kdy vynález žárovky předal kontrolu světelného prostředí do rukou lidí, se vliv přirozeného denního světla na člověka postupně snižuje. Moderní člověk se po většinu času pohybuje v prostředí uměle vytvořeném. Pro běžné zrakové činnosti je vhodná stabilní osvětlenost o dostatečné intenzitě a bez rizika oslnění. Podle těchto požadavků také navrhujeme naše světelné prostředí.

Před nedávnem byla prokázána duální funkce lidského oka. Obdobně jako ucho slouží jako orgán sluchu a současně obsahuje i centrum stability, i lidské oko má dvě funkce. Mimo obrazových podnětů předává i informace nevizuální povahy. Specializované buňky na sítnici reagují na střídání světla a tmy a tím umožňují synchronizaci vnitřních biologických hodin člověka s vnějším časem. Pomáhají řídit biologické procesy v organismu tak, aby probíhaly ve vhodné denní době. Organismus je pak aktivní ve dne a regeneruje se v noci. Poruchy funkce systému nevizuálního vnímání světla mohou zhoršit kvalitu spánku, snížit schopnost koncentrace ve dne, negativně ovlivnit řadu biologických funkcí a tím i zdraví jedince.

I přes intenzivní výzkum v posledních letech je naše poznání nevizuální funkce lidského oka a celého cirkadiálního systému stále omezené. Současné znalosti zdaleka neumožňují specifikovat jednoznačné požadavky na světelné prostředí v budovách, aby na jejich základě mohl vzniknout obecný předpis. Přesto je již dnes jasné, že pro vytvoření skutečně zdravého světelného prostředí je žádoucí zohlednit také funkce nevizuálního vnímání světla.

Poděkování

Zpracováno ve spolupráci s Laboratoire d'Energie Solaire et de Physique du Bâtiment, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (LESO-PB, EPFL), Švýcarsko.

Literatura a odkazy

- [1] Le Goff, J. Kultura středověké Evropy. Odeon 1991, s.317-318. ISBN 80-7021-808-8.
- [2] Macháčková, J., Matějček, J. Nástin sociálního vývoje českých zemí 1781-1914. Nakladatelství Karolinum, 2010, ISBN 978-80-246-1679-7.
- [3] Schoof, J. Daylight as a driving force for urban transformation. Daylight & Architecture, Velux, 2013, issue 19, s. 106-115 ISSN 1901-0982.
- [4] Hattar, S., et al., Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. Science, 2002. 295(5557): p. 1065-70.
- [5] Foster, R.G.; Roenneberg, T. Human responses to the geophysical daily, annual and lunar cycles. Curr Biol 2008; 18:R784-R94.
- [6] Roenneberg T, Mellow M. Entrainment of the human circadian clock. Cold Spring Harbor Symposia Quantitative Biology 2007; 72:293-9.
- [7] Van Bommel, W.J.M. et al., Non-visual biological effects of lighting and the practical meaning for lighting for work. Applied Ergonomics 37 (2006), 461 – 6.
- [8] Wirz-Justice A., Fournier C. Light Health and Wellbeing: Implications from chronobiology for architectural design. World Health Design. 2010:44-9.
- [9] Brainard, G.C., Photoreception for regulation of melatonin and the circadian system in humans, Proceedings of the Fifth International LRO Lighting Research symposium, Orlando, 2002.
- [10] Borisuit, A, Scartezzini, J.-L., Münch, M. The Impact of Light Including Non-Image Forming Effects on Visual Comfort, Thèse École polytechnique fédérale de Lausanne EPFL, n° 6007 (2013), doi:10.5075/epfl-thesis-6007.
- [11] Cajochen, C., Zeitzer, J.M., Czeisler, C.A. & Dijk, D-J. Dose-response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness. Behavioural Brain Research, 115 (2000) 75-83.
- [12] Wirz-Justice, A., Cajochen, C. Cirkadiánní rytmy a deprese: možnosti chronobiologické léčby. Čes a slov Psychiat 2012; 108(4): 198-204.
- [13] IES Light and human health committee, Light and human health: an overview of the impact of optical radiation on visual, circadian, neuroendocrine, and neurobehavioral responses, 2008, IES of North America, ISBN 978-0-87995-228-0.

Zrakové vnímání řidiče a světelná reklama

Vlasta Rehnová, PhDr.

Psychologické poradenství a diagnostika, www.dopravni-psychotesty.cz,
vlasta.rehnova@seznam.cz

Úvodem

Řízení vozidla je komplexní činnost, při které zrak hraje klíčovou roli. Převážnou většinu všech informací důležitých pro účastníky provozu je vnímáno zrakem, až 80%, a jen menší část připadá na vnímání jinými smysly. Pro bezpečnou jízdu řidiče nestačí jen dobře vidět, je také nutno, správně rozeznávat vnímané objekty, charakter a chování ostatních účastníků provozu, dopravní cestu a její okolí. Ostatní, nemotorizovaní účastníci provozu, se musí pohybovat v takovém prostředí, aby je řidič i za tmy a za nepříznivých podmínek viditelnosti mohl spatřit z bezpečné vzdálenosti a včas.

Lidské oko je schopno zaregistrovat velké množství informací, ale jen část se dostane do vědomí pozorovatele k dalšímu zpracování, dochází tedy k určité selekci. Výběr informací není vždy řízen jejich objektivní závažností, ovlivněn je i subjektivním hodnocením pozorovatele, atraktivitou podnětu, odlišností od ostatních nabídek apod. Řidičova kapacita vnímání musí být však v maximální míře vyhrazena informacím relevantním pro správné rozhodování a reagování v silničním provozu. Černochová [1]

Zrakové funkce a jejich vztah k řízení vozidla

Kvalita zrakového vnímání je rozhodujícím faktorem ovlivňujícím rozsah, rychlost a správnost příjmu informací. Zrakové funkce, které jsou pro řízení vozidla potřebné, jsou zraková ostrost (jak statická, tak i dynamická), vidění za snížené viditelnosti, citlivost na oslnění, schopnost akomodace, barevné a prostorové vidění, pohyblivost očí a zorné pole. Těžkosti při řízení vozidla mohou být způsobeny také poruchami dalších funkcí, jako je kontrastní citlivost nebo zpomalení zpracování zrakových informací.

Zraková ostrost je schopnost oka rozlišit dva body v prostoru. U nepohyblivých bodů jde o statickou zrakovou ostrost, pokud jsou tyto body v pohybu, jedná se o dynamickou zrakovou ostrost. Z praktického hlediska mohou být důležitější informace o rozlišovací schopnosti oka při nižších kontrastech. Zhoršená kontrastní citlivost může způsobovat nižší schopnost rozeznat dopravní značení, může působit obtíže při řízení vozidla za šera a v noci. Schopnost rozlišit dva podněty v čase se označuje jako kritická frekvence splývání. Poznatky o tomto jevu jsou důležité při konstrukci sdělovačů na palubní desce vozidla či jiných signálů, které by měly svítit přerušovaně. Tuto schopnost ovlivňují některé choroby, ale také alkohol a některé léky.

Jako prostorové vidění se označuje schopnost vytvoření prostorového vjemu. Předpokladem je správné nastavení obou očí a dobré vidění obou očí. Ztráta vidění na jednom oku není pro řidiče kontraindikační, nutná je však dostatečně dlouhá doba adaptace, úprava stylu jízdy, zejména frekvence a zaměření pohledů, možné jsou i technické a technologické úpravy ve vozidle (panoramatické zpětné zrcátko, varovné systémy apod.).

Zrakový orgán se vyznačuje velkou schopností přizpůsobit se různé intenzitě světla. Dokáže se rychle adaptovat na tmu (vidění skotopické) a na světlo (vidění fotopické). Tato schopnost se výrazně zhoršuje s věkem. Proto starší řidiči sdělují obtíže při řízení vozidla při změně světelných podmínek (vjezd a výjezd z tunelu, vjezd do stromové aleje apod.). S tím souvisí také nižší odolnost vůči oslnění při jízdě v noci.

Podmínky pro kvalitní zrakové vnímání

Možnost zrakového vjemu určují energetické, prostorové, časové a informační charakteristiky podnětů. Souhrn těchto charakteristik a jejich hodnoty určují viditelnost objektu či signálu pro lidské oko. Základní podmínkou kvalitního zrakového vnímání je dostatečné osvětlení či vyzařování světla pozorovaného objektu, přiměřené okolí a příznivé pro základní nastavení oka.

a) Adaptační jas

Jas, na který je v daném okamžiku nastavený zrakový analyzátor. Předměty v zorném poli s rozdílným jasnem se dostávají do kontrastu s adaptačním jasnem. V přímém kontrastu je vnímán předmět tmavší než pozadí, v opačném kontrastu je vnímán předmět světlejší než pozadí (bílý text na tmavém pozadí, signalizace za tmy). Adaptace oka při přímém kontrastu je vhodnější.

b) Oslnění

Signály výrazně jasnější vůči okolí mohou oslňovat ve smyslu zrakové nepohody nebo dočasné slepoty. Oslňivost závisí na velikosti svítící plochy, úhlu pohledu a úrovni adaptace oka. Doba adaptace na tmu (ze světla do tmy) je delší, i desítky minut, adaptace na světlo je kratší, v minutách i méně.

Různé a zároveň proměnlivé podmínky viditelnosti

Světelné podmínky viditelnosti se mění během denní doby od dostatečné a přiměřené intenzity přírodního světla během dne po nedostatek světla v tmavé části dne, kdy v zimním období i po západu slunce a před jeho východem probíhá provoz vozidel a pohyb dalších účastníků silničního provozu, zejména chodců, ve stejné intenzitě, jako za denního světla. Nepříznivé podmínky viditelnosti mohou být způsobeny povětrnostními vlivy (mlha, smog, silný déšť, sněžení) nebo naopak zvýšenou intenzitou slunečního záření, odleskem, nízkým sluncem nad obzorem.

Vliv intenzity světla na zrakovou pohodu řidiče

Za denního světla řidič nestačí zpracovávat nadměrné množství vnímaných podnětů, za tmy dochází k omezení příjmu informací zrakem, zejména v oblasti periferního vnímání. Intenzita světla (osvětlení) i směr jeho dopadu mají význam pro vnímání perspektivy, prostoru, barev, velikosti, rychlosti a směru pohybu objektů a jejich včasné identifikace. Postranní světlo, tj. přicházející z boku a zhruba z výškové úrovně sedícího řidiče, snižuje citlivost sítnice jeho oka. V praxi je proto důležité umístit umělé zdroje světla v blízkosti dopravní komunikace až nad tuto hranici a pokud možno co nejvýše. Střídání světla a tmy v kratších časových intervalech, vyžadující adaptaci oka jak na vyšší intenzitu světla, tak na tmu, vede ke zrakové únavě, snížení úrovně bdělosti, chybné interpretaci vnímaných objektů či přímo k jejich minutí.

Z pohledu dopravní bezpečnosti je proto žádoucí realizovat taková technická a technologická opatření, která vedou k eliminaci extrémních podmínek a zabezpečují stabilní světelné poměry v okolí dopravní komunikace. Kvalitní projekty splňují tato kritéria:

- Dostatečná intenzita osvětlení
- Rozptýlené světlo
- Neoslňující zdroje
- Plynulé přechody osvětlených míst do tmy a naopak
- Orientační, nematoucí, body v terénu
- Zraková pohoda pro řidiče

Zrakové vnímání ve vztahu k dopravním nehodám

K.Schmeidler [6] sděluje, že 90-95% silničních nehod je způsobena lidským selháním. Jako primární příčina minimálně čtvrtiny nehod se uvádí nepozornost (rozptylování, „dívání se, ale nevidění“, usnutí za volantem). K tomu přispívá:

- Nízká čitelnost dopravního značení (velké množství symbolů, nízký kontrast mezi značkou a pozadím)
- Rozptylování (pozornost řidičů je lákána irelevantními zdroji informace)
- Přesycení (řidičům je prezentováno mnohem více informací, než mohou za jednotku času zpracovat). Riziko vzniká nadměrným používáním dalších informačních zdrojů.

M. Štrachová (in Rehnová et al)[5] zmiňuje výzkumnou studii, v níž bylo kamerami zachyceno chování řidičů, kteří zavinili dopravní nehodu (skoronehodu): V 78% všech nehod a v 65% skoronehod se řidiči těsně před nehodou nedívali směrem hrozcí srážky, protože se zabývali jinými věcmi, než bylo řízení: telefonování mobilním telefonem (24% všech dopravních nehod), řidiči byli zaměstnáni úkony spojenými s řízením (například obsluha stěračů), které v danou chvíli nebyly relevantní k nebezpečnosti situace (19% všech dopravních nehod), řidiči byli unavení - informace získány například z počtu mrknutí očí (9% všech nehod), řidiči se z nespécifikovaných důvodů dívali jiným směrem než byl směr hrozcí kolize (7% všech dopravních nehod).

Zrakové vnímání a pozornost

Při zpracování vizuálních informací se uplatňují dva procesy. První je nazýván předvědomý (předzáměrný, neúmyslný, preattentive) a slouží ke zpracování nejvýraznějších sensorických prvků objektu a jeho umístění v zorném poli. Tento děj je automatický, nezávislý na vůli. Má velkou kapacitu, ale informace, která nepřekoná pozornostní filtr, nevstoupí do vědomí. Bez vědomé pozornosti jsou vykonávány zautomatizované činnosti. Následně je informován záměrný (vědomý, úmyslný, attentive) systém o tom, které informace mají být dále zpracovány.

Řízení vozidla jako komplexní činnost zahrnuje primární úlohu, tj. bezpečné řízení vozidla, ale také sekundární činnosti, které s řízením vozidla přímo nesouvisí (obsluha informačních systémů, telefonování, hovor se spolujezdcem apod.) Z hlediska zpracování informací je důležité, zda sekundární úloha působí interferenci primární úloze nebo se jedná o automaticky prováděnou činnost, která nepředstavuje významné omezení kognitivní kapacity. Zde hraje významnou roli věk řidiče a jeho řidičská zkušenost.

Jednotlivé aktuálně vnímané podněty představují vzájemnou informační konkurenci. Při velkém zatížení tedy může být snížena spolehlivost zpracování informací. Nejvýraznějším znakem činnosti v časové tísní je omezená kapacita pro příjem a zpracování informací a snížená kvalita všech vlastností pozornosti.

Chyby v procesu příjmu a zpracování vizuálních informací ve vztahu k řízení vozidla

R.H.Kluwe [3] uvádí přehled možných příčin chyb v procesu zpracování informací. Mezi nejdůležitější řadí např.:

- Nápadný podnět může přitáhnout pozornost bez ohledu na jeho aktuální malou informační hodnotu. Tento jev je typický pro činnost v časové tísní.
- Subjektivní hodnocení podnětu může znamenat, že podnět je považován za více (nebo méně) významný než odpovídá situaci.
- Existuje tendence selektivně vnímat podněty, které odpovídají vlastní hypotéze. S tím je spojeno riziko ostatní podněty ignorovat.
- Zrakové klamy

Zorné pole

Vizuální zorné pole sestává z centrálního a periferního zorného pole. Základem vizuální orientace v dopravě je spolupráce mezi centrálním a periferním viděním.

Periferní vnímání umožňuje podstatným způsobem vnímání rychlosti a prostorovou integraci. V průběhu přijímání a zpracování vizuálních informací při řízení vozidla má funkci alarmu, upozorňuje na nebezpečné objekty, ovlivněna může být nápadností a velikostí objektu. Schopnost efektivně využívat periferní vidění je získávána praxí v řízení. Řidiči - začátečníci méně využívají periferní vidění, takže jejich funkční zorné pole je menší než u zkušených řidičů. Periferní vidění hůře rozlišuje barvy a detaily předmětů, zhoršuje se za snížené viditelnosti.

Rozsah zorného pole řidiče podléhá při řízení vozidla značnému kolísání. Zužuje se nejen se vzrůstající rychlostí vozidla, ale k utlumení jeho periferie při řízení vozidla dochází také při zvýšených pozornostních nárocích na řidiče, množstvím informací, které je v daný okamžik nutno zpracovat. Důsledkem zúženého rozsahu zorného pole je ztížená vizuální orientace v dopravní situaci, která může ovlivnit bezpečné dopravní jednání.

Černochová [2] ve své laboratorní studii např. zjistila, že při distribuci pozornosti mezi vizuální a akustickou úlohu došlo k významnému prodloužení reakční doby na periferní podněty a ke zvýšení počtu falešně pozitivních reakcí na periferní podněty – proband reagoval, aniž mu byl poskytnut relevantní periferní podnět. Tyto rozdíly se

projevily ve všech věkových skupinách. Signály na periférii byly tedy vyhodnocovány se zpožděním a s vyšší nejistotou. Tento náleží odpovídá teoretickému modelu detekce signálu. V zátěžové situaci dochází ke ztížené diskriminaci mezi dvěma typy podnětů – relevantního signálu a irelevantního šumu. Zvýšená nejistota v rozhodování způsobuje nesprávné odmítnutí relevantního signálu, ale také reakci typu falešného poplachu.

Vliv reklamy na příjem a zpracování informací řidičem

Posláním reklamy je upoutat pozornost, vzbudit zájem o výrobek, program politické strany, proto se snaží o nápadnost, odlišení a umístění v oblasti nejostřejšího vnímání a koncentrace pozornosti diváků, včetně řidičů motorových vozidel. Naproti tomu stojí povinnost řidiče věnovat se své základní činnosti, tj. řízení vozidla, sledovat a vyhodnocovat dopravní situace, reagovat na ně přiměřeným a účinným způsobem. Do sledovaného prostoru však musí zahrnout i okolí pozemní komunikace a svou pozornost musí věnovat i objektům umístěným v blízkosti dopravní cesty, aby mohl zvážit jejich vztah k bezpečnému řízení vozidla. V optimálním případě se zde nacházejí dopravní značky a dopravní zařízení, je zde však řada objektů, které jsou v tomto smyslu irelevantní a pouze spotřebovávají kognitivní a mentální kapacitu řidiče. Tento rozpor vyvolává i rozporné postoje vůči reklamě v blízkosti dopravních komunikací, v extrémních případech je to na jedné straně snaha zakázat úplně všechnu reklamu u všech typů pozemních komunikací (aktivisté, účastníci schvalovacího řízení), na druhé straně pak snaha umístění reklam neregulovat v zájmu ekonomického rozvoje.

Z charakteru a provedení reklamních zařízení vyplývají možná nebezpečí v silničním provozu:

- Upoutání pozornosti řidiče nad bezpečnou dobu k irelevantním informacím
- Informační zahlcení a přetížení
- Zraková nepohoda u osvětlených či svítících reklam, riziko oslnění (oslepení)
- Vytváření nebezpečné pevné překážky v případě vyjetí mimo vozovku

Objektivní nebezpečnost se jen obtížně prokazuje, reklama nefiguruje v oficiálních statistikách jako příčina dopravní nehody – ovlivnění řidiče a řidič se sám nepřiznává, že sledoval něco jiného než provoz a nevěnoval se plně řízení. Dostupné jsou jen dílčí poznatky ojedinelých studií vlivu reklamy na chování řidiče, jejich poznatky je nutno brát s rezervou, protože reklamní zařízení zřídka působí osamoceně, ovlivnit řidiče může i jiný silný podnět.

Výsledky studií využívajících záznam pohybu očí a měření doby ulpívání zraku na objektu poukazují na rizikové okamžiky:

- řidiči se častěji a déle dívali na tabule s pohyblivými prvky
 - řidiči se nedívali méně na dopravní značení, pokud byly v okolí pohyblivé reklamní billboardy, ale někteří řidiči řídili nebezpečně, zatímco se dívali na pohyblivé reklamní tabule
 - reklamní tabule v úrovni vozovky častěji a déle přitahují pozornost řidičů než vysoké tabule
 - Přesně ve chvíli kdy nastane nebezpečná situace, je důležité, aby řidičova pozornost zůstala u vozovky
 - Sledování reklamní tabule může zpomalit dobu reakce řidiče, což zvyšuje riziko dopravní nehody.
- Rehnová [4]

Legislativní úprava umístění reklamních zařízení

Problematiku umístění, a především provedení a provozování, reklamních zařízení, řeší česká legislativa jen rámcově ve Vyhlášce č. 490/2005 Sb. ze dne 9. prosince 2005, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích. Pokusy o stanovení závazných pravidel byly činěny již od roku 1992, kdy byly formulovány podmínky ve formě doporučení v Bulletinu BESIP č. 6/92. V roce 1997 došlo k rozšíření a revizi tohoto materiálu pro potřeby vydání prováděcího předpisu MD ČR, tento však vydán nebyl vzhledem ke schválení novely zákona o pozemních komunikacích. V průběhu let byly vypracovány interní materiály pro potřeby Policie, MV ČR, místních správních úřadů. Legislativnímu uchopení zcela unikají reklamy na dopravních prostředcích – zmalované tramvaje, plechovka energetického nápoje na osobním autě apod., které nepodléhají stavebnímu řízení.

Nové formy prezentace reklamy – světelné reklamy a LED technologie

LED technologie je používána na velkorozměrových panelech s charakterem televizní obrazovky, nejčastěji v rozměrech 6 x 8 m, 7 x 10 m, 9 x 12 m, s tendencí tuto plochu zvětšovat. Uvažována je prezentace reklamy v dynamické formě, buď jako série jednotlivých obrazů, měnících se v určitém rytmu, nebo v podobě reklamních spotů, jak je známe z „domácí“ televize či kina, případně aktuální reportáže ze sportovních, uměleckých a jiných společenských akcí. Jedná se tedy o promítání živého obrazu s různě zatěžujícím obsahem a v různé délce jedné informace.

Ovlivnění řidiče zobrazením děje

Vnímání pohybu a vnímání děje

Vnímání, respektive zaregistrování, pohybujícího se objektu je výrazně rychlejší, než zaregistrování objektu statického. Toto platí pouze v případě, že se jedná o jednorázový akt, nikoli sledování děje s určitou logikou vývoje a vyúsťujícího v často překvapivou pointu (toto je princip reklamního spotu), nebo sledování přímého děje, kde vývoj událostí a konečný výsledek může být velmi nejistý a pro určitý okruh zájemců velmi atraktivní (sportovní utkání, politický mítink, válečné zpravodajství apod.). Zatažení do děje nutí diváka sledovat obraz co nejdéle, nebo přímo až do konce. Pokud je divákem řidič motorového vozidla v běžném silničním provozu, může být jeho pozornost odpoutána nad kritickou dobu, tj. minimálně 10-15 vteřin, v případě průběžné informace ještě výrazně déle. Za kritickou délku upoutání pohledu mimo základní činnosti spojené s řízením vozidla je považováno trvání tohoto odvrácení po dobu 1,5 sec.

Na rozdíl od statické reklamy, kdy předkládaný obraz je vnímán jako celek bez nebezpečí minutí některého detailu, prezentovaný děj „musí“ být sledován velmi ostražitě, ztráta detailu zde může znamenat ztrátu pointy (např. u televizní reklamy je nutno sledovat každý pohyb, každé gesto, jednotlivé informace jsou z důvodu časové úspory velmi náznakové). Jestliže se tedy zvědavý řidič chce ještě jednou podívat na statickou reklamu, může tak učinit po předchozím přepnutí pozornosti k vývoji dopravní situace. U dynamické reklamy by naopak byl sváděn sledovat celý děj bez potřebné kontroly dění na silniční komunikaci.

Informační zatížení

Zatímco u statické reklamy lze vhodnou kompozicí zvolit priority podávaných informací (velikostí, barvou, umístěním), dynamická informace má tuto možnost omezenou. Divák, který vstupuje do děje, se musí nejprve zorientovat, přehlédnout celou plochu, identifikovat „účinkující“ a teprve pak může zvolit vlastní priority sledování. Je tak nucen zpracovat mnohem více předložených informací, což vyžaduje výrazně delší čas cíleného zaměření pozornosti na daný objekt, a zároveň zaplnění (případně přeplnění) vlastní mentální kapacity pro příjem a zpracování informací.

Svítilivost a světelný kontrast

Lidské oko je schopno reagovat na různou intenzitu světla s určitou časovou prodlevou. Doba přizpůsobení je závislá i na kontrastu předchozí a následné intenzity světla. V silničním provozu je tento problém řešen zejména v souvislosti s možným oslněním řidiče při jízdě za tmy. Čím větší kontrast je nutno vyrovnávat, tím vyšší je nebezpečí oslnění (tj. dočasné slepoty) či výrazné zrakové nepohody. Tento proces probíhá i opačně, tedy z jasného prostředí do tmy. Umístění světelných reklam je proto tímto jevem výrazně limitováno a možnost oslnění či zhoršení zrakové pohody řidiče musí být vždy zvažováno.

Doporučené podmínky pro umístění a provozování světelných reklamních zařízení

Základní principy

1. RZ nesmí odpoutávat pozornost řidiče v místech, která vyžadují jeho plné soustředění na provoz
2. RZ nesmí konkurovat dopravnímu značení a dopravnímu zařízení, omezovat či přímo bránit jeho sledování
3. RZ nesmí svým provedením oslňovat či zhoršovat zrakovou pohodu jak řidičů příjezdějících, tak řidičů jedoucích v protisměru
4. RZ svou konstrukcí nesmí vytvářet nebezpečnou pevnou překážku v případě vyjetí vozidla mimo jízdní dráhu (např. jako důsledek jízdní chyby, špatného stavu vozovky či v případě nouzového řešení obtížné dopravní situace).
5. RZ svou konstrukcí nesmí bránit nouzovému použití prostoru mimo vozovku, zejména u komunikací, kde se předpokládá obtížný přístup vozidel záchranného integrovaného systému, (např. velmi častý hustý provoz, riziko hromadných dopravních nehod, kongescí apod.), bezpečnému úniku většího počtu osob či zhoršovat orientaci v kritické situaci vzniklé v silničním provozu (*zde máme na mysli především příjezdy a hlavně výjezdy z tunelů*).

Specifikace pro umístění a provozování světelných reklamních zařízení

Umístění nevhodné, nebezpečné

- Výrazné odpoutání pozornosti nad kritický časový limit zcela vylučuje umístění televizní obrazovky větších rozměrů tak, aby účinnou plochou zasahovala do silničního provozu
- Výrazná intenzita vyzařovaného světla vylučuje umístění tohoto zařízení v neosvětlených nebo nesouvisle osvětlených prostorách, a to i v širším dosahu.
- Ochrana dopravního značení, zejména světelného (světelné signalizační zařízení v prostoru křižovatky apod.), zejména v konkurenční pozici – zakrytí výhledu, ztráta informace na pozadí tvořeném reklamním zařízením.
- Umístění nízké, tj. v zorném poli řidiče při přímém pohledu z vozidla. Kritickou výškou jsou 3 (4)m spodního kraje obrazovky nad vozovkou, s respektem přímé úměry mezi velikostí zobrazovací plochy a její výškou.
- Nedostatečný boční odstup, tj. umístění zobrazovacího zařízení opět v centrálním zorném poli řidiče při přímém pohledu z vozidla.
- Lokalizace se zvýšenou dopravní nehodovostí
- Umístění v rozhraní výrazně odlišných světelných podmínek (např. výjezd z tunelu na denní světlo, výjezd z osvětlené komunikace na neosvětlenou, např. výjezd z obce s veřejným osvětlením, z osvětleného provozního areálu mimo obec, odjezd od osvětleného areálu čerpací stanice, motorestu při dálnici apod.)

Umístění možné za určitých podmínek

- Rozsáhlé parkovací plochy u nákupních center je možno využít k umístění navrhovaného reklamního zařízení. Je však nutno velmi pečlivě kalkulovat jeho působení do zón, kde se koncentruje pohyb chodců, zejména s ohledem na děti a starší občany. Jedná se především o hlavní vstupy a výstupy (a jejich průhledy) do prodejních objektů, kde lze očekávat vyběhnutí dítěte, nepozornost nakupujících, dezorientovanost prvních návštěvníků, hledajících orientační bod. Nebezpečně ovlivněn může být jak chodec, tak řidič sledující děj reklamního spotu. Druhým hájeným prostorem musí být příjezdová komunikace (již mimo hlavní komunikaci), kde řidič hledá místo k zaparkování, zajíždějí sem firemní autobusy a často již přecházejí zákazníci. Třetí podmínkou je to, aby reklamní zařízení umístěné v klidové zóně parkoviště nepůsobilo do přilehlých komunikací běžného silničního provozu.
- Zóny bez provozu motorových vozidel, tramvají a trolejbusů, pěší zóny, náměstí, pokud nebude zasahovat v jakémkoliv směru do silničního provozu. Zde je však problém estetický a etický, zejména v případě

nonstop provozu reklamního zařízení, a to zejména v oblastech obydlených (nikoli výhradně kancelářských a obchodních), kde je nutno stanovit určitá omezení ve vztahu k pravidlům slušného soužití (rušení nočního klidu, rušení užívání vlastních spotřebičů, televize apod.)

Obsah prezentace

- Prezentace nesmí obsahovat komplikovanější dějové situace, předpokládající sledování postupu a vývoje děje kvůli pointě.
- Delší textové či číselné informace určené k zapamatování a svádějící k zapsání (např. dlouhá telefonní čísla, SMS kódy, adresa)
- Výrazný podíl bílé plochy
- Výrazný podíl signálních barev, užívaných pro světelné dopravní značení
- Nedoporučuje se bezprostřední opakování stejného delšího spotu, které by vedlo k tendenci řidiče zachytit uniklou předchozí informaci. V případě krátkých symbolických spotů (cca 10 vteřin) je možno tyto opakovat.

Doporučeno

- Zaměřit prezentaci v maximální míře na symboliku, image produktů.
- U textových sdělení omezit počet znaků a využívat spíše větších a dobře čitelných tvarů.
- Vhodný režim výměny statických obrazů s frekvencí cca 2-3 vteřiny (při kratším intervalu nebezpečí tendence řidiče počkat si ještě na další zobrazení nebo dokoukat načatou prezentaci)

Provozování reklamního zařízení

Pokud se týče intenzity osvětlení, je nutnou rozlišit podmínky denního světla a tmy, respektive světelné podmínky při umělém osvětlení. Vzhledem k měnící se intenzitě světla i během denní doby (slunečno, zataženo, stmívání, zhoršené podmínky viditelnosti) je nutno zajistit i přiměřenou regulaci svítivosti obrazovky v závislosti na konkrétní situaci. Ke splnění těchto požadavků je nezbytné vybavení zobrazovacího zařízení automatickým regulátorem svítivosti.

Režim zkušebního provozu

Z důvodu větší variability jak po stránce obsahové, tak rozměrové a nedostatečných empirických dat a zkušeností s ovlivněním chování řidiče a jiných účastníků silničního provozu je doporučován zkušební provoz reklamního zařízení v omezeném režimu prezentace, sledování a vyhodnocování možných negativních dopadů a úprava konečné podoby. V případě okamžitého negativního efektu je nutno režim provozování upravit bezprostředně, či zařízení odstranit.

Doporučené podmínky zkušebního provozu:

- Trvání zkušebního provozu alespoň 6 měsíců
- Omezení reklamních prvků v jednotlivých spotech, tj. výrazně jednodušší obsah, doporučení 10 prvků v jednom spotu (zobrazení)
- Expozice jednoho spotu (zobrazení) cca 20 sec.
- Důsledná kontrola regulace svítivosti, oslňování, obsahu, zejména bílých ploch a konkurenčních reflexních barev užívaných na dopravní značení.
- Důsledná kontrola dalších stanovených podmínek, např. dopravním psychologem, inženýrem, stavebním úřadem apod.

Zdroje informací pro rozhodování o umístění reklamního zařízení

- Podklady od zadavatele:
 - přesné umístění (parcelní číslo, číslo domu, natočení panelu),
 - technický popis zařízení – rozměr účinné plochy,
 - výška plochy nad vozovkou,
 - vzdálenost od vozovky,
 - technologie zobrazení
- Vlastní šetření, fotodokumentace, pohled řidiče z vozidla, záznam rizikových prvků
- Analýza dopravní nehodovosti – využití webu Jednotné dopravní vektorové mapy (na webu MD ČR)
- Posudky expertů, dopravního psychologa, dopravního inženýra

Příklady z praxe – nevhodné a vhodné umístění světelných reklamních zařízení budou uvedeny v prezentaci

Literatura a odkazy

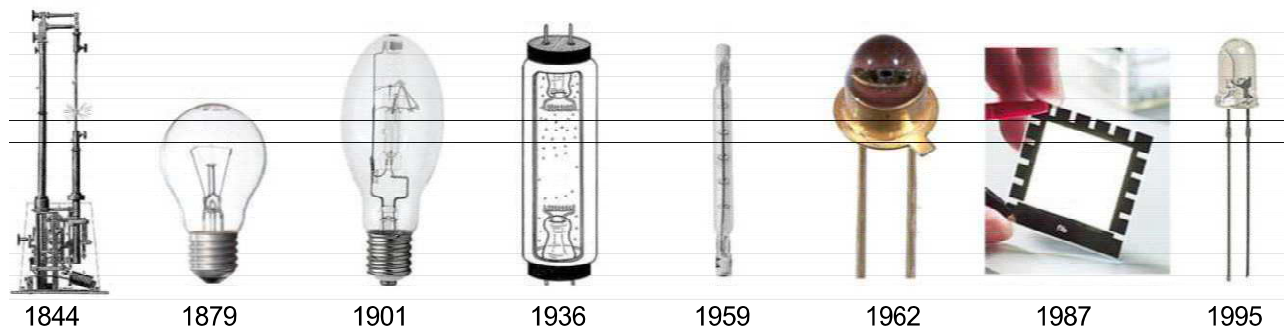
- [1] Černochová,D., Rehnová,V. (2012). Úloha vizuálního vnímání při řízení vozidla a možnosti diagnostiky, Olomouc: Psychologické dny 2012, 12.-14.září 2012
- [2] Černochová,D., Rehnová,V. (2012). Vliv věku a kognitivní zátěže na rozsah zorného pole. Bratislava: Druhá mezinárodní konference o dopravní psychologii , 30.5.2012-1.6.2012
- [3] Kluwe,R.H.(2006).*Informationaufnahme und Informationverarbeitung*. In: Zimolog B. & Konradt U.(Eds.).*Ingeneurpsychologie*.Göttingen:Hogrefe
- [4] Rehnová,V. (2013).*Reklama v dopravě a doprava v reklamě*, , Brno: UPOL, Kurz dopravní psychologie
- [5] Rehnová,V.(2009). *Informační zátěž a mentální kapacita řidiče*, Výzkumná zpráva, Brno:Centrum dopravního výzkumu
- [6] Schmeidler, K.(2006). Inteligentní auta budoucnosti.*Psychologie dnes*.6

Trendy ve vývoji svítidel

Ing. Petr Niesig

ELKOVO ČEPELÍK s.r.o., www.elkovo-cepelik.cz, petr.niesig@elkovo-cepelik.cz

1. Jen pro připomenutí



obr. č. 1 – přehled vzniku elektrických světelných zdrojů

Oblouková lampa

Za otce obloukové lampy je považován **1844 Jean Bernard Leon Foucault**. Poprvé však pozoroval elektrický oblouk mezi elektrodami ze dřevěného úhlu Humphry Davy v roce 1808. O světle obloukovém: *Dotýkají-li se dvě tyčinky uhelné rozžhaví se v doteku a vzdálíme-li pak tyčinky uhelné poněkud, tu proud elektrický se nepřeruší, ale stále přechází od jedné tyčinky ku druhé nalézajíc v zahřátém vzduchu dostatečné vodivosti. V lampě obloukové spotřebuje se asi 500 VA (50 V a 10 A), tím vyvine se světlo 400 svíček světlosti střední prostorové. Připadá tedy na jednu svíčku asi 12 VA.* Významným způsobem k jejímu zdokonalení přispěl i český vynálezce František Křížík.

Žárovka

Technologicky výrobu žárovky zvládl Thomas Alva Edison v roce 1879 - první žárovka byla rozsvícena 21. října 1879 a svítila 40 hodin. Pokud se Vám dnes podaří zakoupit 60 W žárovku, bude vykazovat světelný tok cca 700 lm, můžeme tedy pro představu počítat účinnost cca 12 lm/W. Thomas Alva Edison je sice považován za vynálezce žárovky, ale před ním na vývoji samozřejmě pracovalo mnoho jiných lidí podobně jako u obloukové lampy. **Halogenová žárovka** byla patentována v roce 1959 firmou General Electric

Výbojka

- 1901 – Rtuťová výbojka - Peter Cooper Hewitt, (obr. 7)
- 1932 – Nízkotlaká sodíková výbojka – Philips, (dnes cca 175 lm/W)
- 1936 – Zářivka - George E. Inman and Richard N. Thayer, (T8 dnes cca 90 lm/W)
- 1936 – Vysokotlaká rtuťová výbojka – Philips, (dnes cca 50 lm/W)
- 1964 – Vysokotlaká sodíková výbojka - General Electric, (dnes cca 130 lm/W)
- 1966 – Halogenidová výbojka - General Electric, (dnes cca 100 lm/W)
- 1967 – Indukční (bezelektrodová) výbojka - General Electric, (dnes cca 90 lm/W)
- 1976 – Kompaktní zářivka - Edward E. Hammer, (dnes cca 65 lm/W)
- 1990 – Zářivka T5 (Ø16 mm) – Philips, (dnes až 100 lm/W)
- 2000 – Plazmová výbojka LEP (Light Emitting Plasma) - Ceravision (dnes cca 90 lm/W)

LED (Light Emitting Diode)

Objev elektroluminiscence publikoval 9. února 1907 v časopise Electrical World Henry Joseph Round. První použitelnou (červenou) LED představil v roce 1962 Nick Holonyak jr. Bílou LED (modrá + luminofor) představil v roce 1995 otec modré LED Shuji Nakamura (Nichia). V dnešní době jsou již komerčně dostupné LED, které mají 160 lm/W (např. Samsung LM561B bin A1 S3, 4000 K Ra80, 150-170 lm/W při 65 mA a 50°C), životnost 50.000 h.

OLED (Organic Light Emitting Diode)

První OLED představila v roce 1987 firma Eastman Kodak. Dnes top produkty cca 60 lm/W a životnost 40.000 h.

2. Historický vývoj svítidel

Níže se pokusím zdokumentovat historický vývoj svítidel. Jelikož mám profesně nejbližší ke svítidlům zářivkovým, budu se nejvíce věnovat tomuto typu svítidel (svítidla vhodná pro kanceláře, obchody, školy).

1881 – představuje František Křižík na světové elektrotechnické výstavě v Paříži obloukovou lampu s regulátorem stálého proudu. Za tento vynález regulátoru získal zlatou medaili (obr. 2). Na obr. 3 je fotografie lampy použité v roce 1888 pro veřejné osvětlení Písku. Na obr. 4 je poštovní známka z roku 1997.



obr. 2



obr. 3



obr. 4

1879 – žárovka, obr. 5 zobrazuje učebnu sester z roku 1910, obr. 6 – Egypt 2009

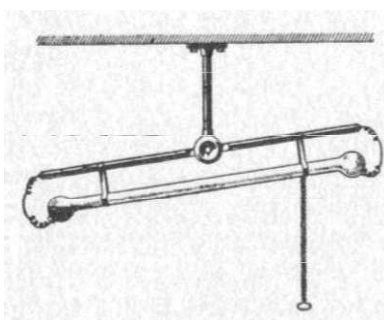


obr. 5



obr. 6

1901 – je představena rtuťová výbojka (nízkotlaká bez luminoforu). Její zapálení se provádělo překlopením, tak jak je znázorněno na obr. 7 a svítidlo na obr. 8. Na obr. 9 je osvětlená tiskárna z roku 1910



obr. 7



obr. 8



obr. 9

1936 – zářivka

První v Evropě představuje zářivková svítidla firma Trilux v roce 1948 – textilní továrna (obr. 10)



obr. 10



obr. 11

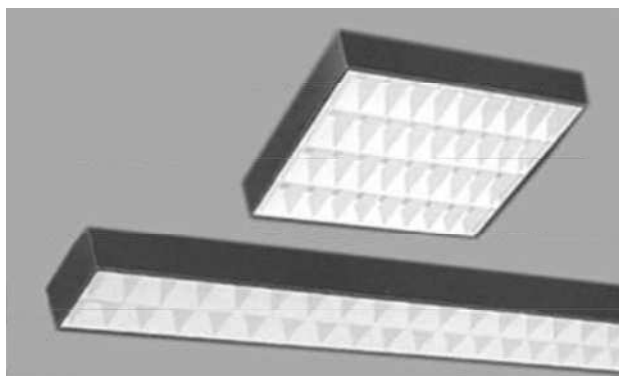
1950 – kolem roku 1950 zářivková svítidla s plastovým krytem (obr. 11)

Jedná se plošné o svítidlo s nízkou účinností s plastovým opálovým krytem. Svítidlu svítí i bok (větší oslnění).

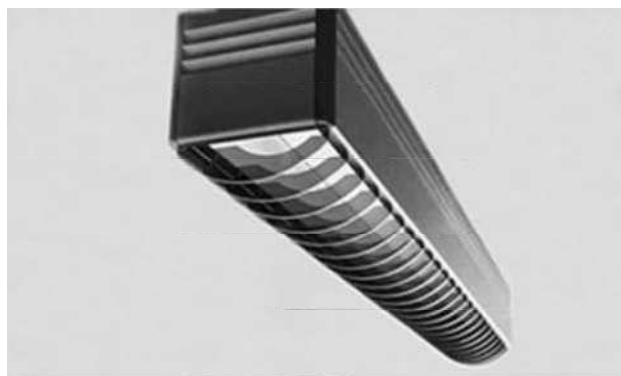
V roce 1950 vzniká v General electric i myšlenka elektronického předřadníku.

1975 – zářivková svítidla s bílou mřížkou (Ridi) a svítidlo z hliníkového profilu (Selux)

Svítidla, u kterých se začíná dbát na vyšší účinnost (nižší energetickou náročnost) a na design.



obr. 12



obr. 13

1978 – svítidla s elektronickým předřadníkem

Snížení příkonu, prodloužení životnosti, odstranění mihání světla (svítidla bez stroboskopického jevu), stabilizace světelného toku s výkyvy napětí, ale i zvýšení citlivosti na přepětí.

1980 – svítidla s vysoceleštěnou parabolickou mřížkou splňující podmínku $L < 200 \text{ cd/m}^2$ nad 60° .

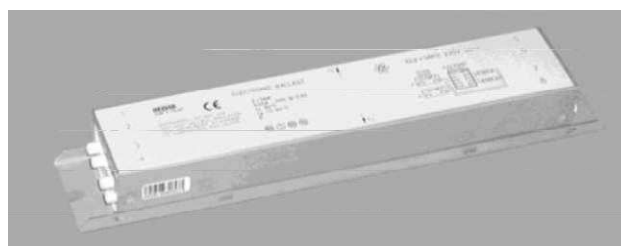
Svítidla s mřížkou, která přísně omezuje jasy nad 60° . Svítidla vykazují dobrou účinnost a hodí se k osvětlování prostorů s monitory. Jejich použitím se však snížila osvětlenost (jas) stropu, což se časem ukazuje jako nevhodné. Později snaha prosvětlit strop, různá přímo/nepřímá svítidla.



obr. 14

1982 - svítidla se stmívatelným elektronickým předřadníkem (Helvar)

Přinášejí vyšší komfort a další možnosti snížení spotřeby elektrické energie.

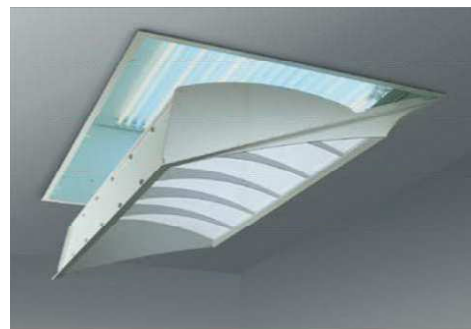


obr. 15

1988 – Ve firmě iGuzzini začíná výzkum ohledně biodynamického osvětlení. Výsledkem je svítidlo SIVRA (Sistema di Illuminazione Variabile a Regolazione Automatica).

1990 – svítidla na zářivky T5 (\varnothing 16 mm)

1991 – stmívatelné předřadníky DSI (Tridonic)



obr. 16

1994 – MIRO (Alanod) – materiál s větší odrazivostí vhodný pro výrobu mřížek a reflektorů svítidel – další snížení spotřeby. Použitím materiálu MIRO se však zvýší jas svítidla a tím se zvýší činitel oslnění UGR.

2000 – pod označením ELDAICON představen optický kryt, který vykazuje podobné optické vlastnosti jako parabolická optická mřížka (Siteco a Zumtobel)

2002 – přijat standard DALI

2003 – MIRO Silver – ještě větší odraznost

2004 – LED pro všeobecné osvětlení (downlighty)

2006 – kolem roku 2006 byl představen Mikroprizmatický materiál pro kryty svítidel (levnější než Eldacon)

2009 – LED svítidla pro všeobecné osvětlení (plošná svítidla - svícení kolmo k materiálu)

2012 – LED svítidla pro všeobecné osvětlení (LGP)

2013 – OLED svítidla pro všeob. osvětlení 16,7 lm/W (Philips)



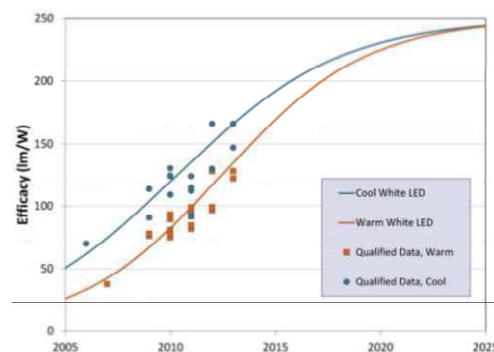
obr. 17

3. Co lze očekávat

Světelné zdroje:

LED (Light Emitting Diode):

Energetický úřad Spojených států amerických vydal v roce 2014 prognózu (viz graf 1), ve které předpokládá, že se postupným vývojem v roce 2020 dosáhne účinnosti cca 230 lm/W, teoreticky se uvažuje v budoucnosti až 250 lm/W.



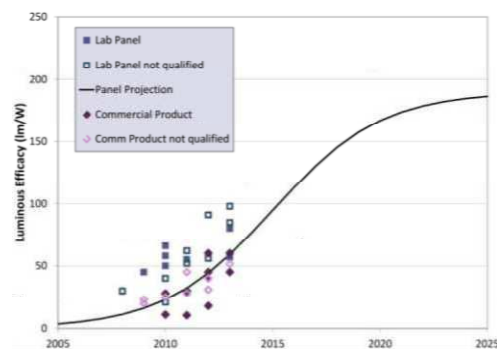
graf 1

Světelné LED moduly:

U výroby LED modulů lze předpokládat další navýšení účinnosti a snížení ceny. Patrně se přestanou používat SMD LED a budou se osazovat LED bez pouzdra přímo na desku plošných spojů. Zvýší se odrazivost desky plošných spojů buď bílou barvou, nebo bude z vysoceleštěného hliníkového plechu. Spoje na desce se začnou tisknout, což sníží cenu plošného spoje a umožní spojení s materiálem o vyšší odrazivosti. Ohledně napájení modulů lze očekávat ve větší míře LED moduly, které bude možno napájet přímo síťovým napětím.

OLED (Organic Light Emitting Diode):

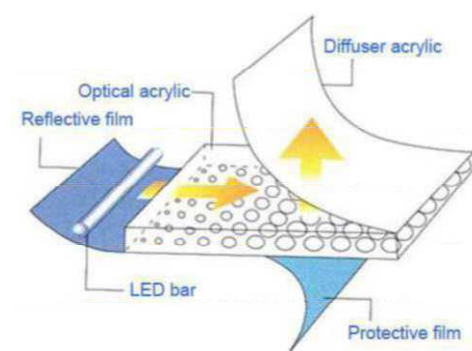
Hlavní předností OLED je to, že svítí z plochy, jejich pružnost (ohybnost) a to, že mohou být ve zhasnutém stavu průhledné. Podle prognózy (Energetický úřad Spojených států amerických z roku 2014 viz graf 2), se dosáhne v budoucnosti účinnosti až 190 lm/W. LG Chem na svých stránkách uvádí, že v roce 2016 dosáhne účinnosti cca 140 lm/W.



raf 2

Svítilidla:

Nejen podle svítidel vystavených na výstavě Light + Building v roce 2014 lze očekávat nárůst zastoupení svítidel s LED zdroji. Konstrukce LED svítidel se patrně bude stále více přiklánět k metodě LGP (Light Guide Panel), lze se setkat také s pojmem Side Light Type. Při této metodě se svítí do hrany materiálu (PMMA), ze kterého se světlo odráží pomocí bílých bodů, nebo laserem vygravírovaných bodů, do prostoru. Tato metoda je sice méně účinná, než klasické svícení kolmo k rozptýlnému materiálu, ale plocha LED modulu je menší svítidlo může být proto levnější a tenší.



obr.18

Nově vyráběné LED moduly již často umožňují plynulou změnu teploty chromatičnosti, stále více se proto budeme setkávat s nabídkou tzv. biodynamického osvětlení.

Tlak na snížení energetické náročnosti osvětlovacích soustav byl původcem výroby svítidel pouze s přímou složkou světelného toku. Nové poznatky však ukazují na to, že málo osvětlený strop není příliš vhodný pro zdravotní stav člověka, a proto se dočkáme vyššího podílu svítidel s nepřímou složkou světelného toku.

Budoucnost OLED svítidel vidím při vytváření architektonických prvků v moderních prostorech. K většímu rozšíření dojde pravděpodobně až při zvýšení účinnosti a výrazném poklesu ceny, možná se pak dočkáme využití OLED i na stropě a v oknech.

Literatura a odkazy

- | | |
|---|--|
| [1] Domalíp Karel, skripta Elektrotechnika 1894 | [14] http://www.lightnowblog.com |
| [2] Běšínský Václav, Elektrické zdroje světelné, 1917 | [15] http://lighting.com |
| [3] http://cs.wikipedia.org | [16] http://www.oled-info.com |
| [4] http://www.edisontechcenter.org | [17] http://www1.eere.energy.gov |
| [5] http://www.machine-history.com | [18] http://www.lgoledlight.com |
| [6] http://www.lamptech.co.uk | [19] http://www.greendyled.com |
| [7] http://www.techmania.cz | [20] http://www.elkovo-cepelik.cz |
| [8] http://ces.mkcr.cz | |
| [9] http://old.ceskaposta.cz | |
| [10] http://www.trilux.com | |
| [11] http://www.ridi.co.uk | |
| [12] http://www.selux.com | |
| [13] http://www.iguzzini.com | |

Využití metody EPC (Energy Performance Contracting) při energetické optimalizaci osvětlovacích soustav

Jaroslav, Polínek, Ing.

AKTÉ spol. s r.o., Zlín, www.akte.cz, jaroslav.polinek@akte.cz

Energetické služby se v ČR začaly rozvíjet jako v jedné z vůbec prvních evropských zemí už od roku 1990. V současnosti existuje již přes 150 projektů tohoto typu s celkovou roční úsporou kolem 300 mil.ročně. Mimořádné zkušenosti řadí české poskytovatele energetických služeb (ESCO), sdružené v Asociaci poskytovatelů energetických služeb ČR (APES), mezi evropskou špičku ve svém oboru. Členové Asociaci poskytovatelů energetických služeb pomáhají - s podporou Evropské banky pro obnovu a rozvoj a dalších mezinárodních organizací - rozvíjet energetické služby i v mnoha dalších zemích.

Metodu EPC využila za téměř dvacet let uplatnění metody EPC řada českých měst a také příspěvkové organizace ze státního sektoru. Z měst lze uvést například Zlín, Most, Ústí nad Labem, Valašské Meziříčí, Slaný, Mělník a další. Metoda EPC byla dále uplatněna v příspěvkových organizacích v oblasti zdravotnictví (Psychiatrické léčebny v Dobřanech, Fakultní nemocnice Bulovka a Motol), v oblasti kultury (Národní divadlo, Stavovské divadlo, Státní opera Praha), ve školství (Technická univerzita v Liberci, Vysoká škola ekonomická) a v dalších objektech. V posledních několika letech metodu EPC začaly využívat i kraje (Pardubický kraj, Olomoucký kraj, Hlavní město Praha, Královehradecký kraj).

V rámci EU existuje pro tento typ projektů velký potenciál, ale většinou doposud není příliš využíván. V době finanční krize je to paradoxní, neboť organizacím - zejména ve veřejném sektoru - schází potřebný kapitál pro obnovu osvětlovacích systémů.

V únoru roku 2012 byla usnesením vlády České republiky č.109 schválena metodika pro využití metody EPC. Následně byly zpracovány, za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2012 - Program EFEKT, následující dokumenty:

- **Etický kodex pro EPC** - definuje základní pravidla a postupy pro přípravu a realizaci projektů formou EPC ve smyslu dobré praxe v tomto oboru. Etický kodex je určen pro firmy ESCO, tj. poskytovatele energetických služeb, a pro zákazníky a odborné konzultační firmy poskytující zákazníkům služby v podobě pomoci s přípravou energeticky úsporného projektu řešeného metodou EPC nebo s přípravou a organizací veřejné zakázky na projekt realizovaný metodou EPC.

- **Proces přípravy výběrového řízení** veřejné zakázky na poskytování energetických služeb se zaručeným výsledkem metodou EPC.

- **Vzorová smlouva** o poskytování energetických služeb se zaručeným výsledkem metodou EPC.

V současné době vznikl nový projekt **Transparence** financovaný z programu Intelligent Energy Europe (IEE), který podpoří rozvoj transparentního a důvěryhodného trhu EPC v Evropě vytvořením Evropského etického kodexu. Evropský etický kodex bude implementován ve všech 20 účastnických státech.

Projekt Transparence bude prezentován v Barceloně na evropské konferenci ESCO Europe 2014, 22.a 23.ledna 2014.

Sesterským projektem k projektu Transparence je **projekt EESI 2020** "European Energy Service Initiative towards the EU 2020 energy saving targets" (Iniciativa evropských poskytovatelů energetických služeb ke splnění cílů EU 2020 v oblasti energetických úspor). Zatímco EESI 2020 se zaměřuje na poptávku trhu po EPC, projekt Transparence se zabývá nabídkou EPC.

Princip metody EPC (Energy Performance Contracting)

Metoda EPC, tj. metoda energetických služeb se zárukou se uplatňuje u projektů, u kterých se specializovaná firma energetických služeb, tzv. ESCO (Energy Services Company) svému zákazníkovi zaručí za dosažení úspor energie ve spotřebě a za výši budoucích nákladů na energii a realizuje energeticky úsporná opatření s výsledným efektem snížení spotřeby energie a s tím souvisejících nákladů. Zákazník splácí investiční náklady, finanční

náklady za zajištění financování a náklady na služby spojené s energetickým managementem firmě ESCO po dosažení úspory v provozních nákladech a po dobu sjednanou ve smlouvě.

Jaké jsou výhody EPC?

- **záruka dosažení úspor energie a tedy návratnosti investovaných prostředků**
poskytovatel zákazníkovi smluvně garantuje dosažení smlouveného objemu úspor energie, respektive provozních nákladů
- **možnost zajištění financování projektu prostřednictvím firmy energetických služeb ESCO**
nalezení nejvhodnějšího zdroje dostupných finančních prostředků
- **firma energetických služeb má stejné motivace jako její zákazník**
realizace investice v optimální výši při dosažení co nejvyšší míry přínosů v úsporách
- **investice je splácena v průběhu trvání smluvního vztahu z dosažených úspor**
zákazník nemusí na počátku vynaložit vlastní investiční prostředky
- **přenesení většiny rizik spojených s projektem na ESCO**
např. nedosažení smluvního objemu úspory v daném čase jde na úkor ESCO
- **ke spolufinancování energetické optimalizace lze použít dotačních programů**

Jaké jsou fáze přípravy a realizace projektu?

1. Identifikace projektu

Na základě předběžného vyhodnocení je identifikována (technická a ekonomická) proveditelnost celého projektu. Je zejména vyhodnocen potenciál úspor a možnost jeho realizace metodou EPC.

2. Výběrové řízení

Pokud se jedná o veřejnou zakázku na realizaci projektu EPC je obvykle řešeno formou jednacího řízení s uveřejněním. Zadávací dokumentace pro takové výběrové řízení by měla obsahovat zejména:

- údaje o spotřebě elektrické energie
- výpočet a stanovení referenční spotřeby, tzv. Base-line
- návrh textu smluvního vztahu
- kritéria pro hodnocení nabídek

Oproti klasickým výběrovým řízením není cílem nejnižší cena technologie, ale optimální kombinace dosažených úspor a ceny technologie při dodržení požadovaných parametrů (osvětlenost a pod.)

3. Nabídka

Podané nabídky jsou vyhodnoceny podle kritérií stanovených ve výběrovém řízení. Podle pořadí jsou uchazeči pozváni k jednání o konečné nabídce.

4. Smlouva

Smlouva o EPC je poměrně obsáhlá, komplexní a vyvážená. Aby byl projekt EPC úspěšný a přinesl zákazníkovi očekávaný efekt, je třeba věnovat přípravě smlouvy a jejímu obsahu před podpisem velkou pozornost. Návrh smlouvy by měl být součástí zadávací dokumentace, čímž se předchází případným pozdějším nesrovnalostem. K nejdůležitějším prvkům obsaženým ve smlouvách projektů EPC patří:

- záruka dodavatele za dosažení garantovaných úspor elektrické energie po celou dobu trvání smluvního vztahu
- stanovení způsobu provozu soustavy ze strany zákazníka a záruka za jeho schopnost hradit dosavadní provozní náklady.

5. Realizace projektu

- zpracování projektové dokumentace
- realizace
- komplexní zkoušky funkčnosti zařízení
- zaučení obsluhy

6. Provoz a vyhodnocení

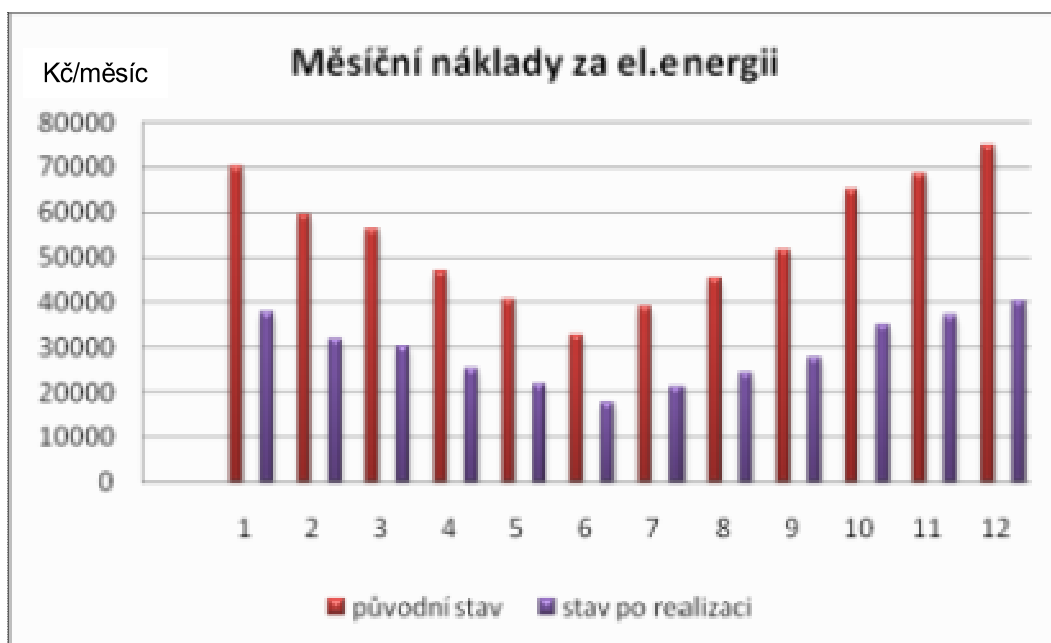
- za účinnost provozu optimalizované soustavy zodpovídá dodavatel - ESCO
- vyhodnocení dosažených úspor probíhá obvykle zpočátku měsíčně, následně ročně
- v případě, že dosažené úspory jsou vyšší, než je garantováno ve smlouvě, nadúspora se rozdělí mezi zákazníka a ESCO (poměrem stanoveným ve smlouvě)
- v případě nedosažení garantované výše úspory má dodavatel - ESCO závazek uhradit zákazníkovi rozdíl (například formou dobropisu)

Příklad z praxe

Jako příklad v oblasti energetické optimalizace veřejného osvětlení lze uvést město Harrachov, kde byl v roce 2011 takový projekt realizován a financován metodou EPC.

Základní parametry projektu jsou uvedeny v následující tabulce a grafu:

	původní stav	stav po realizaci
Počet světelných bodů	511 ks	511 ks
Počet odběrných míst – RVO	4 ks	3 ks
Počet regulátorů	-	4 ks
Instalovaný výkon	60 kW	47 kW
Obnova svítidel	-	140 ks
Roční spotřeba elektrické energie	240 MWh/rok	130 MWh/rok
Roční platba za elektrickou energii	650 000 Kč/rok	350 000 Kč/rok
Úspora celkem (vč.DPH)		300 000 Kč/rok



Projekt je splácen měsíční splátkou, výkaz úspor se provádí měsíčně na základě fakturačního měření dodavatele elektrické energie. Návrhová doba návratnosti projektu je 5 let. Doba života instalované technologie (regulátory italské firmy Reverberi, svítidla ATOS fy Schröder) je kolem 15 let z čehož lze odvodit, že město Harrachov po splacení projektu ušetří v následujících 10 letech kolem 3 milionů Kč.

Literatura a odkazy

[1] Materiály APES, MPO, SEVEN, město Harrachov

Dôležité aspekty návrhu iluminácie

Alfonz Smoal, Prof. Ing. PhD.

STU v Bratislave, FEI, UEAE, www.smola.sk alfonz.smola@stuba.sk

Úvod

Svetlom je možné vytvoriť večerný obraz objektu, zvýrazniť či potlačiť určité detaily fasád, vytvoriť pôsobivé jasové či farebné efekty zosúladené s tvarom objektu, štruktúrou povrchu reliéfov či druhom materiálu osvetľovacích plôch. Architektonický návrh objektu by mal teda obsahovať aj jeho večernú formu, zosúladať výzor pri dennom a večernom osvetlení, rešpektujúc pritom niekedy protirečivé reflexné vlastnosti fasádnych materiálov počas dňa a noci.

Zásady iluminácie objektov spočívajú vo vytvorení osvetľovacích sústav odrážajúcich architektonickú myšlienku, pričom je dôležité esteticky zakomponovať osvetľované zariadenia i do denného exteriéru. Základom je **dobrá kompozícia**. Pri budovaní základného vizuálneho dojmu potrebuje svetelná kompozícia svetlo aj tmú.

Svetlo by nemalo z jednej jasnej plochy skákať na druhú, ale malo byť jemne vedené. Je teda dôležité brať do úvahy aj to, ako jednotlivé **materiály** povrchov fasád budov vedú, pohlcujú a odrážajú svetlo. Čím je materiál tmavší (berieme do úvahy aj znečistenie), tým bude potrebné vyššie osvetlenie na získanie uspokojivého jasú. V modernej architektonickej tvorbe prevládajú konštrukcie s kovovými prvkami, s veľkými zasklenenými fasádovými plochami. Odrazové vlastnosti týchto materiálov majú výrazné smerové vlastnosti a pri iluminácii by mohli mať nepriaznivý vplyv na niektorých používateľov. Pre tieto objekty sa s úspechom využíva vnútorné presvetlenie okien, ktoré svojimi jasmi značne ovplyvňuje celkové proporcie objektu, a tým i celkový nočný efekt budovy, pričom v noci aktívne plochy môžu byť vo dne tmavé a nezaujímavé. Pôsobivými sa javia i kombinácie interiérového presvetlenia s miestnymi vonkajšími ilumináciami. Pri budovách používaných vo večerných hodinách treba rešpektovať individuálneho používateľa, nezasahovať rušivo do interiéru. Iluminačné možnosti sú teda obmedzené. Pri citlivom postupe sú však možné určité formy osvetlenia miestneho charakteru.

Ďalšou dôležitou vecou, na ktorú nesmieme pri návrhu zabudnúť, je farba svetla. Podľa farby objektu treba zvoliť vhodnú farbu svetla a teda vhodný svetelný zdroj. Niekedy je možné využiť aj vhodný farebný filter. Farebné svetlo môže vyzdvihnúť použité materiály. Prijateľný výsledok získame vtedy, keď farba svetla je blízka povrchu, ktorý chceme nasvetliť.

Pri osvetľovaní budov je treba rešpektovať nielen technické vlastnosti materiálu a **členenie iluminovanej fasády** alebo objektu, ale je treba prihliadať aj na širšie okolie. Podľa členitosti priečelia a so zreteľom na vzdialenosť, z akej bude objekt osvetľovaný, je treba voliť svetlomety a ich zoskupenie tak, aby sa dosiahli čo najlepšie efekty. Pri osvetľovaní nesmú vznikať príliš veľké a tmavé tieňe, ani rušivé tieňe a protitienie. Priemerné osvetlenie musí byť volené podľa odrazivosti osvetľovaného materiálu a so zreteľom na okolie.

Prístroje využívané pri iluminácii

- Luxmeter – je prístroj na meranie intenzity osvetlenia, pozostávajúci z fotoelektrického snímača, ktorého spektrálna citlivosť je prispôbena priebehu pomernej spektrálnej účinnosti žiarenia, a z vyhodnocovacieho systému s digitálnym alebo analógovým meradlom fotoprúdu.
- Jasomer – fotometrický prístroj na meranie jasú. Pri vizuálnom meraní sa zobrazujú meraná svietiacia ploška v zornom poli fotometra a jej jas sa vizuálne porovnáva so známym jasom porovnávacej plochy.
- **Laserový dial'kometer** – prístroj na meranie vzdialeností

Požiadavky na limitné hodnoty rušivého svetla iluminácie

Pri návrhu iluminácie projektanta neobmedzujú žiadne zákonom stanovené limity, ktoré by určovali mieru jasových hodnôt daného iluminovaného objektu. Existujú len odporúčané hodnoty jasú.

Osvetľovacie zariadenia vo vonkajšom prostredí, ako sú reklamné pútače, osvetľovacie zariadenia nádvorí závodov, stavebných dvorov, parkovísk a podobne, okrem verejného osvetlenia sa navrhujú, realizujú a používajú tak, aby svetlo z týchto zariadení v čo najmenšej miere dopadalo na okná obytných miestností v ich okolí. Ak sa dopadu svetla na okná obytných miestností nedá zamedziť, nesmú byť prekročené limitné hodnoty rušivého svetla uvedené v tabuľke *tab. č. 1*

EKOLOGICKÁ ZÓNA	E _v [lx]		I [kcd]		L _{av} [cd.m ⁻²]	L _{max} [cd.m ⁻²]
	do 22:00	po 22:00	do 22:00	po 22:00	do 22:00	do 22:00
E1	2	1	2,5	0	0	0
E2	5	1	7,5	0,5	5	10
E3	10	2	10	1,0	10	60
E4	25	5	25	2,5	25	150

Tab. 1 Limitné hodnoty rušivého svetla z vonkajších svetelných zariadení

Vysvetlivky k tab. 1

E1 - prirodzene tmavé územia, národné parky, chránené oblasti

E2 - územia s nízkym jasom, vidiecke osídlenie, okrajové časti malých miest

E3 - centrá malých miest, urbanizované územia v okolí centier veľkých miest

E4 - zóny s vysokým jasom, centrá veľkých miest, zóny s vysokou aktivitou v noci

E_v - vertikálna osvetlenosť vonkajšej plochy okna

I - svietivosť zdrojov svetla v smere možného rušenia

L_{av} - priemerný jas fasád budov – odporúčané hodnoty

L_{max} - maximálny jas fasád budov – odporúčané hodnoty

Okrem limitných hodnôt jasu na okolitých budovách, ktoré sú v blízkosti iluminovaného objektu, sa v spomenutej vyhláske uvádzajú aj ďalšie požiadavky, ktoré sa týkajú zmien v intenzite a farbe svetla.

Zmeny v intenzite a zmeny farby svetla zo zdrojov nesmú byť v obytnej miestnosti pozorovateľné. Osvetlenosť okna sa meria na vonkajšej zvislej ploche v strede okna. Rušivý jas zdrojov svetla sa meria zo stredu okna. Zmeny intenzity a zmeny farby rušivých zdrojov svetla sa hodnotia subjektívne. Zmeny jasu zistené priamym pohľadom na vonkajšie zdroje rušivého svetla umiestnené nižšie ako okno obytnej miestnosti sa nehodnotia, ak nevyvolajú pozorovateľnú zmenu osvetlenia obytnej miestnosti. Zdroje svetla miestnosti sú pri hodnotení vypnuté.

Meranie činiteľov odrazu

Pri osvetľovaní budov a ďalších architektonických objektov sa musí brať do úvahy nielen význam objektu, ale i pozorovacia vzdialenosť, svetelnotechnické vlastnosti materiálu, členenie osvetľovaného objektu, ale tiež okolie architektúry. Osvetľované plochy môžu vykazovať vlastnosti povrchov *rozptylných* (napr. bežný povrch omietok, tesaný kameň), či *čiasťočne rozptylných*, u ktorých nemožno zanedbať smerovú resp. zrkadlovú zložku odrazu, poprípade *lesklých* (napr. mramor, sklenené okná).

Hodnota činiteľa odrazu sa značne mení so znečistením. Pre najpresnejšie stanovenie činiteľa odrazu fasády daného objektu, môžeme použiť vzťah *Lambertovského žiariča*

$$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E}$$

kde: ρ - činiteľ odrazu fasády
L - jas [cd.m⁻²]
E - intenzita osvetlenia [lx]

Stanovenie jasov

Pri stanovení potrebnej hodnoty jasu osvetľovaného objektu je okrem pozorovacej vzdialenosti treba uvažovať aj jas okolia a význam daného osvetľovaného objektu. Spravidla sa pri vyšších hodnotách jasu okolia volia vyššie hodnoty jasu priečelia. Odporúčané jasy osvetľovaného priečelia sú uvedené v tab. 2

POZOROVACIA VZDIALENOSŤ OBJEKTU	JAS FASÁDY, PRIEČELIA L_{pk} [$cd.m^{-2}$]
<i>Dial'kové pohľady</i>	10 – 20
<i>Pohľady z okolia</i>	5 – 10
<i>Pohľady z bezprostrednej blízkosti</i>	1 – 5

Tab. 2 Doporučený jas objektov s vlastným osvetlením

Z uvedených hodnôt jasu je zrejmý podstatný vplyv pozorovacej vzdialenosti na potrebnú úroveň osvetlenia objektu.

Výpočet intenzity osvetlenia

Potrebné osvetlenie priecelí pre získanie týchto jasov sa dá vypočítať pomocou známeho vzťahu:

$$E = \frac{\pi \cdot L}{\rho}$$

kde: E - intenzita osvetlenia [lx]
L - jas [$cd.m^{-2}$]
 ρ - činiteľ odrazu fasády

Určenie svetelného toku

Celkový svetelný tok, ktorým je treba osvetľovať uvažovanú plochu, aby sa dosiahlo požadovaného priemerného osvetlenia, možno vypočítať pomocou zo vzťahu:

$$\Phi = \frac{E \cdot S}{\eta}$$

kde: Φ - celkový svetelný tok [lm]
E – priemerná intenzita osvetlenia [lx]
S - plocha osvetľovaného priecelia [m^2]
 η - účinnosť osvetľovania

Účinnosť osvetľovania vyjadruje skutočnosť, že nie všetok svetelný tok vyžiarený svetlometmi dopadá na osvetľovaciu plochu. Časť svetelného toku sa stráca vo vnútri svetlometov a časť toku osvetľovanú plochu míňa. Straty sú tým väčšie, čím väčší je rozptyl svetlometov a čím väčšia je vzdialenosť, z ktorej svietia.

Pri svetelnotechnických výpočtoch je nutné rešpektovať úbytok osvetlenia vplyvom znečistenia a starnutia svetelných zdrojov a svetlometov primeraným činiteľom znehodnotenia.

Výpočet celkového počtu svietidiel

Celkový počet svietidiel n získame podielom celkového svetelného toku Φ svetelným tokom jednotlivého svietidla:

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_s}$$

Kde: Φ - celkový požadovaný svetelný tok
 Φ_s - svetelný tok zdroja
n - počet zdrojov

Pri známom počte svietidiel zase môžeme pomocou tohto vzťahu určiť aký svetelný tok by mal splňať daný zdroj:

$$\Phi_s = \frac{\Phi}{n}$$

Ekonomické zhodnotenie

Investičné náklady

$$N_i = (N_Z \cdot C_{SZ}) + (N_S \cdot C_S) + C_I$$

kde:

N_Z – počet svetelných zdrojov

C_{SZ} – cena svetelného zdroja

N_S – počet svietidiel

C_S – cena sietidla

C_I – cena inštalácie svietidiel

Prevádzkové náklady

$$N_p = t \cdot N_{dni} \cdot N_{mes} \cdot N_{rok} \cdot P_S \cdot C_E + C_U$$

kde:

t – čas prevádzkovania za deň [hod]

N_{dni} – počet dní v mesiaci

N_{mes} – počet mesiacov v roku

N_{rok} – počet rokov

P_S – príkon svietidla

C_E – cena el. energie za 1kWh

C_U – cena údržby

Do prevádzkových nákladov sa zaráta aj cena svetelných zdrojov, prípadne predradníkov, ktoré bude treba počas celej prevádzky vymeniť. Táto skutočnosť závisí predovšetkým na životnosti jednotlivých komponentov.

Ak je svetelná inštalácia určená len na určitú kratšiu dobu, môžu byť investičné resp. obstarávacie náklady nižšie výberom lacnejších svetelných zdrojov s priemernou životnosťou, čo vyváži i vysoké prevádzkové náklady. Pri dlhodobej iluminácii objektu je vhodné investovať viac do technickej realizácie a zakúpiť svetelné zdroje, ktoré sú síce drahšie, ale ich vyššia životnosť a úspornosť ušetrí náklady spojené s prevádzkou.

Literatura a odkazy:

[1] HABEL, J.: Osvětlování. Praha : ČVUT, 1998. 328s. ISBN 80-01-01770-2.

[2] KRASŇAN, F., SMOLA, A.: Iluminácia kostola sv. Jakuba staršieho v Trnave. In Časopis EE, ročník 10, 2004, mimoriadne číslo. s. 157-160. ISSN 1335-2547.

[3] SMOLA, A.: Súčasnosť a perspektívy LED. 2008. Dostupné na:

<<http://www.asb.sk/tzb/osvetlenie-a-elektroinstalacie/sucasnost-a-perspektivy-led-1871.html>>

[4] SMOLA, A., KRASŇAN, F., a kol.: Mestské opevnenie v Trnave - Bernoláková brána - Návrh iluminácie. Bratislava, 2002.

[5] SMOLA, A., POLOMOVÁ, B., KRASŇAN, F.: Návrh koncepcie iluminácie hlavného mesta SR – Bratislavy. Bratislava. 2002. 59s.

[6] STN EN 12 464 – 2. Svetlo a osvetlenie. Osvetľovanie vonkajších pracovných priestorov.

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

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

Modernizácia osvetľovacej sústavy priemyselnej haly

doc.Ing.Ružena Králiková,CSc., prof.Ing.Miroslav Badida,PhD., doc.Ing.Lýdia Sobotová, PhD.

Katedra environmentalistiky, SjF - TU v Košiciach, Park Komenseho 5, Košice
ruzena.kralikova@tuke.sk

Abstrakt: Príspevok sa zaoberá problematikou osvetlenia pracovísk v priemysle. Predmetom riešenia je priemyselná hala, v ktorej sa realizujú výrobné činnosti z oblasti strojárkej výroby. Na základe súčasného stavu inštalovanej svetelnej sústavy bolo meraním objektivizované a hodnotené osvetlenie priestorov z hľadiska technických, hygienických a environmentálnych požiadaviek. V príspevku sú prezentované variantné návrhy modernizácie pôvodnej osvetľovacej sústavy, prevedené s počítačovou podporou. Pri návrhoch osvetľovacích sústav bol pri výbere svietidiel a svetelných zdrojov kladený dôraz na tie, ktoré sú vhodné ako z hľadiska energetickej úspornosti, tak aj z environmentálneho hľadiska, pri ktorom je už pri výskume a vývoji produktov z oblasti osvetľovacej techniky kladený dôraz na ochranu životného prostredia nie len pri ich prevádzkovaní, ale aj pri ich zneškodňovaní po ukončení životnosti.

Súčasný stav osvetlenia priemyselnej haly

Pre zistenie súčasného stavu nainštalovanej svetelnej sústavy priemyselnej haly boli realizované merania celkovej osvetlenosti výrobnej haly a osvetlenosti v mieste pracovnej úlohy v súlade so štandardnou metodikou pre meranie a hodnotenie osvetlenia a normy STN EN 12464-1. Svetelná sústava pozostávala z 28 ks výbojkových svietidiel Elsvit, každé z príkonom 400W, s celkovým príkonom 11,2 kW. V svietidlách boli použité ako svetelné zdroje ortuťové výbojky OSRAM HQL 400W. Jedná sa o prevádzku s nepretržitým používaním osvetľovacej sústavy výrobnej haly. Výrobný proces je zabezpečovaný kontinuálne v dvoch 12-hodinových pracovných zmenách. Meranie umelého osvetlenia bolo prevedené počas nočnej zmeny, kedy už keďže sa jedná o nepretržitú prevádzku boli svetelné zdroje zahriate na prevádzkovú teplotu a stabilizované. Výsledné hodnoty celkovej osvetlenosti ako aj hodnoty osvetlenosti v miestach zrakovej úlohy nedosahovali požadované hodnoty osvetlenosti, čo predpokladá inováciu osvetľovacej sústavy. V ďalšej časti príspevku sú uvedené dva návrhy inovácií osvetlenia danej osvetľovacej sústavy vytvorené v programe Dialux. Základné geometrické rozmery priemyselnej haly, ako aj spôsob údržby boli zadávané do programu podľa parametrov uvedených v Tabuľka 1.

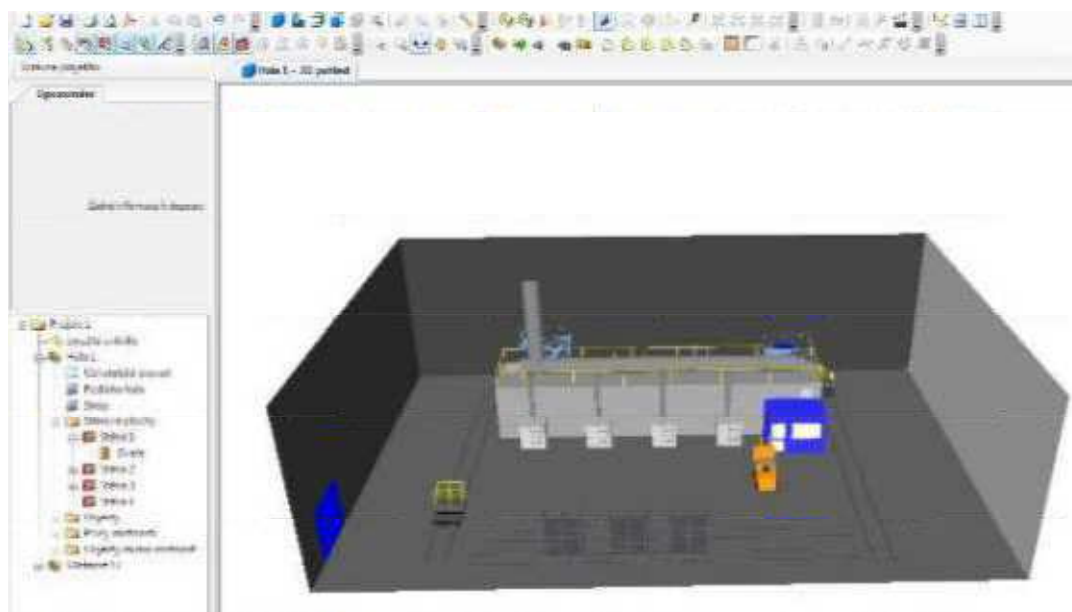
Rozmery haly	dĺžka	Šírka	výška
	42 m	25 m	12 m
Metódy plánu údržby	Okolité podmienky	Interval údržby	
-	znečistené	ročne	
Stupeň odrazu	strop	steny	podlaha
	30%	10%	20%

Tabuľka 1: Vstupné parametre výrobnej haly

Jedná sa o prevádzku s nepretržitým používaním osvetľovacej sústavy výrobnej haly. Výrobný proces je zabezpečovaný kontinuálne v dvoch 12-hodinových pracovných zmenách.

Tvorba modelu v programe Dialux

Pri tvorbe návrhov osvetľovacích sústav s využitím najnovších poznatkov v oblasti osvetľovacej techniky pre priemyselnú halu a realizáciu svetelno-technických výpočtov a vizualizáciu bol použitý softvér Dialux 4.12. Práca s týmto programom je nenáročná. Tvorba modelu a práca s ním je interaktívna, program ponúka množstvo priamych príkazov v editačných lištách, ktoré umožňujú aj vkladanie svietidiel priamo z katalógov výrobcov. Základným predpokladom pre reálne výsledky osvetlenosti je čo najhodnovernejšie vytvorenie modelu hodnoteného priestoru. Následne je potrebné zadať všetky potrebné údaje, ktoré program požaduje. Jedná sa o charakteristiku povrchov, komponentov interiéru a ich materiálov. Na obrázku č.1 je v programe vytvorený 3D model riešenej priemyselnej haly.



Obrázok 1: 3D model priemyselnej haly vytvorený v programe Dialux 4.12

Pred výberom osvetľovacej techniky, ktorá bola použitá pri návrhoch osvetľovacej sústavy riešenej priemyselnej haly boli zaradené pracovné priestory podľa charakteru vykonávaných činností, v zmysle normy STN EN 12464-1. Hodnoty pre dosiahnutie požadovanej osvetlenosti pri návrhu osvetlenia priemyselnej haly podľa zrakovej úlohy určené normou sú uvedené v Tabuľka 2: 2.

Typ miestnosti, úlohy alebo činnosti	E_m	UGR_L	R_a
2.3 Cement, cementové výrobky, betón, tehly			
2.3.2 Príprava materiálu, práca pri vypaľovacích peciach	200 lx	28	40
2.3.3 Bežné práce pri strojoch	300 lx	25	80

Tabuľka 2: Požadované hodnoty osvetlenosti priestoru podľa zrakovej úlohy[23]

Pre dodržanie parametrov, ktoré sú uvedené v Tab.2 sa pri návrhoch inovovaných osvetľovacích sústav uvažovalo s dosiahnutím minimálnej osvetlenosti 300 lx pri dodržaní indexu podania farieb v rozmedzí $R_a \geq 80$.

Inovácie osvetlenia priemyselnej haly

V dnešnej dobe je ponuka priemyselných svietidiel a svetelných zdrojov na trhu veľmi pestrá. Od najznámejších výrobcov až po tých menších, ktorí tak isto ponúkajú svoje produkty v tejto oblasti. Pri návrhoch osvetľovacích sústav bola snaha o výber tých najlepších svietidiel, ktoré v súčasnosti ponúka rozsiahly trh. Zo širokej ponuky sa vytypovali svietidlá a svetelné zdroje, ktoré sú vhodné nielen z hľadiska energetickej úspornosti ale aj z hľadiska environmentálneho. V oboch variantoch boli použité technické komponenty na osvetlenie vyrobené spoločnosťou Philips. Je to jeden z popredných výrobcov osvetľovacej techniky v Európe. Ponúka širokú škálu kvalitných svietidiel a svetelných zdrojov s využitím v oblasti osvetľovania pracovných priestorov. Pri výskume a vývoji svojich produktov v oblasti osvetľovacej techniky v nemalej miere prihliada na ochranu životného prostredia pri prevádzkovaní svietidiel, ako aj pri ich zneškodňovaní po ukončení životnosti.

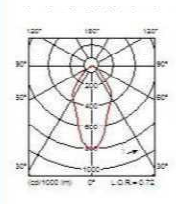


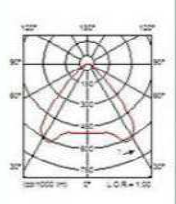


Osvetľovacia sústava – variant 1

Pre prvú variantu osvetľovacej sústavy priemyselnej haly bolo použité svietidlo typového označenia BY151P. Toto svietidlo patrí do produktovej rady Cabana 2. Jedná sa o interiérové vysokozávesné svietidlo, určené pre použitie v priemysle. Externý regulátor umožňuje ľahké nastavovanie svetelného zdroja v mieste inštalácie. Disponuje vonkajším konektorom pre elektrické pripojenie, bez nutnosti otvárania jednotky. V ponuke sú dve vyhotovenia:

- štandardná verzia pre výbojky rady SON a HPI-P,

- kruhová verzia pre výbojky rady CDM-TMW.

V svietidlách sa uvažovalo so svetelnými zdrojmi - vysokotlakými halogénovými výbojkami rady CDM-TMW. Pre optimálne výsledky bol počet svietidiel stanovený na 28 Ks. Montážna výška bola navolená vo výške 10m. Vlastnosti svietidla, ako aj svetelného zdroja sú uvedené v Tab. 3a.

Krivka svietivosti:	Svietidlo : Philips BY 151P 1xCDM-TMW315W-942 EB NB	Svetelný zdroj:	Krivka svietivosti	Svietidlo : PHILIPS BY461P LED240S/840WB GC	Svetelný zdroj:
		Vysokotlaková výbojka 			LED Počet: 128 pcs Typ: LED 240S Prikon: 292W R _a = 80 Merný výkon: 82l/W Svetelný tok: 24 000lm Životnosť: 50 000h Teplota chromatickosti: 4000K
	Napájacie napätie: 220V – 240V Sieťová frekvencia: 50-60Hz Výkon: 315W Krytie: IP65 Cena: 631,59€	Typ: CDMT elite MW Prikon: 315W R _a = 85(min),93 Merný výkon: 113l/W Svetelný tok: 36 200lm Životnosť: 30 000h Teplota chromatickosti: 3100K		Napájacie napätie: 220V – 240V Sieťová frekvencia: 50-60Hz Výkon: 315W Krytie: IP 65 Cena: 2162,14€	

Tabuľka 3. Základne parametre svetelnej techniky pre : a) variant č.1 b) variant 2

Osvetľovacia sústava priemyselnej haly – variant č.2

Pre druhý variant bola použitá osvetľovacia technika najnovšej rady v oblasti osvetľovania priemyselných vnútorných priestorov s využitím LED technológie. Ide o produktovú radu Gentle space firmy Philips typové označenie BY460P a BY461P. Jedná sa o vysokozávesné LED svietidlo, ktoré dokáže nahradiť v plnom rozsahu závesné svietidlá využívajúce výbojky do 400W. V okamihu zapnutia poskytujú okamžité svetlo. Jeho intenzitu je možné regulovať pomocou stmievania cez rozhranie DALI. Vyznačuje sa vysokou životnosťou. Vyrába sa v dvoch veľkostiach:

- dvojdielne systémy (náhrada závesných halogenidových svietidiel s výkonom 250W),
- štvordielne systémy (náhrada závesných halogenidových svietidiel s výkonom 400W).

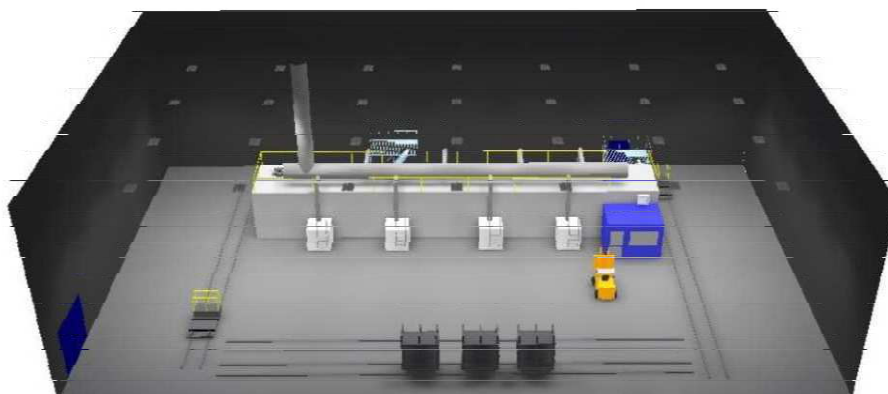
V tomto návrhu - vo variante č.2 bol použitý štvordielny systém s typovým označením BY461P. Svetidlo obsahuje štyri panely s vysokovýkonnými LED čipmi. Ako v predchádzajúcom variante boli svietidlá umiestnené do montážnej výšky 10 m v počte 28 ks. Základné parametre svietidla sú uvedené v Tab.3 b.

Porovnanie variantov

Po vytvorení modelku osvetľovacej sústavy boli v programe Dialux prevedené svetelno-technické výpočty ako aj samotná vizualizácia osvetleného priestoru, variant 1 – na obrázku č.2, variant 2 – na obrázku č.3.

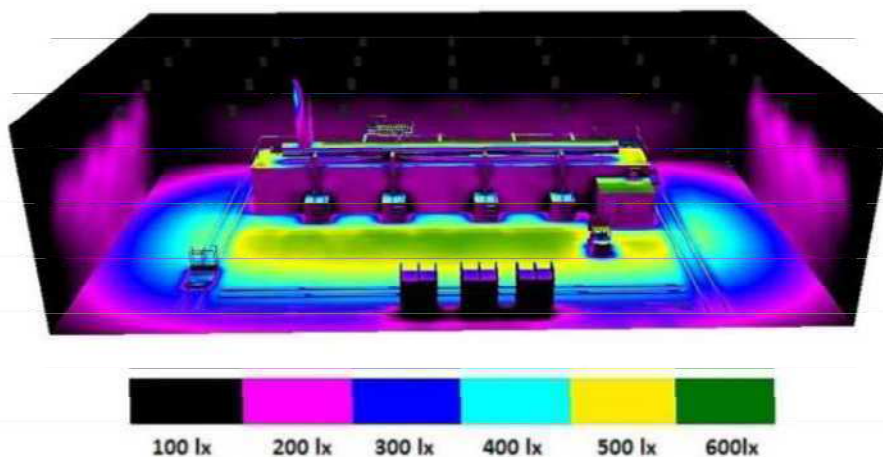


Obrázok 2: Vizualizácia svetelnej scény variant 1

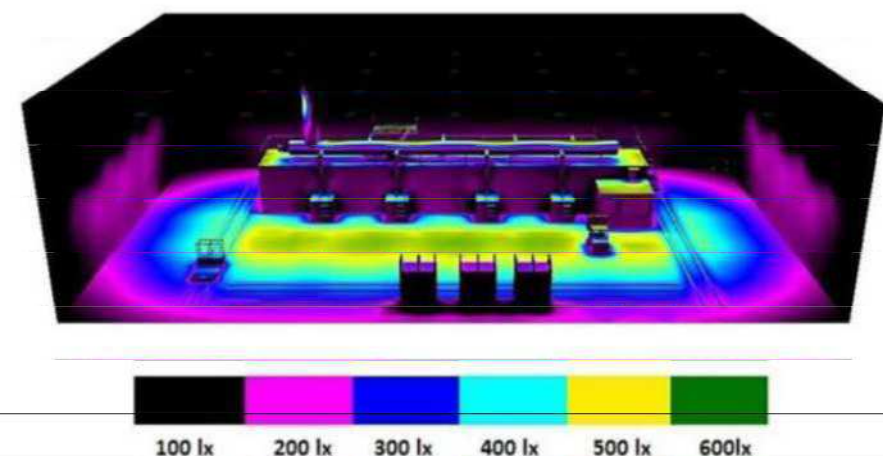


Obrázok 3: Vizualizácia svetelnej scény variant .2

Jednou z možností, ktoré ponúka Dialux 4.12 pre lepší prehľad osvetlenosti vymodelovaného priestoru je zobrazenie vizualizácie v nepravých farbách – renderovanie (Obr.4, obr.5) pomocou prednastavenej alebo užívateľom zvolenej odstupňovanej farebnej škály intenzity osvetlenia, pričom každá farba odpovedá priradenej hodnote v luxoch alebo cd.m^{-2} . Táto možnosť veľmi uľahčuje celkový prehľad o intenzite osvetlenia a je ľahko pochopiteľná aj pre laikov.

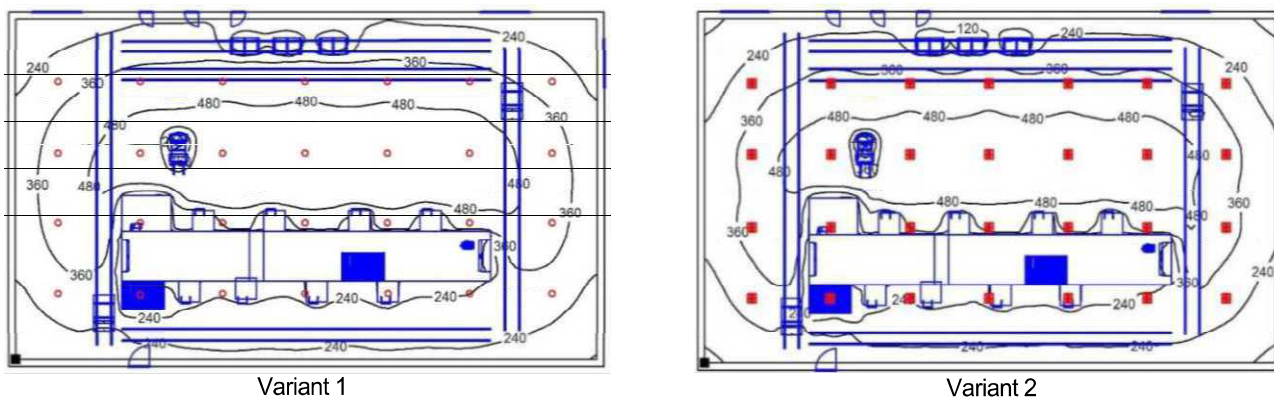


Obrázok 4: Renderovanie svetelnej scény nepravými farbami variant 1



Obrázok 5: Renderovanie svetelnej scény nepravými farbami variantu 2

Na obrázku č. 6 je 2D zobrazenie hodnôt osvetlenosti pomocou izolínií na pracovnej porovnávacjej rovine po výpočte svetelno-technických parametrov pre dané vavianty osvetlenia priemyselnej haly.



Obrázok 6: Zobrazenie izolínií v programe Dialux 4.12 s hodnotami osvetlenosti (lx)

Pre lepší prehľad sú v tabuľke (Tab. 4) uvedené základné hodnoty svetelno-technických výpočtov vygenerované v programe Dialux 4.12. V oboch variantoch sú hodnoty podobné. Boli dodržané hodnoty (Tab.2) určené normou STN EN 12464-1 pre osvetlenie zvoleného pracovného priestoru. Ďalším z aspektov návrhov bola voľba svetelnej techniky, ktorá spĺňa všetky nároky, ktoré sú v súčasnosti kladené na osvetľovanie pracovných priestorov. V oboch variantoch je možná regulácia osvetľovacích zdrojov v prípade inštalácie inteligentného riadenia osvetľovacích sústav pri predpokladanej realizácii návrhov.

	Variant 1 PHILIPS BY151P 1xCDM-TMW315W/942 EB NB	Variant 2 PHILIPS BY461P LED240S/840 PSD WB GC SI MB
Celkový výkon OS	9548 W	8176 W
Svetelný tok	1 013 600 lm	672 000 lm
Špecifický príkon	9,09 Wm ⁻² = 2,53 Wm ⁻² /100 lx	7,79 Wm ⁻² = 2,27 Wm ⁻² /100 lx
Pôdorys -layout	10 050 m ²	10 050 m ²
Priem. osvetlenosť	360 lx	342 lx
Počet svietidiel	28 ks	28 ks

Tabuľka 4: Sumár realizovaných svetelno-technických výpočtov programom Dialux 4.12 variant č.1

Hodnotenie

Pre variant 1 boli ako svetelné zdroje uvažované vysokotlakové výbojky typu: Philips TDM-TMW s výkonom 315W, ktoré sú zdrojom kvalitného dlhotrvajúceho bieleho svetla pri strednom výkone, vhodné na osvetľovanie vnútorných aj vonkajších priestorov. V kombinácii so svietidlom Cabana 2 BY151P poskytuje kvalitné osvetlenie potrebné pre pracovné priestory priemyselnej haly.

Vo variante 2 bolo uvažované s LED technológiou, výberom svietidiel od firmy Philips GentleSpace typu BY461P LED240S/840WB GC. Jedná sa o pomerne nové svietidlo na trhu osvetľovania priemyselných hál s vysokými stropmi. Ich použitie plne nahrádza doteraz využívané závesné svietidlá s vysokotlakovými výbojkami. Využívajú nižší príkon pri prevádzke ako výbojkové svietidlá. Produkujú biele svetlo s chromatickosťou 4 000 K. Dokážu vytvoriť dostačujúce osvetlenie pracovných priestorov vo vysokých priemyselných halách.

Diskusia

Výber vhodného variantu nie je jednoznačný. Z ekonomického hľadiska vyplýva (viď Tab.5), že pri voľbe variantu 1 bude počiatková investícia i návratnosť výhodnejšia ako pri variante 2. návrhu priemyselnej haly. Z environmentálneho hľadiska je výhodnejšia realizácia variantu 2, ktorý umožňuje aplikáciu riadenia riadenia intenzity osvetlenia LED svietidiel pomocou regulovateľných predradníkov zabudovaných priamo v svietidlách. Tieto využívajú protokol DALI, prostredníctvom inteligentného riadiaceho systému a inštaláciou snímačov denného osvetlenia je možné dosiahnuť ešte vyššie úspory energie. Ďalšou výhodou je vysoká životnosť LED. V neprospech variantu č.1 je aj prítomnosť ortuť v použitých svetelných zdrojoch, pomerne vysoká pracovná teplota pri prevádzke a s tým spojená produkcia odpadového tepla, vyššia spotreba elektrickej energie a teda aj vyššia produkcia emisií CO₂.

Údaje	Jednotky	Porovnanie OS priemyselnej haly			
		Pôvodná OS	Variet č. 1 OS	Variet č. 2 OS	
Osvetlenosť	E_{min}	(lx)	29	12	12
	E_{max}	(lx)	139,8	584	567
	\bar{E}_m	(lx)	300	300	300
	E_{priem}	(lx)	77,05	360	342
Svetelná technika	–	Svietidlo: Elsvit Zdroj svetla: Výbojka OSRAM HQL 400W	Svietidlo: Philips Cabana 2 BY151P Zdroj svetla: Výbojka TDM-TMW 315W	Svietidlo: Philips GentleSpace BY461 Zdroj svetla:LED 240S	
Montážna výška svietidiel	(m)	11	10	10	
Počet svietidiel	(ks)	28	28	28	
Výkon OS	(kW)	11,2	8,82	8,18	
Spotreba el. energie OS za rok	(kWh)	98 112	77 263,20	71 656,8	
Počiatočné náklady na realizáciu OS	(€)	–	17 684,52	60 539,62	
Cena za spotrebovanú energiu OS za rok	(€)	76 527,36	60 265,30	55 112,30	
Ročná úspora oproti pôvodnej OS	(€)	–	16 262,06	21 415,06	
Návratnosť počiatočných nákladov na realizáciu OS	(mesiac)	–	14	34	

Tabuľka 5: Porovnanie osvetľovacích sústav

Záver

Pri analýze problematiky tvorby inovovaného návrhu a výbere vhodného variantu osvetľovacej sústavy bolo predmetom záujmu zistenie možností využitia súčasných trendov pre tvorbu modelov svetelných scén ako účinného nástroja pri projektovaní nových alebo inovovaných osvetľovacích sústav. Pri riešení návrhov sa vychádzalo z aktuálnych poznatkov z danej oblasti osvetľovania a osvetlenia, kedy je stále viac, ale hlavne u veľkých výrobcov osvetľovacej techniky kladený dôraz na vývoj a konštruovanie výrobkov, ktoré v čo možno najmenšej miere zaťažujú životné prostredie.

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu KEGA 032TUKE-4/2012.

Literatura a odkazy

- [1] Smola, A.: Osvetlenie priemyselných hál.[Online].2003 [cit:24.02.2014] AT&P journal roč.2003,č.3,str.34-36, Dostupné na internete: <<http://www.atpjournals.sk/buxus/docs/atp-2003-03-34.pdf>>
- [2] Králiková, R. Badida, M. Kevická, K. Bartko, L.: Znižovanie energetickej náročnosti osvetľovacích sústav v priemysle, Elfa s.r.o. Košice 2013, 182 s. ISBN 978-80-553-1594-2
- [3] Sokanský, K., Válek, P. Technický život výbojek při různých provozních režimech. 5th International Conference SVĚTLO LIGHT 2002, Brno, Česká Republika, 11-13.6. 2002, str. 157-160, ISBN 80-238-8928-1
- [4] Mácha, M.: Inteligentné systémy pre osvetlenie a návrh svietidiel In: SVĚTLO, roč.2009, č.5, str.34-35, ISSN 1212-0812, Dostupné: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39787>
- [5] Sokanský, K., Válek, P. Technický život výbojek při různých provozních režimech. 5th International Conference SVĚTLO LIGHT 2002, Brno, Česká Republika, 11-13.6. 2002, str. 157-160, ISBN 80-238-8928-1
- [6] Sokanský, K., Válek, P. Technický život výbojek při různých provozních režimech. 5th International Conference SVĚTLO LIGHT 2002, Brno, Česká Republika, 11-13.6. 2002, str. 157-160, ISBN 80-238-8928-1
- [7] Habel, J., Dvořáček, K., Dvořáček, V., Žák, P.: Světlo a osvětlování, FCC Public, Praha 2013, 624 s., ISBN 978-80-86534-21-3

Porovnání LED s konvenčními světelnými zdroji

¹⁾Jan Škoda, Ing. Ph.D., ²⁾Stanislav Sumec, Ing. Ph.D., ³⁾Petr Baxant, doc. Ing. Ph.D.,
⁴⁾Michal Krbal, Ing. Ph.D. ⁵⁾Tomáš Pavelka, Ing.,

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

www.ueen.feec.vutbr.cz/light-laboratory, www.lumidisp.eu

¹⁾tel.: +420 541 146 238, email: skoda@feec.vutbr.cz

²⁾tel.: +420 541 146 239, email: sumec@feec.vutbr.cz

³⁾tel.: +420 541 146 212, email: baxant@feec.vutbr.cz

⁴⁾tel.: +420 541 146 243, email: krbal@feec.vutbr.cz

⁵⁾tel.: +420 541 146 247, email: pavelkat@feec.vutbr.cz

Abstrakt

Díky evropskému nařízení o ekodesignu, je klasická žárovka stále častěji nahrazována alternativními zdroji. V současné době je trh zaplaven různými náhrady zejména v LED provedení. Ne každá náhrada je ale vhodná k nahrazení žárovky, protože se v mnoha parametrech výrazně liší. V některých parametrech jsou náhrady lepší v jiných horší, článek se tedy klade za cíl prezentovat možné rozdíly mezi parametry světelných zdrojů a poukázat na rozdíly ve srovnání s konvenčními zdroji.

Úvod

Člověk v současné době přijímá zrakem více než 90 % informací. Tyto informace jsou interpretovány světlem, které dopadají na sítnici člověka. Toto světlo by mělo takového charakteru, aby jeho prostřednictvím došlo k přenosu informace v nezkraslené podobě a nezpůsobovalo pozorovateli nepříjemné pocity. Světlo by mělo být neoslňující, přiměřené intenzity vzhledem k požadované zrakové činnosti, barevně přirozené, v krátkém časovém úseku stabilní a pokud možno zdarma.

Tyto požadavky proto kladou na světelné zdroje často protichůdné požadavky a jejich splnění ve všech kategoriích je velmi komplikované. Potřeba umělého světla roste všude tam, kde denní světlo nelze z různých důvodů zajistit (doly, vnitřní prostory budov) nebo je ho nedostatek (v noci apod.).

Ovšem každá sranda něco stojí, a proto by si měl člověk uvědomit, že každé rozsvícení světelného zdroje znamená vyvolání poptávky po energii. V dnešní době je v drtivé většině umělé světlo vyráběno z elektrické energie. Uvědomíme-li si, že v celosvětovém měřítku je většina elektrické energie vyráběna z neobnovitelných zdrojů, je každé rozsvícení světelného zdroje do jisté míry zátěž pro životní prostředí. Kromě energie na vlastní provoz světelného zdroje, je třeba počítat i s energií vynaloženou na výrobu světelných zdrojů. Pokud bychom měli být komplexní, měly bychom sem zahrnout i energii spotřebovanou na výrobu každé části, která vstupuje do výrobního procesu. Vyřešit tento problém je však velmi složité a jeho popis by určitě vydal na celou knihu. Proto by každý z nás měl přistupovat ke spotřebě energie odpovědně a pokud možno co nejšetněji k životnímu prostředí. [1]

Měrný výkon světelných zdrojů

S přihlédnutím k předcházejícímu odstavci je zcela na místě užívání světelných zdrojů s co největším měrným výkonem. Do dnešní doby byl mezi většinou populace paradoxně nejoblíbenější nejméně účinný zdroj, žárovka. Přibližně pro příkon 100 W byl její světelný tok 1350 lm. Měrný výkon toto světelného zdroje potom bude

$$M_z = \frac{\Phi}{P} = \frac{1350 \text{ lm}}{100 \text{ W}} = 13,5 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1} \quad (1)$$

Uvážíme-li, že maximální teoretický měrný výkon je $683 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$ je účinnost žárovky velmi nízká.

$$\eta = \frac{13,5 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}}{683 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}} \approx 2\% \quad (2)$$

V tomto ohledu se jednoznačně v současné době prosazují moderní bílé LED, které podle společnosti CREE [4] v dnešní době dosahují neuvěřitelného měrného výkonu $303 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$. Z hlediska účinnosti

$$\eta = \frac{303 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}}{683 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}} \approx 44\% \quad (3)$$

je tento zdroj nejúčinnějším světelným zdrojem určeným pro všeobecné osvětlování. Uvidíme však, za jak dlouho se tento zdroj dostane na trh. V současné době je běžně na trhu LED s měrným výkonem $100 - 150 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$ což je v porovnání se zářivkami ($80-100 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$) jistě výhodné. Nutno ale podotknout, že světelný tok LED je velmi výrazně závislý na teplotě čipu a v některých aplikacích je použití vzhledem k chlazení dost problematické (uzavřená svítidla apod.). Jednou s takových aplikací jsou LED náhrady žárovek například se závitem E27. Tyto zdroje jsou určeny jako přímá náhrada za klasickou žárovku, proto jsou do jisté míry limitovány fyzickými rozměry. Vzhledem k této skutečnosti jsou konstruktéři nuceni navrhovat tyto zdroje tak, aby se co nejlépe vypořádali s odvodem tepla z čipu. Toto ovšem není jednoduché a je třeba zkonstruovat světelné zdroje tak, aby chladicí části nestínily vyzařované světlo. Proto se na trhu objevují provedení, které z větší části směřují světelný tok směrem dolů (při pozici patice nahoru) a vrchní část světelného zdroje je obětována chladiči. Lze samozřejmě nalézt i světelné zdroje, které jsou zkonstruovány tak, aby stínících částí bylo co nejméně. Zde je však možné očekávat vyšší závislost světelného toku na teplotě, neboť světelný zdroj má velmi malé chladicí prvky.

Pro vzájemné porovnání světelných zdrojů určených pro závit E27 bylo vybráno 11 zástupců z řad žárovek, kompaktních zářivek a LED. Tyto zdroje byly vybírány tak, aby svými fyzickými rozměry, světelným tokem a barevnou teplotou odpovídaly klasické žárovce o příkonu $60 - 100 \text{ W}$. Výjimku tvoří LED zdroj OSRAM PARATHOM CL A 80061 2W, který byl vybrán pro svůj zajímavý design.

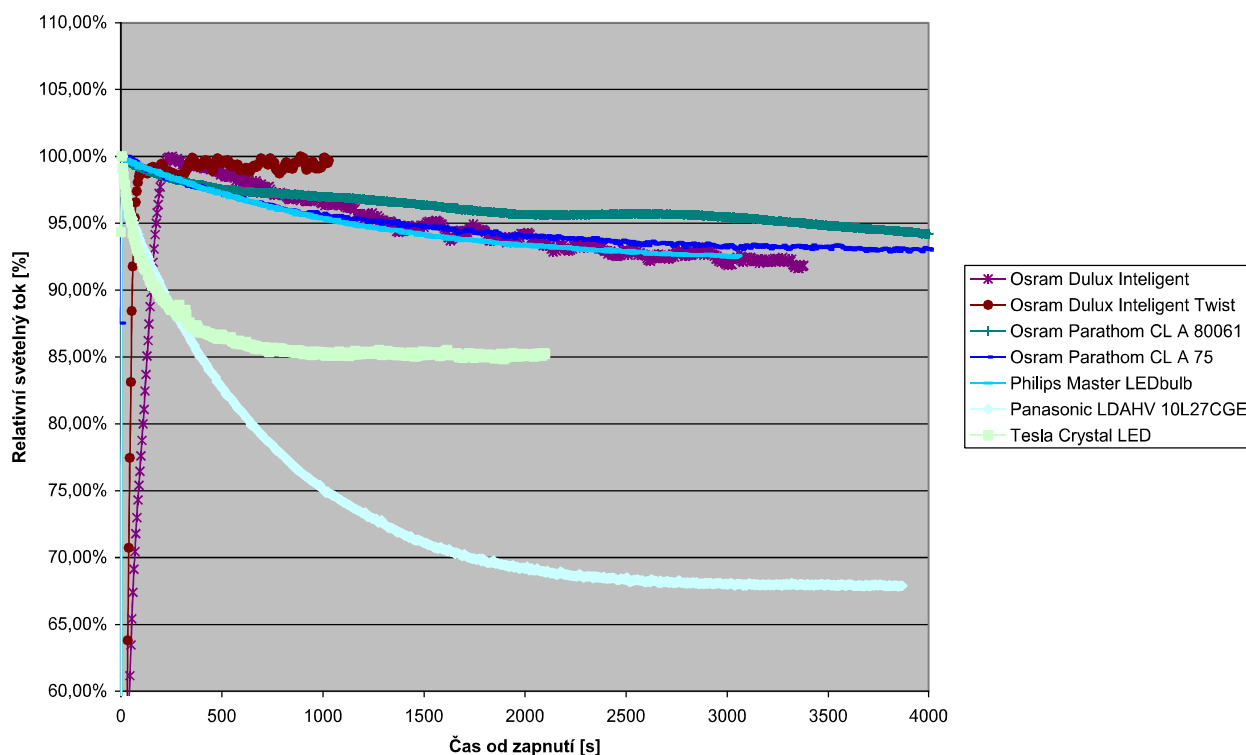
Výrobce	Název	Typ	Jmenovité napětí [V]	Jmenovitý příkon [W]	Jmenovitý světelný tok [lm]	Náhradní teplota chromatičnosti [K]	Index podání barev [%]
Philips	Classicitone	Teplotní	230	60	710		100
Philips	Classicitone frosted	Teplotní	230	60	710		100
Philips	Eco Classic	Teplotní - halogenový	230	105	1980	2800	100
Osram	Eco Pro Classic A	Teplotní - halogenový	240	42	630	2700	100
Osram	Dulux Intelligent	Kompaktní fluorescentní	220...240	20	1300	2700	≥80
Osram	Dulux Intelligent Twist	Kompaktní fluorescentní	220...240	20	1300	2700	≥80
Osram	Parathom CL A 80061	LED	110 - 240	2	-	-	-
Osram	Parathom CL A 75	LED	220 - 240	14,5	1055	2700	>80
Philips	Master LEDbulb	LED	230	12	806	2700	80
Panasonic	LDAHV 10L27CGE	LED	230	10	806	2700	-
Tesla	Crystal LED	LED	230	6,5	700	2700	-

• Tabulka 1: Seznam testovaných světelných zdrojů

Náběh světelného toku

S odvodem tepla velmi úzce souvisí i výsledný celkový světelný tok. V době kdy je světelný zdroj studený, je celkový světelný tok zdroje odlišný od celkového světelného toku po zahřátí zdroje. U náhrad založených na LED lze pozorovat exponenciálně klesající průběh světelného toku. Naproti tomu u kompaktních fluorescenčních zářivek je tomu většinou naopak. Po zapnutí se jejich světelný tok postupně zvyšuje, až se po 2 – 5 minutách ustálí na konstantní úrovni. V závislosti na typu luminoforu může dojít během ustálení světelného toku i k drobnému poklesu. Naproti tomu u žárovek je náběh světelného toku na jmenovitou hodnotu prakticky okamžitý. Na následujícím obrázku jsou zaznamenány náběhy světelných toků vybraných typů světelných zdrojů.

Zde můžeme pozorovat přímou souvislost výrazného poklesu světelného toku s malými chladičnými plochami světelného zdroje. Obecně se dá předpokládat, že čím je odvod tepla z čipu horší, tím výraznější se dá očekávat pokles celkového světelného toku od doby zapnutí.


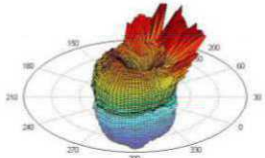

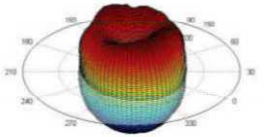

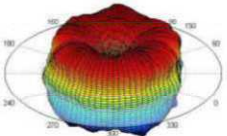

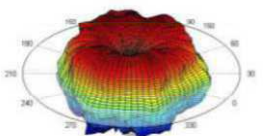

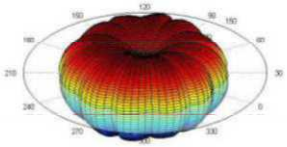

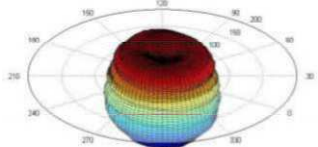

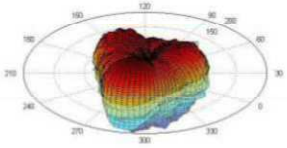

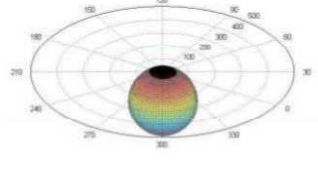

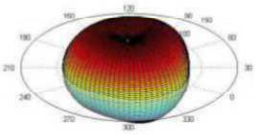

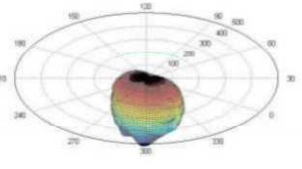

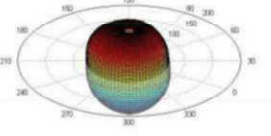


• Obrázek 1 Náběh světelného toku od zapnutí

Křivky svítivosti

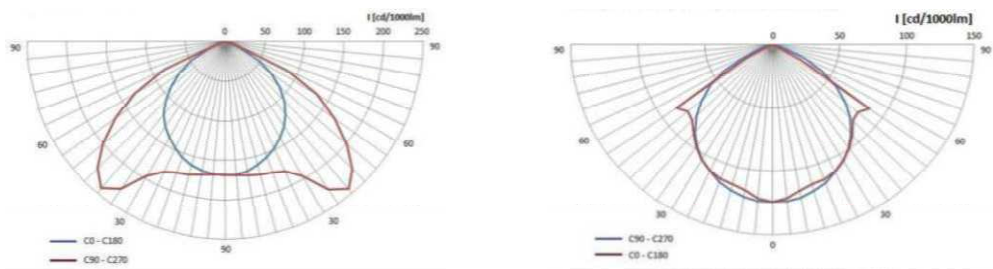
Další velmi podstatným parametrem je celkový světelný tok, resp. křivka svítivosti světelného zdroje. Díky specifické konstrukci každého ze světelných zdrojů je jasné, že se navzájem budou lišit i křivky svítivosti. Pokud budeme tedy hledat náhradu za žárovku, měli bychom zvážit i tvar křivky svítivosti náhradního zdroje. Odlišný tvar křivky svítivosti zdroje bude mít velmi výrazný dopad na výslednou křivku svítivosti vlastního svítidla. Tato změna bude mít v konečném důsledku i dopad na osvětlenost na srovnávací rovině včetně její rovnoměrnosti.

Pro porovnání jsou v další tabulce vyobrazeny výsledné 3D křivky svítivosti každého ze zdrojů.

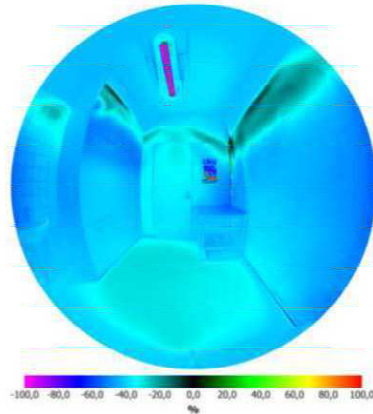
Philips Classicone [5]		Philips Classicone frosted [6]	
			
Philips Eco Classic [7]		Osram Eco Pro Classic A [8]	
			
Osram Dulux Intelligent [9]		Osram Dulux Intelligent Twist [10]	
			
Osram Parathom CL A 80061 [11]		Osram Parathom CL A 75 [12]	
			
Philips Master LEDbulb [13]		Panasonic LDAHV 10L27CGE [14]	
			
Tesla Crystal LED [15]			
			

• Tabulka 2: Křivky svítivosti světelných zdrojů ve 3D

Jak již bylo uvedeno výše, změna křivky svítivosti vede ke změně rozložení osvětlenosti resp. jasu osvětlované scény. Podobný případ nastává při výměně lineárních zářivek za LED náhrady, které mají rovněž odlišnou křivku svítivosti. [2]



• Obrázek 2 Ilustrativní znázornění rozdílů křivek svítivosti svítidla se zářivkou a lineární LED náhradou [3]


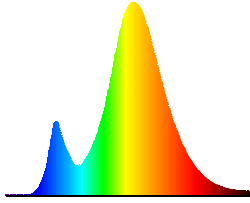

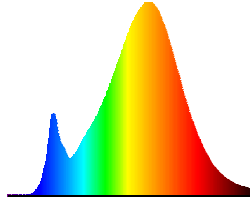

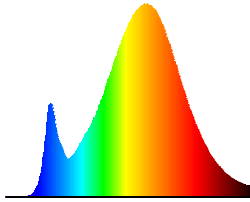

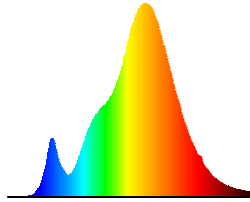

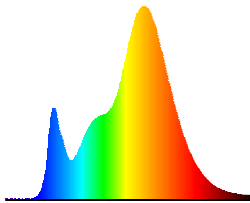


• Obrázek 3 Ilustrativní znázornění dopadu rozdílných křivek svítivosti svítidla na výsledný jas scény

Spektrum, náhradní teplota chromatičnosti a index podání barev

Vůbec největších rozdílů mezi testovanými zdroji lze zaznamenat u spektra světla a s tím související barevnou teplotou a indexem podání barev (označován CRI nebo Ra). Jelikož se už v základu jedná o tři rozdílné technologie, dá se předpokládat, že i výstupní spektrum světla bude odlišné.

Philips Classicone [5]		Philips Classicone frosted [6]	
Philips Eco Classic [7]		Osram Eco Pro Classic A [8]	
Osram Dulux Intelligent [9]		Osram Dulux Intelligent Twist [10]	

Osram Parathom CL A 80061 [11]		Osram Parathom CL A 75 [12]	
			
Philips Master LEDbulb [13]		Panasonic LDAHV 10L27CGE [14]	
			
Tesla Crystal LED [15]			
			

• Tabulka 3: Spektrum světla jednotlivých testovaných zdrojů

Z tabulky 3 lze vyzkoušet markantní rozdíly ve světelném spektru zdrojů. Z pohledu bohatosti jednotlivých vlnových délek, je jednoznačně na vrcholu teplotní zdroj světla, který má spojité spektrum. Od něj je také odvozen referenční zdroj pro hodnocení indexu podání barev (nabývá hodnot od 0 do 100 a vyjadřuje, jak věrohodně světelný zdroj dokáže zprostředkovat barevný vjem ve srovnání s referenčním zdrojem se stejnou barevnou teplotou). Z toho plyne, že bude-li se spektrum blížit teplotnímu zdroji (nebo u zdrojů s barevnou teplotou nad 5000K spektru denního světa se stejnou barevnou teplotou) bude i podání barev lepší (pokud bychom vytvořili teplotní zářič o teplotě vyšší jak 5000K, bude jeho spektrální distribuce přecházet do spektra podobající se dennímu světlu). Pokud je tedy požadován vysoký index podání barev je třeba tuto veličinu sledovat a vybrat vhodný druh světelného zdroje. Pro vnitřní osvětlování pracovních prostorů norma ČSN EN 12 464-1 doporučuje používat zdroje s $R_a \geq 80$.

Se spektrem také souvisí barevná teplota světla (náhradní teplota chromatičnosti CCT), která vyjadřuje barevný odstín bílé barvy (nízké hodnoty jsou více do červena a vyšší do modra). Pro srovnání teplota chromatičnosti obyčejné žárovky se pohybuje okolo 2700K. Proto budeme-li hledat adekvátní náhradu za žárovku je třeba volit zdroj s barevnou teplotou blízkou této hodnotě.

Další parametry

Mezi další parametry, které je vhodné při výběru světelného zdroje zohlednit je jeho stmívatelnost, průběh odebíraného proudu, ekologická zátěž pro přírodu, doba života a cena. U žárovek jsou první tři jmenované parametry bezproblémové (ekologická zátěž je věcí diskuse), tyto zdroje lze bezproblémů stmívat a rovněž průběh odebíraného proudu je odporového charakteru se sinusového tvaru. U halogenových žárovek se může při dlouhodobém provozování v setmělém stavu díky nízké teplotě projevit neefektivní halogenový cyklus obnovy vlákn a tím zkrácení doby života. U zdrojů LED je udávána doba života mnohonásobně překračující 1000h život klasické žárovky (cca 35 000 h). Jelikož LED a kompaktní zářivky potřebují ke své činnosti podpůrné napájecí obvody, je třeba brát v potaz i dobu života předřadníku. Obecně platí, že čím kvalitnější a sofistikovanější předřadník (např. s PFC kompenzací), tím dražší pořizovací náklady (někdy až zbytečně, neboť mnohdy cena součástí na víc hraje v celkové ceně zanedbatelnou položku).

Závěr

Cílem článku bylo poukázat na možné rozdíly ve fotometrických parametrech světelných zdrojů. Zejména se jedná o rozdíly mezi křivkami svítivosti, které mohou ovlivnit výslednou křivku svítivosti svítidla, a barevné vlastnosti světla. Z tabulky 2 lze vyzorovat, že různé náhrady se liší od křivky svítivosti žárovky a to v některých případech velmi výrazně. To může mít za následek výraznou změnu křivky svítivosti svítidla, jenž se projeví v rovnoměrnosti osvětlení.

Poděkování

Příspěvek byl připraven v Centru pro výzkum a využití obnovitelných zdrojů energie (CVOZE). Autoři děkují za finanční podporu z Národního programu udržitelnosti I Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci projektu č. LO1210 a za finanční podporu z projektu Výzkum a vývoj modulárního systému fytotronových komor s nízkou energetickou spotřebou č. FR-TI3/383.

Literatura a odkazy

- [1] D. Gasparovky, J. Raditschova of ENERGY EFFICIENCY VERSUS COST OPTIMALIZATION FOR LIGHTING IN BUILDINGS v LUX EUROPA 2013 proceedings
- [2] Z. Carbol, T. Novak of Náhrady lineárních zářivek trubcovými LED zdroji v Světlo 6/2011 ISSN: 1212-0812
- [3] L. Bordovský of Hodnocení led náhrad světelných zdrojů v Dipl. práce 2013
- [4] CREE, Cree First to Break 300 Lumens-Per-Watt Barrier, <http://www.cree.com/News-and-Events/Cree-News/Press-Releases/2014/March/300LPW-LED-barrier>
- [5] Obrázek, http://www.havistore.com/media/catalog/product/cache/1/image/650x650/9d1e80f0537c0aaf9b74d9bea2ce3a34/c//classictone_standard_1_1_1_1_1_1.jpg
- [6] Obrázek, <http://cdn.computeruniverse.net/media/images/200/9030977491023AD2F18648B9BDF22A44.jpg>
- [7] Obrázek, [http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/925699244201_EU-GAL-global?wid=358&hei=358&\\$jpglarge\\$](http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/925699244201_EU-GAL-global?wid=358&hei=358&$jpglarge$)
- [8] Obrázek, <http://www.osram.cz/media/resource/imageL/323670/halogen-energy-saver-classic-a.jpg>
- [9] Obrázek, <http://www.osram.cz/media/resource/hoverimage/318175/dulux-intelligent-facility-10w.jpg>
- [10] Obrázek, <http://www.osram.cz/media/resource/hoverimage/320598/dulux-intelligent-dim-twist-e27.jpg>
- [11] Obrázek, <http://www.oswietlenia.nazwa.pl/bestlook/Osram/PARATHOM%20CLASSIC%20A%2015%20WARM%20WHITE%2080061/1.jpg>
- [12] Obrázek, <http://www.osram.cz/media/resource/hoverimage/340415/parathomled-superstar-classic-a60-adv-12w.jpg>
- [13] Obrázek, [http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/929000182402_EU-GAL-global?wid=358&hei=358&\\$jpglarge\\$](http://images.philips.com/is/image/PhilipsConsumer/929000182402_EU-GAL-global?wid=358&hei=358&$jpglarge$)
- [14] Obrázek, <https://i4.alza.cz/lmgW.ashx?fd=f3&cd=HN100h&i=1.jpg>
- [15] Obrázek, <https://i3.alza.cz/lmgW.ashx?fd=f3&cd=EN402a2&i=1.jpg>

Robotická jednotka pro měření osvětlenosti v interiérech

Ing. M. Bálský, Ing. T. Drábek, Ing. R. Bayer

ČVUT v Praze, FEL, katedra elektroenergetiky, balskmar@fel.cvut.cz

Měření osvětlenosti v síti kontrolních bodů je nejčastěji používanou metodou vyhodnocování parametrů osvětlovacích soustav interiérů jak státními dozorovými orgány (např. krajské hygienické stanice), tak soukromými subjekty, které se zabývají projekční činností v oblasti osvětlovacích soustav. Měřením lze ověřit požadavky na osvětlovací soustavy dané českými technickými normami. Měření osvětlenosti dosud probíhá manuálně, tj. vytyčením sítě kontrolních bodů a následně provedením měření osvětlenosti luxmetrem v každém z kontrolních bodů. Technické normy v oblasti osvětlování se zpravidla vztahují na veřejně přístupné prostory a pracoviště (např. školy, kancelářské budovy, nemocnice, výrobní haly). Jedná se tedy většinou o rozsáhlé objekty a měření osvětlenosti podle dosavadní metodiky v každém z kontrolních bodů vytyčené sítě je tak časově velmi náročné.

Jednou z možností, jak zajistit značné urychlení zdoluhavého procesu měření osvětlenosti v interiérech, je automatizace procesu měření s využitím robotické jednotky, která by byla schopna sama vytyčit síť kontrolních bodů dle požadavků norem a současně s vytyčováním sítě kontrolních bodů provést měření osvětlenosti v této síti.

Konstrukce robotické jednotky pro měření osvětlenosti

Základem robotické jednotky je hliníkový rám, který slouží k uchycení jednotlivých součástí a zajišťuje ochranu před poškozením jednotlivých prvků jednotky. Rám je složen ze standardizovaných hliníkových profilů, což umožňuje jednoduché přichycení senzorů, snadnou manipulaci s jednotkou a zajišťuje vysokou odolnost vůči nárazům. Mezi hliníkovými profily jsou umístěny dřevěné nosné desky, na kterých jsou uchyceny baterie, modul periférií, řídicí jednotka a palubní počítač [1].



• obrázek 1: Konstrukce robotické jednotky pro měření osvětlenosti v interiérech [1]

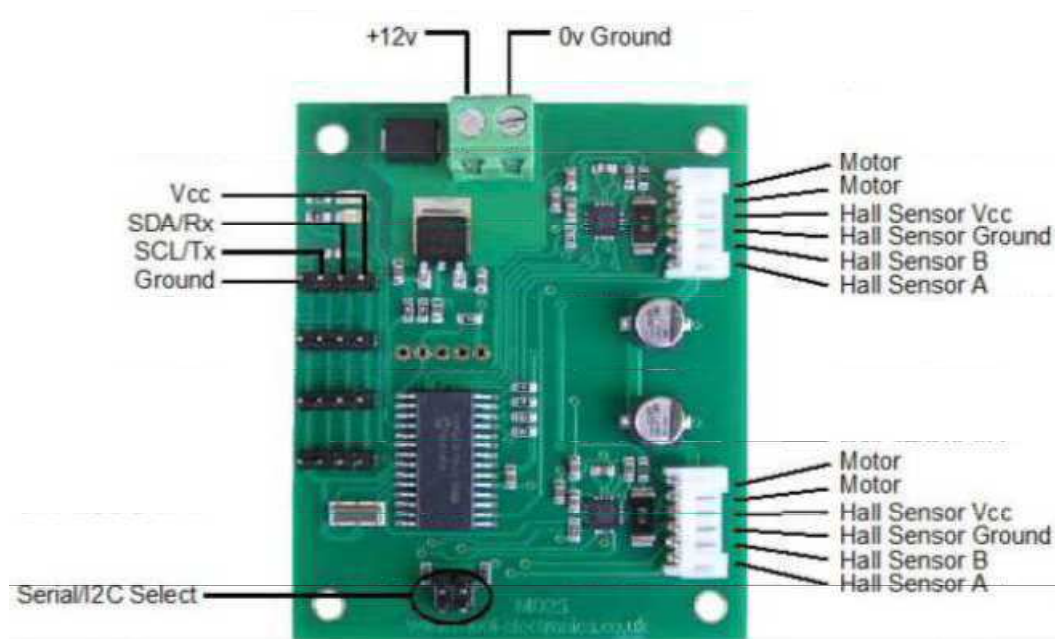
Pohon a řízení robotické jednotky

Robotická jednotka využívá diferenciální řízení k pohybu po místnosti. Základním znakem diferenciálního pohonu jsou dva nezávislé motory, které obsahují senzory, pomocí kterých je možné určit počet otočení kola s přesností 1/360 otáček. Na základě hodnot získaných z těchto čidel je vypočítána poloha robota reprezentovaná souřadnicemi (x, y, Θ) , které určují pozici (x, y) a natočení jednotky (Θ) vůči počáteční poloze [1]. Robotická jednotka je poháněná systémem RD01 (viz obrázek 2), který obsahuje řídicí jednotku MD25 a dva motory EMG30 s převodovkou, koly a enkodéry (viz obrázek 2).



• obrázek 2: Kompletní systém pohonu RD01 [2]

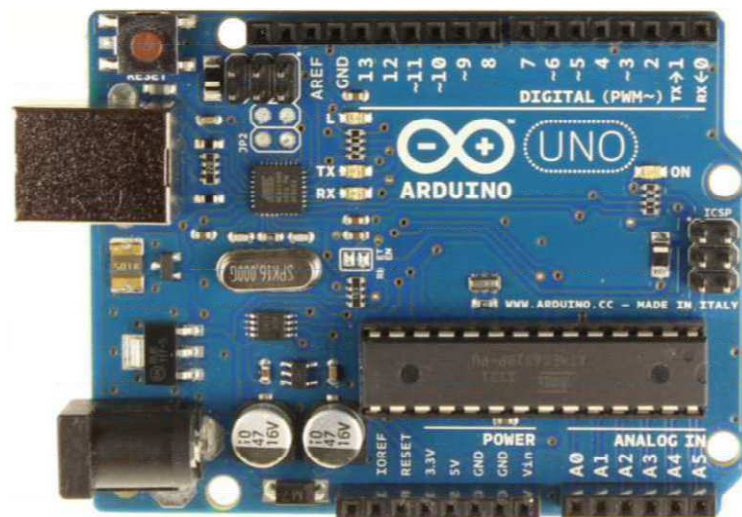
Základní součástí řídicí jednotky MD25 je dvojitý H můstek navržený tak, aby řídil motory EMG30. Komunikace s řídicí jednotkou je zajištěna prostřednictvím sběrnice I²C. Deska plošných spojů MD25, včetně konektorů pro připojení napájení motorů a sběrnice I²C, je zobrazena na obrázku 3. Kompletní dokumentaci k řídicí jednotce MD25 lze nalézt na webových stránkách [3].



• obrázek 3: Řídicí jednotka MD25 [10]

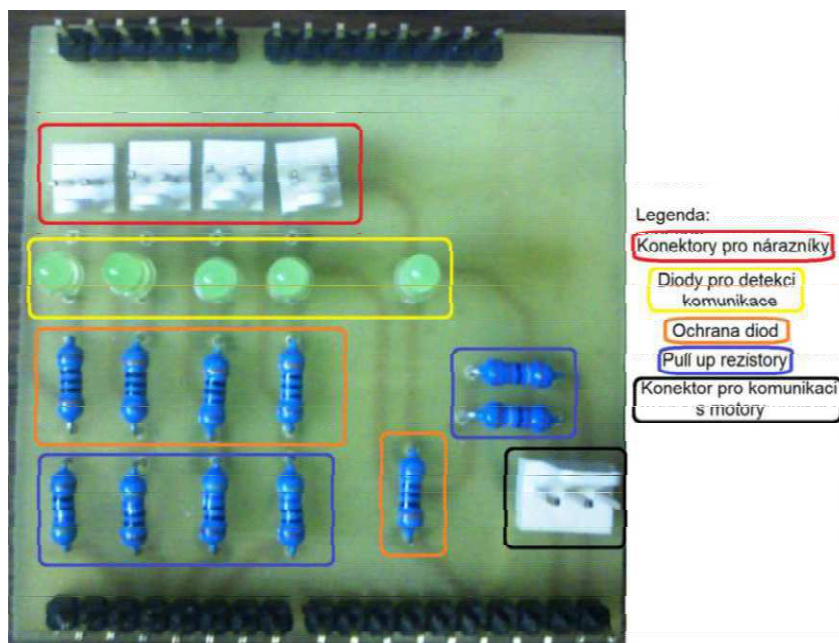
Nárazníky se senzory zajišťujícími detekci okraje (stěn) místnosti, ve které se provádí měření osvětlenosti, jsou zrcadlově umístěny na hliníkových profílech na bocích přední a zadní části robotické jednotky (viz obr. 1). Jejich součástí jsou mikrosplínače, které jsou spínány dřevěným krytem ve volném závěsu. Senzory pro detekci nárazů patří mezi nejvíce využívaná čidla v mobilní robotice, která se vyznačují vysokou spolehlivostí a nízkou cenou.

Vzhledem k tomu, že robotická jednotka je prototyp a v budoucnu se může rozšiřovat o další periférie, jako modul obsluhy periférií byla zvolena vývojová deska Arduino Uno s mikroprocesorem ATmega328 (viz obrázek 4). Ta zajišťuje komunikaci mezi palubním počítačem a řídicí jednotkou motorů a zaznamenává data z nárazníků. Deska je napájena přes USB kabel z palubního počítače. Mezi základní výhody tohoto modulu patří podpora USB pro komunikaci s palubním počítačem, podpora I²C sběrnice pro komunikaci s řídicí jednotkou MD25 a možnost snímání stavu všech čtyř nárazníků.



• obrázek 4: Modul obsluhy periférií - vývojová deska Arduino Uno [4]

Rozšiřující deska plošných spojů, která byla navržena pro lepší ochranu vývojové desky a vyvedení konektorů periférií, obsahuje konektory pro snímání stavu nárazníků, LED diody pro ověření funkčnosti jednotky a ověření sepnutí mikrosplínačů nárazníků, rezistory pro ochranu LED a I²C sběrnici (konektor I²C pro komunikaci s motory a pull-up rezistory).



• obrázek 5: Rozšiřující deska plošných spojů

Robotická jednotka je napájena pomocí olověného akumulátoru NPG8-12, 12 V 8 Ah, Shimastu.

Realizace měření osvětlenosti s využitím robotické jednotky

Výše popsaná robotická jednotka byla navržena pro měření umělého osvětlení v prázdných pravouhlých místnostech. Před zahájením měření umělého osvětlení v interiérech se na robotickou jednotku nainstaluje nástavec odpovídající délky, který je umístěn v její horní části (viz obrázek 1) a slouží k upevnění čidla luxmetru Krochmann Radiolux 111. Volbou délky stojanu je určena výška srovnávací roviny.

Před samotným měřením se zapne umělé osvětlení s dostatečným předstihem, aby se světelný tok stabilizoval. Jednotka změří třikrát po sobě s odstupem pěti minut na výchozím místě osvětlenost a nevykazují-li hodnoty systematické změny, považuje se světelný tok za stabilizovaný. Vykazují-li hodnoty systematickou změnu, robot počká 10 minut a následně celý proces opakuje. U výbojových zdrojů se považuje za minimální dobu stabilizace světelného toku 20 minut. Kontrolní body, ve kterých probíhá měření, jsou stanoveny tak, že tvoří pravidelnou pravouhlou síť. První a poslední bod v řadě (sloupce) kontrolních bodů je umístěn 1 m od stěny. Rozteč mezi místy krajních kontrolních bodů sítě, kde bude probíhat měření osvětlenosti, je vypočtena na základě rozměrů místnosti zjištěných robotickou jednotkou po jejím spuštění (viz níže).

Následně se započne s vlastním měřením, kdy se robotická jednotka umístí do místnosti tak, aby byla nasměrována rovnoběžně se stěnami místnosti. Po spuštění programu se robot rozjede. Při nárazu (detekci) do stěny (stěny x) se zařízení za použití dvou předních senzorů, které jsou zrcadlově umístěny na bocích jeho přední části, srovná rovnoběžně se zdí. Pokud se hodnoty snímané senzory rovnají, je robot zaměřen správným směrem a následuje měření rozměrů místnosti. Zařízení popojede 30 cm zpět do místnosti, kde se otočí o 90 stupňů doprava. Dále popojede k další stěně (stěně y), kde se srovná směrem jejího dalšího pohybu podle výše uvedeného postupu. Program zaznamená pozici robota a rozjede ho rovně ke třetí stěně (stěně t). Když opět vyhodnotí směr svého dalšího pohybu, tj. rovnoběžně se zdí, ke které právě dojel, program opět uloží jeho pozici. Jednotka popojede zpět o 30 cm od stěny t, otočí se doprava a popojede opět ke stěně x, kde se srovná. Po uvedení zařízení do kolmé pozice ke stěně se potřetí uloží pozice robota, který pak jede rovně k poslední neznámé stěně (stěně z), kde se opět srovná a zaznamená se poslední jeho pozice. Následně výpočtem stanoví rozměry místnosti a určí se počet kontrolních bodů rozdělených do řad, kterými postupně robot projede. Tím se ukončí první část činnosti robota daných programem.



• obrázek 6: Testování detekce stěny a natočení robotické jednotky rovnoběžně s touto stěnou

V další části robot popojede do úrovně první řady, otočí se o 90 stupňů doleva, přijede ke stěně t a srovná se. Robot ujede vypočtenou vzdálenost do prvního kontrolního bodu dané řady a provede po 10 sekundách první měření osvětlenosti. Po odečtení hodnoty z měřidla počká dalších 10 sekund a opět provede měření. Pokud se

změřené hodnoty od sebe neliší (podle zadané přesnosti měření), zapíše se do souboru druhá hodnota měření s pozicí robota. Jestliže se hodnoty liší, robot zůstane v kontrolním bodě a po 30 sekundách provede opět dvojí měření. Tento cyklus se opakuje, dokud se hodnoty přibližně nerovnejí. V případě, že se hodnoty měření v kontrolním bodě nerovnejí ani po uplynutí 2 minut měření, zapíše se nulová hodnota s pozicí robota do souboru. Dále robot vyhledá ve vzdálenosti, která mu byla stanovena, další kontrolní bod. Jakmile změří všechny kontrolní body v dané řadě, popojede ke stěně y, kde se srovná a vrátí se o 30 cm zpět do místnosti. Zde se otočí doleva a vyjede proti stěně z. Po srovnání ověří, zda je v místnosti další řada kontrolních bodů. Pokud ano, zařízení vyjede na úroveň další řady kontrolních bodů, otočí se doleva a přijede ke stěně y, kde se opět srovná. Následně vyjede do prvního kontrolního bodu nové řady a zahájí měřicí cyklus popsany výše v jednotlivých kontrolních bodech dané řady.

Po ukončení měření v posledním kontrolním bodě dané řady jede robot ke stěně t, srovná se, odjede od stěny 30 cm a otočí se doleva o 90 stupňů. Dále vyjede ke stěně z, kde se srovná. Program ověří, zda je ještě další nezměřená řada kontrolních bodů. Pokud ano, provede robot podle již uvedeného postupu další měření. Provedl-li robot měření v kontrolních bodech všech řad, program se skončí. Změřené hodnoty řídící počítač upraví v závislosti na parametrech a vlastnostech měřicího přístroje (na základě údajů výrobce) a koriguje podle ověřovacího listu přístroje. Dále se výsledné hodnoty zapíše do souboru, aby bylo možné u každé naměřené hodnoty identifikovat místo měření.

Pro umělé osvětlení algoritmus stanoví minimální, maximální a průměrnou hodnotu osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlenosti z naměřených hodnot. Systém vytvoří během měření dvě zprávy. První z nich udává datum a hodinu měření, údaje o měřicím přístroji včetně třídy přesnosti a kalibraci přístroje, rozteče kontrolních bodů a rozměry místnosti. Druhá zpráva obsahuje výsledné naměřené hodnoty, u kterých je uvedena pozice kontrolních bodů.

Shnutí

Robotická jednotka pro měření osvětlenosti v interiérech popsaná v tomto příspěvku umožňuje provádět měření horizontální osvětlenosti v prázdných obdélníkových místnostech současně s vytyčováním sítě kontrolních bodů. Takový postup je časově méně náročný, než dosud prováděná manuální měření osvětlenosti, a naměřené hodnoty mohou být ihned zpracovány do přehledných zpráv. V testovacím provozu byla ověřena schopnost orientace robotické jednotky v prázdné obdélníkové místnosti, jejího pohybu v automaticky navržené síti kontrolních bodů a zpracování zpráv obsahujících naměřené korigované hodnoty a jejich vyhodnocení. V blízké době bude probíhat odstranění nedostatků zjištěných při testovacím provozu a následně ověření souladu výsledků měření osvětlenosti robotické jednotky s výsledky manuálních měření osvětlenosti.

Literatura a odkazy

- [1] Drábek, T.: Robotická jednotka pro měření osvětlenosti v interiérech v rovnoměrně optimalizované síti kontrolních bodů. Diplomová práce. ČVUT v Praze, FEL, Praha, 2014.
- [2] SET MD25+EMG30+WHEEL100+SUPPORTO[online], cit. 6. 12. 2013. http://www.futurashop.it/index.php?route=product/product&product_id=463/sharpprettyPhoto
- [3] MD25 Technical Documentation[online], cit. 6. 12. 2013. <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/md25tech.htm> Arduino - ArduinoBoardUno[online], cit. 29. 12. 2013. <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [4] Česká technická norma ČSN 36 0011 - 3. Měření osvětlenosti vnitřních prostorů - Část 1: Měření umělého osvětlení. Český normalizační institut, 2005

Poděkování

Projekt byl finančně podpořen grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS13/197/OHK3/3T/13 „Určování parametrů pro modely tepelné a radiační energetické výměny energetických zařízení, systémů a budov“

EGO – světlo pro vyvolené

Eva, Kania, MgA., Michal, Vik, Doc.Ing., Ph.D.

Technická univerzita v Liberci, katedra materiálového inženýrství, www.evakania.cz,
artwork@evakania.cz

Klíčová slova: dioda, LED, křišťály, vybíravost, symbióza, kontrast

Abstrakt

Tento článek pojednává o lustru, který si sám vybírá, koho osvítl svým zářivým světlem a koho ponechá ve stínu. Třpyt jeho křišťálových ramen je pouze pro vyvolené. Kontrast, symbióza, vybíravost jsou klíčová slova, která toto svítidlo charakterizují. V jeho designu se spojují tradiční skleněné křišťály s organickým tvarem ramen, propojuje se nepravidelnost těla lustru s precizní symetrií broušených skel. Kontrast tvarosloví jednotlivých prvků spolu s barevnou kombinací přidává EGU na dramatickosti. Černé do široka rozprostřené tělo kontrastuje s čistým světlem prozářenými křišťály. Právě uspořádáním broušených komponentů se EGO vymyká klasickým křišťalovým lustrům, rozbíjí ustálenou pravidelnost.

Pokud je EGO v provozu, jeho středová část vydává světlo neustále, zatímco tři ramena se samostatnými světelnými zdroji se rozsvítí jen nad určitými lidmi a pohasnou, jakmile jsou osoby z jeho dosahu. Na první pohled není patrné, podle čeho si EGO vybírá své oblíbence, avšak jeho volba není náhodná.

Úvod

Umění touží být odlišné od svých předchůdců, hledá nové cesty, posouvá již vzniklé symboly, díla a způsoby tvorby. Co ustrne na místě a opakuje se, přestává být uměním a stává se řemeslem. Na začátku tohoto díla stojí zaujetí křišťalovými lustry a touha posunout jejich použití, dát klasice nový vzhled, odlišit se a přece zůstat stejným. Tento koncept je navíc propojen s technikou, která sama o sobě není ničím novým, nové je její spojení s konkrétním dílem.

Pravidelnost. To je jednoznačně to, co mají klasické křišťalové lustry společné. Pravidelně jsou vybroušená jednotlivá křišťalová skla, pravidelně jsou rozmístěna do kostry lustru. Estetika se opírá o pravidelnost.

Pro tento lustr je důležitý kontrast, který nijak neubírá na eleganci, naopak přidává jistou dramatickosti a namyšlenost. EGO vychází z klasiky, kterou na svých ramenech přenáší do současnosti, a která mu propůjčuje honosnost, snobství a okázalost

Design - provedení

Design

Lustr EGO je seskládán ze tří celoskleněných dílů, které dohromady tvoří tělo se třemi rameny. Tělem je silná dutá cylindrická středová část, ze které se ramena plynule horizontálně rozbíhají do stran. Vybíhají v pravidelných intervalech, ale s nepravidelným tvarem jako větve stromů a ústí do rozšířeného miskovitěho tvaru, ve kterém se shlukují zavěšená čirá broušená skla třech klasických tvarů – tyčinek, mnohostěnu a slz. Stejně křišťály visí v nepravidelném rozmístění i uvnitř válcovitého těla, které může připomínat vykotlaný kmen stromu. Vnější povrch skla je elegantně lesklý černý, v kontrastu s pláštěm jsou vnitřky ramen i těla lesklé bílé jako pozadí pro třpytivá broušená skla a pro optimální odraz světla. Díky použitému materiálu a barvě působí EGO luxusně a na luxusu mu neubírá ani jeho organický tvar, naopak tímto kontrastem přidává na dramatickosti.

Světelný zdroj

V tomto díle jsou v popředí broušená křišťálová skla, díky kterým má EGO svou namyšlenou pyšnou tvář, u kterých bylo žádoucí co nejvíce podpořit jejich podstatu, což je precizní zpracování a výrazný lesk. Toho se dosáhlo použitím LED jakožto světelných zdrojů. LED – světlo emitující diody bílé barvy byly vybrány pro svou malou velikost v poměru s dobrým výkonem. Broušená skla, do kterých jsou LED umístěny, fungují jako difuzory, světlo diod je rozzářené a celkově podpoří třpyt a lesk jednotlivých křišťálů. Na rozdíl od žárovek či zářivek větších rozměrů, kdy by efekt prozářených sklíček zcela zanikl. Světelný zdroj by byl v každém ramenu pouze jeden a volně zavěšené křišťály okolo by nebylo možné jednotlivě prozářit, navíc jeden větší zdroj by byl příliš nápadný a zdaleka by nedosáhl efektu do skla vnořených LED. S použitím LED vznikne třpytivý zářivý shluk křišťálů, který EGU dodává luxus a kontrastuje s tělem organického tvaru temné barvy.

Logika

Svou osobnost EGO projevuje především svým chováním. A to je vybíravost, se kterou rozsvěcí ramena jen nad vybranými lidmi. Jeho logika je řízena počítačovým softwarem a jednou kamerou, která snímá celý prostor por lustrem. Prostor je imaginárně rozdělen do třech částí tak, že středem každého je jedno z ramen. Princip rozsvícení je založen na snímání barev a po zaznamenání hledané hodnoty - červené, se aktivuje to rameno, v jehož prostoru se tato barva nachází. Toto rameno opět pohasne, dostane-li se osoba s červeným oblečením z dosahu. Ramena fungují nezávisle na sobě, na celý prostor je použita jedna kamera umístěná ve středové části EGA. Prakticky to funguje následovně: celý systém se aktivuje spuštěním lustru - rozsvícením, středová část se rozsvítí a společně s ní se spustí kamera. Neustálé vydávání světla dutým tělem má dva významy, prvním z nich je zachování funkce lustru, což je osvětlování prostředí a druhým důvodem je správné fungování kamery a vyhodnocovacího softwaru, který potřebuje určitou míru osvětlenosti, aby správně identifikoval danou barvu. Červená barva byla vybrána pro svůj dramatický náboj, odvážnost. Červená umí zaujmout, je to barva vášně, chuti do života, podněcuje sílu a výkonnost. Je to monochromatická základní barva nejnižší frekvence, kterou dokáže lidské oko vnímat, její vlnová délka je asi 700 nm. Nízká četnost, s jakou lidé nosí červenou barvu, kterou si netroufně obléci každý, ještě víc podporuje namyšlený postoj EGA, který se tím pádem rozsvítí nad málokým.

Design – teorie

Kontext

Prvnímu křišťálovému lustru předcházelo zjištění, že leštěné zrcadlové povrchy jako kovy, průhledné kameny a sklo vylepšují světlo i slabého světelného zdroje. Kdy přesně vznikl první lustr s broušenými skly není známo, avšak první zmínky o použití skleněných ověsů jsou z poloviny 16. století z Benátek, odkud se pravděpodobně rozšířil v 17. století způsob foukání čirého a barevného skla do tvarů kapek a jejich zavěšování na konstrukci, která se již ve středověku skládala z ramen a krku a svíčkami upevněnými dokola. S rozvojem broušení skel v 18. století přišla změna i do designu skleněných ověsů, ale navzdory módě a dobovým trendům se křišťálové lustry příliš nezměnily, po celou dobu jim zůstala společná pravidelnost jak konstrukce, broušených skleněných komponentů a jejich rozvěšení napříč historií od Bernarda Perrota, od něhož se dochoval první bohatě zdobený klasický lustr z roku 1673, přes české skláře, jejichž křišťálové lustry se stávaly v průběhu 18. století velmi populární, např. Josef Müller či Johann Gottfried Zahn, v 19. století např. firmy Josef Zincke, Josef Zahn, Reinhold Palme. Ani lustry ze světa se nevyvíjejí pravidelností a uspořádání, např. Lustr z roku 1902, který visí v Bílém domě, lustr sahající přes tři patra v hotelu Cosmopolitan v Las Vegas z roku 2011, či úžasné lustry firmy Mechini z Florencie, která svítidla ručně vyrábí od roku 1790.

Výrazné posunutí křišťálových lustrů přišlo na konci 20. století, které se inspirovalo nezaměnitelným tvarem klasických lustrů s krkem a rameny, kdy se pro celou lampu použily neonové trubice různých barev. Ovšem nedá se mluvit o křišťálových lustrech v pravém slova smyslu, protože zůstala jen minimalistická kostra bez broušených skel či jiných ověsů. Takovým současným designem inspirovaným tvary klasických lustrů je např. Lustr české designérské dvojice BOA design, italské Nucleo nebo neonový lustr Matta Dillinga. I tyto inovativní designy spojuje pravidelnost, která odpovídá prvotní konstrukci stojící na začátku křišťálových lustrů.

Rozmístění tří typů křišťálových komponentů je jednou z charakteristik odlišující klasické lustry od lustru EGO, neméně pak jeho svébytný tvar. Tělo je silně duté, světelné zdroje jsou umístěny uvnitř válcovitého tvaru, nikoliv po obvodu, a nejsou jen obklopeny skly, prostupují jimi, což podporuje podstatu použitých broušených ověsů, které

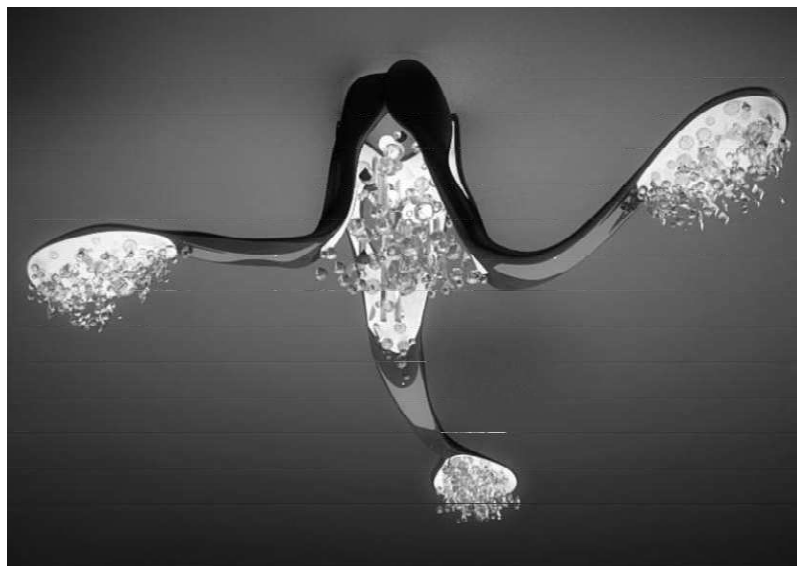
se tím víc rozzáří. Kontrastní prvky svítidla – broušená skla a organické tělo lustru, jsou v symbióze, navzájem se doplňují a podporují.

Závěr

Ačkoliv se EGO výrazně odchyľuje od klasických křišťálových lustrů, stále je v něm jasně patrný zdroj inspirace jimi. Co zůstává stejné, jsou tvary a zhotovení broušených skleněných ověsů, kostra sestávající z krku a ramen a nádech luxusu, který s sebou všechny křišťálové lustry nesou. EGO nemá za úkol nahradit klasické lampy s křišťály, ty zůstanou jistě už navždy populární a vyhledávanou klasikou, je to spíš jedna větev nového pohledu na luxusní křišťálové lustry, jejich možnou inovaci v designu i způsobu fungování, použití techniky, která EGO oživuje a dává mu osobnost. EGO není jen lampa, která se dá ovládat pouhým stisknutím tlačítka.



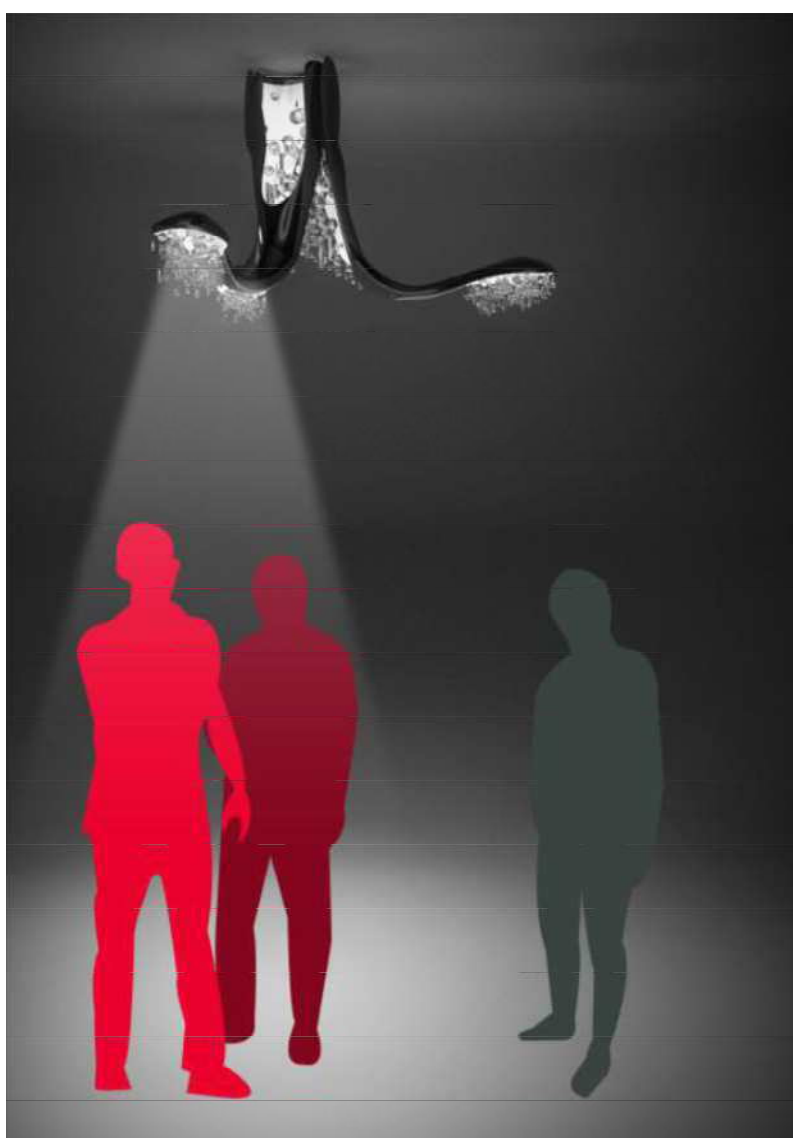
• obrázek 1



• obrázek 2



• obrázek 3



• obrázek 4

Osvětlení průmyslových prostor s LED

Jakub Černocho Ing.

Osvětlení Černocho s.r.o, jakub@cernoch.cz

Úvod

Osvětlování průmyslových prostor bylo dlouhá léta výhradní doménou výbojkových a zářivkových svítidel. Postupné zlepšování parametrů LED a zároveň pokles jejich ceny umožnily konstrukci nové generace svítidel do průmyslových prostor. Bohužel jen velmi málo z nabízených LED svítidel pro průmyslové prostory dosahuje parametrů, které by jejich použití ospravedlňovaly. Tento příspěvek si klade za cíl prozkoumat jednotlivé konstrukce této kategorie svítidel s LED a poukázat na jejich přednosti a slabiny.

Specifika osvětlení průmyslových a skladovacích hal

Osvětlení průmyslových hal klade na použitá svítidla řadu specifických požadavků:

- Svítidla jsou obvykle umístěna poměrně vysoko, proto jsou výhodná svítidla s vysokými světelnými toky
- V některých případech je požadováno vysoké krytí s ohledem na celkovou prašnost prostředí
- V jiných případech je pracovní teplota okolí až 60 °C, případně také – 20°C
- Světelné technické vlastnosti svítidel musí být vhodné pro skládání většího počtu svítidel tak, aby bylo dosaženo vysoké rovnoměrnosti, zároveň musí být splněn požadavek na maximální povolený činitel oslnění UGR daný normou dle charakteru činnosti.
- Svítidla pro osvětlení skladových uliček vyžadují zcela specifické fotometrické vlastnosti
- S ohledem na obtížnou dostupnost svítidel je kladen zvláštní důraz na vysokou spolehlivost a dlouhou dobu života použitých svítidel i světelných zdrojů

Všechny tyto požadavky lze splnit i s LED, ve většině případů výhodněji než s klasickými světelnými zdroji.

LED v konstrukci svítidel pro průmyslové haly přináší několik zásadních předností:

- Dlouhou dobu života a vysokou spolehlivost
- Možnost vytvořit svítidlo s požadovanými fotometrickými vlastnostmi a zároveň vysokým krytím
- Vyšší měrný výkon než klasické světelné zdroje, úspory ve spotřebě jsou o to významnější, že se často jedná o nepřetržité provozování
- Možnost volby teploty chromatičnosti

Při konstrukci těchto svítidel ale není triviální záležitostí požadavek vysokých světelných toků jednotlivých svítidel a jejich provoz za zvýšených teplot. Jak dále ukáží, jsou i tyto problémy úspěšně řešitelné.

Příklady typických svítidel pro průmyslové a skladovací haly

1. Svítidlo typu „High-Bay“ (hlubokozářič)

Tato svítidla se používají obvykle pro výšky zavěšení 6-7 m a vyšší, protože s ohledem na vysoký jas je problém dosáhnout přijatelné hodnoty oslnění. Standardní provedení těchto svítidel s výbojkou (viz obr. 1) je charakterizováno velkým reflektorem s poměrně úzkou křivkou svítivosti, v případě požadavků na vyšší krytí je reflektor na výstupním hrdle osazen krycím sklem. Díky tomu, že hořák výbojky je v reflektoru umístěn svisle, je možné dosáhnout vhodných fotometrických vlastností soustavy a tím i dobré rovnoměrnosti celkového osvětlení. Toto provedení posloužilo mnoha konstruktérům jako základ pro svítidla, osazená LED (obr. 2). Reflektor zůstal obvykle zachován, krabice s objímkou a předřadníkem pro výbojku byla nahrazena hliníkovým extrudovaným chladičem buď se sestavou diskretních LED nebo jednoho či několika COB (Chip on Board – sestava LED na společné keramické podložce). U tohoto typu svítidel je výhodné pro návrh optické soustavy, má-li zdroj světla co nejmenší rozměry. Proto se poslední generace těchto svítidel osazuje prakticky výhradně COB, které mají při srovnatelném příkonu menší rozměry než odpovídající sestava diskretních LED. Navíc mají COB velkou výhodu ve významně lepším přestupu tepla mezi čipem a chladičem. U diskretních LED s vyššími příkony je běžný rozdíl teploty mezi čipem a chladičem 15°C, u COB se tato hodnota pohybuje v rozmezí 1-3°C. To umožňuje použít chladiče menších rozměrů nebo svítidlo se stejnými rozměry chladiče provozovat při vyšších teplotách okolí. Pro lepší odvod tepla se v některých případech používají místo extrudovaného hliníkového chladiče soustavy tepelných trubic.



Obr. 1 Standardní provedení svítidla typu HighBay s výbojkou

Tepelná trubice je obvykle vyrobena z mědi, je na obou koncích zaslepena a naplněna kapalinou s nízkým bodem varu (např. aceton). Na nižším konci trubice se kapalina odpařuje a tím odebírá teplo ze svého okolí, na vyšším konci trubice páry kapaliny kondenzují a teplo odevzdávají. To vše musí probíhat za velmi nízkého tlaku, proto je v trubici vysoké vakuum. Tepelná vodivost takové trubice je o dva řády lepší než tepelná vodivost mědi, bohužel použití tepelných trubic má dva háčky:

- Udržet dlouhodobě vysoké vakuum v měděné trubici není jednoduché, běžně dochází k pronikání molekul vzduchu difuzí skrz stěny i skrz koncové záslepky (pájené) a po 5-7 letech se účinnost tepelných trubic snižuje.
- Tepelná trubice vyžaduje ke své funkci svislou, maximálně mírně skloněnou polohu. To vede většinu konstruktérů k použití vodorovných žeb, jejich účinnost je poměrně nízká. Na posledním veletrhu Light and Building jsem objevil jedinou konstrukci, která měla žebra alespoň šikmo! Navíc jsou tepelné trubice obvykle využívány k chlazení výpočetní a výkonové elektroniky, kde převažuje nucené ofukování žeb ventilátorem. Použití takto konstruovaných žeb s minimálními rozestupy pro přirozené chlazení dále zásadním způsobem snižuje jejich účinnost.



Obr.2 Svítidlo typu HighBay se čtyřmi COB

Z těchto důvodů se od použití tepelných trubic ve svítidlech postupně upouští. Souvisí to i s tím, že se nejvyšší příkony COB pohybují na hranici 150 W, ale pokud chceme dosáhnout měrného výkonu 130-140 lumen/W, můžeme je napájet příkonem okolo 80W při světelném toku přes 10 000 lumen. Takový příkon je možné uchládit v případě COB extrudovaným hliníkovým chladičem. Z hlediska pořizovací ceny, rovnoměrnosti osvětlení a oslnění se jeví výhodnější navrhnout osvětlení s větším počtem levnějších svítidel o menším příkonu. V případě požadavku na vyšší světelné toky (například při dané rozteči svítidel) pak je možné menší svítidla sdružovat do jednoho bloku se společným napájením. Výhodou této modulární koncepce je i fakt, že s jedním typem svítidla umožňuje vyřešit velmi širokou škálu požadavků.

Bohužel tvůrci řady LED svítidel tohoto typu si neuvědomili, že nelze jednoduše nahradit výbojku se svislým hořákem sestavou LED, které představují lambertiánský zářič. V takovém případě hlavní část světelného toku nebude reflektorem vůbec ovlivněna a svítidlo bude mít horší fotometrické vlastnosti. Samozřejmě postupem času konstruktéři na tento nedostatek přišli a v současné době se většina novějších takto konstruovaných svítidel nabízí v provedení s optikou, předsazenou před LED nebo COB. Reflektor zůstává zachován, ale jeho hlavní funkci je zmenšení oslnění.

Samostatnou kapitolou jsou napájecí zdroje těchto svítidel. Jsou obvykle umístěny nad chladičem, jehož teplota dosahuje běžně 60°C a více. V těchto podmínkách je použití standardně vyráběných napájecích zdrojů s elektrolytickými kondenzátory velice problematické a skutečně dosažená doba života těchto zdrojů bude okolo 10 000 hodin. Delší doby života by bylo možné dosáhnout použitím speciálních verzí elektrolytických kondenzátorů a jejich namáháním RMS proudem na zlomek jmenovitých hodnot. Cena takového řešení by byla srovnatelná se zdroji vybavenými fóliovými kondenzátory, jejichž parametry jsou pro toto použití podstatně vhodnější.

Poslední generace svítidel typu HigBay (obr. 3) by tedy bylo možné charakterizovat těmito vlastnostmi:

- Použití COB, provozovaných s menším než maximálním příkonem a dosažení měrného výkonu 130-140 lumen/W. Tento měrný výkon činí LED svítidla konkurence schopná ve srovnání s konvenčními zdroji i při jejich vyšší pořizovací ceně.
- Použití předsazené optiky k dosažení vhodných fotometrických vlastností a reflektoru ke snížení oslnění.
- Modulární koncepce bez tepelných trubic
- Napájecí zdroje navržené pro vysoké teploty, nejlépe s fóliovými kondenzátory.



Obr. 3 Modulární svítidlo typu HigBay poslední generace

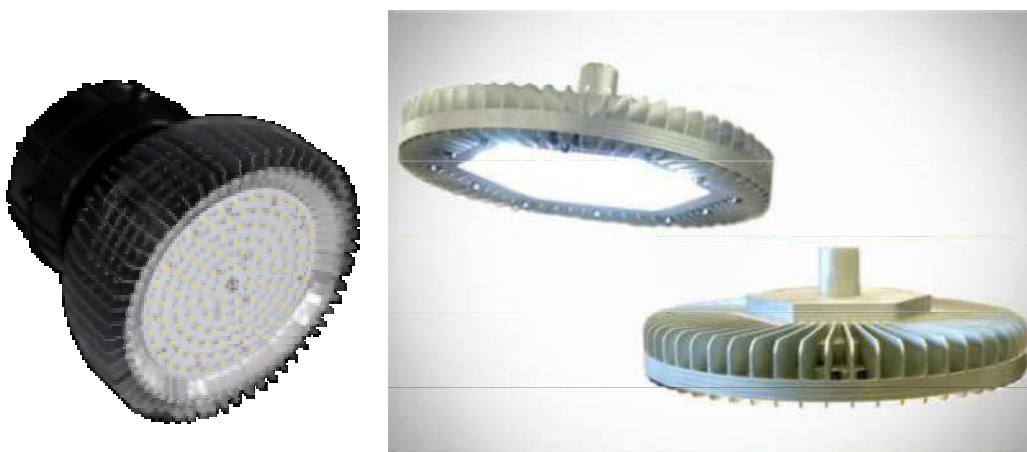
2. Svítidlo typu „LowBay“ (širokozářič)

Tato svítidla se používají pro zavěšení v nižších výškách. Mají širší křivku svítivosti než svítidla HighBay a jako světelný zdroj využívají buď výbojky, nebo zářivky. Výbojková svítidla tohoto typu vypadala nejčastěji obdobně jako svítidla typu HighBay, ale s širším reflektorem, případně vybaveným difuzním prvkem. Zářivková svítidla využívají kombinaci zrcadlově leštěného reflektoru a předsazené plastové optiky – příklad na obr. 4.



Obr. 4 Příklad zářivkového průmyslového svítidla

LED svítidel spadajících do této kategorie je na trhu velké množství a je nutné poznamenat, že řada svítidel nabízených pod označením HighBay jsou svítidla spadající svou křivkou svítivosti do kategorie LowBay. Kromě konstrukcí shodných se svítidly typu HighBay, ale s širším reflektorem, se nabízí také svítidla osazená velkým počtem LED nízkého výkonu, nejčastěji bez jakékoliv optiky (obr. 5). Obě dvě konstrukce mají jednu zásadní nevýhodu – vysoké oslnění a nevhodné křivky svítivosti s výrazným maximem pod svítidlem.

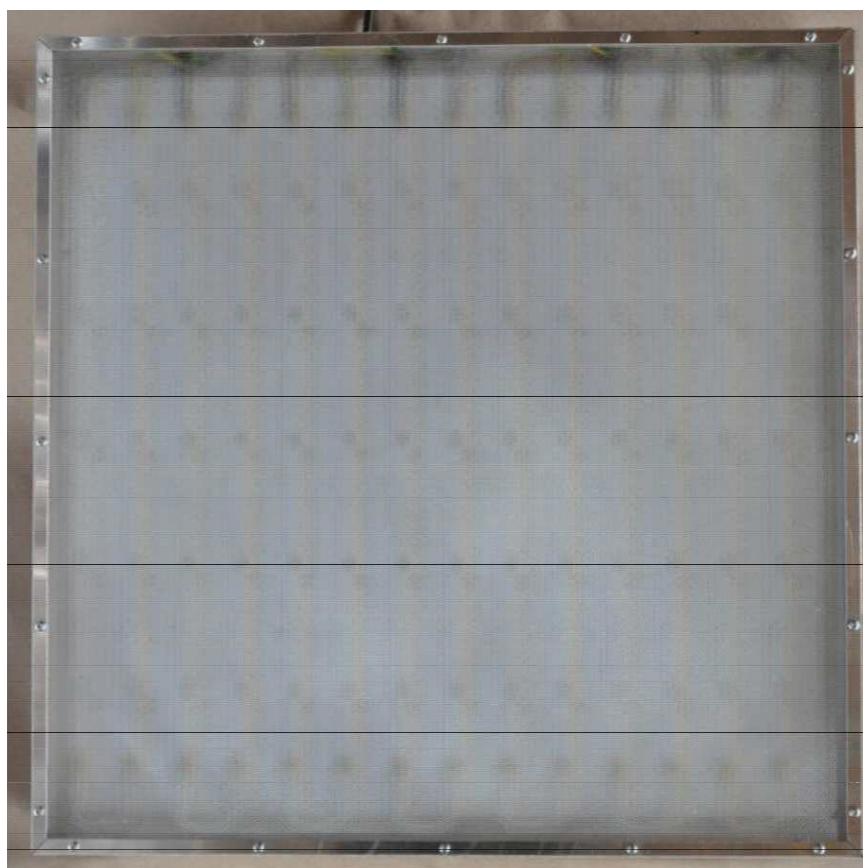


Obr. 5 Příklad LED svítidel LowBay

Protože oslnění je při osvětlování průmyslových prostor jeden ze zásadních parametrů, byly intenzivně hledány cesty jak je snížit. Základem je zmenšení jasu použitím většího množství LED s malým příkonem a vybavení svítidla předsazenou optikou. Jedna varianta využívá samostatné optiky pro každou LED (obr. 6), druhá varianta používá speciální desky či fólie s rastrom, který vytváří požadované fotometrické vlastnosti (obr. 7).



Obr. 6 Svítidlo LowBay se samostatnou optikou pro každou LED



Obr. 7 Svítidlo LowBay s optikou společnou pro všechny použité LED

Řešení se samostatnou optikou pro jednotlivé LED je výrobně náročnější a takto zhotovené svítidlo je nutně dražší. K udržení ceny v přijatelných mezích je počet použitých LED omezen a dosažený činitel oslnění tím pádem nutně vyšší. Konstrukce se společnou optikou umožňuje významné snížení výrobních nákladů a zároveň dosažení velmi nízkých činitelů oslnění. Další výhodou takto koncipovaných svítidel jsou velmi nízké optické ztráty ve výši 5-7%. Protože u těchto svítidel je možné použít podstatně větší množství malých LED, aniž by to mělo zásadní vliv na cenu, je výhodné nastavit jejich pracovní bod na 30 až 50% jejich maximálního výkonu. Tak lze dosáhnout měrného výkonu až 140 lumen/W, což je hodnota která činí tato svítidla skutečně konkurenceschopná ve srovnání se zářivkovými nebo výbojkovými svítidly. Přiznám se, že jsem doposud nepochopil smysl výměny, kdy je zářivkové svítidlo s měrným výkonem 90 lumen/W nahrazováno LED svítidlem s tímž měrným výkonem, ale dvojnásobnou cenou.

Pro napájecí zdroje tohoto typu svítidla platí vše, co bylo již řečeno v případě svítidel HighBay.

3. Svítidla do skladových uliček

Jedná se o speciální svítidla s křivkou svítivosti v jednom směru extrémně širokou (až $\pm 75^\circ$) a v druhém směru velmi úzkou ($\pm 6-10^\circ$). LED s předsazenou optikou umožňují velmi efektivní konstrukci takovýchto svítidel ve srovnání se zářivkovými svítidly a nasazení LED svítidel je v tomto případě mimořádně výhodné díky jejich podstatně lepšímu činiteli využití. Příklad LED svítidla pro skladové uličky je na obr. 8.



Obr. 8 LED svítidlo pro osvětlení skladových uliček

Závěr

Rychlý pokrok v technologii výroby LED současně s poklesem jejich cen a objevováním nových řešení svítidel vedou ke stále rychlejšímu prosazování LED i v tak náročném oboru, jako je osvětlování průmyslových prostor. Protože situace na trhu svítidel je poměrně nepřehledná a vedle sebe jsou nabízeny jak špičkové výrobky, tak výrobky velmi pochybné kvality, je nutné se v této spleti orientovat – doufám, že tento příspěvek k tomu přispěje svou trochou.

Porovnanie parametrov svetelných zdrojov z hladiska požiadaviek európskych smerníc

Ing. Michal Barčík, Doc. Ing. Dionýz Gašparovský PhD., Ing. Lukáš Lipnický, Mgr. Roman Dubnička

Slovenská technická univerzita v Bratislave, FEI, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava,
michal.barcik@stuba.sk, dionyz.gasparovsky@stuba.sk, lukas.lipnický@stuba.sk,
roman.dubnicka@stuba.sk

Úvod

S cieľom naplniť záväzky Európskej únie voči Kjótskemu protokolu sú prijímané súbory nástrojov v smerniciach, ktoré majú dopad na výroby a používané systémy.

Európsky parlament a rada prijali 6.júna 2005 smernicu 2005/32/ES [1], v ktorej sú uvedené požiadavky na ekodizajn výrobkov používajúcich energiu čím sa zmenili a doplnili smernice Európskeho parlamentu a Rady 96/57/ES a 2000/55/ES. Členské štáty by mali uviesť do účinnosti zákony, predpisy a iné správne opatrenia potrebné pre dosiahnutie súladu so smernicou 2005/32/ES najneskôr do 11.augusta 2007.

Cieľom smernice je zabezpečiť zvýšenie účinnosti využívania elektrickej energie na výrobu a prevádzku zariadení počas celého životného cyklu výrobku. Pre jednotlivé výrobkové skupiny sú požiadavky na ekodizajn uvedené vo vykonávacích predpisoch – Nariadeniach komisie. Nariadenia ako sekundárne právne dokumenty EÚ nie sú zverejňované v zbierkach zákonov, pretože sú záväzné v celom rozsahu a priamo uplatniteľné pre všetky členské štáty.

Za účelom implementovať požiadavky z európskej smernice 2005/32/ES v Slovenskej republike bol zavedený Zákon č. 665/2007 Z. z. [2] o environmentálnom navrhovaní a používaní výrobkov využívajúcich energiu (zákon o ekodizajne). Požiadavky na ekodizajn zahŕňa množstvo rôznych požiadaviek na výrobok. V konečnom dôsledku je takmer všetko zamerané na spotrebu elektrickej energie, pričom v smernici sú uvádzané limitné hodnoty. Postupom času budú tieto limitné hodnoty sprísňované a výrobky ich musia spĺňať, v opačnom prípade nemôžu byť predávané a budú musieť byť stiahnuté z trhu. V praxi to znamená, že napr. po 1.septembri 2009 nie je možné uvádzať na trh číre žiarovky s príkonom 100W a viac, všetky žiarovky v energetickej triede F a G a nepriehľadné žiarovky nižšej triedy ako A. Ekodizajn je samozrejme zameraný aj na používanie recyklovateľných materiálov, netoxických materiálov a pod.

21.októbra 2009 bola vydaná Európskym parlamentom a radou nová smernica 2009/125/ES [3] o vytvorení rámca na stanovenie požiadaviek na ekodizajn energeticky významných výrobkov, upravuje v niektorých bodoch smernicu 2005/32/ES, preto členské štáty majú povinnosť implementovať zmeny v ustanoveniach, ktoré sa zmenili, a nezmenené ustanovenia vyplývajú naďalej zo smernice 2005/32/ES. Do 20.novembra 2010 by mali všetky členské štáty ustanoviť zmeny vyplývajúce z novej smernice o ekodizajne.

V Slovenskej republike na prijatie zmien vyplývajúcich z novej smernice 2009/125/ES bol 14.decembra 2010 prijatý zákon č. 529/2010 [4] o environmentálnom navrhovaní a používaní výrobkov (o ekodizajne), ktorým sa nahrádza a ruší zákon č. 665/2007 o environmentálnom navrhovaní a používaní výrobkov využívajúcich energiu (zákon o ekodizajne). Zákony o ekodizajne sa vzťahujú pre všetky výrobky používajúce elektrickú energiu, do ktorých spadajú aj výrobky pre verejné osvetlenie. Článok sa primárne zaoberá požiadavkami na výbojové svetelné zdroje, ktoré sú používané hlavne vo verejnom osvetlení.

Nariadenie komisie č. 245/2009

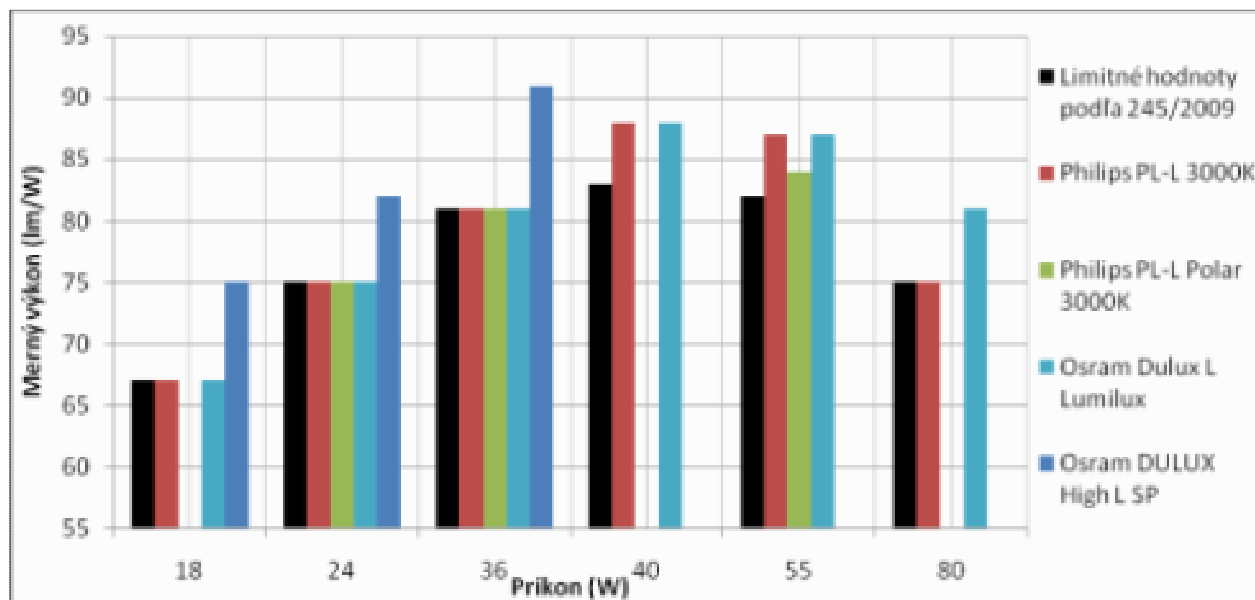
Z Nariadenie komisie (ES) č. 245/2009 [5] z 18. marca, ktorým sa vykonáva smernica Európskeho parlamentu a Rady 2005/32/ES v súvislosti s požiadavkami na ekodizajn žiariviek bez zabudovaného predradníka, výbojok s vysokou svietivosťou a predradníkov a svietidiel, ktoré sú schopné ovládať takéto svetelné zdroje. Súčasne sa ruší smernica Európskeho parlamentu a Rady 2000/55/ES.

Komisia na základe vykonaných štúdií, ktoré analyzovali technické, enviromentálne a ekonomické aspekty svietidiel využívajúce sa napr. na osvetlenie kancelárií a verejné osvetlenie, rozhodla spolu so zainteresovanými stranami zo Spoločenstva a z tretích krajín o zavedení vykonávacích opatrení pre svietidlá obvykle používané v kanceláriách a verejné osvetlenie. Tomuto nariadeniu podliehajú hlavne výrobky používané na všeobecné účely osvetlenia. Svietidlá a svetelné zdroje používané na špeciálne účely ako napr. použitie v obrazovkách počítačov a televízoroch, fotokopírovacie stroje a pod., tomuto nariadeniu nepodliehajú. Nariadenie je zamerané hlavne na spotrebu energie vo fáze používania výrobku a obsah ortuti v svietidlách a zároveň určuje minimálne hodnoty merných výkonov svetelných zdrojov, ktoré musia spĺňať po naplnení platnosti dokumentu. Týmto nariadením sa ustanovujú aj limitné hodnoty pre účinnosť predradných prístrojov používaných vo svietidlách s výbojovými svetelnými zdrojmi.

Najdôležitejším parametrom pre efektívne osvetlenie je používanie úsporných svetelných zdrojov. Pre splnenie tohto predpokladu musia mať hlavne vysoký merný výkon, dlhú životnosť, nízky pokles svetelného toku počas používania a kvalitný predradník. Naplnenie ustanovení pre merný výkon svetelných zdrojov prebieha v troch etapách:

1. etapa nadobudnutie platnosti apríl 2010

Od dátumu nadobudnutia jednotlivých etáp musia svetelné zdroje spĺňať minimálnu požiadavku na merný výkon. V prvej etape sa požiadavky týkajú minimálnych hodnôt merných výkonov kompaktných žiariviek. Vo verejnom osvetlení sa používa najčastejšie jednopäticová žiarivka PL-L s päticou 2G11, ktorej požadované hodnoty pre merný výkon sú uvedené na obr. 1. Hodnoty merného výkonu sú uvažované pre teplotu 25°C.



• Obr. 1 Hodnoty merných výkonov lineárnych žiariviek s päticou 2G11 [5] [6] [7]

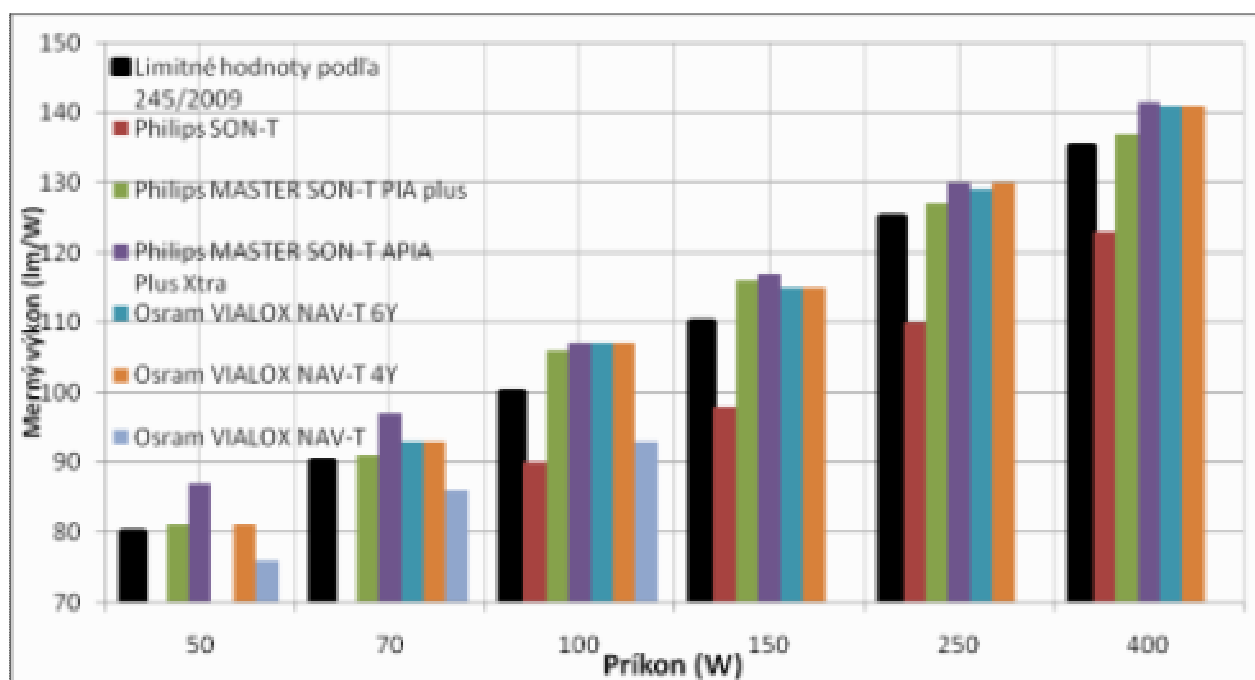
Na obr. 1 sú graficky zobrazené limitné hodnoty lineárnych žiariviek s päticou 2G11 podľa smernice 245/2009 a vybrané druhy žiariviek. Výber žiariviek bol zameraný na bežné typy a žiarivky určené do priestorov s nižšou prevádzkovou teplotou. Z grafu vyplýva, že všetky vybrané lineárne žiarivky spĺňajú požiadavku na minimálny merný výkon požadovaného smernicou 245/2009, avšak základné typy majú spravidla minimálny možný merný výkon podľa požadovanej smernice.

Druhá etapa, ktorá nadobudla platnosť v apríli 2012 sa určujú minimálne hodnoty merných výkonov pre sodíkové (obr. 2 a 3) a halogenidové výbojky (obr. 5 a 6). Pre ostatné výbojky s vysokou svietivosťou (tabuľka č.4), ktorej požiadavky nadobudnú platnosť 6 rokov od prijatia tohto dokumentu t.j. v apríli 2015 pre sodíkové výbojky montované namiesto ortuťových výbojok používané s regulačným zariadením a pre ortuťové výbojky musia splniť požiadavky uvedené na obr. 4 do šiestich rokov t.j. apríl 2015.

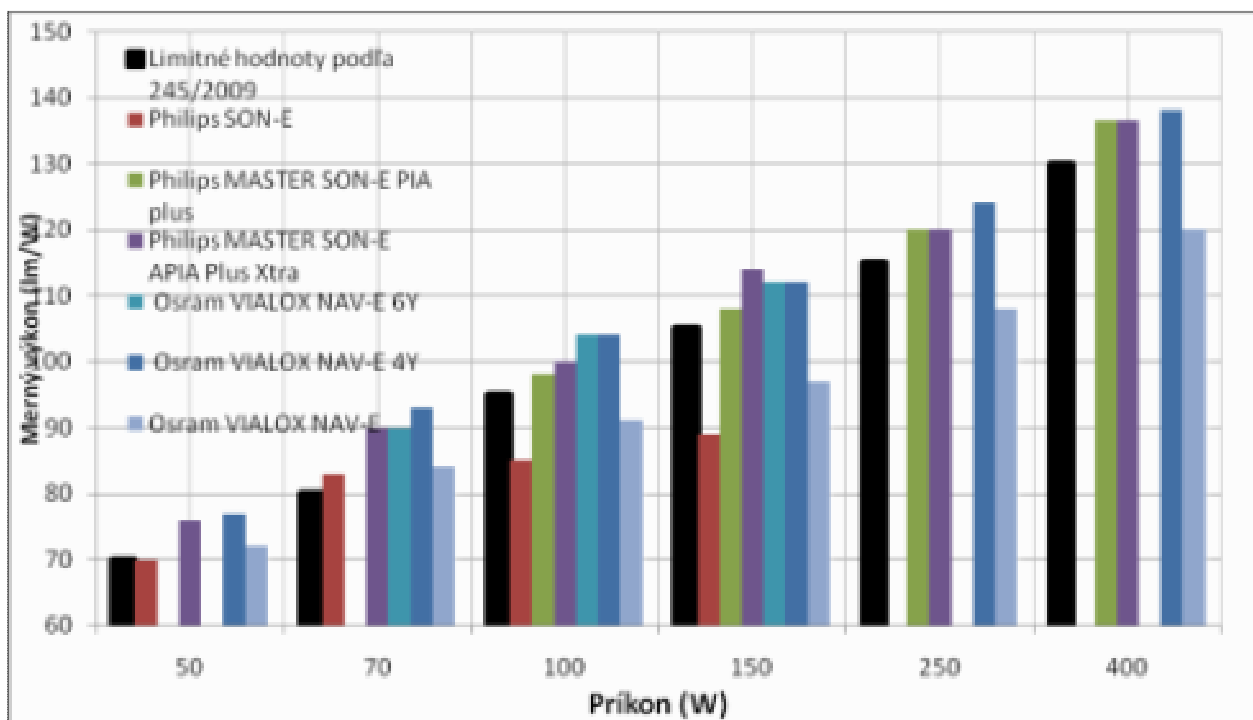
Sodíkové výbojky základných typových radov majú merný výkon na úrovni minimálneho požadovaného merného výkonu požadovaného v smernici, ale niektoré príkonové rady už nedosahujú požadovaných hodnôt. Výbojky vyšších typových rád majú vyšší merný výkon približne o 15% až 19% , nižší pokles svetelného toku počas svojho života ale lepšiu funkčnú spoľahlivosť. Tieto výbojky sú približne o 50% drahšie ako výbojky základných typových rád.

Sodíkové výbojky určené ako priama náhrada za ortuťové výbojky v súčasnosti nedosahujú úrovne merných výkonov a v roku 2015 sa ukončí ich výroba.

Napr. vybraná sodíková výbojka 68 W určená ako priama náhrada za 80 W ortuťovú výbojku má merný výkon na úrovni 70 lm/W, čo je o 10 lm/W menej ako je požadované smernicou 245/2009.



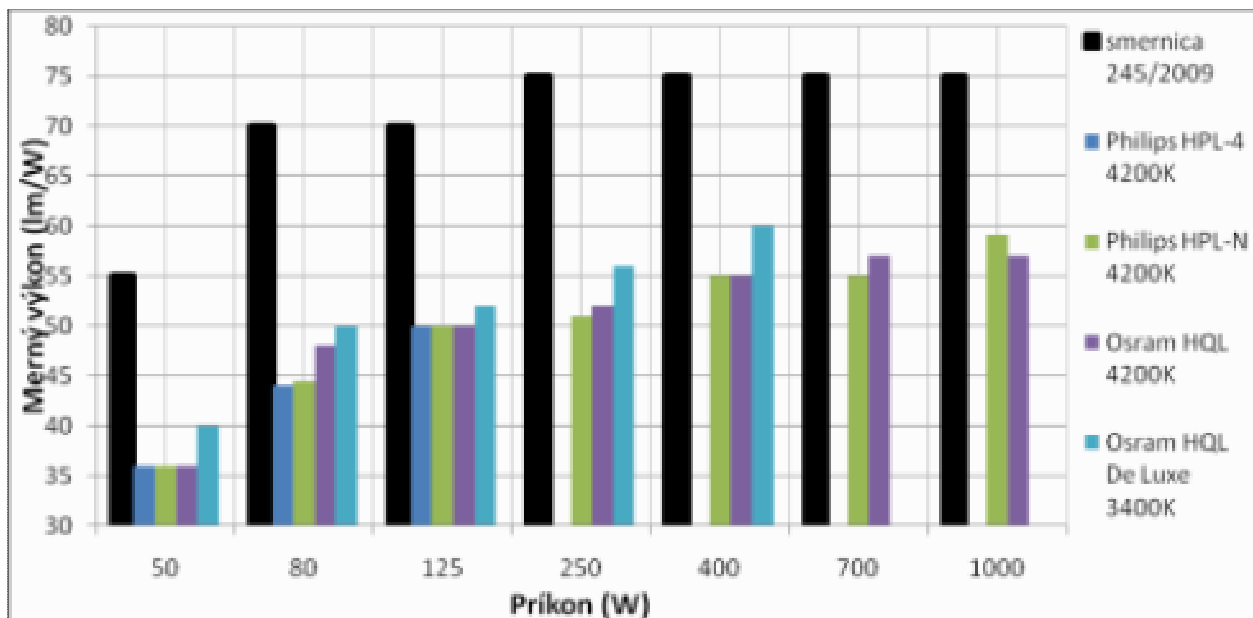
Obr. 2 Hodnoty merných výkonov vysokotlakových sodíkových výbojok s čiarou bankou s indexom farebného podania $R_a \leq 60$ [5] [6] [7]



Obr. 3 Hodnoty merných výkonov vysokotlakových sodíkových výbojok s opálovou bankou s indexom farebného podania $R_a \leq 60$ [5] [6] [7]

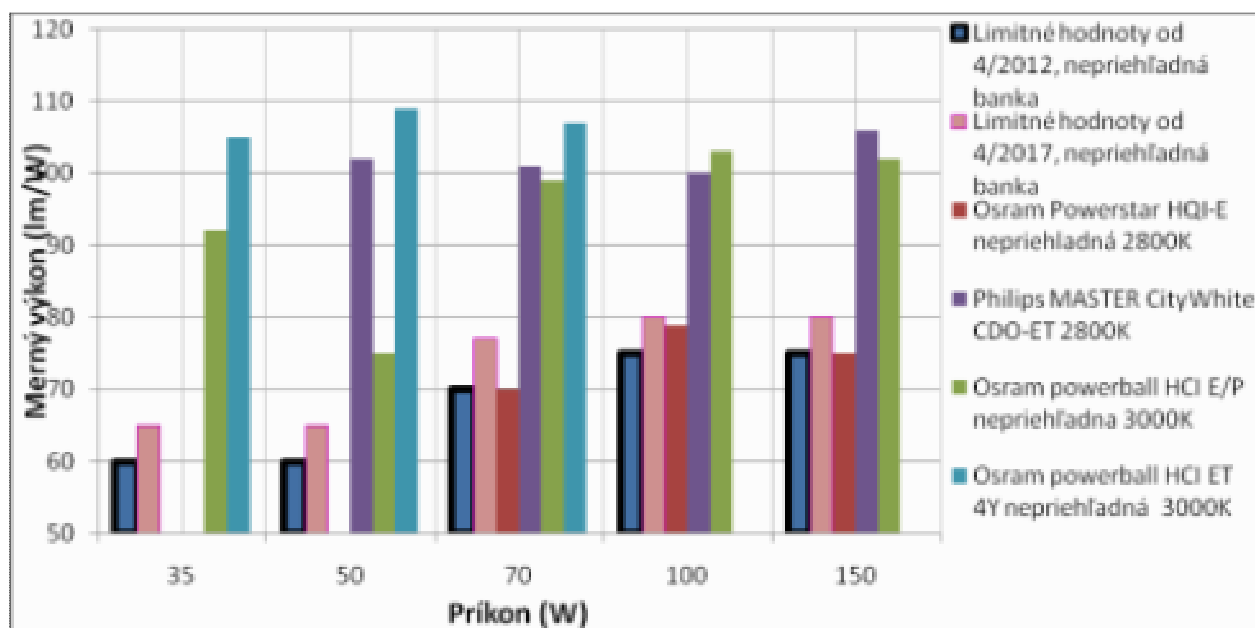
Pre vysokotlakové sodíkové výbojky s lepším farebným podaním $R_a > 60$ sú požiadavky na merný výkon nižšie, a to z dôvodu lepšieho farebného podania, ktoré je na úkor merného výkonu. V súčasnosti napr. výbojka SON-Comfort spĺňa požadované hodnoty, ktoré nadobudnú platnosť až v roku 2015.

Obr. 4 zobrazuje požiadavky na minimálny merný výkon vysokotlakových ortuťových výbojok. Ortuťové výbojky nedosahujú v súčasnosti požadované merné výkony a ani v roku 2015 dosahovať pravdepodobne nebudú, preto budú vyradené z predaja aj kvôli parametrom, ale aj kvôli obsahu množstva ortuti v horáku.



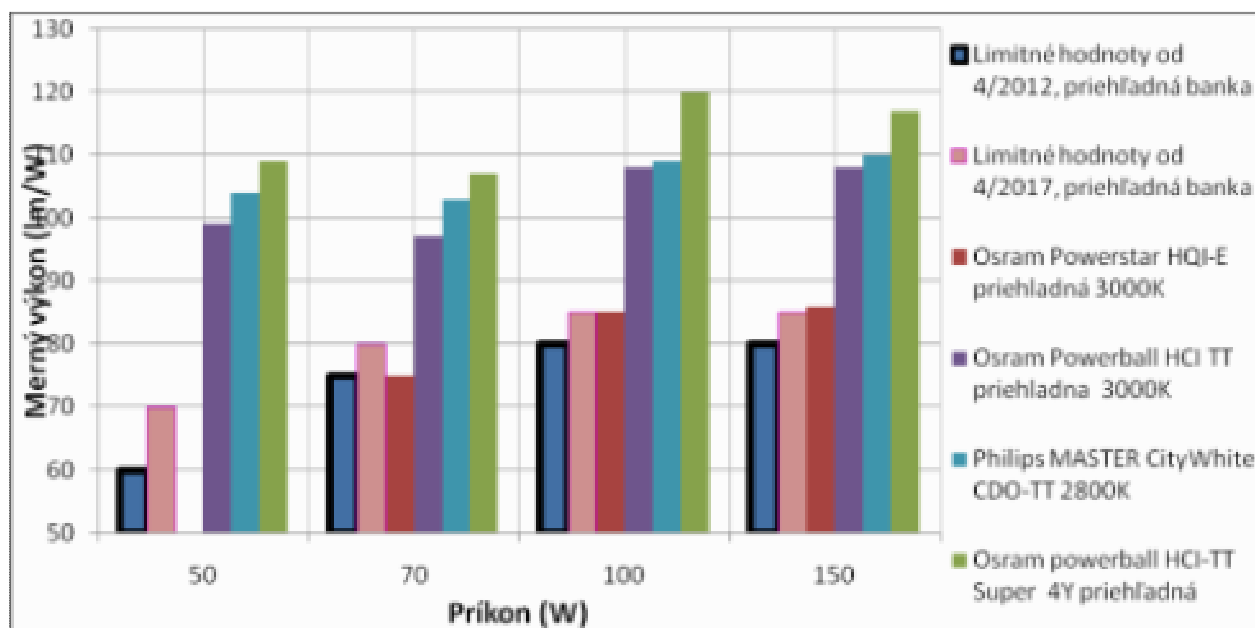
Obr. 4 Hodnoty merných výkonov ortuťových výbojok [5] [6] [7]

Požiadavky v tretej etape zavedenia tohto dokumentu nadobudnú platnosť v roku 2017. V tejto etape sa sprísňujú hodnoty minimálnych merných príkonov pre halogenidové výbojky na hodnoty uvedené na obr. 5 a 6.



Obr. 5 Hodnoty merných výkonov nepriehľadných halogenidových výbojok [5] [6] [7]

Halogenidové výbojky s keramickým horákom v súčasnosti dosahujú merné výkony približne o 30% až 60% vyššie ako sú požiadavky na minimálny merný výkon, ktorý bude požadovaný v roku 2017.



Obr. 6 Hodnoty merných výkonov priehľadných halogenidových výbojok [5] [6] [7]

Popri požiadavkách na merný výkon sú veľmi dôležité hodnoty činiteľa poklesu svetelného toku LLMF a činiteľa funkčnej spoľahlivosti svetelných zdrojov LSF. Tieto činitele majú významný vplyv na osvetľovaciu sústavu a preto musia spĺňať minimálne požiadavky. Nadobudnutie platnosti požiadaviek je rozdelené do troch etáp.

V prvej etape s nadobudnutím účinnosti v apríli 2010 sú požiadavky zamerané len na žiarivky bez zabudovaného predradníka, ktoré musia mať index farebného podania Ra minimálne 80.

V druhej etape, ktorá nadobudla účinnosť v apríli 2012 sú uvedené požiadavky na činitele LLMF a LSF pre žiarivky a vysokotlakové sodíkové výbojky.

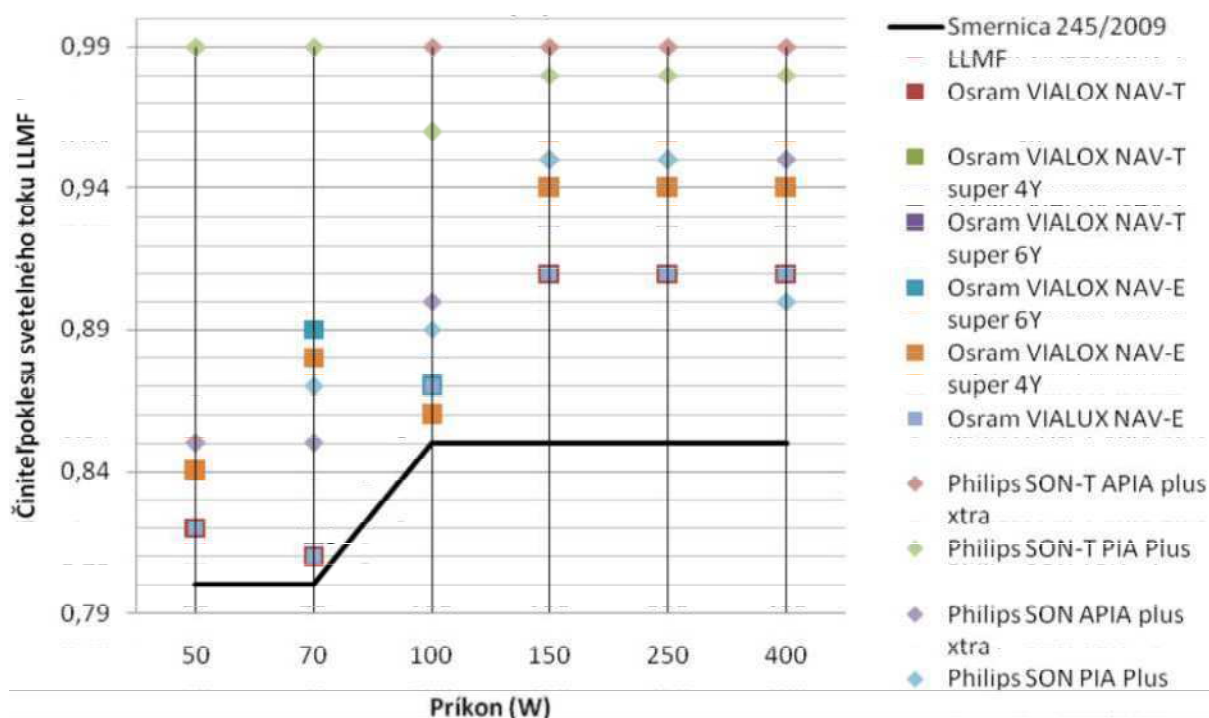
Tretia etapa nadobudne účinnosť v apríli 2017 a sú v nej uvedené požiadavky na činitele LLMF a LSF pre halogenidové výbojky.

Typy svetelných zdrojov/ čas horenia	2000 hodín	4000 hodín	8000 hodín
Jednopäťticové žiarivky, pracujúce s nízkofrekvenčným predradníkom	0,95	0,8	0,5
Jednopäťticové žiarivky, pracujúce s vysokofrekvenčným predradníkom	0,95	0,9	0,87

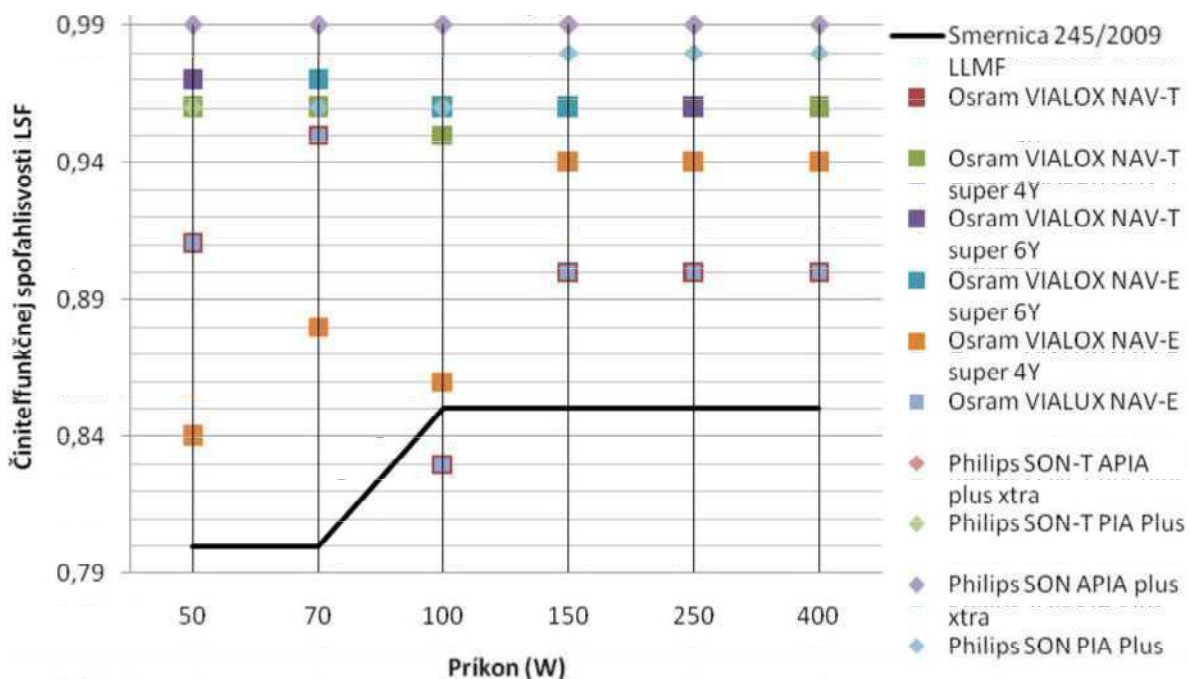
• Tab. 1 Činitele poklesu svetelného toku pre žiarivky s minimálnym indexom farebného podania $Ra \geq 80$ [5]

Pre vybrané jednopäťticové žiarivky uvedené na obr.1 dve žiarivky spĺňajú požiadavky na pokles svetelného toku v danej dĺžke horenia a dve majú pokles svetelného toku vyšší ako je uvedené v smernici.

Pre vysokotlakové sodíkové výbojky je požadovaný činiteľ poklesu svetelného toku LLMF [8] $>0,8$ a činiteľ funkčnej spoľahlivosti LSF [8] $> 0,9$ pre výbojky s príkonom 75W a menej, pri dobe horenia 12 000hodín, LLMF $> 0,85$ a LSF $> 0,9$ pre výbojky s príkonom vyšším ako 75W pri dobe horenia 16 000hodín. Tieto parametre museli splniť do roku 2012, kedy nadobudla platnosť druhá etapa požiadaviek. Na porovnanie boli vybrané výbojky rôznych typových rád od renomovaných výrobcov (obr. 7 a 8). Je možné vidieť že čím vyššia príkonová rada danej výbojky tak tým je hodnota LLMF a LSF vyššia.

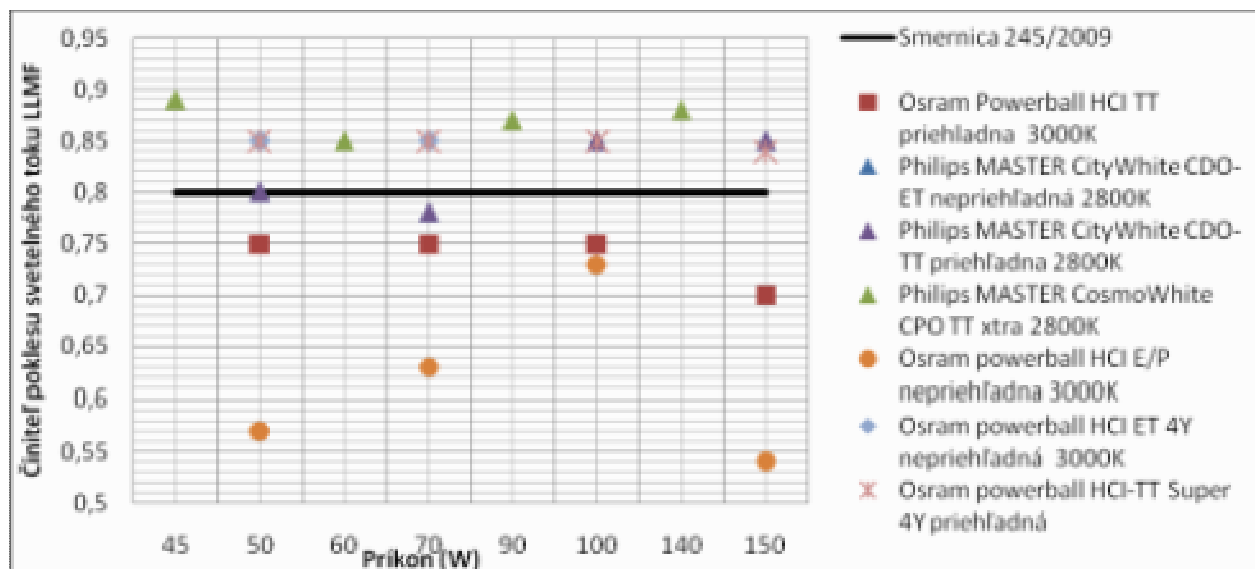


Obr. 4 Hodnoty činiteľov poklesu svetelného toku LLMF vysokotlakových sodíkových výbojok [5] [6] [7]

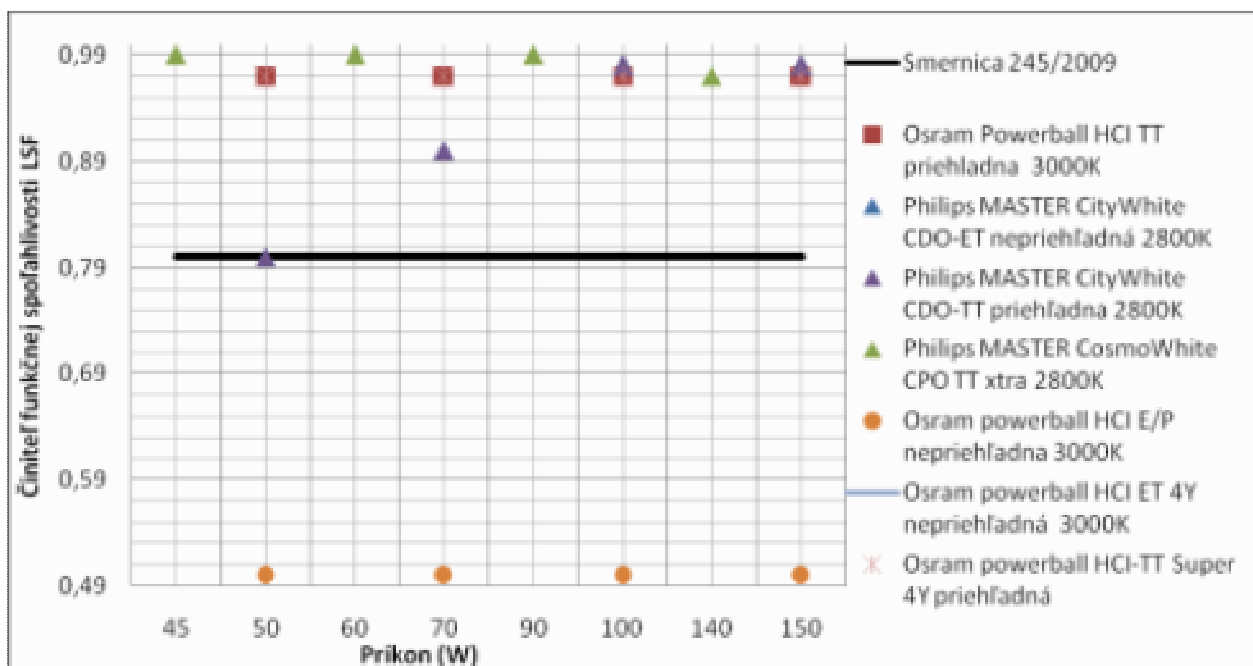


Obr. 5 Hodnoty činiteľov funkčnej spoľahlivosti LSF vysokotlakových sodíkových výbojok [5] [6] [7]

Všetky vybrané výbojky spĺňajú požiadavku na činiteľ poklesu svetelného toku LLMF a len dve 100W výbojky sú pod hraničnou hodnotou LSF avšak ešte v tolerancii pri prípadnom kontrolnom skúšaní poverenými orgánmi. Jedná sa o základné typy výbojok výrobcov a všetky vyššie rady majú lepšie parametre, avšak sú drahšie. Osem rokov po nadobudnutí účinnosti tohto nariadenia t.j. v roku 2017 musia spĺňať halogenidové výbojky nasledovné požiadavky: Po 12 000 hodinách horenia činiteľ poklesu svetelného toku LLMF musí byť vyšší ako 0,8 a činiteľ funkčnej spoľahlivosti svetelného zdroja LSF tak isto vyšší ako 0,8.



Obr. 9 Hodnoty činiteľov poklesu svetelného toku halogenidových výbojok [5] [6] [7]



Obr. 10 Hodnoty činiteľov funkčnej spoľahlivosti halogenidových výbojok [5] [6] [7]

V súčasnosti majú halogenidové výbojky vyšší pokles svetelného toku počas doby horenia ako vysokotlakové sodíkové výbojky. Výbojky s keramickým horákom už teraz spĺňajú požiadavky na minimálne hodnoty LLMF a LSF, ktoré vstúpia do platnosti v roku 2017.

Aby bolo možné udržiavať dohľad nad dodržiavaním požiadaviek uvedených v predpise sú oprávnené poverené orgány členských štátov vykonávať overovanie svetelných zdrojov, predradníkov, svietidiel dostupných na trhu.

Orgány členských štátov otestujú vzorkovacia sériu aspoň dvadsiatich náhodne vybraných svetelných zdrojov toho istého modelu od toho istého výrobcu. Séria sa považuje za zodpovedajúcu príslušným ustanoveniam vymedzeným v prílohe III časti 1 nariadenia 245/2009, ak sa priemerné výsledky série nelíšia od medze, prahu alebo udávaných hodnôt viac ako o 10 %. V opačnom prípade sa skúšaný model považuje za nevyhovujúci.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol s podporou Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky na základe zmluv
VEGA 1/0988/12 „Energetická hospodárnosť osvetlenia v budovách“

Literatura a odkazy

- [1] Smernica Európskeho parlamentu a rady 2005/32/ES zo 6. júla 2005, Stanovenie požiadaviek na ekodizajn výrobkov používajúcich energiu
- [2] Zákon č. 665/2007 Z.z. o environmentálnom navrhovaní výrobkov (o ekodizajne), zo 11. decembra 2007
- [3] Smernica Európskeho parlamentu a rady 2009/125/ES z 21. Októbra 2009, Stanovenie požiadaviek na ekodizajn energeticky významných výrobkov
- [4] Zákon č. 529/2010 Z.z., ktorým sa mení zákon č. 665/2007 o environmentálnom navrhovaní výrobkov (o ekodizajne), zo 14. decembra 2010
- [5] Nariadenie komisie (ES) č. 245/2009, z 18. marca 2009, ktorým sa vykonáva smernica Európskeho parlamentu a Rady 2005/32/ES a ktorým sa ruší smernica Európskeho parlamentu a Rady 2000/55/ES
- [6] Parametre svetelných zdrojov. Dostupné na internete: <http://www.ecat.lighting.philips.sk//svetelne-zdroje-profesionalov/46154/cat/>
- [7] Parametre svetelných zdrojov. Dostupné na internete: http://www.osram.com/osram_com/products/lamps/high-intensity-discharge-lamps/index.jsp
- [8] CIE 154:2003: The maintenance of outdoor lighting systems

Calculation methods of lighting parameters in simulation software

Roman, Dubnička, Mgr. – Anton, Rusnák, Ing. PhD.

Institute of Power and Applied Electrical Engineering, Department of Power Engineering, Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Ilkovičova 3,
812 19 Bratislava, Slovak Republic
Corresponding author: roman.dubnickaj@stuba.sk

Abstract

At designing lighting systems is used specialized software to calculate the parameters of lighting. The calculations are important for determination the cost on realisation the lighting system. Project, which is based on the calculation and when isn't correct, it can lead to not only increase the cost of repair, but also will not final building approval. The contribution points at recent developments of computational algorithms used in lighting designing. The degree of accuracy was evaluated on the test of various simulation software applications. Results of the test show a large scatters of results when software application solution is used.

Keywords: simulation software, algorithm of calculation, lighting parameters

Introduction

At first glance is the measurement of illuminance easiest and simplest photometric measurement. In fact, it is one of most complex measurement. Measurements should be made in the installation place of the lighting system. Lighting planner make the project from the desk, and the problem is reality of the designed lighting system. Projection is activity when lighting planners must take into the account many factors. For compute of light parameters are used the software applications.

The questions are: How are software applications accurate in compute against the measurement? Have various applications identical results with equal conditions of calculation? In below text is introduce some facts about algorithms, software and simple test of uses luminaire with aluminium grid. Contribution is show how much can be the results different between software applications and measurement.

Algorithms of calculation

Light emitted from the light source, or luminaire creates direct illuminations on surface. If the impact area of the field surfaces, e.g. wall, ceiling, floor and part of the light is reflected and absorbed part. This issue is linked to interreflection of light indoors. Algorithms for the calculation of the light distribution are based on the physical equations. In the calculation appear two factors: direct light falling on a surface which is required for calculated different types of intensity curves. Interior light is calculated by the square law, and is so well known - flow lumen method. The second factor is the calculation of the internal interreflection compartment light lamp and area lighting. It is only the chosen calculation algorithm, how many degrees iteration will be used. Depending on this calculation will be more or less accurate.

We identify the three best-known computational methods - raytracing, radiosity and photon maps. Raytracing algorithm depends on the direction of light perception. Light rays belong to the direction from which they come. Rays are traced from the light source - forward tracing, or the eye of the observer - tracing back, eventually from both directions. The method is mainly used in the visualization, the calculated light phenomena from direct light, reflections and mirror surfaces. There are limitations as multiple diffuse reflection or indirect effects from inside of luminaire.

Radiosity algorithm, which is dependent on the scene, it is a similar technique as heat transfer. The model is separated on the surface of the surface area. Every surface is evaluated radiometric separately, independently of

view. Radiosity algorithm has a problem with the calculation of specular reflection, but it improves to constantly. The algorithm is mainly used for lighting calculations.

Photon maps algorithm integrates nature, which is used for the global lighting system. The model is dependent on the scene, which uses a number of advantages raytracing and radiosity. The algorithm is based on some energy - photons that are emitted to the surface, wherein the surface thereof and forming so called shared caustics. That is a cover light rays reflected or irregular angled or flat object. Physical effect is particularly permittivity materials that interact with light. It is used for simulation scenarios of light phenomena, while is light also for objects outside the view of the observer. [3]

We can algorithms split in dependence at view (forward, backward and bi-directional ray tracing, scene (radiosity, photon map, integrative and multi-pass approaches), direct calculation (for artificial lighting, follows national standards) and tools (deterministic methods, statistical sampling methods).[4]

Exists many forms of mathematical equations that is possible describe raytracing, radiosity and photon map. The equations are not point of interesting of this contribution. We recommend use equations which agree with your applications or that resolve your problem with calculation.

Software applications

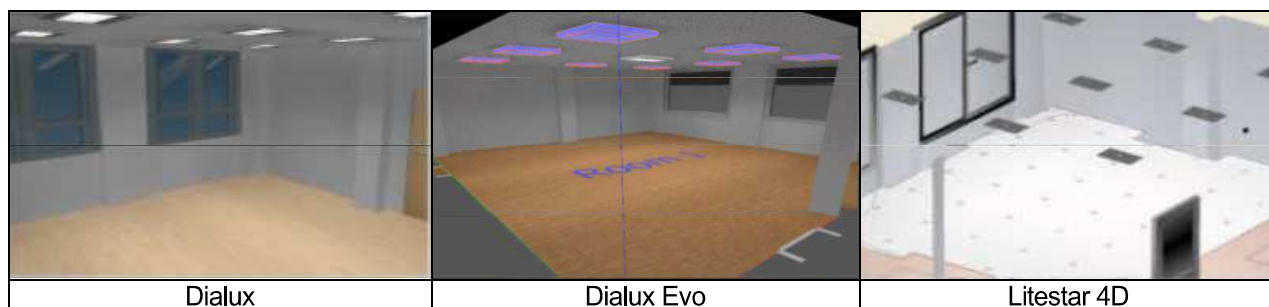
For the calculation of lighting parameters are used various programs. Each of one it uses own calculation algorithm. They have their specific advantages and disadvantages. They can use them to design the lighting systems. The programs must be able to accept and work with current standards, directive and regulations. We used and tested the programs as Dialux, Dialux Evo, Relux, Litestar 4D, Visual 2012 and Wils[5][6][7][8][9].

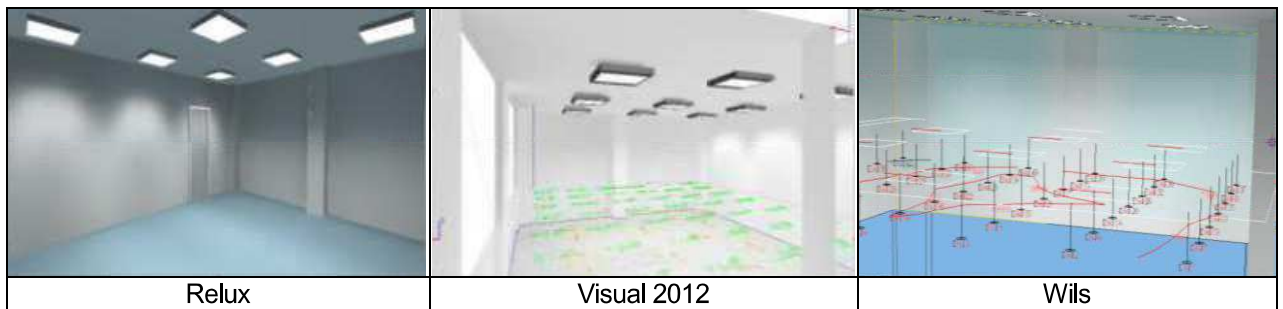
Results

Question linked with accuracy of measurement are given by producers which declare the accuracy according to recommendation CIE 171 [10].

Recommendation entertains about test of computing algorithms at created scenes. Tests are divided to many categories that are closer specified in this recommendation. Testing is devise from compare table values that were mathematically verified. If results are acceptable then can be maker produce declaration of conformity, in most cases as validity document of product. In present software application which are filling the recommendation: Dialux, Relux, Agi32 etc. Partial conformity with recommendation has Dialux Evo that is under development. Product Litestar 4D meet the recommendations CIE 40 [11] and CIE 52 [12] that are important for calculation quality. Applications Wils and Visual 2012 don't published their validation documents.

For verification were selected six applications for light computing suggestions Dialux, Dialux Evo, LITESTAR 4D, Relux, Visual 2012 and Wils. The testing software use various algorithm, because the calculation is from mathematically state easiest and quickest. LITESTAR is using algorithm photon maps. RELUX and Dialux Evo use raytracing.



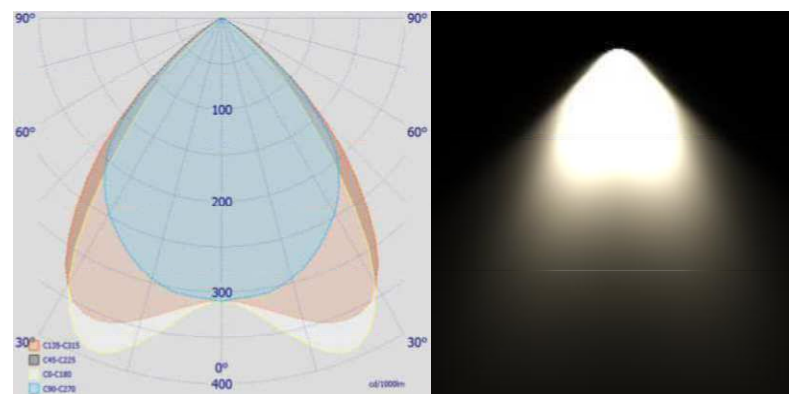


• Fig. 2 Visualisation of modelled room

The aim of the test was to show what results take into account the lighting planner, when creating the project. He should verify the accuracy of the calculation. For an accurate calculation can be precisely defined parameters to achieve nearly identical results with measurement. [13]

The test was conducted for interior lighting with artificial lighting fixtures in configuration fluorescent luminaires with aluminium grid optic and power 4 x 24W with lighting intensity distribution curve at fig. 3. Used lighting sources were type T5 with colour parameters 840. Tested and simulated room was standard with walls reflectivity $\rho = 0.86$, $\rho = 0.85$ ceiling and floors $\rho = 0.42$. Room had two windows, which were determined by measuring of transmittance $\tau = 0.88$. All applications have had same conditions with unchanged parameters.

The measurement was performed by luxmeter PRC Krochmann Radiolux 1111 accuracy class L in consensus with the methodology of the Public Health Authority of the Slovak Republic and the current norms STN EN 12 464 STN EN 13 032. Measuring grid was chosen with spacing 0.5 meters and with fringe field 0.5 meters from the walls. Comparative level was set at 0.85 meter. Measurement has expanded uncertainty $U = 8.6 \%$ for $k = 2$ according to GUM BIPM publication.[14]



• Fig. 3 Lighting intensity distribution curve of tested luminaire

Monitored and evaluated parameters were maintained illuminance \bar{E}_m (lx), the maximum illuminance E_{max} (lx) and minimum illuminance E_{min} (lx) and uniformity r . Maintained illuminance and uniformity are quantitative parameters for the standard STN EN 12464 [2]. For maintained illuminance is valid

$$\bar{E}_m = \frac{\sum E_i}{n} \cdot MF \quad (1)$$

where E_i (lx) represents the illuminance at point, n is number of measurements points and MF is maintenance factor.

For uniformity applies

$$r = \frac{E_{min}}{E_m} \quad (2)$$

In table 1 are result of tested software application. Interpreted values represent the maximum and minimum percentage deviations from the actual state lighting system detected measurement. For software applications were choose par maintenance factor. For test was valid $MF = 0,74$ in all software products. Maintenance factor was set on our experiences from various measurements and was confirmed by calculation according to CIE 97:2005 [15].

In first view on results is very little different between the results from software applications. This is very good message from producers, and the results, see tab. 1, show very small deviation in all evaluated parameters. Problem was with E_{min} with sequel in parameter r in Visual 2012 that has problem with distribution points in measurement grid.

The second view on results is on relation between measurement and software applications.

The smallest difference was for maintained illuminance calculated in the program Wils and the uniformity in the software product Litestar 4D.

• Tab. 1 Results of test

	Measurement	Dialux	Dialux Evo	Litestar 4D	Relux	Visual 2012	Wils
\bar{E}_m (lx)	1045,45	1027	1062	1027,37	1030	1054,5	1053,3
E_{max} (lx)	1306	1403	1435	1459	1430	1456,24	1453,9
E_{min} (lx)	434,6	474	451	420,3	408	573,57	461,6
r	0,42	0,46	0,42	0,41	0,39	0,54	0,44
ΔE_m (%)		-1,80	1,56	-1,76	-1,50	0,86	0,75
ΔE_{max} (%)		6,91	8,99	10,49	8,67	10,32	10,17
ΔE_{min} (%)		8,31	3,64	-3,40	-6,52	24,23	5,85
Δr (%)		9,93	2,11	-1,61	-6,59	23,57	5,14

*- lowest deviation - highest deviation

The maximum difference of \bar{E}_m is shown in Dialux and higher deviation of uniformity was observed in Visual 2012. In results we can see overestimating the lighting parameters, even if set the same options of modelled surroundings. The fact is, if we consider a new lighting system, can come to an underestimation of actual results. That is, if the lighting planner considers the maintained illuminance of 500 lux and average uniformity 0.5, which in the case of the test area is the minimum requirements actually installed system will not meet prescriptive. Figure 4 presents the maximum and minimum values in compared proclaimed measurement values .

Measurement has a little value of E_{max} that was not measured. This is the disadvantage of real measurement while the software applications should show the maximum in the very high resolution of the measurement grid.

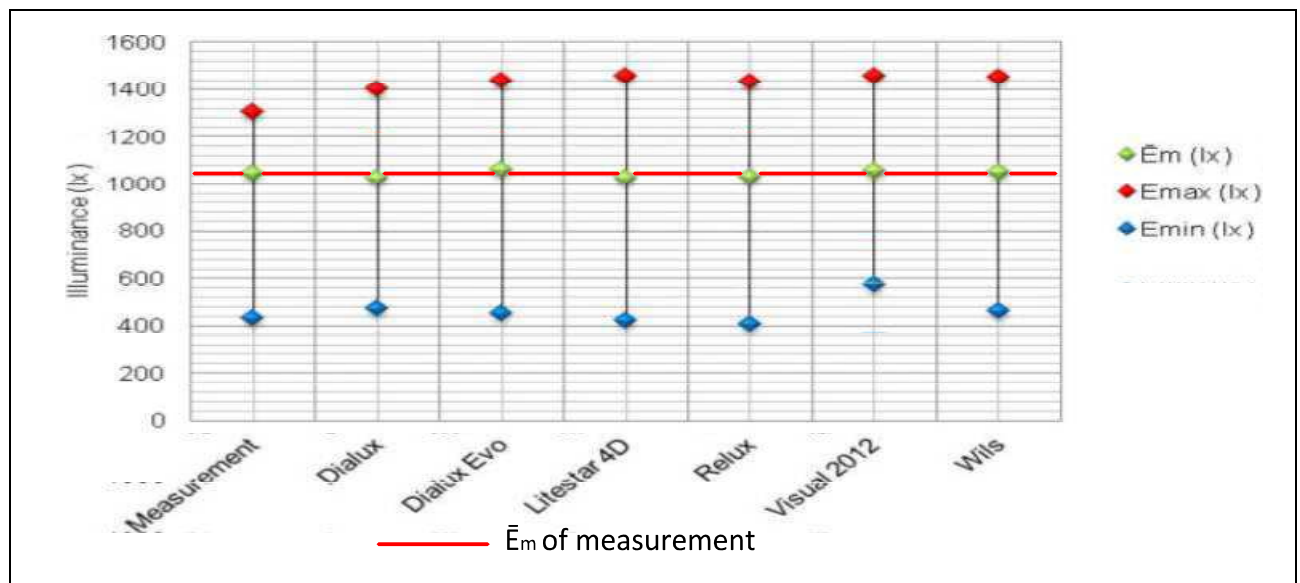


Fig. 4 Illustration of maintenance illuminance

Figure 4 shows the variability of used calculation algorithm in comparison with measurement. Problem of compute is the diffuse calculation of reflected light from surfaces. There generate losses of lighting energy. In some applications is possible to set count of reflections.

Conclusion

Current computer methods for calculating lighting system work on different methods of calculation. Methods such as raytracing will improve the performance of the computing units increase. Test proved that without any deeper intervention in the setting calculation, calculation of a satisfactory outcome.

Lighting planners can often unaware that improper design can increase costs. Therefore, it is important to approach lighting system proposal as to any other project and its importance to take into account.

Software applications introducing in this paper were validated according various recommendation. From results we are seeing low deviations, except Visual 2012. We recommend other software for lighting calculations. Is only on customer which choose.

Acknowledgement



References

- [1] SÚTN. STN EN 13 032 Lighting Applications. Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires, Bratislava, SR. 2012.
- [2] SÚTN. STN EN 12464 Svetlo a osvetlenie. Časť 1. 2008. Časť 2. 2011.
- [3] Simons R.H., Bean A.R. Lighting Engineering: Applied calculations. MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall, GB 2001. ISBN 0 7506 5051 6.
- [4] Ochoa Morales C.E., Aries M.B., Hensen J.L.M. State of the Art in lighting simulation for building Science: A Literature Review. Journal of Bulding Performance Simulation, 2012. Vol.5, pp.209-233. DOI: 10.1080/19401493.2011.558211.
- [5] Dial. Dialux Evo. 2014 www.dial.de
- [6] Oxytech. Litestar 4D. 2014. www.oxytech.it
- [7] Relux.. Relux. 2014. www.relux.de
- [8] Visual. Visual 2012. 2014. www.visual-3D.com
- [9] Astra MS Software. Wils. 2014. www.astra92.cz
- [10] CIE. CIE 171:2006 Test Cases to Assess the Accuracy of Lighting Computer Programs. CIE, Vienna, Austria: 2006. ISBN 978 3 901906 47
- [11] CIE, CIE 40 Calculation for interior lighting. Basic Method. CIE, Vienna, Austria: 2006. Rev.1. ISBN 390073466 6.
- [12] CIE. CIE 52 Calculations for interior lighting: Applied method. CIE, Vienna, Austria: 1982. ISBN9789290340522.
- [13] Dubnička R., Gašparovský D., Rusnák A., In: CIE Centenary Conference "Towards a New Century of Light". CIE, Vienna, Austria: 2013. CIE x038:2013. p. 941- 950. ISBN 978-3-902842-44-2.
- [14] BIPM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections, Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement, 1. ed, p.10 – 27, BIPM, Paris: 2008.
- [15] CIE, CIE 97:2005 Guide on the maintenance of indoor electric lighting systems., 2. ed, CIE, Vienna, Austra: 2005. ISBN 3 901 906 45 2

Osvětlení Zámecké jízdárny v Lednici

Zbyněk Šimetka, Ing.
INGE Opava, spol. s r.o.

Historie Zámecké jízdárny

Jedná se o architektonickou památku, která se nachází vedle zámku Lednice. V letech 1688 – 1696 byl podle projektu Jana Bernarda Fischera z Erlachu západně od zámku vybudován monumentální komplex trojkřídlé stáje. Původně byly konírny navrženy na půdorysu čtyřúhelníku, na ose starých koníren. V letech 1690/1691 povolal kníže Johann Adam z Lichtenštejna italského projektanta Domenica Martinelliho, aby prostory koníren dotvořil. Na nádvoří vede trojice průjezdů se sloupovými portiky a portály oživenými alegorickými sochami z let 1700 – 1701 od rakouského sochaře Giovanniho Gullianniho. K realizaci čtvrtého křídla již nikdy nedošlo. Teprve koncem 18.století byla dostavěna dvě menší křídla navazující na západní a východní křídlo objektu, která objekt prostorově uzavřela. Komplex jízdárny je nejstarší původní dochovanou částí zámeckého areálu v Lednici. Po poválečné konfiskaci zámku sloužily prostory jízdárny socialistickému zemědělství a byly zcela zdevastovány. Jeho další zkáze zabránil projekt rekonstrukce, který probíhá od roku 2007 a bude ukončen letos.



Obrázek 1 - Nepřímé osvětlení multifunkčního sálu

Rekonstrukce

Projekt "Zámecká jízdárna v Lednici - multifunkční centrum" je realizován ze strukturálních fondů Evropské unie prostřednictvím Integrovaného operačního programu „Vracíme památky do života“. Rekonstrukcí vytvořené multifunkční centrum, umístěné v obnovených prostorách jižního a východního křídla jízdárny, nabídne své prostory vzdělávacím a kulturním aktivitám. V bývalých konírnách se bude nacházet stálá výuková expozice o Lednicko-valtickém areálu, biosférické rezervaci Dolní Morava a o hospodaření v krajině a zahradní architektuře obecně. Původní kočárovna bude sloužit jako informační centrum a vstupní prostor do expozic. V prostoru původní jízdárny vznikne multifunkční sál s pódiem, který umožní pořádání

nejrůznějších vzdělávacích, kulturních a společenských akcí. Prostor části horního podlaží východního křídla bude sloužit k umístění kanceláří správy objektu, druhá část bude využívána pro vzdělávání a příležitostné expozice. Součástí rekonstrukce objektu se samozřejmě stalo i zcela nové osvětlení vnitřních a vnějších prostor.



Obrázek 2 – Noční osvětlení průčelí zámecké jízdárny



Obrázek 3 – Upevnění a napojení svítidel Kvadra 106

Protože zámecká jízdárna v Lednici patří k památkovému dědictví UNESCO, bylo nezbytné nalézt řešení, které splňovalo zadávací podmínky, představy architektů a památkářů, ale hlavně bylo v souladu s požadavky investora na provoz celého centra s ohledem na snadný provoz a údržbu.

Velkou výzvou při návrhu osvětlovací soustavy a svítidel byly požadavky na univerzálnost osvětlovací soustavy a na její nenápadnost. Nalezená řešení byla prezentována na vzorcích a 3D modelech a zkušena na místě a to vždy s ohledem na dodržení přísných norem pro historické prostory. Pro zachování všech potřebných standardů byla použita lištová LED svítidla, která respektovala zachování vjemu geometrie klenutých vnitřních prostor při minimálních instalačních zásazích do konstrukce původního zdiva. Pro optimální nasvětlení prostor se svítidla mohou podle potřeby na třífázové DALI liště jakkoliv natáčet, naklápět a posouvat. Navíc jsou LED svítidla vybavena unikátním řešením optické soustavy, která umožňuje plynule nastavit vyzařovací úhel od 7° do 60° a měnit tvar světelného kužele. Pomocí tohoto řešení je možno nastavit kruhovou, vertikálně nebo horizontálně oválnou světelnou charakteristiku svítidla. Vzhledem k charakteru použití jsou svítidla vybavena LED CREE s Ra 90 a 3000K. Všechna svítidla v sálech a expozicích jsou řízena pomocí systému DALI.



Obrázek 4 – Historizující lucerna v jižním průjezdu zámecké jízdárny



Obrázek 5 - Jižní průjezd zámecké jízdárny s lucernou

Osvětlení multifunkčního sálu a recepce objektu

Multifunkční sál a recepce objektu jsou osvětleny nepřímo asymetrickými svítidly PMR 2x1x54W DALI umístěnými nad římsami. Vzhledem ke stáří objektu a jeho jedinečnosti nebylo možné stavebně zasahovat do říms v obvodovém zdivu. Přitom každá římsa je jinak široká a její horní plocha i jinak nakloněná. Z těchto důvodů musela být upravena i šířka a výška přední hrany svítidel tak, aby svítidla nebyla nad římsou vidět. Umístění svítidla vzhledem ke klenutému stropu navíc vyvolalo nutnost upravit geometrii asymetrického reflektoru.

Pod římsou jsou na konzolách vetknutých do stěny upevněny celkem XXX třífázové DALI lišty s reflektorovými svítidly SATURN LP DALI s 12 a 2x12 LED. Tato reflektorová svítidla je možno individuálně stmívat, ať už pomocí ovládacího tlačítkového panelu přímo v sálech, z centrálního PC, nebo pomocí tabletu přímo při budování expozice. Reflektory jsou dimenzovány tak, aby nasvítily jakýkoli exponát nebo místo kdekoli v sále.



Obrázek 6 – Zámecká jízdárna – lištový systém osvětlení

Osvětlení koníren

Pro osvětlení koníren byla použita bíle lakovaná svítidla KVADRA 106 v délkách 4m. Nepřímé osvětlení kleneb zajišťují dvě zářivky T5 54W s DALI předřadníkem. Kvůli údržbě a proti vnikání nečistot jsou svítidla nahoře uzavřena polykarbonátovým čirým krytem. V horním poloprostoru svítidla jsou navíc umístěny adresné napájecí moduly centrálního bateriového systému a průběžné vedení, které zajišťuje napájení celých řad svítidel a vedení DALI signálu pro reflektorová svítidla a nepřímé osvětlení kleneb. V dolním poloprostoru profilu KVADRA 106 je nainstalována třífázová DALI lišta s reflektory SATURN LP DALI s 2, 6 nebo 12 LED. Celé 4m dlouhé svítidlo KVADRA 106 je zavěšeno na dvou tenkých nerezových lankách. Napájení svítidel, DALI řídicí signál a rozvod nouzového osvětlení je veden kolem hlavic sloupů a je ukryt v trubce čtvercového průřezu.

Svítidla pro osvětlení průjezdu

Pro osvětlení průjezdů navrhli architekti spolu s památkáři historizující lucerny. Lucerny dvou velikostí byly vyrobeny podle původní dokumentace. Větší lucerna byla vybavena zářivkovými světelnými zdroji a menší lineárními LED moduly tak, aby jejich vnější vzhled byl jednotný. Lucerny včetně závěsného systému jsou opatřeny černým matným nátěrem, pro rozptyl světla je použito speciální ornamentální sklo.



Obrázek 7 – Svítidlo Saturn LP 2xLED použité v zámecké jízdárně

Osvětlení severního křídla – vzdělávací centrum

Zrekonstruované prostory severního křídla budou sloužit pro vzdělávací účely a zázemí správy Zámecké jízdárny. K osvětlení prostor vzdělávacího centra byla použita opět lištová svítidla SATURN LP, která byla doplněna o lištová LED lineární svítidla MIKRA 20 s vysokým opalovým krytem. Tato svítidla vyzařují i do stran a jsou proto vhodná pro základní nasvětlení chodeb a menších prostor. Všechna lištová svítidla jsou plně říditelná pomocí DALI signálu. V dalších místnostech, které budou využívány pro kancelářskou práci, jsou použita přisazená hliníková svítidla SEVEN a svítidla z trojvrstvého ručně foukaného skla.

Realizace venkovního osvětlení

Venkovní osvětlení muselo být vyřešeno způsobem odpovídajícím požadavkům památkového ústavu a architektů na osvětlení fasády, soch, erbů, balustrád a pilastrů na jižním a východním průjezdu. Konečná podoba venkovního osvětlení a poloha svítidel byla vypočítána a následně ověřena světelnou zkouškou. Byla použita zemní svítidla zabudovaná do šterkového mlátu. Všechna svítidla jsou s LED světelnými zdroji. Unikátní řešení polohování a nastavení světelné charakteristiky každé diody umožňuje zajistit i zcela protichůdné požadavky na nasvětlení jednotlivých částí fasády. Pro nasvětlení pilastrů byly použity optiky s úhlem vyzařování 22°, pro nasvětlení erbů a soch optiky s úhlem vyzařování 43/17°, pro nasvětlení balustrády optiky s úhlem vyzařování 42°. Pro venkovní osvětlení je nastaveno několik režimů. Nejběžnější noční osvětlení se spíná pomocí soumrakového čidla. Často využíváno však bude i pochůzkové osvětlení a v neposlední řadě i osvětlení pro mimořádné události a slavnosti.

Řízení osvětlení a centrální bateriový systém

Řídicí systém osvětlení Zámecké jízdárny v Lednici společnost INGE Opava, spol. s r.o. realizovala společně s partnerskou firmou DNA Central Europe s.r.o. Pro řízení osvětlovací soustavy s 810 DALI adresovatelnými LED drivery a předradníky je v rozvaděčích osazeno celkem 9 DALI routerů HELVAR, každý pro 2x 64. Ty jsou mezi sebou propojeny

ethernetovou sítí. Ovládání celého systému je buď ruční, pomocí ovládacích tlačítkových panelů nacházejících se v příslušných místnostech, nebo z centrálního počítače s nainstalovaným SW „Touch studio“ s možností vizualizace a intuitivního ovládání celé řídicí soustavy. Další vizualizační program je nainstalován tabletu.

Protože jde o objekt, v němž se shromažďuje velké množství osob, bylo rovněž nutné zajistit nouzové a protipanické osvětlení. Nouzové východy a únikové cesty jsou označeny 105-ti adresnými nástěnnými nebo

stropními nouzovými svítidly s piktogramy. Tato nouzová svítidla jsou napájena z ústředny centrálního bateriového systému CEAG. Dalších 50 nouzových adresovatelných jednotek je umístěno přímo ve svítidlech. Na dodávce a oživení CBS spolupracovala společnost INGE Opava, spol. s r.o. s firmou Ensto Czech, s.r.o.

Závěr

Práce na tomto významném projektu probíhaly po dobu jednoho roku, od října 2012 do října 2013 a představovaly pro firmu INGE Opava spol. s r.o. další výjimečnou zkušenost a příležitost k využití veškerého potenciálu firmy. Společnosti INGE Opava, spol. s r.o. zajišťovala výrobu většiny svítidel, garantovala dodávky všech svítidel a lištového systému, dodávku a oživení řídicího systému osvětlení DALI a centrálního bateriového systému. Veškeré elektroinstalační práce zajišťovala společnost EBM TZB, s.r.o. Poděkování patří všem, kteří se na realizaci projektu podíleli a jejichž zásluhou se z ruiny stal další klenot Lednicko-Valtického areálu.

Více na www.inge.cz.

Problém odrazu vo svetelnej technike

RNDr. Ladislav Kómar, PhD.

Ústav stavebníctva a architektury SAV, Dúbravská cesta 9, Bratislava

email: usarlako@savba.sk

Abstrakt

Simulovanie interiérových svetelných podmienok si vyžaduje presnú znalosť odrazivých vlastností materiálov, ako aj riešenie problému interreflexie. V súčasnej dobe sa omnoho viac pozornosti venuje počítačovým modelom, ktoré dokážu viac alebo menej presne vyhodnotiť exteriérové aj interiérové svetelné podmienky a pomáhajú tak navrhnúť optimálne podmienky pre pobyt ľudí vo vnútorných priestoroch budov. Mnohé softwareové riešenia ponúkajú tiež možnosť počítačovej vizualizácie pre lepšie pochopenie šírenia svetla v interiéroch (napr. programy Radiance, Dialux, Relux, ...). Tieto programy používajú rôzne matematické zjednodušenia, čím sa z ich získané výsledky môžu značne líšiť. Tento príspevok uvádza stručný prehľad používaných matematických metód, ktoré riešia odraz svetla v rôznych prostrediach na základe tzv. BRDF (z anglického bidirectional reflectance distribution function – obojsmerná distribučná funkcia odrazu svetla).

Úvod

Jedným z hlavných cieľov vizualizácie v počítačovej grafike je vytváranie syntetických obrazov rôznych objektov ale aj priestorov, ktoré sú rôzne nasvecované a poskytnúť tak čo možno najdokonalejší pohľad na interiér zo svetelnotechnického hľadiska. Scény musia z hľadiska fotografickej vizualizácie vyzerat' čo najviac hodnoverne a zachovávať odrazivé vlastnosti všetkých povrchov na základe fyzikálnych vlastností materiálov. To sa dá dosiahnuť pomocou matematických modelov založených na dvojsmerovej distribučnej funkcii odrazivosti (Montes & Ureña, 2012). Počítačová grafika dokáže v mnohých prípadoch značne prispieť k riešeniu problémov s odrazivosťou napríklad pri modelovaní rôznych oblohových štandardov pod simulátorom denného svetla, tzv. umelou oblohou, taktiež pri odraze od tenkých vrstiev (van Nijnatten, 2003) a zaskleniach okien budov (van Nijnatten, 1999).

Obojsmerná distribučná funkcia odrazu svetla

BRDF je označenie pro obojsmernú distribučnú funkciu odrazu svetla. Používa sa v počítačovej grafike ako matematické vyjadrenie vlastností povrchu materiálov. Vo všeobecnosti udáva hustotu pravdepodobnosti, že sa svetlo, ktoré na povrch dopadne, odrazí daným smerom. Vstupné parametre funkcie sú smer dopadu ω_i a smer odrazu svetla ω_o definované voči normále k povrchu. Návrátová hodnota funkcie se udáva ve sr^{-1} a vyjadruje pomer odrazenej diferencálnej žiary voči ožiarenosti povrchu. BRDF bola prvýkrát definovaná Nicodemusom v roku 1965 (Nicodemus, 1965). BRDF je definovaná nasledovne:

$$dL_r(\omega_o) = \int_{\Omega} BRDF(\omega_i, \omega_o) dE(\omega_i) \quad (1)$$

kde $dL_r(\omega_o)$ je odrazená diferencálna žiara, $dE(\omega_i)$ je diferencálna ožiarenosť povrchu, $L_i(\omega_i)$ je žiara dopadajúca zo smeru ω_i a θ_i zodpovedá sklonu dopadajúceho lúča od normály. BRDF je vzhľadom k ožiarenosti lineárnou funkciou, z čoho vyplýva dôsledok, že sa príspevky od jednotlivých svetelných zdrojov sčítavajú. Modely založené na BRDF taktiež spĺňajú zákon zachovania energie, teda pomer odrazeného žiarivého toku k prichádzajúcemu musí byť menší alebo rovný 1. Danú skutočnosť je možné vyjadriť vzťahom:

$$\int_{\Omega} BRDF(\omega_i, \omega_o) d\omega_i \leq 1 \quad (2)$$

Modely založené na BRDF

Modely založené na BRDF môžeme rozdeliť do troch kategórií:

- empirické
- teoretické
- experimentálne

Empirické modely sú založené na jednoduchšej parametrickej formulácii odrazu svetla. To umožňuje časovo nenáročné výpočty, avšak ich presnosť je diskutabilná a tiež nemajú oporu vo fyzikálných zákonoch. Teoretické modely sú založené na fyzike odrazu a rozptylu svetla, avšak sú výpočtovo veľmi náročné a preto len ťažko využiteľné v real-time simuláciách. Experimentálne modely sú založené na meraniach gonioreflektometrom, ktorý mechanicky mení polohu svetelného zdroja a senzora. Tieto metódy sú však časovo náročné a sú obmedzené čo sa týka uhlového rozlíšenia. Metódy boli popísané napríklad v prácach Ward (1992) a Germer & Asmail (1997). Taktiež sa používajú fotografické metódy publikované napríklad v prácach Dana et al. (1999) a Matusik (2003).

Empirické modely

Minnaertov model – jeden z prvých modelov odrazu svetla použitý pri určení odrazu svetla od povrchu Mesiaca (Minnaert, 1941). Model môže byť použitý aj na popis tienenia jedného objektu iným a popisuje tmavnutie povrchu pri prechode z osvetlenej časti objektu k tiennému povrchu. Analytický vzťah pre BRDF má nasledovný tvar:

$$f_r(\mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i) = \frac{\rho_d}{\pi} (\cos(\mathbf{w}_o) \cos(\mathbf{w}_i))^{k-1} \quad (3)$$

Phongov model – je to jeden z najpopulárnejších a zároveň najjednoduchších modelov, ktorý popisuje odraz od nelambertovského povrchu (Phong, 1975). Je to zjednodušenie Torrance – Sparrow modelu. Funkcia má jednoduchý tvar:

$$f_r(\mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i) = k_s (\mathbf{w}_o \cdot \mathbf{T}_{w_i})^n \quad (4)$$

kde koeficient k_s reprezentuje mieru spekulárneho odrazu od objektu. Medzi ďalšie empirické modely možno zaradiť Blinnov model (Blinn, 1977), Lewisov model (Lewis, 1994), Neumann-Neumann BRDF model (Neumann-Neumann, 1996) a Straussov model (Strauss, 1990).

Modely s fyzikálnym základom

Model ideálneho spekulárneho odrazu – model je založený na ideálnom zrkazlovom odraze svetelného lúča na základe zákona odrazu, kde uhol dopadu na zrkadlový povrch sa rovná uhlu odrazu. Je to najjednoduchší model, kde je obojsmerná distribučná funkcia odrazu reprezentovaná Diracovou δ funkciou, ktorá je rovná nule vo všetkých smeroch okrem smeru odrazu od povrchu. V prípade difúzných povrchov má BRDF rovnakú hodnotu vo všetkých smeroch. Napriek tomu, že ideálne difúzne povrchy v reále neexistujú, dá sa využiť pre BRDF nasledujúca funkcia:

$$f_r(\mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i) = \frac{\rho_d}{\pi} \quad (5)$$

kde ρ_d reprezentuje difúznu odrazivosť materiálu.

The Torrance-Sparrowov model – ide o fyzikálny model pre izotropné materiály. Model slúži ako základ pre zložitejšie modely a bol overený pomocou ray-tracing simulácií. Do úvahy sa berie aj polarizácia svetla a je výhodný pre simulovanie odrazov od drsných povrchov (Torrance & Sparrow, 1966). Drsnosť povrchu je

modelovaná pomocou mikroskopických vydutín rovnakej veľkosti. Orientácia výdutí je náhodná a ich distribúciu je možné upraviť pomocou vstupných parametrov a teda mieru drsnosti povrchu je možné do modelu zadávať. BRDF je daná vzťahom:

$$f_r(\mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i) = \frac{k_d}{\pi} + \frac{k_s}{4\pi(\mathbf{n} \cdot \mathbf{w}_i)} D(\mathbf{h}) F(\mathbf{w}_o) G(\mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i) \quad (6)$$

kde funkcia $D(h)$ reprezentuje povrchovú distribúciu mikrovýdutí. Obvykle sa používa Gaussova distribúcia, ale časté je aj použitie Beckmannovej distribúcie v tvare:

$$D(\mathbf{h}) = \frac{1}{m^2 \cos(\delta)^4} \exp\left(\frac{\cos(\delta)^2 - 1}{m^2 \cos(\delta)^2}\right) \quad (7)$$

Člen $F(\mathbf{w}_o)$ je tzv. Fresnelov faktor určujúci pomer svetla odrazeného od celého povrchu a je z intervalu $\langle 0; 1 \rangle$. Mieru absorpcie svetla tienením určuje faktor $G(\mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i)$.

The Beard-Maxwellov model – využíva sa na simulovanie odrazu svetla od natretých povrchov s viacerými vrstvami. Výsledný model uvažuje kombinovaný príspevok od spekulárneho odrazu na najvrchnejšej vrstve náteru $f_{r,sup}$ a rozptylu svetla od náterov pod najvrchnejšou vrstvou $f_{r,vol}$. Výsledný vzťah pre BRDF je súčtom týchto príspevkov (Maxwell et al., 1973):

$$f_r(x, \lambda, \mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i) = f_{r,sup}(\lambda, \mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i) + f_{r,vol}(\lambda, \mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i) \quad (8)$$

Odraz od prvej vrstvy je simulovaný pomocou Torrance – Sparrowovho modelu. Okrem vyššie uvedených modelov existujú aj ďalšie modifikácie, napríklad Cook – Torranceov model, Poulin – Fournierov model, Granier – Heidrichov model a mnohé ďalšie.

Experimentálne modely

Wardov model – používaný pre anizotropné materiály. Ward (1992) vyvinul prístroj na účinné meranie odrazivosti povrchov a experimentálne podložil model matematickou formulou zvlášť pre izotropne aj pre anizotropne materiály:

$$f_{r,iso}(\mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i) = \frac{k_s}{\sqrt{\cos(\mathbf{w}_o) \cos(\mathbf{w}_i)}} \frac{\exp\left[-\tan^2\left(\frac{(\mathbf{h} \cdot \mathbf{n})}{\alpha_m}\right)\right]}{4\pi\alpha_m^2} \quad (9)$$

$$f_{r,ani}(\mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i) = \frac{k_s}{4\pi\alpha_x\alpha_y \sqrt{\cos(\mathbf{w}_o) \cos(\mathbf{w}_i)}} e^{\left[-\frac{\left[\frac{(\mathbf{h} \cdot \mathbf{x})}{\alpha_x}\right]^2 + \left[\frac{(\mathbf{h} \cdot \mathbf{y})}{\alpha_y}\right]^2}{(\mathbf{h} \cdot \mathbf{n})^2}\right]} \quad (10)$$

Lafortuneov model – je využívaný na fitovanie meraní odrazov z reálnych povrchov (Lafortune et al. 1997) a je vlastne zovšeobecnením Phongovho empirického modelu. BRDF má tvar:

$$f_r(\mathbf{w}_o, \mathbf{w}_i) = \frac{\rho_d}{\pi} + \sum_{l=1}^N (\mathbf{w}_i \cdot (x_l \mathbf{x}_{o_l}, y_l \mathbf{y}_{o_l}, z_l \mathbf{z}_{o_l}))^{n_l} \quad (11)$$

čo je súčet dokonale difúzneho odrazu a zmiešaného odrazu, ktorý je daný druhým členom rovnice 11.

Záver

Príspevok sa venuje popisu modelov, ktoré sú v súčasnosti najčastejšie využívané pri simulovaní odrazu svetla od rôznych povrchov. Modely sú dôležitou súčasťou vizualizácie v počítačovej grafike, ktorá sa stále viac využíva na simulovanie rôzne osvetlených scén vo výpočtových programoch (Radiance, Dialux, Relux, ...). Modely sú založené na tzv. BRDF, čo je distribučná funkcia odrazu a použité simulačné techniky sú viac alebo menej výpočtovo náročné v závislosti na použitom modeli. Poznatky uvedené v tomto príspevku majú pomôcť užívateľom simulačných programov získať prehľad o používaných metódach z matematického aspektu a pochopiť možné nedokonalosti rôznych simulačných nástrojov, čo je častokrát dôsledkom použitia empirických modelov, ktoré nie sú založené na fyzikálnom základe a majú podať iba prvotnú informáciu o odraze svetla od rôznych povrchov. Využitie sofistikovanejších fyzikálnych metód si ale vyžaduje časovo náročné výpočty, avšak s omnoho presnejším výsledkom použiteľným pri dizajnovaní interiérov alebo konštrukcii simulátorov denného svetla.

Pod'akovanie

Príspevok pod podporený Agentúrou na podporu výskumu a vývoja APVV zmluvou číslo APVV-0118-12.

Literatúra

- [1] Montes R., Ureña C., 2012. An overview of BRDF models. Technical Report LSI-2012-001.
- [2] Van Nijnatten P., 1999. Predictive algorithms for directional optical properties of coated glazing for building and automotive applications. *Thin Solid Films* 351, 295-300.
- [3] Van Nijnatten P., 2003. An automated directional reflectance/transmittance analyser for coating analysis. *Thin Solid Films* 442, 74-79.
- [4] Nicodemus, F., (1965). Directional reflectance and emissivity of an opaque surface. *Applied Optics* 4(7): 767-775.
- [5] WARD G. J.: Measuring and modeling anisotropic reflection. In *Computers Graphics, ACM Siggraph'92 Conference Proceedings* (July 1992), no. 4, pp. 265-272.
- [6] GERMER T., ASMAIL C.: Goniometric optical scatter instrument for out-of-plane ellipsometry measurements. *Review of Scientific Instruments* 70 (September 1999), 3688-3695.
- [7] DANA K. J., GINNEKIN B. V., NAYAR S. K., KOENDERINK J. J.: Reflectances and texture of realworld surfaces. 1-34.
- [8] MATUSIK W., PFISTER H., BRAND M., McMILLAN L.: A data-driven reflectance model. *ACM Trans. Graph.* 22, 3 (2003), 759-769.
- [9] MINNAERT M.: The reciprocity principle in lunar photometry. *Astrophysical Journal*, 3 (1941), 403-410.
- [10] PHONG B.-T.: Illumination for computer generated pictures. In *Computers Graphics, ACM Siggraph'75 Conference Proceedings* (New York, NY, USA, June 1975), no. 6, ACM Press, pp. 311-317.
- [11] BLINN J. F.: Models of light reflection for computer synthesized pictures. In *SIGGRAPH '77: Proceedings of the 4th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (New York, NY, USA, 1977), ACM Press,
- [12] LEWIS R. R.: Making shaders more physically plausible. *Computer Graphics Forum* 13, 2 (1994), 109-120.
- [13] NEUMANN L., NEUMANN A.: A New Class of BRDF Models with Fast Importance Sampling. *Tech. Rep. TR-186-2-96-24*, December 1996.
- [14] STRAUSS P. S.: A realistic lighting model for computer animators. *IEEE Computer Graphics Applications* (1990).
- [15] TORRANCE K., SPARROW E.: Off-specular peaks in the directional distribution of reflected thermal radiation. In *Journal of Heat Transfer* (May 1966), pp. 223-230.
- [16] MAXWELL J. R., BEARD J., WEINER S., LADD D., LADD S.: Bidirectional reflectance model validation and utilization. *Tech. rep., AFAL-TR-73-303*, Environmental Research Institute of Michigan (ERIM), October 1973.
- [17] LAFORTUNE E. P., FOO S.-C., TORRANCE K. E., GREENBERG D. P.: Non-linear approximation of reflectance functions. In *SIGGRAPH '97: Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (New York, NY, USA, 1997), ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., pp. 117-126.

Spektrálny odraz svetla „Fotometrického náteru“

Ing. Peter Hanuliak, PhD., Ing. Peter Hartman, doc. Ing. Stanislav Darula^x, Ing. Renáta Hoblíková*
Stavebná fakulta STU Bratislava, ^xÚstav stavebníctva a architektúry SAV, Bratislava, * Chemolak
a.s. Smolenice,

peter.hanuliak@gmail.com, hardy.peter1@gmail.com, usarsdar@savba.sk,
hoblikova@chemolak.sk,

Kľúčové slová

Simulovanie denného osvetlenia, difúzny odraz svetla, meranie spektrálneho odrazu svetla

Úvod

Na Ústave stavebníctva a architektúry SAV v Bratislave je už viac ako 40 rokov v prevádzke umelá obloha priemeru 8 m a železobetónovej konštrukcie hemisférického tvaru s reflektormi, ktoré nasvecujú jej vnútorný povrch [1]. Na vnútornom povrchu kupole je nanesený špeciálny svetlo rozptyľujúci náter, čím celé zariadenie generuje difúzne svetlo. V súčasnosti je možné v nej simulovať rozloženie oblohových jasov pre štandard CIE rovnomerne zamračenej oblohy, rovnorodej a jasnej oblohy s čistou atmosférou a realizovať v modeloch miestností merania dennej osvetlenosti podľa podmienok [2]. Od r. 2004 je v platnosti norma [3] obsahujúca vzťahy a sadu parametrov pre modelovanie štandardného rozloženia jasov 15 typov homogénnych oblôh. Pri prevádzke oblohy zapnuté 500 W reflektory spotrebujú značné množstvo energie, ktoré je zámer znížiť osadením nových LED svietidiel. Aby sa výmena osvetľovacej sústavy zhodnotila čo najefektívnejšie, bude obnovený vnútorný náter a riešené simulovanie rozloženia oblohových jasov podľa [3].

V minulosti bola kupola umelej oblohy 2 krát natretá náterom vyrobeného na báze celulózy a síranu bárnateho, naposledy pred dvadsiatimi rokmi. V súčasnosti, bez náhrady zrušená norma [4] predpisuje zloženie bielych náterov pre fotometrické zariadenia s vysokou odrazivosťou svetla a s difúznym odrazom svetla. Tento náter sa nanáša v troch vrstvách: 1. vrstvu tvorí základný náter zo syntetickej farby, 2. vrstva je biely podkladový náter z disperzií kysličníka titaničitého a vrchný matný náter je vytvorený na báze síranu bárnateho. Náter podľa receptúry [4] sa dá aplikovať len na nenasiakavé povrchy. Nakoľko povrch kupoly na ÚSTARCHE SAV v Bratislave tento predpoklad nespĺňa, bolo nutné hľadať riešenie aplikovateľné na železobetónový povrch. Pri riešení receptúry nového náteru, ktorý získal označenie „Fotometrický náter“ sa vychádzalo z receptúry predošlých náterov. Testovacie merania odrazivosti jestvujúceho vnútorného povrchu kupoly ukázali, že bude potrebné zvýšiť jeho hodnotu činiteľa odrazu svetla. Za týmto účelom sa v r. 2014 v spolupráci s Chemolak a.s. Smolenice riešila receptúra náteru s vlastnosťami vysoko difúzneho rozptylu svetla a spôsob jeho nanášania na jestvujúci povrch.

Metodológia

Navrhovaný „Fotometrický náter“ má podobné zloženie ako náter použitý pred dvadsiatimi rokmi. Základ tvorí suspenzia síranu bárnateho vo vodnom roztoku karboxymetylcelulózy, ktorá sa vyznačuje vysokou retenciou vody, s prídavkom špeciálnych aditív. Pri výbere vhodného dodávateľa síranu bárnateho sme zohľadňovali čistotu plniva, jeho svetelnú odrazivosť a jemnosť častíc. Pridané aditíva zabezpečujú dokonalé zmáčanie pevných častíc a eliminovanie penenia pri aplikácii. Nedostatočné zmáčanie síranu bárnateho či penenie náteru by spôsobili nerovnomernosť hotového náteru, čo by mohlo mať negatívny vplyv na smerové charakteristiky jeho svetelnej odrazivosti. Konzistencia náteru je mierne tixotropná, reologické vlastnosti sú nastavené tak, aby sa farba ľahko nanášala valčekom bez dodatočného riedenia vodou a zároveň vytvárala rovnomerný film. Keďže síran bárnatý má vysokú svetelnú odrazivosť, ale nízku kryciu schopnosť, pre dosiahnutie optimálnych vlastností je nutné aplikovať minimálne tri vrstvy.

Náter sa pripravoval v štandardnom výrobnom zariadení na výrobu interiérových farieb – antikorová nádrž s výkonným dissolverom. Kvalitatívne parametre náteru sa vyhodnocovali v analytickom laboratóriu, odrazivosť sa kontrolovala na prístroji X - rite.

V Chemolaku a.s. Smolenice bola vyrobená skúšobná vzorka náteru a nanosená na vnútorný povrch kupoly dvoma valčekmi s vlasom 12 mm a 18 mm, najprv v jednej vrstve, potom v dvoch a troch vrstvách, na plochu 0.5 x 0.6 m, viď obrázok 1.



• obrázok 1 Pohľad na vzorky testovacieho náteru.

Pri meraní spektrálnej odrazivosti povrchov kupoly ošetrených testovanými nátermi boli použité dva prístroje:

Spektofotometer Konica Minolta CM - 5, obrázok 1A, bol nastavený pre meranie spektrálnej odrazivosti povrchov. Meranie sa urobilo v troch pozíciách na ošetrenom povrchu pre každú vzorku, z ktorých sa priemerom zistila výsledná hodnota činiteľa odrazu povrchu vzorky. Prístroj má zabudovaný štandardný zdroj svetla typu A a aj D_{65} . Nakoľko v umelej oblohe sa budú realizovať merania denného osvetlenia, prístroj bol nastavený na použitie svetelného zdroja typu D_{65} . Merací rozsah prístroja je 360-740 nm s citlivosťou 10 nm.

Spektofotometer Konica Minolta CL 500 – A, obrázok 1B, sa upevnil na statív a orientoval kolmo na povrch meranej vzorky vo vzdialenosti 300 mm. Prístrojom sa zaznamenávali odchýlky v spektrálnom zložení svetla spôsobenými spektrálnou odrazivosťou jednotlivých náterov.



A



B

• obrázok 2 Spektofotometre použité pri meraní odrazivosti svetla „Fotometrického náteru“.
A. Spektofotometer Konica Minolta CM - 5. B. Spektofotometer Konica Minolta CL 500 – A.

Činiteľ odrazu svetla ρ povrchu materiálu je definovaný ako pomer odrazeného svetelného toku ku svetelnému toku dopadajúceho na tento povrch. Pri skúmaní spektrálneho odrazu svetla sa sleduje účinok žiarivého toku vo viditeľnej oblasti 380 – 780 nm, ako je to uvedené v (1).

$$\rho = \frac{\Phi_{\rho}}{\Phi} = \frac{\int_{380}^{780} \Phi_{e,\lambda} \rho_{\lambda} V(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} \Phi_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda} \quad (-; \text{lm}) \quad (1)$$

kde ρ_{λ} - spektrálny činiteľ odrazu svetla, [-],
 Φ - dopadajúci svetelný tok, [lm],
 Φ_{ρ} - odrazený svetelný tok, [lm],
 $\Phi_{e,\lambda}$ - žiarivý tok pri vlnovej dĺžke λ , [$\text{W} \cdot \text{nm}^{-1}$],
 $V(\lambda)$ – pomerná svetelná účinnosť monochromatického žiarenia, [-].

V prípade praktických meraní sa pre zisťovanie svetelnej odrazivosti používajú v meracích prístrojoch normalizované zdroje svetla so schopnosťou generovať žiarivý tok na rôznych vlnových dĺžkach. Potom pre zistenie činiteľa odrazivosti svetla, v prípade nášho fotometrického náteru, možno vzťah (1) upraviť nasledovne:

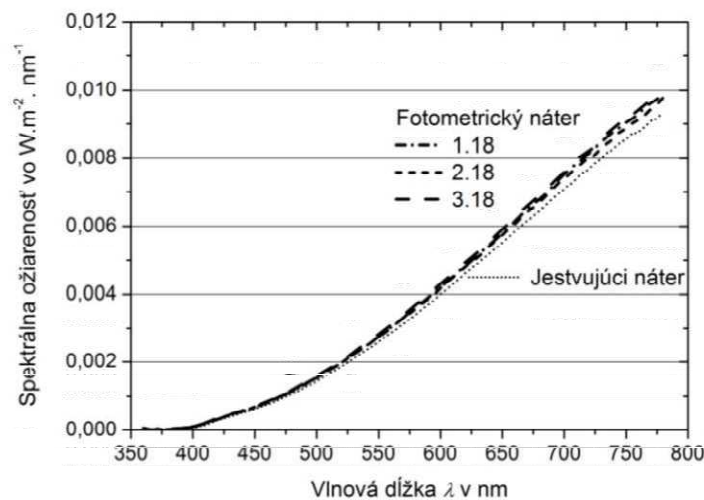
$$\rho_V = \frac{\sum_{\lambda=360 \text{ nm}}^{\lambda=740 \text{ nm}} D_{\lambda} \rho_{(\lambda)} V_{(\lambda)} \Delta_{\lambda}}{\sum_{\lambda=360 \text{ nm}}^{\lambda=740 \text{ nm}} D_{\lambda} V_{(\lambda)} \Delta_{\lambda}} \quad (-; -) \quad (2)$$

kde $\rho_{(\lambda)}$ – spektrálny činiteľ odrazu svetla, [-],
 $D_{(\lambda)}$ – pomerné spektrálne zloženie štandardného svetelného zdroja D_{65} , [-],
 $\Delta_{(\lambda)}$ – meraný rozsah vlnovej dĺžky, [nm],
 ρ_V – činiteľ odrazu svetla fotometrického náteru, [-].

Z nameraných dát sa pomocou vzťahu (2) vypočítal činiteľ odrazu svetla jestvujúceho povrchu kupoly umelej oblohy a všetkých nanesených vzoriek Fotometrického náteru.

Výsledky

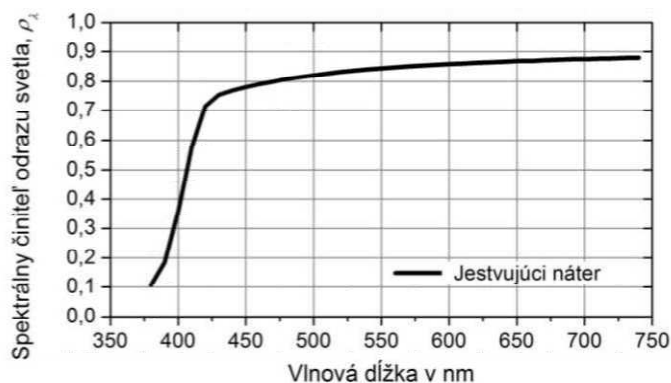
V súčasnosti kupola umelej oblohy na ÚSTARCH SAV v Bratislave je osvetľovaná scénickými reflektormi v ktorých sú osadené 500 W žiarovkové svetelné zdroje. Na obrázku 3 je zreteľne dokumentový odraz žiarovkového svetla od povrchu kupoly umelej oblohy. Určité rozdiely medzi jestvujúcim povrchom a Fotometrickým náterom možno pozorovať pri vyšších vlnových dĺžkach. Počas prevádzky umelej oblohy sa znížila odrazivosť svetla jestvujúceho náteru vplyvom degradácie a zaprášenia, čo dokazujú aj merania. Označenie vzorky Fotometrického náteru 1.18 znamená, že sa aplikoval jedným náter valčekom s vlasom 18 mm a označenie 3.18 označuje vzorku s tromi nátermi urobené tým istým valčekom.



* obrázok 3 Spektrálne zloženie svetla v priestore kupoly SPD (Spectral Power Distribution).

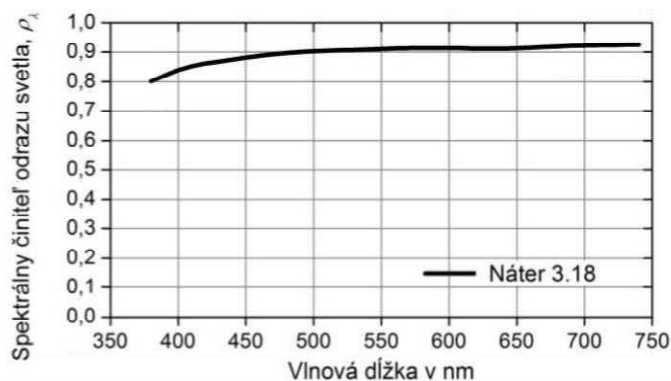
Súčasnú svetelnú zdrojov v reflektoroch, ktoré sa používajú na osvetlenie kupoly, reprezentujú štandardný zdroj svetla typu A. Tento zdroj svetla má nízku dávku žiarenia v oblasti spodného rozsahu viditeľného spektra. Vzhľadom na tento stav, nie sú badateľné výraznejšie zmeny vo výsledkoch spektrálneho zloženia svetla pred a po použití náteru. Jednotlivé vzorky vykazujú malé rozdiely v spektrálnom zložení odrazeného svetla, ktoré súvisia s ich mierou schopnosti odrážať svetlo. Najvyššiu odrazivosť svetla vykazujú vzorka 3.18.

Premeriavané vzorky všetkých spôsobov nanášania fotometrického náteru preukázali viditeľné zvýšenie činiteľa odrazu svetla povrchu kupoly umelej oblohy. Pre porovnanie je na obrázku 4 dokumentovaný spektrálny odraz jestvujúceho povrchu kupoly. V spodnej oblasti spektra 380 – 500 nm vidieť výrazný pokles odrazu svetla. Pri použití žiarovkového svetelného zdroja, tento pokles má minimálny vplyv na modelové merania. V prípade zdrojov svetla, ktoré sa spektrálnym zložením viac približujú dennému svetlu, napr. LED zdroje, by sa do meraní vnášala ďalšia chyba.



* obrázok 4 Spektrálny odraz svetla jestvujúceho náteru.

Nový fotometrický náter vykazuje vyššiu a takmer konštantnú odrazivosť svetla na úrovni 90% a minimálnu spektrálnu selektivnosť odrazeného svetla, ktorá variuje v svetelnej oblasti do 10%. Pre modelové svetelno-technické merania je dôležité zlepšenie spektrálneho odrazu svetla povrchu umelej oblohy v spodnej oblasti viditeľného spektra. Na obrázku 5 je zobrazený výsledok merania spektrálneho odrazu vzorky 3.18 nového testovaného náteru. Meraním Fotometrického náteru sa zistila hodnota činiteľa odrazu svetla $\rho_{v,3.18} = 0,909$ a u jestvujúceho náteru $\rho_{\text{iest}} = 0,843$, čo predstavuje celkové zlepšenie o 7,2%.



* obrázok 5 Spektrálny odraz svetla Fotometrického náteru, vzorka 3.18.

Záver

Pri obnove alebo návrhu zariadení pre meranie fotometrických veličín sa objaví požiadavka na riešenie povrchu s vysokým rozptylom a odrazom svetla. Receptúru pre zloženie takýchto náterov na nenasiakavé povrchy možno nájsť v neplatnej [4]. V svetelno-technických laboratóriách sa môžu nachádzať zariadenia s nasiakavými vnútornými povrchmi, napr. železobetónové kupoly umelých oblôh, sadrové alebo vápenno-cementové povrchy integrátorov väčších rozmerov. V týchto prípadoch receptúra podľa [4] sa nedá použiť. Príspevok ukázal, že je možné navrhnuť náter s veľmi dobrými optickými vlastnosťami v celom viditeľnom spektre, ktorý sa dá aplikovať na nenasiakavé povrchy. Pri obnove umelej oblohy na ÚSTARCH SAV v Bratislave možno počítať s činiteľom odrazu svetla jej vnútorného povrchu s hodnotou $\rho_v = 0,9$.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol za podpory projektu APVV-0118-12 a projektu APVV 0150-10

Literatura a odkazy

- [1] Kittler R. A new artificial 'Overcast and Clear Sky' with artificial sun for daylight research. Lighting Research and Technology, 6, 1974, 4, 227-229.
- [2] STN 73 0580:1987. Denné osvetlenie budov.
- [3] ISO 15469:2004(E)/CIE S 011/E:2003 Spatial Distribution of Daylight - CIE Standard General Sky. Geneva: ISO, Vienna: CIE.
- [4] STN 36 0010: 1965. Meranie svetla.

Modelovanie difúznej a priamej osvetlenosti v umelej oblohe

doc. Ing. Stanislav Darula, CSc.

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

Úvod

V reálnych exteriérových podmienkach zdrojom denného osvetlenia je slnko a obloha alebo len obloha. Merania neustále sa meniacich úrovni dennej osvetlenosti počas dňa ukazujú, že ich denné priebehy sa neopakujú a môžu sa skladať zo situácií, ktoré sa dajú viac alebo menej modelovať [1]. Pre účely výskumu dostupnosti dennej osvetlenosti a aj pre účely technickej praxe boli zavedené ISO/CIE štandardné typy oblôh [2] ako referenčný zdroj oblohového svetla. Tým, že sa osvetlenosť počas dňa stále mení je veľmi ťažké, takmer nemožné zastihnúť v exteriéri štandardné modelové podmienky pre výskum alebo preukázanie svetelnotechnických riešení.

Určitú cestu pre zabezpečenie porovnateľných podmienok pri meraniach denného osvetlenia môžu poskytnúť poskytujú umelé oblohy. Jedným z problémov, ktorý je potrebné v nich riešiť je stanovenie prijateľného pomeru medzi oblohovou a priamou slnečnou osvetlenosťou. Tak ako sa model miestnosti osadzuje v určitej mierke do stredu oblohy [3], je možné z meraní a matematických modelov zistiť pomery medzi oblohovou a priamou osvetlenosťou. Určujúcimi faktormi pre stanovenie tohto pomeru sú:

- intenzita umelých svetelných zdrojov,
- smerový odraz svetla od vnútorného povrchu kupoly umelej oblohy v prípade, že táto je riešená ako nasvetlená,
- intenzita svetelného zdroja/zdrojov umelého slnka,
- výška slnka nad horizontom,
- minimálne/akceptovateľné úrovne osvetlenosti, ktoré sa ešte môžu merať v modeli.

Modelovanie difúznej a priamej osvetlenosti

Hodnoty difúznej osvetlenosti $E_{v,d}$ a priamej slnečnej osvetlenosti $E_{v,s}$ sa modelovali výpočtom podľa [4] pre výšky slnka 5° až 75° a všetky typy ISO/CIE štandardných oblôh. V podmienkach Slovenska výška slnka v lete nepresahuje úroveň 65° a v mestskej zástavbe je slnko v nízkych výškach tienené okolitými budovami. Úroveň výšky slnka 30° nad horizontom sa ukazuje ako prijateľná referenčná úroveň pre preukazovanie vplyvu rôznych oblohových podmienok na denné osvetlenie v interiéroch budov.

Vstupným parametrom pre výpočet difúznej osvetlenosti $E_{v,d}$ bola hodnota svetelnej solárnej konštanty $E_{v,oh} = 133,8$ klux a pomer $E_{v,d}/E_{v,oh}$ vyjadrujúci mieru zoslabenia intenzity slnečného svetla prechádzajúceho súvislou oblačnou vrstvou. V závislosti od typu oblakov a ich hrúbky tento pomer môže mať hodnoty 0,1 až 0,4. Modelované hodnoty $E_{v,d}$ pri výške slnka $\gamma_s = 30^\circ$ môžu byť v rozpätí 6,690 až 26,760 klux, Tabuľka 1. Merania na CIE IDMP stanici v Bratislave potvrdzujú tento rozsah hodnôt $E_{v,d}$ ako výskyt priemerných mesačných úrovni počas roka [5].

l	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,4
v klx	6,690	10,035	13,380	16,725	20,070	23,415	26,760

- Tabuľka 1: Rozsah úrovni difúznej osvetlenosti $E_{v,d}$

Celkovú nameranú interiérovú osvetlenosť v modeli bude vytvárať svetlo prenikajúce osvetľovacími otvormi od oblohy. Ukazuje sa, že je možné v umelej oblohe dosiahnuť osvetľovacou sústavou 15 až 20 krát nižšie úrovne oblohového svetla. V zmysle požiadaviek [6] je najnižšia požadovaná hodnota činiteľa dennej osvetlenosti $D = 0,5$ %, čo zodpovedá úrovni 1,6 – 7 lux pri 20 násobnom znížení reálnej osvetlenosti. Existuje predpoklad, že sa v hlbokých interiéroch namerajú ešte nižšie hodnoty osvetlenosti. Skúsenosti z praxe ukazujú, že denné osvetlenie je počas roka nevyužiteľné v priestoroch s $D < 0,1$ %. V Tabuľke 2 sú uvedené možné úrovne $E_{v,d}$ v umelej oblohe a im zodpovedajúce interiérové osvetlenosti v modeli v mieste s $D = 0,5$ % a $D = 0,1$ %.

Typy ISO/CIE oblôh 1 – 6 reprezentujú neslnečné situácie u ktorých sa celková osvetlenosť $E_{v,g}$ rovná difúznej osvetlenosti:

$$E_{v,g} = E_{v,d} \quad [lx] \quad (1)$$

Osvetlenosť'	V exteriéri		V oblohe		V modeli		
	lx	Mierka	(obl)	%	(mod)	%	(mod)
			lx		lx		lx
max	26760	15	1784	0,50	8,92	0,10	1,78
		20	1338		6,69		1,34
min	6690	15	446	0,50	2,23	0,10	0,45
		20	335		1,67		0,33

- Tabuľka 2: Rozsah úrovni osvetlenia $E_{v,d}(obl)$ v umelej oblohe a osvetlenia v modeli $E_v(mod)$ pri výške slnka $\gamma_s = 30^\circ$

Počas snečných situácií celková osvetlenie sa zvyšuje o príspevok priameho snečného svetla, t.j. o priamu snečnú osvetlenie $E_{v,s}$ nasledovne:

$$E_{v,g} = E_{v,d} + E_{v,s} [lx] \quad (1)$$

Posledné dve zložky v (1) sa modelovali pomocou parametrizácie [4] pre výšku slnka $\gamma_s = 30^\circ$. Výsledky výpočtu sú uvedené v Tabuľke 3. Pri štúdiu dostupnosti denného osvetlenia v interiéroch budov je potrebné poznať hodnoty jednotlivých zložiek denného osvetlenia, t.j. $E_{v,g}$, $E_{v,d}$ a $E_{v,s}$. Pomerne vysoké hodnoty osvetlenia sa získavajú od snečného svetla, čím rastú požiadavky na výkon svetelných zdrojov, ktoré sa majú použiť pre konštrukciu umelého slnka. Ukazuje sa, že 13 – 20 násobné zníženie reálnej priamej osvetlenia $E_{v,s}$ je technicky realizovateľné, kde najvyššie hodnoty $E_{v,s}$ sa nachádzajú v úrovni 2650 – 4077 lx, Tabuľka 4. Za týchto predpokladov sa dajú vytvoriť podmienky pre simulovanie denného osvetlenia pre ISO/CIE štandardy typu 9 – 15.

ISO/CIE Štandard		Osvetlenosť'		
		Difúzna	Priama	Celková
		klx		
9	IV.2	25,962	6,090	32,052
10	IV.3	25,485	9,080	34,565
11	IV.4	11,831	36,747	48,578
12	V.4	12,016	40,606	52,622
13	V.5	19,191	27,235	46,425
14	VI.5	18,084	30,095	48,178
15	VI.6	17,699	30,095	47,793

- Tabuľka 3: Difúzna, priama a celková osvetlenie počas štandardných snečných situácií pri výške slnka $\gamma_s = 30^\circ$

Osvetlenosť'		V exteriéri		V oblohe				
		lx	Mierka	(obl)	Mierka	(obl)	Mierka	(obl)
			lx	Lx	lx	lx	lx	lx
Difúzna, $E_{v,d}$	max	26000	13	2000	15	1733	20	1300
	min	12000		923		800		600
			Mierka	$E_{v,s}(obl)$	Mierka	$E_{v,s}(obl)$	Mierka	$E_{v,s}(obl)$
Priama, $E_{v,s}$	max	41000	13	3154	15	2733	20	2050
	min	6000		462		400		300
			Mierka	$E_{v,g}(obl)$	Mierka	$E_{v,g}(obl)$	Mierka	$E_{v,g}(obl)$
Celková, $E_{v,g}$	max	53000	13	4077	15	3533	20	2650
	min	32000		2462		2133		1600

- Tabuľka 4: Rozsah úrovni štandardných osvetlenia $E_{v,g}(obl)$, $E_{v,d}(obl)$ a $E_{v,s}(obl)$ v umelej oblohe pri výške slnka $\gamma_s = 30^\circ$

Najnepriaznivejšie podmienky pre osvetľovanie vnútorných priestorov budov sa získali pri najvyššej 20 násobnej redukcii sledovaných reálnych osvetlenia. V tomto prípade difúzna osvetlenie na horizontálnej rovine v strede

umelej oblohy bude 600 lux a celková osvetlenosť v úrovni 1600 lux, Tabuľka 4. Uvedené výsledky ukazujú, že pri riešení osvetľovacej sústavy umelej oblohy možno zvoliť dva prístupy. V prvom prístupe sa použije pre neslnečné a slnečné situácie jednotný pomer redukcie reálnych hodnôt exteriérových osvetleností. V druhom prístupe sa osvetľovacia sústava navrhne na dva režimy s rôznymi pomermi redukcie reálnych hodnôt exteriérových osvetleností, jeden pre merania pod oblohami bez vplyvu priameho slnečného svetla a druhý umožňujúci štúdium denného osvetlenia počas štandardných slnečných situácií. V prípade merania celkovej osvetlenosti v interiéri budovy pri slnečných podmienkach a priepustnosti svetla osvetľovacími otvormi $WE = 10\%$, by úroveň osvetlenosti v modeli miestnosti nemala klesnúť pod 1 lux, Tabuľka 5.

Celková osvetlenosť	V exteriéri	V oblohe		V modeli	
		Mierka	(obl)		(mod)
	lx		lx	%	lx
max $E_{v,g}$	53000	13	4077	0,10%	4,08
		15	3533		3,53
		20	2650		2,65
min $E_{v,g}$	32000	13	2462	0,10%	2,46
		15	2133		2,13
		20	1600		1,60

- Tabuľka 5: Rozsah úrovni osvetlenosti $E_{v,g}(obl)$ v umelej oblohe a $E(mod)$ v modeli pri výške slnka $\gamma_s = 30^\circ$

Záver

Denná osvetlenosť v miestnostiach budov sa dá vyhodnocovať výpočtom alebo meraním. Vzhľadom k neustále sa meniacim jej úrovniam počas dňa je náročné zistiť štandardné podmienky denného osvetlenia pri praktických meraniach v teréne. V prípadoch, keď výsledky výpočtových programov sú nespoľahlivé, umelé oblohy ponúkajú možnosti pre riešenie veľa svetelnotechnických problémov. Základným predpokladom využitia umelých oblôh je, aby boli nakalibrované na štandardné rozloženia oblohových jasov a poskytovali správne pomery medzi difúznou a priamou osvetlenosťou. Príspevok ukazuje, že je možné technicky zabezpečiť v umelej oblohe simulovanie denného svetla pre slnečné aj neslnečné situácie v znížených úrovniach osvetlenosti a tým aj jasov. Správne pomery medzi reálnymi exteriérovými osvetlenosťami a osvetlenosťami merateľnými v interiéri modelu by mali byť v rozsahu 1:13 až 1:20. Za týchto podmienok jestvuje možnosť navrhnuť a realizovať osvetľovaciu sústavu s parametrami simulujúcimi reálne väzby medzi difúznou a priamou osvetlenosťou, ktoré sa vyskytujú v prírode.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol za podpory APVV pri riešení projektu APVV-0118-12, pričom podklady pre výpočty poskytol projekt VEGA 2/0117/14.

Literatura a odkazy

- [1] Darula, S., Kittler, R. Contribution to the modelling of illuminance and irradiance daily courses. *Electrical Review*, 2008, roč. 84, č. 8, str. 11-14.
- [2] ISO 15469:2004(E)/CIE S 011/E:2003 Spatial Distribution of Daylight - CIE Standard General Sky. Geneva: ISO, Vienna: CIE.
- [3] Darula, S. Artificial sky: Possibilities to evaluate daylight in models. *Int. Conf. Indoor Climate of Buildings '98. Health and Comfort vs. Intelligent Technology, Štrbské Pleso 1 – 3. 12. 1998. SSTP Bratislava*, 1998, str. 79-82.
- [4] Kittler, R., Darula, S., Perez, R. A set of standard skies. Bratislava: Polygrafia SAV, 1998. http://www.ustarch.sav.sk/ustarch/download/A_set_of_standard_skies.pdf.
- [5] DARULA, Stanislav. Štatistické charakteristiky exteriérovej osvetlenosti v Bratislave podľa meraní počas rokov 1994 a 1995. *Svetelná technika*, 1997, roč. 30, .č. 3-4, str. 42-46.
- [6] STN 73 0580-1: 1987. *Denné osvetlenie budov. Časť 1: Základné požiadavky*. Praha: ÚNM.

Měření denního osvětlení v praxi

Jana Lepší, Ing; Pavel Stupka, Ing.

ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem, Plzeň - Oddělení faktorů prostředí

Úvodem

Způsob měření denního osvětlení a náležitosti protokolu o měření osvětlení v současné době řeší dvojice letos v únoru novelizovaných norem:

Norma [1] obsahuje definice a obecně specifikuje základní technické požadavky pro měření osvětlení a jeho vyhodnocení.

Norma [2] je již věnována měření denního osvětlení. Obsahuje konkrétní postupy, kterak měření správně provést. V kapitole 4.9 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.

Zjištěné hodnoty se pak porovnávají s požadavky norem ČSN 73 0580-1 ÷ 73 0580-4.

Pozvánka na přednášku

V úvodu našeho příspěvku, který předneseme na konferenci, budou velmi stručně zmíněny některé důležité požadavky výše zmíněných norem. Tolik teorie.

Těžištěm přednášky však budou praktické ukázky z námi provedených měření denního osvětlení nejrůznějších typů vnitřních prostorů. Pomocí fotodokumentace ukážeme, jak tato náročná měření plánujeme i provádíme. Podělíme se s Vámi o naše zkušenosti a rádi si v diskusi případně poslechneme zkušenosti Vaše.

Literatura a odkazy

[1] ČSN 36 0011-1 - Měření osvětlení prostorů - Část 1: Základní ustanovení

[2] ČSN 36 0011-2 - Měření osvětlení prostorů - Část 1: Měření denního osvětlení

Vliv světla na naše zdraví

Petr Vrbík, Ing.

Autorizovaná osoba pro hodnocení zdravotních rizik; email: VrbikPetr@seznam.cz

Motto: Denní světlo je nám darovaná energie, kterou k životu nezbytně potřebujeme ...

Klíčová slova: adaptace; biorytmy; celková pohoda; dynamická proměnlivost a množství denního světla; emoce; fyziologická a psychologická odezva; oslňování; podpora imunitního i reprodukčního systému, práh energetického poškození; rušivé světlo; subjektivní odezva; vizuální kontakt; zásady osvětlování; zraková a psychická zátěž; zrakové potíže.

Úvod

Snad už ani není potřeba diskutovat o tom, že jsme nedílnou součástí přírody, a že je v našem zájmu poznávat přírodní zákonitosti a být s nimi v souladu. V průběhu našeho života jsme přitom vystavováni různým vlivům životního prostředí, které na nás působí (*mj. je vnímáme i svými smysly, nebo se podílejí na našich pocitech*). Snahou je posuzovat všechny tyto vlivy komplexně (*jedná se o dynamický systém vzájemného ovlivňování*), ale v praxi to bývá dosti náročné. Jedním z mnoha sledovaných vlivů jsou i fyzikální faktory našeho prostředí. Řadíme sem mj. prach, hluk, vibrace a elektromagnetické záření. Přejichod mezi ionizujícím a neionizujícím EM zářením tvoří tzv. **optické záření** (zahrnující UV, světelné a IR záření) které lze považovat za hygienicky velice významné [8].

Pozn.: Jako „světelné záření“ označujeme tu spektrální část optického záření, které je schopno vyvolávat vizuální počitky, a současně je zhodnoceno podle spektrální citlivosti oka pozorovatele. Spektrální citlivost zraku se mění v závislosti na množství světla, takže v běžné praxi rozlišujeme citlivost pro denní (fotopické - vrchol citlivosti na 555 nm) a noční vidění (skotopické - vrchol na 505 nm).

Nejčastěji sice nahlížíme na **světlo** jako na energii nezbytnou pro přenos informací o našem okolí (*předpokládá se, že až 80 % informací přijímáme zrakem*), nicméně byla také prokázána **fyziologická a psychologická odezva** člověka na světelný podnět [7], takže lze **světlo** považovat za fyzikální faktor našeho prostředí, který **významně působí i na naše zdraví**.

Působení světla

Víme, že světlo může působit na člověka **příznivě** i **nepříznivě**, a to:

- množstvím světla (energetické působení);
- spektrálním složením (barvou světla);
- vytvářením kontrastů jasů a barev (napomáhá zrakovému vnímání);
- dobou trvání (např. dlouhodobě, krátkodobě, trvale);
- časovým průběhem (např. míháním světla).

Příznivé účinky lze ztotožnit s naší fyziologickou a psychologickou potřebou přírodního denního světla, na jejichž základě potom formulujeme zásady pro hygienu osvětlování. **Nepříznivé účinky** lze rozlišit na **přímé** či **nepřímé**, a k přímým účinkům řadíme:

- **nedostatečné množství denního světla** v průběhu dne;
- **oslňování**, způsobující překročení adaptačních schopností lidského zraku;
- **rušení**, přičemž světlo interferuje s nějakou lidskou činností (pozorováním, spánkem apod.);

a do nepřímých účinků zařazujeme:

- **narušování pocitu pohody**, vznikající psychicky negativně vnímaným světlem dotčenou osobou (emoční stres; podíl mohou mít i osobnostní rysy pozorovatele);
- **obtěžování**, představující nepřijatelné ovlivňování našeho prostředí (popř. i osobních práv).

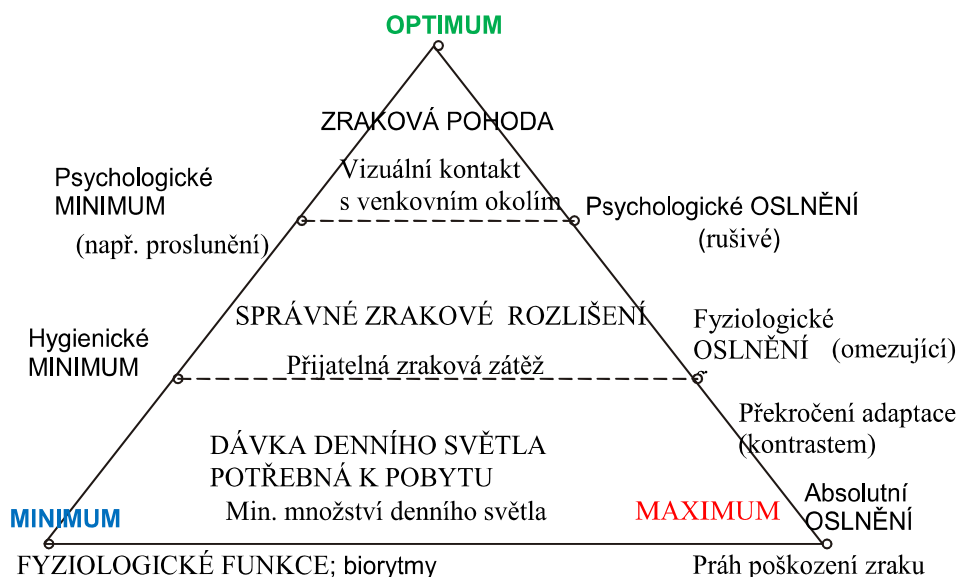
Pozn.: Přitom přímé nepříznivé účinky světla většinou objektivizujeme pro standardního pozorovatele (např. měřením) a nepřímé (zda obtěžuje či stresuje) se snažíme posuzovat pro konkrétní osoby.

Přirozené denní světlo na nás také působí svojí **dynamickou proměnlivostí** a to nejen množstvím světla, ale i z hlediska spektrálního složení. A k neméně významným vlivům patří i **střídání světla a tmy** v průběhu denního cyklu. Bylo ověřeno, že přirozené střídání denního světla a tmy synchronizuje naše vnitřní **biorytmy**. Tyto vnitřní biorytmy jsou u člověka vrozené (endogenní) a pro udržení lidského zdraví nezbytné (mj. ztráta vnitřních biorytmů bývá považovaná za jednu z příčin psychogenních onemocnění).

Pozn.: Jako biorytmus označujeme charakteristiku periodické změny v živém organismu nebo v životním procesu. A jako **denní světlo**, světlo, které dopadá na Zemi jednak jako přímé sluneční záření, jednak jako rozptýlené oblohové světlo. Charakteristickým znakem je jeho neustálá proměnlivost.

Zásady pro osvětlování

Vycházíme z našich fyziologických a psychologických potřeb, a hledáme ještě hygienicky přijatelná „rozmezí“ v úrovni osvětlení. Preferujeme přirozené denní světlo a pro názornost jsou uvažovaná rozpětí zobrazena ve schématu (viz obr. 1).



Obr. č. 1: Schéma zásad osvětlování

„**Fyziologické rozmezí**“ – je z jedné strany ohraničeno potřebou minimální dávky denního světla (osvitem), potřebnou k podpoře našeho **imunitního i reprodukčního systému** včetně řízení našich **biorytmů** (denní světlo je jediným synchronizátorem našich biorytmů [1,5]). Z druhé strany je rozmezí ohraničeno **prahem energetického poškození tkáně** (pro sítnici např. absolutní oslnění).

„**Hygienické rozmezí**“ – bývá určeno především přijatelnou **zrakovou zátěží** (správným zrakovým rozlišením). Vycházíme z hygienického minima, daného délkou pobytu a vykonávanou činností (při krátkodobém pobytu a bezvýznamné zrakové zátěži může být i totožné s fyziologickým minimem), přičemž druhá hranice hygienicky přípustného rozpětí je dána především našimi adaptačními schopnostmi. Při překročení adaptačních schopností zraku dochází k oslnění a tím může dojít i k jeho poškození (důležitou roli zde hraje čas, při dlouhodobém působení způsobuje potíže i malé oslnění a podmínky **adaptace**).

„**Psychologické rozmezí**“ – bývá ovlivňováno především zajištěním dostatečného **vizuálního kontaktu** s vnějším okolím, oslněním a případným zajištěním před rušivými vlivy (nepostřehnutým oslněním, míháním světla, časovým a prostorovým rozložením).

Pozn.: Jako **osvětlení** označujeme záměrné používání světla k dosažení viditelnosti nebo rozlišitelnosti pozorovaných předmětů, a za **osvětlování** označujeme světlem vytvářené světelné prostředí, které vyvolává fyziologické a psychologické odezvy člověka.

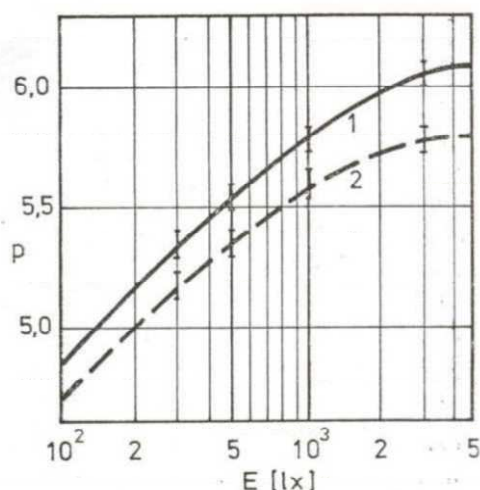
Z výše uvedeného vyplývá, že přirozené denní světlo především potřebujeme:

- a) ke zdravému pobytu ve vnitřním prostoru;
- b) k správnému zrakovému rozlišování (vidění);
- c) i pro celkovou pohodu.

ad a) Při pobytu ve vnitřním prostoru v průběhu dne (v místnosti určené k pobytu lidí), potřebujeme především **dostatečné množství přirozeného denního světla**. Toho dosahujeme především celkovým rovnoměrným osvětlením daného vnitřního prostoru denním světlem s ohledem na předpokládanou délku pobytu.

Pozn.: **Pobyťová místnost** - vnitřní prostor stavby, který svou polohou, velikostí a stavebním uspořádáním splňuje požadavky k tomu, aby se v ní zdržovaly osoby (např. kanceláře, dílny, ordinace, výukové prostory, pokoje ve zdravotnických zařízeních, hotelích a ubytovnách, halové prostory různého účelu, kulturních zařízení, místnosti ve stavbách pro individuální rekreaci apod.).

ad b) Dále světlo potřebujeme k přenosu informací o našem vnějším okolí pro **zrakové vnímání**, (což je dynamický proces celé řady složitých jevů, založených na systému průběžného porovnávání nejen v oku, ale i v nervové soustavě a ve zrakovém centru mozku, přičemž se na vjemu podílí i naše vědomí). Podstatné pro vidění jsou světlem vytvářené konkrétní jasové a barevné kontrasty v zorném poli pozorovatele (např. dostatečný kontrast mezi pozorovaným předmětem a jeho bezprostředním okolím). I zde preferujeme přirozené denní světlo, protože nám zajišťuje **vyšší jasovou adaptaci zraku** (zvyšuje odolnost proti oslnění) a jeho dynamická proměnlivost nám snižuje možnou zrakovou zátěž (viz obr. č. 2).



Obr. č. 2: Zrakový výkon 1 – při denním osvětlení;
2 – při umělém osvětlení

ad c) Pro zachování **celkové pohody** (zrakové a psychické) je mj. potřeba, aby kromě již zmíněného přirozeného denního světla byly eliminovány světlem vyvolávané **rušivé vlivy** (např. oslnění, mihání světla, nevhodné prostorové či časové rozložení) popř. odstraněna nadměrná zraková zátěž. Současně mají být zajištěny i další související požadavky např. **vizuální kontakt** s venkovním prostředím, **proslunění** (u umělých zdrojů ještě index barevného podání popř. výjimečně i teplota chromatičnosti světla).

Pozn.: Přitom je potřeba si uvědomit, že ani splnění uvedených hygienických zásad nám nezaručuje **optimální osvětlovací podmínky pro dotčeného jednotlivce v daném čase a prostředí**. Individuálním potřebám konkrétní osoby se lze přizpůsobit vhodně zvoleným rozsahem jím ovládané regulace (např. žaluziemi na oknech či ovládáním místního umělého osvětlení podle potřeby apod.).

K prosazování těchto hygienických zásad se potom hledá opora v legislativních požadavcích na osvětlování.

Hygienický dozor

Aby se zabránilo případným nepříznivým vlivům světla na naše zdraví, provádí se **hygienický dozor**. Základem je zákon **O ochraně veřejného zdraví**, kde se uvádí, že uživatelé staveb jsou povinni zajistit, aby vnitřní prostředí **pobytových místností** v těchto stavbách odpovídalo hygienickým limitům chemických, **fyzikálních** a biologických ukazatelů, upravených prováděcími právními předpisy; přičemž se odkazuje na normové hodnoty.

Základním požadavkem bývá zajištění dostatečného **množství přirozeného denního světla** k pobytu. (*Normové hodnoty parametrů denního osvětlení najdeme v technických normách [10]*).

Požadavky na denní osvětlení budov je potřeba vznášet především preventivně v projektové přípravě stavby (*dosažení pozdějších změn v dispozicích stavby bývá značně obtížnější*). Především se tedy kontroluje dodržení **odstupové vzdálenosti** od okolní zástavby popř. i jiných možných stínících objektů (*snadno kontrolovatelné úhlem zastínění*) a **osvětlovací soustavy oken** či **světlíků**.

Pozn.: K projevům nedostatku přirozeného denního světla můžeme zařadit nárůst očních vad (především u dětí), zvýšenou únavu, podrážděnost, nesoustředěnost, poruchy spánku, poruchy imunity, deprese, SAD. (Ne náhodou se považovalo za nejhorší trest pro trestance pobyt v temnici).

Dalším požadavkem by mělo být udržení **příjemné zrakové zátěže**. Zraková zátěž charakterizuje danou vizuální situaci, k jejímuž zvládnutí je potřeba jistý zrakový výkon, přičemž je zrak určitou měrou unavován.

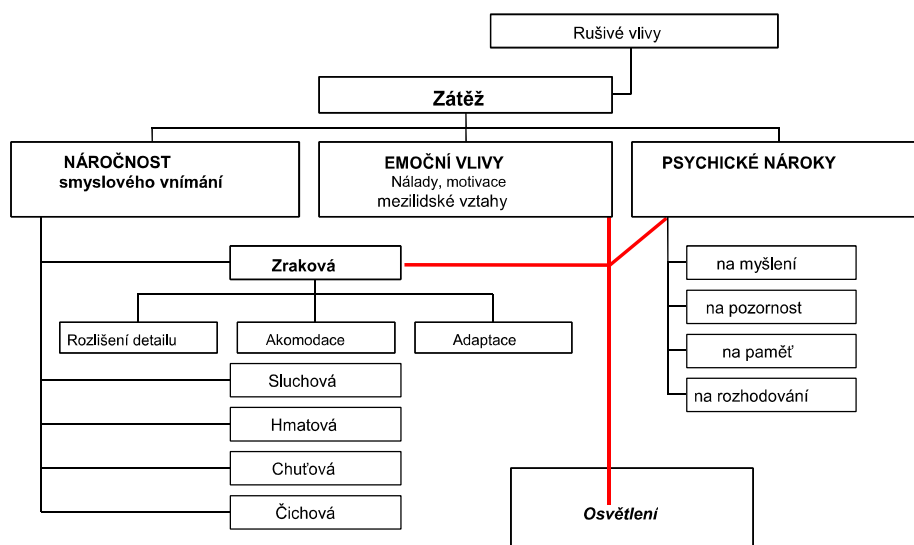
Kritéria pro posuzování zrakové zátěže jsou vymezena v **Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.**, (*ve znění pozdějších předpisů*), kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci. Prací se zvýšenou zrakovou zátěží se rozumí trvalá práce:

- spojená s náročností na rozlišení detailů;
- vykonávaná za zvláštních světelných podmínek (např. bez denního světla);
- spojená s používáním zvětšovacíh přístrojů, sledováním monitorů nebo se zobrazovacími jednotkami;
- spojená s neodstranitelným **oslňováním**.

Bývá podmíněna také informační skladbou a psychologickou složitostí.

*Pozn.: Prvním projevem zvýšené zrakové zátěže bývají **potíže se zrakem či viděním**. Při zjištění významně nestandardních podmínek zrakového úkolu (popř. při výskytu stížností), lze při posuzování vlivu osvětlení použít i **dotazník zrakových potíží**, kterým můžeme ověřit **subjektivní odezvu** konkrétních osob a prokázat tak případnou zvýšenou zrakovou zátěž (při zjištění nepříznivé odezvy potom hledáme příčiny).*

Specifickým požadavkem hygienického dozoru bývá i ověření **celkové pohody**, která je osvětlením významně ovlivňována. Ověřování celkové pohody většinou převádíme na kontrolu **zrakové a psychické zátěže u konkrétních osob**, na které se podílejí tři základní oblasti - **náročnost zrakového vnímání, emoce a psychické nároky**. Světlo přitom působí na všechny tyto oblasti (viz obr. č. 3).



Obr. č. 3 Schéma celkové zátěže

Náročnost zrakového vnímání ovlivňují především nároky na **rozlíšení kritického detailu** (jeho velikost, tvar, barva), **aktuální stav našeho zraku** (jeho adaptace a akomodace, popř. i zrakové vady) a **úroveň denního osvětlení**, která napomáhá při vytváření vhodných jasových i barevných kontrastů, potřebných jak k rozlišení potřebných detailů, tak i pro adaptaci zraku.

Emoce (nálady) může ovlivnit například i nedostatek denního světla (viz *známý syndrom sezónní deprese*) nebo působení různých **barev světla**.

Psychické nároky mohou být zvyšovány nedostatečným **vizuálním kontaktem** s venkovním okolím nebo i např. odváděním pozornosti při nevhodném osvětlení. Navíc mohou zátěž zvyšovat i **rušivé vlivy** - mj. míhání či blikání umělého osvětlení (např. *světelné reklamy*).

Pozn.: **Vizuální kontakt** představuje udržení dobrého výhledu do venkovního okolí (se záchytnými body pro zrak).
Je prokázáno, že je potřeba zajistit průhled asi v $\frac{1}{3}$ šířky boční stěny (má pozitivní vliv na produktivitu práce).

Přítom významným projevem narušení psychické pohody může být i **emoční stres**, což je sice záležitostí hlavy, ale přenáší se i na tělo!

Zcela specifickou záležitostí je potom působení některých technických zdrojů světla – např. **laserů či solárií**, které může být i bezprostředně nebezpečné.

Závěr

Při hodnocení osvětlení musí orgány ochrany veřejného zdraví především odborně posoudit přípustnou míru nahrazování přirozeného denního osvětlení osvětlením umělým. Pozornost musí být věnována především místům dlouhodobého pobytu osob a náročně zrakové činnosti. Teprve podle ověřené úrovně denního osvětlení lze posuzovat úroveň umělého osvětlení.

Hygienikovi přitom nemůže stačit jen technický náhled (vzhledem k určité objektivizaci ale nezbytný), popisující osvětlení pomocí měřitelných fyzikálních veličin a částečně formulující podmínky pro “statické vidění standardního pozorovatele”, ale také by měl vzít do úvahy, že **vnímáme dynamicky** a každý jinak na základě svého vědomí [3].

Toto sdělení bude ještě na přednášce doplněno konkrétními příklady a fotografiemi ...

Literatura a odkazy

- [1] Berger, J.: Biorytmy – PASEKA Praha – Litomyšl 1995
- [2] Boulnois, J.L.: Photophysical processes in recent medical laser developments – Lasers in medical science vol.1/ 1986
- [3] de Bono, E.: Pravdu mám já, určitě ne Ty! ARGO Praha 1998
- [4] Hladký, A., Matoušek, O.: Standardní metodika pro hodnocení pracovních podmínek z hlediska neuropsychické zátěže – AHEM 1990, příloha č.2
- [5] Illnerová, H.: Vliv světla na časový systém člověka – Světlo 1998, č.4, s.13
- [6] Kolektiv autorů: Syndrom nemocných budov - SZÚ Praha 1999
- [7] Syka, J., Voldřich, I., Vrabec, F.: Fyziologie a patologie zraku a sluchu – AVICEUM Praha 1981
- [8] Vrbík, P.: Hygiena optického záření a osvětlování – IDVPZ Brno, 1998
- [9] Židková, Z.: Příznaky zrakové únavy při práci – Pracovní Lékařství, 48, 1996, č.6, s 231-235
- [10] ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – část 1: Základní požadavky. ČNI Praha 2007

Fotobiologická bezpečnost světelných zdrojů a osvětlovacích soustav

Jaroslav Štěpánek, Ing.¹⁾, Jan Škoda, Ing., Ph.D.²⁾

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky, xstepa41@stud.feec.vutbr.cz¹⁾, skoda@feec.vutbr.cz²⁾

Úvod

Optické záření je důležité pro život člověka. Každá část spektra má svou nezastupitelnou roli. Díky viditelnému světlu vnímáme okolní prostředí, ultrafialové záření má vliv na produkci vitamínu D a s pomocí infračerveného záření přijímá lidské tělo částečně od okolí teplo. Pro všechny tyto děje je potřeba záření o určité energii. Pokud je tato energie nižší než je potřeba, děje probíhají utlumeně nebo vůbec. Pokud je ale energie záření mnohonásobně vyšší, může záření vyvolávat negativní biologické účinky.

Negativní biologické účinky optického záření na lidský organismus

Vlnová délka [nm]	Oblast	Účinek na oko	Účinek na kůži
100 – 400	UV	Fotokeratitida Konjunktivitida Katarakta (UVA, UVB) Fotorenitida (UVA) Aktinická retinopatie (UVA)	Erytém Oslabení imunitního systému Rakovina kůže Aktinická elastóza (UVA, UVB) Opálení kůže (UVA)
380 – 780	Viditelná	Fotoretinitida Aktinická retinopatie Oslnění	Spálení kůže Fotodermatóza
780 – 10 ⁶	IR	Katarakta Popálení sítnice (IRA) Popálení rohovky (IRB, IRC)	Spálení kůže

• Tabulka 1: Účinky optického záření na lidský organismus

Biologické účinky vyvolané UV zářením

Biologické účinky UV záření závisí na energii fotonů, intenzitě záření, době trvání ozáření, schopnosti absorpce záření tkání a na reaktivitě organismu.

Po dopadu záření na kůži může dojít k jeho lomu, který je způsobený přechodem mezi prostředími s různými indexy lomu. Kůže může z 5 % reflektovat záření. V podmínkách plochého úhlu dopadu může dojít až k úplné reflexi. Hloubka průniku UV záření do kůže závisí na jeho vlnové délce. UVA dosahuje maxima v rozhraní koria a podkoží, UVB dosahuje maximálně do dermálních papil a UVC záření se po vstupu do kůže může i rozptylovat z důvodu interakce s nabitými částicemi.

Existuje řada nemocí oka a kůže způsobená vlivem UV záření. Mezi nejvíce se vyskytující nemoci patří fotokeratitida, ultrafialový erytém a katarakta způsobená UV zářením. [1] [3]

Fotokeratitida - známa jako sněžná slepota. Vzniká v důsledku vystavení oka nadměrnému UV záření. Rozsah účinného spektra způsobující fotokeratitidu je 200 až 400nm, nejúčinnější je rozsah mezi 200 a 320nm. Projeví se za několik hodin po ozáření silnou bolestí, světloplachostí, obvykle drobným patologickým nálezem na spojivkách a rohovce, řídkěji i sníženým visem. Symptomem pro fotokeratitidu je pocit písku v oku. Je také nutné chránit oči před intenzivnějším světlem. Stav se neliší od poškození rohovky UV zářením při sváření (keratitis photoelectrica).

Katarakta způsobená UV zářením - onemocnění postihuje oční čočku. Projevuje se zákalem, který snižuje proud světla vstupující do oka. Jedním ze způsobů vzniku katarakty je vystavování oka působení ultrafialového záření. Šedý zákal se může tvořit během života díky slunečnímu svitu. Při velmi vysoké dávce ozáření se může objevit do čtyř hodin od ozáření. Při umělém osvětlení vzniká po dlouhodobé expozici speciálními světelnými zdroji. Jedná se o rtuťové výbojky (vysokotlaké i nízkotlaké), horská slunce, xenonové výbojky a obloukové zdroje světla. Na vznik

šedého zákalu způsobeného UV zářením má největší vliv UVB záření v oblasti 290 – 320nm. Vrcholová hodnota spektra je okolo 305nm.

Ultrafialový erytém - je akutní zápal kůže, který je způsoben při nadměrném pobytu v místě s nadměrným ultrafialovým zářením. Asi 6 až 8 hodin po ozáření se začínají vyskytovat první příznaky – bolest a svědění, ojediněle i puchýřky a horečka. Zčervenání kůže se omezuje pouze na ozářenou oblast. Vrchol nemoci je mezi 24 a 36 hodinami po ozáření. Erytém vzniká, pokud není zajištěna v dostatečné míře pigmentace pokožky. Kůže má v normálním stavu odrážet UVA a UVB záření. Pokud není dostatečná pigmentace, záření prostupuje do hlubších kožních vrstev, kde způsobuje tvorbu prostaglandinů. Prostaglandiny jsou zánětlivé mediátory, které se podílejí na vzniku zánětů, horeček a bolestí a v případě erytému vyvolávají symptomy zčervenání, opuchnutí, pálení a svědění kůže. Na vznik kožního erytému jsou náchylnější lidé s nízkou hladinou pigmentu v kůži (lidé s bílou barvou kůže). Spektrální rozsah UV záření, které se podílí na vzniku erytému, je mezi 200 až 420nm, nejúčinnější část spektra je mezi 200 až 320nm, vrcholové hodnoty jsou okolo 254nm a 295nm. Erytém může vzniknout při náhodném ozáření germicidními lampami, rtuťovou výbojkou, horským sluncem nebo obloukovou xenonovou výbojkou.

Biologické účinky vyvolané viditelným zářením

Viditelné záření působí nejvíce na sítnici, která ho nejvíce absorbuje. Největší nebezpečí nastává při ozáření modrým světlem v rozmezí 435 – 445nm. Pokud je oko vystaveno nadměrnému viditelnému záření, reaguje na něj přimhouřením víček. Proto se onemocnění oka způsobené viditelným zářením vyskytuje zřídka. Nejznámějším poraněním způsobeným viditelným zářením je fotoretinitida. [1] [3]

Fotoretinitida - fotochemické poškození sítnice nadměrným světlem nejvíce v modré oblasti spektra. Fotochemické poškození znamená, že dopadající světlo na sítnici způsobuje chemické reakce. Modré světlo je část spektra s nejvyšším obsahem energie, které může dosáhnout sítnice (UV má sice ještě více energie, ale je absorbováno čočkou a rohovkou). Vyskytuje se u dlouhodobého ozáření (více jak 10 sekund). Pozorovatelná reakce se objeví po 12 hodinách po ozáření. Čím větší je ozáření, tím rychleji se objeví pozorovatelná reakce. Poškození se projevuje slepým místem na sítnici v místě, kde byl zářící objekt promítnut. Poškození může být trvalé, ale při lehčích poškozeních se sítnice může uzdravit. Spektrální rozsah zářiče způsobující poškození modrým světlem se pohybuje od 300 do 700nm (nejvíce mezi 400 a 500nm). Vrcholová hodnota spektra je okolo 445nm.

Biologické účinky vyvolané IR zářením

Infračervené záření nemá dostatečnou energii, aby mohlo způsobit změny ve struktuře molekul nebo spustit fotochemické reakce. Riziko poškození zdraví IR zářením spočívá ve zvýšení teploty tkáně, které může mít až charakter popálení. Lidské oko je náchylné na popálení, protože není schopno vnímat infračervené záření, a tudíž není chráněno přirozeným mrkacím reflexem, jako je tomu u viditelného záření.

Nejčastějšími nemocemi způsobenými IR zářením jsou žárová katarakta a popálení rohovky. [1] [3]

Žárová katarakta - šedý zákal postihující čočku. Objevuje se u lidí, kteří byli dlouhodobě vystaveni silným dávkám infračerveného záření. Nemoc postihuje hlavně foukače skla a taviče oceli. Spektrální rozsah účinného spektra není přesně znám. Pohybuje se od 700 do 1400nm a možná až do 3000nm. Onemocnění se projevuje zhoršeným viděním, které je způsobené záklalem čočky. Objevuje se po letech velmi častého ozařování vysokými dávkami záření. Předpokládá se tepelný mechanismus vzniku zákalu.

Popálení rohovky - nastává při působení IR záření po krátkou dobu (v řádu desítek sekund). Při popálení dochází k poškození větvení cév v rohovce. Po poškození se objevuje mléčný zákal. Poškození se obvykle projevuje 6 až 12 hodin po expozici. Vyskytuje se ve velké míře u svářečů. Poškození je vratné, následky se většinou nevyskytují. Na vznik popálení má největší vliv IRB a IRC záření o vlnových délkách mezi 1,4 až 1000 μ m.

Fotobiologická bezpečnost

Fotobiologickou bezpečností se zabývá norma ČSN EN 62471 s názvem Fotobiologická bezpečnost světelných zdrojů a soustav světelných zdrojů. Poskytuje znalosti k hodnocení světelných zdrojů s ohledem na bezpečnost související s jejich vlivem na živou tkáň. Určuje meze ozáření, referenční techniku měření a způsoby měření pro širokospektrální zdroje používané ve světelné technice. Norma pracuje s rozsahem vlnových délek 200 – 3000nm.

Měření optického záření je pro výpočty biologických účinků záření dosti problematické. Typické hodnoty účinných spekter se mění i při malých změnách vlnové délky. [2]

Měření světelných zdrojů

Světelné zdroje pro měření musí být dostatečně zahořeny. Během prvních hodin provozu se spektrální charakteristika mění a nakonec se ustálí na rovnovážném stavu. Jelikož se v průběhu životnosti zdroje mění jeho spektrum, je potřeba, aby doba zahoření byla dostatečně dlouhá. U výbojek se doba zahoření pohybuje okolo 100 hodin, u žárovek je doba zahoření 1% jejich životnosti. Kritéria zahoření se ale mohou lišit u speciálních světelných zdrojů (germicidní lampy, výbojky s krátkou dobou života).

Provoz a měření světelných zdrojů je z velké části ovlivněn prostředím. Přesnost může být ovlivněna tvorbou ozónu v měřicí oblasti (u UV zdrojů), což může mít nepříznivý účinek na bezpečnost. Teplota okolí výrazně ovlivňuje výkon, a tím i měření výbojových světelných zdrojů. Důležitým faktorem ovlivňujícím měření, je záření z okolních zdrojů. Při měření infračerveného záření je nutno zvážit, zda okolní prostředí není samo zdrojem infračerveného záření (například zahřáté stínidlo). Dalším negativním faktorem, který ovlivňuje provoz zdrojů, jsou vibrace a průvan. Proud vzduchu podél povrchu by měl být co nejvíce omezen. Část proudu vzduchu vzniká přirozenou konvekcí zdroje. Tento proud nelze omezit. U určitých světelných zdrojů produkující ozón je nutné z důvodu bezpečnosti zajistit odvětrání a provést měření s proudícím vzduchem.

Stanovení mezí ozáření

Meze ozáření vyjadřují podmínky, při nichž se očekává, že většina osob nebude mít ani při opakovaném ozáření negativní zdravotní účinky. Stanovené hodnoty ovšem nelze vnímat jako přesné hraniční hodnoty mezi bezpečnou a nebezpečnou oblastí. Tyto hodnoty ale mohou mít na různé pozorovatele různý vliv. U zdravého člověka nemusí zanechat žádné negativní zdravotní následky. U osob, které mají vysokou citlivost na světlo, nelze tyto meze použít a stanovení mezí, aby vyhovovaly i těmto jedincům, by bylo obtížné. Mezi specifické faktory ovlivňující stanovení a použití mezí ozáření sítnice patří průměr zornice pozorovatele, úhlové rozpětí měřeného zdroje a zorné pole pro měření.

Pro měření je důležité nejdříve stanovit vzdálenost světelného zdroje od měřicího přístroje. U zdrojů pro všeobecné osvětlení se doporučuje uvádět meze ozáření světelným zdrojem ve vzdálenosti, ze které je na vstupu přístroje vytvořena osvětlenost 500 luxů, ale tato vzdálenost nesmí být menší jak 200mm. Pro ostatní světelné zdroje se uvádí hodnoty nebezpečí pro vzdálenost 200mm.

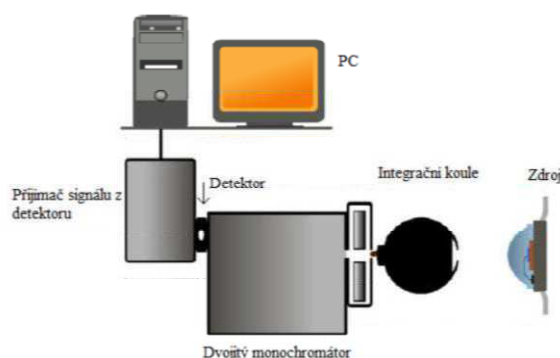
Druh nebezpečí	Bezpečné zdroje	Nízké nebezpečí	Střední nebezpečí
Aktinické UV nebezpečí (E_s [$W \cdot m^{-2}$])	<0,001	<0,003	<0,03
Nebezpečí poškození UV zářením v blízké oblasti (E_{UVA} [$W \cdot m^{-2}$])	<10	<33	<100
Nebezpečí poškození sítnice modrým světlem (L_B [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$])	<100	<10 000	<4 000 000
Nebezpečí poškození oka IR zářením (E_{IR} [$W \cdot m^{-2}$])	<100	<570	<3200

• Tabulka 2: Klasifikace světelných zdrojů podle mezí ozáření

Měření a vyhodnocení naměřených dat

Z normy ČSN EN 62471 vyplývá, že nejpřesnějším přístrojem pro měření a vyhodnocování fotobiologické bezpečnosti je dvojitý monochromátor. Pro měření byl tedy použit tento přístroj. Jednalo se o přístroj firmy Gooch & Housego, typ OL 750D. Přístroj je schopný měřit po kroku měření až 0,5nm v rozsahu vlnových délek, které jsou závislé na typu použitého detektoru – křemíkového v rozsahu 200 až 1100nm a olovo-selenového v rozsahu hodnot 1000 až 5000nm. Přístroj byl pro měření zkalibrován spektrální halogenovou žárovkou na měřicí rozsah 250 až 1100nm po kroku měření 1nm. Pro měření se používal pouze křemíkový detektor. Jako optický vstup přístroje byla použita integrační koule.

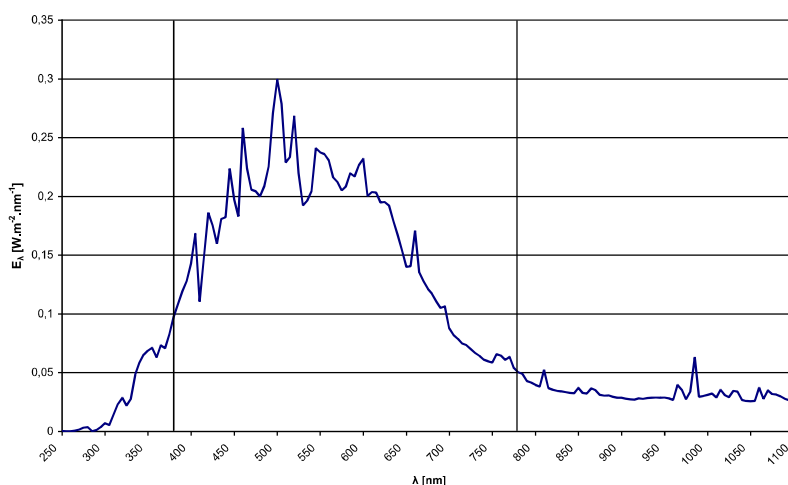
Měřicí aparatura je zobrazena na náčrtu obrázku 1. Měřený světelný zdroj je umístěn v určité vzdálenosti od vstupu integrační koule. Tato vzdálenost je určena osvětleností vstupu integrační koule, která musí být pro zdroje svítící ve viditelném spektru 500lx. Vzdálenost se pro jednotlivé zdroje liší podle jejich světelného toku. Zdroje musí být instalovány ve stejné výšce jako integrační koule a ležet ve stejné ose. Světelné zdroje musí být také před měřením řádně zahořeny, aby se neměnilo jejich spektrum a intenzita vyzařování během měření.



• Obrázek 1: Měřicí aparatura

Měření plazmové lampy Luxim LIFI 267 W

Jedná se o speciální druh výbojky, jejíž záření je buzeno vysokou frekvencí pomocí magnetronu. Výboj hoří ve směsi rtuti a halogenidů. Tento typ výbojek se používá pro náročné osvětlení hal, muzeí, společenských sálů a také pro pěstební účely. Výbojka je způsobem vzniku světla velmi podobná sirtým a indukčním výbojkám.



Výbojka byla měřena ve vzdálenosti 1m od vstupu integrovační koule. Spektrum plazmové lampy bylo měřeno v UV oblasti po kroku 1nm, ve viditelné oblasti po 5nm a v IR oblasti po kroku 20nm. Záření zdroje bylo vyhodnoceno na nebezpečí ozáření UV zářením v rozmezí 250 až 400nm a nebezpečí modrého světla v rozmezí vlnových délek 300 až 700nm.

• Spektrum plazmové lampy Luxim LIFI 267W

UV záření v rozmezí 250 až 400nm bylo vyhodnoceno podle vzorce:

$$E_s = \sum_{250}^{400} E_\lambda(\lambda) \cdot S_{UV}(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (1)$$

kde $E_\lambda(\lambda)$ je změřená spektrální intenzita ozáření ve $W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$, $S_{UV}(\lambda)$ je aktinická váhová funkce definovaná v normě pro ultrafialové záření, $\Delta\lambda$ je šířka pásma v nm.

Výsledná hodnota E_s vyšla $E_s = 0,073 W \cdot m^{-2}$. Jelikož mezní hodnota skupiny středního nebezpečí pro nebezpečí UV záření je $E_s = 0,03 W \cdot m^{-2}$, patří tento zdroj do skupiny vysoce nebezpečných zdrojů. Maximální doba ozáření

vyšla 412,1 s a byla počítaná podle vzorce $t_{max} = \frac{30}{E_s}$. Do této doby zdroj nezpůsobí žádná poranění oka

ani kůže vlivem svého záření.

Nebezpečí modrého světla v rozsahu vlnových délek 300 až 700nm bylo vyhodnoceno podle vzorce:

$$L_B = \sum_{300}^{700} \frac{E_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda}{\Omega}, \quad (2)$$

kde $E_\lambda(\lambda)$ je změřená spektrální intenzita ozáření ve $W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$, $B(\lambda)$ je váhová funkce nebezpečí modrého světla, $\Delta\lambda$ šířka pásma v nm, Ω je prostorový úhel. Nejdříve je důležité pro výpočet určit prostorový úhel ve steradiánech, který se určí podle vzorce:

$$\Omega = \frac{\pi \cdot F^2}{4 \cdot r^2}, \quad (3)$$

kde F je rozměr svítící části zdroje v metrech a r je vzdálenost zdroje od integrátoru v metrech. Pro plazmovou lampu LIFI byl rozměr F roven $F = 0,5$ m a vzdálenost od integrátoru byla $r = 1$ m. Výsledný prostorový úhel vyšel $\Omega = 0,196$ sr. Po dosažení prostorového úhlu do vzorce pro vyhodnocení nebezpečí modrého světla vyšla hodnota záře $L_B = 67,43$ W.m⁻².sr⁻¹. Jelikož nejnižší mezní hodnota pro ozáření modrým světlem je $L_B = 100$ W.m⁻².sr⁻¹, můžeme plazmovou lampu LIFI zařadit mezi bezpečné světelné zdroje. Protože je hodnota záře lampy nízká, je zbytečné počítat maximální dovolenou dobu ozáření tímto zdrojem.

Závěr

Cílem příspěvku bylo přiblížit čtenáři problematiku fotobiologické bezpečnosti. V první části jsou detailně popsány onemocnění způsobená nadměrným optickým zářením. Další část popisuje teoreticky měření a vyhodnocení nebezpečí záření světelných zdrojů. V poslední kapitole je změřen světelný zdroj, jehož spektrum bylo vhodné vyhodnotit na nebezpečí ozáření UV zářením a modrým světlem. Z pohledu nebezpečí na modré světlo patří do skupiny bezpečných zdrojů a nezpůsobuje žádná poranění. Z pohledu nebezpečí na UV záření patří zdroj do skupiny vysoce nebezpečných zdrojů a svým zářením může poškozovat zrak nebo způsobit erytém na kůži.

Poděkování

Příspěvek byl připraven v Centru pro výzkum a využití obnovitelných zdrojů energie (CVOZE). Autoři děkují za finanční podporu z Národního programu udržitelnosti I Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci projektu č. LO1210 a za finanční podporu z projektu Výzkum a vývoj modulárního systému fytotronových komor s nízkou energetickou spotřebou č. FR-TI3/383.

Literatura a odkazy

- [1] DILAURA, D. A KOL. *IES Lighting Handbook*. 10. vyd., Illuminating engineering society, 2010, 1328 stran, ISBN 978-0-87995-241-9.
- [2] ČSN EN 62471. *Fotobiologická bezpečnost světelných zdrojů a soustav světelných zdrojů*. ÚNMZ, Červenec 2009
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ. Laser effects [on line]. *Environmental health and safety*, [citováno 20.8.2014]. Dostupné z WWW: http://www.reed.edu/ehs/Laser_Safety/4laser_effects.html
- [4] ŠTĚPÁNEK, J. *Fotobiologická bezpečnost světelných zdrojů a osvětlovacích soustav*. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2014, 72 stran.

Výpočet denního osvětlení pod drobnohledem

Pavel, Staněk, Ing.

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

Úvod

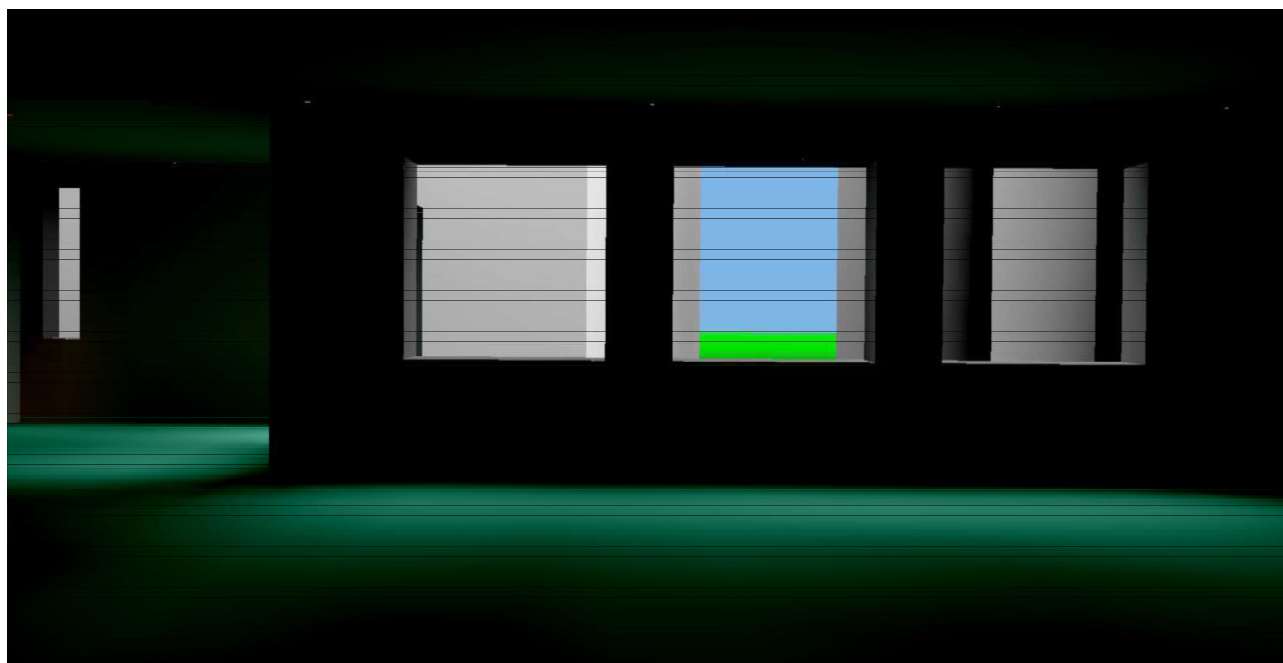
Věřím, že každý z nás souhlasí s tím, že dlouhodobé zdravé pobývání ve vnitřních prostorech je možné jen za předpokladu dostatečného denního osvětlení těchto prostor. Naše vyhlášky a normy stanovují minimální kvantitativní a kvalitativní podmínky a každý navrhovatel vnitřních prostorů určených k trvalému pobytu by se jimi měl řídit. Ale ani kdybychom neměli tyto jistě důležité vyhlášky a normy, stačí si uvědomit, že denní osvětlení má ve vnitřních prostorech nezastupitelný význam, že zdaleka neslouží jen k vidění, asi ještě důležitější jeho rolí je účinná stimulace biorytmů člověka a o dalších významech nemluvě.

Pro návrh a výpočet denního osvětlení v jednoduchých případech jsou jeho způsoby a metody zřejmé a známé, ve složitějších však vyvstávají různé problémy a otázky. Tento článek by se chtěl zabývat některými těmito problémy a otázkami, které možná i Vás občas trápí. Doufám, že mi odpustíte, když zde uvedu spíše jejich stručný nástin, více podrobností pak můžete očekávat v přednášce.

Předměty úvah

Prvním zastavením jsou budovy a místnosti komplexních tvarů. Problémem zde může být umístování otvorů do jednotlivých stěn místnosti, stínění stavebními konstrukcemi těchto místností a budov a také korektní výpočet odražené složky v těchto případech.

Další položkou na mém seznamu jsou otvory nepravidelných tvarů. Jedná se zejména o otvory kruhového a oválného tvaru, otvory ve tvary trojúhelníka, otvor sestávající z okna a dveří a vůbec otvory ve tvaru obecného polygonu. Takové otvory byly většinou řešeny kombinací a spojováním více otvorů vedle sebe, což může vést k nepřesnostem, zejména co se týče ostění otvorů. Samostatným problémem je použití koeficientu konstrukce otvoru vs. zadání skutečných rámu okna.



• obrázek 1

Nyní se zkusím podívat na to, jak může výsledky výpočtu ovlivnit ostění otvoru. A to nejen zejména co se týče stínění, ale také co se týče jeho odraznosti. Na rozdíl od velkoplošných oken či světlíků, kde lze jeho vliv prakticky zanedbat, se jeho význam zvyšuje se zateplováním budov a také ve starších objektech s malými otvory a tlustými

zdmi. Je známým faktem, že tokové metody výpočtu vnitřní odražené složky s vlivem ostění většinou neuvažují. Jistě si ovšem umíme představit případy, kde bez uvažování ostění otvoru i s odrazností jeho ploch nelze dosáhnout věrohodných výsledků.

Samostatným problémem jsou pak otvory mezi místnostmi, kdy některé otvory neústí do venkovního prostředí, ale do jiné místnosti. Je to řešení situace otvorů „za sebou“. Technickými obtížemi výpočetních metod tu jsou zejména postup výpočtu jednotlivých částí modelu objektu a také vlastní fakt výpočtu otvorů „v sérii“. S řešením by mohly pomoci charakteristiky otvorů, které, podobně jako svítidla, by v prostoru zajišťovaly zdroj denního osvětlení. Tyto charakteristiky lze sestavit pro oblohovou i odraženou složku, otázkou zůstává jejich přesnost, a to zejména za podmínek vnějšího stínění.

Zastíněný otvor s difúzním zasklením znamená výpočetní komplikaci tím, že obvyklý paprsek sestrojovaný programem mezi výpočetním bodem a oblohou vlastně „končí“ na otvoru, a jas otvoru pak není přímo dán charakteristikou oblohy, ale jasnem a difúzní charakteristikou otvoru. Potíž vzniká v případě vnějšího zastínění otvoru, kdy je třeba nejdříve spočítat osvětlenost otvoru.

Rád bych se zde dotkl i zajímavé myšlenky možnosti výpočtu oslnění denním světlem. Jako první se kromě normou definovaného poměru jasu pozorovaného předmětu a oblohy nabízí použití metody UGR, a to možná i v souvislosti s výše naznačenými charakteristikami otvorů. Je zřejmé, že je tu několik otázníků, zejména proměnlivost denního světla nebo například fakt, že metoda UGR je definovaná pouze pro světlo přicházející shora. Proměnlivost osvětlení by snad bylo možno podchytit různými známými modely denní oblohy. I pro světlo přicházející zdola již bylo pro metodu UGR ledacos publikováno, ale praktické použití zřejmě ukáže až budoucnost.

Na závěr jsem si schoval stále více populární společné působení denního a umělého světla ve vnitřních prostorech. Stále nesmíme zapomínat na to, že denní osvětlení potřebujeme nejen kvůli vidění a také si uvědomme, že zdaleka ne každá společná interakce obou složek je sdruženým osvětlením. Minimální požadavky na vědomou spolupráci obou složek osvětlení definuje norma pro sdružené osvětlení, která definuje i požadavky na regulaci umělé složky sdruženého osvětlení. Při návrhu regulace je třeba mít na zřeteli nejen dosažení co největších úspor, ale třeba i takový siluetový efekt. Úspory dnes světem vládnou. Jejich reálný výpočet by však opět měl vzít v úvahu nekonečnou proměnlivost denního světla s možnou interpretací různými modely oblohy a také současnou i automatickou regulaci denního osvětlení zejména kvůli omezení oslnění.

Závěr

Z výše uvedeného je vidět, že úkolů pro nás, programátory a i pro Vás, světelná techniky v souvislosti s návrhem denního osvětlení není vůbec málo. V přednášce se pokusím ukázat, jak k nim přistupujeme a možná i Vám naznačit některá řešení.

Zkušenosti z posuzování denního osvětlení budov

Petr Klvač, Ing.

www.klvac-lighting.eu

Již nějaký čas se zabývám posuzováním denního osvětlení budov a vlivů na jeho vlastnosti. Rád bych se s Vámi podělil o své nabyté zkušenosti. Nejsem schopen zde vytvořit systémový soubor informací, ale uvedu několik poznámek a souvislostí, které by mohly posluchače nebo čtenáře upozornit na mnohé záludnosti této problematiky. Další povídání předpokládá jisté znalosti z oblasti denního osvětlování budov, nebudeme se tedy zabývat názvoslovím ani fyzikální podstatou osvětlení, dokonce ani bludištěm naší legislativy.

Denní osvětlení představuje pro mnohé noční múru při projektování staveb. Na jedné straně je nutno přiznat zjevně pozitivní vlastnosti denního světla v budově. Jeho hygienický význam při dlouhodobém pobytu lidí je často prezentovaný jako nenahraditelný, a to z důvodů nejen vizuálních. Nezanedbatelný je také pozitivní ekonomický důvod, jde přeci o dlouhodobě levný zdroj světla.

Na straně druhé je ale nutno pro dostatečné denní osvětlení v budově při projektování stavby učinit několik nutných kroků. Je třeba umístit osvětlovací otvory do vnějšího pláště budovy tak, aby byly schopny distribuovat světlo dovnitř budovy tam, kam je to třeba. Je nutno se zabývat tepelnými ztrátami a zisky, které vzniknou tím, že osvětlovací otvory mají jiné izolační vlastnosti než ostatní části obvodového pláště budovy. Také je nutno respektovat překážky v distribuci světla, a sice jak vnitřní, tak vnější. Návrhem denního osvětlení si můžeme ovšem způsobit nové nepříjemnosti související s vloženými plochami s vysokými jasy a možný vznik oslnění. Tím, že jsme se prokousali až sem, ale ještě nekončíme. Musíme prokázat, že osvětlení splňuje legislativní požadavky. V neposlední řadě je nutno se postarat o jeho funkčnost a údržbu.

Stojí to všechno za to? **Ano stojí.** Pokud zklame zdravý rozum objednatel projektu, je zde projektant, jsou zde orgány státního dozoru, které by mu měly připomenout platnou legislativu.

Ještě bych rád zdůraznil, že navrhování a posuzování denního osvětlení a zkoumání vlivu na jeho vlastnosti má smysl ve vnitřních prostorách **s trvalým pobytém lidí**. Jinde může hrát pouze vizuální architektonický význam, ale nemělo by být překážkou jakékoliv další stavební aktivity.

Abych uvedené téma nějak strukturoval a ozřejmil tak více problematiku, dovolil bych se pozastavit zejména u následujících kapitol.

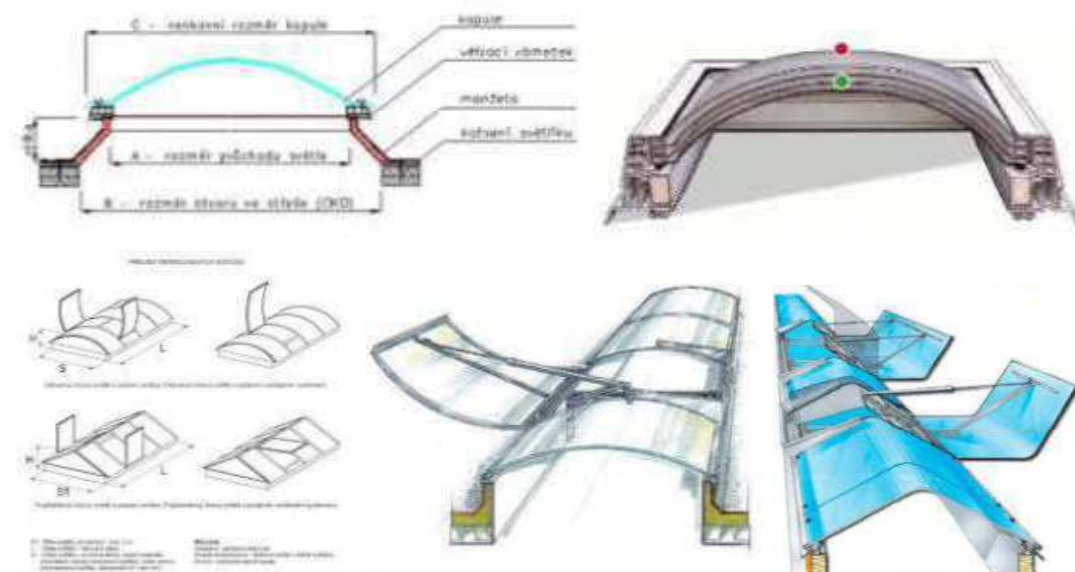
1. Osvětlovací otvory
2. Způsoby výpočtu denního osvětlení
3. Vlivy stínění

1. Osvětlovací otvory

Asi všichni známe klasické zdroje denního osvětlení, a to **okna** a **světlíky**. V dnešní nabídce se objevují různé tvary osvětlovacích otvorů a též různá zasklení. Přesto jsou typickými klasická boční a střešní okna s konstrukčním provedením rámu oken od kovových přes dřevěné až po plastové, zasklené obvykle čirým dvojsklem či trojsklem. Používají se často speciální determální zasklení a různé fólie. Střešní okna jsou obecně z hlediska velikosti plochy zasklení účinnější než boční, citelně horší je však jejich znečištění a údržba. U oken orientovaných na sluneční světovou stranu (V, J, Z) je nutno zvažovat ochranu proti oslnění přímým slunečním světlem. Okna by měla být navrhována tak, aby lidem uvnitř budovy umožnila kontakt s okolím. **Světlíky** se běžně navrhují bodové, tzv. čočky, nebo pásové, dnes obvykle s válcovým tvarem zasklení. Většinou se jedná o kovovou nebo plastovou konstrukci a na jejich zasklení se používají vesměs PMMA desky v sendvičovém uspořádání nebo komůrkové konstrukce desek z polykarbonátu. Je dosti důležité připomenout ochranu prostorů s trvalým pobytém lidí před vnikáním

přímého slunečního světla a záření. Nejjednodušším řešením je použití světlo rozptylného (opalizované) provedení zasklení s co nejvyšší normálovou propustností světla.

Odelehčeme svůj zrak pohledem na několik ilustračních obrázků:

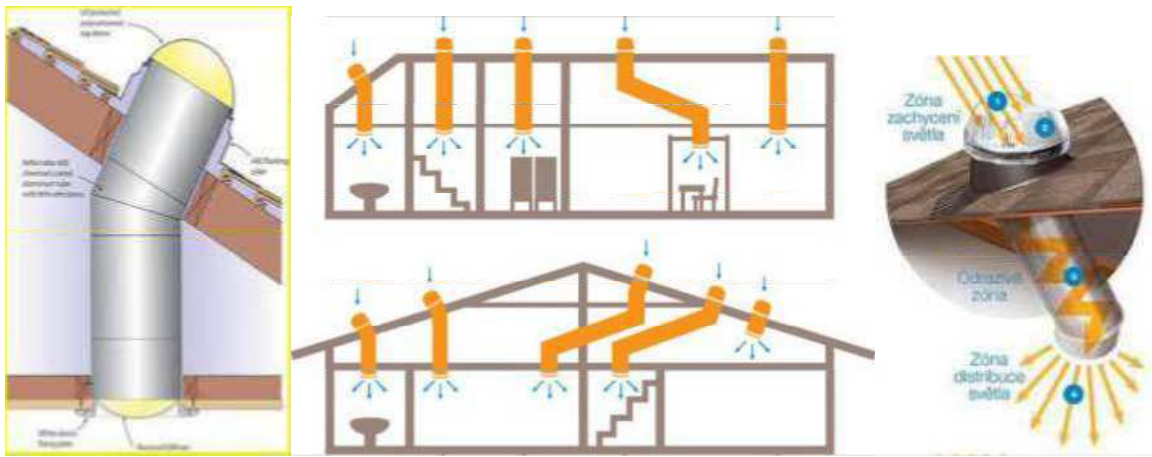


Obrázek 1 - ilustrační obrázky bodových a pásových světlíků

Ještě stále nezvyklým zdrojem denního osvětlení v budovách jsou **světlovody**. Je to obvykle tubus (nejkvalitnější jsou pevné tubusy s koleny v případě změny trasy z přímé) opatřené na střeše světlo sběrnou čočkou a v interiéru rozptylnou distribuční čočkou. Jejich aplikace nemá technickou konkurenci v případě dlouhých a nepřímých tras světla ze střešky (variantně i z jiné části pláště budovy) do interiéru. Dodávají se v různých průměrech, tvarech vstupních a výstupních otvorů a s různou úrovní vybavy z hlediska dalších vlastností světlovodu souvisejících s montáží do stavební konstrukce budovy nebo s tepelnými zisky či ztrátami, zatékáním vody a kondenzací vlhkosti ap.

Uměním je vybrat vhodný světlovod s optimálními parametry a dokázat předem spočítat, jaké množství světla je tento schopen dopravit do interiéru. Podle toho pak dimenzujeme velikost a množství světlovodů tak, aby byly splněny zákonné požadavky na denní osvětlení. Problematický je právě výpočet parametrů osvětlení, jelikož dodavatelé světlovodů obvykle neposkytují dostatečně dobré informace. Většinou se dozvíme, jaký rozptyl luxů bude v místnosti v létě či v zimě, ale bohužel chybí údaje o stavech oblohy a ostatních okolnostech, za jakých byly tyto výpočty prováděny. Přitom je již mnoho let známo, že množství denního světla se neurčuje v lx ale v % jako činitel denního osvětlení D. Protože se množství světla stanovuje za situace rovnoměrně zamračené oblohy, tak v tomto kontextu dokonce ani není rozhodující, na kterou světovou stranu je sběrná čočka světlovodu orientována. Naopak dodavateli tak propagovaná orientace sběrné čočky na slunečné světové strany přináší značné problémy s nepříjemným až nežádoucím jasnem výstupní čočky a se vznikem oslnění v situaci jasné sluneční oblohy.

Chci na tomto místě upozornit, že ačkoliv jsou kvalitní světlovody ve srovnání se světlíky mistrovským dílem a mají výrazně vyšší účinnost při stejné velikosti jejich aktivních ploch, nelze od nich očekávat nadpřirozené výkony. Je třeba vzít v úvahu, že každý návrh denního osvětlení je možno ověřit po realizaci měření a odpovědnost za navržené řešení nese navrhovatel se všemi důsledky.



Obrázek 2 - ilustrační obrázky světlovodů

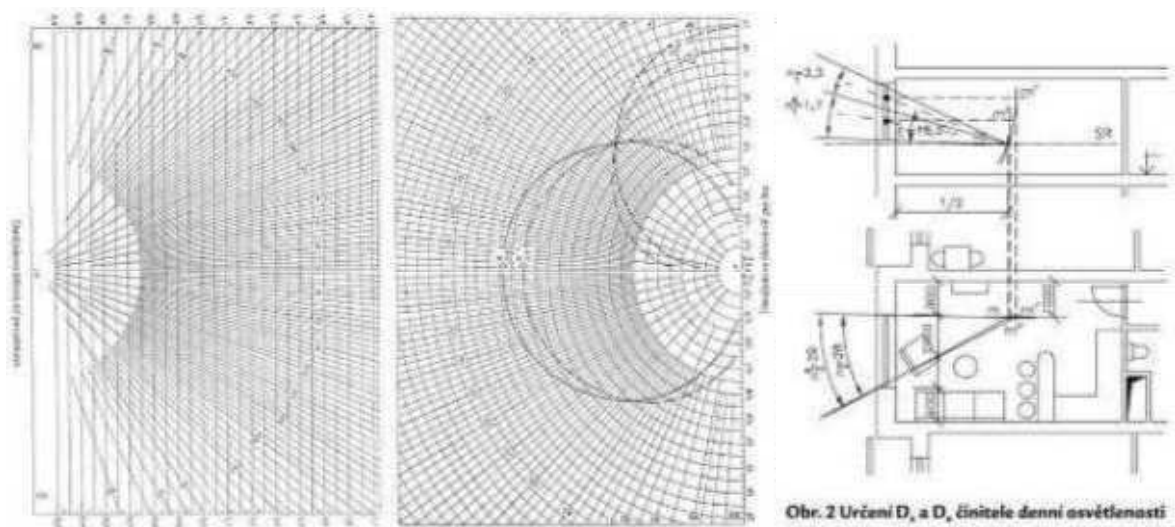
2. Způsoby výpočtu denního osvětlení

Dnes na začátku 21.století stále existují různé metody výpočtu denního osvětlení. Kromě jakýchsi odhadů poměrů plochy místnosti a plochy osvětlovacích otvorů, které jsou většinou velmi zavádějící, existují analogové metody za použití různých diagramů (Daniljuk, Waldram, BRS protraktory aj.), jež dávají obvykle velmi dobré výsledky. Vzhledem k velkému počtu výpočtových bodů v hodnoceném prostoru a ke skutečnosti, že navrhovatel řešení musí mít určitou produktivitu práce, je vhodné použití ověřeného programového vybavení. Jelikož postup výpočtu není v tomto případně otevřený a přehledný, je nasnadě, že může docházet ke značným rozdílům ve výsledcích při použití různých programů.

Navrhovateli denního osvětlení a konečně i kontrolnímu orgánu se doporučuje, aby si realitu výsledků výpočtů několiknásobně ověřil.

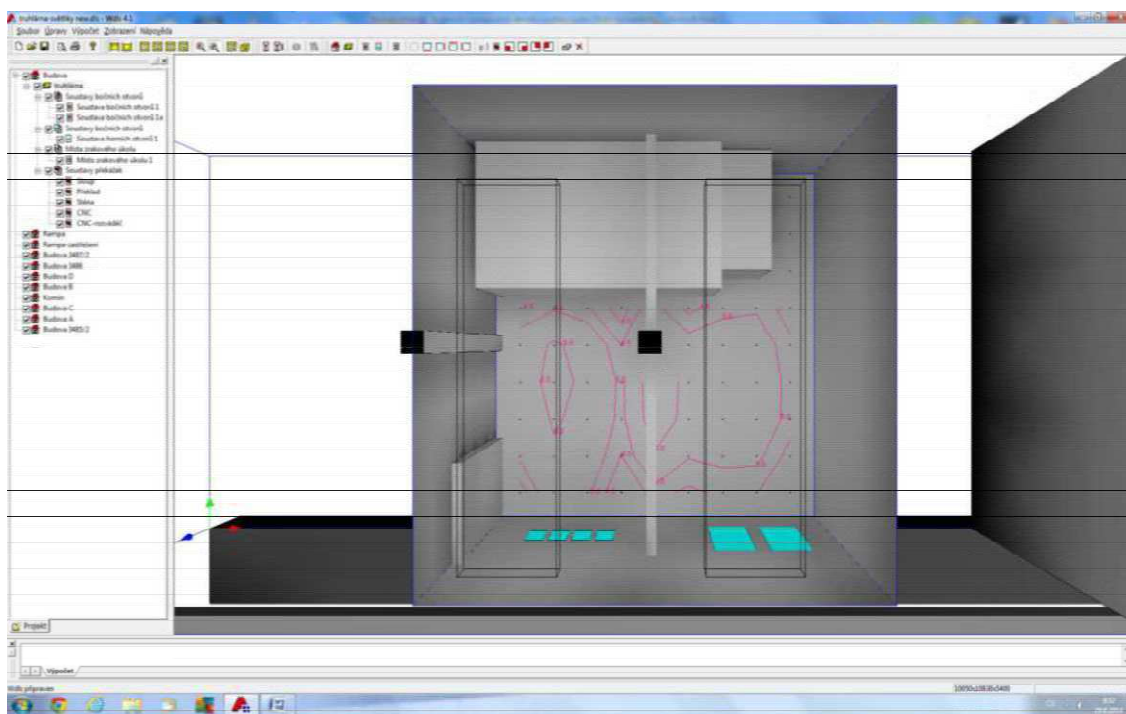
Ideální je ověření porovnáním vypočtených hodnot návrhu a realizovaného měření na hotovém objektu. Dále může hrát roli velká variabilita zadání vstupních dat výpočtu, kde se mohou objevovat velmi nadsazené hodnoty, a to jak z důvodu neznalosti, tak i účelově k dosažení potřebných výsledků. Jedná se zejména o činitele odrazu hlavních ploch místnosti a překážek, propustnosti světla zasklením i případným zanedbáním překážek, volbou nepřiměřených časových intervalů údržby aj.

Podívejme se, jak se dříve počítalo denní osvětlení pomocí například Daniljukových diagramů:



Obrázek 3 - Daniljukovy diagramy a jejich použití

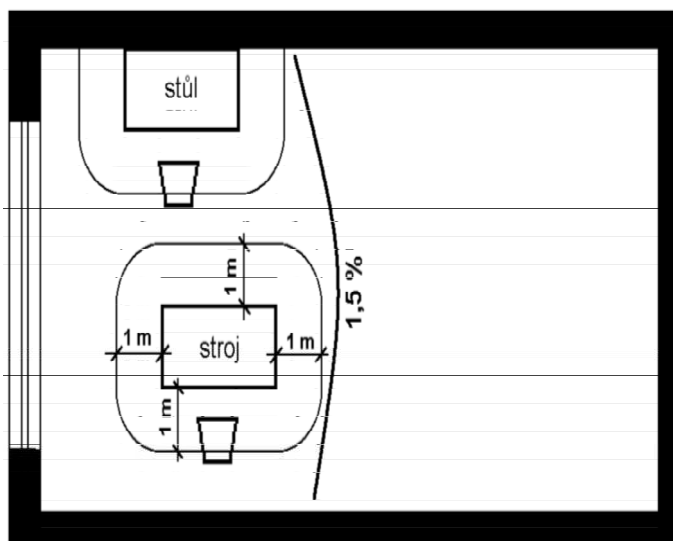
Na rozdíl od zadání dat a mezivýsledků na monitoru počítače programu například WDLS:



Obrázek 4 - interaktivní obrazovka programu WDLS

Ještě bych se v této souvislosti rád dotknul tzv. funkčního vymezení (rozdělení) prostoru a využití odstupňovaného denního osvětlení. Jde o to, že značná část vnitřních prostor nemusí být po vizuální stránce stejně náročná a zrakově náročné činnosti jsou soustředěny jen do jisté části prostoru. Typickým příkladem jsou běžné kanceláře s bočními okny, kdy se pracoviště obvykle umísťují k oknům a ostatní prostor se využívá k procházení, odkládání pracovních pomůcek, oblečení, či případně jako čekací prostor pro návštěvy.

Zde je pak optimální použití funkčního vymezení stanovením například hloubky pracoviště od oken a ostatního prostoru. Takto odstupňované denní osvětlení je pak skutečně zvoleno zcela v souladu se skutečným využitím prostoru.



Obrázek 5 - příklad funkčního vymezení prostoru

3. Vlivy svícení

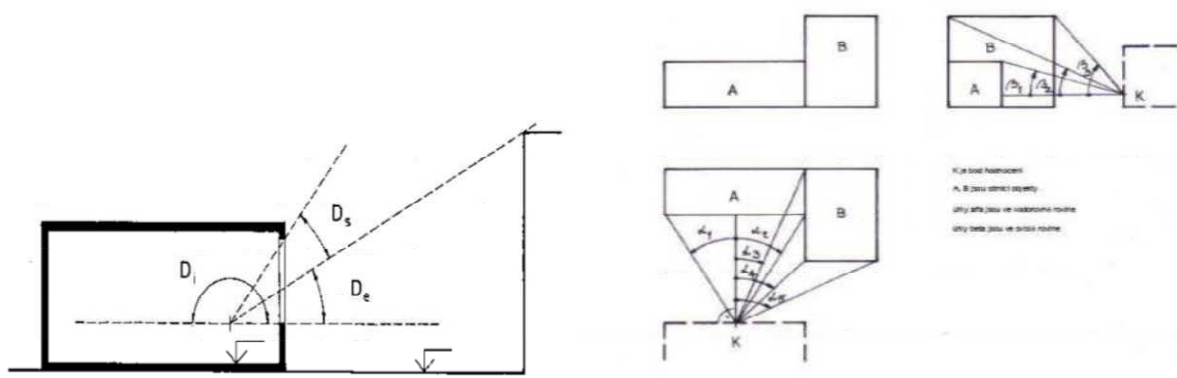
Stínění se projevuje bráněním distribuce světla překážkou. Je důležité rozlišit, jde-li o vliv stínění při navrhování denního osvětlení uvnitř budov, nebo se jedná o dodatečný vliv stínění novou překážkou na stávající objekty v okolí. Je dobré si uvědomit, že každá stínící překážka může být naopak zdrojem sekundárního odraženého světla.

Vlivy stínění denního osvětlení bychom mohli typologicky podle významu a časového sledu rozdělit do tří skupin:

- stínění šíření světla vnitřními překážkami,
- stínění vnikání světla vnějšími překážkami v době návrhu,
- stínění dopadu světla na osvětlovací otvor dodatečnými vnějšími překážkami.

Vnitřní překážky může představovat nábytek, technické vybavení, technologické vybavení či rozvody médií. Rozhodné jsou ty, které převyšují srovnávací rovinu či stíní plochu, na které se denní osvětlení hodnotí. Nejsou jen světlo nepropouštějící překážky, ale překážkou mohou být i částečně průsvitné či průhledné součásti interiéru jako dělící průsvitné stěny, skladové regály ap.

Vnější překážky jsou vesměs vnější objekty včetně vlastní budovy, které omezují distribuci světla z oblohy. Kromě stínícího vlivu obvykle také odrážejí světlo z oblohy a stávají se takto sekundárním zdrojem odraženého světla. Kromě veskrze negativního vlivu stínění primárního světla oblohy je jejich odražené světlo naopak velmi pozitivním jevem.

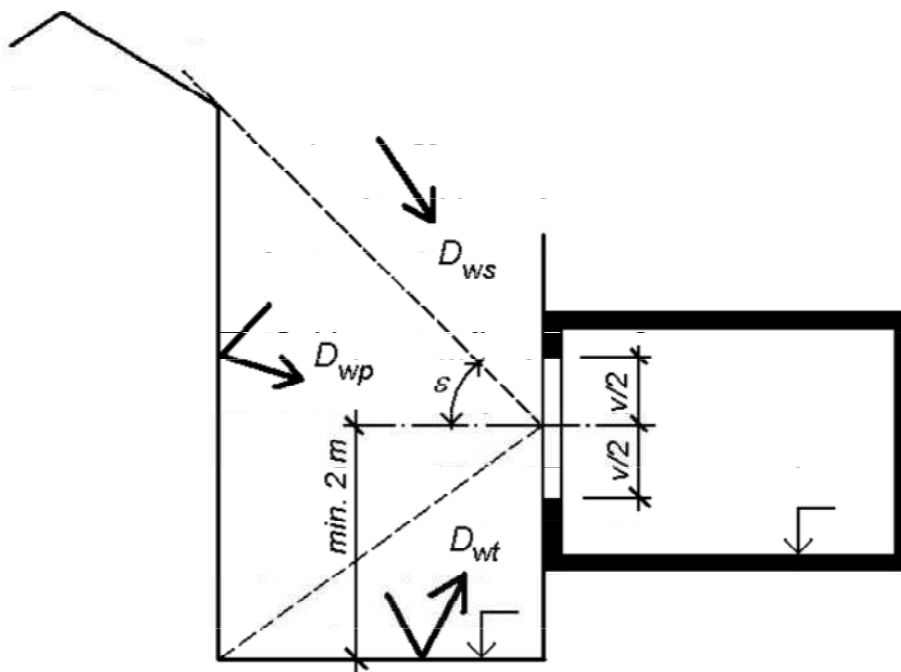


Obrázek 6 - složky činitele denního osvětlení a vnější překážky

Při navrhování denního osvětlení budovy je nutno se zajímat o možnosti výstavby na sousedních pozemkových parcelách, zejména pokud se nacházejí v blízkosti předmětné budovy. Bude-li zde v budoucnu rozhodnuto o stavbě dalšího objektu, tento se stane pravděpodobně dodatečnou vnější překážkou. Tuto skutečnost je potřeba zohlednit již v současném návrhu a to tzv. fiktivní souvislou překážkou, která bude mít v nejhorsím případě (v nejnižše položených podlažích) úhel stínění ve smyslu dodatečné vnější překážky dle dalšího textu.

Dodatečné vnější překážky můžeme chápat jako pozdější výstavbu objektů v okolí původní budovy, které mohou mít vliv na její denní osvětlení. Hodnocení vlivu stínění na okolní budovy se provádí kritériem přístupu denního světla k průčelí objektu. Jedná se o svislou složku činitele denního osvětlení v těžišti osvětlovacího otvoru (případně jinde - viz poznámka na konci textu) na jeho vnější straně označovanou D_w (%). Tedy se znovu nezkoumá konkrétní dopad nové překážky na denní osvětlení v interiéru původní budovy, ale zkoumá se míra zavinění případného nevyhovujícího stavu denního osvětlení stíněním novými překážkami. Proto se doporučuje při navrhování denního osvětlení předpokládat stínění fiktivní souvislou překážkou zejména v případech, jak je to popsáno v předchozím odstavci. Předpokládaný úhel stínění vytvořený touto fiktivní překážkou prezentuje stínění způsobené dodatečnou vnější překážkou. Velikost úhlu stínění se stanovuje stejným postupem jako v případě kontroly vlivu stínění dodatečnou vnější překážkou (tabulka B.1 ČSN 73 0580-1 + Z1) v dané lokalitě výstavby.

K tomu ilustrační obrázek:



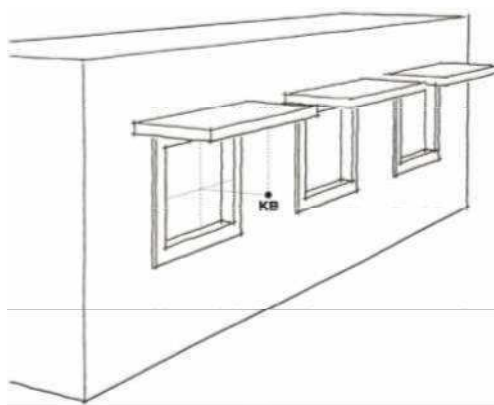
Obrázek 7 - složky činitele D_w (porovnejte s obr. č. 6 vlevo)

V této souvislosti si dovoluji upozornit na jednoduchost poznámky, ale její podstatný význam, pod výše odkazovanou tabulkou B.1 v příloze B ČSN 730580-1 + Z1, která zní: "O zařazení lokality do kategorie 3 a 4 podle tabulky B.1 rozhodují oprávněné instituce příslušné obce." Ano, jak jednoduché, ve skutečnosti se jedná mnohdy o velmi těžko překonatelný problém. Oprávněné instituce obce (příslušné stavební úřady) neví, o čem je řeč, a ani o problematice nechtějí raději slyšet, natož příslušné lokality fundovaně do výše zmíněných kategorií zařazovat. O tom, kdo určuje zařazení do kategorie 1 a 2, se zde pro jistotu vůbec nemluví, pak tedy nezbývá, aby zařazení provedl přímo autor hodnocení, což se nemusí všem zúčastněným stranám líbit.

Jak to zlepšit ?

Poznámka ke stanovení kontrolního bodu při hodnocení vlivu stínění:

Je-li před hodnoceným oknem stávající konstrukce, která předstupuje před průčelí stávajícího objektu (např. balkón, lodžie, arkýř, rizalit, pergola nebo technické zařízení-výtahová šachta, anténa aj.), umístí se kontrolní bod v těžišti okna na svislou rovinu vedenou lícem vyložení konstrukce tak, aby se vyloučil vliv stínění takovou konstrukcí. Je to typický příklad způsobení vlastního stínění, které je nutno vyloučit z posouzení vlivu stínění dodatečnou vnější překážkou.



Obrázek 8 - umístění kontrolního bodu v případě vlastního stínění stávající konstrukcí.

Literatura a odkazy

- [1] Vyhláška MMR č. 268/2009Sb O technických požadavcích na stavby, ve znění vyhlášky č. 20/2012Sb.
- [2] ČSN 73 4301:2004 Obytné budovy + Z1:2005.
- [3] ČSN 730580-:2007 Denní osvětlení budov - 1 -základní požadavky + Z1:2011, - 2 -obytné budovy:2007, -3 -školy:1994 + Z1:1996 + Z2:1996, - 4-průmyslové budovy:1994 + Z1:1996 +Z2:1999
NV č.361/2007Sb, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění NV č.68/2010Sb a č. 93/2012Sb.
- [4] V MZ ČR č. 410/2005Sb a č.343/2009Sb, o hygienických požadavcích na prostory a provoz pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.
- [5] Klvač, P: Stínění objekty z hlediska denního osvětlení 2, časopis Světlo 6/2006
- [6] Klvač, P : Nové hodnocení vnějšího zastínění denního osvětlení, časopis Světlo 6/2008
Kaňka, J : Denní osvětlení obytných místností, časopis Světlo 1/2010
- [7] Klvač,P: Denní osvětlení budov a jeho stínění, oslunění budov a venkovních ploch ve znění nejnovějších legislativních změn, sborník Kurz osvětlovací techniky XXIX/2012

Příkon nebo spotřeba veřejného osvětlení aneb třídění podruhé

Ing. Tomáš Maixner

IRMO - Institut pro rozvoj měst a obcí, www.irmo.cz, maixner.t@gmail.com

Bývá nedobrym zvykem, že se rekonstrukce (obnova) veřejného osvětlení podmiňuje snížením stávajícího příkonu. Je to nesmyslný požadavek. Rozhodně tam, kde je osvětlení v nedobrému stavu, kde zdaleka nespĺňuje požadavky na kvalitní osvětlení. Přesto existuje způsob, jak dosáhnout úspor i v takových případech. Samozřejmě ne vždy. Ale za pokus to stojí. Čtenáře jistě napadá možnost regulace osvětlovacích soustav.

Stupně regulace

I když se regulace naprosto běžně objevuje v zadávacích podmínkách výběrových řízení, ne vždy ji lze provozovat aniž by se ohrozila bezpečnost. Podle ustanovení normy ČSN CEN/TR 13201-1 to je možné jen tehdy, pokud je možné vlivem nějaké změny přetřídít komunikaci do nižší třídy osvětlení. V průběhu noci však nemusí dojít k žádné určující změně.

Nejpravděpodobněji zatřídění ovlivní hustota provozu. Je však třeba nedbat bruselského úředníka, který do normy zavedl hustotu provozu za 24 hodin. Ta se samozřejmě nemění. Ovšem lze hodinovou hustotu přepočítat na denní. Tak třeba ve večerních hodinách projede obcí za hodinu 300 aut. Za den by jich projelo 7 200. O půlnoci projede aut deset, tedy za den 240. V takovém případě došlo k významné změně hustoty provozu a je možné snížit třídu osvětlení. Lépe řečeno, možná(!) ji lze snížit. Ve hře jsou i další ukazatele.

Tři stovky aut za hodinu je pro obec mimo hlavní tah mnohdy nedostížné číslo (za soumraku, nikoliv ve špičce po poledni). Pokud tento počet klesne na hodnotu 291 vozidel za hodinu, tak možnost snížit úroveň osvětlení o jeden stupeň padá - denní hustota je menší než 7000 a to je nejnižší hranice v normě použitá.

Jiným měřítkem je jas okolí. V nočních hodinách může tento jas poklesnout. Zhasnou okna, osvětlení budov, uzavrou se obchody... Je možné snížit hladinu osvětlení, protože s klesajícím jasnem okolí klesají také nároky na úroveň osvětlení. Proč tomu tak je, třeba někdy přístě.

Roli hraje také intenzita cyklistického provozu, někdy i pěšího. Pokud jde o cyklisty, tak norma nedefinuje co je běžná nebo velká intenzita provozu. Lze předpokládat, že v „cyklistických“ městech bude ve dne a večera intenzita provozu velká a v nočních hodinách malá. V případě chodců lze předpokládat, že za večera bude jejich počet vyšší než v hluboké noci. Pak je možnost (opět možná) snížit hladinu osvětlení.

Příklad

Nejběžnější případ, kdy je v obci ulice s povolenou rychlostí 50 km/hod. V závislosti na řadě dalších parametrů byla stanovena třída osvětlení ME4b. V noci se sníží jas okolí nebo intenzita cyklistického provozu. Potom je (někdy, ne vždy) možné danou komunikaci přeradit do třídy osvětlení ME5. Také v případě, že by byl provoz ve večerních (ranních) hodinách vyšší a během noci významně klesl, tak je možné snížit také stupeň osvětlení z ME4b na ME5. Pokud by nastaly oba případy (snížená intenzita provozu i snížení jasu nebo výskytu cyklistů), tak by bylo nejspíš možné na dané komunikaci použít třídu osvětlení ME6.

V takovém případě je možné nastavit regulaci tak, že jas vozovky by klesl z hodnoty $0,75 \text{ cd.m}^{-2}$ na $0,5$, případně $0,3 \text{ cd.m}^{-2}$.

Tady stojí za zmínku, že Národní příloha ČSN CEN/TR 13201-1 připouští snížení hladiny osvětlení o 50, resp. 75%. Je to nešťastné. Znamenalo by to snížení na $0,38 \text{ cd.m}^{-2}$ nebo dokonce jen $0,19 \text{ cd.m}^{-2}$. To je již za hranici bezpečnosti dopravy. Pokud ovšem...

Ještě je tu možnost

Pokud ovšem nenastane situace, kdy je možné přeřadit osvětlení do třídy skupiny S. To je v poslední době poměrně častý zlořád. Do třídy osvětlení skupiny ME se zařadí pouze průtah obcí, případně některé frekventované ulice. Zbytek se zařadí šmahem do skupiny S. Smyslem takového konání je nastavení co nejnižších nároků, která zvládnou i méně kvalitní svítidla. Případně se tak otevře cesta pro použití svítidel se světelnými diodami.

Ovšem, aby bylo možné použít třídu S, je nutné splnit jednu z podmínek: Buď musí být omezena rychlost do 30 km/hod, nebo může být až 50 km/h, ale hlavními uživateli musí být cyklisté, povolení chodci; zcela vyloučena jsou motorová a pomalá vozidla. Norma považuje za cyklistu i jezdce na mopedu.

Pokud by se tedy snížila rychlost hlavního uživatele, tak je možné (nikoliv však automaticky) zařadit osvětlení do třídy S. V závislosti na řadě dalších kritérií lze stanovit odpovídající třídu osvětlení. V běžných situacích bude možné komunikaci z příkladu převést do třídy osvětlení S4, za určitých okolností dokonce do třídy S5. V těchto třídách je předepsána udržovaná hodnota osvětlenosti 5, resp. 3 lx. Pro srovnání: Tomu odpovídá udržovaný jas přibližně $0,16 \text{ cd.m}^{-2}$, resp. $0,1 \text{ cd.m}^{-2}$ (pro průměrný součinitel jasu 0,1).

To jsou hodnoty, které jsem v předešlé kapitole označil za nebezpečné. A i nadále si za oním prohlášením stojím. Možné ponížení úrovně osvětlení z původních nejméně $0,75 \text{ cd.m}^{-2}$ až na $0,1 \text{ cd.m}^{-2}$ je možné jen tehdy, když se bezpodmínečně omezí rychlost účastníků silničního provozu. To je možné například proměnlivými značkami, které by byly řízeny inteligentním ovládním veřejného osvětlení. Ideální by v tomto případě bylo, kdyby se v obci na průtahu nacházelo několik semaforů s radarem a kamerou, které by zablokovaly řidiče jedoucí vyšší rychlostí.

Příkon úsporné soustavy

Dejme tomu, že je v obci příkon stávající soustavy P_S a budou zde takové podmínky, že bude možné soustavu VO řídit na dvě minima. Tedy maximální příkon ve večerních a ranních hodinách, v mezidobí snížený příkon, někde uprostřed noci pak minimální.

Neregulovaná soustava by měla příkon P_N a byla by v provozu T_N hodin ročně. Regulovaná soustava by byla v provozu s plným příkonem po dobu T_{N1} , se sníženým příkonem P_{R1} po dobu T_{R1} a konečně s minimálním příkonem P_{R2} po dobu T_{R2} . Spotřeba Q_R regulované soustavy pak bude:

$$Q_R = P_N \cdot T_{N1} + P_{R1} \cdot T_{R1} + P_{R2} \cdot T_{R2} \quad (\text{kWh/rok}) \quad (1)$$

Průměrný příkon P_{RE} regulované (úsporné) soustavy bude

$$P_{RE} = \frac{Q_R}{T_N} \quad (\text{kWh}) \quad (2)$$

Pokud bude platit, že je průměrný příkon regulované soustavy nižší než příkon stávající soustavy, bude nová soustava energeticky méně náročná, než soustava původní. To je často podmínka pro udělení dotace.

Je však nezbytné ve specifikaci výběrového řízení požadovat, aby nová osvětlovací soustava měla menší spotřebu elektrické energie než ta původní. Nikoliv aby měla menší příkon. Jen malý přírůstek: auto s větším objemem motoru může mít nižší spotřebu než to s objemem o nejméně kubík menším.

Příklad je jistě nejlepší

Stávající VO v obci má příkon 5 kW a samozřejmě nespňuje normy. Dejme tomu, že proto, aby se dosáhlo normových hodnot pro třídu osvětlení ME4b ($0,75 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$), by bylo třeba nainstalovat 8 kW. Pokud by bylo výběrové řízení nastaveno tak, že je rozhodující snížení příkonu osvětlovací soustavy, tak je evidentní, že takové řešení by bylo nepřijatelné. Řešení tedy musí zajistit, aby redukovaný příkon soustavy P_{RE} byl nižší než 5 kW.

Délka provozu veřejného osvětlení je zhruba 4 100 hodin ročně. Mezi desátou večerní a půlnocí bude osvětlení sníženo o jednu třídu (v obci klesl provoz) na ME5. Ovšem o půlnoci bude v obci omezena rychlost na 30 km/hodinu a osvětlení sníženo na požadavky třídy S5. Plný příkon bude v provozu asi 1 670 hodin za rok, první stupeň regulace bude v provozu 730 a druhý 1 700 hodin v roce.

Pro jednoduchost budu počítat, že závislost mezi příkonem svítidla a jeho světelným tokem je lineární. Ve skutečnosti tomu tak není. Pro výbojové zdroje světelný tok klesá rychleji než příkon. Pro LED je tomu naopak (jsou-li napájeny proudově).

Potom příkony jednotlivých stupňů budou $0,5/0,75 \times 8 = 5,33 \text{ kW}$ a $0,16/0,75 \times 8 = 1,71 \text{ kW}$. Roční spotřeba (1) bude:

$$Q_R = 8.1670 + 5,33.730 + 1,71.1700 = 20\,158 \text{ kWh/rok}$$

Průměrný příkon P_{RE} regulované (úsporné) soustavy je:

$$P_{RE} = \frac{20158}{4100} = 4,92 \text{ kW}$$

Redukovaný příkon osvětlovací soustavy je nižší než soustavy stávající. Pokud bude výběrové řízení nastaveno tak, že je nutné snížit výdaje za elektrickou energii, pak takto regulovaná soustava požadavek splní.

A když to nevyjde...

Vše se zhroutí ve chvíli, kdy projektant prohlásí, že nepostačí soustava o příkonu 8 kW. Že je nutné vybudovat veřejné osvětlení s příkonem 10 kW. Roční spotřeba vzroste pro stejný způsob regulace na 25 198 kWh/rok.

Redukovaný příkon soustavy pak bude 6,1 kW, tedy vyšší než příkon původní soustavy.

V takovém případě obci nezbyvá nic jiného, než se rozhodnout mezi následujícími možnostmi:

1. najít schopnějšího projektanta,
2. zvolit progresivní řešení,
3. počkat až světelné zdroje (samozřejmě světelné diody) dosáhnou vyšších měrných výkonů a (LED) svítidla budou disponovat lepší optikou než ta současná; jistá rezerva je i v řízení světelného toku v závislosti na stárnutí světelného zdroje,
4. upustit od realizace a jen flikovat výměnou havarovaných dílů za jiné (přitom obvykle dochází k neodbornému snižování příkonu soustavy s drastickým snižováním úrovně a kvality osvětlení).

Prvé řešení opravdu může přinést vyhovující řešení. Je však poměrně riskantní. Může se totiž jednat o projektanta nikoliv schopného, ale všehoschopného. Takový zfalšuje výpočty tak, aby bylo učiněno normám zadost a přitom (redukovaný, ale klidně i neredukovaný) příkon soustavy byl nižší než stávající. Žel, takových projektantů je v našich zemích jak hub po dešti.

Druhé řešení částečně souvisí s bodem prvním. Jen kvalifikovaný projektant je sto najít to neoptimálnější řešení. Riziko srážky se všehoschopným však trvá.

Třetí řešení je poměrně nadějně. Vývoj světelné techniky je především v oblasti LED až překotný (pozor - indukční zdroje jsou krokem zpátky). Je to otázka několika mála let, snad jen měsíců, kdy budou na trhu výroby umožňující realizovat úspornější řešení než jaká jsou možná v současnosti.

Poslední návrh je samozřejmě nežádoucí. Vede k devastaci osvětlovací soustavy a většinou výraznému zhoršení stavu. Vždy je možné posečkat na vylepšení materiálové základny nebo při troše štěstí najít projektanta, který je schopen zadaný úkol korektně řešit (třeba za pomoci IRMO).

Jen pro úplnost

Roční spotřeba původní osvětlovací soustavy byla 20 510 kWh/rok; náklady na energii při ceně 2,70 Kč/kWh byly 55 377 Kč/rok. U nové soustavy jsou 54 427 Kč/rok. Roční úspora bude 950 Kč/rok tedy cca 1,7%. Úspory jsou malé. Nepochybně ani nezaplatí investici.

Je však třeba vzít v úvahu výrazné zlepšení osvětlení v obci, zvýšení bezpečnosti dopravy i osob a majetku, zlepšení životního prostředí. I to by se mělo zakalkulovat do úspor. Lidský život má údajně cenu 17,5 milionu [2]. A kdyby se kvalitním osvětlením zachránil jen jeden lidský život... Rekonstrukce veřejného osvětlení s příkonem 8 kW rozhodně nebude stát vzpomenuuté miliony.

Aktualizace generelu VO v Ostravě

Alena Muchová, Ing., Radim Gřes, Ing.

PTD Muchová, s.r.o., muchova@ptdov.cz, gres@ptdov.cz

Generel je dokument s dlouhodobou platností a lze předpokládat, že jednotlivé zásady a cíle, které jsou platné k určitému datu, se v průběhu času mění. Z toho důvodu je nezbytná pravidelná aktualizace generelu, která reaguje na nové zákony, vyhlášky, normy, vývoj služeb, města i požadavků společnosti.

Historie generelu VO v Ostravě

První Generel veřejného osvětlení města Ostravy byl zpracován již v 70-tých letech minulého století, kdy zařízení VO bylo převedeno do majetku města Ostravy. Tento generel byl pravidelně aktualizován v rozmezí 5 až 10 let, dle potřeby. Generel VO byl vždy členěn na část technickou – zásady projektování, údržby a staveb soustav VO a na část ekonomickou – přehled zařízení VO a nákladů na jeho údržbu i výstavbu ve městě, rozvaha nutných nákladů na příští období a předpokládané finanční krytí. Toto historické členění je zachováno dodnes.

Generel VO 2014

Generel obsahuje celkem šest kapitol a pět příloh. Dále máme v Ostravě tzv. prováděcí předpisy, které bezprostředně navazují na generel VO. Jsou to:

- Přiřazení tříd osvětlení komunikací na území města Ostravy
- Soubor základních technických a kvalitativních předpisů pro oblast veřejného osvětlení - ZTKP 2011 (aktualizace 2014)
- Koncepce zvýšení bezpečnosti přechodů pro chodce v Ostravě místním nasvětlením
- Strategie plánu rekonstrukcí VO města Ostravy

Nyní aktualizovaný Generel VO města Ostravy byl zpracován v roce 2006. Za toto období narostl počet světelných míst o 10% při snížení spotřeby el. energie o 2,5%. Uspor spotřeby el. energie nebylo dosahováno vypínáním částí VO či snížením počtu hodin svícení, ale racionalizačními opatřeními, používáním nejúspornějších zdrojů a svítidel při dodržení světelně technických požadavků na osvětlení komunikací. V níže uvedené tabulce je vidět vývoj soustavy VO města Ostravy.

	1998	2000	2005	2010	06/2014
Délka osvětlovaných komunikací	1 470 km	1 480 km	1 496 km	1 543 km	1 565 km
Instalovaný příkon VO	5 752 kW	4 500 kW	4 760 kW	4 862 kW	4 640 kW
Celková délka vedení VO	1 975 km	1 982 km	1 999 km	2 019 km	2 050 km
z toho: kabelové vedení	1 284 km	1 288 km	1 308 km	1 334 km	1 365 km
venkovní vedení	691 km	694 km	691 km	685 km	685 km
Počet světelných míst	33 078 ks	33 600 ks	35 634 ks	37 737 ks	39 215 ks
Počet zapínacích bodů s elektroměry	594 ks	570 ks	567 ks	558 ks	543 ks

• Základní technická data soustavy VO Ostrava

Změny a doplnění v generelu VO

Již v druhé kapitole generelu VO - Organizace a řízení VO statutárního města Ostravy, jsou upřesněny nezbytné úkoly a pravomoci vlastníka a správce VO ve městě. Je specifikována řídicí činnost vlastníka zařízení VO a upřesněny pravomoci a povinnosti správce. Jedním z důležitých bodů je, že správa VO z pověření majitele zařízení VO rozhoduje o použití komponentů soustavy VO jak na stavbách, tak při údržbě VO. Dále vykonává kontrolní činnosti na stavbách nového zařízení VO i obnovy stávajícího VO.

Cílem práce správy VO v Ostravě je používání kvalitních, moderních prvků VO, kvalitních stavebních postupů a materiálů, postupné zavádění ověřených postupů jak v údržbě, tak na stavbách VO, současně také prosazování dodržování technických norem a legislativy. Je třeba mít účinnou zbraň proti lobování za používání nekvalitních svítidel či jiných součástí soustav VO. Kvalifikovaný odborník umí posoudit výhodnost nabídky různých výrobců, odhalí nepravdy v jejich marketingových tricích, ale je třeba těmto odborníkům dát rozhodovací pravomoc.

Kromě aktualizace světelně technických předpisů a legislativy v oblasti projektování byla aktualizována část architekturního osvětlení, v níž byla vytvořena přehledná tabulka již nasvětlených architektur ve městě a po konzultaci jak s útvary magistrátu, tak s jednotlivými městskými obvody, je jich celkem 22, byla navržena další vhodná místa ve městě k arch. nasvětlení. Mimo kostelů jsou to významné kulturní i obytné domy, sochy a technické památky.

Pro práci správy i majitele VO je důležitá část generelu, která upřesňuje postupy při výstavbě nové soustavy VO, když je investorem jiný subjekt než Statutární město Ostrava. Tento postup je rozdělen na dvě části – práce před zahájením stavby a práce po předání a převzetí stavby. Tyto fáze jsou odlišné od postupu stavby VO, které je financováno z investičních prostředků města.

V kapitole údržba VO je nově upřesněn kalendář provozních hodin VO v Ostravě. Tento kalendář nevychází pouze z obecně platné doby zapínání a vypínání VO dle astronomických hodin, ale i z požadavků jednotlivých městských obvodů, komisí magistrátu a policie České republiky. Je nutno dbát na to, že není prvořadá pouze úspora el. energie, ale především bezpečnost občanů ve městě, kterou zvyšuje i kvalitní osvětlení provozované v potřebné době.

Vedle běžného provozu a údržby VO musí vlastník a provozovatel řešit ještě jiné spojité problémy, které přináší umístění zařízení ve veřejném městském prostoru, jeho vlastní provedení, případně další využití pro cizí uživatele, zejména pak umístění nosných konstrukcí - stožárů, výložníků.

K řešení všech těchto otázek je nezbytně nutné jasné vymezení kompetencí mezi vlastníkem zařízení a provozovatelem. Jedná se například o jednoznačné pověření provozovatele k určitým úkonům, které může provádět v zájmu vlastníka. Jsou však situace nebo požadavky třetích stran, které nemůže ani zplnomocněný správce zařízení VO provést nebo rozhodnout, aniž by k tomu měl konečné stanovisko vlastníka. Je to například zařízení VO na soukromých objektech, jiná vedení na stožárech VO, reklamy na stožárech VO, připojování jiných odběrů na rozvod VO, vánoční osvětlení. Tyto problematiky byly jednoznačně specifikovány v generelu VO.

V závěrečné části jsou přehledně uvedeny náklady na jednotlivé činnosti ve VO ve městě – správa a údržba, el. energie, investiční výstavba, která je hrazena jak z prostředků magistrátu, tak městských obvodů.

Stáří zařízení a potřeby rekonstrukcí konkrétně specifikuje prováděcí předpis „Strategie postupu rekonstrukcí veřejného osvětlení ucelených částí města Ostravy“ z roku 2012. Ze strategie vychází investiční odbor magistrátu při návrhu staveb do plánu rekonstrukcí na každý další rok.

Při už prodloužené životnosti zařízení VO na 30 roků by bylo nezbytně nutné, za podmínky, že je přesně rovnoměrně rozložené stáří zařízení VO, ročně rekonstruovat 1 307 ks světelných míst v Ostravě. Každá stavba je specifická a nedá se stanovit jediná hodnota průměrné ceny na rekonstrukci 1 SM. Tuto cenu ovlivňuje velké množství faktorů. Pro kvalifikovaný odhad nákladů připravované rekonstrukce VO je nutný podrobnější rozbor zakázky, zejména je nutné podle skutečných podmínek stanovit poměry mezi výložníkovými – silničními a sadovými SM, poměry mezi výkopovou rýhou v zeleni a ve zpevněných plochách, množství přechodů komunikací apod. Dále je nutné kalkulovat s počty osazovaných rozváděčů. Velký vliv má umístění stavby. Jiné náklady jsou u staveb v památkové zóně nebo ochranném památkovém pásmu, jiné v charakteristickém sídlištním celku, jiné u samostatně situované komunikace, jiné v oblasti vilové čtvrti. Po rozboru potřebných rekonstrukcí, obnov dílčích soustav VO v příštím období, byla vyčíslena předpokládaná finanční potřeba na provoz a obnovu stávající městské soustavy VO.

Závěr

Návrh aktualizovaného generelu je nyní projednáván jak na odborech magistrátu, tak na správě VO a Policii České republiky, po projednání v komisi dopravní a investiční bude předložen k odsouhlasení Radě města. Po schválení bude generel nástrojem pro údržbu a rozvoj městské soustavy VO jak pro majitele, tak pro správu VO.

Jak postupovat při vadném zhotovení veřejného osvětlení

JUDr. Petra Nováková, Ph.D., Mgr. Ondřej Mikula, JUDr., Tomáš Sequens,
Kocián Šolc Balaščík, advokátní kancelář, s.r.o.,
www.ksb.cz, pnovakova@ksb.cz, omikula@ksb.cz, tsequens@ksb.cz

V následujícím příspěvku se pokusíme přiblížit některá právní pravidla dopadající na případy vadné realizace veřejného osvětlení. Poukážeme při tom rovněž na některé novinky, které v těchto záležitostech zavedl s účinností od 1. 1. 2014 nový občanský zákoník.

Povaha smlouvy o zhotovení veřejného osvětlení a relevantní právní úprava

Výstavba veřejného osvětlení v praxi probíhá nejčastěji na základě smlouvy uzavírané mezi příslušnou obcí, popřípadě jiným subjektem zajišťujícím veřejné osvětlení [1], a příslušným dodavatelem (zpravidla podnikatelem). Taková smlouva je pak z právního hlediska obvykle považována za smlouvu o dílo, kterou v současnosti upravuje nový občanský zákoník [2] („NOZ“) a v minulosti upravoval dnes již zrušený zákoník obchodní [3] („Obchodní zákoník“). Základem takové smlouvy je povinnost zhotovitele řádně provést dílo (veřejné osvětlení) a povinnost objednatele (obce, kraje, popř. jiného subjektu) toto dílo převzít a zaplatit za něj sjednanou cenu.

V některých případech však může nastat situace, kdy veřejné osvětlení zhotovované „na zakázku“ příslušným podnikatelem neodpovídá ve smlouvě předvídanému výsledku a je provedeno s vadami. To, jak mohou (musí) strany postupovat, by mělo v první řadě vyplývat ze samotné smlouvy o dílo. Neobsahuje-li však taková smlouva zvláštní úpravu, uplatní se podpůrný zákonný režim. Jak bylo v úvodu tohoto příspěvku zmíněno, došlo s účinností od 1. 1. 2014 k změně právní úpravy, když předmětné smlouvy o dílo již neupravuje Obchodní zákoník, ale NOZ.

I v současnosti však může najít zrušený Obchodní zákoník při řešení sporů z vadného provedení veřejného osvětlení uplatnění, a to v případech smluv uzavřených před 1. 1. 2014. Podle zákona totiž platí, že práva a povinnosti vzniklé z porušení smluv uzavřených přede dnem účinnosti NOZ, se řídí předpisy účinnými do 31. 12. 2013 (tedy včetně Obchodního zákoníku). [4]

Řešení vad dle Obchodního zákoníku

Dílo (zhotovované veřejné osvětlení) má vady, jestliže neodpovídá výsledku určenému ve smlouvě. [5] V první řadě tedy rozhoduje popis zamýšlených vlastností díla ve smlouvě. To ovšem neplatí bez výhrady. V některých případech je třeba respektovat závazná pravidla o jakostních a technických podmínkách pro provádění konkrétního díla. [6] To se týká především některých českých technických norem, jejichž dodržování je vyžadováno zákonem nebo vyhláškou. [7] Je-li pak zhotovení veřejného osvětlení v rozporu s takovými normami, je namístě konstatovat, že dílo má vady a objednateli v důsledku toho vznikají příslušná oprávnění. Vedle toho může sama smlouva odkázat v popisu kvality prováděného díla na technické normy, které se tak stanou pro strany závazné, byť by jejich dodržování nebylo v daném případě vyžadováno zákonem ani příslušnými prováděcími předpisy.

Další otázkou, kterou je třeba v souvislosti s existencí vad řešit, je okamžik jejich vzniku. Na tom, kdy vady vznikly, totiž závisí vůbec vznik odpovědnosti zhotovitele za vadné plnění a tomu odpovídajících práv na straně objednatele. Existují-li vady k okamžiku předání díla nebo k okamžiku přechodu nebezpečí škody zhotovované věci (přechází-li např. podle dohody stran později), pak vzniká odpovědnost zhotovitele bez dalšího. Vznikne-li vada později, odpovídá za ni zhotovitel jen, pokud byla sjednána záruka za jakost nebo, byla-li způsobena porušením jeho povinností. [8] Vznik vady však nelze zaměňovat s případem, kdy vada byla po předání pouze zjištěna, tj. stala se zjevnou. I taková vada mohla existovat již při předání díla, byť by se jednalo o vadu skrytou.

To, zda bylo dílo předáno s vadami nebo ne, je podle Obchodního zákoníku naprosto zásadní pro vznik práva zhotovitele na zaplacení ceny za dílo. Platí to pro případy, kdy ve smlouvě není zvláštních pravidel pro splatnost ceny za dílo. Obchodní zákoník totiž stanoví podpůrné pravidlo, dle kterého právo na zaplacení ceny za dílo vzniká provedením díla. Provedením díla se pak rozumí jeho řádné ukončení, to je ukončení bez vad, a jeho předání. [9]

Není-li tedy vznik povinnosti objednatele zaplatit cenu za dílo ve smlouvě vázán například na pouhé předání díla, nemá zhotovitel dle Obchodního zákoníku právo na zaplacení ceny díla, předá-li dílo s vadami (byť skrytými).

V návaznosti na předání díla je zákonem konstruována důležitá povinnost objednatele. Ten totiž musí podle možnosti co nejdříve po předání díla prohlédnout nebo jeho prohlídku zařídit. [10] Neučiní-li to, může následně přijít o možnost uplatňovat svá práva z vadného plnění. Zákon totiž stanoví lhůty, ve kterých musí objednatel vady reklamovat. V případě, že vady zjistí, musí je vždy reklamovat bez zbytečného odkladu po tomto zjištění. Pokud se jedná o vady, které měly být zjištěny při řádně provedené prohlídce (byť provedena v daném případě nebyla), musí je reklamovat bez zbytečného odkladu poté, kdy měl objednatel prohlídku provést. Jde-li o vady, které mohly být zjištěny teprve později (byť by je objednatel nezjistil), musí je objednatel reklamovat bez zbytečného odkladu poté, co je měl zjistit. V případě veřejného osvětlení však nejpozději do pěti let od předání díla (veřejné osvětlení lze zpravidla považovat za stavbu, proto se neuplatní lhůta dvou, ale pěti let). Je-li sjednána záruka, uplatní se místo této doby záruční doba. [11]

Dojde-li ke zjištění vad později než ve výše uvedených lhůtách (a nestanoví-li sama smlouva něco jiného), může to zhotovitel v případném soudním řízení namítnout, v důsledku čehož soud objednateli žádná práva z vadného plnění nepřizná. To neplatí, jestliže se jednalo o vady, které jsou důsledkem skutečností, o nichž zhotovitel věděl nebo musel vědět v době předání díla. [12]

Nedojde-li ve výše naznačeném smyslu k zániku nároků z vadného plnění, může se objednatel ze zákona domáhat odstranění vad díla nebo slevy z ceny za dílo. Jednalo-li se však o takové vady, v důsledku kterých byla smlouva porušena podstatným způsobem, může též uplatnit právo na odstoupení od smlouvy, čímž smlouva zanikne. [13]

Pokud však dojde k odstoupení od smlouvy o dílo, jehož předmětem je zhotovení veřejného osvětlení, v důsledku jeho vadného provedení, musí se strany vypořádat v intencích příslušných zákonných ustanovení. Pro takové případy se uplatní pravidlo, dle kterého bude muset objednatel zhotoviteli uhradit to, o čem se zhotovováním veřejného osvětlení obohatil. [14] Objednatel tak zejména musí vždy pečlivě zvažovat, zda odstoupení od smlouvy bude mít pro něj žádoucí právní účinky. Pokud by se totiž jednalo o situaci, kdy se zhotovitel zavázal zhotovit veřejné osvětlení v ceně nižší než obvyklé, mohl by objednatel v důsledku odstoupení od smlouvy nakonec zaplatit více, než kolik činila původně sjednaná cena ve smlouvě. [15]

Kromě již uvedených nároků je třeba rovněž upozornit na vznik povinnosti zhotovitele nahradit případnou škodu, která v důsledku vadného provedení veřejného osvětlení vznikne na straně objednatele. V daném případě se může jednat například o škodu, jejíž náhradu uplatnili vůči objednateli třetí osoby v důsledku nefunkčního veřejného osvětlení, resp. porušení povinnosti péče o pozemní komunikace.

Při uplatňování práv z vadného plnění je třeba pamatovat rovněž na běh promlčecích lhůt, při jejichž zmeškání může objednatel v případném soudním řízení ztratit své nároky, namítne-li promlčení protistrana. Řídí-li se daný vztah Obchodním zákoníkem, je promlčecí doba čtyřletá a počíná běžet od předání díla nebo od okamžiku, kdy dílo měl převzít objednatel a v rozporu se svou povinností tak neučinil. [16] Jde-li o vady, na které se vztahuje záruční doba, počíná čtyřletá promlčecí doba běžet ode dne včasné reklamace vady v průběhu záruční doby. [17]

Řídí-li se smlouva NOZ

Jak bylo uvedeno, smlouvy o zhotovení veřejného osvětlení uzavřené po 1. 1. 2014 se již zcela řídí NOZ, včetně práv z vadného plnění. Nová úprava vychází do značné míry z úpravy zrušeného Obchodního zákoníku, proto bychom se v následujících řádcích zaměřili pouze na některé významné změny, které NOZ přináší, přičemž v ostatním lze v zásadě odkázat na to, co bylo výše napsáno k aspektům úpravy Obchodního zákoníku.

Stejně jako v případě Obchodního zákoníku stanoví NOZ dispozitivní pravidlo, že zhotovitelovo právo na zaplacení ceny díla vzniká provedením díla. [18] Jiným způsobem jsou však definovány jednotlivé kroky, ze kterých se provedení díla skládá. Dílo je provedeno, je-li řádně dokončeno a předáno. Dokončením se však již nerozumí zhotovení díla bez jakýchkoliv, byť drobných vad, ale okamžik, kdy zhotovitel předvede jeho způsobilost sloužit svému účelu. [19] Bližší úpravu postupu předvedení způsobilosti díla by měla obsahovat smlouva. Smlouva by mohla stanovit například závazná kritéria týkající se světelně technických parametrů, které je zhotovitel povinen demonstrovat, apod. Pokud má i po takovém dokončení a předání díla vady, je třeba ze strany objednatele nastalou situaci řešit uplatněním práv z vadného plnění. Tyto vady však samy o sobě neznamenají, že zhotoviteli nevznikne právo na zaplacení ceny díla. Pokud by tomu tak mělo být, musela by to smlouva výslovně stanovit.

Z hlediska samotného předání díla je podstatné, zda jej objednatel převzal s výhradami, nebo bez výhrad. Pokud totiž objednatel převzal dílo bez výhrad, platí, že mu soud nepřizná právo ze zjevné vady díla, namítne-li zhotovitel, že právo nebylo uplatněno včas. [20]

NOZ obsahuje nově několik speciálních ustanovení pro případ, kdy se jedná o smlouvu o dílo, jehož předmětem je stavba. Ta se uplatní i ve vztahu k veřejnému osvětlení, jež je pravidelně stavbou. Důležité je zejména pravidlo, podle kterého objednatel nemá právo odmítnout převzetí stavby pro ojedinělé drobné vady, které samy o sobě ani ve spojení s jinými nebrání užívání stavby funkčně nebo dokonce esteticky, ani její užívání podstatným způsobem neomezují. [21] Chtějí-li strany podrobit smlouvu přísnějšímu režimu, mohou toto ustanovení smluvně vyloučit.

Zásadní novinkou, kterou NOZ ve vztahu ke smlouvě o dílo, jehož předmětem je stavba, přináší, je rozšíření odpovědnosti za vady kromě zhotovitele i na další osoby. Platí, že v případě, že bylo plněno vadně, může se objednatel se svými nároky z vadného plnění obracet nejen na zhotovitele, ale také na i) subdodavatele zhotovitele, ii) na toho, kdo dodal stavební dokumentaci, a iii) na toho, kdo prováděl stavební dozor. Všechny tyto osoby jsou zavázány společně a nerozdílně se zhotovitelem, což znamená, že objednatel se může obrátit s celým svým nárokem na kteroukoliv z nich. [22]

Změnu přinesl NOZ také v úpravě promlčení. Nově se uplatní nikoliv čtyřletá, ale tříletá promlčecí doba, která ve vztahu k právům z vadného plnění počne běžet ode dne, kdy byly v souladu se zákonem, resp. smlouvou, práva z vadného plnění uplatněna u zhotovitele. [23]

Literatura a odkazy

- [1]. Srov. SEQUENS, Tomáš, Petra NOVÁKOVÁ, Richard HAMRAN. Veřejné osvětlení a obec pod lupou zákona, uveřejněný v r. 2013 ve Sborníku Národní konference s mezinárodní účastí s výstavou světelné techniky KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXX:, který pojednává o subjektech, které jsou povinny zajišťovat veřejné osvětlení osvětlující pozemní komunikace.
- [2]. Tj. zákonem č. 89/2012 Sb., občanským zákoníkem v platném znění.
- [3]. Tj. zákon č. 531/1991 Sb., obchodní zákoník, ve znění pozdějších předpisů.
- [4]. Viz ustanovení § 3028 odst. 3 NOZ, dle kterého: „*Není-li dále stanoveno jinak, řídí se jiné právní poměry vzniklé přede dnem nabytí účinnosti tohoto zákona, jakož i práva a povinnosti z nich vzniklé, včetně práv a povinností z porušení smluv uzavřených přede dnem nabytí účinnosti tohoto zákona, dosavadními právními předpisy. To nebrání ujednání stran, že se tato jejich práva a povinnosti budou řídit tímto zákonem ode dne nabytí jeho účinnosti.*“
- [5]. Viz ustanovení § 560 odst. 1 Obchodního zákoníku, dle kterého „*Dílo má vady, jestliže provedení díla neodpovídá výsledku určenému ve smlouvě.*“
- [6]. Srov. POKORNÁ, Jarmila. Obchodní zákoník: komentář. Vyd. 1. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2009, xxxv, 1079 s. Komentáře Wolters Kluwer.
- [7]. Např. normy ČSN 13201 - 1 až 4 Osvětlení pozemních komunikací vydané ÚNMZ. K podrobnějšímu rozboru problematiky závaznosti technických norem ve veřejném osvětlení srov. SEQUENS, Tomáš, Petra NOVÁKOVÁ, Richard HAMRAN. Normy ve veřejném osvětlení z pohledu práva, v r. 2012 ve Sborníku Národní konference s mezinárodní účastí s výstavou světelné techniky KURZ OSVĚTLOVACÍ TECHNIKY XXIX.
- [8]. Viz ustanovení § 560 odst. 2 Obchodního zákoníku, dle kterého: „*Zhotovitel odpovídá za vady, jež má dílo v době jeho předání; jestliže však nebezpečí škody na zhotovené věci přechází na objednatele později, je rozhodující doba tohoto přechodu. Za vady díla, na něž se vztahuje záruka za jakost, odpovídá zhotovitel v rozsahu této záruky.*“ a § 560 odst. 3 Obchodního zákoníku, dle kterého: „*Zhotovitel odpovídá za vady díla vzniklé po době uvedené v odstavci 2, jestliže byly způsobeny porušením jeho povinností.*“
- [9]. Viz ustanovení § 554 odst. 1 Obchodního zákoníku, dle kterého: „*Zhotovitel splní svou povinnost provést dílo jeho řádným ukončením a předáním předmětu díla objednateli v dohodnutém místě, jinak v místě stanoveném tímto zákonem.*“ a rozsudek Nejvyššího soudu sp. zn. 32 Odo 1326/2006, ze dne 13. 11. 2008: „*Mělo-li tedy předané dílo nedodělků, je zřejmé, že žalobkyně, jako zhotovitelka, nesplnila svou povinnost provést dílo jeho řádným ukončením a předáním. Dílo, které je vadné a má nedodělků, nelze totiž ve smyslu § 554 odst. 1 obch. zák. považovat za dílo provedené, a to ani tehdy, když je jako je tomu v posuzovaném případě objednatel převezme. Pokud mezi účastníky nebylo sjednáno jinak, zhotoviteli v takovém případě právo na zaplacení ceny díla nevznikne.*“
- [10]. Viz ustanovení § 562 odst. 1 Obchodního zákoníku, dle kterého: „*je objednatel povinen předmět díla prohlédnout nebo zařídit jeho prohlídku podle možností co nejdříve po předání předmětu díla.*“

- [11]. Viz ustanovení § 562 odst. 2 Obchodního zákoníku, dle kterého: „*Soud nepřizná objednateli právo z vad díla, jestliže objednatel neoznámí vady díla a) bez zbytečného odkladu poté, kdy je zjistí, b) bez zbytečného odkladu poté, kdy je měl zjistit při vynaložení odborné péče při prohlídce uskutečněné podle odstavce 1, c) bez zbytečného odkladu poté, kdy mohly být zjištěny později při vynaložení odborné péče, nejpozději však do dvou let a u staveb do pěti let od předání předmětu díla. U vad, na něž se vztahuje záruka, platí místo této lhůty záruční doba.*“
- [12]. Viz ustanovení § 562 odst. 3 Obchodního zákoníku ve spojení s ustanovením § 428 odst. 2 a 3 Obchodního zákoníku.
- [13]. Viz ustanovení § 564 ve spojení s ustanoveními § 436 až 441 Obchodního zákoníku.
- [14]. Viz ustanovení § 544 odst. 1 Obchodního zákoníku, dle kterého: „*Má-li ke zhotovované věci vlastnické právo objednatel a věc nelze vzhledem k její povaze vrátit nebo předat zhotoviteli, je objednatel povinen uhradit zhotoviteli to, o co se objednatel zhotovováním věci obohatil, jestliže závazek zanikl z důvodu, za který objednatel neodpovídá.*“
- [15]. Srov. CHALUPA, Luboš. Vypořádání po odstoupení od smlouvy o dílo. *Právní rádce* [online]. 2004 [cit. 2014-08-05]. Dostupné z: <http://pravniciradce.ihned.cz/c1-13873890-vyporadani-po-odstoupeni-od-smlouvy-o-dilo>
- [16]. Viz ustanovení § 393 odst. 2 Obchodního zákoníku, dle kterého: „*U práv z vad věcí běží promlčecí doba ode dne jejich předání oprávněnému nebo osobě jím určené nebo ode dne, kdy byla porušena povinnost věc převzít.*“
- [17]. Srov. rozsudek Nejvyššího soudu sp. zn. 32 Odo 1616/2005, ze dne 26. 9. 2007: „*v případě nároků ze záruky za jakost se aplikuje speciální ustanovení § 393 odst. 2 ObchZ, podle něhož u nároků ze záruky za jakost běží promlčecí doba vždy ode dne včasného oznámení vady během záruční doby a u nároků z právních vad od uplatnění práva třetí osobou.*“
- [18]. Viz ustanovení § 2610 odst. 1 NOZ, dle kterého: „*Právo na zaplacení ceny díla vzniká provedením díla.*“
- [19]. Viz ustanovení § 2605 odst. 1 NOZ, dle kterého: „*Dílo je dokončeno, je-li předvedena jeho způsobilost sloužit svému účelu.*“
- [20]. Viz ustanovení § 2605 odst. 2 NOZ, dle kterého „*Převezme-li objednatel dílo bez výhrad, nepřizná mu soud právo ze zjevné vady díla, namítne-li zhotovitel, že právo nebylo uplatněno včas.*“
- [21]. Viz ustanovení § 2628 NOZ, dle kterého „*Objednatel nemá právo odmítnout převzetí stavby pro ojedinělé drobné vady, které samy o sobě ani ve spojení s jinými nebrání užívání stavby funkčně nebo esteticky, ani její užívání podstatným způsobem neomezují.*“
- [22]. Viz ustanovení § 2630 odst. 1 NOZ, dle kterého: „*Bylo-li plněno vadně, je vzhledem k tomu, co sám dodal, zavázán se zhotovitelem společně a nerozdílně a) poddodavatel zhotovitele, ledaže prokáže, že vadu způsobilou jen rozhodnutí zhotovitele nebo toho, kdo nad stavbou vykonával dozor, b) kdo dodal stavební dokumentaci, ledaže prokáže, že vadu nezpůsobilou chyba ve stavební dokumentaci, a kdo prováděl dozor nad stavbou, ledaže prokáže, že vadu stavby nezpůsobilou selhání dozoru.*“
- [23]. Srov. LAVICKÝ, Petr. *Občanský zákoník: komentář*. 1. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2014, xx, s. 2217. Velké komentáře.

Jasové poměry a bezpečnost na osvětlených přechodech pro chodce v Ostravě

Zdeněk, Bláha, Ing.

VŠB – TU Ostrava, www.vsb.cz, zdenek.blaha@vsb.cz

Martina, Litschmannová, Ing. Ph.D.

VŠB – TU Ostrava, k470.vsb.cz/litschmannova, martina.litschmannova@vsb.cz

Tento příspěvek analyzuje cenná data z měření světelně technických parametrů na a v okolí osvětlených ostravských přechodů pro chodce. Důraz je kladen na hodnoty jasu a osvětlenosti jednotlivých částí přechodu a hledání závislostí mezi těmito parametry.

Celkem bylo během roku 2014 změřeno 87 přechodů pro chodce. Byly vybrány přechody, které se realizovaly v období let 2010 – 2012. Každý přechod lze posuzovat individuálně z každého jízdního směru zvlášť, proto toto měření nabízí 174 sad statistických údajů.

Během provedených analýz bylo matematicky testováno několik hypotéz, jejichž výsledky by měly potvrdit či vyvrátit předpoklady, se kterými je často uvažováno při návrzích osvětlovacích soustav.

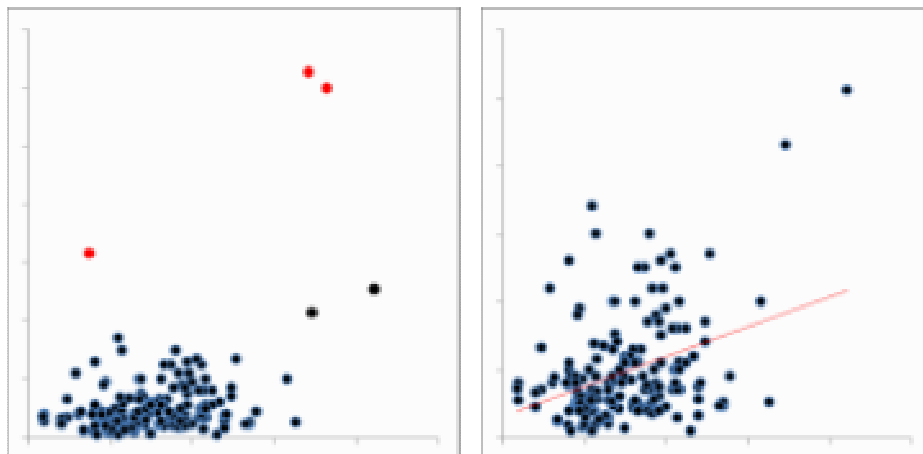
Testované předpoklady:

1. Čím vyšší je horizontální osvětlenost komunikace, tím vyšší je jas pozadí.
2. Jas pozadí je vyšší než jas nástupu či ostrůvku.
3. Čím vyšší je horizontální osvětlenost přechodu, tím vyšší je vertikální osvětlenost přechodu.
4. Jas pozadí je v obou směrech stejný.
5. Horizontální osvětlenost před a za přechodem není stejná.
6. Horizontální osvětlenost přechodu je vyšší než horizontální osvětlenost okolní komunikace.
7. Jas přechodu je vyšší než jas pozadí.

Při vyhodnocování hypotéz bylo využíváno softwaru MS Excel 2010 a Statgraphics v. 5.0. Příspěvek se nezabývá postupy při vyhodnocování hypotéz, ale jen výsledky, které z testování hypotéz vyplynuly.

Čím vyšší je horizontální osvětlenost komunikace, tím vyšší je jas pozadí

Tato hypotéza byla prokázána.



• obrázek 1 - Grafický výsledek vyhodnocování

V druhé části obrázku 1 můžeme pozorovat závislost jasu pozadí na horizontální osvětlenosti komunikace. Úsečka znázorňuje, že čím vyšší byla naměřena osvětlenost komunikace, tím vyšší byl jas pozadí.

Na první části obrázku 1 jsou viditelné vlivné body, které byly při vyhodnocování odstraněny, neboť by mohly výsledek negativně ovlivnit. Jde o přechody pro chodce s pořadovým číslem 29, 171 a 174.



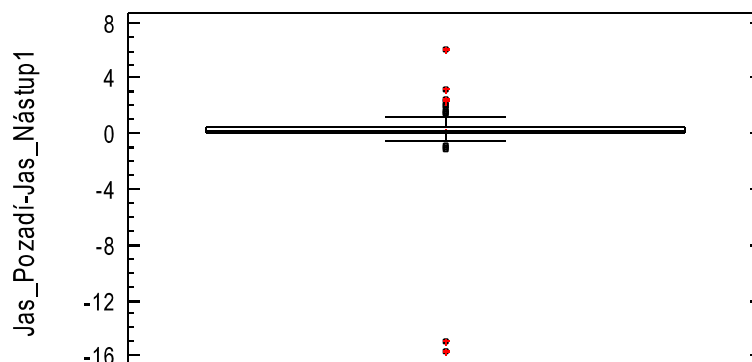
• obrázek 2 – Fotografie přechodu 29

Na obrázku 2 je v pozadí přechodu pro chodce svislá plocha domu, která má průměrný jas $6,3\text{cd/m}^2$. Tento jev se často vyskytoval u přechodů pro chodce, které byly v blízkosti křižovatek a zatáček, neboť se na těchto členitých úsecích dostávají do pozadí osvětlené domy, rostliny a jiné svislé plochy, které mají poměrně vyšší jas než při posuzování průměrného jasu pozadí na rovných úsecích.

Tento poznatek je velice důležitý z hlediska projektování osvětlovacích soustav přechodů pro chodce, neboť požadované hodnoty na svislou osvětlenost na přechodu jsou odvozovány z jasu či horizontální osvětlenosti komunikace.

Jas pozadí je vyšší než jas nástupu či ostrůvku

Tato hypotéza byla prokázána.



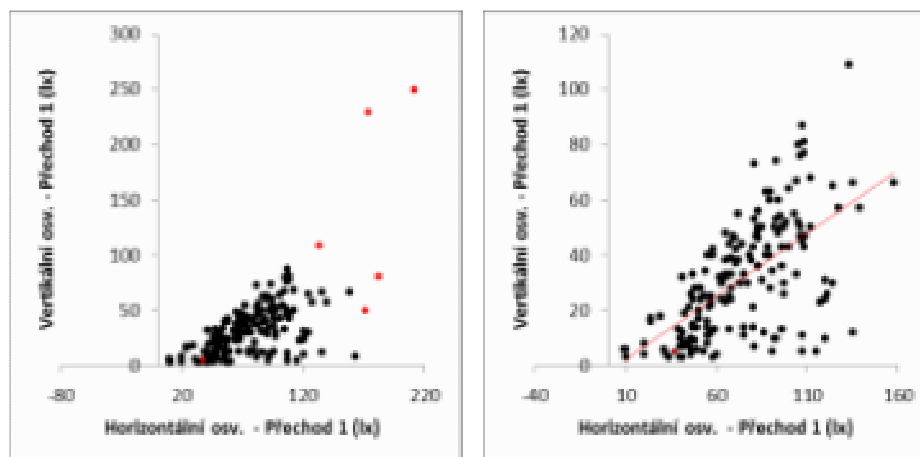
• obrázek 3 - Grafický výsledek vyhodnocování

Jelikož jsou na nástupní místa a ostrůvky u přechodů kladeny nižší požadavky na svislou osvětlenost než na samotný přechod, bylo ověřováno, jestli je jas pozadí na úrovni přechodu pro chodce vyšší než jas pozadí na úrovni nástupních míst a ostrůvků. Jelikož byla hypotéza prokázána, můžeme předpokládat, že kontrast mezi chodcem na přechodu nebo nástupu/ostrůvku bude stejný.

Z vyhodnocovaného datového souboru byla odstraněna vzdálená pozorování, která by výsledek negativně ovlivnila. Konkrétně to jsou přechody s pořadovým číslem: 29, 56, 109, 131, 139, 141, 143, 151, 171, 172 a 174.

Čím vyšší je horizontální osvětlenost přechodu, tím vyšší je vertikální osvětlenost přechodu

Hypotéza byla prokázána.

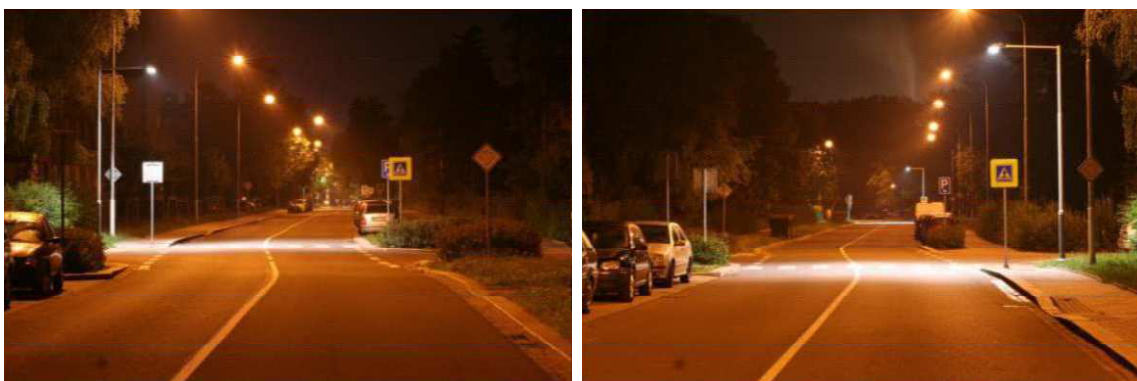


• obrázek 4 - Grafický výsledek vyhodnocování

Testování této hypotézy mělo za úkol ověřit vztah mezi horizontální a vertikální osvětleností na přechodu pro chodce. Jelikož byla hypotéza prokázána, můžeme předpokládat, že při zvyšujícím se osvětlování vodorovného značení přechodu pro chodce se bude zvyšovat i svislá osvětlenost na přechodu.

Jas pozadí je v obou směrech stejný

Hypotéza byla prokázána.



• obrázek 5 – Fotografie přechodu 19 a 20

Z výběrového souboru byly vypuštěny záznamy o přechodech č. 86, 87 (pořadové číslo 171, 172, 173, 174), které byly identifikovány jako extrémní pozorování.

Jelikož je v požadavcích na návrh osvětlení přechodu předpokládáno, že jas pozadí je v obou směrech stejný, bylo provedeno testování i této hypotézy.

Na obrázku 5 je znázorněn typický příklad pro rovný úsek komunikace, na kterém se vyskytuje osvětlený přechod pro chodce. Již z obrázku je zřejmé, že jas pozadí tvoří z velké části samotná komunikace a jelikož je komunikace nasvětlena rovnoměrně v obou směrech je i jas pozadí stejný pro oba jízdní pruhy.

Horizontální osvětlenost před a za přechodem není stejná

Hypotézu se nepodařilo prokázat.

Testovanou hypotézu se nepodařilo prokázat. Horizontální osvětlenost komunikace je před i za přechodem stejná.



• obrázek 6 – Fotografie přechodu 174

Z výběrového souboru byly pro tuto analýzu vypuštěny záznamy o přechodech s pořadovým číslem 149, 171, 172, 173 a 174, které byly identifikovány jako extrémní pozorování.

Na obrázku 6 lze vidět, přechod pro chodce, který byl označen jako extrémní pozorování. Přechod pro chodce se nachází u autobusového zastřešeného terminálu. Horizontální osvětlenost pod zastřešením je 272lx a mimo zastřešení je 22lx.

Horizontální osvětlenost přechodu je vyšší než horizontální osvětlenost okolní komunikace

Hypotéza byla prokázána.



• obrázek 7 – Fotografie přechodu 150

Testování této hypotézy potvrzuje logický fakt, že při přisvětlení přechodu pro chodce se zvýšila jeho horizontální osvětlenost vůči přilehlým komunikacím.

Jako doplňková úloha byla řešena otázka, kolikrát je horizontální osvětlenost přechodu vyšší než horizontální osvětlenost jeho okolních komunikací. Údaje o horizontálním osvětlení byly logaritmovány, což vedlo k přiblížení jejich distribuce normálnímu rozdělení. Na základě takto upravených dat bylo odhadnuto, že horizontální osvětlení přechodu je cca 6,2x vyšší než horizontální osvětlení okolí.

Jas přechodu je vyšší než jas pozadí

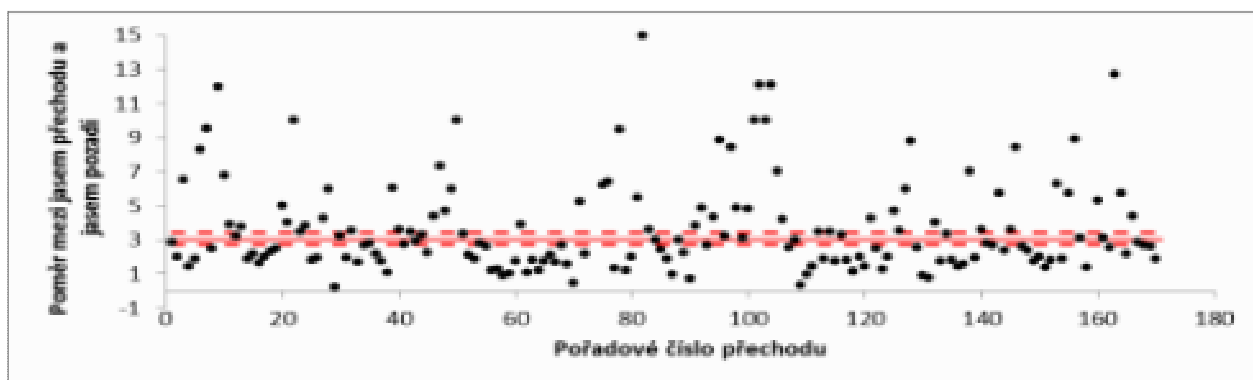
Hypotéza byla prokázána.



• obrázek 8 – Fotografie přechodu 148

Tato hypotéza potvrdila, že při osvětleném přechodu pro chodce je vytvořen kontrast mezi jasnem pozadí a přechodem.

Jako doplňková úloha byla řešena otázka, kolikrát je jas přechodu vyšší než jas pozadí. Údaje o jasu byly logaritmovány, což vedlo k přiblížení jejich distribuce normálnímu rozdělení. Na základě takto upravených dat bylo odhadnuto, že jas přechodu je cca 3,0x vyšší než jas pozadí.



• obrázek 9 – Průměrný poměr mezi jasným přechodem a pozadím

Závěr

Ověřování hypotéz matematicky dokázalo, že předpoklady pro navržené parametry při osvětlování přechodu pro chodce jsou u daného datového souboru správné. Je však nutné upozornit na fakt, že datové vzorky byly sbírány v městě Ostrava a výsledky jsou korektní především pro navrhování osvětlovacích soustav na území s městskou zástavbou. Z výběrového souboru byly odstraněny přechody, které byly označeny jako vlivné body, extrémní a vzdálená pozorování. Tyto přechody upozorňují na extrémní rozdílnost od průměrných přechodů. Je tedy potřeba, aby při návrhu osvětlení přechodu pro chodce byl dostatečně znám osvětlovaný prostor a okolí.

Literatura a odkazy

- [1] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 15, Osvětlování pozemních komunikací, Dodatek č. 1 – Přisvětlování přechodů. Připravovaná revize TKP z roku 2006. Ministerstvo dopravy, obor infrastruktury.
- [2] Internetové stránky : Geografický informační systém Jednotná dopravní vektorová mapa, dostupný na <http://www.jdvm.cz/cz/s477/Rozcestnik/c7315-Statistika-nehod-v-mape>
- [3] Briš R., Litschmannová M., Statistika I. pro kombinované a distanční studium, Ostrava 2004, dostupné na: www.am.vsb.cz/litschmannova
- [4] Litschmannová, M.: Úvod do statistiky, 2012 ISBN

Koncepce veřejného osvětlení

Ing. Petr Žák, Ph.D., ČVUT FEL, Praha, zakpetr@fel.cvut.cz

Ing. arch. Simona Švecová, ČVUT Fsv, Praha, simona.svecova@fsv.cvut.cz

V posledních několika letech se veřejnému osvětlení začíná, v porovnání s minulostí, věnovat větší pozornost. Pravděpodobnými důvody tohoto zvýšeného zájmu může být jednak fyzický stav veřejného osvětlení, určitá příležitost získat dotace a v neposlední řadě hledání úspor finančních prostředků v rozpočtech obcí. Skutečnost, že řada soustav veřejného osvětlení, hlavně v menších obcích, je na konci své životnosti a že se na trhu objevily nové technické prostředky (světelné diody, řídicí systémy), dávají šanci vybudovat nové moderní veřejné osvětlení, které by vytvářelo vhodnou noční atmosféru odpovídající danému místu, při zajištění potřebné bezpečnosti dopravy, osob a majetku, při omezení rušivých vlivů na okolní prostředí, při minimální spotřebě elektrické energie a nákladech na provoz osvětlovací soustavy. Šanci vybudovat moderní veřejné osvětlení však výrazně omezuje velmi výrazný deficit objektivních informací jak o technických prostředcích, tak i o postupu, jak soustavu veřejného osvětlení obnovovat. Většina informací o svítidlech, světelných zdrojích a řídicích systémech pochází z komerční sféry a jejich hlavním účelem je především prodat výrobky dané firmy namísto hledání optimálního řešení veřejného osvětlení v dané obci. Města a obce tak nemají mnoho příležitostí, aby si vytvořily jasnou představu o možné podobě veřejného osvětlení. Jejich rozhodování je v řadě případů vedeno s cílem získat dotace na obnovu VO nebo dosáhnout významných úspor elektrické energie a tím i finančních prostředků. Řešení veřejného osvětlení budované na základě těchto cílů zpravidla řeší jen omezenou část celkové problematiky a je velká pravděpodobnost, že výsledné řešení bude nekvalitní nebo neúplné. Dochází k situacím, kdy řešení veřejného osvětlení navazujících komunikací je nekoordinované, osvětlení se pak liší svým charakterem a atmosférou osvětleného prostoru, barvou světla nebo vzhledem a geometrickým uspořádáním osvětlovací soustavy. Vyskytují se i osvětlovací soustavy, které jsou osazeny kvalitními svítidly od renomovaných výrobců, ale celkový vzhled osvětleného prostoru je nevhodný například použitím světelných zdrojů s neadekvátním barevným tónem světla nebo svítidel s nevhodným charakterem vyzařování. To negativně narušuje vzhled veřejných prostorů měst a obcí v průběhu dne a atmosféru a bezpečnost osob, dopravy i majetku v průběhu noci. Uvedený stav nelze řešit současným přístupem k projektování soustav veřejného osvětlení, který je založen pouze na světelně technických parametrech osvětlovaných komunikací a na energetických a finančních hlediscích, ale je třeba zvolit nový koncepční přístup k celé oblasti veřejného osvětlení.

1. Koncepce veřejného osvětlení

Smyslem koncepce veřejného osvětlení je komplexní řešení veřejného a architekturního osvětlení měst a obcí. Koncepce veřejného osvětlení je chápána jako soubor dokumentů a pravidel, která řeší, jak má vypadat noční podoba města či obce, jakým způsobem se má veřejné osvětlení obnovovat, rozšiřovat, udržovat, spravovat a provozovat. Při řešení koncepce jsou zohledněna nejen dopravně-bezpečnostní hlediska (pocit bezpečí, bezpečnost osob, majetku a dopravy), která jsou primárním smyslem veřejného osvětlení, ale také další neméně důležitá hlediska jako jsou architektonicko-urbanistická (poloha sídla v krajině, významnost města a jejích částí, jedinečnost a identita území), estetická (denní a noční vzhled veřejných prostorů), psychologická (atraktivita území, přitažlivost, atmosféra) a provozní (ovládání a řízení soustavy VO). Součástí řešení je také problematika rušivého světla, energetická náročnost a provozní a investiční náklady.

Prvním krokem při řešení koncepce veřejného osvětlení je definování představy o vizuální podobě města či obce ve večerní a noční době. Dalším důležitým krokem je shromáždění informací o stávající soustavě, které jsou důležité pro plánování obnovy, údržby i provozu veřejného osvětlení. Na základě rozboru současného stavu a návrhu nové osvětlovací soustavy veřejného osvětlení se vytvoří harmonogram obnovy veřejného osvětlení. Nezbytnou součástí koncepce veřejného osvětlení jsou dokumenty obsahující soubor pravidel jak veřejné osvětlení udržovat, provozovat, spravovat, projektovat a realizovat. V první fázi koncepce veřejného osvětlení je třeba nejprve stanovit, jak má noční podoba města vypadat, tedy co město chce, a následně určit jak danou představu časově, finančně a technicky zrealizovat. K tomu slouží následující nástroje:

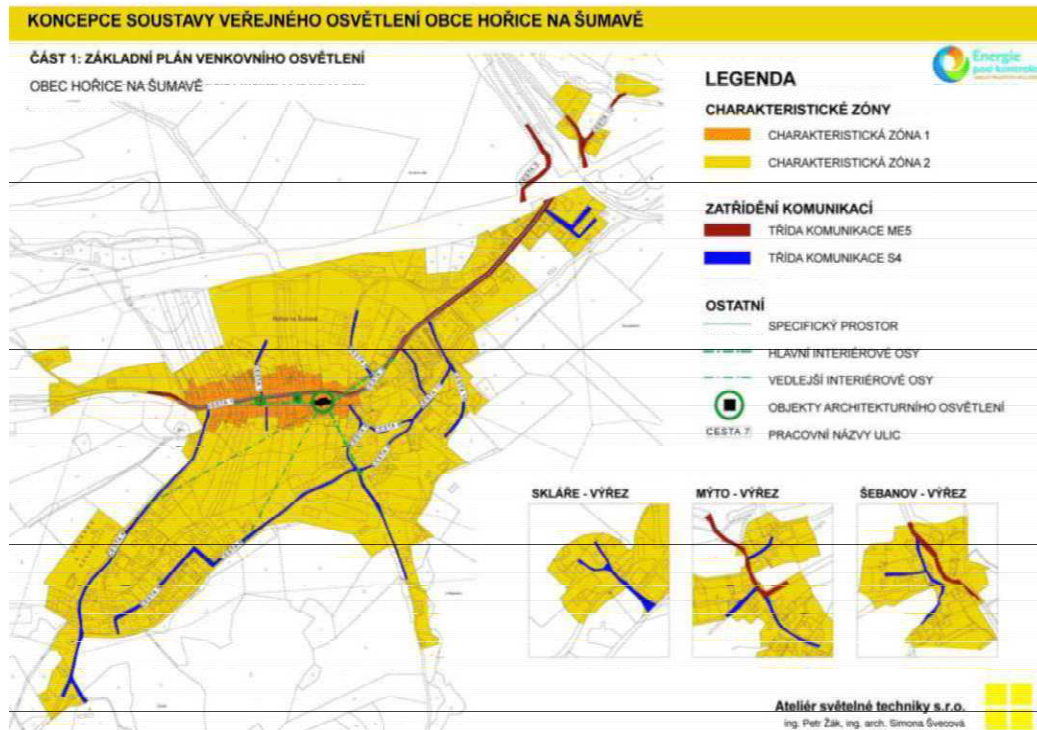
- *Základní plán VO* – popisuje představu zadavatele o podobě veřejného osvětlení;
- *Plán obnovy VO* – řeší jak časově a finančně představu realizovat;
- *Projektová dokumentace VO* – řeší jak technicky představu zrealizovat.

Obsahem „Základního plánu VO“ je definování představy, jakým způsobem má být sídlo osvětleno. Jedná se o vizi způsobu řešení veřejného a architektonického osvětlení sídla, s ohledem na urbanisticko-krajinářské podmínky území, charakter sídla, jeho provoz, funkci a vizuální projev. Základní plán VO se zpracovává v rámci dlouhodobého horizontu (min. 20 let). Obsahuje základní informace o vhodných světelně technických parametrech a fyzických parametrech osvětlovací soustavy. „Plán obnovy VO“, který definuje, jakým způsobem má být prováděna obnova veřejného osvětlení v souladu se „Základním plánem VO“. Jedná se o dokument určený k plánování investic do veřejného osvětlení. Vzhledem k rychlému vývoji v oblasti světelné techniky je tento dokument určen na období 5 let, max. 10 let.

2. Základní plán veřejného osvětlení

Základní plán veřejného osvětlení je architektonicko-urbanistickou a světelně technickou studií, která popisuje vzhled sídla ve večerních a nočních hodinách, vytváří rámec technického řešení a definuje parametry osvětlení a osvětlovací soustavy veřejného osvětlení.

Každé sídlo je výsledkem dlouhodobého kulturního a společenského vývoje, je reálným základem a obrazem minulých i budoucích životů. V průběhu svého vývoje získalo ve větší či menší míře osobitou *identitu*, která vytváří jedinečnost a rozpoznatelnost místa. V minulosti se pojímalo *architektonicko-urbanistické ztvárnění* osídlení s určitým citem pro krajinu. Vznikala sídla s kulturně architektonickými hodnotami, jako jsou veduty, pohledy, průhledy, výhledy, kulturní dominanty, pietní místa s drobnou architekturou apod., která výrazně přispěla k vytváření identity a jedinečnosti sídla. V každém sídle se projevuje určitý řád, který se propisuje do jeho struktury. *Prostorová struktura* sídla v sobě zahrnuje principy jeho založení a postupného utváření a členění. Je jedním z parametrů, který ovlivňuje jeho vizuální vjem obyvateli i návštěvníky. Historicky byla sídla zakládána podle určitých, pro danou dobu zažitých, pravidel. Tato *funkční skladba* byla dále rozvíjena až do dnešní podoby. Každá oblast ve městě má svoji funkci, místo a postavení v území, jež určují způsob, jakým ji lidé využívají, jak se v ní pohybují. Jednotlivé funkce mají své specifické vlastnosti, hodnoty, ale i problémy, které se promítají do života místních obyvatel i návštěvníků sídla (bezpečnost, orientace, identifikace apod.). Založení sídla vždy vycházelo z kultury dané společnosti, vývojových trendů, způsobu obživy, morfologie území, klimatických podmínek, kvality půdy a z dalších přírodních, kulturních a společenských podmínek.

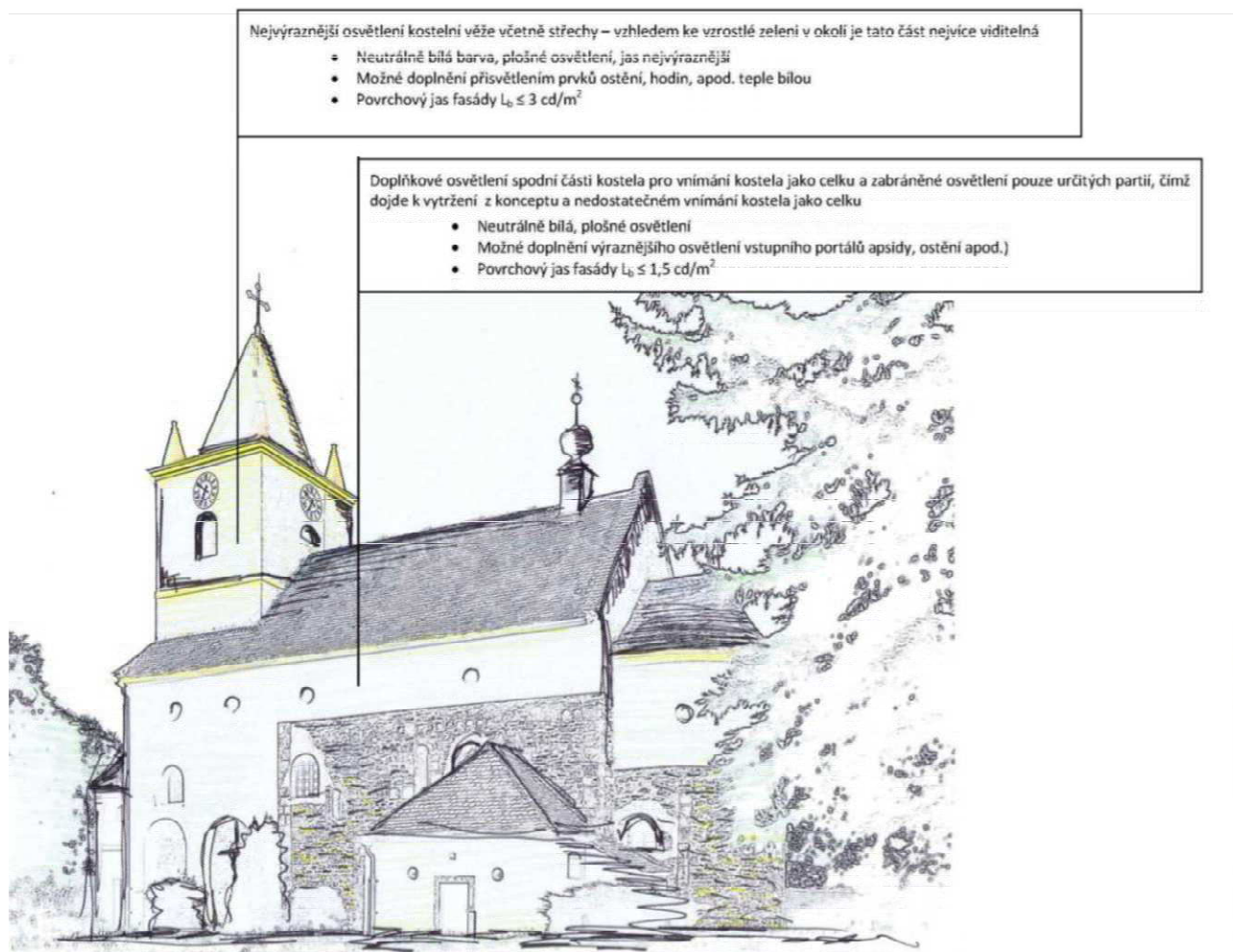


• Obr. 1 Příklad mapového výstupu Základního plánu veřejného osvětlení (obec Hořice na Šumavě)

Uvedená architektonicko-urbanistická hlediska, kterými se charakterizuje konkrétní sídlo, jsou základem pro zpracování *Základního plánu veřejného osvětlení*. V jeho první části se provádí rozbor uplatnění sídla v dálkových a blízkých pohledech, které odrážejí jeho historický a kulturní vývoj. Výsledkem rozboru je stanovení objektů,

pohledových os a prostorů, které spoluvytváří významné a jedinečné obrazy sídla. Na základě analýzy funkční a prostorové sklady území, historického a kulturního vývoje, a společenském a kulturním významu míst se určí systém popisu struktury sídla, např. pomocí charakteristických zón (obr. 1). Součástí první části je také určení parametrů pro popis osvětlení a osvětlovací soustavy.

Další část *Základního plánu osvětlení* obsahuje řešení nočního vzhledu objektů a prostorů, které se vizuálně uplatňují v dálnkových i blízkých pohledech. Toto řešení se pro každý objekt a celek vyjadřuje graficky ruční skicou (obr. 2) nebo počítačovou vizualizací. Jednotlivým objektům či celkům se pak přiřadí charakteristiky osvětlení. Prvkům popisující strukturu sídla (charakteristické zóny) se přiřadí stručný popis a parametry osvětlení a osvětlovací soustavy a vytvoří se podrobný seznam všech pozemních komunikací a veřejných prostorů, kterým se přiřadí parametry osvětlení z pohledu bezpečnosti dopravy, vzhledu osvětlovací soustavy, světelné atmosféry a z pohledu omezení rušivého světla.



• Obr. 2 Ukázka grafického výstupu Základní plánu veřejného osvětlení (kostel sv. Petra a Pavla, Mikulovice)

3. Plán obnovy

Plán obnovy je technicko-ekonomickou studií, která stanovuje harmonogram obnovy veřejného a architekturního osvětlení a její finanční náročnost. Definuje, jakým způsobem má být tato obnova realizována v souladu se *Základním plánem veřejného osvětlení*.

Plán obnovy obsahuje v první části zhodnocení stávající osvětlovací soustavy veřejného a architekturního osvětlení z pohledu fyzického stavu, provozních parametrů, energetické náročnosti, provozních a investičních nákladů, a stávajících světelně technických parametrů. Zhodnocení fyzického stavu osvětlovací soustavy vychází z informací z pasportu veřejného osvětlení, které je zpravidla třeba doplnit o informace týkající se fyzického stavu jednotlivých prvků osvětlovací soustavy a jejich stáří. Součástí rozboru provozních parametrů je popis ovládání, řízení, zapojení a napájení soustavy veřejného i architekturního osvětlení. Stávající energetická náročnost a náklady na provoz a

obnovu i osvětlovací soustavy se porovnávají s údaji v jiných městech. Stávající světelně technické parametry se hodnotí pro celé území sídla, přičemž toto vyhodnocení lze zjednodušit použitím charakteristických modulů, aplikovaných na geometricky podobné veřejné prostory se shodnými typy osvětlovacích soustav. Je třeba zajistit, aby toto zjednodušení nemělo podstatný vliv na kvalitu výsledného hodnocení.

Druhá část plánu obnovy obsahuje modelový návrh veřejného a architekturního osvětlení pro celé území. Vzhledem k tomu, že se nejedná o projektovou dokumentaci, ale o studii, jejíž účelem je stanovit finanční náročnost obnovy osvětlovací soustavy je vhodné zjednodušit tento návrh na definování charakteristickým modulů osvětlovací soustavy pro jednotlivé charakteristické zóny a ty aplikovat plošně na celé sídlo. Vstupní údaji návrhu jsou údaje ze *Základního plánu osvětlení*. Těmito údaji jsou fyzické parametry osvětlovací soustavy parametry osvětlení z pohledu dopravně bezpečnostní, architektonicko - urbanistického i ekologického a parametry týkající se provozních režimů. Výstupem návrhu jsou základní údaje o modernizované osvětlovací soustavě, jako je celkový příkon, spotřeba elektrické energie, počet světelných míst, počet zapínacích míst apod.

Další částí návrhu je stanovení standardů prvků pro jednotlivé moduly osvětlovací soustavy. Volba standardů ovlivňuje nejen investiční náklady na obnovu osvětlovací soustavy, ale životnost prvků osvětlovací soustavy a tím náklady na údržbu i následnou obnovu osvětlovací soustavy. Mimo jiné také ovlivňuje vzhled osvětlovací soustavy i veřejných prostorů, které osvětluje.

V poslední části je stanoven typ obnovy, která může být v závislosti na velikosti obce „plynulá“ nebo „skoková“. Při plynulé obnově se každý rok obnovuje část osvětlovací soustavy, u skokové se obnova provádí po určitých periodách. Následně se navrhne podle charakteristických částí osvětlovací soustavy ideální model její obnovy. Na základě zvolených kritérií (např. fyzický stav soustavy, bezpečnost provozu, energetická náročnost, vzhled osvětlovací soustavy apod.) a jejich vah, se upraví ideální model na stávající reálnou podobu osvětlovací soustavy a navrhne etapizace obnovy soustavy veřejného osvětlení ve zvoleném časovém harmonogramu. Pro každou etapu se určí její investiční a provozní náročnost, návratnost, případně další parametry.

Literatura a odkazy

[1] CIE 236-2000 Guide to the lighting of urban areas

Problematika řízení motorových vozidel v noci

Jiří Plch, Doc., Ing., CSc
BRNO, Hoblíkova 571/ 33, 613 00, CZ
jiri_plch@volny.cz

Úvod

Závěrečná část trilogie o zrakovém vnímání řidiče je zaměřena na problematiku zrakového úkolu při řízení motorových vozidel v noci. Jde o denní časový úsek, který je skloňován snad ve všech pádech, ale stále dochází k velkému počtu střetů chodců s motorovými vozidly, většinou s tragickými důsledky.

Základním činitelem bezpečnosti účastníků silničního provozu ve městech a obcích je zcela nezpochybnitelně veřejné osvětlení, i když statistiky hovoří někdy pravý opak. Naproti tomu bezpečnost silničního provozu, a to v obecné rovině, mimo dosah veřejného osvětlení, přináší stále složité problémy. Jsou v zásadě komplexní, mají však nepříznivé dopady na úsek dopravních nehod.

I když jsou již po dlouhá léta k dispozici řady technických zpráv, analýz, vědeckých pojednání, rozebírající zrakový úkol řidiče při soumrácném a nočním řízení motorových vozidel, mimo městské aglomerace, počty střetů chodců s motorovými vozidly stále neklesají.

Žádná z doposud realizovaných opatření, i přes řadu mezinárodních doporučení, nevedou k tomu, aby se počty usmrčených chodců snižovaly.

Stručná analýza úkolu řízení motorového vozidla

V obecné rovině můžeme vycházet ze skutečností, které jsou uvedeny v tabulce I. a zohledňují obecné zákonitosti zrakového vnímání řidiče ve dne, za soumraku a v noci. Tomu vždy odpovídají přesně definované zrakové receptory sítnice, které se na zpracování zrakového podnětu podílejí (čípky, čípky a tyčinky, a samotné tyčinky).

Souhrnný pohled ovlivňujících faktorů při činnosti řidiče, z pohledu zrakového systému, je potom uveden v následující tabulce.

Dochází tak k vyhodnocení zrakového podnětu sítnice, v šesti centrech CNS lidského činitele, které se následně integrují (sumarizují) do jediného zrakového vjemu. O tom následně biologický systém člověka rozhodne, o adekvátní reakci na tento rozpoznávaný podnět a jeho vlastnosti.

Řidič při jízdě			
Parametr	Ve dne	Za soumraku	V noci
Úroveň jasu	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-3}$
Druh receptoru	Čípky	Čípky - Tyčinky	Tyčinky
Označení	Fotopické	Mezopické	Skotopické
Vyšší centrum	Gangliové buňky malé - velké		
Zorné pole	$45^\circ - 1,5^\circ$	$30^\circ - 1,5^\circ$	$15^\circ - 1,5^\circ$
Prostředí	Pestré-barevné	Barevný posun	Nebarevné
Zraková ostrost	Vysoká	Adekvátní kontrastu	Vyšší jen v periférii
Struktura-textura	Binoculární	Omezené	Monoculární-plošné
Rychlost rozlišení	Vysoká	Adekvátní úrovní jasů	Velmi nízká
Biol stav systému	Připravený	V přechodové části	Utlumený

Klíčovou skutečností však je, že z ústřední jamky (fovea centralis) se v zrakové kůře CNS, rozčlení podnět na tri samostatná centra



Vyhodnocení	Určující odezva - Fovea centralis		
Vyšší centrum	Pohyb	Barva	Tvar

Základní rozdíly v řízení motorového vozidla za denního provozu a v noci

Z výše uvedené analýzy je zřejmé, že pokud má dojít k adekvátní odpovědi biologického systému řidiče na podnět, je nutné mít odpovídající informace ze šesti dílčích center zrakové kůry CNS. To je jediné možné, za předpokladu, že budou zpracovány informace z obklopujícího prostředí, umožňující stanovit pohyb, prostorou lokalizaci, barvu a tvar podnětu. To je možné jen v případě, že jde o fotopické vidění, prostorové a barevné vidění.

Od denního vidění k nočnímu vidění je přechod přes myopickou oblast vidění s důsledky, které jsou zřejmé z výše uvedené tabulky. V noci, při vidění skotopickým nejsou k dispozici zrakové informace, které by mohly určovat rychlost, prostorou lokalizaci podnětu o barevnosti ani nemluvě. Zrakové receptory jsou nebarevné.

V prvé řadě je tak nutné odvodit a podrobněji analyzováno z jak velkého zrakového pole je schopen lidský činitel (řidič) zpracovávat přicházející podněty. To je problém, který nebyl doposud řešen, navíc na odpovídající úrovni z reálného prostředí.

U řidiče jde v každém případě o nestacionární pozorování s expansním pohybem. Ten však vyžaduje, aby orientace v prostoru byla na odpovídající úrovni, a vyžaduje sám o sobě zvýšenou pozornost, ovšem na úkor zpracování jiných, přicházejících podnětů. Při sebezáchovy při nedostatečné prostorové orientaci, ukazují, že za těchto stavů jsou zpracovány podněty, které lidský činitel (řidič) získává prostřednictvím ústřední jamky.

Z těchto skutečností lze potom odvodit, že zorný úhel, pro registraci zrakových podnětů, za světelných podmínek, kdy je prostor naplněn tmou, bude odpovídat jen úhlové hodnotě foveálního či parafoveálního vidění, tedy úhlovým hodnotám nepřevyšující zorný úhel $1,5^\circ$. Tato skutečnost zcela jednoznačně vyplývá z určujícího funkčního postavení ústřední jamky - fovea centralis.

Jde o hodnotu zjevně minimální, ale všechny skutečnosti, získané z rozboru dopravních nehod, tomu zcela odpovídají a vedou ke konstatování, že jen v těchto případech lze očekávat adekvátní odpověď biologického systému lidského činitele (řidiče) na zrakový podnět za těchto světelných podmínek. Pokud chodec je úhlově mimo foveální oblast, řidič ho neuvidí a dojde k nežádoucímu střetu chodce s motorovým vozidlem.

Tento problém je velice snadno řešitelný, aby při nestacionárním vidění byl ne přehlédnutelný – „ musí svítit „, myšleno v rovině, že bude mít při pohybu mimo obec či město takové reflexní prvky, které spolehlivě odrazí světlo tlumených světlometů motorových vozidel na odpovídající vzdálenost, na kterou může řidič spolehlivě zareagovat.

Připravenost biologického systému podávat zrakové výkony

Analýza zrakového úkolu řidiče, při řízení motorových vozidel v noci, je neodmyslitelná od skutečností, které vyplývají z toho zda a jakým způsobem se spolupodílí, na zpracovávání zrakových podnětů, připravenost biologického systému řidiče.

CNS má pravou a levou hemisféru a každá z nich má z pohledu řízení motorových vozidel zcela odlišné postavení. Pravá hemisféra řídí, levá hemisféra naopak kontroluje činnosti výkon řidiče a již v roce 1961 tyto skutečnosti popsali švédští vědci Holm a Swenson. Jejich výsledky byly odvozeny od specifických pracovních činností lidí v závislosti na denní době a lze jej zobecnit i pro výkony řidičů.

Podle grafického průběhu je zřejmé, že od 23.00 hodin dochází u lidského činitele ke strmému nárůstu při zrakovém vnímání k nárůstu chyb a obecnému poklesu celkové výkonnosti. Tyto hodnoty potom kulminují kolem 3.00 hodiny ránní a do rovnovážného stavu se biologický systém lidského činitele (řidiče) dostávají až kolem 6.00 hodiny ránní. V tomto období je možné, lapidárně, vyjádřit skutečnosti, které vyplývají z funkčního postavení levé a pravé hemisféry.

Pravá hemisféra, laicky pojímáno, odpovídající za zpracování zrakových informací pro vlastní řízení, „si říká“ – nemusím řídit a budu odpočívat, když levá hemisféra, která má funkční postavení kontrolní činnosti (u řidiče paměťové stopy a zkušenosti), kontroluje. Ve výsledku nejsou zpracovávány zrakové podněty, přicházející zrakovým systémem, s odpovídající reakcí biologického systému jako celku (biomechanické funkce), který je základem pro bezpečnou jízdu.

Z realizovaných analýz dopravních nehod, které nastaly v časovém rozpětí od cca 1:30 do 4:00 hodiny ránní, jsou všechny klasifikovány jako velmi tragické a plně korespondují s výsledky vědeckých švédských pracovníků Holma a Swensona a mít za prokázanou přímou podmíněnost biologického systému lidského činitele (řidiče), při vyhodnocování zrakových podnětů v CNS, během řízení motorových vozidel v noci, mimo městské aglomerace.

Závěr

I když problematika řízení motorových vozidel v noci, mimo městské aglomerace je řešena na různých vědeckých úrovních, mezinárodních doporučení, statistické údaje nejen z posledních roků, stále vykazují vysoký počet střetů motorových vozidel s chodci. Ve většině potom s tragickými důsledky. Je tak zřejmé, že některé předpoklady, ze kterých se vychází a mají objasňovat celý proces zpracovávání zrakových podnětů řidičem v noci, kdy celý proces zrakového vnímání probíhá na úrovni tyčinek, jsou zcela chybně nastaveny.

Problém mezopického vidění, na úrovni roku 2012, nelze chápat čistě fyzikálně pojímaný problém, jak ukazuje poměr S/P (S/P ratio – CDEI 191:2010 , jenž je postaven na známé skutečnosti, že lidský činitel pro zpracování zrakového podnětu potřebuje světlo!

V této fázi zpracovávání zrakového podnětu kvantifikovat poměry čípků a tyčinek (a naopak), v periferním vidění do značné míry problematické, pokud akceptujeme holou skutečnost, že vidět samo o sobě neznamená rozpoznat.

Za klíčový problém tak lze označit skutečnost, že u řidiče se mylně předpokládá zpracování zrakového podnětu, za těchto světelných podmínek, i z periferní oblasti, ale naopak jenom z relativně malého zorného pole, ze kterého registruje zrakové podněty a je schopen realizovat odpovídající odpověď.

Jak z výše uvedených skutečností odvodit, jak veliký bude zorný úhel, pro registraci zrakových podnětů, za světelných podmínek, kdy je prostor naplněný tmou, bude zcela minimální. Jaká je skutečná hodnota či hodnota maximální, lze odvodit jen ze skutečnosti mít maximální hodnotu, která odpovídá parafoveálnímu vidění a její úhlové hodnotě. Za adekvátní odpověď biologického systému řidiče na zrakový podnět (chodce), i za těchto světelných podmínek, má z určujícího funkčního postavení fovea centralis. Podněty jako na příklad, registrace chodce, který se pohybuje po vozovce, který přichází mimo uvedenou úhlovou hodnotu ve svém důsledku nepovedou k téměř žádné reakci řidiče na uvedenou skutečnost. Dochází ke střetu.

Z uvedeného vyplývá, že snižování celkového počtu střetů motorových vozidel s chodci v noci, mimo městské aglomerace, má tak jediné řešení – chodci se mohou pohybovat na vozovkách jediné s vlastním zabezpečením. Chodci musí v noci tak „svítit“.

Literatura a odkazy:

- [1] CORNSWEET, T.N.:
- [2] Visual Perception, Acd. Press, New York - London 1970
- [3] DAVSON, H.Ed.:
- [4] The Eye II - The Visual Process, Acd. Press, New York - London 1962
- [5] FUORTES, M.G.F.:
- [6] Handbook of SensoryPhysilolog VII/2 Physiologof Photoreceptor Organs Springer - Verlag Berli-Heidelberg - New York, 1972
- [7] GERŠUNI, G.V.:
- [8] Fiziologija sensorynych sistem - I. Fiziologija zrenija , Izdat. Nauka, Leningrat 1971
- [9] GRANIT, R...: Receptors and Sensory Perception, New Haven 1956
- [10]PLCH,J.: Zrakové vnímání řidiče, Sylaby přednášek USI VUT v Brna, 2010
- [11]PLCH,J. : Světelná technika v praxi, IN EL Praha 2000, 210 stran,
- [12]PLCH,J.:Vidět neznamená rozpoznat, Konference Dlouhé stráně 2010. strana
- [13]MAŇÁK, VI.: Zrak, I. díl Fyziologie zrakového systému, aplikovaná na hygienu osvětlování, Vlnařský průmysl, Generální ředitelství Brno 1977
- [14]HELD, R.:Plasticity in Sensory - Motor Systems, Sci. Am. 213, 1965, 84
- [15]JARBUS, A.L.: Rol dviženij glaz v procese zranija, Izd. Nauka Moskva 1965
- [16]WERBLIN, F.S.: The Control of Sensitivity in the Retina, Sci. Am. 228, 1973, 71
- [17]KŘIVOHLAVÝ, J.: Průvodní fyziologické projevy při zrakové činnosti, Světelná technika, 1965, 5, 41
- [18]DAVSON, H.: Physiology of the Eye. Churchill Livingstone, 1980, 644 s".
- [19]POLÁŠEK, J.: Technický sborník oční optiky, SNTL, Praha 1975.
- [20] BERTHELON, C., MESTRE, D., POTTIER, A., PONS, R.: Is visual anticipation of collision during self-motion related to perceptual style?, Acta Psychologica vol. 98, Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, Département Mécanismes d'Accidents, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre de Recherche en Neurosciences Cognitives, Service Interprofessionnel de Médecine du Travail du Pays d'Aix, France 1998
- [21]PALMER, J.: Mechanisms of displacement discrimination with a visual reference, Vision Research vol. 26, pages 1939-1947, Department of Psychology, University of Washington, USA 1986
- [22] PFLEGER, E.: Die Gefahrenerkennung und Reaktion in der Praxis - exakter zeitlicher Nachweis durch Blickanalysen, 21. Jahrestreffen der Europäische Vereinigung für Unfallforschung und Unfallanalyse, Romania 2012

Co vše může zapříčinit kvalita projektu VO.

Jiří Tesař

ČSO regionální.skupina Labsko - Vltavská, jiri.tesar@artmetal-cz.com

Dlouhodobá spolupráce s dopravními inženýry police ČR na všech úrovních přináší první úspěchy v boji proti nekvalitním projektům v oblasti osvětlování pozemních komunikací, včetně osvětlování přechodů pro chodce a tím i k podstatnému snižování dopravní nehodovosti v nočních hodinách což bylo prokázáno studií dopravní nehodovosti ve vybraných lokalitách na území ČR, kterou zpracoval Ing. J. Skála s týmem spolupracovníků.

Proč se vlastně o této problematice zmiňuji. Na základě uzavřených dohod se dnes dopravní inženýři PČR více zaměřují na kvalitu PD dle předem připraveného manuálu a důsledně vyžadují základní dokumenty pro schvalovací proces vydání souhlasného stanoviska. Tam kde si nejsou jisti správným provedením PD tak nás žádají o konzultaci popřípadě vyjádření na doplnění PD atd. Díky této spolupráci jsem se dostal k mnoha projektovým dokumentacím na VO a nestačil jsem se divit co je všechno možné neprojektovat a uvést do provozu.

Dopravním inženýrům PČR jsme doporučili, aby se při vyjadřovacím procesu zaměřili zejména na některé části PD v oblasti osvětlování pozemních komunikací:

Technická zpráva PD

Oblast posuzovaného textu v technické zprávě je zaměřen:

- citace a odkazy na platné technické normy v oblasti osvětlování pozemních komunikací
- stanovení intenzity osvětlení řešeného prostoru , včetně světelné situace a uvedení světelně technických hodnot pro navrhovaný prostor v návaznosti na navazující již existující osvětlené prostory.

Světelně technický výpočet

Oblast posuzovaného dokumentu je zaměřen:

- Plánovací údaje – uvedení profilu komunikace , chodníků a identifikace řešeného místa. Stanovení činitele údržby , rozmístění svítidel soustavy VO (geometrie) a stanovení povrchu komunikace.
- Světelně technické výsledky – soupis vyhodnocovacích polí jednotlivých řešených míst s uvedením zvolené třídy osvětlení, dále uvedením skutečných hodnot podle výpočtu a požadovaných hodnot dle zvolené třídy osvětlení.
- U přisvětlování přechodů pro chodce řešení výpočtem včetně zahrnutí celé soustavy VO v závislostech na adaptační zóny okolí přechodů pro chodce a přehledem výsledků výpočtu ve vertikální rovině přechodu pro chodce a nástupního prostoru.

Těchto pět bodů pro posouzení kvality projektu je plně dostačující o čemž jsme se společně s DI přesvědčili a následně řešili.

Opakující se chyby v technické zprávě

- Absence stanovení světelné situace (ČSN CEN/TR 13201-1) na základě členění funkčních tříd komunikací podle struktury osídlení , dopravního významu a vazby na komunikace ve volné krajině (ČSN EN 736110) .
- Absence definování třídy osvětlení (ČSN EN 13201-2) soustavy fotometrických požadavku , sledujících zrakové požadavky daných uživatelů , pro určitý typ pozemních komunikací a prostředí.

Technické zprávy řeší v plné míře elektrickou část projektu, částí světelně technickou se zabývají je částečně nebo vůbec.

Příčina je asi v tom že, většina projektantů elektro projektuje VO jen okrajově. Projektant VO není ve většině případů světelný technik což se potvrdilo i na jednání mezi DI PČR a projektantem, kde nám bylo mnohokrát sděleno, že neví jak to má svítit - jsem projektant elektro - co po mně chcete, dejte mi parametry a já to předělám.

Když se ohlédnu zpětně tak musím konstatovat, že asi největší chybou je zadání investora co vlastně chce, zejména u menších měst a obcí v některých případech bohužel i velkých měst. Z dohledávání dat o řešených komunikacích lze vyvodit:

- Ne všechny města a obce vlastní aktuální pasport komunikací
- Když není pasport komunikací nelze stanovit světelnou třídu ani hladinu osvětlení, je to velice těžké a je to vidět v terénu kdy každý projektant tyto parametry stanovuje individuálně bez jakkoliv logicky navazujících hladin osvětlení prostoru.

Tak, že máme místa s velkou intenzitou osvětlení, která navazují na velice nízkou hladinu osvětlení atd. Tento způsob řešení pak vytváří nepřírozené prostředí a zpětně z vyhodnocení dopravní nehodovosti jednoznačně prokazuje zvýšení DN v úsecích tak to řešeného osvětlení.

Opakující se chyby ve výpočtu osvětlení

- Výpočty jsou prováděny v nevhodných programech tak, že komunikaci počítáme například v místnosti atd.
- Výsledky výpočtu osvětlení na základě daných parametrů pro třídy ME jsou uváděny v Luxech atd.
- Ve většině případech schází geometrie soustavy VO a řešeného prostoru(plánovací údaje) tak, že není známo co bylo počítáno.
- Součástí výstupu výpočtu osvětlení by mělo být stanovení třídy osvětlení v závislosti na provozní situaci.

Je zbytečné se k tomuto dále vyjadřovat sami vidíte, že dopravní inženýři to nemají lehké a projektanti jim to jinak nezjednodušují. Dalším problémem je když se do řešení zapletou politici , to je kapitola sama pro sebe a na další přednášku.

Příklady jsou rozděleny do dvou oblastí

1. Politická rozhodnutí

Mezinárodní komunikace E65 I/10 nevhodná rekonstrukce VO v centru , včetně zřízení dvou přechodů 3 generace. Dopravní stavba roku v LK – výsledek rapidní nárůst dopravní nehodovosti včetně 2 mrtvých osob v okolí přechodu. V současné době probíhá řešení zjednaní nápravy . Stavba byla financována z dotačního titulu tak, že 5 let se s tím nedalo nic dělat.

Osvětlení přechodů pro chodce na komunikaci II/592 – přes odpor správce VO , města jako vlastníka VO a policie ČR si vlastníkem komunikace - kraj prosadil své tak, že máme oboustranně osvětlené přechody v jednosměrné komunikaci. Financováno z dotačního titulu, 5 let se na to budeme dívat a pak se uvidí.

2. Požadavky - zadání vlastníka komunikace ŘSD – kraj - obec.

Komunikace I/13 centrum obce . Obec požádala vlastníka komunikace o zřízení přechodu pro chodce. Vlastník komunikace požaduje tento přechod přisvětlit. Projektant tento problém řešil bez vazby na stávající osvětlení obce. Navrhl osvětlení přechodu v proluce bez stávajícího osvětlení a napojil ho na rozvod el.energie v hasičské zbrojnici. Neřešil adaptační zónu ani nerespektoval provoz stávající soustavy VO , která je do 00,00 hod mimo provoz . Přechod měl svítit trvale v nočních hodinách kde jsou velice nízké jasy okolí. V současné době probíhá řešení změny PD, na kterou bylo již vydané stavební povolení.

Komunikace E442 I/35 nájezdová rampa. Projektant řešil VO na nájezdové rampě velice nezvyklým způsobem kde zejména řešil požadavek Českých drah, aby neoslňoval strojvůdce souběžné tratě. Způsob oslnění řidičů na komunikaci s průjezdností 40.000 vozidel neřešil. Dalším problémem je, že nájezdová rampa počítá s rychlostí 70 km/hod a v místě napojení 90 km/hod. Projektant navrhl hladinu osvětlení v třídě S4 bez zdůvodnění. Vlastník VO vydal souhlasné stanovisko za předpokladu splnění jednotlivých podmínek bez stanovení požadované hladiny osvětlení řešeného úseku. V současné době probíhá řešení změny PD.

Komunikace I/9 extravilán úprava komunikace – zřízení odbočovacího pruhu, autobusových zálivů a přechodu pro chodce. Velice nebezpečné místo na rovném úseku za horizontem. Projektant navrhl v tomto úseku samostatné přisvětlení přechodu pro chodce bez vazby na okolí. V současné době probíhá řešení změny PD.

Dalo by se popsat mnoho dalších příkladů, určitě by to vydalo na několik stran textu, možná celý sborník, to je ale zbytečné.

Závěr

Za kvalitu projektu odpovídá projektant tak, že i za část kvality osvětlení a následné škody. Projekt VO je sice projektem elektro, ale hlavně projektem osvětlení. Pracovníci ve schvalovacím procesu státních orgánů nejsou specialisty na jednotlivé profese, kontrolují jen formální stránku projektů tak a velice těžko se odstraňují případné vady PD. Specialista s autorizací každý svůj projekt označí razítkem a podpisem, pro státního úředníka by to měla být záruka kvalitně zpracované PD. Bohužel to, ale v mnoha případech neplatí.

Jsem velice rád, že naše přednášky pro dopravní inženýry policie ČR padly na úrodnou půdu a díky jejich důkladnosti jsme schopni některé projekty usměrnit do patřičných mezí tak, aby splňovali aspoň základní požadavky technických norem.

Literatura a odkazy

[1] (ČSN CEN/TR 13201-1, ČSN EN 13201-2)

[2] (ČSN EN 736110)

Hodnotenie energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia normatívnym prístupom

Doc. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD. – Ing. Michal Barčík – Ing. Linda Lieskovská

Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, Slovak Republic, dionyz.gasparovsky@stuba.sk

Cieľom príspevku je informovať odbornú verejnosť o pripravovanej európskej norme prEN13201-5, ktorá rieši energeticke aspekty verejného osvetlenia. Definuje číselné ukazovatele energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia a prináša praktické informácie súvisiace s ich výpočtom. Dá sa predpokladať, že systémy verejného osvetlenia sa budú certifikovať podobne ako budovy. S pripravovanou normou je potrebné sa oboznámiť a pripraviť sa na jej uplatnenie v praxi.

Úvod

Hodnotenie energetickej hospodárnosti elektrických spotrebičov prostredníctvom nástrojov ako sú certifikácia, štítkovanie a pod. patrí k pasívnym, avšak mimoriadne významným aktivitám Európskej komisie s cieľom postupného znižovania energetickej náročnosti, globálnej spotreby energie a s tým súvisiacich ekonomických a ekologických dôsledkov^[1]. Osvetlenie je dôležitou súčasťou tohto procesu, pretože dynamický vývoj v oblasti svetelnej techniky prináša so sebou neustále zvyšovanie energetickej účinnosti a v porovnaní so staršími systémami osvetlenia tak vzniká potenciál pre úspory energie.

Nástroje politiky EU pre podporu účinných technológií a pre obmedzovanie príp. zákaz tých menej účinných môžeme rozdeliť na produktové a systémové. V prvom prípade ide o predpísané minimálne charakteristiky jednotlivých svetelnotechnických výrobkov, v druhom prípade o osvetľovacie systémy. Pre osvetlenie v budovách už bol zavedený systém hodnotenia, prostredníctvom číselného ukazovateľa LENI^[2] a v praxi sa uplatňuje už niekoľko rokov. Teraz je na rade verejné osvetlenie. Európska komisia udělila mandát CEN na zadefinovanie vhodných ukazovateľov energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia. Úlohy sa ujala príslušná pracovná skupina WG12 "Verejné osvetlenie" v rámci technickej komisie CEN/TC169 "Svetlo a osvetlenie". Hoci spočiatku sa riešenie zdalo jednoduché a jednoznačné, v priebehu riešenia sa vynorili tie najrôznejšie problémy, príprava normy tak zabrala niekoľko rokov a termín na odovzdanie rukopisu bol niekoľkokrát predĺžený. Návrh normy prEN 13201-5:2013^[4] minulý rok prešiel pripomienkovým konaním v členských krajinách CEN, následne bol dokument upravený a v lete tohto roku odovzdaný na formálne hlasovanie v CEN. Termínom na ukončenie formálneho hlasovania je 19. september 2014. Formálne hlasovanie znamená, že návrh normy bude v jednotlivých krajinách odsúhlasený alebo zamietnutý, pripomienky zásadnejšieho charakteru už nie je možné vzniesť. Vzhľadom na búrlivú diskusiu v pracovnej skupine sa dá predpokladať, že prijatie normy nebude jednoduché. Ak by norma bola schválená, jej vydanie sa dá očakávať približne v polovici roka 2015.

Pri vypracovaní návrhu normy sa využili výsledky riešenia vedeckovýskumných úloh, publikované v rozsahu čiastkových výsledkov napríklad v [5] až [9]. Podrobnejšie informácie o výsledkoch analýz rôznych prístupov pri hodnotení energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia, o nastaveniach a spôsoboch riešenia vzorových výpočtov ale aj ďalšie súvisiace témy ako určenie času spínania verejného osvetlenia výpočtom a metóda merania energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia sa dajú nájsť v uvedených publikáciách a v tomto príspevku sa nimi nebudeme zaoberať. Sústreďme sa na konečný (známy) obsah normy s cieľom prípravy na jej použitie v praxi.

Číselné ukazovatele energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia

Aspoň stručne sa treba zmieniť o genéze vytvorenia číselných ukazovateľov PDI a AECl, ktoré v súčasnosti predstavujú normatívny prístup a v prípade schválenia normy budú uvedené do praxe. Spočiatku sa vychádzalo zo známeho ukazovateľa LENI pre hodnotenie časti osvetlenia v rámci energetickej hospodárnosti budov, vyjadrený v kWh/m² osvetľovanej plochy (v skutočnosti sa vychádza z celkovej úžitkovej plochy budovy určenej z vnútorných rozmerov obvodového plášťa). Dôležitým predpokladom je, že ukazovateľ má v základnom ponímaní vyjadrovať spotrebu energie v prepočte na okrajové podmienky – to je dôležité pre vytvorenie rámca na definíciu ukazovateľa. Je to prístup, ktorému rozumejú aj stavební inžinieri, architekti atď., čo patrí k základným predpokladom praktickej

implementácie. Je zrejmé, že spotreba energie na osvetlenie okrem veľkosti cieľovej plochy vo veľkej miere závisí aj od návrhovej osvetlenosti v zmysle príslušných noriem (napríklad EN 12464-1 pre pracoviská), čo stále musíme považovať za okrajovú podmienku. Už samotná použitá technológia ako druh svetelného zdroja, kvalita optických častí svietidla, efektívnosť využitia svetelného toku v priestore a pod. – sú predmetom hodnotenia energetickej hospodárnosti a nie zvonka určenou podmienkou. Všimnime si však, že LENI takúto fotometrickú podmienku neobsahuje. Prečo? Pri hodnotení budov je totiž osvetlenie len jednou zo štyroch subsystemov, ktoré sa musia sčítat' a k tomu je potrebný spoločný základ. Ak by sa do LENI zaviedol fotometrický parameter, nebolo by možné takýto súčet vykonať a vypočítať tak tzv. globálny ukazovateľ, na ktorom sú postavené škály energetických tried. Je pravda, že okrem zatriedenia celej budovy do energetických tried majú byť predmetom samostatného zatriedenia aj jednotlivé subsystemy, prakticky však tento prístup od začiatku zaviedlo len Slovensko. Škála na osvetlenie sa dá potom postaviť aj na inom ukazovateli ako LENI, a na Slovensku takýto ukazovateľ aj je zavedený, zatiaľ má však len doplnkové postavenie z dôvodu potreby realizácie ďalších výskumných prác na jeho použitie. Pre úplnosť tu treba uviesť, že v súčasnosti sa v niektorých krajinách LENI používa aj na hodnotenie verejného osvetlenia, čo je však sporné.

Vo verejnom osvetlení obmedzenie ohľadne spoločných jednotiek nemáme. Hodnotenie sa týka výlučne osvetlenia a fotometrický parameter môžeme do ukazovateľa zaviesť. Prvotné návrhy číselného ukazovateľa vychádzali z holandských štúdií a ukazovateľ s pracovným názvom SLEEC (*Street Lighting Energy Efficiency Criterion*) bol vyjadrený v $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$. Široká diskusia bola venovaná tomu, ako si poradiť so sústavami, kde časť plochy (napr. vozovka) má návrhové kritérium jas a časť plochy (napr. súběžné chodníky) sa navrhuje na osvetlenie. Takisto sa široko diskutovalo, či ukazovateľ vzťahovať na fotometrický parameter normatívny, cieľový alebo vypočítaný. Takto vznikli rôzne varianty SLEEC a systém hodnotenia začal nadobúdať obudné rozmery nespočetnosti variant, bližšie vysvetlenie sa dá nájsť v [5]. Ako sa však neskôr zistilo, spojenie spotreby s fotometrickým parametrom prinieslo vážny problém v podobe interpretácie výsledkov, keď spôsob riadenia osvetlenia sa vyvažoval efektívnosťou použitých technológií a celý systém založený na SLEEC padol. Rozdelil sa v podstate na dva kompaundné parametre, ktoré sa určujú samostatne, ale musia sa použiť spoločne. Ide o dvojicu číselných ukazovateľov PDI a AECI, na ktoré sa teraz sústreďíme. Niektoré ďalšie ukazovatele sa dajú nájsť v [5], [9] alebo aj [10] až [12].

V súlade s poslednou známou verziou návrhu európskej normy prEN13201-5:2013^[4] (zo dňa 23.7.2014) sa energetická hospodárnosť verejného osvetlenia vyjadruje prostredníctvom dvoch číselných ukazovateľov – ukazovateľom príkonovej hustoty PDI (*Power Density Indicator*) a ukazovateľom ročnej spotreby energie AECI (*Annual Energy Consumption Indicator*). Pri hodnotení energetickej hospodárnosti konkrétnej osvetľovacej sústavy sa PDI má vždy zobrazovať a používať spolu s ukazovateľom AECI a naopak.

Ukazovateľ príkonovej hustoty PDI pre plochu členenú na viaceré čiastkové plochy sa vypočíta pomocou tohto vzťahu:

$$D_p = \frac{P}{\sum_{i=1}^n \bar{E}_i \cdot A_i} \quad (1)$$

kde

- D_p je ukazovateľ príkonovej hustoty ($\text{W}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$);
- P je systémový príkon osvetľovacej sústavy určenej na osvetlenie príslušných plôch (W);
is the calculated maintained average horizontal illuminance (lx);
- \bar{E}_i je vypočítaná hodnota udržiavanej priemernej horizontálnej osvetlenosti (lx);
- A_i je veľkosť i -tej čiastkovej plochy osvetlenej danou osvetľovacou sústavou (m^2);
- n je počet čiastkových plôch.

Ukazovateľ ročnej spotreby energie AECI sa vypočíta pomocou tohto vzťahu:

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m P_j \cdot t_j}{A} \quad (2)$$

kde

- D_E je ukazovateľ ročnej spotreby energie ($\text{Wh}\cdot\text{m}^{-2}$);
- P_j je systémový príkon príslušný k j -temu prevádzkovému času (W);
is the calculated maintained average horizontal illuminance (lx);
- t_j je trvanie j -teho ročného prevádzkového času pri príkone P_j (h);
- A je veľkosť plochy osvetlenej danou osvetľovacou sústavou (m^2);
- m je počet prevádzkových časov s rôznym prevádzkovým príkonom P_j .

Všimnime si, že PDI zahŕňa fotometrický parameter, ale príkon a nie spotrebu (absentuje časový faktor). AECI naopak rieši časový profil riadenia osvetlenia a neobsahuje fotometrický parameter. Z hľadiska praktického použitia by tak PDI mal slúžiť na posudzovanie hospodárnosti osvetľovacích sústav čo sa týka použitých prvkov (svetelných zdrojov, svietidiel, geometrie sústavy atď.) bez ohľadu na spôsob prevádzkovania. AECI zohľadňuje spôsob prevádzkovania za štandardných alebo vopred stanovených podmienok, najmä čo sa týka riadenia osvetlenia. Zvlášť sa preto posudzujú nainštalované zariadenia a zvlášť riadiace systémy aplikované na tieto zariadenia. Ak by to tak nebolo, projekt sústavy s uvažovaným riadením a s neefektívnymi prvkami by mohol svojim hodnotením prevážiť nad konkurenčným návrhom bez riadenia, hoci s najefektívnejšími prvkami dostupnými na trhu.

Pozrime sa bližšie na vstupné parametre výpočtu číselných ukazovateľov energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia:

Systémový príkon: uvažuje sa príkon všetkých svetelných zdrojov, predradníkov a riadiacich prvkov potrebných na zabezpečenie svetelnotechnickej funkcie pre cieľové plochy zahrnuté do výpočtu. Pri výpočte spotreby sa uvažuje s konkrétnym riadiacim profilom, definujúcim denný priebeh príkonu počas diskretných a prípadne aj spojitých časových intervalov, pričom denné priebehy je potrebné ešte sčítať na získanie ročných hodnôt spotreby pri zohľadnení zmien denných priebehov počas roka. Prípadný pasívny príkon potrebný na udržiavanie prevádzky riadiaceho systému v časoch, keď osvetľovacia sústava nesvieti, je potrebné tiež zahrnúť do výpočtu. V prípade systémov riadenia na konštantný svetelný tok sa uvažuje s priemerným príkonom počas vopred stanovenej životnosti osvetľovacej sústavy. Ak sú v rámci riadiaceho profilu definované viaceré diskretné úrovne osvetlenia, pre každú úroveň by mala byť samostatne určená aj trieda osvetlenia a tiež ukazovateľ PDI. To ale znamená, že jedna osvetľovacia sústava môže mať pri regulovanom osvetlení viac hodnôt PDI.

Prevádzkový čas vstupuje len do výpočtu AECI v rámci riadiaceho profilu, ku ktorým sú bližšie informácie uvedené nižšie v samostatnej kapitole tohto príspevku.

Plocha: Cieľová plocha osvetlenia zahŕňa všetky čiastkové plochy, na ktorých je potrebné zabezpečiť osvetlenie danou (jednou) osvetľovacou sústavou. Jedna osvetľovacia sústava môže ale pozostávať aj z viacerých radov svietidiel alebo v prípade námestí, parkov a pod. ani nemusí ísť o pravidelnú geometriu osvetľovacej sústavy. Z výpočtu sú vylúčené plochy, ktoré nie sú cieľové – ako napríklad zelené pásy medzi vozovkou a postranným chodníkom. Je zrejmé, že osvetleniu týchto plôch sa väčšinou nedokážeme vyhnúť a straty svetelného toku idú na vrub horšej hodnoty PDI. V pracovnej skupine sa intenzívne diskutovala aj otázka, či do výpočtu majú byť zahrnuté plochy susediace s krajnými pruhmi vozovky, na ktorých sa výpočtom určuje *pomer krajnej osvetlenosti* EIR (v predchádzajúcom vydaní skupiny noriem EN 13201 ešte ako *pomer osvetlenia okolia* SR), pretože na tieto plochy v súlade s normatívnymi požiadavkami musí dopadať časť svetelného toku. Napokon tieto plochy (správne) nie sú zahrnuté do výpočtu. Nie sú totiž priamo cieľom osvetlenia, predstavujú len samostatnú normatívnu požiadavku. To, čo norma priamo nestanovuje, je určenie plochy v prípade pravidelnej osvetľovacej sústavy. Zvyčajne sa predpokladá elementárny úsek definujúci výpočtovú plochu pre fotometrické parametre (EN13201-3) a daný rozstupom dvoch po sebe idúcich stožiarov na jednej strane komunikácie, ale v prípade potreby sa hodnotenie môže vykonať pre konkrétny úsek miestnej komunikácie (napríklad ulicu ohraničenú križovatkami), kde rozstupy jednotlivých stožiarov nemusia byť exaktne rovnaké (vyjazdy do garáží, križovatky v rámci úseku atď.). Pri hodnotení elementárneho úseku sa do výpočtu zahŕňa prirodzene len príkon jedného z krajných svietidiel. Pri hodnotení dlhšieho úseku sa hodnotí celý úsek ako taký, zahŕňajúci všetky nainštalované svietidlá.

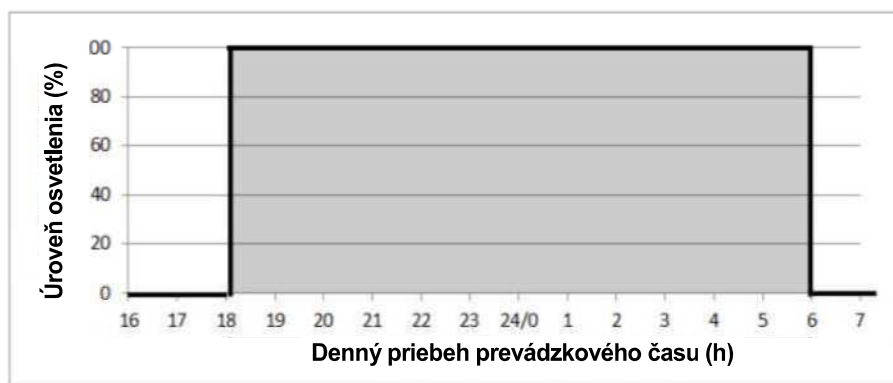
Intenzita osvetlenia: Pre triedy osvetlenia založené na osvetlenosti (C a P, predtým ako CE a S) sa uvažuje hodnota udržiavanej (priemernej horizontálnej) osvetlenosti vypočítaná v súlade s EN 13201-3. Pre jasové triedy osvetlenia M (predtým ME) sa uvažuje hodnota udržiavanej osvetlenosti vypočítaná v súlade s EN 13201-3 v rovnakej sieti výpočtových bodov, ako udržiavaný jas. Týmto postupom dostávame na spoločného menovateľa (lx) všetky plochy osvetlené rovnakou osvetľovacou sústavou – napríklad vozovku aj súbežné postranné chodníky. V určitom zmysle osvetľovacie sústavy optimalizované na jas môžu strácať hodnotenie, ale s ohľadom na ciele hodnotenia si toto zjednodušenie môžeme dovoliť. Napokon aj v súčasnosti výpočtové programy poskytujú výpočet osvetlenosti v rovnakej sieti bodov ako pri výpočte jasu. Dôležité je, že do hodnotenia energetickej hospodárnosti vstupujú vypočítané hodnoty a nie normatívne či cieľové. Hodnotenie potom vyjadruje efektívnosť použitých prvkov a technológií, nie však kvalitu efektívneho návrhu osvetľovacej sústavy. Cieľové komunikácie tak môžu byť presvetlené a napriek tomu môžu mať dobré energetické hodnotenie. Ale pri použití normatívnych alebo cieľových (stanovených vopred zadávateľom projektu osvetlenia, ale odlišných od normatívnych) hodnôt a pri rekonštrukcii osvetlenia, kde geometria osvetľovacej sústavy je fixovaná, by výpočet PDI viedol k identickým hodnotám (nemení sa príkon a plocha aj osvetlenosť sú konštantne dané) a znemožňoval by akékoľvek porovnanie.

Riadiace profily osvetlenia

Na výpočet AECI (prípadne rôznych hodnôt PDI) je potrebné uvažovať konkrétny riadiaci profil osvetlenia. Typické príklady denného priebehu riadiaceho profilu sú uvedené v informatívnej prílohe A.1 návrhu normy prEN13201-5. Čas začiatku a konca prevádzky sa však počas roka menia a závisia od zemepisnej šírky a miestnych podmienok. Odporúča sa, aby prevádzka umelého osvetlenia bola prispôbena dostupnej osvetlenosti od denného svetla s ohľadom na normou vyžadovanú osvetlenosť pre príslušnú triedu osvetlenia. V momente západu slnka je intenzita osvetlenia ešte značná, ale po západe veľmi rýchlo klesá. Pri východe slnka sú pomery obrátené [6]. Na výpočet AECI je potrebné vykonať sumáciu denných priebehov pre každú úroveň osvetlenia počas jedného roka [7].

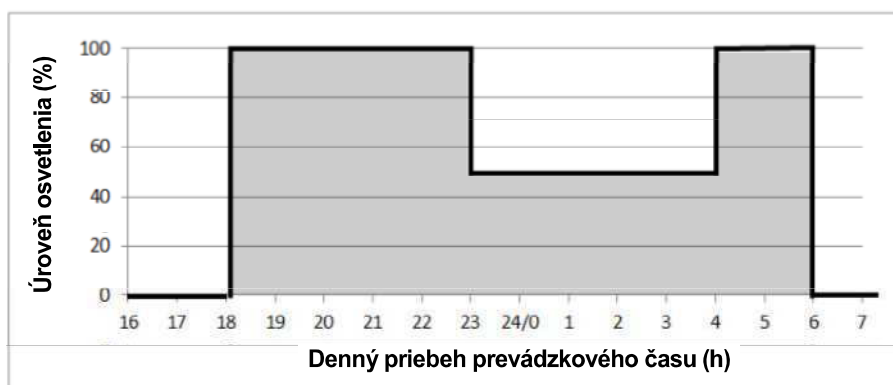
Priebehy zobrazené na obr. 1 až 4 ilustrujú denný priebeh úrovne osvetlenia. Príkon potrebný na výpočet energetickej hospodárnosti je previazaný s úrovňou osvetlenia prostredníctvom druhu svetelného zdroja, príkonu uvažovaného zdroja a iných faktorov. Zahnúť je potrebné aj pasívny príkon.

- a) **Plný riadiaci profil** (obr. 1): Tento profil je charakteristický pre osvetľovacie sústavy s jednoduchými spínacími prvkami ako sú časové spínače alebo fotobunky. Svetidlá pracujú konštantne pri plnom príkone počas celej noci a každý deň. Plný riadiaci profil je bežným prípadom existujúcich osvetľovacích sústav. V nových sústavách by sa mal použiť len v prípade, že sa predpokladá konštantná hustota premávky.



• Obr. 1 Plný riadiaci profil

- b) **Regulovaný riadiaci profil** (obr. 2): Viacúrovňový regulovaný riadiaci profil (ako napr. dvojúrovňový profil na obr. 2) pozostáva z dvoch alebo viacerých časových intervalov v rámci denného priebehu, počas ktorých majú svetidlá rôzny príkon a poskytujú rôzne úrovne osvetlenia v súlade so zatriedením komunikácií do tried osvetlenia (podľa EN 13201-2) pre každý z týchto intervalov. Tento profil sa hodí pre väčšinu pozemných komunikácií, keď sa v nočných hodinách predpokladá nižšia hustota premávky. Na stmievanie sa dajú použiť rôzne napäťové alebo fázové regulátory, stmievateľné elektronické predradníky a podobné zariadenia. "



• Obr. 2 Dvojúrovňový regulovaný riadiaci profil

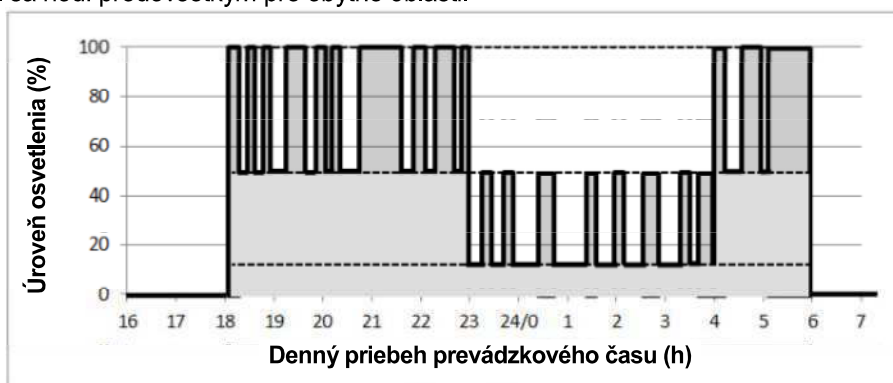
- c) **Nočné vypnutie osvetlenia** (obr. 3): Niekedy sa používa (najmä v menších obciach) na šetrenie elektrickej energie. Osvetlenie sa v čase nočných hodín úplne vypína. Používa sa v sústavách s jednoduchými spínacími prvkami, kde technicky nie je možné alebo nákladovo efektívne inštalovať regulované osvetlenie. Tento riadiaci profil sa neodporúča z bezpečnostných dôvodov. Preto nie je

uvádzaný ani v návrhu normy prEN 13201-5, keďže prináša so sebou aj stratu služby s ohrozením dopravnej a osobnej bezpečnosti, čo je v rozpore so základným predpokladom v zmysle pravidla “najprv kvalita osvetlenia, potom úspory”. V zásade sa takýto profil v praxi použiť dá, napríklad na riadenie osvetlenia v sústavách veľmi malého rozsahu, kde je potrebné úplne vylúčiť nočné osvetlenie (napríklad v bezprostrednom okolí hviezdárni).



• Obr. 3 Riadiaci profil s vypnutím osvetlenia v nočných hodinách

- d) **Riadenie osvetlenia pomocou snímačov vozidiel a osôb** (obr. 4): Ak sa na riadenie osvetlenia využívajú snímače prejazdu vozidiel a pohybu osôb, plný alebo viacúrovňový regulovaný riadiaci profil sa “vyrezáva” v časoch, keď premávka nie je detekovaná. Svetidlá sa vtedy prepínajú do nižšej úrovne osvetlenia. V nočných hodinách sa za týmto účelom definuje nová, tretia úroveň osvetlenia, ktoré predstavuje bezpečnostné minimum (na bezpečný pohyb v prípade straty detekcie, pri pohľade z okien von aby nebola tma...) a ktorá takto aj udržiava svetidlá v pohotovostnom stave svietenia. Tento režim sa zvlášť hodí pre LED svetidlá, ktoré sa dajú veľmi ľahko riadiť na rôzne úrovne. Výrezy na obr. 4 závisia od detekcie a nie sú periodické. Na výpočet AECl je preto potrebné uvažovať s pravdepodobnosťou vyššej úrovne v časoch detekcie pre každú z úrovní osvetlenia. Tento riadiaci profil sa hodí predovšetkým pre obytné oblasti.



• Obr. 4 Trojúrovňový regulovaný riadiaci profil so snímačmi

Pre plný riadiaci profil sa zvyčajne uvažuje s ročným prevádzkovým časom osvetlenia 4 000 hodín. Pri iných prevádzkových režimoch zvyčajne stačí skombinovať ročný prevádzkový čas jednotlivých úrovní osvetlenia s príslušným systémovým príkonom a v prípade systémov so snímačmi aj s pravdepodobnosťou detekcie. Tak získame jediný *koeficient prevádzky osvetlenia* C_{op} . Ak týmto koeficientom vynásobíme hodnotu AECl pre plný riadiaci profil, získame hodnotu AECl pre uvažovaný riadiaci profil. Typické hodnoty koeficienta prevádzky osvetlenia pre rôzne riadiace profily uvádza tab. 1, pričom hodnoty v tabuľke boli určené za týchto predpokladov:

- **plný profil:** 4 000 hodín pri plnom príkone P
- **dvojúrovňový profil:** 2 175 hodín pri plnom príkone P a 1 825 hodín pri zníženom príkone $0,7 \cdot P$ s úrovňou osvetlenia zníženou na 50 %
- **vypnutie osvetlenia v noci:** podobne ako pre dvojúrovňový profil, ale s nulovým príkonom počas nočných 1 825 hodín (strata služby)
- **trojúrovňový profil so snímačmi:** 2 175 hodín dvojúrovňového riadenia medzi 100 % a 60 % systémového príkonu s pravdepodobnosťou detekcie 80 % a 1 825 hodín zníženého dvojúrovňového riadenia medzi 20 % a 60 % systémového príkonu s pravdepodobnosťou detekcie 20 %.

- Tabuľka 1 Typické hodnoty koeficienta prevádzky osvetlenia pre dôzne prevádzkové režimy

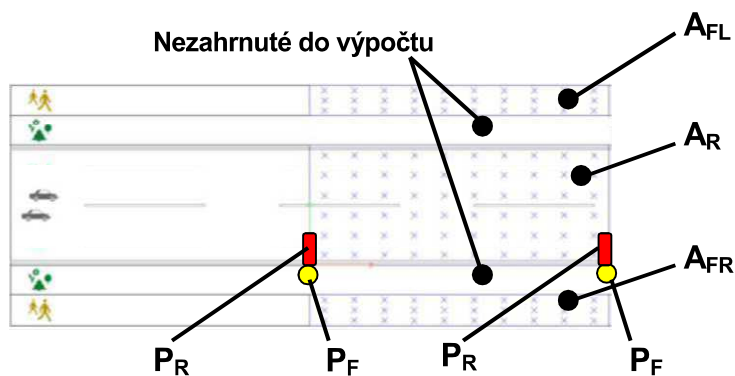
Riadiaci profil osvetlenia	C _{op} (%)
plný profil	100,0
dvojúrovňový profil	86,3
trojúrovňový profil so snímačmi	62,8
vypnutie osvetlenia v noci	54,4

Príklad výpočtu číselných ukazovateľov PDI a AECI

Návrh normy prEN 13201-5 obsahuje aj informatívnu prílohu A.2 s príkladom výpočtu číselných ukazovateľov PDI a AECI, ktorý bol predtým uverejnený v [8]. Norma ale obsahuje len spôsob výpočtu bez dosadenia konkrétnych hodnôt. V tomto príspevku uvidíme príklad aj s dosadením.

Na výpočet bola zvolená vzorová situácia F (obr. 5), čo predstavuje dvojpruhovú vozovku so súbežnými chodníkmi a oddelujúcimi zelenými pásmi na oboch stranách. Na každom stožiaru sú inštalované dve svietidlá: svietidlo s príkonom P_R slúži na osvetlenie vozovky a vzdialenejšieho (ľavého) chodníka, hoci čiastočne prispieva aj k osvetlenosti pravého chodníka. Doplnkové svietidlo s príkonom P_F orientované v smere od vozovky posilňuje osvetlenie pravého chodníka. Príkony svietidiel P_R a P_F na obr. 5 sa započítava pre riešenú plochu len raz! Dá sa to chápať aj tak, že svietidlá na začiatku aj na konci výpočtového poľa sa započítavajú polovičným príkonom, lebo zabezpečujú aj osvetlenie vľavo resp. vpravo od výpočtovej plochy. To, že v súlade s EN 13201-3 intenzita osvetlenia sa v jednotlivých bodoch výpočtovej siete (obr. 6) počíta superpozíciou viacerých svietidiel v rade pred aj za výpočtovým poľom, sa pri výpočte ukazovateľov energetickej hospodárnosti osvetlenia zanedbáva.

Na zníženie úrovne osvetlenia v nočných hodinách o 50 % je inštalovaný regulátor osvetlenia. Zodpovedajúce zníženie systémového príkonu je o 30 % (koeficient redukcie je potom $k = 0,70$). Režim zníženej prevádzky je v časoch od 23:00 do 4:00. Ročný prevádzkový čas osvetlenia sa tak delí na 2 175 h plnej prevádzky (t_{full}) a 1 825 h zníženej prevádzky (t_{red}).



• Obr. 5 Situácia pre vzorový výpočet číselných ukazovateľov energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia

$$D_p = \frac{P_R + P_F}{E_{FL} A_{FL} + E_R A_R + E_{FR} A_{FR}}$$

$$D_E = \frac{(P_R + P_F)(t_{full} + k \cdot t_{red})}{A_{FL} + A_R + A_{FR}}$$

Dosadíme konkrétne hodnoty:

Šírka vozovky:	6 m	Trieda osvetlenia vozovky:	M3 (1,00 cd.m ⁻²)
Šírka ľavého chodníka L:	2 m	Trieda osvetlenia ľavého chodníka L:	P3 (7,50 lx)
Šírka pravého chodníka R:	3 m	Trieda osvetlenia pravého chodníka R:	P3 (7,50 lx)
Šírka ľavého zeleného pásu L:	2 m		
Šírka pravého zeleného pásu R:	5 m		

Systémový príkon P_R :	114 W (HPS 100 W)
Systémový príkon P_F :	61 W (HPS 50 W)

Závěsná výška pre P_R: 12 m
 Závěsná výška pre P_F: 8 m

Rozostupy pre P_R: 30 m
 Rozostupy pre P_F: 30 m

Presah: 1,5 m / 0°
 Presah: -1,5 m / 180°

Celkový udržiavací činiteľ MF: 0,80
 Povrch vozovky: R3

Plocha A_R: 180 m²
 Plocha A_{FL}: 60 m²
 Plocha A_{FR}: 90 m²

Výsledky výpočtu:

Vozovka:

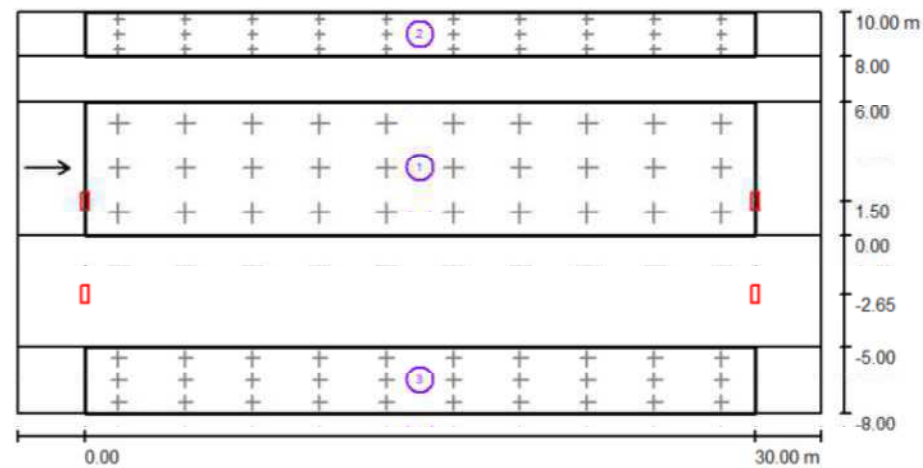
L _{av} [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
1.13	0.80	0.78	3	0.69
≥ 1.00	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
✓	✓	✓	✓	✓
E _{av} [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [lx]	u0	
18	10	25	0.573	

Ľavý chodník L:

E _{av} [lx]	E _{min} [lx]
9.56	6.47
≥ 7.50	≥ 1.50
✓	✓

Pravý chodník R:

E _{av} [lx]	E _{min} [lx]
11.50	6.78
≥ 7.50	≥ 1.50
✓	✓



• Obr. 6 Výpočtové pole a sieť výpočtových bodov pre vzorový príklad

$$D_P = \frac{114W + 61W}{9,56lx \cdot 60m^2 + 18lx \cdot 180m^2 + 11,50lx \cdot 90m^2} = 0,0361 \text{ W.lx}^{-1} \cdot m^{-2}$$

$$D_E = \frac{(114W + 61W)(2175h + 0,7.1825h)}{60m^2 + 180m^2 + 90m^2} = 1,831 \text{ kWh.m}^{-2}$$

Typické hodnoty číselných ukazovateľov PDI a AECI

Typické hodnoty číselných ukazovateľov PDI a AECI boli vypracované na základe bezpočtu vzorových výpočtov pre najbežnejšie situácie vo verejnom osvetlení a ich uvedenie v norme má za cieľ vytvoriť predstavu o absolútnych hodnotách týchto ukazovateľov v závislosti od druhu svetelného zdroja, triedy osvetlenia, šírky komunikácie a usporiadania priečného profilu. V súčasnosti ešte nie je k dispozícii dostatok skúseností, aby bolo možné v norme stanoviť limitné hodnoty. Čiastkové výsledky vzorových výpočtov riešené v rámci vedeckovýskumných úloh boli publikované v [8] a [9], nepokrývajú však všetky možnosti a výskum v tejto oblasti naďalej pokračuje. Norma tak odráža skutkový stav údajov dostupných v čase uzavretia rukopisu (júl 2014). V informatívnej prílohe A.3 sú tabelizovanou formou uvedené typické hodnoty PDI a AECI pre rôzne priečne profily, na ilustráciu uvádzame príklad pre priečny profil A v tabuľkách tab. 2 a tab. 3. Z praktických dôvodov sa hodnota PDI uvádza v menších jednotkách $\text{mW}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$. V publikáciách [8] a [9] boli definované nasledovné varianty priečných profilov A až H, z ktorých pre varianty G a H nie sú v návrhu normy vypracované typické hodnoty číselných ukazovateľov z dôvodu nedostatku relevantných vzorových výpočtov:

- A** - pozemná komunikácia (vozovka) pre motorizovanú dopravu
- B** - pozemná komunikácia (vozovka) pre zmiešanú dopravu (motorizovanú a pešiu) bez chodníkov
- C** - vozovka a súbežný chodník na strane osvetľovacej sústavy (pravý chodník)
- D** - vozovka a súbežný chodník na strane oproti osvetľovacej sústave (ľavý chodník)
- E** - vozovka a súbežné chodníky na oboch stranách
- F** - vozovka a súbežné chodníky na oboch stranách oddelené od vozovky zeleným pásom
- G** - smerovo rozdelená dvojpruhová pozemná komunikácia bez stredového deliaceho pásu
- H** - smerovo rozdelená dvojpruhová pozemná komunikácia so stredovým deliacim pásom

Pri vzorových výpočtoch sa brali do úvahy tieto predpoklady:

- šírka chodníkov a zelených pásov (ak sú súčasťou profilu) je rovná 2 m
- celkový udržiavací činiteľ je rovný 0,80 pre všetky použité typy svetelných zdrojov a svietidiel
- pri odrazivosti vozovky sa uvažovala R3 tabuľka
- závesná výška svietidiel sa optimalizovala v rozsahu 5 až 12 m (krok: celé čísla)
- rozostup stožiarov sa optimalizoval a hľadal v rozsahu 20 až 60 m (krok: 1 m)
- presah ramena výložníka sa uvažoval z rozsahu 0 až 2 m (krok: 0,5 m)
- svietidlá majú uhol vyloženia 0°
- ročný prevádzkový čas osvetlenia je 4 000 h pri plnom príkone

Vo väčšine prípadov sa uvažovala jednostranná osvetľovacia sústava okrem širokých vozoviek, kde sa volila párová sústava. Pri každom výpočte sa geometria osvetľovacej sústavy optimalizovala tak, že prioritu mal rozostup stožiarov s cieľom maximalizácie osvetlenej plochy, a tým dosiahnutia čo najnižších hodnôt číselných ukazovateľov. Závesná výška a dĺžka vyloženia majú len nepriamy vplyv na veľkosť ukazovateľov.

Pre vzorové výpočty boli zvolené rôzne typy svietidiel tak, aby výber zahŕňal aj lacnejšie svietidlá s nenáročnou difúznou optikou aj sofistikovanejšie svietidlá s kvalitnou fazetovou optikou s možnosťou individuálneho nastavenia. Nastavenie optiky bolo v tomto prípade súčasťou optimalizácie. Výber svetelných zdrojov zahŕňal ortuťové výbojky, halogenidové výbojky, elipsoidné aj rúrkové vysokotlakové sodíkové výbojky a LED rôznych príkonov. Pre výpočty boli použité produkty (svietidlá) dostupné na trhu v Q1/2014.

Čím nižšie sú hodnoty PDI a AECI, tým lepšia je energetická hospodárnosť osvetlenia. Typické hodnoty nemajú slúžiť ako limitné, majú iba ilustračnú funkciu a majú napomôcť pri získaní predstavy o tom, ako prostredníctvom číselných ukazovateľov PDI a AECI rozlišovať medzi účinnými a menej účinnými riešeniami.

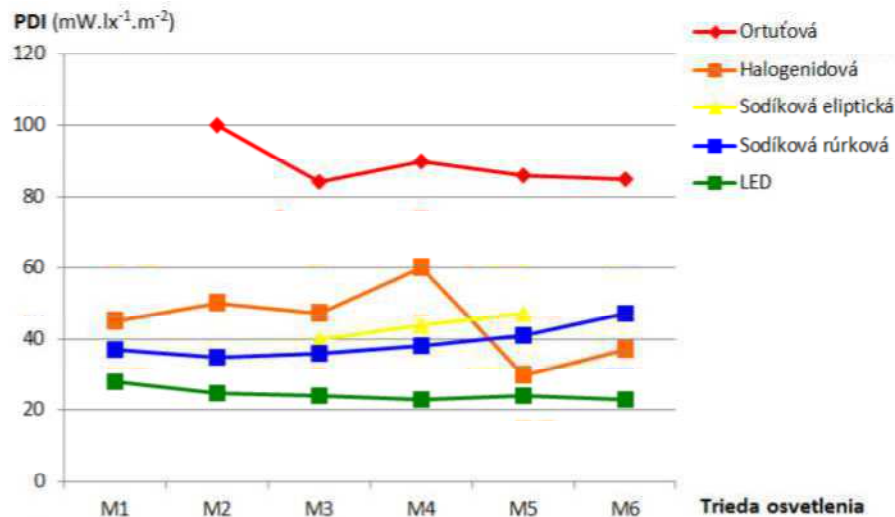
• Tabuľka 2 Typické hodnoty číselného ukazovateľa príkonovej hustoty DPI v $\text{mW}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^2$ pre priečny profil A

Lighting class	Width of carrieway in m	Lamp type				
		Mercury	Metal halide	Sodium elliptical	Sodium tubular	LED
M1	7		45		34 - 41	25 - 32
M2	7	100	50		31 - 40	24 - 27
M3	10	85	42	43	31 - 32	25 - 27
	8	83	42	40	30 - 33	27
	7	84	47	40	34 - 38	23 - 25
	6	103	51	43	40 - 44	25 - 28
M4	7	90	60	41 - 47	34 - 42	23
M5	7	86	30	47	38 - 45	24
	6	89	34	53	41 - 51	28
	5	97	41		53	38
	4	116	48		65	46
M6	7	85	37		45 - 49	20 - 27

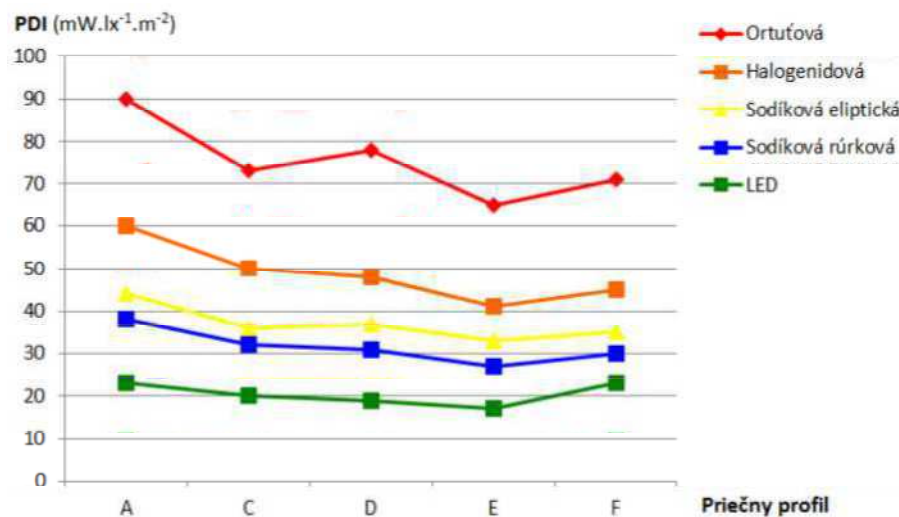
• Tabuľka 3 Typické hodnoty číselného ukazovateľa ročnej spotreby energie AECI v $\text{kWh}\cdot\text{m}^2$ pre priečny profil A

Lighting class	Width of carrieway in m	Lamp type				
		Mercury	Metal halide	Sodium elliptical	Sodium tubular	LED
M1	7		5,0		4,0 - 5,3	3,0 - 3,8
M2	7	10,8	4,6		3,2 - 4,2	2,4 - 2,5
M3	10	6,0	3,4	3,0	2,3	1,6
	8	6,0	3,4	3,0	2,2 - 2,4	1,6
	7	6,0	3,6	2,8 - 3,1	2,5 - 2,6	1,5
	6	7,0	3,9	3,2	2,7 - 2,8	1,6
M4	7	5,0	3,1	2,3 - 2,5	1,8 - 2,4	1,1
M5	7	3,2	0,9	1,7	1,1 - 1,6	0,8
	6	3,4	1,0	2,0	1,2 - 1,7	0,9
	5	3,6 - 4,0	1,2		1,5 - 1,8	1,0
	4	4,1	1,5		1,7 - 2,3	1,3
M6	7	1,9	0,6		0,2 - 1,2	0,4 - 0,5

Niektoré závislosti spracované z tabelizovaných typických hodnôt sú prezentované aj graficky na obr. 7 a 8 (grafy nie sú súčasťou návrhu normy). Graf na obr. 7 znázorňuje závislosť PDI od triedy osvetlenia, graf na obr. 8 zase od usporiadania priečného profilu.



• Obr. 7 Typické hodnoty PDI pre priečny profil A pre vozovku šírky 7 m



• Obr. 8 Typické hodnoty PDI pre vozovku šírky 7 m a triedu osvetlenia M4

Prezentácia výsledkov výpočtu

Dvojica číselných ukazovateľov energetickej hospodárnosti osvetlenia - číselný ukazovateľ príkonovej hustoty (PDI) a číselný ukazovateľ ročnej spotreby energie na osvetlenie (AECI) sú spriahnuté parametre, vždy sa preto musia prezentovať spoločne a nerozdielne. Musia sa uviesť tiež všetky predpoklady použité pre výpočet. Príklad prezentácie potrebných informácií uvádza tab. 4 obsiahnutá v informatívnej prílohe D návrhu normy prEN13201-5, vyplnená pre hodnoty z vyššie uvedeného príkladu. Ak je to potrebné, tabuľka sa dá rozšíriť pre viac typov svietidiel, čiastkových plôch alebo časových intervalov. V niektorých prípadoch môže byť vhodné doplniť aj grafickú prezentáciu uvažovaného riadiaceho profilu.

Záver

Návrh normy prEN13201-5 obsahuje ešte aj alternatívne prístupy pre hodnotenie energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia, a to prostredníctvom merného výkonu osvetľovacej sústavy a činiteľa osvetľovacej sústavy. Ide však len o doplnkové parametre uvedené v informatívnych prílohách. Pri tvorbe normy síce silneli hlasy na uprednostnenie prístupu založenom na mernom výkone prípadne jeho zrovnoprávnenie s PDI a AECI, avšak to by mohlo spôsobiť nejednoznačnosť praktického uplatnenia a možný chaos. V podstate PDI/AECI a merný výkon predstavujú vzájomne recipročné parametre a určite aj systém hodnotenia založený na mernom výkone by mohol byť dobrý, normatívny status však mohol byť priznaný len jednému z nich a tu sa uprednostnil ekvivalent LENI, ktorý je už dostatočne známy a zavedený do praxe.

• Tabuľka 4 Príklad prezentácie údajov na hodnotenie energetickej hospodárnosti verejného osvetlenia

Systémový príkon					
	Svietidlo 1	Svietidlo 2	Svietidlo 3	Svietidlo 4	Svietidlo 5
Prevádzkový príkon P (W)	114	61	-	-	-
Prídavný príkon P_{ad} (W)	0				
Osvetlená plocha					
	Plocha 1	Plocha 2	Plocha 3	Plocha 4	Plocha 5
Osvetlená plocha A (m ²)	180	60	90	-	-
Vypočítaná osvetlenosť E (lx)	18,00	9,56	11,50	-	-
Riadiaci profil osvetlenia					
	Interval 1	Interval 2	Interval 3	Interval 4	Interval 5
Ročný prevádzkový čas (h)	2 175	1 825	-	-	-
Koeficient redukcie (%)	1,00	0,70	-	-	-
Pravdepodobnosť detekcie (%)	100	100	-	-	-
Číselné ukazovatele energetickej hospodárnosti					
	Interval 1	Interval 2	Interval 3	Interval 4	Interval 5
Číselný ukazovateľ príkonovej hustoty D_p (mW.lx ⁻¹ .m ⁻²)	36,09	50,53	-	-	-
Číselný ukazovateľ ročnej spotreby energie D_E (Wh.m ⁻²)	1,831				

Pod'akovanie



Zoznam použitej literatúry

- [1] United Nations Framework Convention on Climate Change. UN: Rio de Janeiro, 1992
- [2] EN 15193:2007 Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting
- [3] EN 13201: Road lighting (group of standards), 2004
- [4] prEN 13201-5:2013: Road lighting —Part 5: Performance requirements, 2014-07-23
- [5] GAŠPAROVSKÝ, D., SCHWARCZ, P., JANIGA, P.: Assessment and Measurement of Energy Demand and Efficiency in Public Lighting Networks. In: „Light in Engineering, Architecture and the Environment“, (Poznan, Poland), 17.-19.5.2011. – Southampton (UK): WIT Press, 2011. ISBN 978-1-84564-550-2. – pp. 133 – 145
- [6] GAŠPAROVSKÝ, D.: Measurement of Daylight Illuminance Levels in Transient Periods for Public Lighting Control. In: Przegląd elektrotechniczny. - ISSN 0033-2097. - Vol. 89, Iss. 6 (2013), pp. 320 – 323
- [7] GAŠPAROVSKÝ, D.: Calculation of the Operation Time of Road Lighting. In: Proceedings of CIE Centenary Conference "Towards a New Century of Light" : Paris, France, 15-16 April 2013. - Vienna : Commission Internationale de l'Eclairage, 2013. - ISBN 978-3-902842-44-2. - pp. 999 – 1008

- [8] GAŠPAROVSKÝ, D.: Energy Performance Numerical Indicators of Public Lighting. In: „Svetlo - Light 2013“, (Podbanské, Slovakia), 23.-25.10. 2013. – Bratislava : KONGRES Management s.r.o., 2013. - ISBN 978-80-89275-35-9. – pp. 291 – 301
- [9] GAŠPAROVSKÝ, D., DUBNIČKA, R., RADITSCHOVÁ, J.: Benchmarking the energy efficiency of road lighting. In: Proceedings of CIE Conference "Lighting Quality and Energy Efficiency": Kuala Lumpur, Malaysia, 23-26 April 2014. - Vienna : Commission Internationale de l'Eclairage, 2014. - ISBN 978-3-902842-49-7.
- [10] PRACKI, P.: A proposal to evaluate road lighting energy efficiency. In proceedings: "Lumen V4", Bratislava : KONGRES Management s.r.o., 2012. ISBN 978-80-89275-32-8. - pp. 28 – 39
- [11] PRACKI, P.: Poposal to classify road lighting energy efficiency. In: Lighting Research and Technology. - ISSN: 1477-0938. Vol. 43, Iss. 3 (2011), pp. 271 – 280
- [12] PRACKI, P.: Unified system of lighting energy efficiency evaluation in public places. Proceedings of CIE Conference "Lighting Quality and Energy Efficiency": Vienna, Austria, Vienna : Commission Internationale de l'Eclairage, 2010. - ISBN 978-3-901906-83-1. - pp. 317 – 321
- [13] ŠKODA, J. & BAXANT, P. The reduction in electricity consumption through proper lighting. In proc.: EPE - Electric Power Engineering 2009. Brno University of Technology: Brno, pp. 1 – 4
- [14] SOKANSKÝ, K. & NOVÁK, T.: Energy savings in public lighting. Przegląd Elektrotechniczny, 84(8), pp. 72 - 74, 2008

I veřejné osvětlení může být ON - LINE

Ivo Chmelář, Ing, Robert Toth, Ing.
DATmoLUX a.s., www.datmolux.cz

Díky neustálému a překotnému vývoji v oblasti informačních technologií v posledních několika málo letech si dnešní doba a náš život začíná vyžadovat nepřetržitý tok všech informací, pokud to jenom pokrytí všech operátorů dovoluje a to na všech možných a nemožných místech, pokud možno co nejrychleji a nepřetržitě ON-LINE. Zavedeným standardem, na který jsme si velmi rychle všichni zvykli jsou zpravodajské a komerční služby v maximálním rozsahu, které díky velkému ekonomickému potenciálu, které umožňují, posunují tuto oblast velmi rychle dopředu. Pochopitelně se také stejně velmi rychle tento způsob sdílení informací začíná využívat ve všech oblastech veřejné správy a to nejen v oblastech, které správu především zjednodušují a zefektivňují, ale stále větší důraz je kladen na úsporu veřejných prostředků na všech stupních státní správy ale i na všech stupních samosprávy.

Zavedeným standardem u obcí měst jsou komplexní informační systémy, které vychází se základních požadavků legislativy především v oblasti evidence majetku se všemi dopady, které hospodaření s tímto majetkem zahrnuje. Do této oblasti spadají především informační databázové systémy s pasportizací obecního nemovitého majetku, městských komunikací, na to navazujícím dopravním značením, městské zeleně, městského mobiliáře apod. Všechny tyto databázové informace jsou zpravidla vizualizované v jednotlivých vrstvách digitální technické mapy obce nebo města, jejímž podkladem je vždy katastrální mapa dané lokality. Ve valné většině případů jsou databázové údaje pořizovány při komplexní výstavbě tohoto informačního systému přímo dodavatelem systému, u kterého si veřejná správa pořízení objedná. Tyto údaje jsou většinou dlouhodobě v systému vedeny a využívány. Bývá téměř pravidlem, že poměrně vysoká pořizovací vstupní cena informačního systému na delší období omezí další finanční prostředky souvisejí s aktualizací prvotních databází, pokud to není stanoveno legislativou. (např. geodetické zaměření podzemních vedení jednotlivých druhů při rekonstrukcích infrastruktury). Z tohoto pohledu jednoznačně za delší období, a to i s ohledem na výměnu volených orgánů samosprávy, dochází ani ne k aktualizaci, ale k tlaku a snaze nově volené samosprávy na kompletní opětovné pořízení všech databázových informací o daném typu majetku. Vzhledem k neustálému růstu cen za částku vždy vyšší, než bylo původní pořízení dat, čímž se neustále snižuje využitelný objem veřejných prostředků na správu tohoto infrastrukturního majetku. Základní typy infrastrukturních majetků (el. energie, plyn, telekomunikace, vodovody a kanalizace) prošly postupně privatizací a jejich správa a provoz jsou zabezpečovány převážně nadnárodními korporacemi s vlastními informačními systémy. Na bázi širších smluv o výměně a sdílení dat tyto společnosti poskytují data do jednotlivých vrstev technických map příslušných stupňů samosprávy především k možnosti tvorby havarijních plánů na příslušných stupních samosprávy, které jsou zodpovědné za okamžité řešení havarijních situací při poruchách, živelných pohromách apod. Samospráva musí být v těchto případech v daném místě v případě mimořádné události garantem celkové technické mapy s aktuálními daty všech jednotlivých typů infrastrukturního majetku.

Veřejné osvětlení, jako jeden z typů infrastrukturního majetku obcí a měst vzhledem ke své povaze není privatizován a ve většině případů bývá jeho správa a provoz zabezpečována přímo obcemi s výkonem jeho údržby na základě SoD s vybraným privátním subjektem, v případě menších a středních měst společnostmi Technických služeb založených a vlastněných městem, a to i v případě s vložením majetku veřejného osvětlení do základního jmění těchto společností nebo v omezené míře formou přenesené správy veřejného osvětlení, pronajatého privátnímu subjektu, který město nebo obec ve vztahu ke stavebnímu zákonu zastupuje.

Pasportizace majetku veřejného osvětlení bývá téměř ve všech případech zabezpečována obcemi, nebo městskými společnostmi způsobem popsáním v předešlém odstavci v rámci komplexních informačních systémů – technických map s minimem databázových údajů opakovaně s marně vynaloženými veřejnými prostředky. V případech kdy je i snaha pasport udržovat, vzhledem k nesystémovému vedení, (papírová nebo elektronická databázová podoba) pasport postupně ztrácí věrohodnost a není aktuální z pohledu databáze ani jeho skutečnosti na mapovém podkladu. Zásadním nedostatkem i při takto dobře databázově vedeném a aktualizovaném

pasportu, je absence jeho další nedělitelné provozní části – elektroschema, které musí zahrnovat provozní zapojení sítě veřejného osvětlení se systémovým provázáním na databázovou část, s možností postupného ukládání informací o provozu a kvalitě všech provozních částí VO. Všechny tyto údaje při dobře vedeném pasportu VO tvoří základní kámen pro provozování majetku veřejného osvětlení s minimálními náklady veřejných prostředků.

Vývoj v oblasti informačních technologií při zohlednění jejich cen a dostupnosti zákonitě dorazil i do této oblasti a umožňuje efektivní vedení vašeho elektronického pasportu veřejného osvětlení v podobě **ON-LINE**.

ON-LINE pasport veřejného osvětlení musí umožňovat nepřetržité vedení všech dostupných informací o majetkovém souboru veřejného osvětlení, musí umožňovat jednoduché pořizování dat v terénu nebo naopak musí umožnit vzdálené prohlížení všech pořízených dat a provozních stavů VO. Musí umožnit pro zadanou strukturu uživatelů jednak vedení pasportu, sběr dat o provozu VO, vedení evidence a odstranění všech poruch na VO, statistické vyhodnocování všech stavů, které jsou základním podkladem pro opravy a obnovu majetkového souboru VO.

Při vývoji takto použitého elektronického nástroje se prvotně musí zabezpečit prostředky pro jeho funkci:

- Smart-phone nebo tablet s dotykovým displejem s modulem GPS a fotoaparátem s vyšším rozlišením s OS ANDROID, komunikace se serverem aplikace v celulární GSM síti kteréhokoliv operátorů,
- server s OS LINUX nebo OS WINDOVS s GSM modemem
pořízená data jsou prohlížena, sdílána a spravována prostřednictvím internetu na serveru umístěného v místě provozovatele VO nebo na vzdáleném serveru poskytovatele aplikace s pronájmem datového prostoru a správou dat.

Výchozími podmínkami pro vývoj systému jsou:

- » nepřetržitá potřeba znalosti o okamžitém stavu spravovaného a provozovaného majetku VO, zabezpečení tohoto požadavku kdekoli v dosahu uživatelem zvolené celulární GSM sítě.
- » sjednocení mnoha dílčích SW do jednoho celku- řídicího systému
- » možnost okamžitého získání velkého objemu statistických informací o správě nebo provozu VO
- » interní vnitřní kontrola řídicího systému nad definovanými procesy
- » hlavní a nejdůležitější důvod je celková úspora provozních prostředků VO v přímých i nepřímých nákladech.
- » elektronické pořízení všech dat, včetně jejich automatické aktualizace pomocí mobilního zařízení (tablet, smart-phone)
- » systém musí umožnit převod stávajících dat ve standardních formátech z vrstvy digitální technické mapy obce nebo města do nového prostředí a zabezpečit jejich zpětnou automatickou aktualizaci včetně základních údajů databáze v souladu se stávající legislativou
- » systém je koncipován z hlediska bezpečnosti jako neveřejný, z pohledu zabezpečení důležité služby- osvětlení veřejných prostranství bez možnosti zásahu do systému zvenčí.

Základní části elektronického pasportu – řídicího systému VO

- » **GIS** - modul evidence, pasportizace majetku
- » **ELS** - modul elektroshemat zapojení celé sítě VO
- » **ON-LINE** - přehled o všech okamžitých provozních veličinách a stavech VO

- » **SERVIS** - modul pro vedení evidence o provozních poruchách a jejich odstranění
- » **EKO** - ekonomický modul sledující všechny náklady na provoz vyplývající z předešlých modulů

MODUL GIS

Pasportizace majetkového souboru VO v oblasti pořízení dat zahrnuje:

- » **zaměření všech nadzemních prvků** majetkového souboru VO města v GPS souřadnicích a umístění všech těchto bodů-prvků do mapového podkladu, jehož typ je povinen před zahájením prací vyspecifikovat objednatel (vektorová nebo rastrová mapa). Současně se zaměřením je nutné všechny nadzemní prvky označit prvkem s jedinečným číslem s dlouhodobou trvanlivostí. Na základě našich zkušeností představuje coby nejlevnější způsob označení duralový štítek s vyfrézovanou jednoduchou číselnou řadou (město, čís. ulice, pořadí stožáru). Štítky se jednoduše upevňují lepením a mohou navíc sloužit pro orientaci např. integrovaného záchranného systému apod.)
- » **provedení jedinečného označení všech prvků v rozsahu:**

SB - světelný bod

RVO - rozvaděč veřejného osvětlení (zapínací skříň)

RZ - rozpínací skříň

SZ - speciální zařízení napojené na rozvody VO Citylight, automaty DP, městské hodiny.)

SSZ - světelně signalizační zařízení (pokud jsou současně provozovány)

Parametry pořizovaných dat:

- » **místopopisné údaje GIS**

detailní technický popis všech dílčích funkčních částí RVO s určením jednoznačných technických parametrů případně vzájemných návazností

- » **Informace ELS**

popis kabelové sítě VO, která souvisí s RVO, počty kabelů, vývodů, orientační délky kabelů, velikost jističích prvků, jejich aktivita a propojení směru a návazností na jiné RVO nebo RZ

Specifikace jednotlivých souborů jedinečných prvků:

SB - světelný bod

místopopisné údaje GIS (GPS souřadnice, foto umístění SB)

parametry SB:

- typ SB
- typ stožáru
- výška stožáru
- typ výložníku
- typ patice
- typ stožárové výzbroje

- datum a výsledek zkoušky stability stožáru
- počet a typ svítidel na SB
- datum montáže svítidla na VO
- typ světelného zdroje
- datum montáže nebo výměny světelného zdroje
- výkon světelného zdroje
- typ předřadníku svítidla
- vlastní spotřeba předřadníku SB
- typ komunikační jednotky předřadníku SB
- adresa komunikační jednotky předřadníku SB nebo jeho přiřazení do ovládací skupiny
- datum a revize a výsledek revize a termín další

informace ELS

- popis kabelové sítě VO která souvisí se SB, návaznosti na ostatní SB, RVO, RZ

RVO – rozvaděč veřejného osvětlení

místopopisné údaje GIS – (GPS souřadnice, foto umístění RVO venkovní, výbava RVO)

parametry RVO, je-li RVO dále vybaven:

- ŘJ** - řídicí jednotka (spínací hodiny, PLC, CPU DATMO, ...)
- Regulace** - typ regulátoru (Intelux, Iluest,)
- MSB** - systém sběru dat z jednotlivých SB (DATMO, UMPI,
- Opt. Čidlo** - typ optického čidla
- Zdroj** - zdroj napájení sdělovací a řídicí části (OVZ,

- SPP** - typ měření proudů v síti VO (SPP DATMO, měřící transformátory)
- KN** - typ komunální nánstavby
- Elektroměr** - typ elektroměru

Komunikace RVO:

- Kom.pojítka - typ pojítka (radiomodem, GSM-modem, Opt. vlákno, ...)
- Kom. adresa - adresa v komunikační síti
- Poř. č. (v síti) - číslo udávající pořadí odpovědi z RVO v případě hromadných povelů
- Kom. záv. - udává komunikační prvek sloužící jako předešlá retranslace

informace ELS

- popis kabelové sítě VO která souvisí s RVO, počet kabelů, vývodů, orientační délky kabelů, velikost jističích prvků, jejich aktivita a propojení směru a návazností na jiné RVO nebo RZ

RZ - rozpínací skříň VO

místopopisné údaje GIS – (GPS souřadnice, foto umístění RZ)

parametry RZ

- typ skříně - počet přívodů, počet vývodů
- jištění - typ a velikost jisticích prvků

informace ELS

- popis kabelové sítě VO, která souvisí s RZ, počet kabelů, vývodů, jejich aktivita a propojení směrů a návazností na jiné RZ nebo RVO

SZ - speciální zařízení, - napojené na rozvody VO (Citylight, automaty DP, městské hodiny...) platí obecně i další zařízení umístěné na SB, dopravní značení, informační systémy, reklamní plochy apod.)

místopopisné údaje GIS – (foto, souřadnice pokud nejsou totožné s SB) parametry SZ

- typ zařízení - výkon zařízení
- příkon zařízení
- majitel zařízení, délka smlouvy, zodpovědná osoba atd.

informace ELS

- popis kabelové sítě VO která souvisí se SZ, návaznost na ostatní

MODUL ELS

- » Tento modul je generátorem všech údajů pořízených, nebo aktualizovaných pomocí mobilního zařízení (tablet, smart-phone) a vložených do modulu GIS.
Data se pořizují pro jednotlivé RVO a každý aktivní kabelový směr RVO. Ke každému SB náleží příslušný kabelový úsek. Při pořizování se tyto jednotlivé prvky navzájem aktivně propojují až po poslední SB na příslušném kabelovém směru.
- » Současně s vykreslením všech nadzemních bodů zaměřených pomocí GPS do mapy vykresluje automaticky kompletní elektroschemata všech zapínacích míst s RVO, včetně rozlišení typu každého jednotlivého kabelového vedení VO.
- » Provádí automatickou kontrolu pořízeného schéma zapojení, po el.stránce.
- » Tento modul při propojení se serverem digitální technické mapy města dle zvolené periody automaticky aktualizuje vrstvu VO včetně připojených databází.

MODUL ON-LINE

- » Tento modul je převzatá vizualizace systému DATMO RVO známá z našich dřívějších aplikací.
- » Vizualizuje všechny provozní stavy pomocí ON-LINE komunikace zvolené zákazníkem:
 - Rádio (RACOM)
 - Wi – FI
 - GPRS
 - Ethernet
- » V rozhraní DISPEČINK- RVO je komunikace vždy obousměrná komunikace (data, povel)

- » V rozhraní RVO – světelný bod je komunikace dle volby zákazníka, nebo i kombinace obou variant.
 - obousměrná MSB–C, MSB–Wi-Fi,
 - jednosměrná DATMOCONTROL

Struktura přenášených dat o provozu VO:

- » **havarijní :**
 - výpadek hlavního jističe
 - výpadek napájecího napětí z rozvodné sítě
 - výpadek jednotlivých svítidel
 - násilné otevření rozvaděče
- » **nežádoucí**
 - zapnutí stykače By-Pass
 - výpadek proudu v jednotlivých větvích VO
 - snížení kvality záložních baterií systému
- » **provozní**
 - stav elektroměru
 - stav proudů v jednotlivých větvích VO
 - stavy všech stykačů
 - stavy fotobuněk systému

Vizualizace musí být provedena s topografickým rozmístěním zapínacích bodů rozvaděčů RVO v orientační mapě města. Barva bodu pak charakterizuje jeho provozní stav, v dalších oknech se pak zobrazují stavy jednotlivých prvků rozvaděče.

Program řídicího systému musí mít umožněno ovládání těchto základních provozních funkcí:

- hromadné zapnutí a vypnutí RVO
- zapnutí a vypnutí jednotlivých RVO
- odečet stavu elektroměrů
- odečet napětí a proudů na jednotlivých větvích RVO
- zjištění stavu záložního zdroje napájecího zdroje
- dálková kontrola řídicí jednotky a diagnostika celého RVO
- provedení dálkové změny základních parametrů řídicí jednotky a rozšiřujících zařízení, spínací křivky, regulace napětí, selektivní ovládání svítidel...
- kontrola napájecího zdroje RVO (napětí pojistky)
- zapínání a vypínání slavnostního (případně jiného osvětlení)
- zapínání a vypínání jednotlivých svítidel VO v rozsahu:
 - Vyp, Zap
 - Svítí , nesvítí
- spořicí režim zap., spořicí režim vyp.
- počet výpadků světelného zdroje za noc
- porucha světelného zdroje
- závada kompenzačního kondenzátoru
- skupinové i jednotlivé řízení výkonu svítidel
- informace o vypnutí hromadné amplitudové regulace napětí (tzv. By-pass)

Operátor musí mít možnost komunikovat s jednotlivými zapínacími body, případně zvolit hromadné povelování celé sítě. Přicházející alarmy musí být zobrazeny v registru, obsluha je na ně upozorněna i zvukovým signálem.

MODUL SERVIS

- » Tento modul zpracovává výstupní registr alarmních hlášení z modulu ON-LINE a ze všech dalších zdrojů nahlášených na dispečink VO.
- » Dle systémově přednastavených registrů zabezpečuje dispečer jejich elektronickou distribuci na příslušná střediska provozu, údržby a správy VO.
- » V systému sleduje jejich odstranění z hlediska příčiny poruchy a termínu odstranění.
- » Je zabezpečeno jejich automatické uložení do modulu GIS, případně ELS pro možnost vyhotovení statistik a plánů obnovy včetně plánu výše investic.
- » Náklady na odstranění poruch údržbou VO automaticky se promítá do modulu EKO v zadaném členění nákladů.
- » Generuje jakékoliv zadané logické sestavy zadané uživatelem nastavením příslušných filtrů.

MODUL EKO

- » Tento ekonomický modul zpracovává výstupní registr z modulu ON-LINE a SERVIS .
- » Zabezpečuje členění všech nákladů dle zadání provozovatele VO (el. energie, materiál práce).
- » Tento modul slouží managementu společnosti pro aktivní řízení všech procesů souvisejících se správou a provozem majetkových souborů VO.
- » Modul neslouží jako modul pro vedení účetnictví dle platné legislativy, ale systémově generuje všechny položky, které lze zařadit do příslušné účetní osnovy.
- » Modul umožňuje společně s ostatními, zejména GIS vytvářet sestavy pro sestavení okamžité reálné účetní hodnoty spravovaného majetku VO.

Pokud provozovatel využije všechny možnosti, které mu tento řídicí systém poskytuje, může docílit plně efektivního provozování veřejného osvětlení, snížit náklady v personální oblasti na pracovníky na úseku správy a zabezpečení provozu VO a může snížit přímé provozní náklady na zabezpečení provozu majetkového souboru VO až o 50%.

... A PAK, ŽE NEMŮŽE BÝT I VEŘEJNÉ OSVĚTLENÍ ON-LINE !!

Ochrana moderních osvětlovacích soustav před impulsním přepětím

Jiří Burant, ing.

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

Stoupající požadavky na účinnost, spolehlivost a životnost moderních osvětlovacích soustav přináší do této oblasti stále nové technologie, elektronické prvky a systémy. Tato skutečnost se týká jak světelných zdrojů, tak i souvisejících elektronických řídicích a ovládacích obvodů. Nepříjemným průvodním jevem elektronizace je ovšem průběžný nárůst citlivosti zařízení a systémů na impulsní přepětí.

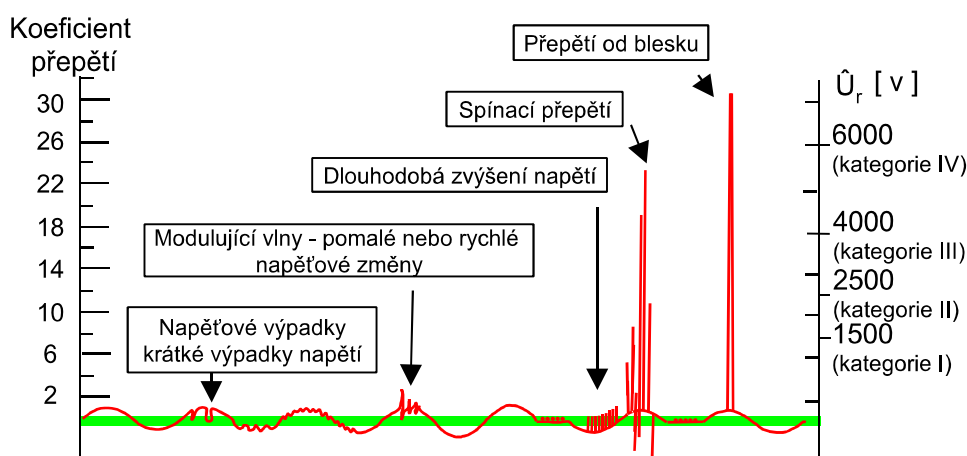
Přepětí v sítích nn

Za přepětí v sítích nn lze považovat jakékoliv zvýšení napětí mezi fází a zemí nebo mezi dvěma fázemi, které je časově závislé. Dělit jej lze především podle délky působení. Norma ČSN EN 60664-1 pro koordinaci izolace [2] zavádí v této souvislosti dvě základní skupiny přepětí.

Dočasná přepětí - přepětí průmyslového kmitočtu s proměnnou, relativně dlouhou dobou trvání. Nedosahují zpravidla velkých amplitud a nepůsobí přímou destrukcí. Časté změny napětí však mohou snížit celkovou životnost připojeného zařízení. Jejich potlačení vyžaduje obvykle instalaci kompenzátorů nebo stabilizátorů sítě, což jsou pro běžné spotřebitelské rozvody zařízení zpravidla příliš nákladná a s jejich použitím, které není z hlediska našich národních norem povinné, se lze proto setkat jen výjimečně.

Přechodná přepětí - označovaná častěji spíše jako impulsní přepětí. Vyznačují se trváním, nepřesahujícím jen několik tisícin sekundy. Mohou být kmitavá nebo nekmitavá, zpravidla však silně tlumená. Podle původu je lze dále dělit na:

- **atmosférická přepětí** - přechodná přepětí vzniklá v kterémkoliv bodě rozvodu jako důsledek atmosférického výboje (blesku).
- **spínací přepětí** - přechodná přepětí v kterémkoliv místě rozvodu, vyvolaná specifickou spínací činností nebo i poruchou.



• Obrázek 1: Základní druhy přepětí v sítích 230 V / 50 Hz

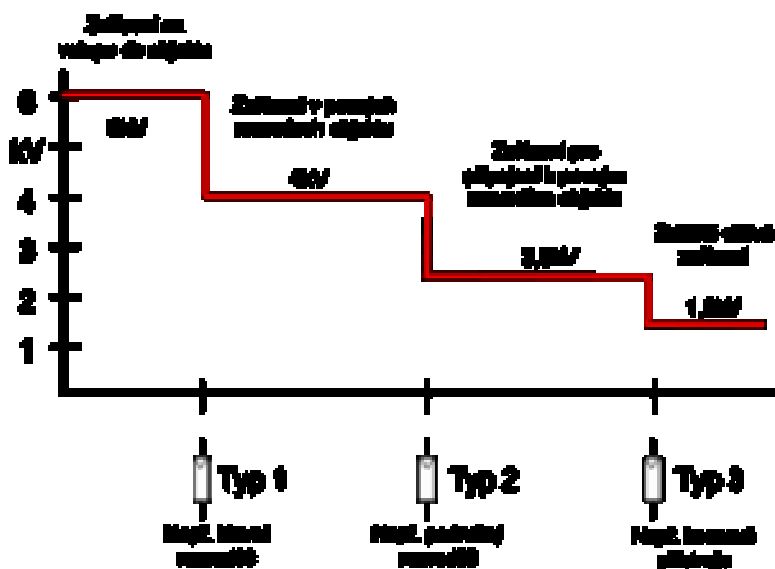
Ochrana před přechodným přepětím

Instalaci ochrany před přepětím řeší v obecné rovině již ČSN 33 2000-1. „Osoby, hospodářská zvířata i majetek musí být chráněny před poškozením v důsledku nadměrného napětí, které může vzniknout z jiných příčin.....“. Zdůrazňuje i odpovědnost projektanta resp. zřizovatele za provoz elektrického zařízení, včetně jeho ochrany před přepětím.

Max. povolenou napěťovou ochrannou úroveň použitých ochranných zařízení pak definuje prostřednictvím hodnot jmenovitého impulsního výdržného napětí ČSN EN 60664-1. Tyto požadavky akceptují výrobové normy odpovídajících přepětových ochranných zařízení (SPD), zejména pak ČSN EN 61643-11. Podklady a postupy praktického návrhu ochrany lze hledat v ČSN EN 62305-4 a ČSN 33 2000-4-443.

Princip ochrany před impulsním přepětím přitom spočívá v zamezení vzniku potenciálových rozdílů mezi kovovými stavebními částmi a chráněným zařízením. Veškeré kovové prvky se proto propojují přímo nebo tam, kde není možné galvanické propojení, přes vhodné SPD (případ pracovních vodičů silových rozvodů) na ekvipotenciální vyrovnání uvažovaného objektu.

Ochranný systém přitom využívá vícestupňovou koncepci, vycházející z principu zón bleskové ochrany dle ČSN EN 62305-4. Ke snižování úrovně přepětí zde dochází v několika krocích, respektujících omezené fyzikální možnosti současných přepětových ochranných zařízení i navazujících prvků.

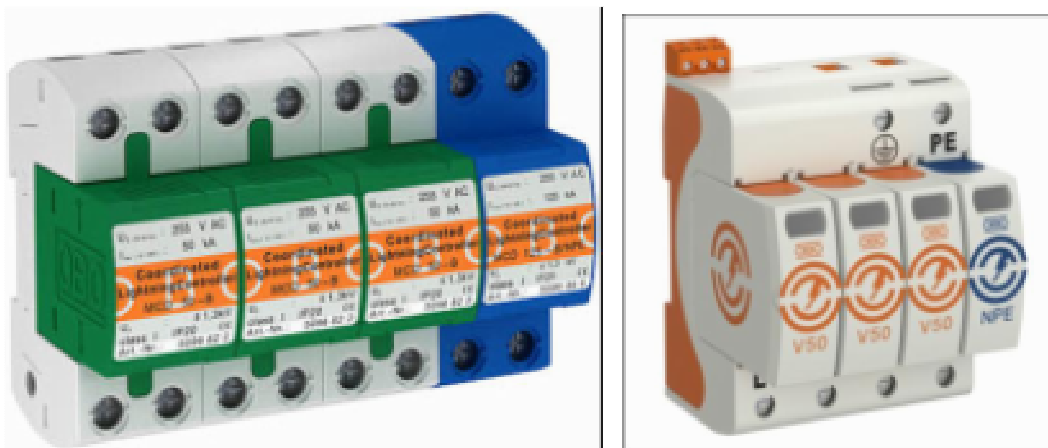


• Obrázek 2: Impulsní výdržné napětí v síti 230/400 V z ČSN EN 60664-1 a související typ SPD dle ČSN EN 61643-11

Ochrana silových sítí 230/400 V

Za úplnou se v silové síti 230/400 V považuje třístupňová ochrana, jejíž některé stupně lze v určitých případech sloučit do společného ochranného prvku nebo sestavy.

První ochranný stupeň. Pro objekt, na jehož vstupu lze předpokládat výskyt dílčích částí bleskových proudů, jako je tomu u staveb s vnější ochranou před bleskem, nutno uvažovat s instalací přepětového ochranného zařízení typu 1 dle ČSN EN 61643-11, zkoušeného vlnou bleskového proudu 10/350 μ s. Pro další ochranné stupně postačují zařízení testovaná přepětovou vlnou 8/20 μ s, přičemž jejich funkce musí být vždy koordinována s předchozím stupněm. Dimenzování svodičů 1. stupně závisí na zařídění objektu do tříd ochrany před bleskem podle ČSN EN 62305-2. Pro první a druhou třídu lze považovat za odpovídající pro první ochranný použití SPD pracujících na principu jiskřiště (obr.3, vpravo), pro méně významné objekty klasifikované v třetí a čtvrté třídě ochrany zcela postačuje využití varistorových ochranných přístrojů (obr.3, vlevo).



• Obrázek 3: Sestavy SPD typu 1 pro síť TN-S zkoušené vlnou 1/350

Druhý ochranný stupeň. Svodiče typu 2 dle ČSN EN 61643-11, určené k omezení zbytkových přepětí od blesku za 1. stupněm a rychlých impulsních přepětí vzniklých ve spotřebitelské síti. Zpravidla se instalují do podružných rozvaděčů. V silových rozvodech 230 V / 50 Hz se používají pro tento stupeň prakticky výhradně varistorové svodiče. Moderní typy mají modulové dvoudílné provedení s výměnnými varistorovými jednotkami, umožňujícími měření a výměnu za provozu. Pouhým vyjmutím horního varistorového dílu, bez odpojování vodičů, lze připravit elektrickou instalaci k měření izolačního stavu při revizích.

Na druhou stranu může standardní dvoudílné provedení varistorového svodiče znamenat nevýhodu u mobilních zařízení nebo stacionárních zařízení vystavených občasným nebo trvalým vibracím. Proto se lze setkat stále častěji s dvoudílným provedením těchto svodičů s aretací jejich horního dílu pomocí integrovaného západkového mechanismu, jako je tomu u přepětového ochranného zařízení na obr. 4.



• Obrázek 4: Sestava SPD typu 2 pro síť TN-S s mechanickou aretací zasunutého horního dílu a přepínacím kontaktem dálkové signalizace

Tento stupeň se standardně dimenzuje na max. impulsní proud 40kA při vlně 8/20 μ s. U provedení pro síť 230V~ dosahují standardní výrobky při jmenovitém impulsním proudu ochrannou úroveň 1,5 kV, přičemž SPD s ochrannou úrovní nad 1,5kV nelze k instalaci doporučit. Ochranná úroveň 1,5 kV splňuje dle ČSN EN 60664-1 současně i nároky na jmenovité impulsní výdržné napětí pro citlivá zařízení připojovaná k pevným rozvodům, tedy požadavky 3. ochranné stupně. Díky tomu lze v některých případech při kumulované instalaci ochran, u skříňní řízení veřejného osvětlení apod., svodiče typu 3 zcela vypustit.

Na této skutečnosti staví SPD z obr. 5, určené speciálně k ochraně svítidel s technologií LED. Svými parametry, maximálním svodovým proudem 20 kA (8/20), ochranou úrovní 1,3 kV a jmenovitým proudem 16 A vyhovuje pro využití v naprosté většině praktických aplikací.



• Obrázek 5: Přepětové ochranné zařízení typu 2 pro svítidla LED s možností odpojení chráněného svítidla při poruše

Třetí ochranný stupeň. Svodiče typu 3 dle ČSN EN 61643-1, označované někdy též jako jemná ochrana. Slouží především k potlačení spínacího přepětí od elektrických spotřebičů připojených např. do zásuvek a také k potlačení přepětí indukovaných do chráněných vedení při soubězích apod. Není u nich kladen příliš důraz na velikost svodového proudu, který se proto pohybuje jen od cca 2,5 kA do 5 kA při zkušební vlně 8/20 μ s.

Instalují se do pevných rozvodů nebo ve formě zásuvkových adaptérů a pohyblivých přívodů. Nicméně v poslední době nachází stále větší prostor přímá instalace do pevných rozvodů, neboť vykazuje dlouhodobější a spolehlivější charakter. Příklady provedení odpovídajících zařízení viz obr. 6.



• Obrázek 6: Příklady různých provedení jedno i třífázových svodičů typu 3 pro síť TN-C a TN-S

Ochranné systémy pro osvětlovací soustavy

Ani vysoce výkonná výbojková osvětlovací tělesa, byť bez elektroniky, nejsou konstruována na impulsní zátěž s amplitudou a energií bleskových proudů. Zapalování výbojek se sice provádí značnou energií, ale izolace používaných prvků s rázy řádu desítek kV nepočítá. Také nelze předpokládat, že síťové tlumivky se železnými jádry zatlumí pulsy se strmostí desítek MHz. V této kmitočtové oblasti je totiž již jejich impedance problematická.

Ještě citlivější na impulsní přepětí jsou úsporné zářivkové světelné zdroje s vestavěnými elektronickými regulačními obvody. A pravděpodobně největším nepřítelem tohoto druhu přepětí, jsou stále více se prosazující světelné zdroje LED.

Instalaci ochranných prvků lze tedy v těchto případech označit přímo za poznanou nutnost. Zejména první ochranný stupeň je nezbytný vždy. Redukuje působení přímých bleskových proudů s velkou energií a amplitudou, které způsobují elektrickou a mechanickou destrukci v elektrických rozvodech i skříních ovládání veřejného osvětlení apod. Tento stupeň je třeba osadit nejen na přívodní vedení, ale i do všech vedení vystupujících z chráněného prostoru. Tato skutečnost se často opomíjí zejména u průmyslových nebo skladových hal s osvětlením vnějších pojižděných ploch, kdy sice bývá poměrně kvalitně řešena ochrana přívodu budovy, ale totéž již neplatí o výstupním vedení k ocelovým sloupům vnějšího osvětlení, které zpravidla navíc čnějí nad vlastní stavební objekt.

Druhý stupeň, by měl být předřazen všem elektronickým obvodům osvětlovacích systémů, stejně jako např. všem interiérovým osvětlovacím tělesům. Pro správnou funkci této ochrany při strmých přepětových pulzech je nutno dodržovat maximální délky připojených vedení se zaručenou účinností ochrany dle údajů výrobců. Zpravidla se předpokládá účinnost do délky 10 m připojeného vedení.

Třetí stupeň ochrany slouží pro omezení menších přepětí, indukovaných v trase vedení. Měl by být instalován ke koncům všech přívodů s elektronickými prvky, přičemž okruh jeho účinnosti je do délky 5 m připojených vedení. Při větších vzdálenostech nelze zaručit dostatečné potlačení velmi strmých přepětí a je nutno opakovat instalaci dalších SPD typu 3.

Při realizaci ochranných opatření je třeba vždy respektovat typ chráněného rozvodu, se všemi jeho specifiky. Tuto skutečnost zjednodušují univerzální konfigurace SPD, dovolující montáž nejen do sítí TN, ale současně i TT nebo IT. Zpravidla se jedná o zapojení sestav varistorových prvků v kombinaci se speciálním uzavřeným výkonovým jiskřištěm s nízkým inicializačním napětím, obvykle $\leq 1,2\text{kV}$.

V bezobslužných, automatizovaných osvětlovacích systémech lze s výhodou využít k hlídání provozního stavu varistorové svodiče provedení s vestavěným přepínacím bezpotenciálovým kontaktem dálkové signalizace povinně instalovaného interního termodynamického jistění. V případě provádění osobních pravidelných kontrol řídicích a ovládacích systémů osvětlení lze využít taktéž provedení s akustickou signalizací místo signalizace dálkové.

Závěr

Problematika ochrany před impulsním přepětím působí vzhledem k tématu osvětlovacích systémů možná poněkud vzdáleně, ale s jejich spolehlivostí a životností bezprostředně souvisí. Vždyť nepříjemný průvodní jev využívání moderních elektronických zařízení v podobě trvalého nárůstu pořizovací ceny znamená při poruše současně i nárůst vzniklé škody, což platí stejnou měrou pro všechny druhy zařízení, osvětlovací soustavy nevyjímaje.

Autor textu nemá sice k dispozici údaje českých pojišťoven, ale podle odhadů pojišťoven za sousedního Německa, kde lze předpokládat analogickou situaci, tvoří úhrady přímých škod způsobených přepětím více než jednu čtvrtinu všech škod na elektronických zařízeních uhrazených klientům. Při zahrnutí následných škod lze předpokládat ještě další nárůst tohoto opravdu nezanedbatelného podílu z celkových škod.

Z tohoto důvodu se budeme v rozvodech moderních osvětlovacích soustav setkávat s požadavky na instalaci kvalitních přepětových ochrany stále častěji a důrazněji. Problém ochrany před přepětím přitom však nelze omezit pouze na napájecí rozvody. Stejnou měrou se týká i obvodů řídicích a ovládacích.

Dotazy k dané problematice, stejně jako otázky k širokému výrobnímu programu se značkou OBO, lze zaslat prostřednictvím e-mailu:

info@obo.cz

nebo přímo na e-mail autora tohoto textu:

burant@obo.cz

Literatura

- [1] Firemní literatura firmy OBO Bettermann, SRN. Poskytnuto firmou OBO Bettermann Praha s.r.o., Modletice, ČR.
- [2] ČSN EN 60664-1 ed.2: Koordinace izolace zařízení nízkého napětí – Část 1: Základy, požadavky a zkoušky. ČNI Praha, 05/2008.
- [3] ČSN EN 61643-11 ed.2: Ochrany před přepětím nízkého napětí – Část 1: Ochrany před přepětím zapojené v sítích nízkého napětí – Požadavky a zkušební metody. ÚNMZ Praha, 06/2013.
- [4] ČSN EN 62305-2 ed.2: Ochrana před bleskem – Část 2: Řízení rizika. ÚNMZ Praha, 02/2013.
- [5] ČSN EN 62305-4 ed.2: Ochrana před bleskem – Část 4: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách. ÚNMZ Praha, 09/2011.
- [6] ČSN 33 2000-4-443 ed.2: Elektrické instalace budov - Část 4-44: Bezpečnost - Ochrana před rušivým napětím a elektromagnetickým rušením - Kapitola 443: Ochrana proti atmosférickým nebo spínacím přepětím. ČNI Praha, 02/2007.

Světelná instalace v budovách v souladu s platnými předpisy a normami ČSN

Jan, Dudek, Ing., Ph.D.

Kat 420 – Katedra Elektrotechniky, FEI, VŠB-TU Ostrava, 17. Listopadu 15, 708 33 Ostrava,
email: Jan.Dudek@vsb.cz

Anotace: Příspěvek si klade za cíl poukázat na platné normy (výčet není vyčerpávající), při projektování světelné instalace v budovách, včetně postřehů a úlev, které normy připouštějí, resp. na které autor narazil při studiu odborné literatury zabývající se provedením silnoproudých rozvodů. Příspěvek může posloužit začínajícím projektantům jako hrubé seznámení s problematikou elektrických světelných rozvodů.

1. Normativy vztahující se k provedení světelné instalace

1.1. Jednotné evropské normy

Světelná instalace v obytných budovách je součástí silnoproudé elektroinstalace. Pro korektní provedení této instalace je nutné respektovat požadavky souboru norem ČSN 33 2000, který je platný v celé Evropské unii s označením HD 60364. Z dokumentů souboru ČSN 33 2000 (HD 60364) jsou to zejména pak části HD 60364-4-41:2007 pro ověření impedance vypínací smyčky při použití svítidel kat. I. a pro použití a připojování svítidel kat. II., části HD60364-5-52:2009 pro návrh silnoproudých rozvodů, HD 60364-5-51 pro respektování charakteristik požadovaných pro výběr a instalaci zařízení zejména s ohledem na uvažované vnější vlivy.

Pro výběr a montáž svítidel a světelné instalace platí norma HD 60364-5-559:2012. V příloze B je uvedeno vysvětlení grafických značek použitých na elektrických svítidlech, na spínacích a řídicích přístrojích pro elektrická svítidla a pro instalaci elektrických svítidel.

Požadavky na osvětlení pro vnitřní pracovní prostory z hlediska zrakové pohody a zrakového výkonu osob s normálním zrakem jsou řešeny normou EN 12464:2011.

Specifické požadavky pro provedení instalace pro bezpečnostní účely, konkrétně aplikaci nouzového únikového osvětlení ošetřuje norma HD60364-5-56:2010 a norma EN 1838:2013 (platná od června 2014). Osvětlení v místnostech pro lékařské účely je ošetřeno normou HD60364-7-710:2012.

1.2. Národní dokumenty

V České Republice jsou požadavky na světelnou instalaci dále rozšířeny a upraveny následujícími dokumenty. Všeobecné požadavky na provedení silnoproudé světelné instalace ve vnitřních elektrických rozvodech v budovách pro bydlení a občanskou výstavbu jsou řešeny normou ČSN 332130 ed.2. Ta je odbornou veřejností dobře známá.

Přestože se nejedná o normu, je vhodné poukázat na existenci technické normalizační informace – komentáře k normě ČSN 33 2130 ed. 2 – TNI 33 2140 z října 2011. Ta se věnuje hlouběji problematice osvětlení společných prostor bytových domů, problematice elektrických zařízení kuchyní a instalace v bytech pro osoby se zdravotním postižením. Lze ji aplikovat i pro obytné části staveb pro sociální péči, nejsou – li tyto klasifikovány jako zdravotnické prostory.

Osvětlenost bytů a dalších prostor bytových domů se navrhuje v souladu s požadavky změny Z1 ČSN 73 4301 (pro osoby se zrakovým postižením ovšem platí tabulka 5 TNI 33 2140:2011).

Přestože vnější vlivy jsou definovány v jednotných evropských normách, členění prostor podle rizika úrazu elektrickým proudem je české specifikum, které je aktuálně upraveno přílohou Z1 normy ČSN 33 2000-4-41:2007.

Do těchto požadavků dále vstupují požární normy třídy 73, jmenovitě ČSN 73 0831 – Požární bezpečnost staveb – shromažďovací prostory.

Specifické národní požadavky na osvětlení divadel a kin jsou řešeny soubory ČSN 33 2410 ed. 2 a ČSN 33 2420 ed. 2, v kapitole 6.

Kromě norem je důležité upozornit na existenci národní legislativy. Požadavky a vlastnosti volně vedených vodičů a kabelů elektrických rozvodů, zařízení, jehož chod je při požáru nezbytný k ochraně osob, zvířat nebo majetku, jsou uvedeny v NV 23/2008, příloze 2.

Je vhodné připomenout existenci vyhlášky 73/2010 o stanovni vyhrazených elektrických technických zařízeních, která mj. v příloze 2 ukládá za povinnost ohlášení montáže zařízení třídy I. organizaci státního odborného dozoru (TIČR). Zařízení třídy I. lze uvést do provozu jen na základě odborné ho a nezávazného stanoviska organizace státního odborného dozoru.

Zařízení třídy I. jsou zařízení následujících skupin:

- Skupina A: Zařízení určené pro použití v prostředích s nebezpečím výbuchu;
- Skupina B: Zařízení pracovišť z hlediska úrazu elektrickým proudem zvlášť nebezpečných působením vnějších vlivů; nebezpečí působení vnějších vlivů musí vyplývat z projektové dokumentace;
- Skupina C: Zařízení v prostorách pro léčebné účely a ve zdravotnických zařízeních;
- Skupina D: Zařízení ve stavbách určených pro shromažďování více než 200 osob;
- Skupina E: Zařízení určená na ochranu před účinky atmosférické a statické elektřiny, pokud jsou součástí zařízení uvedených ve skupinách A až D

2. Základní požadavky na provedení světelné instalace

Provedení světelných okruhů v pevné instalaci je možno použít pro vodiče Cu s průřezem 1,5 mm² a vyšším (pro úplnost je vhodné dodat, že pro nové instalace je použití vodiče PEN povoleno od 16mm² Al resp, 10 mm² Cu (výjimka – ovšem ne na světelné okruhy je pro přípojky nn, kde je užití vodiče PEN dovoleno pro průřezy 10mm² Al resp, 6 mm² Cu).

Vodiče Al se u nových instalací smějí používat od průřezu 16mm² pro holé vodiče a v 10 mm² pro kabely silových a světelných obvodů v souladu s ČSN EN 60228. Tolik ve zkratce požadavky ČSN 33 2000 – 5 – 52 ed. 2.

Norma ČSN 33 2130 ed.2 dále zpřesňuje, že pro světelné okruhy je maximální přípustné jištění 25 A s požadavkem na jištění vedení proti přetížení (ten je konečnou formulován i v ČSN 33 2000 – 5 – 52 ed.2, resp. ČSN 33 2000-4-43 ed.2). Počet světelných vývodů je omezen jednak požadavkem, aby součet jmenovitých proudů nepřekročil jmenovitý proud jističího prvku proti přetížení, jednak doporučením, aby u světelných obvodů s výbojkovými svítilny nepřekročil proud v tomto obvodu 25 % jmenovité hodnoty spínačů. Výše zmíněné doporučení je nutné v současnosti aplikovat u všech běžných světelných obvodů. Světelné zdroje se zvlášť nejistí, proti nadproudu se jistí jen jejich přívodní vedení.

Přestože obecně vzato platí, že každý proudový obvod elektrického rozvodu (tedy i světelná instalace) musí mít plný počet vodičů pro funkci připojovaných zařízení a pro ochranu před nebezpečným dotykem živých i neživých částí, lze s výhodou u světelných okruhů využít úlevy v ČSN 33 2000 – 52 ed. 2, přílohy NA na sloučení do tzv. sdružených obvodů.

Podmínkou je splnění níže uvedených požadavků:

- 1) Střední, ochranný a PEN vodič se dimenzuje jako fázový nebo krajní vodič (to ovšem platí zejména pro PE a N vodič do průřezu 16mm² vždy)
- 2) Spotřebiče mají být připojeny tak, aby jednotlivé fáze sdruženého obvodu byly stejně zatíženy (to v případě osvětlení společných prostor s vyšším počtem světelných zdrojů není problém)
- 3) Pojistky nebo jističe vedení **musí** být v rozváděči seskupeny do trojic, které patří témuž sdruženému obvodu, přičemž je nutno, aby v rozváděči byly jednotlivé obvody (pojistky, jističe) označeny trvanlivým a čitelným štítkem, na kterém je kromě označení jednofázového obvodu je nutno uvést označení sdruženého obvodu
- 4) všechny vodiče sdruženého obvodu až k rozbočení na jednofázové odbočky musí být ve společném několikažilovém vodiči nebo kabelu; jsou-li z jednožilových vodičů, musí být tyto vodiče ve společném obložení (trubce, dutině apod.)
- 5) do sdruženého obvodu musí být vřazen přístroj (spínač, jistič, stykač apod.), jímž lze vázaně vypnout všechny krajní vodiče sdruženého obvodu a teprve za tímto přístrojem je pak možno vypínat jednotlivé fáze;
- 6) odbočování u jednotlivých fází sdruženého obvodu lze provést v jedné krabici (rozvodce).

Norma ČSN 33 2000-5-523 ed.2, určující proudovou zatížitelnost vodičů byla k 24.1.2014 zrušena, hodnoty dovolené proudové zatížitelnosti jsou nyní součástí přílohy B resp. C normy ČSN 33 2000-5-52 ed.2. Obrázek 1 uvádí zjednodušenou tabulku proudové zatížitelnosti vodičů aktuálně platnou.

Referenční způsob uložení v tabulce B.52.1	Počet zatížených vodičů a druh izolace											
	A1	3 PVC	2 PVC		3 XLPE	2 XLPE						
A2	3 PVC	2 PVC		3 XLPE	2 XLPE							
B1				3 PVC	2 PVC		3 XLPE		2 XLPE			
B2			3 PVC	2 PVC		3 XLPE	2 XLPE					
C					3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE		
E						3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE	
F							3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Průřez (mm ²) měď												
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	–
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	–
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	–
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	–
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	–
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	–
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35	–	–	–	110	117	126	137	147	158	169	185	200
50	–	–	–	134	141	153	167	179	192	207	225	242
70	–	–	–	171	179	196	213	229	246	268	289	310
95	–	–	–	207	216	238	258	278	298	328	352	377
120	–	–	–	239	249	276	299	322	346	382	410	437
150	–	–	–	–	265	318	344	371	395	441	473	504
185	–	–	–	–	324	362	392	424	450	506	542	575
240	–	–	–	–	380	424	461	500	538	599	641	679
Hliník												
2,5	13,5	14	15	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	–
4	17,5	18,5	20	22	25	26	28	31	32	35	38	–
6	23	24	26	28	32	33	36	39	42	45	49	–
10	31	32	36	39	44	46	49	54	58	62	67	–
16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	–
25	53	57	63	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	–	–	–	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	–	–	–	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	–	–	–	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	–	–	–	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	–	–	–	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150	–	–	–	–	226	245	261	283	304	324	346	389
185	–	–	–	–	256	280	298	323	347	371	397	447
240	–	–	–	–	300	330	352	382	409	439	470	530

POZNÁMKA - K tomu, aby se rozhodlo o rozsahu průřezů vodičů, pro které je možno výše uvedené dovolené proudy uplatnit pro veškeré způsoby uložení, je třeba vzít v úvahu tabulky v příloze B.

• Obrázek 1 Dovolená proudová zatížitelnost vodičů podle Tabulky C.52.1 ČSN 33 2000-5-52 ed.2

3. Počty světelných obvodů, dovolené úbytky napětí

Pro světelné instalace v bytech se evropské standardy a česká ČSN 33 2130 ed.2 rozcházejí v názoru na sdružení světelné a zásuvkové instalace. Národní norma ČSN 33 2130 ed.2 hovoří o použitelnosti světelného rozvodu převážně pro pevné připojení svítidel (nebo na zásuvky ovládané spínači), na světelný okruh se smí připojit nanejvýš jedna zásuvka na místnost. Tabulka 1 uvádí požadavky na Minimální počet světelných a zásuvkových obvodů.

- Tabulka 1 Minimální počet světelných a zásuvkových obvodů podle ČSN 33 2130 ed.2

Obvod	Minimální počet obvodů v bytech velikostní kategorie ¹⁾ nebo užité plochy				
	I. do 50 m ²	II. až IV. do 75 m ²	V. až VIII. do 100 m ²	do 125 m ²	nad 125 m ²
světelný ¹⁾	1 (0)	1	1(2)	2	2
zásuvkový ²⁾	1	2(1)	3(2)	3(2)	4(3)
pro bytové jádro ³⁾	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)

*) V případě, že užité plocha bytu dané kategorie přesahuje uvedenou plochu, je nutno zřizovat počet obvodů jako pro kategorii o stupeň vyšší.

1) Světelný obvod je určen převážně pro pevné připojení svítidel, popř. pro připojení svítidel na zásuvky ovládané spínači. Na tento obvod lze také připojit zásuvky, a to v jedné místnosti nejvýše jednu zásuvku. V každé obytné místnosti a v kuchyni, která není připojena na obvod pro bytové jádro, musí být alespoň jeden vývod připojen na světelný obvod.

2) Zásuvkový obvod je určen převážně pro připojování spotřebičů do zásuvek. Na tento obvod lze také pevně připojit spotřebiče do celkového maximálního příkonu 2 kW (např. svítidla, ventilátory, infrazářiče apod.)

3) Na obvod pro bytové jádro se připojí osvětlení, zásuvky a pevně připojené spotřebiče v bytovém jádru (alternativně v koupelně a WC) a v kuchyňské sestavě, s výjimkou zásuvky pro pračku, elektrického sporáku, případně dalších spotřebičů, které je nutno připojit na samostatný obvod.

V západní Evropě jsou dle lit [1] obvody světelné a zásuvkové určeny pro připojení svítidel popř. svítidel na zásuvky ovládané spínači a zásuvky. Samostatné světelné a zásuvkové obvody jsou doporučovány jako vyšší standard. Viz Tabulka 2.

- Tabulka 2 Minimální počty silových a sdělovacích obvodů zřizované v západní Evropě dle [1]

Velikost kategorie bytů – plocha bytu - minimum	do 50 m ²	od 51 do 75 m ²	od 75 do 125 m ²	nad 125 m ²
světelný a zásuvkový	3	4	6	7
telefonní zásuvky	2	3	4	5
zásuvky pro společný příjem TV a R signálu	2	3	4	5
Obvody pro tyto pevně připojené spotřebiče	Elektrický sporák, myčka nádobí, automatická pračka, sušička, ohříváč vody, mikrovlnná trouba			

Dovolené úbytky napětí jsou pak definovány v normě ČSN 33 2000 – 5 – 52 ed. 2, příloze G. Podle této přílohy by úbytek napětí mezi počátkem instalace a jakýmkoliv bodem neměl být větší než hodnoty uvedené v tabulce G52.1 vyjádřené s ohledem na hodnoty jmenovitého napětí v instalaci.

- Tabulka 3 Dovolené úbytky napětí podle ČSN 33 2000 – 5 – 52 ed.2

Typ instalace	Osvětlení (%)	Ostatní užití (%)
A – instalace nízkého napětí napájené přímo z veřejné distribuční sítě	3	5
B – instalace nízkého napětí napájená z vlastního zdroje nízkého napětí ^a	6	8

^a Doporučuje se, aby úbytek napětí v koncových obvodech nepřekročil, pokud možno, hodnoty udávané pro instalace typu A. Jestliže hlavní vedení instalací jsou delší než 100 m, mohou být tyto úbytky zvýšeny o 0,005% m na každý metr vedení nad 100 m, přičemž by tento doplňující úbytek neměl být větší než 0,5%. Úbytek napětí se určuje z požadovaného odběru elektrických spotřebičů, přičemž se, tam, kde to přichází v úvahu, uplatňuje činitel soudobosti, nebo se určuje z návrhových proudů obvodů.

Norma ČSN 33 2130 ed. 2, jež se aplikuje v ČR v budovách bytové a občanské výstavby definuje dovolený úbytek napětí následovně:

1. úbytek napětí mezi přípojkovou skříní a rozváděčem nemá přesáhnout 2 % pro světelné a smíšené rozvody resp. 3 % pro jiný než světelný odběr;
2. úbytek napětí od rozváděče (bytové rozvodnice) za elektroměrem pro světelný obvod jako 2 %, pro vývody pro vařidla a topidla 3 %, resp. 5% pro ostatní vývody,

přičemž lze připustit úbytek vyšší, avšak tento úbytek nesmí překročit mezi přípojkovou skříní a spotřebičem světelného vývodu 4%. Pro jiné obvody (např. zásuvkové) vyplývá, že úbytek může dosáhnout celkové hodnoty až 8% (pro vývody pro vařidla a topidla 6%).

Důvodem pro přísnější požadavky kladené na úbytky napětí ve světelném okruhu od např. okruhů zásuvkových je fakt, že při kolísání napětí výrazně klesá intenzita osvětlení zejména u žárovek, kdy tento jev pokud se často opakuje, je zvláště nepříjemný. V lit.[2] se uvádí, že při poklesu napětí o 7 % dojde ke snížení světelného výkonu žárovky o plných 20 %. Pro ilustraci autor uvádí, že při rozběhu vysavače s příkonem 1000 W je pro 5-ti násobek rozběhového proudu záběrový proud v zásuvkovém obvodu cca 22 A, což při projektovaném úbytku 5 % pro 16 A jištění je právě zmíněných 7%. Tyto relativně tvrdší požadavky na úbytky napětí v obvodu vedou k tomu, že impedance vypínací smyčky pro samočinné odpojení od zdroje, jak předepisuje ČSN 33 2000 – 4 – 41 ed.2 v koncových obvodech obecně vyhovují.

4. Požadavky na osvětlení společných komunikací

Osvětlení společných komunikací (schodišť, chodeb, nástupišť výtahů) se provádí těmito způsoby:

- a) s jedním obvodem – svítidla jsou zapojena na jeden obvod;
- b) se dvěma obvody – svítidla jsou zapojena na dva obvody jedné fáze tak, aby při poruše jednoho obvodu bylo možno zabezpečit orientační osvětlení osvětlení o minimální intenzitě 2 lx z druhého obvodu;
- c) se dvěma a více obvody – svítidla jsou zapojena na obvody napájené ze dvou popř. ze tří fází tak, aby při poruše jednoho obvodu bylo možno zabezpečit orientační osvětlení osvětlení o minimální intenzitě 2 lx z ostatních obvodů;
- d) nouzovým osvětlením, které doplňuje jeden ze způsobů uvedených v odstavcích a), b), c).

• Tabulka 4 Způsob osvětlení společných komunikací podle výšky budovy podle ČSN 33 2130 ed. 2

Výška budovy ¹⁾		Budovy pro bydlení	Budovy občanské výstavby a obdobného charakteru
počet nadzemních podlaží	výška v metrech	Způsob osvětlení podle výše uvedeného způsobu	
do 4	do 9	a)	a)
od 5 do 8	nad 9 do 22,5	b) ⁵⁾ nebo c) ²⁾	b) nebo c) ²⁾
od 9 do 16	nad 22,5 do 45	c) ³⁾	d) ⁴⁾
nad 16	nad 45	d) ⁴⁾	d) ⁴⁾

Vysvětlivky:

- 1) U budov pro bydlení a ubytování s konstrukční výškou vstupního podlaží do 4 m, obytných podlaží budov pro bydlení do 3 m a obytných podlaží budov pro ubytování do 3,3 m se stanoví podle počtu nadzemních podlaží, při větších konstrukčních výškách a pro ostatní budovy občanské výstavby v metrech.
- 2) Budovy pro bydlení nebo ubytování realizované před platností této změny mohou mít schodiště a chodby osvětlené podle odst.a)
- 3) Osvětlení nouzových únikových cest typu B a C musí být připojeno podle článku 5.1.6, tedy samostatným vedením z přípojkové skříně nebo hlavního rozváděče, viz čl. 5.1.6 ČSN 33 2130 ed. 2
- 4) Nouzové osvětlení se zřizuje alespoň na chráněných únikových cestách (viz ČSN 73 0802)
- 5) Je-li užito svítidel s nezáměnnými výbojkovými světelnými zdroji, lze zřizovat osvětlení dle způsobu a)

• Tabulka 5 Způsob osvětlení společných komunikací podle druhu budovy v souladu s ČSN 33 2130 ed. 2

Druh budovy ¹⁾	Způsob osvětlení podle výše uvedených způsobů
Mateřské školy a jesle (noční provoz)	b)
Sanatoria, ústavy, lázeňské budovy, budovy pro sociální péči (domovy důchodců) apod.	b)
Nemocnice a ostatní budovy zdravotnických zařízení (viz ČSN 73 0835)	d)
Budovy se shromažďovacími prostory podle ČSN 73 0831	d) ²⁾
Ve všech druzích budov s výjimkou budov pro bydlení do 16 nadzemních podlaží; chráněné únikové cesty typu B a C	d)
Vysvětlivky:	
1)	Osvětlení schodišť a chodeb budov neuvedených v tabulce musí odpovídat požadavkům ČSN 73 0802 a navazujících norem, pokud pro ně neplatí jiné předpisy.
2)	Pro osvětlení v divadlech, kinech a kulturních domech platí též ČSN 33 2410 ed.2 a ČSN 33 2420 ed.2

Nouzové osvětlení se napájí ze zdroje nezávislého na síti (baterie nebo agregát) a zapíná se automaticky a to:

- u způsobu vedeného ad a) při přerušení napájení obvodu pro osvětlení společných komunikací;
- u způsobů uvedených ad b), a c) při přerušení napájení rozváděče, na němž jsou jištěny obvody pro osvětlení společných komunikací.

Na společných komunikacích objektů, kde se zřizuje nouzové osvětlení podle odst. d) postačí z hlediska bezpečnosti osvětlení provedené způsobem podle odst. a). Způsoby osvětlení v závislosti na výšce budovy uvádí Tabulka 4, podle druhu budovy pak Tabulka 5, přičemž se volí přísnější požadavek.

Pro zajištění hospodárneho a bezpečného provozu je nutno zajistit nastavení časových intervalů osvětlení na časových spínačích. Tyto hodnoty se sčítají pro maximální uvažovanou délku. Základní hodnoty pro výpočet osvětlení jsou:

Chodby:

- a) průměrná rychlost pohybu osob po vodorovné komunikaci 1 m/s
- b) doba potřebná k vyhledání klíčů od bytu 30 s
- c) doba potřebná k odemknutí, vstupu do bytu, rozsvícení v předsíni 10s

Schodiště:

- d) průměrný čas potřebný na překonání schodiště mezi dvěma podlažími (konstrukční výška podlaží do 3 m) 35 s.

Základní požadavky na umělé osvětlení společných komunikací objektů bytových domů jsou podrobně rozvedeny v TNI 33 2140:2011.

Schodiště – osvětlení schodiště musí umožňovat bezpečnou chůzi (hlavně ze schodů), má co nejméně oslňovat a světlo má dopadat na stupeň tak, aby se na vodorovných plochách stupňů nevytvořily tmavé stíny vržené vyššími stupni a aby si vystupující osoba nestínila. Proto má být každý úsek schodů osvětlen proti směru sestupu neoslňujícím svítidlem mimo osu schodů. Často jsou vhodnější svítidla nástěnná než stropní nebo závěsná. Důležité je dobře osvětlit první stupeň každého úseku schodiště.

Požadavek připojení svítidel na dva obvody lze bez podstatného zvýšení nákladů splnit použitím svítidel se dvěma světelnými zdroji, z nichž každý je připojen na jiný obvod (toto však musí být ve svítidle označeno).

Pro chodby platí, že pro chodby delší než 6m se instaluje jeden světelný vývod na každých i započatých 6 m délky.

Ve vnitřních prostorech s vnějšími vlivy jinými než BD1 (tj. malá hustota osob, snadný únik) se požadavky na elektrickou instalaci doplňují dle elektrotechnických pravidel elektrotechnického svazu (číslo dokumentu ND ESČ 33.01.03.) a ČSN 73 0802, to platí zejména pro instalace v chráněných únikových cestách a zařízeních sloužících k požárnímu zabezpečení objektu, poslední zmíněné řeší i již jmenované NV 23/2008 Sb.

V chráněných únikových cestách nesmějí být volně vedené elektrické rozvody (kabely), které neslouží pro protipožární zásah. Pro vodiče a kabely zajišťující funkci a ovládání zařízení sloužících k protipožárnímu zabezpečení stavebních objektů platí:

- a) mohou být volně vedeny prostory a požárními úseky bez požárního rizika vč. chráněných únikových cest, pokud vodiče a kabely splňují třídu funkčnosti P15-R a jsou třídy reakce na oheň B2ca 1, d0 nebo
- b) mohou být volně vedeny prostory a požárními úseky s požárním rizikem, pokud kabelové trasy splňují třídu funkčnosti požadovanou požárně bezpečnostním řešením stavby s ohledem na dobu funkčnosti požárně bezpečnostního zařízení a jsou třídy reakce na oheň alespoň B2ca 1, d0 nebo
- c) musí být uloženy či chráněny tak, aby nedošlo k porušení jejich funkčnosti a pokud odpovídají ČSN IEC 60331 mohou být vedeny pod omítkou s krytím nejméně 10 mm, popř. vedeny v samostatných drážkách, uzavřených truhlících či šachtách a kanálech určených pouze pro elektrické vodiče a kabely, nebo mohou být chráněny protipožárními nástřiky třídy reakce na oheň A1 nebo A2, rovněž tloušťky nejméně 10 mm apod; tyto ochrany mají vykazovat požární odolnost EI 30 DP1, pokud se nepožaduje v konkrétních podmínkách jiná odolnost.

Pro úplnost je vhodné uvést, že elektrická vedení se ukládají zásadně skrytá (což ovšem znamená i dodatečně uložení do kanálů a lišt). V nebytových prostorách je možné ukládat vedení i na povrchu (avšak TNI 33 2140 tuto možnost nedoporučuje). Pro ukládání vedení je nutno respektovat instalační zóny.

5. Minimální hodnoty osvětlení, specifické vnější vlivy

Tabulka 6 udává nejnižší přípustné hodnoty udržované osvětlenosti pro veřejné prostory v obytných budovách. Tyto hodnoty platí pro osoby bez zrakového postižení. V případě osob se zrakovým postižením je nutné použít hodnoty z tabulky 5 uvedené v TNI 33 2140:2011.

• Tabulka 6 nejnižší přípustné hodnoty \bar{E}_m , UGR_L a R_a podle ČSN 73 4301:2005, změna Z1

Prostor		Udržovaná osvětlenost \bar{E}_m (lx)	Index oslnění UGRL	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	0,85
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 tomu je u domovních komunikací a dalších společných prostor.

Z hlediska počtu světelných vývodů lze zjednodušeně konstatovat, že pro místnosti do 20m² (a chodeb do 6 m délky) stačí 1 světelný vývod, s výjimkou kuchyní a kuchyňského koutu a koupelen s plochou nad 4 m².

Pro jednoznačné vnější vlivy u objektů či prostorů, které jsou ve smyslu ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, Z1:2010 považovány za normální není nutno vypracovávat protokol o určení vnějších vlivů. Vnější vlivy (nebo jejich části) není nutno určovat v prostorech, pro které jsou tyto vlivy stanoveny technickou normou nebo jiným předpisem (např. ČSN 33 2000-7-701 ed.2 pro koupelny, příp. definice umývacího prostoru vč. úlevy při montáži zařízení určeného pro umývací prostor podle ČSN 33 2130 ed.2).

V budovách občanské a bytové výstavby se mohou vyskytovat vnější vlivy jiné než normální. Toto nemusí být v určitých případech na první pohled zřejmé.

Typickými případy, kdy je nutno vypracovat protokol o určení vnějších vlivů, jsou:

- společné komunikační prostory v bytovém domě, vliv jiný než BD1;
- byty obývané osobami se zdravotním postižením, vliv BA 3 – jedná se o prostor zvláště nebezpečný, podle povahy postižení, to je nutno specifikovat v Protokolu o určení vnějších vlivů;
- velkokapacitní kuchyně pro přípravu jídel (netýká se bytových kuchyní), vliv BE4-kontaminace, vliv AA6-teplota, vliv AD2 okolo mycích stolů;
- školky a jesle – vliv BE2 – děti;
- budovy a místnosti s převážně hořlavými hmotami ve stavebních konstrukcích – vliv BE2.

Poslední zmiňovaný případ je jednoznačně ošetřen normou ČSN 33 2000-4-482 a pro montáž elektrických zařízení v hořlavých látkách pak platí ČSN 33 2312 ed.2 z dubna 2014.

Jedná-li se o prostor pro lékařské účely, tento, i když je ošetřen normou ČSN 33 2000-7-710, resp. ČSN 33 2140 musí mít vypracován Protokol o určení vnějších vlivů vč. zařazení místností do příslušných skupin.

Literatura a odkazy

- [1] Dvořáček, K. Rekonstrukce elektrických rozvodů v panelových domech, knižnice elektro, svazek 76, ISBN 80-86230-41-4
- [2] Kříž, M. Montáž, připojování, kontroly a revize elektrických spotřebičů, knižnice elektro, svazek 77, ISBN 80-86230-42-2
- [3] ČSN 33 2130 ed.2 : Elektrotechnické předpisy – vnitřní elektrické rozvody
- [4] ČSN 33 2000 – 5 – 52 ed. 2 : Elektrotechnické předpisy – část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, kapitola 52: Výběr a stavba vedení
- [5] ESČ 33.01.03 – Elektrotechnická pravidla ESČ – Elektrické instalace v objektech se shromažďovacími prostory pro služby a ve výškových budovách
- [6] TNI 33 2130:2011: Elektrické instalace nízkého napětí – Elektrické rozvody v objektech s byty určenými pro osoby se zdravotním postižením a elektroinstalace v kuchyních – Komentář k ČSN 33 2130 ed. 2
- [7] ČSN 73 4301: Obytné budovy
- [8] ČSN 33 2000-5-51 ed.3: Elektrické instalace nízkého napětí – část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení-všeobecné předpisy
- [9] TNI 33 2000-5-51:2011 – Elektrické instalace nízkého napětí – Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy – Vnější vlivy, jejich určování a protokol o určení vnějších vlivů – komentář k ČSN 33 2000-5-51 ed.3
- [10] ČSN 73 0802:2009 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty.

Historie LED

Tomáš Pavelka, Jan Škoda, Petr Baxant

Vysoké učení technické v Brně, www.feec.vutbr.cz, pavelkat@feec.vutbr.cz

Abstrakt

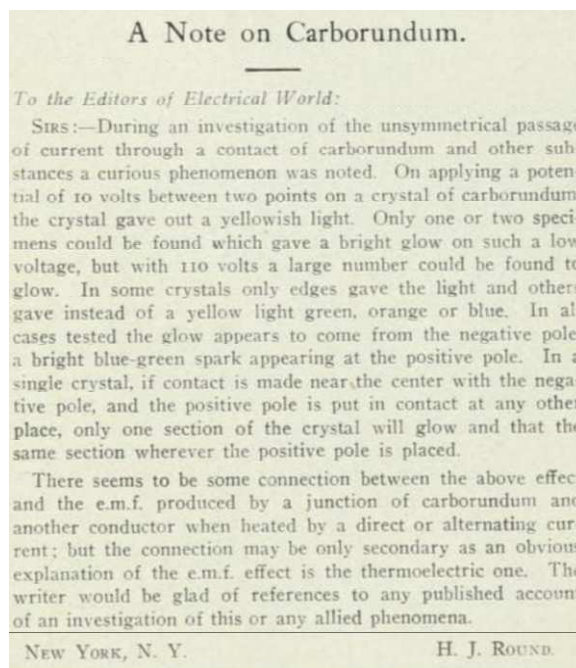
Příspěvek ve zkratce představuje historii svítivých diod, včetně pionýrských dob poznávání polovodičových přechodů a možností jejich luminiscence. Jsou zde uvedeny některé důležité události a osobnosti, které svým výzkumem přispěly k tomu, že se dnes o LED nezdědka mluví jako o „světelném zdroji budoucnosti“.

Klíčová slova:

LED, historie, PN přechod, přímý zakázaný pás, nepřímý zakázaný pás

Počátky pozorování luminiscence u polovodičů

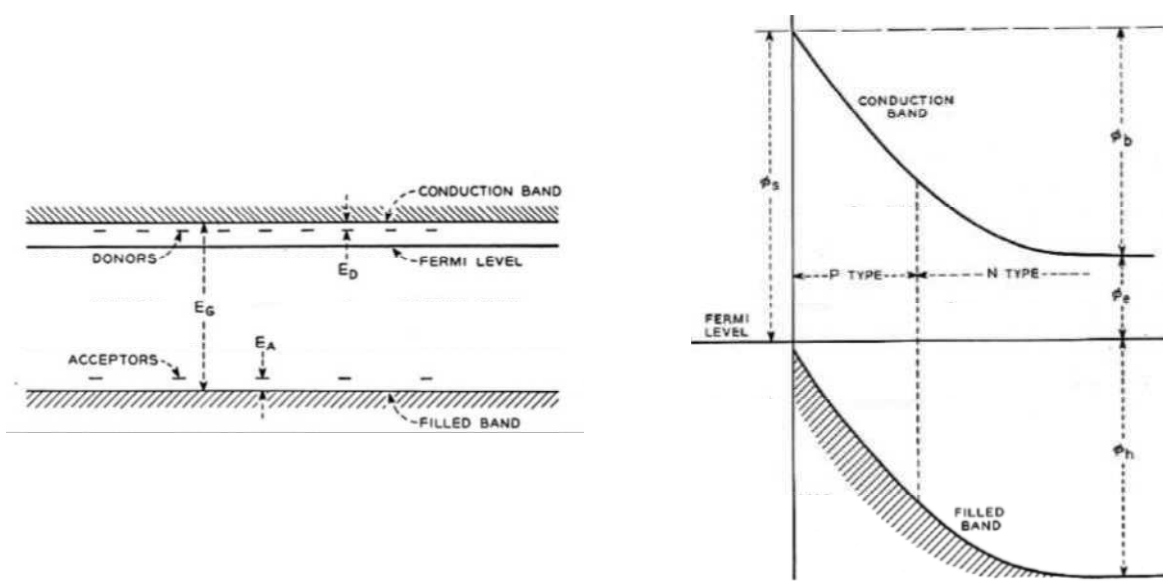
První případy elektroluminiscence byly zaznamenány v roce 1907 britským vědcem Henrym Josephem Roundem. Ten při výzkumu hrotové diody, vyrobené z materiálu na bázi polykrystalického karbidu křemíku s příměsí, pozoroval vznik světla různých barev poblíž místa připojení kovového vodiče k elektrodě. Tento jev publikoval v roce 1907 v periodiku „Electrical World“ [2]. Během následujících let byl tento jev pozorován i u jiných materiálů, jako jsou Germanium, Křemík, Oxid měďnatý aj. V meziválečném období popsal podrobněji luminiscenci pozorovanou u usměřovačů na bázi karbidu křemíku Oleg Vladimirovič Losev, kdy pozoroval světelné vyzařování u různých diod, u některých v závěrném a u některých v propustném i závěrném směru. Aby dokázal, že světlo nevzniká na principu teplotním, aplikoval tekutý benzen na světélkující povrch. Vzhledem k velmi malé rychlosti vypařování benzenu správně usoudil, že vznik světla není založen na principu teplotním, nýbrž na principu luminiscenčním. Losev uváděl, že světlo vytvořené na přechodu diody bylo velmi podobné světlu výbojky, a že jeho zapnutí a vypnutí je velmi rychlé, díky čemuž je možné tento princip využít pro součástku, kterou nazval „Světelným relé“. Je zde na místě podotknout, že tato pozorování luminiscence u hrotových diod nejsou přímým předchůdcem LED, jak je známe dnes, protože nebyla nikdy důkladně porozuměna a fyzikálně popsána a jejich popis byl spíše slepou uličkou, která se dále nerozvíjela [1][3].



Obr. 1: Dopis H. J. Rounda o pozorování luminiscence u hrotové diody [2]

Poznávání vlastností PN přechodu

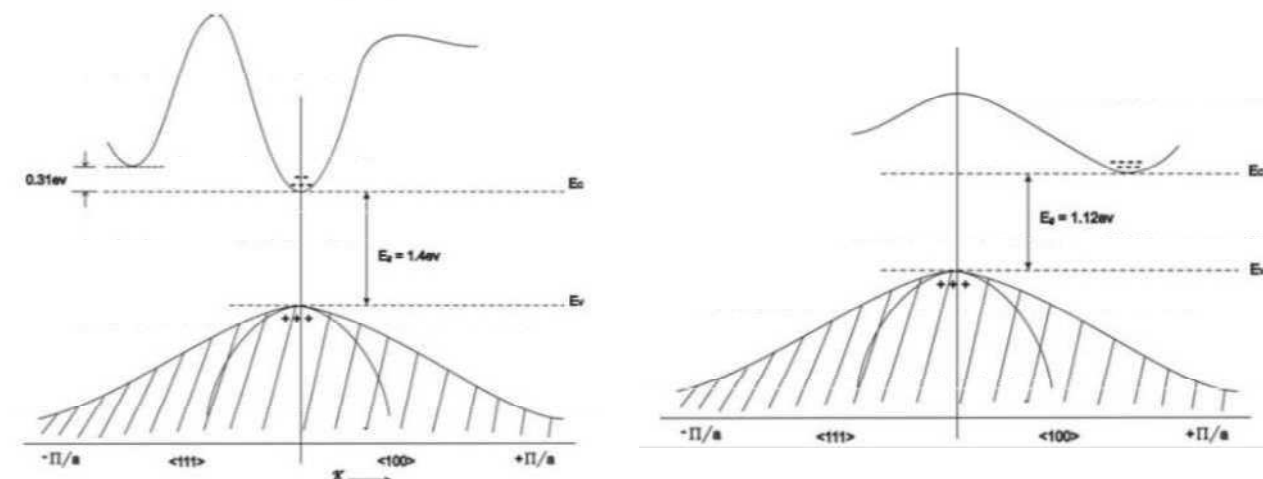
Zatímco polovodičový PN přechod u krystalického křemíku byl poprvé popsán Russelem Ohlem z Bell Labs již v roce 1940 [4], k podrobnému pochopení fyzikální podstaty PN přechodu přispěl až vynález tranzistoru v Bell Labs, kdy John Bardeen spolu s Walterem Brattainem popsali vlastnosti minoritních nosičů náboje v polovodičích [5]. Krátce poté (v roce 1948) publikoval analýzu vlastností PN přechodu William Shockley z Bell Labs [6]. Tomu byl následně svěřen veškerý výzkum v oblasti tranzistoru a PN přechodů. To vedlo k odchodu Johna Bardeena z Bell Labs na University of Illinois. Tam se jeho prvním doktorandem stal Nick Holonyak, který později v roce 1962 vynalezl první (červenou) LED. V roce 1951 popsal Kurt Lehovec a jeho spolupracovníci z U.S. Army Signal Corps Engineering Laboratories ve Fort Monmouth, NJ, že elektroluminiscence polovodiče kov-karbid křemíku je způsobena rekombinací mezi vrstvami, čímž navázali na práci Olega Loseva [7], [8]. Elektroluminiscence germaniového PN přechodu byla poté popsána v roce 1952 v Bell Labs. Zasloužili se o to J. R. Haynes a H. B. Briggs, kteří také popsali podobný jev u křemíkového PN přechodu, u kterého docházelo k emisi infračerveného záření [9]. Použití prvků skupiny IIIa a Va periodické tabulky jako polovodičů se věnoval Heinrich Welker, pracující v Siemens-Schuckertwerke, Erlangen. Ten identifikoval prvky těchto skupin jako polovodiče a své poznatky prezentoval v roce 1952 [10], [11]. Ve stejné době přinesla obdobné poznatky také Nina Alexandrovna Goryunova v Sovětském loffeho institutu v Leningradu ve své disertační práci [12], kde byly uvedeny jako polovodiče právě prvky ze skupin III a V, GaTe, GaSe, aj.



Obr. 2: a) Pásová struktura Germania, b) znázornění zakázaného pásu Germania s inverzí typu vodivosti [5]

Přímý a nepřímý zakázaný pás polovodičů a LASER

Další pokrok v oblasti elektroluminiscenčních vlastností PN přechodu nastal při zkoumání rozdílu mezi přímým a nepřímým zakázaným pásmem u polovodičů. Tyto pokroky však také zatím nebyly příliš spojovány s LED dnešního pojetí, protože většina dostupných polovodičů s přímým zakázaným pásmem, jako byly GaAs a InAs, měla šířku zakázaného pásu, jež odpovídala vyzařování energie v infračervené (IR) oblasti. Naproti tomu například čistý GaP, jehož šířka zakázaného pásu odpovídala vyzařování v oblasti viditelného spektra, měl nepřímý zakázaný pás, což jej, stejně jako Si či Ge, vyřadilo z množiny energeticky účinných zdrojů světla. Další pokrok v oblasti využití polovodičů pro emisi světla nastal s představením prvního LASERu (Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation) v roce 1960. Ten vyzařoval světlo v oblasti červené barvy ($\lambda = 694,3 \text{ nm}$) [13]. Mnoho výzkumných záměrů se tedy obrátilo k použití polovodičů jako emitru světla (eventuálně IR záření) pro použití v LASERu, hlavně po uveřejnění informací týkajících se možnosti použití GaAs s přímým zakázaným pásmem pro výrobu laserové diody s vyzařováním v IR oblasti [14]. Krátce poté, přesněji v říjnu roku 1962 představil Nick Holonyak Jr. a jeho spolupracovníci polovodičový laser pracující ve viditelné oblasti spektra [15]. Tento laser byl technologicky založen na GaAsP PN přechodu a pracoval na vlnové délce $\lambda \approx 710 \text{ nm}$ (červená oblast spektra) [16].

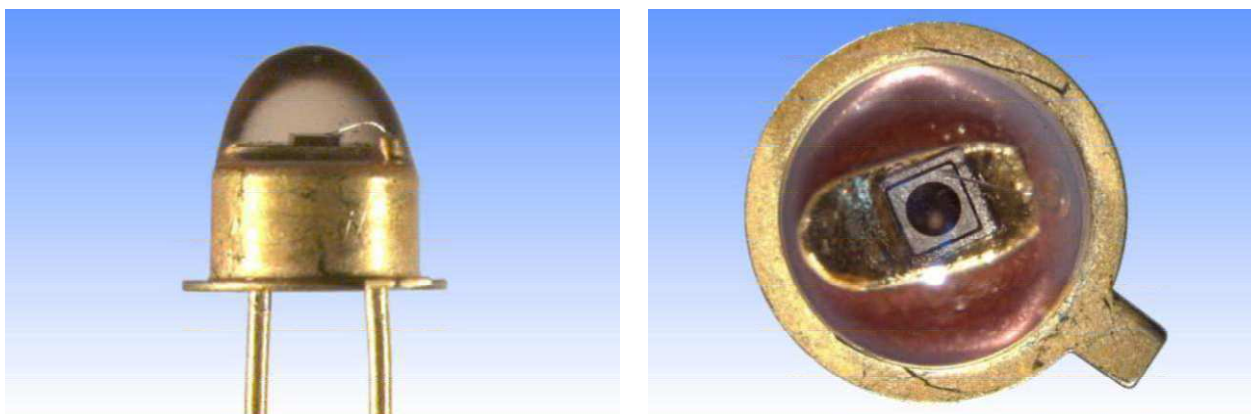


Obr. 3: a) Přímý zakázaný pás GaAs, b) nepřímý zakázaný pás Si [22]

První komerční využití LED

Představením laseru se potvrdilo, že je možné pomocí stimulované emise získat viditelné světlo z PN přechodu některých diod. Zatímco praktické využití laseru bylo v roce 1962 teprve v počátcích a nemělo přílišné využití, tak možnosti využití LED jako zdroje světla byly poměrně rozsáhlé – náhrada signalizačních kontrolky v začínající výpočetní technice, ve spínacích systémech apod. První komerčně používané LED, založené na bázi GaAsP, resp. GaP dotované příměsími N nebo ZnO byly červené, oranžové a žluté barvy a dosahovaly měrného výkonu až 2 lm/W [1].

Dalším krokem ve vývoji LED bylo použití polovodičů na bázi AlGaAs. Jejich výhodou byla větší šířka zakázaného pásu a také to, že jejich mřížka má podobné uspořádání jako GaAs, což umožnilo zvýšení měrného výkonu LED – při konstrukci takové LED je možné částečně odstranit vrstvu GaAs, která by pohlcovala emitované světlo. Vznikly tedy LED, které poskytovaly dostatek světla pro použití v automobilovém průmyslu a byly použity pro brzdová světla, či zadní lampy některých vozů vyšších tříd [17].



Obr. 4: Jedna z prvních komerčně nabízených GaAsP LED Monsanto MV1 [23]

Kvarténní polovodiče a rozvoj LED

Byl to opět Nick Holonyak a jeho tým z University of Illinois, kteří v roce 1970 představili první kvarténní polovodiče, konkrétně přechod polovodičů GaAlAsP-GaAsP. Ukázalo se, že tyto polovodiče umožňují vytvořit lépe odpovídající kombinace krystalických mřížek a že nabízejí variabilnější využití zakázaného pásu, což výrazně zvyšuje počet možných aplikací. Kvarténní polovodiče jsou dnes využívány pro všechny komerčně nabízené vysoce svítivé LED vyzařující v červené a žluté oblasti spektra (InAlGaP) a také pro některá pokročilá konstrukční řešení vysoce svítivých LED vyzařujících v UV, modré či zelené části spektra (InAlGaN). Široké uplatnění nacházejí také při konstrukci laserů a vysoce účinných IR LED [1]. Další rozvoj kvarténních polovodičů již proběhl spíše na poli zlepšení technologie při výrobě LED, jako použití transparentních materiálových vrstev, díky kterým se lépe

vyzařuje emitované záření, nebo odstranění substrátu LED chipu, na kterém docházelo ke zvýšené absorpci emitovaného záření. Díky těmto vylepšením došlo k prudkému rozvoji LED, zvýšení jejich účinnosti (červená LED až 50 lm/W) a zlepšení spektrální čistoty, což umožnilo významné rozšíření LED v signalizační technice, např. v automobilovém průmyslu a naznačila možnosti vývoje LED, jako „světelného zdroje budoucnosti“ [18, 19].



Obr. 5: Henry J. Round – první pozorování luminiscence u polovodičů, Oleg V. Losev – popis luminiscence jako neteplotního sv. zdroje u PN přechodu, Nick Holonyak Jr. – vynálezce první červené LED, Shuji Nakamura – vynálezce modré LED [24]

Vznik modré a bílé LED

Na konci 80. let 20. století byly také učiněny významné kroky na poli technologie výroby PN přechodů na bázi GaN, spočívající v nanášení GaN vrstvy na safírový podklad a stimulované emisi světla z takového přechodu [20]. Krátce potom v roce 1991 představil Shuji Nakamura z Nichia Corporation v Tokoshime v Japonsku GaN modrou LED, pracující na principu teplotně aktivovaných Mg příměsí a nízkoteplotní GaN krycí vrstvou [21]. V dalších letech se několik společností po celém světě (Nichia – Japonsko, Cree Research Inc. – NC, USA, Osram – Německo, Hewlett-Packard Optoelectronics – CA, USA, Toyoda Gose – Japonsko) věnovalo vývoji modrých a zelených LED. S následným použitím luminoforu spolu s modrou LED bylo možné vyrobit teplou i studenou bílou LED. Vývoj bílých LED založených na technologii InAlGaIn samozřejmě pokračuje a je pravděpodobně nejrychleji se rozvíjícím světelným zdrojem současnosti (a pravděpodobně i blízké budoucnosti).

Poděkování

Tento příspěvek byl připraven v Centru pro výzkum a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE). Příspěvek obsahuje výsledky výzkumné činnosti podporované z projektu specifického výzkumného programu Vysokého učení technického v Brně č. FEKT-S-14-2520.

Literatura a odkazy

- [1] Dupuis, R. D., Krames, M. R., History, Development, and Applications of High-Brightness Visible Light-Emitting Diodes, *Journal of Lightwave Technology*, vol. 26, no. 9, 2008, str. 1154 - 1171
- [2] Round, H. J., *Electrical World*, ročník 49, č. 309, 1907
- [3] Shubert, E. F., *Light-Emitting Diodes*, Cambridge University Press, 2003, ISBN 0-521-82330-7
- [4] Riordan, M., Hoddson, L., The origins of the pn junction, *Spectrum, IEEE*, vol. 34, no. 6, pp. 46-51, doi: 10.1109/6.591664
- [5] Bardeen, J., Brattain, W., Physical principles involved in transistor action, *Physical Review*, vol. 75, no. 8, pp. 1208–1225, 1949
- [6] Shockley, W., Theory of p–n junctions, *Bell System Technical Journal*, vol. 29, pp. 435–489, 1949
- [7] Lehovc, K., Accardo, C. A., Jamgochian, E., Injected light emission of silicon carbide crystals, *Physical Review*, vol. 83, no. 3, pp. 603–607, 1951
- [8] Lehovc, K., New photoelectric devices using carrier injection, *Proceedings of the IRE*, vol. 43, no. 11, p. 1407–1409, 1952
- [9] Haynes, J. R., Briggs, H. B., Radiation produced in germanium and silicon by electron-hole recombination, *Physical Review*, vol. 86, no. 4, p. 647, 1952

- [10] Welker, H., On new semiconducting compounds, *Zeitschrift für Naturforschung A (Astrophysik, Physik und physikalische Chemie)*, vol. 7a, pp. 744–749, 1952
- [11] Welker, H., On new semiconducting compounds. II, *Zeitschrift für Naturforschung A (Astrophysik, Physik und physikalische Chemie)*, vol. 8a, pp. 248–251, 1953
- [12] Goryunova, N., A., *The Chemistry of Diamond-Like Semiconductors*, Ph.D. dissertation thesis, Leningrad, Russia, 1963
- [13] Maiman, T., H., Stimulated optical radiation in ruby, *Nature*, vol. 187, no. 4736, pp. 493–494, 1960
- [14] Holonyak, N., The semiconductor laser: a thirty-five-year perspective, *Proceedings of the IEEE*, vol. 85, no. 11, pp. 1678, 1693, 1997, doi: 10.1109/5.649645
- [15] Holonyak, N.; Bevacqua, S. F., Coherent (Visible) Light Emission from Ga(As_{1-x}P_x) Junctions, *Applied Physics Letters*, vol. 1, no. 4, pp. 82, 83, 1962, doi: 10.1063/1.1753706
- [16] Holonyak, N., From the transistor to III-V alloy semiconductors: The laser and light emitting diode, *IEEE J. Sel. Topics Quant. Electron.*, vol. 6, no. 6, pp. 1190–1200, 2000
- [17] Rupperecht, H., Woodall, J. M., Petit, G. D., Efficient visible electroluminescence at 300 K from GaAlAs p–n junctions grown by liquidphase epitaxy, *Applied Physics Letters*, vol. 11, no. 3, pp. 81–83, 1967
- [18] Kuo, C. P., Fletcher, R. M., Osentowski, T. D., Lardizabal, M. C., Craford, M. G., Robbins, V. M., High performance AlGaInP visible light-emitting diodes, *Applied Physics Letters.*, vol. 57, no. 27, pp. 2937–2939, 1990
- [19] Holonyak, N. Jr., Is the light emitting diode (LED) an ultimate lamp?, *American Journal of Physics*, vol. 68, pp. 864–866, 2000
- [20] Amano, H., Asahi, T., Akasaki, I., Stimulated emission near ultraviolet at room temperature from a GaN film grown on sapphire by MOVPE using an AlN buffer layer, *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 29, no. 2, pt. 2, pp. L205–206, 1990
- [21] Nakamura, S., Mukai, T., Senoh, M., High-power GaN P - N junction blue-light-emitting diodes, *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 30, no. 12A, pt. 2, pp. L1998–20011, 1991
- [22] Vajpeyi, A., P., *Analog & Digital Electronics – Tutorial – 1*, Indian Institute of Technology Guwahati, India, [online], zdroj: <http://www.iitg.ac.in/apvajpeyi/ph218/Tut-1.pdf>, cit. 28. 8. 2014
- [23] Lamptech, Monsanto MV1 – The First Successful Red LED, [online], zdroj: <http://www.lamptech.co.uk/Spec%20Sheets/LED%20Monsanto%20MV1.htm>, cit. 28. 8. 2014
- [24] Luminext, LED, funcionamiento y su historia, [online], zdroj: <http://www.luminext.com.mx/informacion-tecnica/caracteristicas-tecnicas/conceptos-generales/>, cit. 29. 8. 2014

Praktické využití PIR HS senzorů k řízení a regulaci osvětlovacích soustav, s ohledem na zajištění požadované hladiny osvětlenosti

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 možnostem, jak efektivně a zároveň i efektně regulovat naprojektované, či případně již nainstalované osvětlovací soustavy. Hlavním cílem toho snažení, je dosáhnout ještě větších energetických úspor a zároveň i záměr ze strany světelných techniků, na maximálním podílu využití složek denního osvětlení k osvětlování pracovních a komunikačních prostor.

Při projekčních pracích u nových objektů, je nutno vycházet z požadavku ČSN 73 0580 na minimální činitel denního osvětlení 1,5 (vyjádřeno v procentech horizontální difúzní složky denního osvětlení venku na nezastíněné ploše) na pracovištích s trvalým pobytem osob, kdy pak tyto hodnoty odpovídají intenzitě přirozeného osvětlení 75lx – 600lx na nejhůře osvětlených pracovních místech, což vyhovuje ještě odpovídajícím hygienickým předpisům. Ovšem v prostorách blízko oken, nebo pod světlíky, jsou to hodnoty osvětlenosti až 5-ti násobně vyšší. A právě tyto vysoké hodnoty osvětlenosti představují vhodný prostor pro efektivní a ekonomicky akceptovatelnou regulaci umělého osvětlení.

Dalším aspektem, který nutí projektanta, či tvůrce osvětlovací soustavy k zamyšlení nad možností regulace hodnot hladiny osvětlenosti je fakt, že 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 43% navýšení požadované hodnoty udržované osvětlenosti). Tímto krokem, jsme při použití svítidel s elektromagnetickým předřadníkem, 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 svítidel elektronickými předřadníky, případně drivery 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.

V dnešní době, je na trhu již poměrně dost sofistikovaných systémů, které nám umožňují poměrně efektivně řídit osvětlovací soustavy a jenž uživatelům nabízejí komfortní ovládání hladiny udržované osvětlenosti v předem zvolených světelných scénách, či provozních režimech. Z těch nejznámějších to jsou zejména systémy v rozhraní DALI a v analogovém režimu 1 – 10V, případně řídicí systémy DMX, KNX, CRESTON a CUE.

Ovšem tyto inteligentní systémy řízení mají, vedle svých nesporných kvalit a parametrů, také některá negativa, která brání jejich výraznějšímu rozšíření v aplikacích pro zajištění požadované hladiny osvětlenosti. V první řadě je to složitost těchto řídicích systémů, která od jejich návrhů a využití v projektech odrazuje zejména projektanty a světelné techniky a druhým aspektem, je vysoká pořizovací cena těchto systémů, která zase ovlivňuje v jejich větším rozšíření potencionální uživatele. Nezanedbatelnou roli v rozhodování o otázce, zdali osvětlovací soustavu řídit a tím regulovat hodnoty hladiny osvětlenosti a příkon do osvětlovací soustavy hraje fakt, že uživatel, případně investor, se většinou spokojí pouze s jednou z možností, kterou tyto systémy nabízejí a to udržením požadované hladiny osvětlenosti a nežadají už žádné další výhody, které uživateli tyto systémy nabízí (např. vytváření

světelných scén, možnost ovládání systému řízení přes PC, detekce závad a informace parametrech světelných bodů, začlenění do inteligentních systémů řízení budov apod.)

Jako vhodná alternativa k inteligentním systémům řízení osvětlovacích soustav, se jeví využití PIR HS senzorů, s nimiž lze dosáhnout stejných výsledků při regulování hodnot hladiny osvětlenosti, ovšem v jejich prospěch hovoří hlavně jednoduchost jejich obsluhy a především nízké pořizovací náklady na instalaci těchto PIR HS senzorů.

Základním předpokladem pro využití těchto senzorů v praxi je skutečnost, že uživatel osvětlovací soustavy, nepožaduje kromě detekce přítomnosti osob a zajištění konstantní hladiny osvětlenosti po řídicím systému, žádnou jinou doplňkovou funkci, jako je např. vytváření světelných scén, možnost ovládání systému řízení přes PC apod. Tímto se pak celý systém řízení osvětlovací soustavy velice zjednodušuje a především se snižují pořizovací náklady na příslušnou elektroinstalaci v objektu.

Co to vlastně PIR HS senzory jsou

stropní senzory PIR HS (pasivní infrared) jsou pohybové čidla s vysokou senzitivitou, která umožňují automatické ovládání svítidel, včetně ručního ovládání (za pomoci handsetu). PIR HS senzor je vysoce citlivý pohybový senzor vhodný pro velké výšky (všude tam kde se využívají svítidla „High-Bay“), jako např. ve výrobních prostorách, výrobních a skladových halách, sportovištích, apod.

Senzor je vybaven dvěma „kanály“:

Kanál 1 - hlavní relé - zapínání / vypínání

Kanál 2 - sběrnice DALI / DSI - ovládání (regulace) svítidel

Funkcionalita detekce přítomnosti osob se zapne svítidla v případě, že v místnosti jsou lidé (pohyb) a vypne se, když je místnost prázdná (bez pohybu).

Funkcionalita snímání osvětlenosti se zapne/vypne svítidla, jestliže v místnosti stoupne/klesne úroveň osvětlení pod /nad nastavenou hodnotu, nebo když bude udržována nastavená úroveň osvětlenosti.

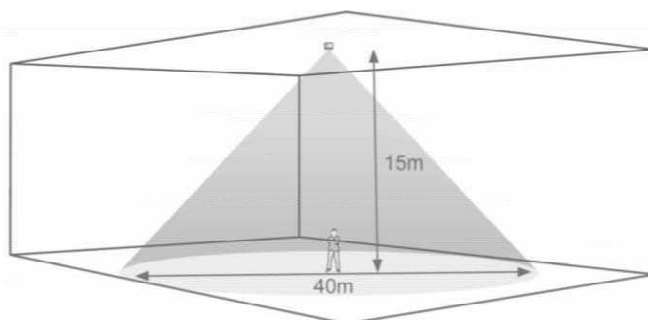
Přizpůsobení (flexibilita) kanálů a přepínačů umožňuje následující scénáře (příklady):

- Možnost ztlumení venkovních svítidel, zatímco vnitřní svítidla jsou zapnuta na 100%
- Poskytuje detekci absence osob pro dva samostatné kanály
- Možnost ručního ovládání (regulace) svítidel, při osazení regulovatelnými předřadníky DALI / DSI

Umístění senzoru je libovolné, vyjma těchto případů:

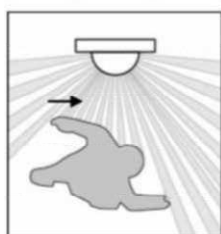
- Přímý dosah denního světla (denní světlo nesmí přímo dopadat na samotnou činnou část snímače osvětlenosti)
- Nestabilní či vibrující podklad, či závěsy
- Současně nesmí být senzor umístěn méně než 1 m od svítidla, topení, klimatizace, apod.

Znázornění senzitivity senzoru za různých podmínek



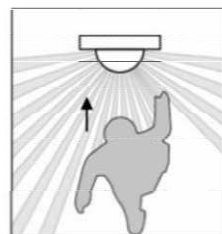
Senzitivita senzoru (výška 20m)

Senzitivita při průchodu „kolem“ senzoru (výška čidla / rozsah detekce)



Height	Range Diameter
15m	40m
10m	26m
6m	16m
3m	9m

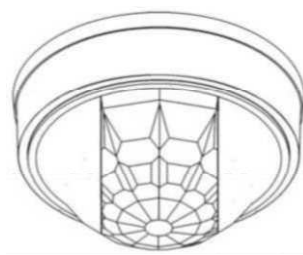
Senzitivita při průchodu „přes“ senzor (výška čidla / rozsah detekce)



Height	Range Diameter
15m	30m
10m	20m
6m	12m
3m	8m

Stropní senzory PIR HS lze využít i pro detekci přítomnosti osob a snímání osvětlenosti v regálových uličkách. Součástí senzoru je „maska“, s pomocí jejích lamel je možné nadále upravit směrovou senzitivitu senzoru. Lamely je možné „vyřadit“ a tím změnit detekční charakteristiku senzoru.

Příklad masky a jejího tvaru pro detekci v uličkách.



Detekce pohybu pro oba výstupní kanály (kanál 1 i kanál 2) může být nastavena jak v režimu Presence, tak i v režimu Absence.

- Režim „Presence“

Pokud je zachycen pohyb dojde k zapnutí svítidel. Pokud není nějakou dobu pohyb detekován, pak dojde k vypnutí svítidel, a to po uplynutí definované časové prodlevy tzv. zpožděné vypnutí.

- Režim „Absence“

Svítidla je nutné zapnout manuálně. Pokud není detekován pohyb, pak dojde k vypnutí svítidel, a to po uplynutí definované časové prodlevy – tzv. zpožděné vypnutí.

Senzitivita PIR senzoru může být kdykoliv změněna nastavením hodnot parametru senzitivity.

- Detekce hladiny osvětlenosti a režim „On / Off“

Detekce pohybu může být závislá na úrovni osvětlenosti, a to prostřednictvím funkcí Lux On Level - Zapnutí dle osvětlenosti, Lux Off Level - Vypnutí dle osvětlenosti. V případě, že je úroveň osvětlenosti dostatečná, nedojde k zapnutí svítidel, i když je detekován pohyb.

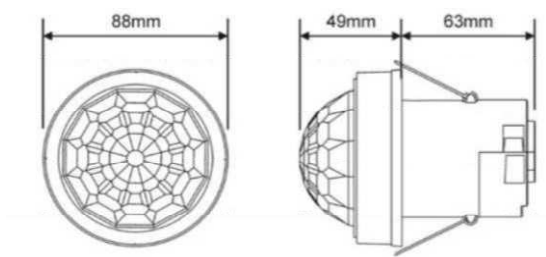
- Udržovaná / zvolená intenzita osvětlení

Senzor měří celkovou úroveň osvětlenosti v oblasti detekce a dle naměřených hodnot pak ovládá svítidla tak aby bylo dosaženo zvolené udržované osvětlenosti – intenzity osvětlení (svítidla musí být osazena regulovatelnými předřadníky DALI / DSI).

- Burn-in – tzv. „zahoření světelného zdroje“.

Většina výrobců světelných zdrojů doporučuje, po jistou dobu (cca. 100 hod.), provozovat světelný zdroj při 100% příkonu, tak aby byla zajištěna deklarovaná životnost světelného zdroje. Senzor PIR HS je vybaven funkcionalitou BURN-IN (v případě DALI/DSI), která umožní regulaci světelného zdroje (příkonu) až po uplynutí definované doby. Přístroj počítá tento čas, jenž není ovlivněn/zkreslen případným výpadkem elektrické energie/napájení. V případě, že je světelný zdroj vyměněn za nový, je potřeba znovu naprogramovat požadovaný „burn-in“ čas.

Technické parametry senzorů PIR HS



Hmotnost: 0.2kg

Napájecí napětí: 230VAC +/- 10%

Kmitočet: 50Hz

Svorkovnice: max. 2,5mm²

Ta: -10°C až +35°C

Vlhkost: 5 to 95% bez kondenzátu

Materiál: Samozhášivý ABS

Třída: 2

IP: bez těsnění IP40, s těsněním IP44

Maximální zátěž senzorů PIR HS

- Channel 1 (switching) / kanál 1 (spínací): 10A osvětlení, nebo ventilace, včetně žárovek, kompaktních a lineárních zářivek, výbojek a LED zdrojů

- Channel 2 (dimming) / kanál 2 (regulační): Maximální počet DALI/DSI předřadníků 10 ks v případě, že je využíváno relé. Pokud relé není použito, pak 20 ks.

- Vlastní spotřeba: On (Zap.) 800mW, Off (Vyp.) 299mW

Samotná elektroinstalace, které je spojena s vlastním řídicím systémem senzorů PIR HS, se skládá z přívodního napájecího vodiče 2x2,5mm² a ovládacího vodiče 2x1,5mm² (datová sběrnice), který je paralelně připojen k max. počtu 20 ks světelných bodů.

Dále je k senzorům možno připojit pomocí vodičů doplňková ovládací zařízení (např. spínací/vypínací tlačítko), nebo ovládací datové sběrnice.

Ovládací prvky (handsety) k nastavení a ovládání senzorů PIR HS

- IR dosah: 25 metrů



- IR dosah: 7 metrů



Praktické využití senzorů PIR HS při regulaci osvětlovacích soustav a snižování jejich energetické náročnosti při provozu

Jako modelové příklady využití regulace osvětlovacích soustav s využitím senzorů PIR HS, se nabízejí dvě varianty osvětlení:

- a) **v průmyslovém provozu** - pro trvalé zajištění hladiny osvětlenosti na pracovní ploše
- b) **ve skladovacím provozu** – pro zajištění požadované hladiny osvětlenosti v regálových uličkách a na expedičních plochách

a) Průmyslový provoz – trvalá osvětlenost na pracovní ploše

Zadání pro návrh na snížení energetické náročnosti u osvětlovací soustavy investorem, bylo následující:

Stávající osvětlovací soustava, je tvořena 190 ks závěsných výbojkových svítidel, jenž jsou osazeny světelnými zdroji Philips SON-T PRO 400W. Celkový příkon hlavní osvětlovací soustavy je 85, 5 kW. Hlavní osvětlovací soustava je nevyhovující, zejména z hlediska indexu podání barev Ra 25, jelikož požadavek platné normy ČSN EN 12 464-1-2011, požaduje na pracovištích se zatříděním 5.18.5 (Průmyslové a řemeslné činnosti – Výroba a zpracování kovů, jemné strojní opracování, broušení: tolerance <0,1 mm), používat světelné zdroje s min. hodnotou Ra 80.

Dále bylo investorem požadováno, aby se snížila energetická náročnost osvětlovací soustavy a využilo se přitom možností regulace, jelikož výrobní hala je ze tří obvodových stran prosvětlená a je tím pádem zajištěn dostatečný přístup denního světla.

Prostory určené k osvětlování:



Nejprve byl tedy zpracován světelně – technický návrh nových variant osvětlovacích soustav, které by jednak splňovaly normativní požadavky ČSN EN 12 464-1-2011 a zároveň odpovídaly zadání investora na snížení energetické náročnosti osvětlovací soustavy, při zachování požadované hodnoty trvalé osvětlenosti na pracovní ploše.

Koncept tří typů nově navržených osvětlovacích soustav:

- **výbojková svítidla, osazená halogenidovými výbojkami s vysokým měrným výkonem, vyzbrojená konvenčním elektromagnetickým předřadníkem**

Celkem 190 ks svítidel s výbojkou HIE 350W, SDŽ 40 000 hod., tj. zachování stávajících světelných bodů. Příkon osvětlovací soustavy je 71, 06 kW.

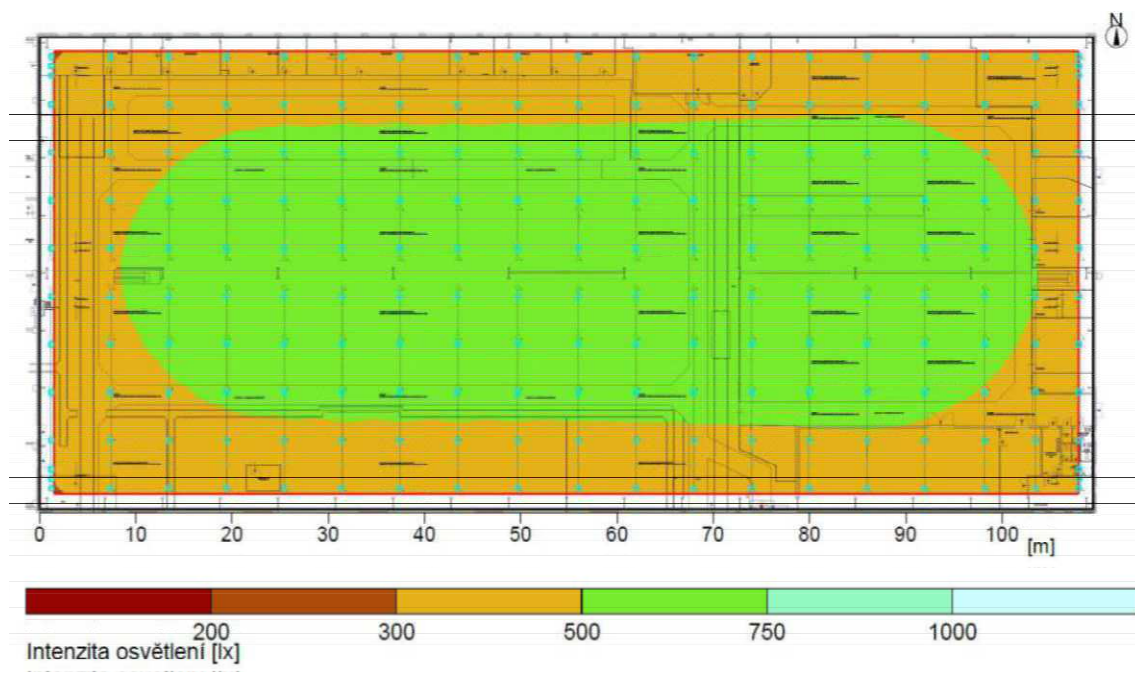
- **výbojková svítidla, osazená halogenidovými výbojkami s vysokým měrným výkonem, vyzbrojená regulovatelným předřadníkem v režimu 1-10V**

Celkem 190 ks svítidel s výbojkou HIE 350W, SDŽ 50 000 hod., tj. zachování stávajících světelných bodů. Příkon osvětlovací soustavy je 71, 06 kW.

- **svítidla s LED zdroji s regulovatelným driverem v režimu DALI**

Celkem 198 ks svítidel LED CANOPY 120, příkon osvětlovací soustavy je 58, 014 kW, nutnost změny instalačních prvků a tím i navýšení investice.

Příklad návrhu osvětlovací soustavy:



Koncept řízení osvětlovací soustavy:

Pro regulaci osvětlovacích soustav, se jevílo jako nejvýhodnější použití senzorů PIR HS, jelikož investor vyžadoval pouze zajištění požadované hladiny osvětlenosti na hodnotu 500 luxů, bez nutnosti se světelnou soustavou jakkoliv jinak manipulovat. Jelikož dalším určujícím parametrem byla výše vynaložených investičních nákladů, bylo nutno pro regulaci osvětlovací soustavy zvolit sice účinné, ale také velmi jednoduché a tím pádem i finančně nenáročné řešení.

Bylo proto provedeno rozčlenění osvětlovací soustavy na světelná pole o max. počtu 20 světelných bodů, což odpovídalo instalaci 10 ks senzorů PIR HS. Osvětlovaná pracovní plocha byla rozčleněna na 10 sekcí, podle prostorů s maximálním a minimálním příspěvkem denního světla tak, aby jednotlivá světelná pole vykrývala svým rozsahem vždy jednu osvětlovanou sekci. Do těchto sekcí bylo umístěno vždy po jednom kusu PIR HS, který měl za úkol detekovat požadovanou hladinu osvětlenosti 500 luxů, v závislosti na velikosti příspěvku denní osvětlení a také „naddimenzování“ osvětlovací soustavy vlivem vypočteného MF

Celkové zhodnocení energetických úspor, včetně ekonomického propočtu návratnosti investice do nově pořízené osvětlovací soustavy

- Neregulovaná osvětlovací soustava s výbojkovými svítidly

Návratnost přímé investice do osvětlovací soustavy = 2, 9 roku

Roční úspora elektrické energie = 17%

- Regulovaná osvětlovací soustava s výbojkovými svítidly + senzory PIR HS

Návratnost přímé investice do osvětlovací soustavy = 3, 75 roku

Roční úspora elektrické energie = 46%

- Regulovaná osvětlovací soustava s LED svítidly + senzory PIR HS

Návratnost osvětlovací soustavy v hodnotě = 14, 8 roku

Roční úspora elektrické energie = 51%

Různé osvětlovací soustavy.	HPS 400W Stávající svítidla	HID 350W ALBELL R1	HID 350W 3E-LITE	LED 240 LED EDGE CANOPY
Srovnání různých osvětlovacích soustav. Řazeno dle příkonu při regulaci. Rozměr prostoru 109x49x14,5m				
Různé osvětlovací soustavy. Řazeno dle příkonu při regulaci. Rozměr prostoru 109x49x14,5m	Philips SON-T PRO 400W. Stávající svítidlo 400W	MH HID ALBELL 350W	MH HID 3E-LITE 350W	LED EDGE CANOPY 240W
Počet svítidel [ks]	190	190	190	198
Příkon svítidla [W]	450	374	374	293
Celkový příkon soustavy [kW]	85,500	71,060	71,060	58,014
Průměrná osvětlenost [lx]		571	514	510
Rovnoměrnost [-]		0,65	0,63	0,63
UGR [-]		20,60	22,80	33,00
Účinnost opt. Části LOR [%]		81,00	82,00	83,00
Měrný výkon svítidla [lm/W]		71,46	72,42	83,17
Předpokládaná životnost [h.]	28 000	40 000	60 000	60 000
Možnost regulace [-]	NE	NE	ANO	ANO
Vyčíslení roční spotřeby (cca. 4.160.100 h. provozu) různých osvětlovacích soustav.				
Celková roční spotřeba bez regulace [kWh]	355 680	295 610	295 610	241 338
Celková roční spotřeba bez regulace při ceně 2,70 Kč/kWh [Kč]	960 336 Kč	798 146 Kč	798 146 Kč	651 613 Kč
Příkon 35% [kW]			24,87	20,30
Příkon 50% [kW]			35,53	29,01
Příkon 75% [kW]			53,30	43,51
Příkon 100% [kW]			71,06	58,01
Spotřeba při příkonu 35% a 1040h. provozu [kWh]	0	0	25 866	21 117
Spotřeba při příkonu 50% a 1040h. provozu [kWh]	0	0	36 951	30 167
Spotřeba při příkonu 75% a 1040h. provozu [kWh]	0	0	55 427	45 251
Spotřeba při příkonu 100% a 1040h. provozu [kWh]	0	0	73 902	78 667
Celková roční spotřeba s regulací [kWh]	0	0	192 146	175 202
Celková roční spotřeba s regulací při ceně 2,70 Kč/kWh [Kč]	0 Kč	0 Kč	518 795 Kč	473 046 Kč

Z uvedených údajů je zřejmé, že počáteční investice do regulovatelné osvětlovací soustavy je sice vyšší, než u investice do svítidel s konvenčními předřadníky, což pochopitelně prodlužuje dobu návratnosti, ovšem úspora provozních nákladů je takřka 2 x vyšší, než u neřízené osvětlovací soustavy.

Významným faktorem, který přispívá k pozitivnímu hodnocení dosažených výsledků, jsou především nízké vstupní náklady na systém řízení pomocí senzorů PIR HS, který významně ovlivňuje celkové investiční náklady na rekonstrukci a obnovu osvětlovací soustavy.

b) Skladovací provoz – zajištění osvětlenosti v regálových uličkách a na expedičních plochách

V tomto konkrétním případě se jedná o využití senzorů PIR HS pro zajištění požadované osvětlenosti v rámci logistického areálu, kde je jeho skladovací část tvořena jednak regálovými uličkami a také volnými expedičními plochami.

Koncept navržených osvětlovacích soustav:

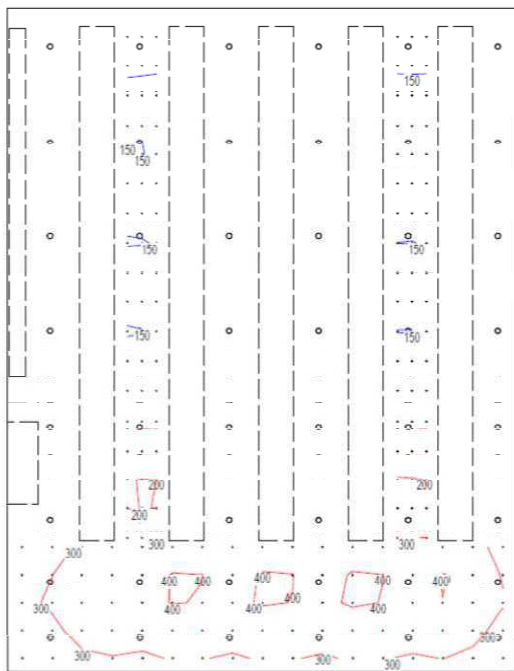
Hlavní osvětlovací soustavy byly navrženy dle platné normy ČSN EN 12 464-1-2011, jež požaduje na pracovištích se zaříděním 5.5.2 Regálové sklady – uličky s obsluhou, hodnotu udržované osvětlenosti 150 luxů na úrovni podlahy a na pracovištích 5.4.2 Skladovací prostory – expedice a balírny, hodnotu udržované osvětlenosti 300 luxů.

K osvětlování byla použita svítidla s halogenovými výbojkami s vysokým měrným výkonem, osazena skleněnými refraktory s vysokou optickou účinností a vyzbrojena regulovatelnými elektronickými předřadníky v režimu 1-10V, pro možnost řízení osvětlovací soustavy.

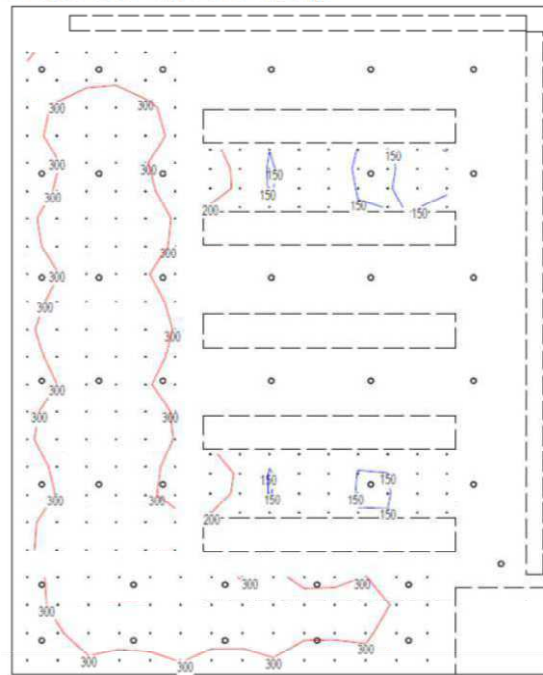
Rozmístění světelných bodů bylo navrženo tak, aby se jednak respektovaly stavební dispozice v objektech (např. skladovací regály, střešní světlíky apod.), ale zároveň i s ohledem na využití senzorů PIR HS pro regulaci jednotlivých osvětlovacích soustav.

Příklady návrhu osvětlovací soustavy:

1.01 Sklad
Ulička č. 2 - Udržovaná osvětlenost v kontrolních bodech
Emin: 112.8 Em: 172.6 Emax: 301.6 Uo=Emin/Emed 0.65 Z: 0.73



1.04 Sklad
Ulička č. 1 - Udržovaná osvětlenost v kontrolních bodech
Emin: 147.3 Em: 169.6 Emax: 246.0 Uo=Emin/Emed 0.67 Z: 0.73



Koncept řízení osvětlovací soustavy:

U takto stavebně koncipovaných objektů, kdy se jednak využívá v části objektu trvalé hladiny osvětlenosti na pracovní ploše (expediční části skladu) a zároveň se přímo nabízí možnost dočasného osvětlení místa zrakového úkolu v případě pohybu pracujících osob (regálové uličky), se využití regulovatelné osvětlovací soustavy jeví jako absolutní nutnost. Navíc je koncept regulované osvětlovací soustavy podpořen faktem, že tento řídicí systém, musí umět nejen zajistit hladinu trvalé osvětlenosti (expedice), ale také detekovat přítomnost osob, které mají v prostorách regálových uliček vykonávat pracovní činnost a zajistit v tomto místě na dobu pracovní činnosti požadovanou osvětlenost (regálová ulička).

Osvětlovací soustavy jsou zde tedy z hlediska řízení, rozděleny do dvou skupin:

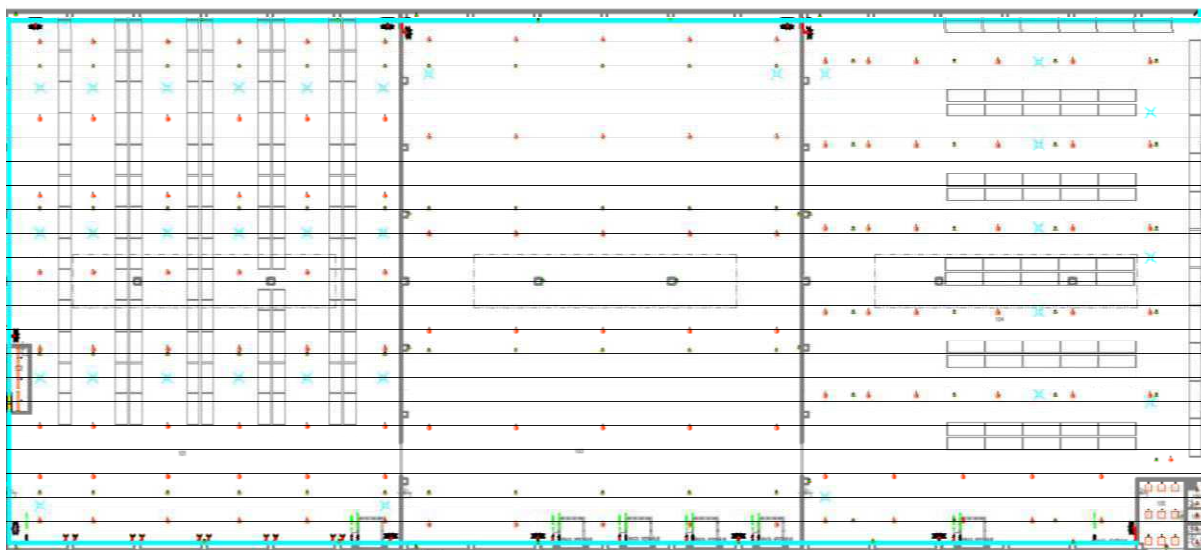
- soustava svítidel pro trvalé osvětlení pracovní plochy
- soustava svítidel pro dočasné osvětlení pracovní plochy

Pro ovládání skupiny svítidel s trvalým osvětlením pracovní plochy, bylo navrženo použití senzorů PIR HS, s nastavením funkce „detekce osvětlenosti“, tj. na hodnotu +300 luxů.

Pro ovládání skupiny svítidel s dočasným osvětlením pracovní plochy, bylo navrženo použití senzorů PIR HS, s nastavením funkcí „detekce osvětlenosti“, tj. na hodnotu +150 luxů, a zároveň jako přítomnostního detektoru, který v okamžiku pohybu osoby v senzitivním poli senzoru, dá povel regulovatelným předřadným přístrojům ve svítidlech, aby se zvýšila hladina osvětlenosti na normou požadovanou hodnotu 150 luxů „na podlaze“. Senzory jsou nastaveny tak, aby po dobu, kdy jimi není detekován žádný pohyb osob, byla ovládaná svítidla uvedena do stavu tzv. „spánku“, tj. do režimu 60% příkonu svítidla, což se rovná přibližně 50% standardního světelného toku. V okamžiku, kdy je v senzitivním poli senzoru detekován pohyb osob, je senzorem dán povel do předřadných přístrojů, aby se zvýšila hladina osvětlenosti na požadovanou hodnotu 150 luxů „na podlaze“ (tento „náběh“ u výbojkových světelných zdrojů na regulovatelných předřadnicích trvá cca. 15 sec.). Senzory jsou dále nastaveny tak, aby doba, po kterou je hodnota osvětlenosti udržována na úrovni 150 luxů, byla dostatečně dlouhá pro vykonání pracovní činnosti bez pohybu (např. 5 min.). Pokud po uplynutí této přednastavené doby senzor nedetekuje žádný pohyb, dá předřadným přístrojům povel k opětovnému návratu do tzv. „spánku“ (tento pokles intenzity světelného toku trvá cca. 2 min.).

Počet senzorů PIR HS, je nutno odvodit jednak podle počtu světelných bodů na plochami s trvalou osvětleností (max. 20 ks světelných bodů na jeden senzor), nebo podle délky detekovaného prostoru v regálové uličce, kde jsme omezeni senzitivní charakteristikou senzoru. Zde se doporučuje, aby se v případech, kdy je regálová ulička delší, detekční zóny senzorů překrývaly min. 1/3 své délky.

Zvažované rozmístění svítidel a senzorů v objektu:



Obecně lze říci, že jakákoliv regulace osvětlovacích soustav, ať již bude prováděna sofistikovanými řídicími systémy ovládanými pomocí promyšlených softwarů, nebo jen pomocí inteligentních senzorů, dává světelné technice nové možnosti, jak se velice úspěšně vyrovnat se stále narůstajícími požadavky uživatelů, a to jak na snižování energetické náročnosti u osvětlovacích soustav, tak jim zároveň poskytuje větší světelný komfort při vykonávání pracovních činností, jelikož tyto systémy zajišťují konstantní hodnoty hladiny osvětlenosti a zároveň dostatečné množství přirozeného denního světla.

Literatura a odkazy

- [1] www.luxart.cz
- [2] www.usporyvosvetleni.cz
- [3] www.venturelightingeurope.com
- [4] www.cpelectronics.co.uk

KOMPLEXNÍ OPTIMALIZACE NÁVRHU VNITŘNÍHO OSVĚTLENÍ

Ing. Petr Žák, Ph.D., prof. Ing. Jiří Habel, DrSc.

ČVUT FEL Praha, Katedra elektroenergetiky, Technická 2, 160 00, Praha 6,
habel@fel.cvut.cz, zakpetr@fel.cvut.cz

Úvod

Osvětlení vnitřních prostorů se v projektové dokumentaci řeší ve dvou samostatných částech. Ve stavebně architektonické části se řeší soustava denního osvětlení a energetická náročnost osvětlení a v části silnoproudé elektroinstalace se řeší soustava umělého osvětlení a řízení osvětlení. Návrh obou typů osvětlovacích soustav vychází, ze dvou odlišných přístupů. Pro hodnocení denního osvětlení se používá činitele denní osvětlenosti D_m a D_{min} , umělé osvětlení se navrhuje a hodnotí udržovanou osvětleností v místech zrakového úhlu E_m . Z tohoto důvodu jsou návrhy obou osvětlovacích soustav ve velké míře nekompatibilní. Nově navrhovaná metodika chápe světlo jako jedno z médií nezbytné pro provoz budov, které souvisí jak hygienickými, tak energetickými aspekty projektu vnitřních prostorů. Výchozí myšlenkou metodiky je to, že hodnocení denního i umělého osvětlení, převádí na společného jmenovatele, kterým je světelný tok Φ (lm), resp. světelné množství Q_v (lm · h). Tyto veličiny umožňují ze své podstaty postihnout jak kvalitativní, tak energetické hledisko osvětlení.

Hygienické a energetické požadavky

V současné praxi existují dvě základní hlediska, která determinují návrh osvětlení ve vnitřních prostorech. První hledisko je hledisko hygienické, které respektuje vliv světla na lidské zdraví. Hledisko hygienické souvisí s kvalitou světelného prostředí a zajišťuje se světelně technickými parametry, které jsou pro konkrétní zrakové činnosti uvedené v mezinárodních normách a doporučeních. Požadované hodnoty těchto parametrů jsou kompromisem vycházejícím ze současné úrovně znalostí o zákonitostech zrakového vnímání na straně jedné a z technických a ekonomických možností společnosti na straně druhé. Z tohoto důvodu se požadavky na kvantitativní a kvalitativní úroveň osvětlení v čase mění jednak s vývojem techniky a s novými vědeckými poznatky a jednak s globálním rozvojem lidské společnosti. Norma, ve které jsou stanoveny požadavky na osvětlení vnitřních prostorů [1], obsahuje parametry, které v principu popisují tři základní vlastnosti světelného prostředí, tj. množství světla a jeho spektrální a směrové vlastnosti. Mezi základní veličiny, kterými se tyto vlastnosti popisují, patří osvětlenost, rovnoměrnost, index oslnění, index podání barev a činitel podání tvaru. Z pohledu prvotních úvah o potřebě světla ve vnitřních prostorech navrhovaných budov je nejdůležitější veličinou průměrná osvětlenost na srovnávací rovině E_m (lx), což je plošná hustota světelného toku dopadajícího na osvětlované povrchy. Světelné podmínky pro jednotlivé zrakové činnosti jsou stanoveny bez ohledu na světelný zdroj, kterým jsou zajištěny. Pro zajištění světelných podmínek se používá jak přírodní zdroj světla, tak umělé zdroje světla.

Člověk se po stovky tisíc let vyvíjel v přírodních světelných podmínkách, kterým se lidský organismus přizpůsobil, na které se adaptoval. Denní osvětlení ovlivňuje biologické pochody v lidském těle tím, že synchronizuje vnitřní biologické hodiny, barevné vlastnosti denního světla jsou pro člověka referenčním normálem při posuzování věrnosti barev. Denní světlo má dynamický charakter, který se projevuje nejen změnou úrovně osvětlení, ale také změnami barevných a směrových vlastností osvětlení. Tyto dynamické změny ovlivňují pocity a emoce člověka. Z těchto výše uvedených důvodů je denní světlo, (resp. Slunce) nejpřirozenějším zdrojem světla a má pro člověka zásadní význam. Proto v prostorech, kde se člověk zdržuje delší dobu, se požaduje zajištění přístupu denního světla v závislosti na způsobu využití prostoru a na vykonávaných zrakových činnostech. Denní osvětlení vnitřních prostorů tvoří jednak přírodní světlo pronikajícím do místností osvětlovacími otvory přímo, a jednak světlo odražené od vnějších a vnitřních překážek. V praxi se při návrhu a hodnocení denního osvětlení odděluje sluneční a oblohová složka denního světla. V případě přímé sluneční složky se vyskytují vnitřní prostory, kde je její přítomnost žádoucí, i prostory, kde je nežádoucí. Mezi vnitřní prostory, u kterých musí být zajištěno proslunění přímým slunečním světlem, patří obytné budovy. V ostatních prostorech se při návrhu příspěvku denního osvětlení uvažuje pouze s oblohovou složkou denního osvětlení. Vzhledem k tomu, že hladina osvětlenosti zajišťovaná denním světlem je velmi proměnlivá, popisuje se denní osvětlení poměrnými hodnotami, které nejsou těmito změnami za určitých předpokladů ovlivněny. K hodnocení denního osvětlení se využívá činitel denní osvětlenosti D (%), který se stanoví jako poměr osvětlenosti v daném kontrolním době v interiéru k osvětlenosti venkovní vodorovné nezacloněné roviny za stanovených podmínek. Základní požadavky na úroveň denního osvětlení pro zrakové činnosti odstupňované podle zrakové náročnosti jsou předepsány národními normami [2]. Hodnoty parametrů

osvětlení uváděné v normách, které charakterizují hygienické hledisko, nejsou hodnotami optimálními, ale minimálními, pod které nesmí osvětlení v průběhu provozu nikdy klesnout.

Druhým hlediskem je hledisko energetické náročnosti, v rámci kterého se kontroluje, aby požadovaných světelných technických parametrů bylo dosaženo energeticky účinným způsobem. Zde je třeba zdůraznit, že primárním účelem návrhu osvětlení je zajištění dostatečných světelných podmínek pro danou zřakovou činnost. Hledání energeticky účinného řešení pro zajištění těchto podmínek je až činností následnou. Pokud by řešení energetické náročnosti osvětlení bylo nadřazeno světelně technickým požadavkům, pak by návrh osvětlení ztratil jakýkoliv smysl a nejušpornějším řešením by bylo nesvítit vůbec. Z tohoto důvodu je hledisko hygienické nadřazeno hledisku energetické náročnosti. Řešení energetické náročnosti je důležité, nicméně se v dnešní době dostává do pozice, která ji nepřisluší a kdy se v řadě případů energetická účinnost či energetická náročnost stávají hlavním měřítkem při posuzování kvality budov nebo technických zařízení. Energetická náročnost nebo energetická účinnost jsou parametry technickými ne kvalitativními. Energetická náročnost osvětlení se hodnotí celkovou měrnou spotřebou elektrické energie na osvětlení za rok LENI ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$). Pro jednotlivé aplikační oblasti, například administrativní budovy, průmyslové objekty nebo zdravotnická zařízení, jsou v rámci příslušné normy [3] stanoveny směrné hodnoty tohoto parametru.

Kompatibilita parametrů osvětlení a světelný tok

Tři výše zmíněné parametry, tj. parametry světelného prostředí, parametry denního osvětlení a parametry energetické náročnosti osvětlení mají oporu v legislativě a jsou tudíž hlavními činiteli, které determinují návrh osvětlení. Jejich vzájemná provázanost však není zřejmá a nelze jednoznačně určit, do jaké míry se vzájemně ovlivňují. Je to dáno nekompatibilitou těchto hledisek a různým stupněm aplikace na budovu. V případě obecných požadavků na osvětlení je hlavním parametrem průměrná osvětlenost na srovnávací rovině E_m (lx), tedy plošná hustota světelného toku. Je předepsána pro všechny vnitřní prostory budovy, kde se mohou nacházet lidé. Denní osvětlení se hodnotí činitelem denní osvětlenosti D (%), tedy podílem osvětlenosti v kontrolním bodě uvnitř místnosti k osvětlenosti vodorovné nezacloněné venkovní roviny. Tento parametr je normou předepsán pro obytné a pobytové místnosti, ve kterých se člověk zdržuje po významnou část dne. Energetická náročnost osvětlení se hodnotí číselným ukazatelem energie na osvětlení LENI ($\text{kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$), tedy měrnou spotřebou elektrické energie na osvětlení za rok. Tento parametr je předepsán pro budovu jako celek. V současné době, jak již bylo řečeno v úvodu, se osvětlení vnitřních prostorů v rámci projektové dokumentace řeší ve dvou samostatných částech. Logickým postupem při řešení osvětlení by byla optimalizace osvětlení z pohledu jeho energetické náročnosti. To ale současná praxe neumožňuje. Všechny tři výše uvedené požadavky se řeší samostatně a nekoordinovaně. Hlavními příčinami tohoto stavu je jednak neexistence projektu osvětlení jako samostatné části projektové dokumentace, která by řešila osvětlení komplexně (denní, umělé), včetně jeho energetické náročnosti a systému ovládání a řízení. Druhou příčinou je nekompatibilita výše zmíněných parametrů. Každý je popisován jinými veličinami bez jasné vzájemné vazby. Neexistuje jednoduchá a jasná souvislost mezi příspěvkem denního světla a obecnými požadavky na osvětlení ani vazba mezi osvětlením a jeho energetickou náročností. Jednou z možností jak usnadnit optimalizaci osvětlení je využití veličiny, která by v sobě obsahovala jak světelně technické tak i energetické parametry. Takovou veličinou je světelný tok Φ (lm), což je zářivý tok zhodnocený lidským okem standardního fotometrického pozorovatele.

Popis metody

Jedním z trendů v projektování budov a jejich částí, je využívání počítačových programů, které umožňují vytvářet počítačové modely budov a simulovat jejich provoz. Tyto programy umožňují ukázat budoucí reálný stav a podobu budov ještě před jejich výstavbou. V oblasti osvětlení mezi takové programy patří například Dialux, Relux a další. Mezi vstupní informace pro tyto programy patří údaje o prostoru, zahrnující geometrické uspořádání a vlastnosti povrchů, a údaje o osvětlovací soustavě, zahrnující její geometrické uspořádání a typy svítidel a světelných zdrojů. Na základě těchto údajů jsou programy schopny pouze odpovědět, zda navržená soustava vyhovuje či nevyhovuje předepsaným požadavkům. Tyto programy sice umí velmi realisticky znázornit a popsat, jak bude osvětlený prostor vypadat, ale ve své podstatě jsou velmi primitivní, jelikož neumějí odpovědět na otázku jak daný prostor optimálně osvětlit. Jde tedy o velmi složité nástroje, poskytující jen velmi omezené informace.

Proto, aby bylo možné při projektování optimalizovat osvětlení jako celek a to i v návaznosti na další profese je třeba nalézt metodu, jejímž výstupem budou informace, které umožní, pro předepsané hygienické požadavky, optimalizovat osvětlení z pohledu energetické náročnosti. Taková metoda musí být aplikovatelná již od úvodních fází projektu, kdy se třeba definovat koncept řešení, který je smysluplný jak z pohledu účelu budovy, tak její energetické náročnosti. Metoda musí být jednoduchá a pochopitelná pro všechny členy projekčního týmu, aby byla umožněna snadná komunikace při optimalizaci budovy jako celku.

Při návrhu nové metody je třeba se oprostít od stávajících stereotypů z oblasti návrhů osvětlovacích soustav. Nově navrhovaná metoda *Lumen koncept* chápe světlo jako jedno z médií (voda, teplo, vzduch...) nezbytné pro provoz budovy, které souvisí jak se zdravím, bezpečností a zrakovou pohodou uživatelů, tak také s energetickou náročností vlastní budovy. Metoda vychází ze skutečnosti, že v úvodní fázi projektu jsou známy následující informace:

- účel budovy (parametry osvětlení, časový plán využití),
- prostorové požadavky (plošná výměra),
- umístění budovy (geografická poloha, orientace, zástavba okolí).

Účel budovy určuje požadavky na parametry světelného prostředí (E_m) a denního osvětlení (D) v charakteristických prostorech (kanceláře, komunikace, technické místnosti apod.) a současně vymezuje její časové využití v průběhu dne i roku. Jiným způsobem jsou časově využívány administrativní budovy, jiným vzdělávací nebo zdravotnická zařízení. Prostorové požadavky určují plošnou výměru charakteristických prostorů. Polohou, orientací, konstrukcí budovy a clonicími překážkami (terén a okolní zástavba) je dán průběh denního světla v interiéru. Výše uvedené vstupní údaje umožňují určit světelný tok Φ (lm) a světelné množství Q_v (lm.h/rok), které je třeba do budovy v průběhu roku dodat, aby byly zajištěny hygienické požadavky. Výsledné světelné množství dodané do budovy je z části dodáno soustavou denního osvětlení a z části soustavou umělého osvětlení. Poměr obou částí by měl být optimalizován z pohledu jejich energetické náročnosti, nicméně minimální podíl denního světla je dán hygienickými požadavky. Celková energetická náročnost osvětlení je pak dána energetickou náročností dodávky světla soustavou denního a umělého osvětlení.

Zjednodušený postup aplikace nové metody je následující. Na základě parametrů světelného prostředí a plošné výměry charakteristických prostorů se stanoví potřebný ideální světelný tok (Φ). V situacích bez denního světla je třeba tento tok zajistit umělou osvětlovací soustavou. Na základě účinnosti prostoru, (geometrie a činitelů odrazu), osvětlovací soustavy a svítidel se stanoví reálný světelný tok (Φ). Volbou světelných zdrojů a předřadných přístrojů se následně určí předběžný příkon umělé osvětlovací soustavy. S pomocí časového plánu využití se stanoví celkové světelné množství, které je třeba pro budovu v průběhu roku zajistit.

Na základě požadavku na zajištění určitého podílu osvětlení denním světlem při rovnoměrně zatažené obloze s definovaným rozložením jasů se stanoví rozsah příspěvku denního světla pro jiné typy obloh. Z časového plánu využití lze stanovit počet hodin bez denního světla a počet hodin s denním světlem. Pro dobu s denním světlem se pak stanoví minimální světelné množství zajištěné denním světlem, které vychází z hygienických požadavků. Soustavu denního osvětlení lze chápat jako soubor technických zařízení (okna, světlíky, světlovody apd.), které mají, stejně jako klasická svítidla, svoji energetickou náročnost, ale na rozdíl od klasických svítidel se jejich energetická náročnost v průběhu dne i roku mění v závislosti na klimatických podmínkách. Vyhodnocením energetické náročnosti dodávky denního a umělého světla je pak možné provést optimalizaci jednak z pohledu míry využití denního světla a jednak z pohledu využití řídicího systému při kombinovaném využití obou soustav.

5 Soubor témat

Pro využití a ověření navrženého postupu v praxi vystává soubor témat, která je třeba řešit:

Charakteristické skupiny místností

Pro omezení celkové počtu řešených místností je vhodné vytvoření charakteristických skupin místností, které obsahují místnosti se shodnými nebo velmi podobnými světelně technickými požadavky i požadavky na úroveň denního osvětlení. Takovými skupinami mohou být například vnitřní komunikace (schodiště, chodby, vstupní auly apod.), kanceláře (buňkové, velkoprostorové, skupinové), technické prostory (kotelna, rozvodna apod.).

Požadované světelné toky

Požadavky na osvětlení vnitřních prostorů nejsou v současné době již dány jednoduchým způsobem jako je osvětlenost na srovnávací rovině nebo v místě zrakového úhlu, ale vyžaduje se také dosažení určitých průměrných osvětleností na stěnách a stropěch. Při stanovování potřebného množství světelného toku pro dosažení předepsaných parametrů osvětlení je třeba navrhnout jednoduchou metodu, která se svojí podobou bude blížit z metodě tokové.

Časové plány typických budov

Pro stanovení celkového světelného množství a světelného množství od denního a umělého osvětlení je třeba zpracovat časové plány využití řešené budovy. Časové plány se budou lišit mezi budovami různého využití, jako jsou administrativní budovy, průmyslové objekty, zdravotnická zařízení apod. Pro praxi by proto bylo praktické zpracovat časové plány typických budov, které by reprezentovaly obvyklý způsob využití daného typu budovy.

Rozsah denního světelného množství

Možný příspěvek denního světla je principiálně definován jednak minimem, které vychází z požadavků norem, a jednak maximem, které je určeno zeměpisnou polohou řešeného objektu, jeho orientací, okolní zástavbou a geometrií a dispozičním uspořádáním objektu. Uvedený rozsah mezi minimem a maximem příspěvku denního světla se bude v reálných podmínkách lišit pro různé modely oblohy typické pro danou zeměpisnou polohu.

Energetická náročnost oken

Pro objektivní zhodnocení energetické náročnosti osvětlovací soustavy je třeba do hodnocení zahrnout také energetickou náročnost oken, světlíků i světlovodů. Okna, světlíky i světlovody si lze představit jako svítidla, která mají svojí energetickou náročnost. Tato energetická náročnost se přitom mění v průběhu dne i roční doby.

Závěr

Hlavním přínosem nově navrhované metody je vytvoření jasné vazby mezi požadavky na osvětlení a jejich energetickou náročností. Pokud se stanoví množství světelného toku potřebné pro danou budovu, lze velmi názorně ocenit energetickou náročnost různých řešení, lišících se typem osvětlovací soustavy (celková, odstupňovaná, kombinovaná), použitými světelnými zdroji nebo svítidly. Z celkového potřebného světelného množství je zřejmé, jaká jeho minimální část z pohledu norem musí být dodána denním světlem. Následně lze posoudit, zda je možné větším využitím denního světla, než je předepsáno normami, zajistit nižší energetickou náročnost osvětlení jako celku. Současně lze relativně jednoduchým postupem stanovit kolik energie lze ušetřit využitím řídicích systémů kontrolujících provoz soustavy umělého osvětlení v závislosti na úrovni denního osvětlení a zda je jejich použití ekonomicky smysluplné.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 12464 – 1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory, 2012
- [2] ČSN 73 0580 Denní osvětlení budov, 2009
- [3] ČSN EN 15193 Energetická náročnost budov – Energetické požadavky na osvětlení, 2008

Řízení a monitoring osvětlovacích soustav s instalací LED svítidel v elektrických stanicích ČEPS, a.s.

Ing. Ivo Ullman, Ph.D.

ČEPS, a.s., Elektrárenská 774/2, 101 52 Praha, www.ceps.cz, ullman@ceps.cz

Úvod

U venkovního osvětlení elektrických stanic přenosové soustavy (PS) dochází k vývoji systému ovládání, řízení a monitoringu osvětlovacích soustav. Jsou používány sodíkové a halogenidové výbojky, nově jsou instalovány LED svítidla kolem plotu pro hlídací osvětlení. Provoz osvětlení elektrických stanic je monitorován řídicím systémem PAC, a to umožňuje provádět diagnostiku jednotlivých druhů osvětlení.

Cílem využití řídicího systému PAC (Programmable Automation Controller) je jednak spolehlivý provoz ovládání venkovního osvětlení, ale také monitoring a diagnostika osvětlovacích soustav vzdáleným dohledem na osvětlení elektrické stanice PS.

Řízení osvětlovacích soustav systémem PAC

Použití řídicího systému kategorie PAC poskytuje další možnosti ve zjednodušení projektu ovládání. Sady relátok jsou nahrazeny základní řídicí jednotkou v centrálním domku, která je s podružnými jednotkami v domcích spojena pomocí optické sítě v elektrické stanici. Dochází tím k úspoře dlouhých vícežilových kabelů. Další úspora je v napájecích kabelech, kdy lze napojit z větve osvětlení přímo z nejbližšího domku ochran, kde je podružná jednotka řídicího systému PAC.

Řídicí systém PAC umožňuje dále variabilitu při zkoušení celého systému ovládání elektrické stanice. Při změně podmínek ovládání jednotlivých částí osvětlení je možno v programovacím jazyku RSLogix provést požadovanou změnu na místě, přičemž v reléových systémech to znamená složité montážní práce v přepojování vodičů a doplňování nových relé.

Řídicí systém osvětlení pozemních komunikací lze také využít k monitorování a diagnostice osvětlovací soustavy. [8]

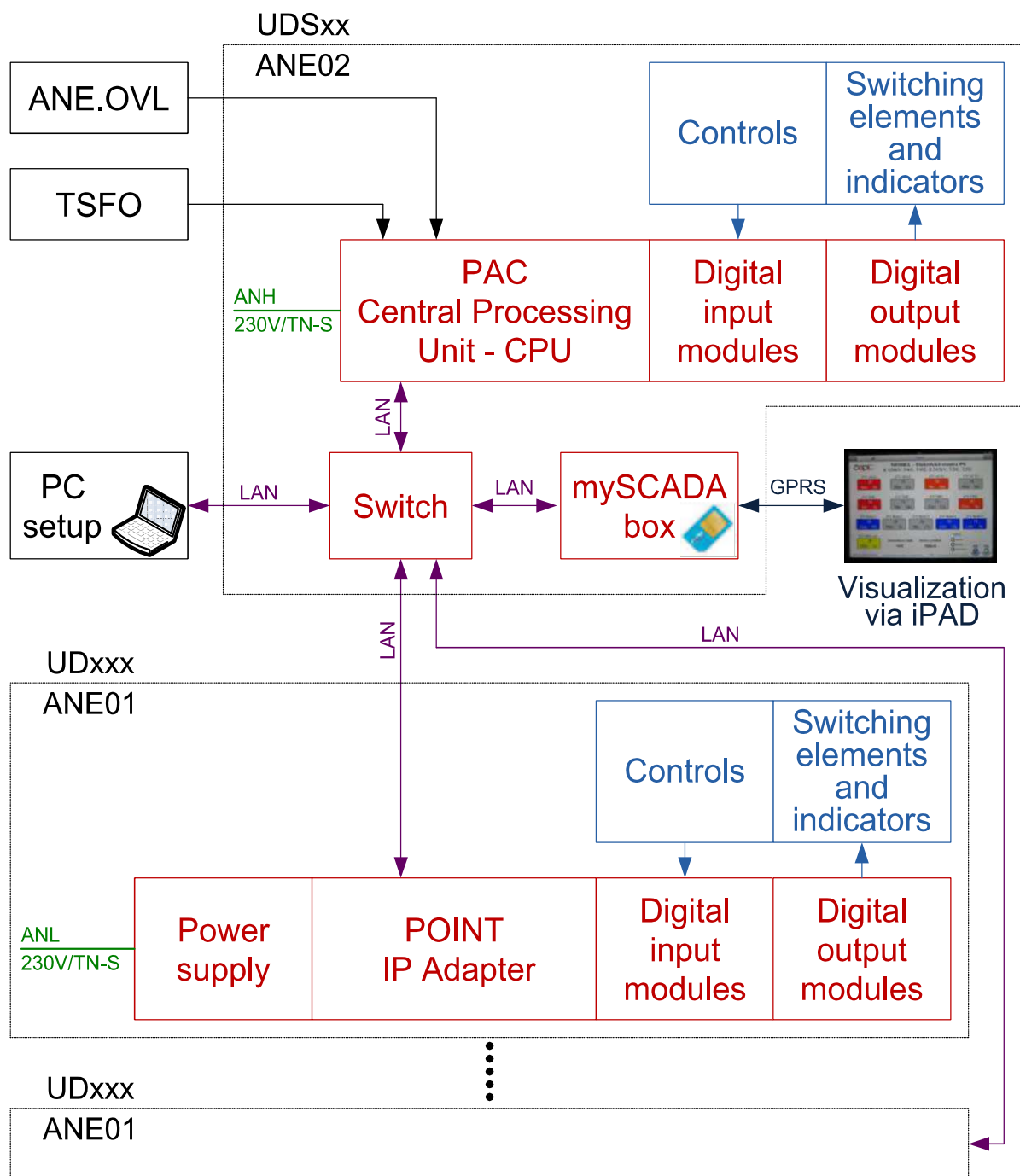
Tato myšlenka nás vedla k použití řídicího systému PAC k monitorování provozu jednotlivých druhů osvětlení (hlídací, komunikací a provozní). V programu RSLogix je zavedena funkce sledování počtu provozních hodin pro jednotlivé větve osvětlení. Další možností řídicího systému je optimalizace spotřeby elektrické energie tak, aby potřebné světelné podmínky (např. kamerová osvětlenost) byly zajištěny energeticky nejúčinnějším způsobem.

Diagnostické funkce některých řídicích systémů umožňují indikovat poruchové stavy v osvětlovací soustavě, např. vadný předřadný přístroj nebo světelný zdroj. Tyto informace umožňují rychle a účinně odstraňovat poruchy v osvětlovací soustavě. Řídicí systémy také umožňují shromažďovat informace o počtu provozních hodin. Tyto informace lze pak využít k optimalizaci údržby osvětlovací soustavy. [8]

Tyto diagnostické funkce jsou vloženy do řídicího systému venkovního osvětlení v elektrické stanici. Jsou sledovány provozní hodiny a počet sepnutí svítidel. Podle světelného výpočtu pak lze prodloužit časové termíny údržby svítidel podle zvoleného koeficientu údržby a koeficientu stárnutí svítidel.

Vyhodnocení diagnostiky a monitorování osvětlovacích soustav lze provádět dálkově, protože řídicí systém PAC typu CompactLogix umožňuje vzdálený přístup pomocí EtherNetu po síti WAN ČEPS, a.s. Rovněž ovládání

osvětlení pomocí tabletu iPad pomocí zařízení myScada Box 3G umožňuje nejen ovládání osvětlení pomocí WiFi a GSM, ale taky umí vyhodnocovat diagnostiku svítidel.



Obr. 1: Nový řídicí systém PAC pro ovládání a diagnostiku venkovního osvětlení elektrických stanic PS

Instalace LED svítidel v elektrických stanicích

Vývoj použití svítidel pro venkovní osvětlení elektrických stanic vede k instalaci LED svítidel pro hlídací osvětlení podél plotu, které svítí celou noc. Tento provoz znamená cca 4 000 hodin ročně a zde se projeví úspora v nižší spotřebě LED svítidel. Navíc tato svítidla mají plné spektrum světelného toku, kterým je osvětlován pruh podél oplocení, a to slouží k nasvícení pohledu kamer bezpečnostního systému TSFO (technický systém fyzické ochrany).

Volba vhodného typu LED svítidla je dána technickou specifikací v technické normě ČEPS, a.s. TN 59 [1] , kde jsou uvedeny základní parametry požadované pro LED svítidla. Požadovaná životnost celého svítidla je 50 000 hodin, a to jak LED čipu, tak i elektroniky předřadníku. Teplota chromatičnosti a další světelné parametry musí být odpovídající pro kamerovou osvětlenost použitých kamer TSFO. Dále musí být svítidla odolná vůči spinacím a atmosférickým přepětím, které se v elektrických stanicích PS vyskytují.

Požadovaná LED svítidla mají plochý kryt, takže méně oslňují kamery TSFO. Osvětlení plochy snímané kamerami musí být na takové úrovni, aby kamery byly schopny rozlišit osoby a aby bylo možno přečíst u příjezděících aut registrační značku (SPZ). V současné době probíhá měření a testování LED svítidel ve spolupráci s IP kamerou, která je použita v modernizovaném systému ochrany stanic.

Diagnostika a monitoring svítidel jednotlivých druhů osvětlení

Řídicí systém PAC, který je používán pro ovládání osvětlení v elektrických stanicích, umožňuje provádět monitoring provozu jednotlivých druhů osvětlení. Zároveň lze dálkově provádět diagnostiku poruch svítidel, která jsou systémem PAC ovládaná.

Diagnostika a monitoring jsou prováděny podle druhu osvětlení v elektrické stanici. Jednotlivé větve, které jsou spínány stykačem, mají registrovaný počet nasvícených provozních hodin a počet sepnutí. Při instalaci svítidel před prvním zapnutím jsou vynulovány čítače v systému PAC a po zapnutí svítidel je již počítaná doba svícení a počet zapnutí. Diagnostika poruch je prováděna dvěma způsoby podle použitého typu svítidla. U sodíkových a halogenidových výbojek v provozním osvětlení jsou měřeny proudy jednotlivých větví a při výpadku jednoho svítidla lze zaregistrovat změnu odebíraného proudu. Stejná diagnostika je použita u jednotlivých větví osvětlení komunikací. U hlídacích osvětlení, kde jsou použita LED svítidla, lze diagnostiku provádět u každého svítidla samostatně. Předřadník LED svítidel má svou IP adresu a umožňuje komunikovat se systémem PAC, kde pak lze dálkově provádět diagnostiku provozu jednotlivých LED svítidel hlídacích osvětlení.

Optimalizace údržby venkovního osvětlení

Monitoring provozu jednotlivých druhů osvětlení (provozní, hlídací a komunikací) dává informace, kolik provozních hodin mají svítidla nasvíceno. Podle těchto údajů pak lze optimalizovat údržbu a provádět ji tam, kde je to potřeba s ohledem na provozní hodiny. U svítidel provozního osvětlení, kde jsou použity sodíkové výbojky na hlavní ocelové konstrukci ve výšce cca 23 m, lze údržbu provádět v delších termínech, než je stanoveno v preventivní údržbě. Řád údržby venkovního osvětlení je nastaven tak, že tam, kde jsou dostupné informace o nasvícených provozních hodinách (systémem PAC), lze údržbu provádět dle stavu svítidel – Condition based maintenance (CBM). Tato optimalizace údržby pak vede k úsporám provozních nákladů, což je požadováno v provozu elektrických stanic.

Dálkový dohled osvětlovacích soustav elektrických stanic

Řídicí systém PAC je distribuovaný systém v elektrické stanici a využívá místní síť LAN, která je instalována na místním optickém rozvodu. Zároveň je systém PAC zapojen do sítě WAN ČEPS a lze se na něj připojit dálkově, z kteréhokoliv místa ČEPS. To umožňuje provádět monitoring a diagnostiku osvětlovacích soustav v jednotlivých stanicích.

Závěr

Provoz a ovládání venkovního osvětlení v elektrických stanicích je řešen řídicím systémem PAC, který zajišťuje jednak spolehlivé ovládání osvětlení, ale navíc umožňuje monitorování a diagnostiku provozovaných osvětlovacích soustav. Tato filosofie je aplikována v projektech modernizace elektrických stanic a při realizaci nových stanic PS, kde jsou osvětlovací soustavy navrženy podle světelného výpočtu s použitím kvalitních svítidel a řídicím systémem zajišťujícím monitoring osvětlovacích soustav. Dosažení správného výsledku instalace venkovních osvětlovacích soustav v elektrických stanicích ČEPS, a.s. je zajišťováno v rámci dlouholeté spolupráce s odbornou skupinou

Cílem úspěšné instalace moderních osvětlovacích soustav v elektrických stanicích ČEPS, a.s. je spolehlivý provoz osvětlení s minimálními nároky na jejich údržbu.

Literatura a odkazy

- [1] TN 59 Venkovní osvětlení elektrických stanic PS – Technická norma ČEPS, a.s. 06/2009, aktualizace 11/2013
- [2] 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
- [3] Sokanský, K., a kol.: Lighting of outdoor electrical stations philosophy, EPE 2009, VŠB-TU, Ostrava, 2009
- [4] 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
- [5] 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
- [6] Ullman, I.: Venkovní osvětlení ve stanicích PS výpočty a měření. 12. celostátní seminář Vysoké napětí, Malenovice, 11.11.- 12.11.2010
- [7] Ullman, I., Fiala, K.: Technické normy ČEPS pro projektování. Konference Projektanti 2011 Hrotovice, 9.5. - 12.5.2011
- [8] Habel, J., Dvořáček, K., Dvořáček, V., Žák, P.: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2013, str. 429-431, ISBN 978-80-86534-21-3
- [9] Ullman, I., Mlčák, T., Otýpka, J.: New Development in Control System ČEPS, a.s. Electrical Substation Outdoor Lighting; EPE 2014, Brno, 12.5. - 14.5.2014, ISBN 978-1-4799-3806-3

Problematika merania osvetlenia futbalových štadiónov

Lukáš, Lipnický, Ing., - Michal, Barčík, Ing., - Roman, Dubnička, Mgr.,
- Anton, Rusnák, Ing., PhD

STU, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky,
lukas.lipnicky@stuba.sk

Futbal patrí medzi najobľúbenejšie a najrozšírenejšie kolektívne hry na celom svete. Prešiel zložitým vývojom a získal si popularitu všetkých vrstiev obyvateľstva vo väčšine krajín. Futbal kladie vysoké nároky na pripravenosť hráčov v oblasti pohybovej kultúry, v precízności ovládania lopty, vo zvládnutí kolektívnych akcií, ale nesmieme zabudnúť aj na myslenie, pretože hráč sa musí rozhodnúť v momente sekundy. Kvalitné osvetlenie je preto dôležité z hľadiska zabezpečenia optimálnych podmienok pre samotných hráčov ako aj kvalitného televízneho záznamu pre divákov.

Úvod

Osvetlením futbalových štadiónov sa zaoberajú technické normy ale aj rôzne odporúčania a špecifické požiadavky futbalových federácií. U nás sa problematikou osvetlenia futbalových štadiónov zaoberá norma STN EN 12193 v ktorej sú dané základné požiadavky z hľadiska úrovne súťaže a požiadavky na osvetlenie z hľadiska televízneho prenosu. Na medzinárodnej úrovni sa zaoberá požiadavkami na osvetlenie aj Medzinárodná federácia futbalových zväzov (FIFA), ktorá združuje 208 národných futbalových zväzov sveta. Tvori ju šesť futbalových konfederácií a medzi jej hlavné náplne patrí usporadúvanie majstrovstiev sveta. Jednou zo šiestich konfederácií je aj Únia európskych futbalových zväzov (UEFA), ktorá je hlavná riadiaca organizácia európskeho futbalu. Táto organizácia tak isto určuje svoje vlastné špecifické požiadavky na osvetlenie. Osvetlením športovísk sa zaoberajú aj dokumenty medzinárodnej komisie pre osvetľovanie CIE. Osvetlením futbalových štadiónov sa zaoberá CIE 057:1983, meraniami osvetlenia športovísk sa zaoberá CIE 067:1986, V CIE 112:1994 je popísaný systém hodnotenia osvetlenia pre vonkajšie športoviská a vonkajšie priestory a v CIE 169:2005 sú praktické návody pre návrh osvetlenia športovísk pre farebnú televíziu a filmové systémy. Jednotlivé technické normy a odporúčania majú rôzny systém kategorizovania úrovni súťaže a tak isto rozdielne podmienky na parametre osvetlenia. Na jednotlivé rozdiely medzi normou STN EN 12193, požiadavkami FIFA a požiadavkami UEFA bude poukázané v nasledujúcej kapitole.

Požiadavky na osvetlenie

Norma STN EN 12193 definuje tri triedy osvetlenia pre vrcholovú (I), strednú (II) a nižšiu (III) úroveň súťaže. V závislosti od úrovne súťaže sa priradí zodpovedajúcej úrovni trieda osvetlenia vid'. tabuľka 1. Pre jednotlivé triedy osvetlenia sú stanovené požiadavky na osvetlenie vzhľadom na vykonávaný šport vid'. tabuľka 2.

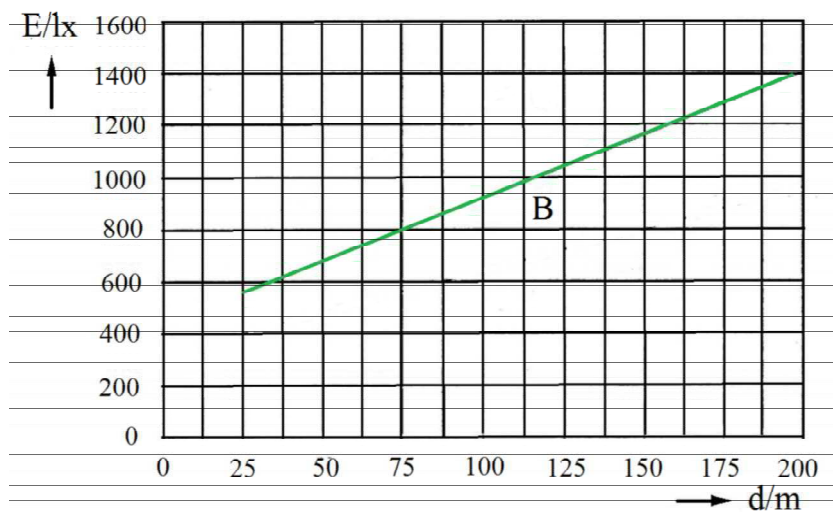
Úroveň súťaže	Trieda osvetlenia		
	I	II	III
Medzinárodná a národná	*		
Oblasťná	*	*	
Miestna	*	*	*
Tréning		*	*
Rekreačné/školské športy			*

• Tabuľka 1: Výber triedy osvetlenia

Trieda	Eav [lx]	Emin/Eav	GR	Ra
I	500	0,7	50	60
II	200	0,6	50	60
III	75	0,5	55	20

• Tabuľka 2: Tabuľka požiadaviek pre vonkajší futbal

Vertikálna intenzita osvetlenia je základom osvetlenia pre súťaže s kamerovými prenosmi. V STN EN 12193 je definovaná vo výpočtových bodoch sietí vo výške 1 meter. Hladina vertikálnej intenzity osvetlenia je závislá od snímacej vzdialenosti a rýchlosti pohybu (obrázok 1). V norme sú športy rozdelené do troch skupín A, B, C. Vonkajšiemu futbalu prislúcha skupina B. Pri známej vzdialenosti televíznej kamery je možné určiť prislúchajúcu hodnotu vertikálnej intenzity osvetlenia.



obrázok 1 Hladina vertikálnej intenzity osvetlenia ako funkcia maximálnej snímacej vzdialenosti

Rovnomernosť vertikálnej intenzity osvetlenia je daná vzťahom (1). Vzhľadom k tomu že osvetlená plocha tvorí väčšiu časť zorného poľa kamery, je dôležitý pomer medzi horizontálnou a vertikálnou intenzitou osvetlenia. Aby bola dostatočná rovnováha medzi danými intenzitami osvetlenia musí byť splnená podmienka (2). Pre rovnomernosť horizontálnej intenzity osvetlenia musí byť splnená podmienka podľa vzťahu (3).

$$\frac{E_{v \min}}{E_{v \max}} \geq 0,4 \quad (1) \quad 0,5 \leq \frac{E_{h \text{ av}}}{E_{v \text{ av}}} \leq 2 \quad (2) \quad \frac{E_{h \min}}{E_{h \max}} \geq 0,5 \quad (3)$$

- $E_{v \min}$ - minimálna vertikálna intenzita osvetlenia, $E_{v \max}$ - maximálna vertikálna intenzita osvetlenia,
 $E_{h \text{ av}}$ - priemerná horizontálna intenzita osvetlenia, $E_{v \text{ av}}$ - priemerná vertikálna intenzita osvetlenia,
 $E_{h \min}$ - minimálna horizontálna intenzita osvetlenia, $E_{h \max}$ - maximálna horizontálna intenzita osvetlenia.

Medzinárodná federácia futbalových zväzov definuje 5 tried osvetlenia, Tri triedy určené pre súťaž bez televízneho prenosu a ďalšie dve pre súťaže s televíznym. Trieda I je určená pre tréningové a rekreačné športy, trieda II pre ligové a klubové súťaže, trieda III je určená pre národné zápasy bez kamerového prenosu. Trieda IV je určená pre národné zápasy s televíznym prenosom a trieda V pre medzinárodné zápasy s televíznym prenosom. Požiadavky na osvetlenie v závislosti od jednotlivých tried sú uvedené v tabuľke 3 a tabuľke 4. Hladina vertikálnej osvetlenosti je stanovená vo výške 1,5m, jej hodnota je daná a neurčuje sa z grafu ako v STN EN 12193. Tak isto nie je definovaný pomer medzi priemernou horizontálnou a priemernou vertikálnou osvetlenosťou.

Trieda	E _{av} [lx]	E _{min} /E _{av}	GR	R _a
I	200	0,5	≤50	≥65
II	500	0,6	≤50	≥65
III	750	0,7	≤50	≥65

* Tabuľka 3: FIFA požiadavky na osvetlenie pre triedy I-III

Trieda	Pozícia kamery	Vertikálna osvetlenosť			Horizontálna osvetlenosť			GR	Ra
		Eav [lx]	Emin/Emax	Emin/Eav	Eav [lx]	Emin/Emax	Emin/Eav		
IV	Pevná	2000	0,5	0,65	2500	0,6	0,8	≤50	≥65
	pohyblivá	1400	0,35	0,6					
V	Pevná	2400	0,5	0,7	3500	0,6	0,8	≤50	≥65
	pohyblivá	1800	0,4	0,65					

* Tabuľka 4: FIFA požiadavky na osvetlenie pre triedy I-III

Kategorizácia štadiónov podľa UEFA delí futbalové štadióny do štyroch skupín podľa niektorých objektívnych kritérií (napr. rozmery hracej plochy, osvetlenie, počet miest, zázemie pre médiá a VIP hostí, zabezpečenie). Rôzne európske súťaže organizované UEFA a ich fáza sa potom môže hrať len na štadiónoch s istou minimálnou požiadavkou kategórií. Najnižšie požiadavky sú na Kategóriu 1, najvyššia Kategória 4 je vyžadovaná pre playoff Ligy majstrov, všetky zápasy hlavnej časti a tiež všetky zápasy hlavnej časti Európskej ligy. UEFA požiadavky na osvetlenie vychádzajú z požiadaviek FIFA. V UEFA smernici pre infraštruktúru štadiónov z roku 2010 sa nikde neuvádza hodnota horizontálnej intenzity osvetlenia. V požiadavkách pre jednotlivé kategórie štadiónov (tabuľka 5) sa uvádzajú len hodnoty vertikálnej intenzity osvetlenia vo výške 1,5m pre pevnú hlavnú kameru a pohyblivé kamery. V smernici je uvedená aj požiadavka na hodnotu priemernej vertikálnej osvetlenosti 300lx pre zápasy bez kamerového prenosu.

Kategória štadiónu	Pevná kamera Ev (lx)	Pohyblivá kamera Ev (lx)	Ev min/ Ev max	Ev min/ Ev av
1	800 - 1400	500 - 1000	0,4	0,6
2				
3	1200 - 1400	800 - 1000		
4	min 1400	min 1000		

* Tabuľka 5: UEFA požiadavky na osvetlenie

Meracia sieť

Podľa STN EN 12193 môže byť sieť bodov na meranie totožná so sieťou bodov na výpočet (tabuľka 6), ale zvyčajne to vedie k príliš veľkému počtu meraní. Preto sa odporúča používať menší počet bodov na meranie a namerané hodnoty porovnávať s hodnotami vypočítanými v týchto bodoch. Takto sa získa redukovaná sieť kontrolných bodov. Redukovaná sieť kontrolných bodov má byť odsúhlasená medzi projektantom a klientom a má slúžiť ako základ na overenie parametrov osvetlenia. Počet bodov siete na výpočet je predpísaný pre väčšinu športov v tabuľkách požadovaných svetelnotechnických parametrov. Treba pamätať na to, že v navrhovanej sieti bodov na výpočet je počet bodov pre dĺžku a šírku vždy nepárny a sieť bodov na meranie sa takto dá zostaviť z každého druhého bodu, pričom sa zachová symetrické rozloženie bodov na referenčnej ploche. Maximálna veľkosť siete kontrolných bodov sa odhaduje pomocou vzťahu (4). Počet bodov na väčšom rozmere je daný najbližším nepárnym násobkom d/p. Výsledná medzera medzi bodmi siete sa používa na výpočet najbližšieho nepárneho celého čísla počtu bodov na kratšej strane.

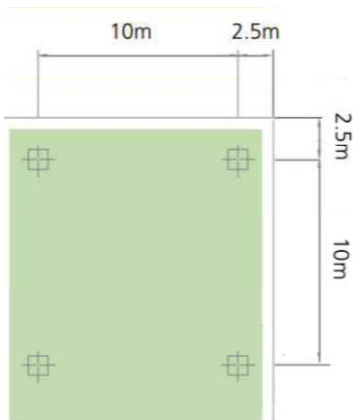
Šport vonku		Referenčná plocha		Počet bodov siete	
		Dĺžka [m]	Šírka [m]	Po dĺžke	Po šírke
Futbal	PA:	100 až 110	64 až 75	19 až 21	13 až 15
	TA:	108 až 118	72 až 83	21	13 až 15

* Tabuľka 6: Počet bodov výpočtovej siete v závislosti na rozmere základnej (PA) a celkovej (TA) plochy

$$p = 0,2 * 5^{\log d} \quad (4)$$

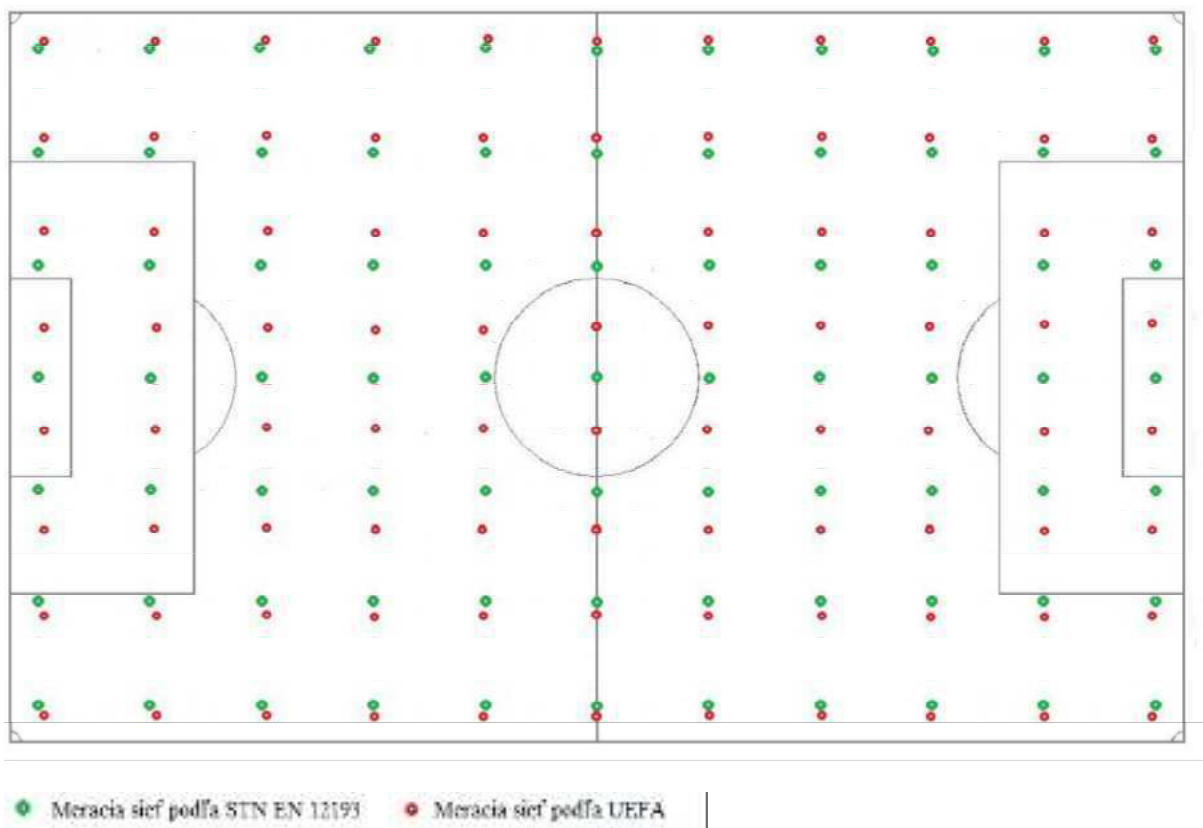
* p je veľkosť siete kontrolných bodov, a je väčší rozmer referenčnej plochy

FIFA a UEFA definujú sieť meracích bodov pre horizontálnu a vertikálnu intenzitu osvetlenia pomocou pevne daných rozmerov (obrázok 2). Ako vidieť na obrázku vzdialenosť medzi dvomi meracími bodmi v tom istom smere je 10m. Body pri postranných čiarach sú od postranných čiar vzdialené 2,5m.



obrázok 2 Rozloženie meracích bodov podľa FIFA a UEFA

Na obrázku 3 je porovnanie rozloženia meracích bodov STN EN 12193 a UEFA na štadióne z rozmermi základnej plochy 105m*68m. Pri rozložení meracej siete podľa STN EN 12193 bol ako merací bod určený každý druhý výpočtový bod. Počet bodov vo väčšom rozmere je rovnaký u oboch rozložení, rozdiel však nastáva pri rozložení v kratšom rozmere ihriska. Pri meracej sieti podľa STN je použitý nepárny počet bodov a pri meracej sieti UEFA páry počet, čo vyplýva z vyššie uvedených požiadaviek.



obrázok 3 Porovnanie rozloženia meracích bodov

Meranie osvetlenia

Meraný štadión by mal spĺňať požiadavky pre UEFA kategóriu 2. Pre meranie bola zvolená meracia sieť podľa odporúčanií UEFA v počte 11x8 bodov. Meranie vertikálnej osvetlenosti bolo realizované vo výške 1,5m. Všetky statické kamery na štadióne sú umiestnené v kamerových stanoviskách na tribúnach v poslednom rade sedadiel. Kamera 1 je umiestnená na severnej tribúne za brámkou. Kamera 2 je umiestnená na úrovni šestnástky na západnej tribúne, kamera 3 je definovaná ako prvá hlavná kamera. Je umiestnená zároveň stredovej čiare. Kamera 4 je umiestnená na úrovni šestnástky, kamera 5 na južnej tribúne za brámkou a kamera 6 je definovaná ako druhá hlavná kamera na východnej tribúne na úrovni stredovej čiare. Kamery umiestnené popri ihrisku umožňujúce dynamický pohyb pozdĺž autovej čiar neboli predmetom merania. Udržiavací činiteľ v projektovnej dokumentácii osvetľovacej sústavy nebol uvedený. Preto pri hodnotení bol použitý odhadnutý udržiavací činiteľ z pohľadu starnutia, mortality a výmeny svetelných zdrojov, čistoty prostredia, predpokladanej pravidelnosti údržby svetelných zdrojov a svetelno-činných častí svietidiel a predpokladanej intenzity využívania osvetľovacej sústavy na hodnotu 0,90. Rozšírená neistota merania intenzity osvetlenia s koeficientom rozšírenia $k = 2$ za predpokladu normálneho rozdelenia je $U = 8,4 \%$.



obrázok 4 rozmiestnenie kamier

	<u>E_{min} (lx)</u>	<u>E_{max} (lx)</u>	<u>E_p (lx)</u>	<u>U1</u>	<u>U2</u>	
Horizontálna osvetlenosť	1466	2491	1768	0,59	0,83	
Kamera 1	884	2097	1459	0,41	0,60	Vyhovuje
Kamera 2	905	2254	1415	0,40	0,64	Vyhovuje
Kamera 3	1017	2083	1404	0,49	0,72	Vyhovuje
Kamera 4	863	2023	1403	0,43	0,62	Vyhovuje
Kamera 5	953	2367	1584	0,40	0,60	Vyhovuje
Kamera 6	952	1966	1407	0,48	0,68	Vyhovuje

obrázok 5 Výsledky merania

Podľa výsledkov merania (obrázok 5) meraný futbalový štadión vyhovuje požiadavkám pre UEFA kategóriu štadiónu 1 a 2. Vo výsledkoch je uvedená aj hodnota horizontálnej intenzity osvetlenia i keď v smerniciach UEFA táto hodnota nie je definovaná.

Zhrnutie

Futbal je jeden z najrozšírenejších a najpopulárnejších športov na svete, preto sa neustále kladie dôraz na skvalitnenie a zlepšenie podmienok pre jeho vykonávanie. Nároky pre zrakovú činnosť sú prvoradé. Pri hre by nemalo dochádzať k strate kontaktu očí a futbalovej lopty a k tvorbe falošného videnia lopty ako dôsledku zlého osvetlenia. Osvetľovanie futbalových ihrísk a štadiónov je jedna z najrozsiahlšie spracovaných a zdefinovaných oblastí osvetľovania samotnou medzinárodnou futbalovou federáciou FIFA. Vzhľadom na to že touto problematikou sa zaoberajú aj iné dokumenty ako sú napríklad technické normy, smernice a dokumenty CIE je vždy potrebné venovať zvýšenú pozornosť na zváženie jednotlivých požiadaviek či už vo fáze návrhu nového osvetlenia alebo meraniu existujúceho.

Podakovanie

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] STN EN 12193 – Svetlo a osvetlenie - Osvetlenie športovísk, Slovenský ústav technickej normalizácie, 2012, ISC 91.160.01

[2] Guide to the artificial lighting of football pitches, dostupné na :
http://www.fifa.com/mm/document/tournament/competition/51/54/11/stadium_tech_rec_req_guide_to_lighting_en_7306.pdf

[3] UEFA stadium infrastructure regulations, Edition 2010, dostupné na :
<http://www.fai.ie/sites/default/files/atoms/files/UEFA%20Stadium%20Infrastructure%20Regulations%202010.pdf>

[4] Lighting and power supply – guide to lifting, dostupné na :
http://www.fifa.com/mm/document/tournament/competition/51/54/11/stadium_tech_rec_req_guide_to_lighting_en_7306.pdf

Implementácia využitia senzoričkých dát v multiagentnom riadiacom systéme AgSNET

Miroslav Kováč, Ing. PhD.

Peter Braciník, doc. Ing. PhD.

Výskumné centrum, Žilinská univerzita v Žiline, miroslav.kovac@rc.uniza.sk

Katedra výkonových elektrotechnických systémov, Žilinská univerzita v Žiline

Stanislav Mišák, doc. Ing. Ph.D.

Lukáš Prokop, Ing. Ph.D.

VŠB-TU Ostrava, katedra elektroenergetiky, stanislav.misak@vsb.cz, lukas.prokop@vsb.cz

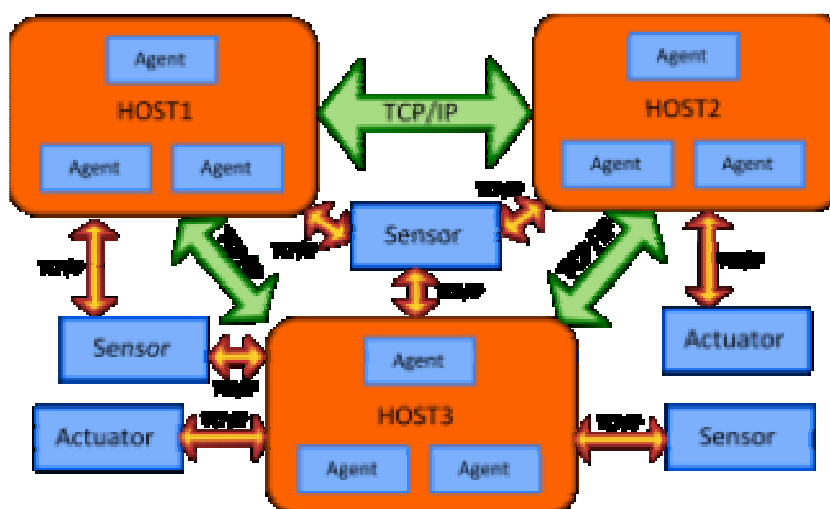
Úvod

Simulačný a riadiaci nástroj AgSNET (Agent Simulator .NET) je určený primárne pre riadenie priestorovo distribuovaných technologických systémov (elektrické siete, inteligentné budovy, atď.) prostredníctvom multiagentného systému. Multiagentný systém pozostáva z určitého množstva autonómnych agentov [1]. Tieto agenty môžu byť čisto softvérové alebo hardvérové. Každý agent je schopný vnímať a ovplyvňovať prostredie, v ktorom sa nachádza prostredníctvom komunikácie s inými agentami. V prípade, ak sa jedná o hardvérového agenta, dokáže navyše prijímať údaje zo senzorov (napr. meranie intenzity osvetlenia, teploty, ...) a ovládať príslušné aktuátory (napr. elektrické spínacie prvky).

Hlavné charakteristiky systému AgSNET

Nástroj AgSNET je vyvíjaný s cieľom implementovať nasledovné požiadavky:

- Umožniť chod určitého množstva agentov, ktoré sú vo všeobecnosti lokalizované na rôznych pracovných staniciach prepojených počítačovou sieťou.
- Umožniť pridávanie, odoberanie a zmenu konfigurácie agentov bez potreby reštartu celého systému.
- Ovládanie celého systému pomocou ktorejkoľvek pracovnej stanice.
- Používanie agentového komunikačného jazyka podľa štandardov organizácie FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) [2].
- Možnosť spojenia s externými senzormi a aktuátormi prostredníctvom TCP/IP protokolu.
- Možnosť dodatočnej špecifikácie komunikačných protokolov potrebných na spojenie agenta so senzorom resp. aktuátorom.



obr. č. 1 Teoretický príklad možného usporiadania multiagentného systému v prostredí AgSNET

Hostiteľ

Základný stavebný kameň systému AgSNET je aplikácia označená názvom *hostiteľ* (host). V základnej podobe obsahuje hostiteľ generátor grafického rozhrania a komunikačnú jednotku. Predpokladá sa, že celý systém pozostáva z niekoľkých aplikácií typu *hostiteľ*, pričom každá beží na inej pracovnej stanici. Každá aplikácia typu *hostiteľ* môže byť použitá na operatívne riadenie a zásahy do systému. Každý hostiteľ spravuje zoznam agentov, ktorých aktuálne prevádzkuje, ako aj zoznam ostatných hostiteľov. Hostiteľ môže byť upravený aj pre prevádzku na pracovných staniciach s nižším výpočtovým výkonom, prípadne pracujúcich na inej softwarovej platforme.

Komunikačná jednotka

Komunikácia medzi agentami v systéme AgSNET prebieha prostredníctvom hostiteľov. V prípade, ak sa komunikujúce agenty nachádzajú v rámci jedného hostiteľa, potom komunikačná jednotka príslušného hostiteľa predá správu vo forme interného objektu priamo adresátovi. V opačnom prípade je správa poslaná prostredníctvom protokolu HTTP tomu hostiteľovi, ktorý obsahuje adresovaného agenta. Základnou úlohou komunikačnej jednotky každého hostiteľa je udržiavanie prehľadu o aktuálnej lokalizácii jednotlivých agentov pre účely správneho smerovania správ medzi agentami. Komunikačná jednotka taktiež umožňuje zobrazenie diagnostických informácií o hostiteľovi, resp. príslušných agentoch prostredníctvom štandardného internetového prehliadača.

Agent

V celom systéme je definovaný jediný generický typ agenta. Príslušnú špecifickú funkcionálnosť je možné, podľa určenia agenta, dodatočne definovať prostredníctvom skriptu bez nutnosti rekompilácie celej aplikácie.

Každý agent obsahuje nasledovné komponenty:

- bázu poznatkov,
- databázu pravidiel,
- databázu akcií,
- prepojenie na senzory a aktuátory.

Všetky komunikačné potreby agenta sú riešené prostredníctvom centrálnej komunikačnej jednotky hostiteľa. Prepojenie agenta so senzormi a aktuátormi je realizované prostredníctvom TCP/IP spojení v paralelných vláknoch spravovaných agentom samotným.

Senzor agenta

Senzor agenta je softvérový prevodník, ktorý zabezpečuje dekódovanie prijatých dát prostredníctvom siete Ethernet a následné uloženie v báze znalostí agenta. Aby bolo použitie senzora čo najuniverzálnejšie, je definovaný pre prácu v dvoch módoch, dvoch protokoloch a s tromi všeobecnými formátmi pre výmenu dát.

Mód	Interval, Listen
Protokol	TCP, HTTP
Formát	XML, CSV, ByteArray

tab. č. 1 Možné konfigurácie senzora agenta

Interval mód

V móde *Interval* sa senzor agenta v definovaných časových intervaloch pripája na adresu vzdialeného hardvérového senzora a zasiela požiadavku na hodnotu meranej veličiny, prípadne aj viacerých veličín. Následne očakáva odpoveď vo vopred definovanom formáte určenú na dekódovanie.

Listen mód

V móde *Listen* zabezpečuje senzor agenta otvorenie príslušného TCP portu, na ktorom čaká na prichádzajúce spojenie od vzdialeného hardvérového senzora. Po nadviazaní spojenia senzor agenta dekóduje prijaté bajty pomocou definovaného kľúča a následne aktualizuje príslušné položky v báze znalostí. Spojenie so vzdialeným hardvérovým senzorom trvá, až kým nie je prerušené jednou z komunikujúcich strán alebo poruchou.

Protokol

Ak má senzor agenta nastavený protokol TCP, potom komunikuje s druhou stranou prostredníctvom priameho zasielania, resp. prijímania, definovanej sekvencie bajtov na určený TCP port. O správnosť a zrozumiteľnosť sa musí postarať užívateľ pri konfigurácii senzora. Tento spôsob je vhodný hlavne pre komunikáciu s meracími zariadeniami, ktoré používajú jednoduché sériové protokoly a je možné ich pripojiť cez TCP/IP bránu do siete Ethernet.

V prípade použitia protokolu HTTP sa senzor agenta pripája na vzdialený HTTP server prostredníctvom príkazu GET. Užitočné dáta sa nachádzajú v časti *Content* v odpovedi http servera. Tento spôsob je možné použiť aj pre získavanie dát priamo z internetovej stránky, za predpokladu, že je napísaná podľa štandardu XHTML a požadované dáta sa nachádzajú na presne definovateľnom mieste v textovej podobe. Ak je súčasne nastavený mód *Listen* a protokol HTTP, potom senzor agenta pracuje ako HTTP server, pričom užitočné dáta sú prijaté v časti *Content* v správe POST, ktorá je na senzor agenta (server) adresovaná.

Formát XML

Nastavenie formátu XML (*Extensible Markup Language*) pre senzor agenta určuje, že prijaté dáta dekódované na text majú formát XML dokumentu. Hodnoty jednotlivých položiek sú vyhľadávané prostredníctvom XPath výrazov. Príklad konfigurácie senzora agenta, ktorý spracováva namerané hodnoty teplôt z troch rôznych miestností a prijíma ich od jedného servera vo formáte XML je uvedený na obr. č.2 a v tabuľke č. 2.

```
<Values>
  <Room Name="NC210" Temp="22.7"/>
  <Room Name="NI309" Temp="23.2"/>
  <Room Name="ND213" Temp="22.9"/>
</Values>
```

obr. č. 2 Príklad XML syntaxe prijatých dát senzora agenta

Položka	XPath
Temp_nc210	Values/Room[@Name='NC210']/@Temp
Temp_ni309	Values/Room[@Name='NI309']/@Temp
Temp_nd213	Values/Room[@Name='ND213']/@Temp

tab. č. 2 Hodnoty XPath výrazov pre získanie jednotlivých dátových položiek z XML dokumentu

Formát CSV

Nastavenie formátu CSV (*Comma Separated Values*) pre senzor agenta určuje, že prijaté dáta majú po dekódovaní bajtov formu textu, pričom hodnoty jednotlivých položiek sú oddelené definovaným oddeľovacím znakom. Väčšinou sa používa čiarka alebo bodkočiarka, ale je možné použiť akýkoľvek iný znak.

```
Key : Temp_nc210@Temp_ni309@Temp_nd213
Data: 22.7@23.2@22.9
```

obr. č. 3 Príklad CSV konfigurácie senzora

Príklad konfigurácie dekódovania prostredníctvom formátu CSV s oddeľovacím znakom '@' je uvedený na obr. č. 3. V časti *Key* je uvedený text kľúča, tak ako je definovaný v konfigurácii senzora agenta a v časti *Data* sú prijaté dáta dekódované do textovej podoby. Cieľové položky v báze znalostí agenta sú rovnaké ako v predošlom prípade.

Formát ByteArray

V prípade komunikácie prostredníctvom binárneho protokolu je potrebné, aby senzor agenta používal formát ByteArray. Implementácia príslušného protokolu je realizovaná prostredníctvom skriptu, ktorý je spustený vždy

po prijatí určitého množstva dát, resp. v pravidelných intervaloch pri použití módu *Interval*. Kód môže byť napísaný v jazyku *C#* alebo *VisualBasic*, pričom je možné používať metódy pre prácu s údajmi v báze znalostí agenta.

Na obr. č. 4 je uvedený príklad skriptu, ktorý spracováva binárny vstup pozostávajúci zo 4 fixných bajtov na začiatku rámca a dvoch hodnôt typu *double* na konci. Prvá hodnota určuje nameraný účinník a druhá hodnota veľkosť zdanlivého výkonu. Následne sú vypočítané hodnoty činného a zdanlivého výkonu, ktoré sú potom pomocou určených metód *Add* uložené do bázy poznatkov agenta.

Ak senzor pracuje v režime *Interval*, potom je po uplynutí definovaného času opätovne spustený príslušný skript, ktorý zabezpečí naplnenie poľa bajtov určeného na odoslanie po sieti *Ethernet* na cieľovú adresu.

```
input.ReadBytes(4);
double pf = input.ReadDouble();
double AppPower = input.ReadDouble();
input.Close();
double actpow = AppPower*pf;
double reactpow = Math.Sqrt(AppPower*AppPower - actpow*actpow);
SM.Add("ActPower",actpow);
SM.Add("ReactPower",reactpow);
SM.Console.WriteLine("Power calculation done!");
```

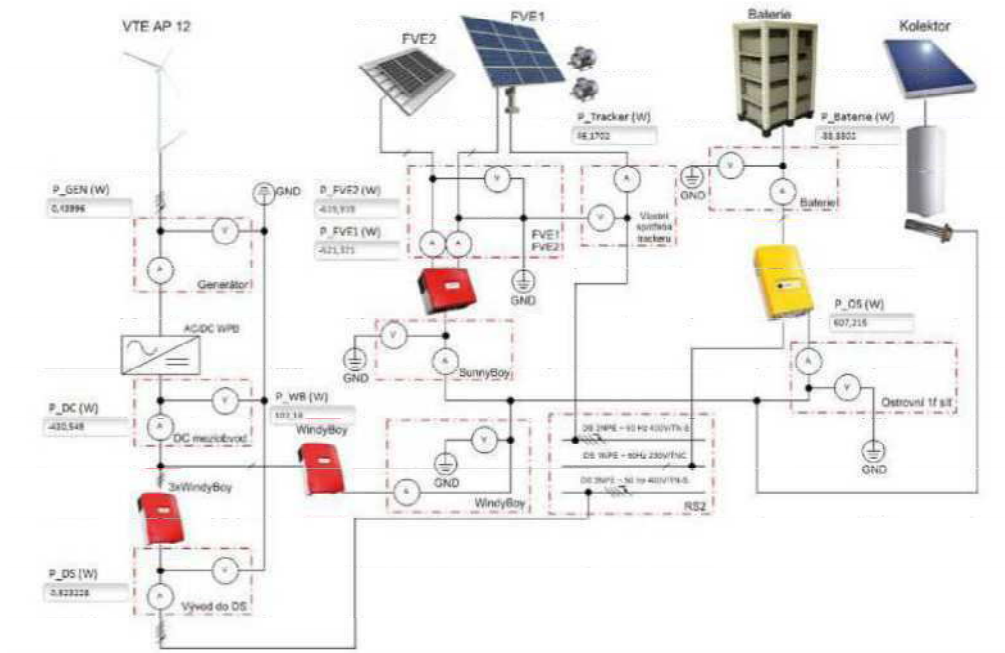
obr. č. 4 Príklad skriptu pre spracovanie dát vo formáte *ByteArray*

Záver

V rámci vedecko-výskumných aktivít Výskumného centra a Katedry výkonových elektrotechnických systémov Žilinskej univerzity v Žiline sa vyvíja simulačný a riadiaci nástroj *AgSNET*, ktorý je riešený ako multiagentný systém. Jednou zo základných výhod multiagentne orientovaného riadiaceho systému je to, že dokáže riešiť zložité úlohy prostredníctvom medzi sebou navzájom komunikujúcich agentov s rôznou funkcionalitou. Každý z týchto agentov potrebuje pre svoju činnosť informácie o svojom okolí. Pri riadení priestorovo distribuovaných technologických systémov, ako sú napr. inteligentné budovy alebo elektrické siete, sa očakáva, že značnú časť týchto informácií bude agent získavať od rôznych typov senzorov.

Za týmto účelom bola do systému *AgSNET* implementovaná funkcionalita umožňujúca komunikáciu agentov so senzormi prostredníctvom siete *Ethernet*. Pre zabezpečenie maximálnej využiteľnosti rôznych typov senzorov a zachovanie priechodnosti komunikačnej siete je možné získavať dáta zo senzora nepretržite alebo v presne definovaných časových intervaloch, s použitím *TCP* alebo *HTTP* protokolu.

Testovanie schopnosti systému *AgSNET* získavať dáta zo senzorov pracujúcich v reálnej prevádzke je plánované v rámci monitorovania a riadenia *SMART GRID* systému rodinného domu [3], ktorý je budovaný a prevádzkovaný pracovníkmi *VŠB-TU Ostrava*. Ku jestvujúcemu riadiacemu a monitorovaciemu systému bude paralelne aplikovaný systém *AgSNET*, ktorý bude využívať informácie z rovnakých meracích bodov ako pôvodný riadiaci systém. Schéma miest, kde je instalované meranie je zobrazeno na obr. č. 5, pro meranie proudů a napětí jsou instalovány A/D převodníky, kde signály z těchto převodníků jsou koncentrovány pomocí digitální měřicí karty firmy *National Instruments*.



obr. č. 5 Schéma zapojení systému měření.

Po naprogramování požadované funkcionality do jednotlivých agentů systému AgSNET bude probíhat intenzivně testování schopnosti multiagentního systému získávat informace ze senzorů a vykonávat požadované řídicí a monitorovací funkce.

Poděkování

Príspevok vznikol s podporou Európskeho fondu regionálneho rozvoja a štátneho rozpočtu SR v rámci projektu „Výskumné centrum Žilinskej univerzity v Žiline“, ITMS 26220220183.

This work was also supported within the framework of the IT4Innovations Centre of Excellence project, reg. no. CZ.1.05/1.1.00/02.0070 supported by Operational Programme 'Research and Development for Innovations' funded by Structural Funds of the European Union and state budget of the Czech Republic, Additionally, this article has been elaborated in the framework of the project New creative teams in priorities of scientific research, reg. no. CZ.1.07/2.3.00/30.0055, supported by Operational Program Education for Competitiveness and co-financed by the European Social Fund and the state budget of the Czech Republic, project ENET – Energy Units for Utilization of non-Traditional Energy Sources CZ.1.05/2.1.00/03.0069, Students Grant Competition project reg. no. SP2014/49, project LE13011 Creation of a PROGRES 3 Consortium Office to Support Cross-Border Cooperation and project InterEnergy (CZ.1.07/2.3.00/20.0075).

Literatúra a odkazy

- [1] Wooldridge, M.: *An Introduction to MultiAgent Systems*, John Wiley & Sons, 2009, ISBN 978-0-470-51946-2
- [2] <http://www.fipa.org/repository/standardspecs.html>
- [3] <http://hybridni-system.vsb.cz/>

Kvalita elektrické energie v ostrovních systémech

Lukáš Prokop, Ing. Ph.D.

Stanislav Mišák, doc.Ing. Ph.D.

Petr Krejčí, doc. Ing. Ph.D.

VŠB – TU Ostrava, lukas.prokop@vsb.cz, stanislav.misak@vsb.cz, petr.krejci@vsb.cz

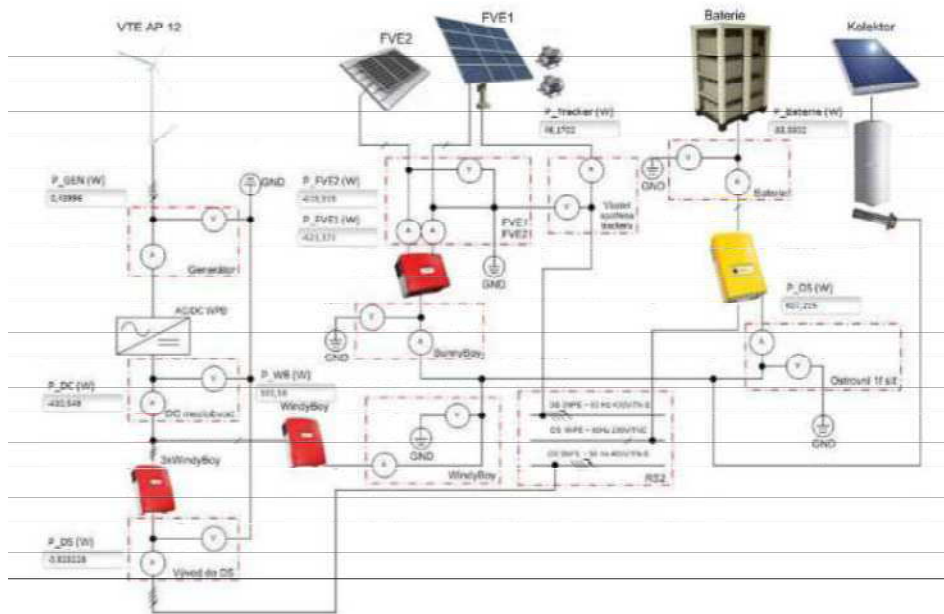
Úvod

V poslední době jsou čím dál, tím více využívány inteligentní technologie ve všech oblastech energetiky a celý vývoj vede k přeměně klasické struktury elektrizační soustavy s převládajícím jedním směrem toku výkonu ke moderním inteligentním sítím se specifickými vlastnostmi, jako je například možnost změny směru toku výkonu, odpojení a zpětné připojení vymezené části soustavy (desynchronizace a resynchronizace) nebo maximální možné efektivní využití obnovitelných zdrojů elektrické energie, atd.

Výzkum prováděný na VŠB – TU Ostrava se zaměřuje právě na chování vymezených částí elektrizační soustavy, tzv. mikro sítí a jejich provozní stavy v ostrovním provozu, bez připojení k rozsáhlé elektrizační soustavě. Model takové mikro sítě byl realizován v areálu VŠB – TU Ostrava v rámci výzkumu obnovitelných zdrojů elektrické energie.

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 akumulací 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 akumulacího systému a zdrojů byly publikovány v [4],[5],[6].

Cílem vybudování tohoto fyzikálního modelu bylo získat technickou platformu pro testování sofistikovaného systému řízení, provozních stavů a např. systému ochrany této mikro sítě. Struktura celého fyzikálního modelu je uvedeno na obr. 1.



• obr. 1 Schéma fyzikálního modelu

V současné době je tento fyzikální model vybaven sofistikovaným systémem řízení, který na základě informací o predikované výrobě a spotřebě elektrické energie a stavu akumulčního zařízení řídí provoz jednotlivých spotřebičů tak, aby bylo minimalizováno narušení běžného provozu domácnosti reprezentované fyzikálním modelem. Tento fyzikální model je vytvořen tak, aby umožnil jako trvalý ostrovní provoz, ale i paralelní provoz se sítí. Tyto změny způsobují poměrně razantní změny některých elektrických parametrů této mikro sítě, jako je zkratový výkon, vyšší odchylky frekvence, zvýšení celkového harmonického zkreslení atd. Tyto důsledky ostrovního provozu je potřeba brát v úvahu, jelikož společně s vývoj techniky roste i citlivost jednotlivých zařízení a kvalitu elektrické energie.

Cílem tohoto článku je prezentovat prvotní analýzu kvality elektrické energie v obou možných provozních stavech fyzikálního modelu.

Kvalita elektrické energie

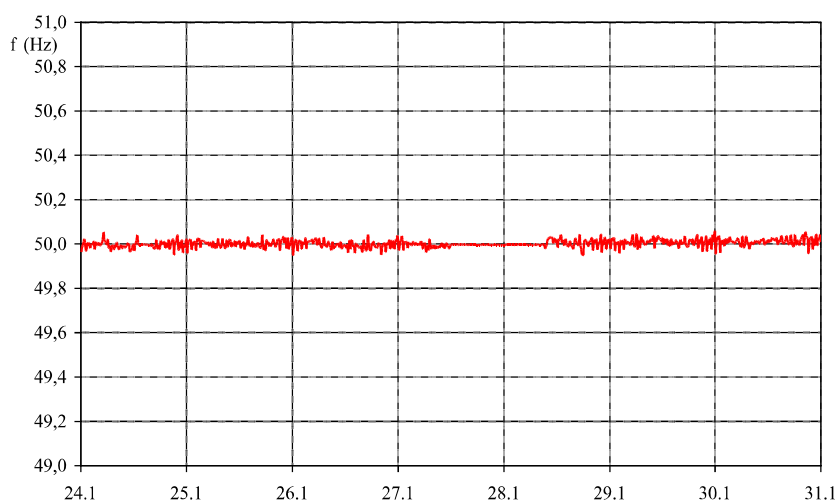
V současné době je oblast hodnocení kvality elektrické energie hodnocena několika normami, které definují kvalitu elektrické energie, požadavky na přístroje, kterými se kvalita elektrické energie měří nebo způsob vyhodnocení naměřených dat.

Pro čistě ostrovní systémy v současné době není v platnosti žádná specifická samostatná norma, všechny analýzy uvedené v tomto článku jsou proto provedeny podle norem platných pro klasické sítě, u kterých se předpokládá paralelní provoz s elektrizační soustavou.

Mezinárodní norma IEC 61000-2-2 "elektromagnetická kompatibilita" je zaměřena rušení šířených vedením v kmitočtovém rozsahu od 0 kHz do 9 kHz s rozšířením až do 148,5 kHz specificky pro systémy signálů ve veřejných rozvodných sítích. Tato norma uvádí kompatibilní úrovně pro veřejné střídavé distribuční sítě nízkého napětí, které mají jmenovité fázové napětí až do 420 V nebo sdružené napětí 690 V a jmenovitý kmitočet 50 Hz nebo 60 Hz.

Kompatibilní úrovně specifikované v této normě platí ve společném napájecím bodu. Zkušební úrovně rušení na svorkách vstupu napájení zařízení, jejichž napájení je z výše uvedených sítí, se mohou převážně považovat za stejné jako ve společném napájecím bodu. V některých situacích tomu tak není, zejména v případě dlouhého vedení určeného k napájení konkrétní instalace nebo v případě rušení generovaného nebo zesilovaného uvnitř instalace, v které zařízení tvoří její část.

Kompatibilní úrovně jsou specifikovány pro elektromagnetická rušení typů, které mohou být ve veřejných rozvodných sítích nízkého napětí očekávány. Většina těchto jevů je popsána v IEC 61000-2-1. V případech, kde vytvoření vhodných kompatibilních úrovní není možné, jsou poskytnuty některé informace.



• obr. 2 Průběh frekvence systému v režimu on-grid (leden)

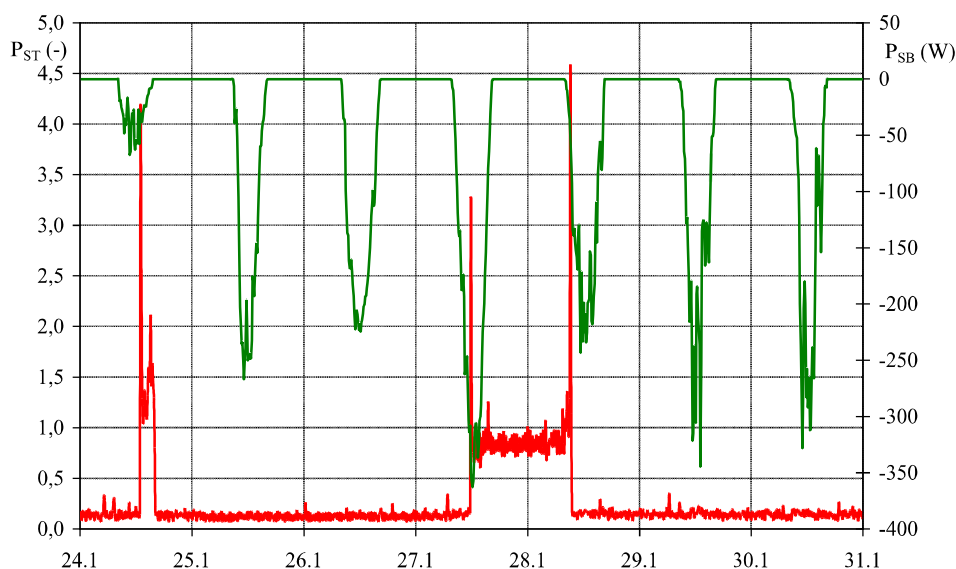
Samotný způsob měření je definován v IEC61000-4-30 (2008). Analyzátoři kvality jejichž funkce je definována v IEC61000-4-30 poskytují periodická data, která jsou statisticky zpracována dle příslušných postupů a metod.

Evropská norma EN 50160 definuje, jakých způsobem mají být naměřená data interpretována. V této normě jsou definovány hlavní charakteristiky napětí v místech připojení odběratelů z veřejných distribučních sítí nízkého a vysokého napětí ze normálních provozních podmínek. Norma udává meze nebo hodnoty charakteristických hodnot napětí, jaké může za normálních provozních podmínek očekávat kterýkoliv odběratel.

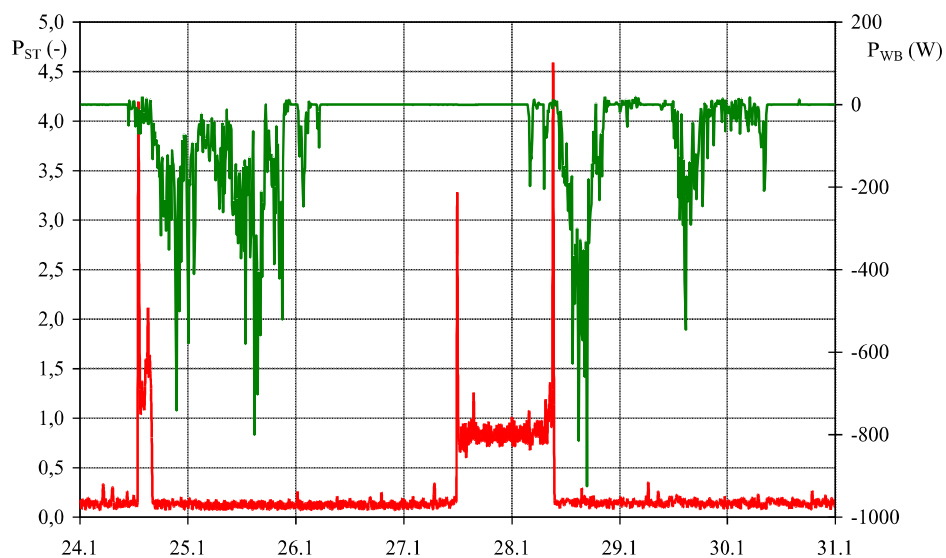
Vyhodnocení kvality elektrické energie

Z dlouhodobých měření kvality elektrické energie byly vybrány dva týdenní úseky v období 24. 1.-30. 1. 2014 a 1. 5. - 7. 5. 2014. První týden (leden) reprezentuje vyhodnocení systému v režimu on-grid při kterém byly v provozu jak fotovoltaická elektrárna, tak větrná elektrárna. Druhý vyhodnocený týden (květen) reprezentuje systém, který pracuje v režimu off-grid při kterém je v provozu jen fotovoltaická elektrárna. Prozatím nejsou k dispozici výsledky v režimu off-grid při provozu obou zdrojů, tedy FVE a VTE.

Pro vyhodnocení byla použita norma EN 50160 pro veřejné distribuční sítě. Byly vyhodnoceny 95% hodnoty z desetiminutových průměrů týdenního měření. Tyto 95% hodnoty flikru, harmonický napětí a THDu jsou uvedeny v tab. 1. Pro průběhy byla zvolena krátkodobá míra vjemu flikru (P_{ST}), která má pro tyto účely lepší vypovídací schopnost, než dlouhodobá míra vjemu flikru (P_{LT})

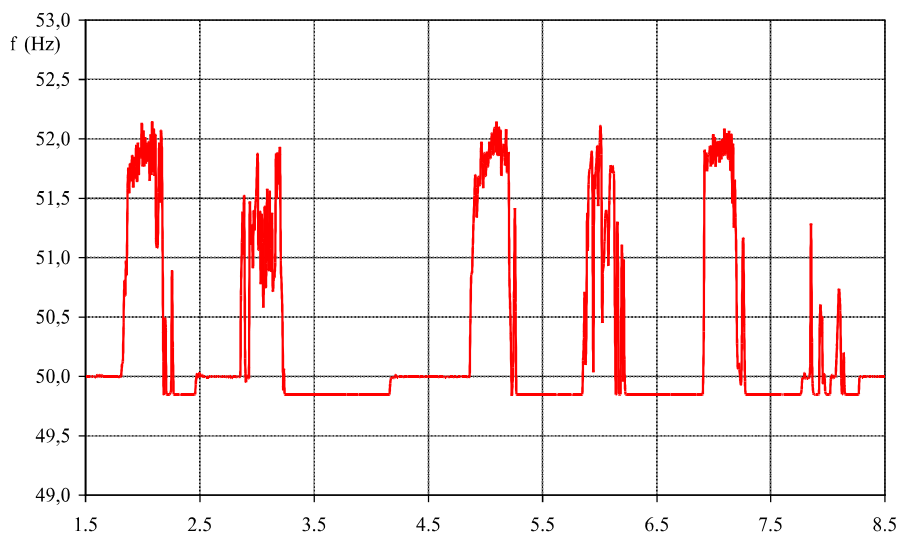


• obr. 3 Průběh flikru a výkonu FVE v režimu on-grid (leden)

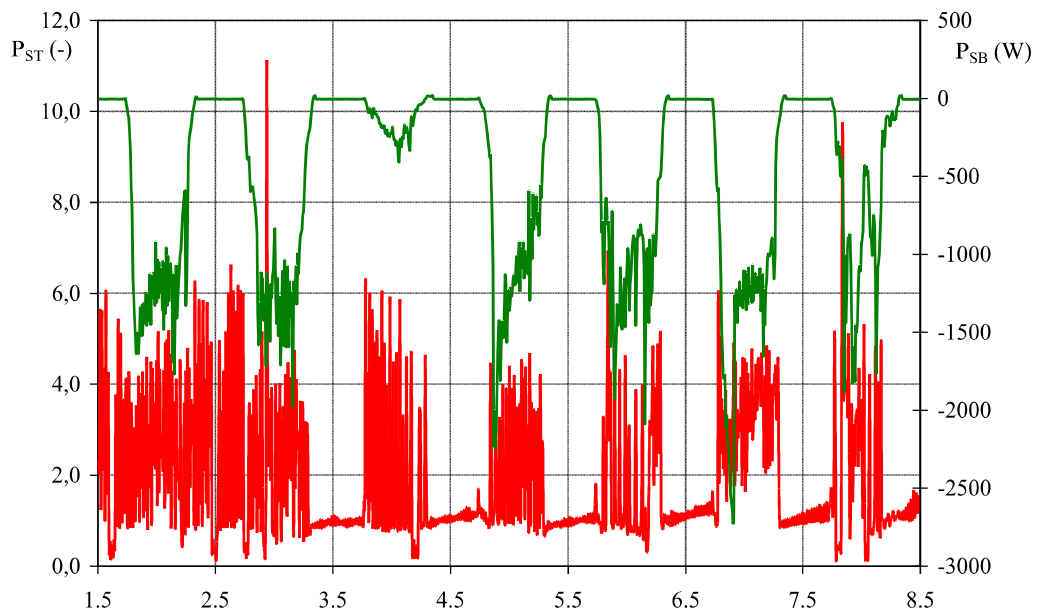


• obr. 4 Průběh **flickru** a **výkonu VTE** v režimu on-grid (leden)

Na obr. 2, obr. 3 a obr. 4 jsou zobrazeny průběhy frekvence, flickru a výkonů FVE a VTE v režimu on-grid (leden). Z průběhů je vidět, že frekvence je dána frekvencí sítě a průběh flickru není ovlivněn výkonem připojených FVE a VTE. Vyšší hodnoty flickru mohou mít původ buď v pozadí sítě, nebo ve změnách zatížení (spínací přechodové jevy) v místě měření.



• obr. 5 Průběh frekvence systému v režimu off-grid (květen)

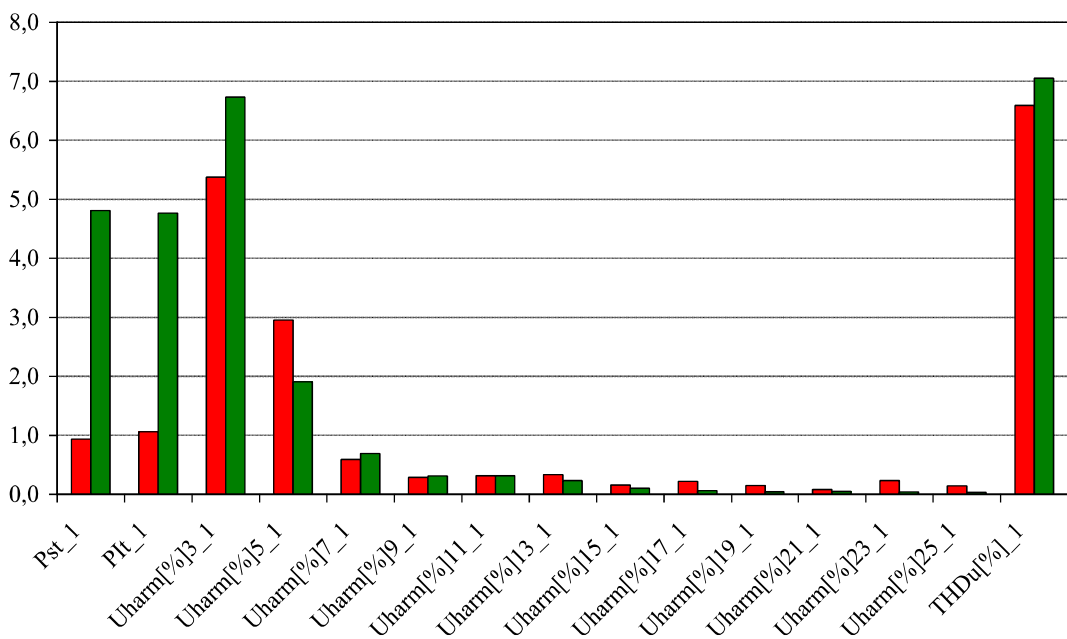


• obr. 6 Průběh flikru a výkonu FVE v režimu off-grid (květen)

Na obr. 5 a obr. 6 jsou vidět průběhy frekvence, flikru a výkonu FVE v režimu off-grid (květen). Z průběhů je vidět, že v době dodávky výkonu z FVE se frekvence zvýšila na cca 52 Hz, a také se velmi výrazně zvýšila hodnota krátkodobé míry vjemu flikru až na 6.

tab. 1 95% hodnoty flikru, harmonických napětí a THDu

	on-grid VTE+FVE	off-grid FVE
Pst_1	0,93	4,81
Plt_1	1,06	4,77
Uharm[%]3_1	5,37	6,73
Uharm[%]5_1	2,95	1,90
Uharm[%]7_1	0,59	0,69
Uharm[%]9_1	0,28	0,31
Uharm[%]11_1	0,31	0,31
Uharm[%]13_1	0,33	0,23
Uharm[%]15_1	0,16	0,10
Uharm[%]17_1	0,22	0,06
Uharm[%]19_1	0,15	0,04
Uharm[%]21_1	0,08	0,04
Uharm[%]23_1	0,23	0,04
Uharm[%]25_1	0,14	0,03
THDu[%]_1	6,59	7,05



• obr. 7 95% hodnoty flikru, harmonických napětí a THDu

Na obr. 7 jsou zobrazeny 95% hodnoty vybraných parametrů kvality. Z těchto hodnot vyplývá, že kromě vlivu na frekvenci, má připojená FVE elektrárna velmi výrazný vliv na flikr. Zatímco v režimu on-grid dosahuje flikr (95% hodnoty Pst i Plt) hodnotu 1, pak v režimu off-grid dosahuje v tomto konkrétním případě téměř hodnotu 5. Tato velmi vysoká hodnota flikru je způsobena tím, že provozovaná ostrovní síť má na rozdíl od režimu on-grid řádově nižší zkratový výkon, jedná se o tzv. „měkkou“ síť.

Závěr

Možnost odpojení a zpětné připojení části elektrizační soustavy je jedním z hlavních znaků či vlastností moderních inteligentních sítí, označovaných jako smart grids. V potaz je však potřeba vzít změny parametrů v případech, kdy dochází k provozu v čistě ostrovním režimu. Zejména razantní změna velikosti zkratového výkonu má přímý vliv na

stabilitu chodu sledované mikro sítě. Stejně tak je potřeba vzít v úvahu, že současné přístroje jsou čím dále, tím více citlivější na kvalitu elektrické energie a nedodržení normami stanovených limitů kvality elektrické energie může mít za následek chybný provoz zařízení, ale i zvýšenou možnost poškození daného zařízení.

Dlouhodobým cílem v této oblasti je výzkum metod a postupů, kdy na základě předpokládané konfigurace mikro sítě a predikované výroby elektrické energie bude možné predikovat jednotlivé hodnoty parametrů kvality elektrické energie a v případech, kdy by hrozilo překročení definovaných limitů v minimálním případě vyslat informaci uživateli nebo provozovateli takové mikro sítě. V ideálním případě síť rekonfigurovat tak, aby k překročení limitních hodnot vůbec nedošlo, pokud taková rekonfigurace sítě není možná, potom iniciovat odpojení spotřebičů, které by těmito jevy mohly být poškozeny.

Poděkování

This work was supported within the framework of the IT4Innovations Centre of Excellence project, reg. no. CZ.1.05/1.1.00/02.0070 supported by Operational Programme 'Research and Development for Innovations' funded by Structural Funds of the European Union and state budget of the Czech Republic, Additionally, this article has been elaborated in the framework of the project New creative teams in priorities of scientific research, reg. no. CZ.1.07/2.3.00/30.0055, supported by Operational Program Education for Competitiveness and co-financed by the European Social Fund and the state budget of the Czech Republic, project ENET – Energy Units for Utilization of non-Traditional Energy Sources CZ.1.05/2.1.00/03.0069, Students Grant Competition project reg. no. SP2014/49, project LE13011 Creation of a PROGRES 3 Consortium Office to Support Cross-Border Cooperation and project InterEnergy (CZ.1.07/2.3.00/20.0075).

Literatura a odkazy

- [1] S. Bhattacharyya, J. Myrzik, and W. Kling, "Consequences of poor power quality - an overview," in Universities Power Engineering Conference, 2007. UPEC 2007. 42nd International, Sep. 2007, pp. 651 – 656.
- [2] K. Al-Haddad, "Power quality issues under constant penetration rate of renewable energy into the electric network," in Power Electronics and Motion Control Conference (EPE/PEMC), 2010 14th International, Sep. 2010, pp. S11–39 –S11–49.
- [3] Rodway, J., Musilek, P., Mišák, S., Prokop, L., Bilík, P., Snášel, V., „Towards prediction of photovoltaic power quality“ in 26th IEEE Canadian Conference Of Electrical And Computer Engineering (CCECE), 2013, ISBN 978-1-4799-0031-2, DOI: 10.1109/CCECE.2013.6567680
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.

Možnosti řízení spotřeby energií v rodinných domech v ostrovním provozu

doc. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D., Ing. Jindřich Stuchlý, Ing. Lukáš Prokop, Ph.D., doc. Ing. Peter Bracínik, Ph.D.

VŠB-TU Ostrava, stanislav.misak@vsb.cz, Žilinská univerzita v Žilině,
Peter.Bracinik@kves.uniza.sk

Abstrakt

Trendem posledních let různých energetických i stavebních společností je budování energeticky nenáročných komplexů, ať již administrativních budov, bytových komplexů nebo rodinných domů. Jedna z možností, jak snížit energetickou náročnost, je vytvoření takové energetické platformy, která by zásobovala daný objekt tepelnou i elektrickou energií bez závislosti na vnější energetické soustavě a přitom využívala lokální zdroje energie, v ideálním případě zdroje obnovitelné. V rámci příspěvku jsou publikovány praktické zkušenosti z provozu takového objektu, konkrétně platformy pro rodinný dům, která byla vybudována v areálu VŠB-TUO.

Úvod

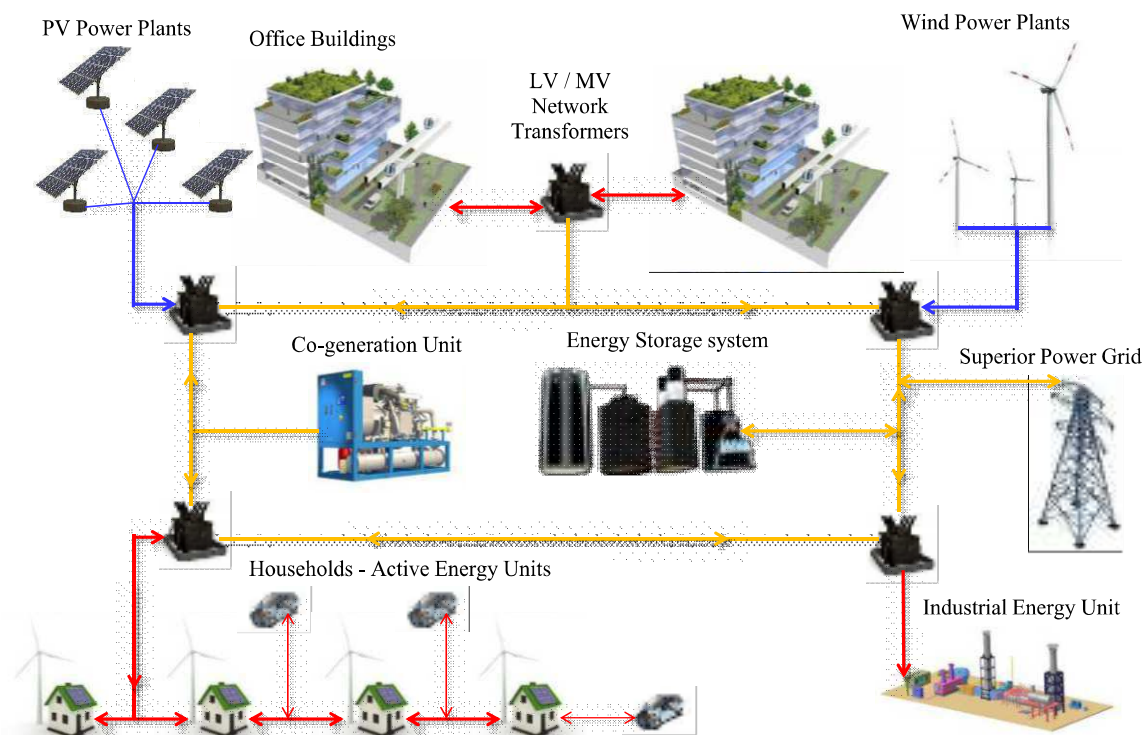
Jednou z možností jak maximálně využít potenciál a minimalizovat negativní vlivy obnovitelných zdrojů je jejich lokální spotřeba v místě produkce. Ostrovní neboli Off-Grid systémy jsou energetické jednotky nezávislé na distribuční síti. Tyto systémy bezpochyby naleznou využití tam, kde není fyzicky možné zřídít přípojku elektrického vedení, jejíž výstavba by byla nerentabilní anebo provozovatel (vlastník) objektu jednoduše nechce být závislý na dodávce elektrické energie od distributora.

Off-Grid systém je v tomto případě definován jako energetická jednotka nezávislá na dodávce elektrické energie z nadřazené rozvodné elektrické sítě. Tento systém v sobě spojuje kombinaci obnovitelných zdrojů, konkrétně fotovoltaické a větrné elektrárny, které jsou na sobě nezávislé a vzájemně se doplňují. V době přebytků a naopak nedostatků elektrické energie lze za použití vhodně zvolené akumulace zajistit spolehlivou dodávku elektrické energie pro elektrické spotřebiče. V krajních situacích může být jako rezerva použit záložní generátor pro případ, kdy nebude dostatek sluneční ani větrné energie pro zachování činnosti spotřebičů s nejvyšší prioritou a akumulátory budou vybité. Samozřejmostí pro plné využití tohoto systému je nízkoenergetická stavba s těmi nejvyššími standardy úspory energií.

Off-Grid systém je v tomto kontextu chápán jako základní buňka, neboli element pro tzv. Smart-Grid systém, což je nezávislý energetický systém, který musí disponovat určitými specifickými požadavky, které jsou:

- Energetická soběstačnost – energetická jednotka, která může pracovat nezávisle na dodávce z vnější energetické soustavy, ale zároveň musí být schopna paralelní spolupráce s jinými jednotkami a soustavami.
- Energetická jednotka pracuje na vyrovnané bilanci – výroba vs. spotřeba elektrické energie. Tedy, je vyrobeno jen takové množství energie, které je potřeba, přičemž přebytky elektrické energie jsou akumulovány s využitím akumulačního zařízení.
- Možnost akumulace elektrické energie prostřednictvím akumulačního zařízení, např. v podobě baterií, palivových článků, stlačeného vzduchu, přečerpávacích elektráren, tepla, atd.
- Jako primární zdroje elektrické energie jsou využívány fotovoltaické a větrné elektrárny
- Schopnost interakce sítě a netradičních zátěží a podobě elektromobilů a jiných elektrických dopravních prostředků ve smyslu rekuperace.
- Implementace nové koncepce chránění z důvodu proměnlivého zkratového výkonu a přetoků výkonu z nižších napěťových hladin.

- Aktivní systém řízení s podporou metod umělé inteligence.



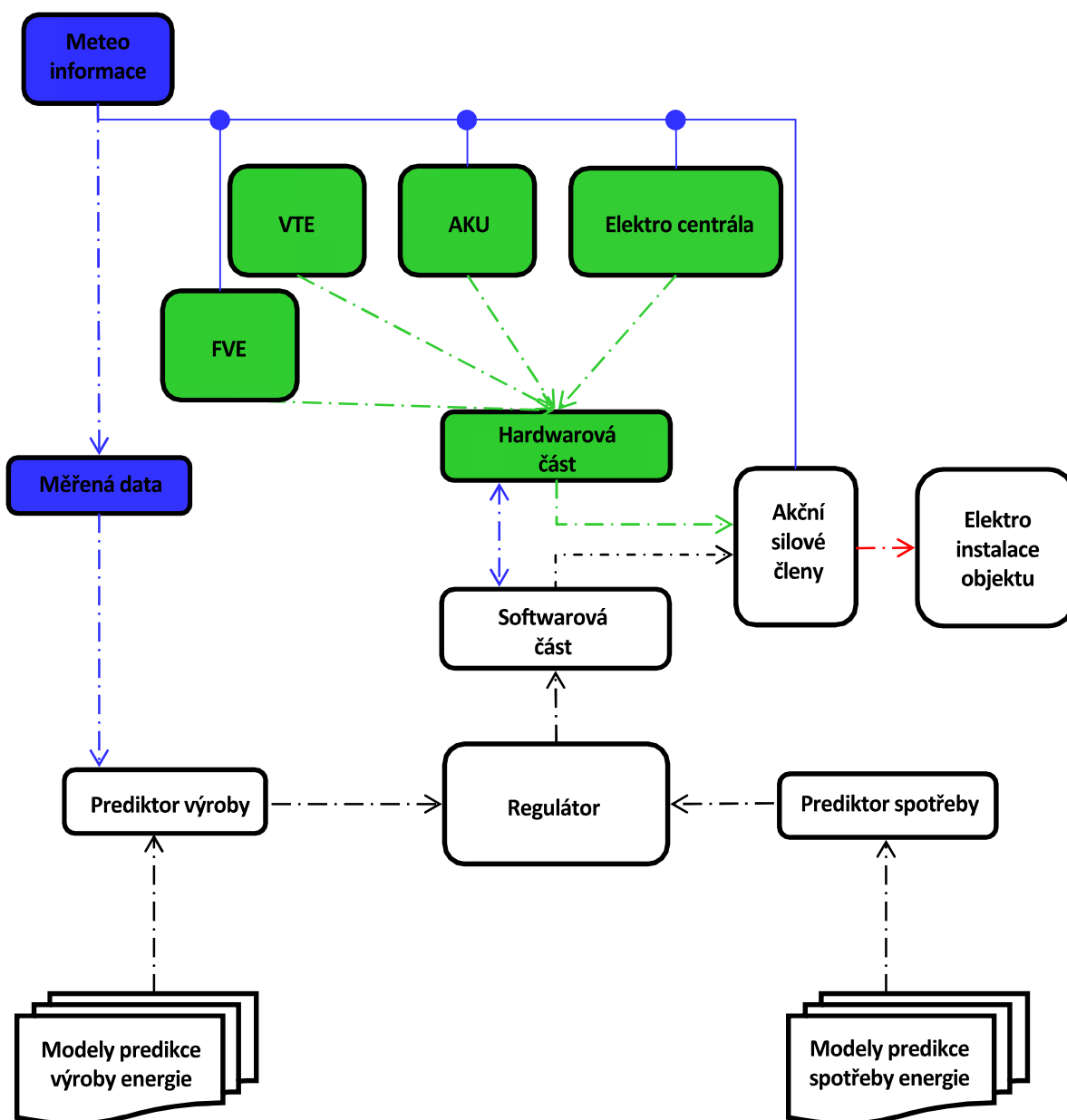
• obrázek 1 Koncepce Smart GRID

Hlavním vývojovým směrem v oblasti existující testovací platformy energetické jednotky je vytvoření automatizovaného sofistikovaného systému řízení pro správu toků energií v rodinných domech, potažmo aplikaci tohoto systému pro jiné objekty i energetické hladiny. Tento cíl může být rozdělen do třech základních kroků:

- Klasifikace toků energií.
- Vytvoření scénářů chování.
- Podrobení vytvořené databáze k testování.

V současnosti je již realizována první etapa dlouhodobého měření ve vybraných objektech. Toto měření současně s měřením relevantních meteorologických a geomorfologických veličin vedlo k vytvoření standardizované databáze s klasifikací toků energií a sestavení typizovaného denního diagramu zatížení pro danou domácnost (objekt). Takto vytvořený typizovaný denní diagram zatížení, společně s experimentálním měřením domácích spotřebičů slouží jako podklad pro nastavení programovatelné zátěže a implementaci této zátěže do fyzikální platformy rodinného domu.

Aktivní systém řízení s podporou metod umělé inteligence realizuje dílčí kroky, přičemž operátorem je vyhodnocována odchylka reakčního zásahu systému řízení od požadované hodnoty. Následně je systémem proveden další zásah až do okamžiku rovnosti reakční a požadované veličiny. Po výběru a ověření metod umělé inteligence bude v závěru další etapy odzkoušen autonomní provoz Aktivní energetické jednotky řízený pomocí Aktivního systému řízení. Vývojové schéma pro Aktivní řídicí systém je uvedeno níže na obrázek 2.



obrázek 2 Koncepce aktivního systému řízení

Na výše uvedeném obrázku je znázorněno spojení aktivního systému řízení s fyzikální platformou energetické jednotky. Zdrojová část může být doplněna benzínovým nebo dieselovým agregátem pro situace, kdy nebude dostatek disponibilní energie z obnovitelných zdrojů a akumulátoru. Tomuto stavu se systém bude snažit vyvarovat určením priorit jednotlivým spotřebičům nebo jejich skupin a včasnému odpojení spotřebičů s nízkou prioritou. Na základě aktuálních meteo informací společně s predikčními modely výroby a spotřeby společně s aktuálními hodnotami bude systém regulovat toky energií uvnitř systému pomocí aktivních silových členů implementovaných do elektroinstalace objektu. Tento systém bude možné po úpravě komunikačních technologií instalovat například do již existujících silových obvodů objektu.

Modelovou situací, jež bude reprezentovat předpokládanou funkci Aktivního systému řízení v energetické jednotce lze demonstrovat jako řízení toků elektrické energie s předpokládaným vývojem počasí pro tři dny, kdy bude počasí charakterizovat proměnlivá oblačnost.

Jednotlivé sekvence procesu řízení lze definovat následně:

- Predikční systém pro předpověď počasí určí 3denní předpověď počasí.
- S využitím nalezení vazeb mezi počasím, roční dobou a chováním spotřebitele se vygeneruje scénář předpokládaného odběru elektrické energie.
- Predikční systém pro výrobu elektrické energie určí disponibilní hodnotu ze zdrojové části pro analyzované období. Určí, zda bude dostatek energie pro předpokládaný scénář odběru elektrické energie.
- Aktivní systém řízení akceptuje všechny tři informační vstupy (meteorologická předpověď, předpověď výroby, předpověď spotřeby) a s využitím akumulčního zařízení navrhne rozprostření energie, tedy přebytky energie navrhne akumulovat s využitím akumulčního zařízení a deficit energie navrhne dotovat z akumulčního zařízení.
- Návrh spínacího procesu aktivního systému řízení vždy respektuje priority připojení jednotlivých spotřebičů, které byly stanoveny na základě nadřazeného dozoru a charakteru odběru.
- V případě nedostatku energie pro navržený scénář spotřeby musí aktivní systém řízení navrhnout jiný scénář DDZ s respektováním priorit připojení zátěže (např. odloženým startem vybraných spotřebičů – rychlovarná konvice, pračka, myčka, aj.)

Vyvinutý algoritmus Aktivního systému řízení byl podroben testování pomocí simulačních nástrojů obsahující nezbytná pravidla. Výsledky pro jarní a zimní měsíc jsou obsaženy v následujících tabulkách.

Květen	Pouze FVE		FVE a VTE	
	Bez ASŘ	S ASŘ	Bez ASŘ	S ASŘ
Chybějící energie (W·h)	359 787	307 457	23 476	0
Nespotřebovaná energie (W·h)	3 642	3 642	283 436	263 602
Rozdíl	14,5 %		100 %	

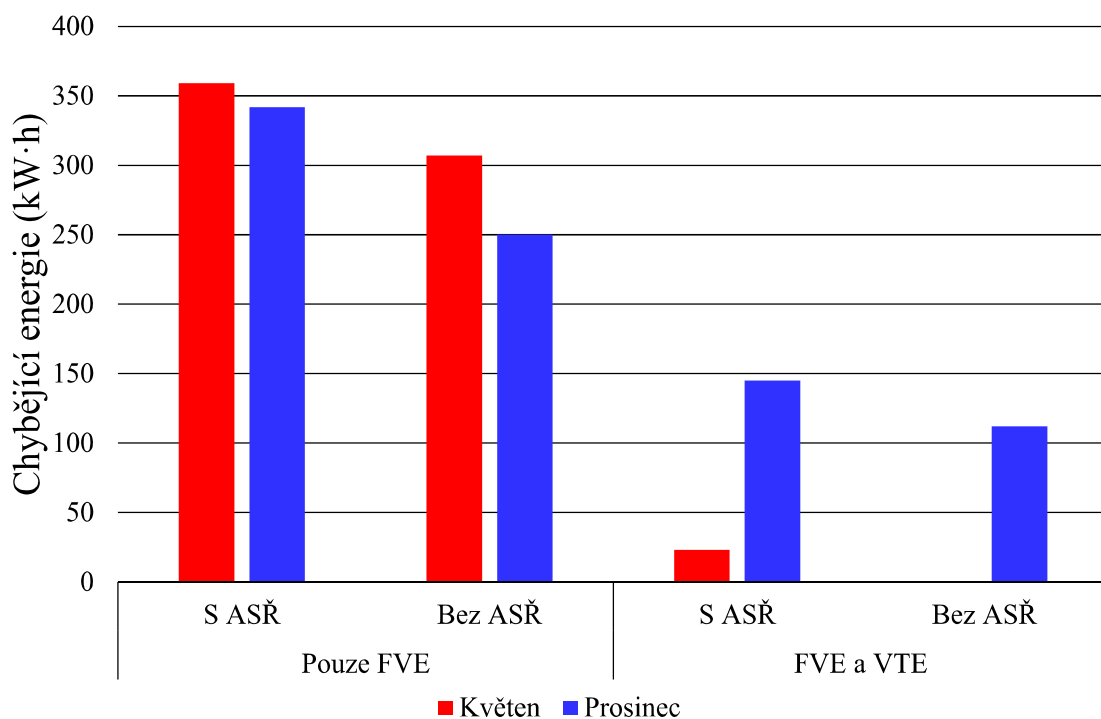
- Tabulka: Srovnání energetické účinnosti pro měsíc s dostatečnou energií slunečního záření

Simulace byla provedena pro dva měsíce, přičemž pro výchozí meteorologická data byla zvolena data z monitorovacího systému vybudovaného v areálu VŠB TU Ostrava. Pro každý měsíc byly zvoleny dvě možnosti a to provoz systému pouze s FVE a provoz s FVE a VTE. U každé z těchto variant byl proveden výpočet s pomocí Aktivního systému řízení (ASŘ) a bez něj. V případě, kdy byl systém napájen jen pomocí FVE činila rozdíl mezi variantou s a bez ASŘ 14,5 %. V případě druhém, tedy s využitím obou obnovitelných zdrojů nebylo s ASŘ zaznamenán časový úsek nedostatku elektrické energie. Čili systém dokázal hospodařit s vyrobenou a uloženou energií bez zjevného deficitu.

Prosinec	Pouze FVE		FVE a VTE	
	S ASŘ	Bez ASŘ	S ASŘ	Bez ASŘ
Chybějící energie (W·h)	342 109	249 841	145 100	112 813
Nespotřebovaná energie (W·h)	0	0	2 643	2 643
Rozdíl	26,9 %		22,8 %	

• Tabulka: Srovnání energetické účinnosti pro měsíc s minimální energií slunečního záření

Situace v měsíci prosinci je diametrálně odlišná, jelikož se jedná o měsíc, kdy je intenzita slunečního záření velmi malá, hodnoty se pohybují okolo $300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, ovšem průměrné rychlosti větru se v tomto měsíci pohybují okolo $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. A právě v těchto nepříznivých měsících se projevuje účinnost vyvinutého algoritmu a komplexnost celého systému, jelikož systém dokáže oproti systému bez ASŘ uspořit až 26,9 % elektrické energie v případě instalace pouze FVE a 22,8 % v případě kooperace FVE a VTE.



obrázek 3 Srovnání energetické náročnosti s a bez ASŘ

Na výše uvedeném obrázku jsou výsledky korespondující s původní představou autorů o úspoře elektrické energie, Čili čím větší je množství chybějící energie, tím je systém účinnější a dokáže lépe hospodařit s disponibilní energií, což dosažené výsledky toto potvrzují. Dalším krokem ve vývoji tohoto sofistikovaného systému řízení toků elektrické energie je jeho zpřesnění na vstupech v podobě zvýšení přesnosti predikce výroby elektrické energie, zkrácení výpočetních intervalů atd., což bude přispívat k celkovému zvýšení využitelnosti a efektivity systému.

Závěr

V rámci výzkumu obnovitelných zdrojů elektrické energie byla vybudována v areálu VŠB-TUO fyzikální platforma energetické jednotky pro napájení rodinného domu. Tato platforma slouží k ověření možností využití větrných a fotovoltaických elektráren menšího výkonu na výkonové hladině běžných rodinných domů. Zdroje a dimenzování akumulačního systému, které napájí tuto energetickou koncepci, byly voleny jak na základě energetické spotřeby klasického rodinného domu, tak i na velikosti prvotní investice. Aby bylo možné provést kvalitní analýzu provozu celého systému, bylo nutné vybudovat monitorovací systém, který poskytuje dostatek informací k výslednému zhodnocení všech prvků v systému.

Výsledky tohoto monitorovacího systému společně s dlouhodobým a experimentálním měřením poslouží k optimalizaci inteligentního Aktivního systému řízení.

Takto vytvořený inteligentní Aktivní řídicí systém ve spolupráci s IT sektorem uživateli doporučuje plán spotřeby, který bude vycházet z databáze provozních stavů, analýzy spotřeby, hladiny nabití akumulátorů, z informací poskytnutých monitorovacím systémem, předpovědí relevantních meteorologických veličin a predikcí výroby. Samotný řídicí systém dle algoritmu řízení doporučuje či přímo spíná vybrané spotřebiče nebo jednotlivé napájecí silové okruhy a informovat uživatele o stavu jednotlivých zdrojů i celého systému, přičemž uživatel bude možnost měnit stav jednotlivých spotřebičů/okruhů v reálném čase.

Spojením tohoto sofistikovaného nástroje s energetickým objektem, vznikla unikátní Aktivní energetická jednotka, která umožňuje inteligentní řízení provozu daného objektu. S takto vytvořeným systémem Aktivního řízení energetických jednotek, je možné po úpravě vstupních parametrů provozovat objekty na různých napěťových a výkonových hladinách. Tento systém řízení může být použit jako základní kámen i ve Smart-Grid regionech při respektování nezbytných úprav.

Eliminace hlukových emisí energetických zařízení ve SMART GRIDU

Viktor Pokorný, Ing. Ph.D.

Stanislav Mišák, doc.Ing. Ph.D.

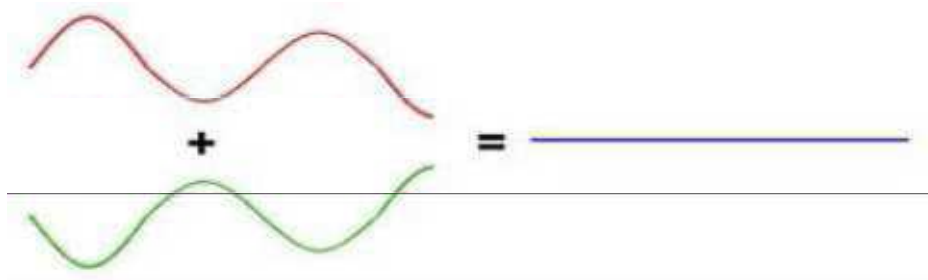
Lukáš Prokop, Ing. Ph.D.

VŠB – TU Ostrava, viktor.pokorny@gmail.com, stanislav.misak@vsb.cz, lukas.prokop@vsb.cz

Úvod

Společně s rozvojem moderních technologií v oblasti distribuce elektrické energie lze v posledních letech sledovat trend postupné transformace původní architektury přenosové a distribuční soustavy k architektuře nové označované jako tzv. chytré sítě (smart grids). Jednou z hlavních vlastností chytrých sítí je schopnost nebo možnost rozdělení na menší celky označované jako mikrosítě (mikrogrids). Tyto mikrosítě si můžeme pro lepší ilustraci představit například jako moderní inteligentní domy nebo budovy, ve kterých jsou implementovány technologie na výrobu, distribuci a spotřebu elektrické energie, doplněné I&C technologiemi pro vzájemnou komunikaci a řízení. K výrobě elektrické energie jsou přednostně využity obnovitelné zdroje elektrické energie, přičemž je uvažováno jejich ekonomicky efektivní využití k pokrytí celkové energetické potřeby daného objektu. Vzhledem k meteorologickým a klimatickým podmínkám v České republice je absolutní energetická soběstačnost v rozporu s využitím pouze obnovitelných zdrojů elektrické energie. Z tohoto důvodu se nabízí řešení v podobě instalace doplňkového zdroje elektrické, ale i tepelné energie například mikrokogenerace. Toto řešení se přímo nabízí pro skupinu inteligentních rodinných domů, kdy pro tuto skupinu by byla instalována jedna mikrokogenerační jednotka umístěná mezi nebo v blízkosti jednotlivých domů.

Mikrokogenerační jednotka však na rozdíl od např. fotovoltaické elektrárny je zdrojem hlukových emisí, které jsou v oblasti bytové zástavby nežádoucí. Snahou je proto omezit tyto hlukové emise technickými opatřeními. [2] Pokud opomineme konstrukční zásahy do technologie, lze přistoupit k problematice dvěma způsoby a to aktivním a pasivním řešením. Pasivními řešeními jsou kryty, pryžové silentbloky a eliminace pomocí konstrukce budovy. Námí navrhované řešení této problematiky je na aktivní bázi, pomocí vysílání totožného akustického signálu otočeného do proti-fáze, na zařízení způsobující nežádoucí hlukové účinky.[3],[4],[6] Při optimálním nastavení této proti-fáze dojde ke střetu vlnění a tzv. akustickému zkratu, který by měl za optimálních podmínek vyrušit veškerá hluková působení šířící se vzduchem. Princip působení protifáze je zobrazen na obr. 1 a podrobněji publikován např. v [1],[5],[7].



• obr. 1 Princip eliminace hlukových emisí pomocí proti fáze.

V následujícím textu je aplikace výše popsaného způsobu eliminace hlukových emisí aplikována na výkonový transformátor, přičemž základní myšlenka je využitelná i pro libovolné elektrické zařízení včetně mikrokogenerační jednotky.

Analýza parazitního hluku výkonových transformátorů

Měření proběhlo na čtyřech transformátorech nainstalovaných na VŠB – Technické univerzitě Ostrava. Jsou to jádrové 3fázové transformátory starší konstrukce. Tyto transformátory nejsou tedy vybaveny aktivním chlazením – ventilátory, které by se podílely na tvorbě hluku. Jak je vidět na obr. 3, kryt transformátoru je otevřen a mikrofon, jenž snímá hluk, je přiblížen na nejbližší možnou vzdálenost tak, aby byly vyeliminovány vlivy okolí. Právě z tohoto důvodu je použit úzce směrový mikrofon. Signál sejmutý tímto kvalitním mikrofonem je dále vyslán do profesionální zvukové karty M-Audio FastTrack Pro, která představuje A/D a D/A převodník. Ta signál pořízený mikrofonem digitalizuje a přes USB rozhraní je tento signál poslán do počítače. Počítač funguje během měření pouze jako digitální záznamové zařízení. Samotné záznamy jsou uloženy ve formátu wav o vzorkovací frekvenci 48kHz a rozlišení 24 bits. Takto je zaručena nejvyšší možná kvalita záznamu a tím také kvalita pozdějších výsledků pořízených zpracováním tohoto signálu. Na obr. 2 je naznačeno jednoduché blokové schéma záznamového měřicího zařízení, které je zdrojem analyzovaných signálů.



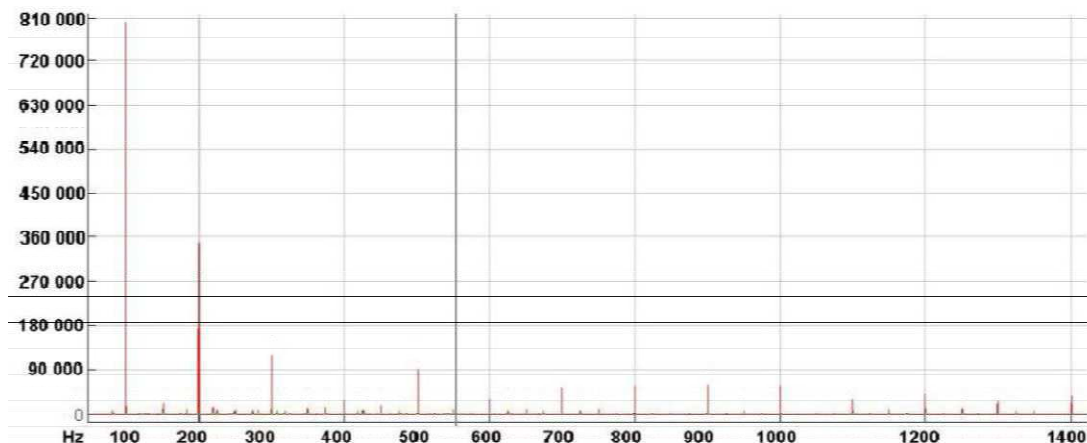
• obr. 2 Blokové schéma záznamového zařízení pro spektrální analýzu



• obr. 3 Měření hlukových emisí transformátoru

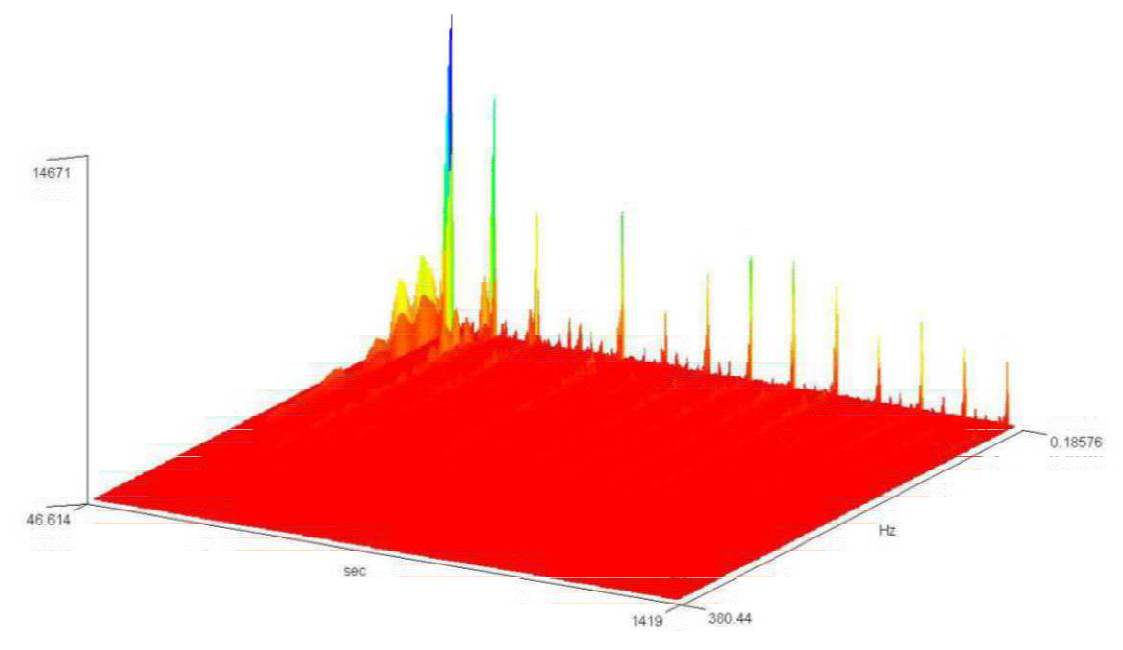
Po zatížení transformátoru se celý systém transformátoru spektrálně stabilizuje, utlumí se postranní pásma a nosnou hlukovou frekvencí zůstává 100Hz. Se zatížením transformátoru dochází k odsycení jádra a tedy také ke zmírnění harmonických vyšších řádů. Tento stav se potvrdil díky spektrální analýze transformátoru v zatíženém stavu (viz obr. 4). Velikost hluku transformátoru závisí na magnetickém toku, magnetický tok závisí na velikosti napětí a následně proudu naprázdno. Hluk transformátoru je tedy silně spojen s magnetizačními procesy. Nasycení jádra transformátoru při chodu naprázdno je vyšší. To je dáno návrhem, konstrukcí a typem použitých plechů. Jak je vidět z provedeného měření, podstatnou složku hluku tvoří také frekvenční složka 200Hz. Toto

frekvenční pásmo je dáno magnetostrikčním efektem plechů, který bude nejvýraznější v oblasti maximální permeability. Toto místo je znázorněno na obr. 6. Se zatížením transformátoru se harmonické vyšších řádů po exponenciálně utlumují, což je svázáno s poklesem sycení jádra. Míra útlumu složky hluku 200Hz je dán průběhem proudu, z tohoto důvodu zůstává ještě výrazně zastoupena frekvence 200Hz, která je sudým násobkem základní napájecí frekvence 50Hz. Sudé násobky základního kmitočtu jsou dány z podstaty magnetické indukce.



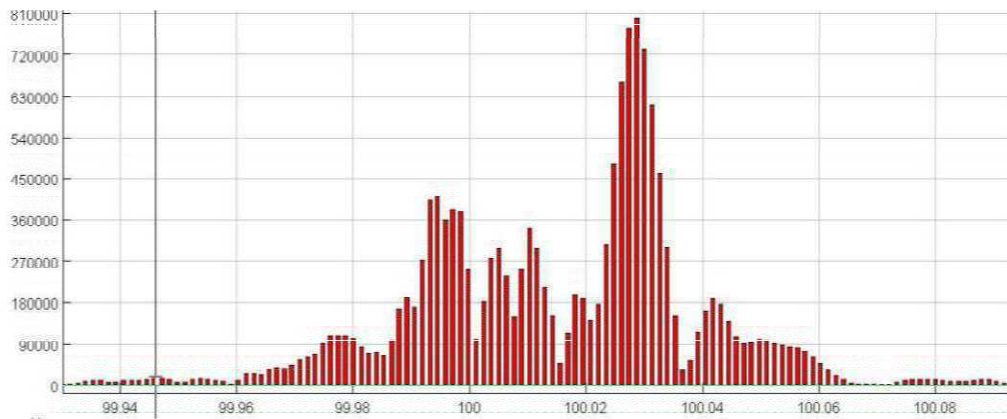
• obr. 4 Spektrální analýza zatíženého transformátoru. (osa y je v relativních jednotkách)

Ze spektrogramu hluku zatíženého transformátoru na obr. 4 je patrné zvýraznění násobků harmonických.



• obr. 5 Spektrogram zatíženého transformátoru

Z obr. 5 je jasně patrné, že frekvence sítě není přesně 50Hz, ale jsou v ní jemné odchylky, které musí být v systému eliminace hluku pomocí protifáze zohledněny. Při tomto měření bylo použito CPB analýzy, která přesněji určí hodnoty v jednotlivých sloupcích.



• obr. 6 Zoom spektrální analýzy zatíženého transformátoru pro frekvenci 100Hz

Z těchto měření jednoznačně vyplývá, že celý systém eliminace hluku transformátorů pomocí protifáze musí být uzpůsoben výhradně k eliminaci hluků okolo 100Hz, popřípadě blízkých násobků tohoto kmitočtu. Toto platí u změřených transformátorů, v případě transformátorů s aktivním chlazením by byla situace složitější o analýzu hluku ventilátorů.

Na základě těchto měření byl definován hluk transformátoru, jenž měl být eliminován. Tato měření probíhala v průběhu tři čtvrtě roku tak, aby bylo možno pořídít data ze všech provozních stavů měřených transformátorů. V letních měsících také byla pořízena data ze stavů naprázdno a dokonce hluková pozadí samotných místností při ojedinělé noční odstávce budov univerzity od proudu. Naopak v zimních měsících byly vyhledávány hodiny, kdy byla škola maximálně energeticky vytižena. Z pořízených údajů, záznamů a dat byly vyhodnoceny nejen další prvky systému, ale také další postup při tvorbě Protifázového eliminátoru.

Konstrukce Protifázového eliminátoru

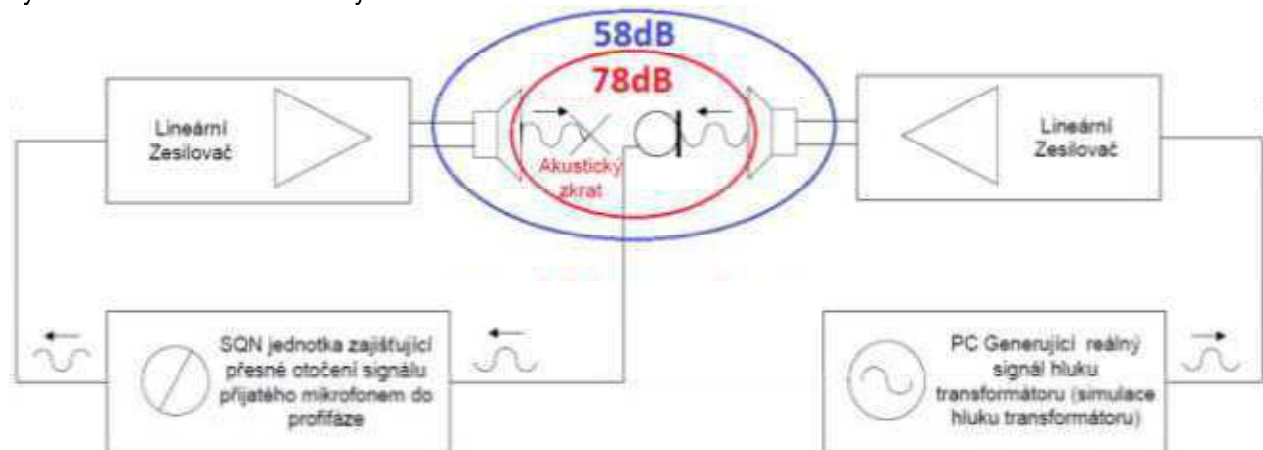
V první fázi byl navržen jednodušší systém, který má ověřit funkčnost všech základních prvků. Jde tedy o systém, který počítá pouze s počítačovou simulací. Tato simulace do jednoho lineárního zesilovače vyšle signál o frekvenci 100Hz. Toto je nosná frekvence hlukových emisí transformátoru. Zesilovač vybudí reproduktor na 78 dB, což představuje reálnou intenzitu hluku transformátoru. Z druhého kanálu vyšle počítač totožný signál 100Hz, který je ale otočen o 180°. Tento signál je opět zesílen lineárním zesilovačem a vyslán do druhého protějšího reproduktoru.



• obr. 7 Blokové schéma prototypu Protifázového eliminátoru

V druhé fázi je již systém vybaven navrženým mikrofonom, který přijímá hlukové emise. Tyto hlukové emise produkuje opět pravá část obvodu, ta je vybavena počítačem, který již v této fázi vysílá do lineárního zesilovače reálný záznam hluku transformátoru. Tento zesilovač budí reproduktor na naměřenou hodnotu akustických emisí transformátoru 78dB. Pravá část obvodu tedy simuluje skutečný transformátor. Levá část obvodu nyní začíná námi navrženým mikrofonom, který z těsné blízkosti snímá zvuk transformátoru. Snímaný akustický signál posílá do jednotky SQN což je analogové zařízení, které obrací mikrofonní fázi v reálném čase a plní tedy funkci fázového

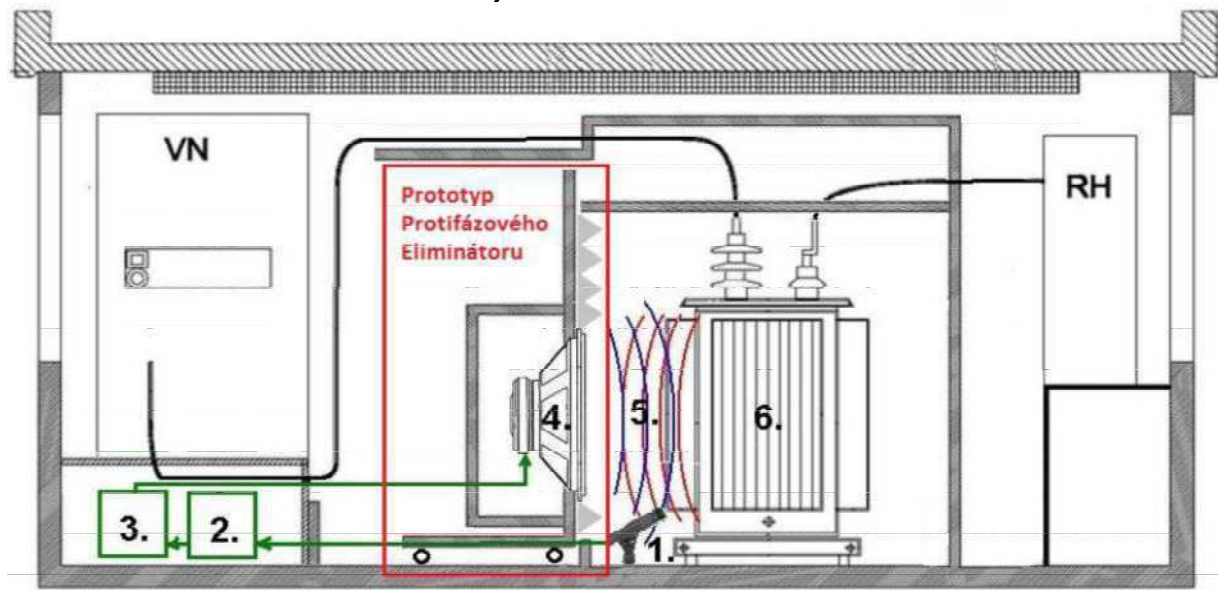
kontroleru. V této jednotce se dá také částečně upravit frekvenční rozsah, ale pro náš případ je jiný zásah krom otočení fáze nechtěný. Takto otočený signál putuje do lineárního zesilovače, který vybudí reprosoustavu na potřebný výkon. Za dodržení určité vzdálenosti reprosoustav od sebe dochází k akustickému zkratu a tedy k vyrušení nežádoucích akustických emisí.



• obr. 8 Blokové schéma prototypu Profífázového eliminátoru

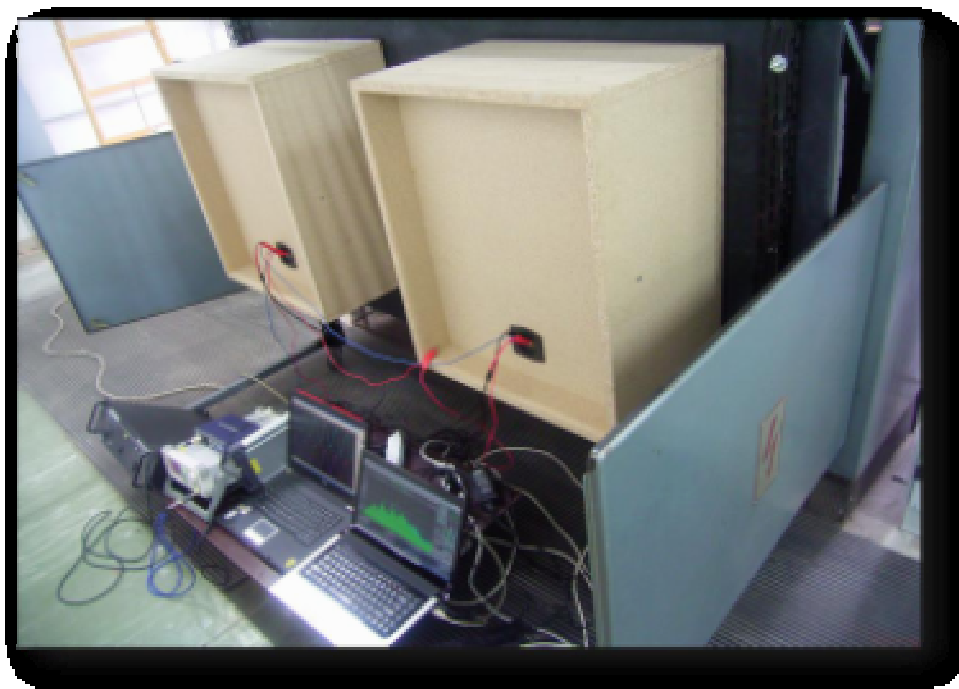
Zařízení je navrženo tak, že k samotnému otočení fáze dochází analogovou cestou, ta je totiž zatím rychlejší než signálová digitalizace. Digitalizace signálu by byla kvalitnější, ale znamenala by časové prodlevy při navzorkování a otáčení signálu. Proto je zatím volena analogová cesta. Jednotka SQN je tedy zařízením, které obsahuje mikrofonní předzesilovač a analogový vstup který přijme signál z mikrofonu. Na vstupu tohoto kanálu se dá jednoduše přepnout otočení fáze a takto otočený signál je z analogového výstupu jednotky SQN poslán na vstup zesilovače. Ten signál zesílí a vybudí reproduktor, který vyše pětifázovou vlnu proti parazitnímu hluku.

Praktická realizace pro výkonový transformátor je zobrazena schématicky na obr. 9 a obrázek ze skutečného měření a ověření funkčnosti celého zařízení je zobrazen na obr. 10.



• obr. 9 Schéma prototypu Profífázového eliminátoru pro transformátor.

- | | |
|------------------------------|--------------------|
| 1. Měřicí mikrofon | 4. Reproduktor |
| 2. Řídící jednotka profífáze | 5. Akustický zkrat |
| 3. Zesilovač | 6. Transformátor |



• obr. 10 Zapojení Protifázového eliminátoru s frekvenčním generátorem.

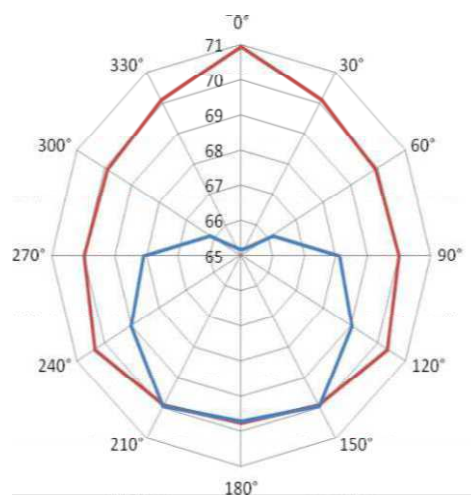
Z měření byla pořízena data, která byla následně zpracována do přehledných tabulek. Při měření hlukoměrem se pořizují vždy dvě hodnoty, min. a max., ze kterých se poté vytvořil průměr.

• tab. 1 Intenzita hluku před aktivací Protifázového eliminátoru

Úhel (°)	Minimum (dB)	Maximum (dB)	Průměr (dB)
0	70,1	71,8	70,95
30	69,9	70,3	70,1
60	69	70,8	69,9
90	68,3	71,7	70
120	69,8	70,9	70,35
150	68,9	70,9	69,9
180	69,2	70,3	69,75

• tab. 2 Intenzita hluku po aktivaci Protifázového eliminátoru

Úhel (°)	Minimum (dB)	Maximum (dB)	Průměr (dB)
0	64,3	66,1	65,2
30	64,2	66,3	65,25
60	65,5	66,8	66,15
90	67,4	68,8	68,1
120	68,9	69,2	69,05
150	69,1	70,8	69,95
180	69,5	69,9	69,7



• obr. 11 Porovnání intenzit hluku před a po eliminaci

Závěr

Výsledky intenzit hluku transformátoru v běžném stavu a za působení Protifázového eliminátoru byly sestaveny do polárních grafů. Tyto grafy byly vytvořeny za pomoci software FlexPro. V rámci všech zapojení a měření byla neustále prováděna spektrální analýza hluku transformátoru a to jak za běžného provozu, tak při eliminaci. Ze zachycených grafů spektrálních analýz hluku transformátoru během eliminace i bez ní je jasně patrné, že i na reálném transformátoru byla eliminace úspěšná. Frekvence 101Hz byla potlačena o 13,1dB a také zbylé frekvence se pohybovaly pod hranici -60dB.

Bylo dokázáno, že je Protifázový eliminátor funkční zařízení a je jisté, že pokud by se tímto zařízením začal zabývat tým složený z odborníků pod finanční záštitou komerčního sektoru, stalo by se toto zařízení běžně používanou součástí hluchých zařízení, nebo celých funkčních celků. Při správné digitální optimalizaci by se celá řídicí jednotka dala miniaturizovat a zařízení by bylo možno implantovat to širokého spektra výrobků.

Poděkování

This work was also supported within the framework of the IT4Innovations Centre of Excellence project, reg. no. CZ.1.05/1.1.00/02.0070 supported by Operational Programme 'Research and Development for Innovations' funded by Structural Funds of the European Union and state budget of the Czech Republic, Additionally, this article has been elaborated in the framework of the project New creative teams in priorities of scientific research, reg. no. CZ.1.07/2.3.00/30.0055, supported by Operational Program Education for Competitiveness and co-financed by the European Social Fund and the state budget of the Czech Republic, project ENET – Energy Units for Utilization of non-Traditional Energy Sources CZ.1.05/2.1.00/03.0069, Students Grant Competition project reg. no. SP2014/49, project LE13011 Creation of a PROGRES 3 Consortium Office to Support Cross-Border Cooperation and project InterEnergy (CZ.1.07/2.3.00/20.0075).

Literatura a odkazy

- [1] POKORNÝ V., MIŠÁK, S.: Eliminace emisního hluku elektrických strojů a přístrojů pomocí protifáze. In Sborník konference EPE 2010, Brno, MSD, s.r.o., 2010, 859, ISBN 978-80-214-4094-4
- [2] Chmelík, K.. DC and commutator electrical machinery, general machinery, VŠB – Technical University of Ostrava., ISBN 80-248-0314-3, pp.17-34, (2003)
- [3] Chu M.; http://gilmore2.chem.northwestern.edu/tech/anr_tech.htm Accessed on: 2010-04-19, (2001)
- [4] Hamata V.; Noise of Transformer; Academia, pp.153-159, (1987)
- [5] POKORNÝ V., MIŠÁK, S.: Research of Elimination the Noise of Power Transformers. In Sborník konference IEEEIC 2012, Venice, Italy, 2012, IEEE Catalog Number: CFP12511-PRT, ISBN 978-1-4577-1830-4
- [6] Tomlinson H.; <http://www.mefeedia.com/> – Anti-noise by Tomlinson Holman, Accessed on: 2010-05-15, pp.78-90, (2009)
- [7] POKORNÝ V., MIŠÁK, S.: Purpose Of Noise-Elimination Of Power Transformers. In Sborník konference EPE 2012, Brno, 2012, ISBN 978-80-214-4514.

VLIV ÚROVNĚ HLADINY OSVĚTLENÍ NA DOPRAVNÍ NEHODOVOST

Sabina Burdová, JUDr., kpt.

Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky

www.policie.cz/clanek/reditelstvi-sluzby-dopravni-policie-o-nas-reditelstvi-sluzby-dopravni-policie.aspx, pp.rsdp@pcr.cz

Výsledky analýzy vlivu úrovně hladiny osvětlení na počet dopravních nehod ve vybraných lokalitách v ČR

Ve spolupráci s Českou společností pro osvětlování (ČSO) a Společností pro rozvoj veřejného osvětlení (SRVO), obě jsou součástí pracovní skupiny "Osvětlení, bezpečnost, kriminalita", jejímž externím spolupracovníkem je i ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky, byla provedena analýza vlivu úrovně hladiny osvětlení na počet dopravních nehod na vybraných lokalitách v ČR. Tato analýza se zabývá vyhodnocením počtu a typu dopravních nehod na úsecích frekventovaných motorizovaných komunikací před provedenou rekonstrukcí veřejného osvětlení a po ní, s cílem prokázat přímou souvislost mezi kvalitou osvětlení a bezpečností nejenom chodců, ale i řidičů.

Také v zahraničí byly provedeny testy, které ukázaly, že při kvalitním osvětlení s dostatečnou hladinou a především rovnoměrností, řidiči registrují pohyb na krajích silnice rychleji a z větší vzdálenosti. Mají tak více času na zastavení, jestliže se dítě, dospělý, cyklista či zvíře, chystá zkřížit jejich cestu nebo pokud se v cestě nečekaně objeví jiné auto.

Pro výzkum byly vytipovány silnice I., II. a III. tříd a místní komunikace I. a II. tříd, na nichž došlo k rekonstrukci veřejného osvětlení, která významně zlepšila výslednou hladinu osvětlení komunikace (jednalo se o správně provedenou rekonstrukci, respektující normy). Bylo vybráno 16, převážně hlavních komunikací, průjezdů městy či čtvrtěmi.

Metodika vyhodnocení

K vyhodnocení vlivu úrovně hladiny osvětlení na počet dopravních nehod na vybraných lokalitách v ČR byly využity informace ze záznamů o dopravních nehodách. Na základě společného jednání je hodnocení dopravní nehodovosti rozpracováno v těchto částech:

- a) Viditelnost při DN
- b) Souhrnné vyhodnocení vlivu kvality veřejného osvětlení na snížení DN
- c) Následky DN
- d) Druh nehody
- e) Druh pevné překážky při DN
- f) Hlavní příčina DN (hlavní kategorie)
- g) Povětrnostní podmínky při DN
- h) Specifické místo DN
- i) Charakteristiky vozidla

Nejdůležitější částí hodnocení každé části je koeficient „Snížení DN“, který vyjadřuje procentuální snížení dopravní nehodovosti po rekonstrukci veřejného osvětlení v porovnání ke stavu dopravní nehodovosti před realizovanou rekonstrukcí veřejného osvětlení. Data o dopravních nehodách všech úseků jsou vyhodnoceny společně.

Jednotlivé rekonstrukce veřejného osvětlení byly realizovány v různých termínech, obdobích „před“ a „po“ rekonstrukci nejsou stejná a liší se pro jednotlivé komunikace. Pro vyloučení jakýchkoli pochybností o výsledném „Snížení DN“ jsou v následujících částech vždy uvedeny jak souhrnné počty dopravních nehod před a po rekonstrukci veřejného osvětlení tak i hodnoty průměrných denních nehod,

kteře reflektují na rozdílné časové období před uplatněním opatření a po něm a to podle následujících vztahů:

Snížení DN:

$$\text{Snížení DN} = 1 - \frac{\varnothing \text{ DN po}}{\varnothing \text{ DN před}} [\%]$$

Průměrný denní počet nehod před rekonstrukcí VO:

$$\varnothing \text{ DN před} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Počet DN na úseku komunikace před rekonstrukcí VO}}{\text{počet dní od 1.1.2007 do data rekonstrukce VO}}$$

Průměrný denní počet nehod po rekonstrukci VO:

$$\varnothing \text{ DN po} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Počet DN na úseku komunikace po rekonstrukci VO}}{\text{počet dní od rekonstrukce VO do 6.3.2014}}$$

Na vyhodnocovaných úsecích došlo za celé vyhodnocované období (před i po rekonstrukci veřejného osvětlení) celkem k 849 dopravním nehodám, 180 těchto nehod se pak stalo v noci, což je 21% všech dopravních nehod. V období před rekonstrukcí VO došlo na všech vyhodnocovaných úsecích v nočních hodinách ke 172 dopravním nehodám. Po provedení rekonstrukce VO s kladným vlivem na kvalitu osvětlení - hladinu a rovnoměrnost osvětlení – došlo v nočních hodinách k 8 dopravním nehodám. Na 11-ti z 16-ti úseků po provedení rekonstrukce nedošlo zatím k žádné dopravní nehodě.

Pokud tedy vyhodnotíme všechny úseky komunikací, kde došlo po rekonstrukci veřejného osvětlení ke zlepšení kvality osvětlení - hladiny a rovnoměrnosti osvětlení – došlo vždy k celkovému snížení dopravní nehodovosti. V období před rekonstrukcemi došlo v 36 případech ze 172 nehod k následkům na zdraví – došlo ke 2 úmrtím, 4 těžkým a 30 lehkým zraněním. V různých obdobích po rekonstrukcích VO, došlo pouze ke 4 lehkým zraněním.

Nejčastější dopravní nehodou před rekonstrukcí VO z pohledu specifického místa je nehoda v blízkosti přechodu pro chodce (19) a na přechodu pro chodce (12). Celkem došlo na přechodu pro chodce a v jeho blízkosti před rekonstrukcí VO k 31 dopravním nehodám z celkového počtu 46 dopravních nehod, u kterých došlo k identifikování specifikace místa dopravní nehody. Po rekonstrukcích VO došlo ke 2 dopravním nehodám v blízkosti přechodů, což značí snížení dopravních nehod o 53%. Ještě zajímavějším se jeví 100% snížení nehodovosti přímo na přechodech! Za zásadní zjištění považujeme 100% pokles nehod s usmrcením a nehod s těžkým zraněním. U nehod s lehkým zraněním pak došlo ke snížení následků dopravních nehod z celkového počtu 30 na 4 lehká zranění! Důležitými položkami ve výsledcích jsou také 100% snížení dopravní nehodovosti při střetu s chodcem, 100% snížení dopravní nehodovosti na přechodech a 39% snížení v blízkosti přechodů.

S ohledem na velikost vzorku, typ komunikací a počet nehod je možné konstatovat, že vliv zlepšení kvality osvětlení na sledovaných komunikacích byl prokazatelný a opravdu zásadní. Zajímavé by mohlo v tomto kontextu být porovnání provedených investic a přímého ekonomického dopadu, kterého bylo zlepšením dopravní situace dosaženo (pozitivní dopad na celospolečenské ztráty, které např. jeden lidský život oceňují 18,6 mil. Kč).

Závěr

Kvalitní osvětlení poskytuje prevenci vážných či dokonce smrtelných nehod a výrazně snižuje míru úrazů chodců. Pomáhá lidem cítit se v noci na ulicích bezpečně, protože mohou jednodušeji rozlišovat předměty, barvy, tvary a jiné detaily. Důležitým faktem eliminujícím nepříjemné pocity úzkosti je snazší rozpoznávání tváří i na větší vzdálenosti a pocit bezpečí tak má nevyčíslitelnou hodnotu.

Vidět a být viděn je základní pravidlo bezpečnosti na silnicích a za snížené viditelnosti platí dvojnásob. Chodci přitom patří mezi nejzranitelnější účastníky silničního provozu. Na základě těchto skutečností policie

ve spolupráci s Ministerstvem dopravy ČR připravila novelu zákona, která by měla nově zavést povinnost pro chodce, pohybující se v noci nebo za snížené viditelnosti po krajnici vozovky v místě, kde není veřejné osvětlení nebo je-li vypnuté, použít reflexní prvky umístěné tak, aby byly viditelné pro ostatní účastníky silničního provozu. Smyslem tohoto návrhu není jen zavedení další povinnosti pro účastníky silničního provozu, ale zejména vytvoření většího tlaku na uvědomování si vlastní bezpečnosti s cílem zviditelnění se v silničním provozu.

Přestože následky dopravních nehod mají v posledních letech klesající trend, neznamená to, že bychom se měli přestat snažit zlepšovat bezpečnost dopravního prostoru. Veřejné osvětlení je jedna ze součástí, která tento prostor pomáhá činit bezpečnějším. Statistika dopravních nehod za rok 2013 ukazuje, že k 60% dopravních nehod, při kterých byli usmrceni chodci, došlo v noci. Z celkového počtu 134 usmrcených chodců, kteří zemřeli při dopravních nehodách, tedy připadá 80 usmrcených chodců na noční nehody. Vezmeme-li v úvahu i tu skutečnost, že hustota pěšího provozu je v noci minimální, jedná se o velmi alarmující číslo. Proto je nutné této problematice věnovat pozornost i nadále a usilovat o zachování rovnováhy mezi intenzitou veřejného osvětlení, bezpečností dopravy a pocitem bezpečnosti chodců.

Osvětlenost vertikální nezacloněné roviny

Pelánová Z., Zálešák J., Pavloušek J., Bayer R.

ČVUT FEL Praha, Katedra elektroenergetiky, Technická 2, 160 00, Praha 6
pelanzuz@fel.cvut.cz, zalesja1@fel.cvut.cz, pavlojir@fel.cvut.cz, rudolf.bayer@fel.cvut.cz

Úvod

Snižování energetické náročnosti a vytváření kvalitního pracovního prostředí v budovách je aktuálním tématem, dotýkajícím se nejen oblasti osvětlování. V současné době se objevují snahy o vyšší míru využití denního světla. Problémem denního světla je jeho obtížná předvídatelnost a parametrizace. V podstatě jediným kvantitativním parametrem je horizontální osvětlenost pro standardní oblohy CIE [1], z nich nejčastěji užívanou je obloha rovnoměrně zatažená. Tento článek se zabývá určením osvětlenosti nezacloněné vertikální roviny. Pro výpočty denního světla v dané datum, čas a typ oblohy je ve většině případů je totiž výhodnější znát osvětlenost vertikální roviny, reprezentující fasádu budovy.

Základní použité výpočty

Při odvození výpočtu osvětlenosti vertikální nezacloněné roviny vycházíme mj. z parametrů obloh a vztahů publikovaných v normě ISO 15469:2004 [1], habilitační práci docenta Daruly [3] a normy ČSN 73 0581 [4]. Konkrétně jde o výpočty pro určení aktuální polohy Slunce na obloze (korekční činitel excentricity, výška Slunce nad obzorem, azimut Slunce), výpočty horizontální osvětlenosti (sluneční světelná konstanta, relativní vzduchová tloušťka atmosféry, světelný extinkční činitel) a výpočty rozložení jasů na jednotlivých oblohách CIE (rozložení jasů, jas elementu oblohy relativní i v absolutních jednotkách). Se znalostí těchto veličin jsme schopni odvodit osvětlenost libovolně orientované, nezacloněné vertikální roviny.

Osvětlenost vertikální nezacloněné roviny

Osvětlenost vertikální roviny se, stejně jako horizontální osvětlenost, určí sečtením přímé a nepřímé (oblohové, difúzní) složky denního světla:

$$E_V = E_{vzV} + E_{vdV} \quad [lx] \quad (1)$$

kde E_{vzV} je přímá složka osvětlenosti vertikální roviny [lx],
 E_{vdV} je nepřímá složka osvětlenosti vertikální roviny [lx].

Přímá složka osvětlenosti

Pro výpočet přímé složky osvětlenosti je klíčový aktuální rozdíl azimutu Slunce a azimutu normály vertikální roviny. Oba tyto azimuty jsou pro výpočty uvažovány ve stupních v rozsahu hodnot $0^\circ - 360^\circ$. Rozdíl těchto azimutů je dále značen ΔA .

Pro případy kdy $\Delta A \geq 90^\circ$ je hodnota přímé složky osvětlenosti nulová.

V případech, kdy je $\Delta A < 90^\circ$, užijeme mírně upravený výpočet přímé složky horizontální osvětlenosti:

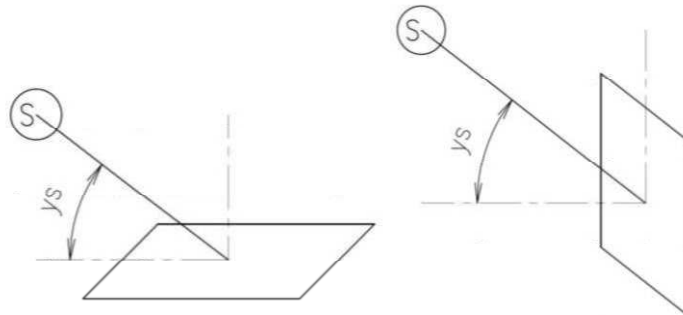
$$E_{vzV} = E_{sv} \cdot \exp(-a_v \cdot m \cdot T_v) \cdot \cos \Delta A \quad [lx] \quad (2)$$

kde E_{sv} je sluneční světelná konstanta přepočtená pro vertikální rovinu [lx],
 a_v je světelný extinkční činitel atmosféry [-],
 m je relativní optická vzduchová tloušťka atmosféry [-],
 T_v je světelný činitel zákalu atmosféry [-],
 ΔA je absolutní hodnota úhlu mezi azimutem Slunce a azimutem normály vertikální roviny [°].

Rozdíl oproti výpočtu horizontální osvětlenosti je v zeslabení na základě kosinového zákona a v přepočtu sluneční světlené konstanty. Tuto je nutno přepočíst pro vertikální rovinu, což provedeme následovně:

$$E_{\nu} = E_{\nu 0} \cdot \epsilon \cdot \sin \gamma_s = E_{\nu 0} \cdot \epsilon \cdot \cos \gamma_s \quad (3)$$

kde $E_{\nu 0} = 133\,334 \text{ lx}$ je sluneční světelná konstanta,
 ϵ je korekční číselník excentricity [-],
 γ_s je výška Slunce nad horizontem [°].

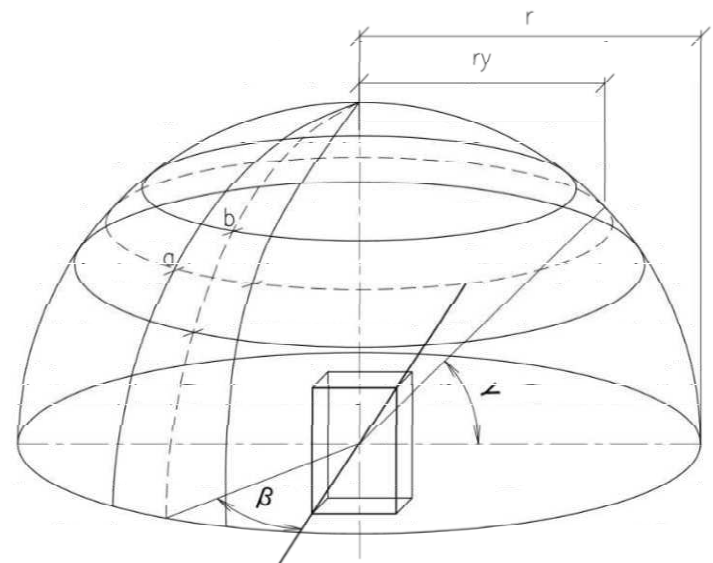


Obrázek 1: Přepočet sluneční světelné konstanty

Princip změny přepočtu sluneční světelné konstanty je zobrazen na obrázku 1. Zatímco u horizontální roviny je hodnota závislá na sinu výšky Slunce nad obzorem, u vertikální roviny je hodnota závislá na kosinu tohoto úhlu.

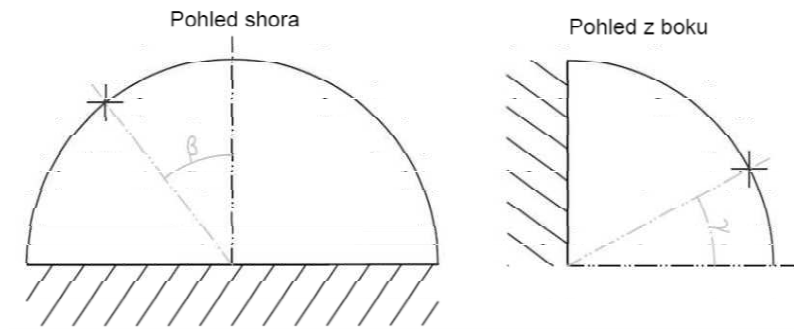
Nepřímá složka osvětlenosti

Výpočet oblohové složky osvětlenosti vertikální roviny je obtížný z důvodu nutnosti zohlednění orientace vertikální roviny (azimut normály) a příspěvku pouze dané poloviny oblohy.



Obrázek 2: Poloha a velikost elementu oblohy

Na obrázku číslo 2 je zobrazen model oblohy, s označením veličin použitých v odvození. Obloha je uvažována jako jednotková polokoule, která je vertikální rovinou rozdělena na dvě poloviny. Pozorovatel (rozhodný bod) je umístěn ve středu této koule. Princip výpočtu spočívá v rozdělení oblohy (čtvrtina povrchu koule) na dostatečně velký počet elementů (které dále uvažujeme jako bodové zdroje) a následné sečtení příspěvku všech těchto elementů. Základním parametrem každého elementu oblohy je jeho jas v absolutních jednotkách, spočtený dle vztahu použitého docentem Darulou [3]. Poloha elementu na obloze je určena úhlem β (úhel mezi azimutem elementu a azimutem normály vertikální roviny) a úhlem γ (výška elementu nad obzorem). Element je uvažován obdélníkového tvaru s rozměry stran a a b .



Obrázek 3: Určení polohy elementu na obloze

Na obrázku 3 jsou graficky zobrazeny úhly β a γ , určující polohu elementu: Jak z obrázku vyplývá, jejich velikosti budou ležet v rozmezí $\beta \in (-90^\circ, 90^\circ)$, $\gamma \in (0^\circ, 90^\circ)$.

Jelikož oblohu uvažujeme jako kouli s pozorovatelem ve středu, je příspěvek všech elementů uvažován ve směru jejich normály. Při odvození vyjdeme ze základního vztahu:

$$dE_N = L \cdot d\Omega \quad (4)$$

kde E_N je normálová osvětlenost [lx],
 L je jas elementu [cd/m^2],
 Ω je prostorový úhel elementu [sr].

Prostorový úhel příslušný každému jednotlivému elementu oblohy určíme z jeho rozměrů a polohy. Pro potřeby dostatečně přesného výpočtu postačí rozdělit oblohu po stupních. Rozměry a a b poté vyjádříme:

$$a = \frac{1}{100} \cdot \frac{180}{\beta} \quad b = \frac{1}{100} \cdot \frac{180}{\gamma} \quad (5)$$

kde γ_i je výška elementu nad obzorem [°],
 i je pořadové číslo elementu [-].

$$b_i = b \cdot \frac{\gamma_i}{90} \quad a_i = a \cdot \frac{\beta_i}{180} \quad (6)$$

Prostorový úhle náležící jednotlivým elementům se spočte z jeho polohy a rozměrů:

$$d\Omega_i = \cos \beta_i \cdot \cos \gamma_i \cdot a_i \cdot b_i = \left(\frac{a}{100}\right)^2 \cdot \cos \beta_i \cdot \cos^2 \gamma_i \quad (7)$$

Odvozený vztah dosadíme do vzorce č. 4, upraveného pro jeden element, vynásobíme cosinem úhlu β (dle kosinového zákona), který určuje odklon od normály v horizontálním směru:

$$E_N = L_i \cdot d\Omega_i = \left(\frac{a}{100}\right)^2 \cdot L_i \cdot \cos \beta_i \cdot \cos^2 \gamma_i \quad (8)$$

kde L_i je jas elementu oblohy [cd/m^2],
 β_i je úhel mezi azimutem vertikální roviny a azimutem elementu [°],
 γ_i je výška elementu nad obzorem [°],
 i je pořadové číslo elementu [-].

Nakonec zbývá sečíst příspěvky všech elementů a vypočítat příspěvek nepřímé složky osvětlenosti:

$$E_{\text{nepřímá}} = \left(\frac{a}{100}\right)^2 \cdot \sum_{i=1}^n L_i \cdot \cos \beta_i \cdot \cos^2 \gamma_i \quad (9)$$

kde L_i je jas elementu oblohy [cd/m^2],
 β_i je úhel mezi azimutem vertikální roviny a azimutem elementu [°],
 γ_i je výška elementu nad obzorem [°],

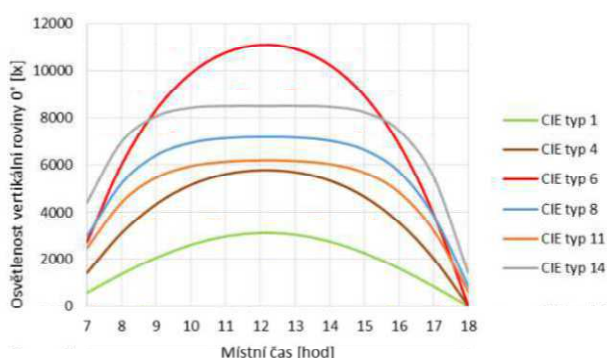
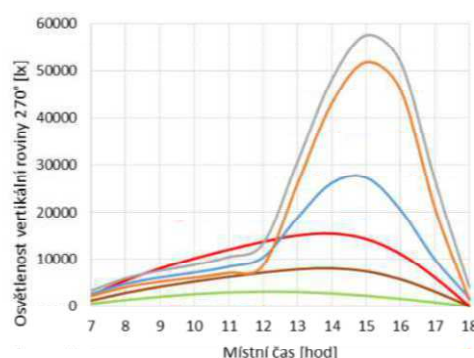
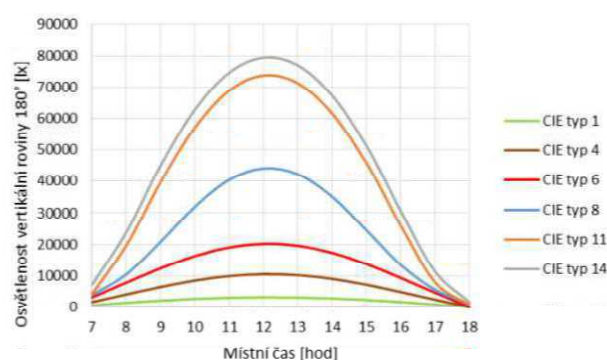
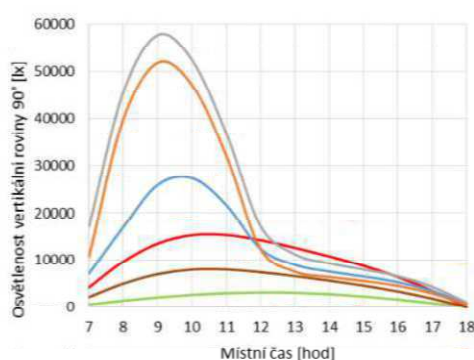
i je pořadové číslo elementu [-].

Provedení výpočtu, příklady výsledků

Dle výše uvedených vztahů je třeba při výpočtu konkrétních hodnot provést následující postup:

$$E_{v,i} = E_{v,i} + E_{v,i} + \dots + E_{v,i} + \left(\frac{1}{\cos \theta} \right) \cdot \sum_{j=1}^n E_{v,j} \cdot \cos \theta_j \quad (10)$$

Při výpočtu je dále nutno posoudit aktuální polohu Slunce a orientaci vertikální roviny a případně vyřadit z výpočtu přímou složku osvětlenosti. Jelikož provést tento výpočet ručně je téměř nemožné, bylo rozhodnuto využít programovací prostředí Visual Basic programu Excel 2013 k naprogramování funkcí umožňující provedení výpočtu. Na následujících grafech je ukázán příklad využití vytvořených funkcí pro 4 typové příklady. Výpočet je proveden pro zeměpisnou polohu 50° s. š., 14° v. d., v průběhu dne 27. září, pro různé typy obloh.



Závěr

Hodnoty osvětlenosti vertikální nezacloněné roviny získané pomocí výše uvedeného postupu se mohou uplatnit k orientačním výpočtům množství světla dopadajícího na fasádu, respektive okenní otvor za různých stavů oblohy a orientací stěn budovy. Z takto získaných údajů lze v budoucnu stanovit doporučení pro rozvržení místností v domech, stanovení příspěvku denního osvětlení k regulaci soustavy umělého osvětlení.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu SGS13/197/OHK3/3T/13: Určování parametrů pro modely tepelné a radiční energetické výměny energetických zařízení, systémů a budov.

Literatura a citace

- [1] ISO 15469:2004 (CIE S 011/E:2003). Spatial distribution of daylight - CIE standard general sky. Vienna: CIE Central Bureau, 2003.
- [2] PAVLOUSEK, Jiří. Určení a využití horizontální osvětlenosti v průběhu roku. Praha, 2014. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Ing. Jan Zálešák.
- [3] DARULA, Stanislav. ZDROJE DENNÉHO OSVETLENIA. Bratislava, 2012. Habilitační práce. Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta.
- [4] ČSN 73 0581. Oslunění budov a venkovních prostor - Metoda stanovení hodnot. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

Osvětlení katedrály svatého Víta, Václava a Vojtěcha

Lubomír Mudroň, Ing., Marek

Artlite Studio, spol. s r.o., Průmyslová 1200, 500 02 Hradec Králové, e-mail: mudron@artlite.cz,
<http://www.artlite.cz>

Jan Štěpán, Ing. Arch.

Atelier Štěpán, s.r.o., Konečného náměstí 3, 602 00 Brno, e-mail: marek@atelier-stepan.cz,
www.atelier-stepan.cz

Historické a architektonické souvislosti

Zprávu můžete z nově uložené šablony vytvořit tak, že klepnutím na příkaz Nový (nabídka Soubor) otevřete šablonu jako dokument. Ve zprávě můžete použít připravené styly, jako jsou Nadpis, Základní text, Citace.

Katedrála jako taková je významným místem pro lidské společenství. Je to posvěcené místo, místo sjednocení při společné slavnosti, útočiště obce. Je svědectvím tvůrčích sil člověka. Proto ke Katedrále přistupujeme s tímto vědomím, se znalostí historických a náboženských souvislostí a s pokorou vůči tomuto dílu, navazujeme a rozvíjíme odkaz předků, abychom svou činností nenarušili symbolický svět gotiky, duchovna, významu tohoto místa, které je pro celý národ zásadní.

Pro sakrální architekturu má světlo zásadní význam, o to zásadnější je v gotické sakrální stavbě katedrály. Stavba v tehdejší mýšlence přestává být homogenní masou zdiva. Gotičtí mistři pracují s výškovými dimenzemi, s odhmotněním a vizuální lehkostí, se kterou stavba letí vzhůru. Nosné a opěrné konstrukce umožňují konstrukci velkých otvorů, pracuje se s okny a vitrajemi, které mají zásadní význam pro naplnění stavby světlem. Gotický prostor je chápán jako hermeticky uzavřený a vitraje působí jako zářící stěny. Účelem této konstrukce je dojem, že světlo v prostoru nepochází zvenku, nýbrž katedrála září sama o sobě vnitřním světlem. To podtrhuje význam sakrálního prostoru, světlo vychází z něj. Barvy vitrají rovněž nejsou náhodné. Pracuje se zejména s rubínovou červení a safírovou modří, které evokují barvy drahokamů, o kterých se ve středověku věřilo, že září zevnitř. Zmíněné dvě barvy mění svůj vzhled během dne, jak se mění spektrální složení denního světla a vzniká tudíž dojem, že i vitraje svítí pokaždé jinak. Vitraje se tak staly barevným médiem gotického prostoru, jejich barva se dynamicky mění a mění se tím i vzhled vnitřního prostoru stavby. Světlo proniká do katedrály typicky ze dvou hlavních zdrojů – z oken nad triforiem – a toto světlo se mísí se světlem oken bočních lodí a kaplí. Nicméně nejvyššího stupně plnosti světla je dosaženo vysoko nad hlavami návštěvníků chrámu a vzniká dojem, že světlo přichází z neviditelného zdroje. Opticky propustná stěna se svými oblými tvary značně přispívá ke sjednocení prostoru. Hranice mezi jednotlivými částmi prostoru jsou setřeny již bohatě profilovanými pilíři a meziklennými oblouky. Boční lodě podobně jako triforium tvoří jako temné pozadí jakýsi obal, před nímž plasticky vystupují oblé pilíře a přípoje hlavní lodě. V jednotném prostoru pak vznikají dvě prostorové vrstvy odlišené světlem – spodní část dosahující k triforiu bývá poměrně tmavá, horní vrstva nad triforiem je pak prozářena barevným světlem oken, nicméně prostor jako celek vykazuje estetickou jednotu. Katedrála jako celek představovala pro středověké návštěvníky celou sumu tehdejšího vědění a víry. Byla obrazem nebe, země, ráje a nebeského města, byla to ecclesia, ztelesněný světonázor, názorný příklad nepomíjivého života, a přece i místo obecně přístupné každému občanu města. Gotičtí mistři chtěli tímto způsobem ovlivnit vnímání a duchovní stav člověka, který do ní vstoupí.

Dalším zajímavým jevem je, že v gotické katedrále není nikdy úplně jasno. Nikdy zde nenarazíte na plné světlo v celém prostoru. Členitý prostor je světlem modelován, během dne se dynamicky mění jak barva, tak směr světla. Rozměry oken jsou impozantní, např. katedrála v Chartres má okna o ploše 2000 m². Přesto je tento prostor v úrovni lavic i během dne v pološeru.

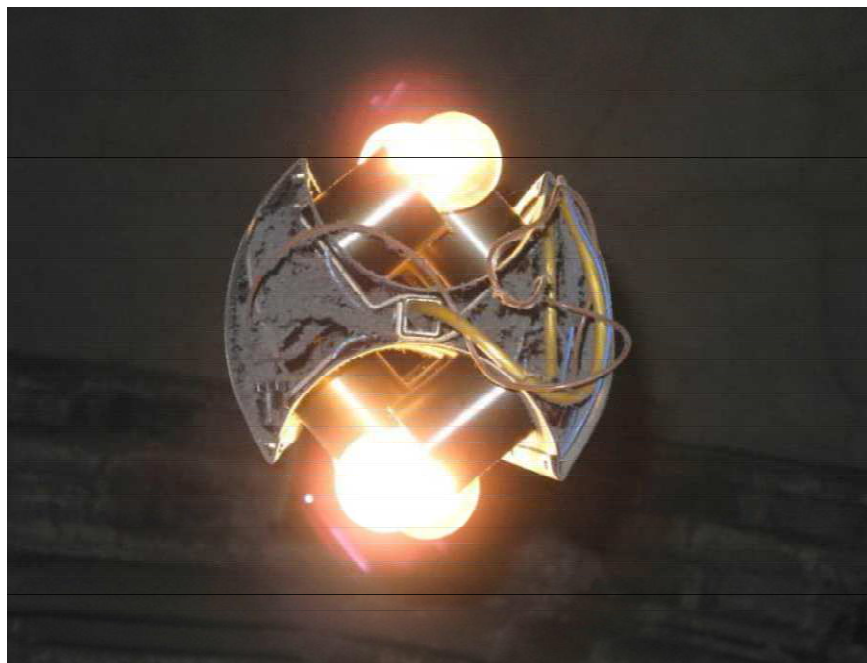
V gotických katedrálách se uplatňují rozetová okna. Je to opět symbol. V gotice kruh znamená slunce, slunce znamená světlo, světlo je znamením Krista, někdy ne přímo jeho samotného, ale jas jeho slávy.

POPIS PŮVODNÍHO STAVU

Katedrála sv. Víta, Václava a Vojtěcha se nachází v jádru vnitřního hradního okrsku a leží na území národní kulturní památky Pražský hrad, ev. č. 11719/1-922. Do roku 2013 byla osazena osvětlovací soustavou, která byla realizována v 70-tých, případně 80-tých letech 20. století. V křížení lodí je v kruhovém otvoru umístěn veliký reflektor přezdívaný „slunce“.

HLAVNÍ SVÍTIDLA

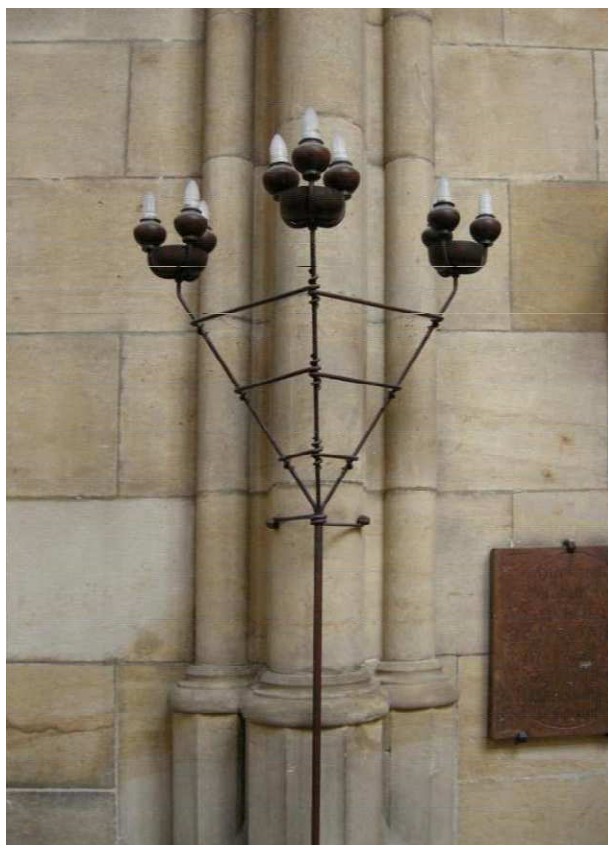
Hlavní svítidla byla umístěna v bočních lodích a kaplích, byla zavěšena na dlouhých závěsech z klenebních oblouků. Svítidla byla vertikální s šikmo seříznutou horní a spodní hranou (průměr cca 25 cm), byla vyrobena z plechu s bronzovou povrchovou úpravou, osazeni patičkami E27. V těchto patičkách byly použity vesměs klasické čiré žárovky, které mají vysokou spotřebu energie, malý měrný výkon a krátkou životnost. Žárovky neměly žádnou optiku a tudíž svítily obecně do prostoru. Svítidlo mělo vcelku příznivý design pro použití v gotickém prostoru jeho technická úroveň však odpovídala době vzniku. Je tak třeba konstatovat, že svítidlo je dnes již technologicky přežitě, v mnoha pozicích spíše oslňuje. Současnost si žádala zásadnější přístup k řešení osvětlení interiéru Katedrály. Náklady na spotřebu elektrické energie pro osvětlení v Katedrále byly počítány ve statisících, přitom efekt osvětlení a oslnění nebyl odpovídající vynaloženým prostředkům.



Obr. 1. Svítidlo v katedrále při pohledu zespoda.

HILBERTOVY SVÍCNY V BOČNÍCH LODÍCH

Mimo tuto hlavní soustavu jsou v Katedrále umístěny kovářsky provedené Hilbertovy svícny. Tyto mnohoramenné svícny stojí vždy při pilíři boční lodi a jsou zároveň kotveny ke zdi. Tvarově zajímavé a vhodné svítidlo má z hlediska osvětlení spíše dekorativní charakter a je osazeno oslňujícími světelnými zdroji. Svícny byly osazeny různými úspornými zdroji mnohdy o různé kvalitě i barevnosti světla a jejich efekt je spíše výtvarný než faktický.



Obr. 2. Hilbertův svícen.

SVÍTIDLO V KAPLI NEJSV. TROJICE A PANNY MARIE

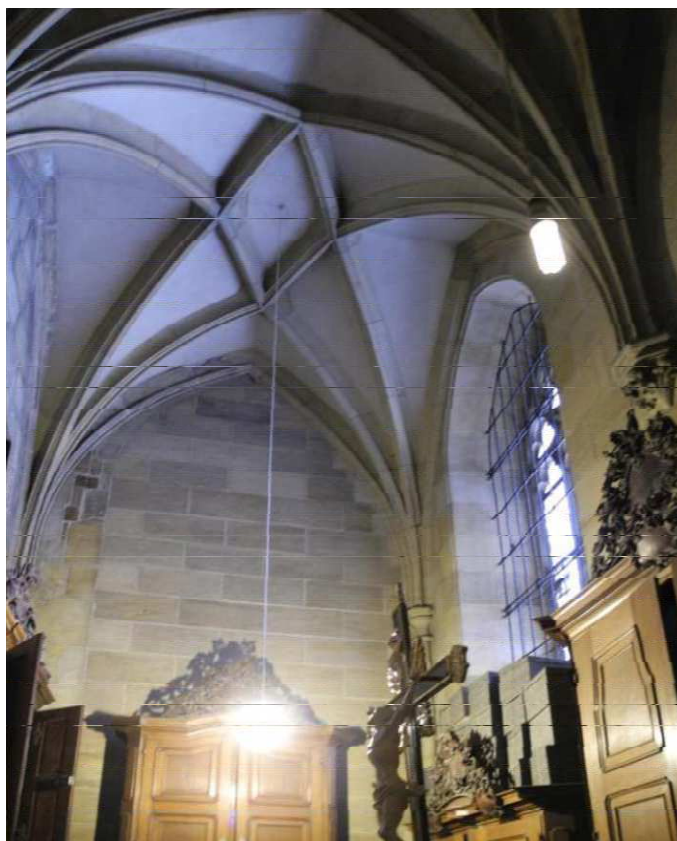
V kapli Nejsv. Trojice a Panny Marie v ose Katedrály byl umístěn na příčném trámci kříž s tématem Golgoty. Umístění svítidla a jeho uchycení vruty do trámu ze 14. století bylo trnem v oku památkářům.



Obr. 3. Žárovkové reflektorky na trám.

SVÍTIDLA POD KRÁLOVSKOU ORATOŘÍ

Boční a pomocné prostory byly osvětleny jednak halogenovými svítidly umístěnými na interiérových prvcích (nová sakristie), jednak nástěnnými svítidly (stará sakristie, předsálí Hilbertovy klenotnice) a také jednoduchými komerčními svítidly (Hilbertova klenotnice, nová sakristie, chórová kaple, kapitulní knihovna, sklad ornátů). Je zřejmé, že tato svítidla, dnes již ve stáří 40 let od svého vzniku, si žádají výměnu za moderní úsporná svítidla. V některých případech (Hilbertova klenotnice – vitriny) tato svítidla ohrožovala osvětlované předměty vytékajícím olejem z kompenzačních kondenzátorů. V dalším jsou to velmi prostá svítidla (kompaktní zářivka na drátu, mléčná koule). Tento způsob osvětlení Katedrály jistě neodpovídá významu tohoto prostoru.



Obr. 4. Osvětlení kapitulní knihovny.

SVÍTIDLA V CHÓROVÉ KAPLI

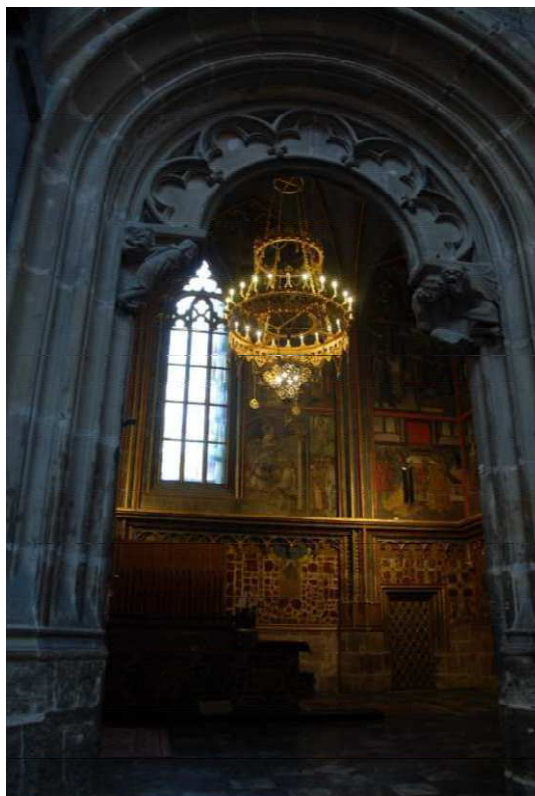
Chórová kaple byla osvětlena dvěma svítidly stejného typu jako hlavní loď a na spodní vrstvě klenebních oblouků byly umístěné žárovky, které způsobily černání omítky klenby nad nimi.



Obr. 5. Osvětlení chórové kaple.

SVÍTIDLA V KAPLI SVATÉHO VÁCLAVA

V kapli sv. Václava je centrální závěsný lustr navržený Kamilem Hilbertem a čtveřice zavěšených svítidel osvětlujících převážně nástěnné malby. Tato čtveřice se předpokládají nahradit svítidly novými s úplně jinými zdroji a optikou. Vzhledem k výjimečnosti tohoto prostoru je uvažováno s jiným svítidlem než v hlavním prostoru.



Obr. 6. Osvětlení kaple Sv. Václava-

SVÍTIDLA VE STARÉ SAKRISTII

Stará sakristie byla osazena atypickými svítidly u hlavního pilíře v pokročilém stádiu rozkladu.



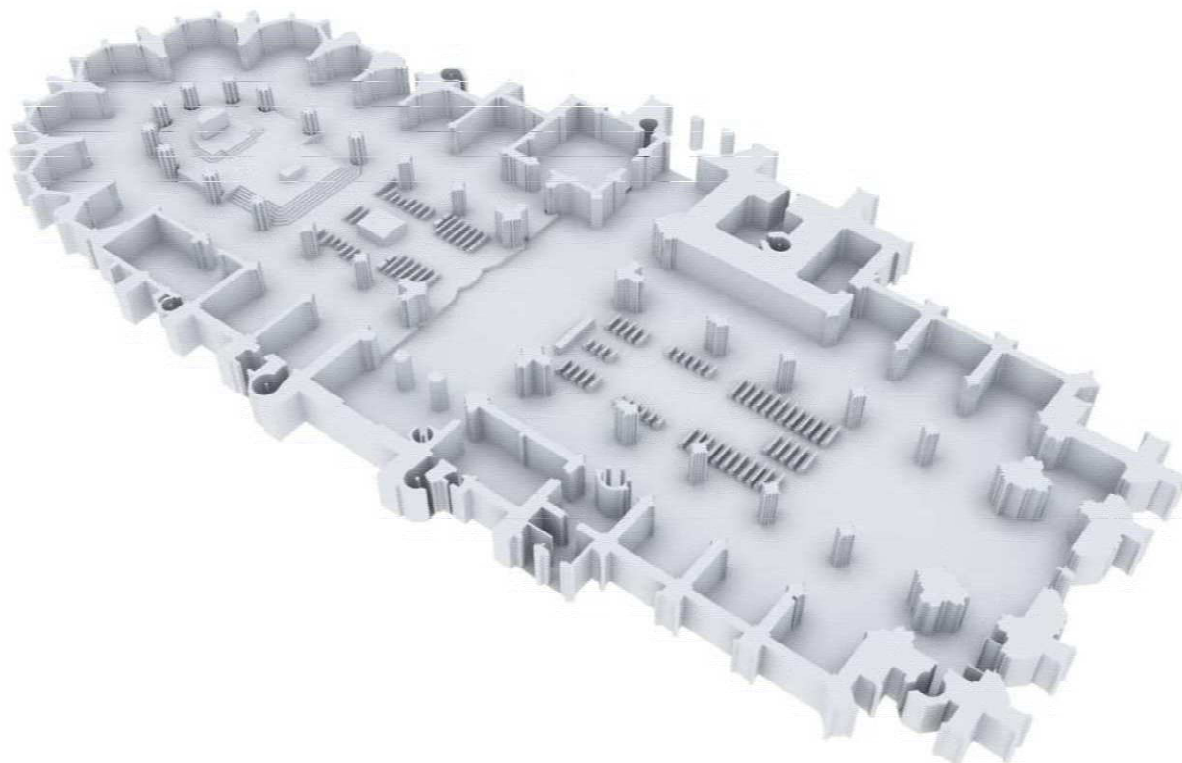
Obr. 7. Svítidla ve staré sakristii.

SVÍTIDLA V HILBERTOVĚ KLENOTNICI

V prostorech Klenotnice jsou svítidla umístěna ve vitrínách. Tyto vitriny byly osvětleny zářivkovými svítidly o příkonu 36W, která byla umístěna na skleněných stropích těchto vitrin. Zářivky staršího data byly osazeny magnetickými předřadníky, které značně hučeli a z kompenzačních kondenzátorů vytékal olej. Tento se v několika případech vylil na skleněný strop vitriny. Vzhledem k hodnotě exponátů – vzácné monstrance, lebka Sv. Václava, lebka Sv. Ludmily apod. žádal tento prostor velmi rychlé řešení.



Obr. 8. Hilbertova klenotnice.



KONCEPCE NÁVRHU NOVÉHO OSVĚTLENÍ KATEDRÁLY

Při tvorbě koncepce jsme si stanovili několik zásadních podmínek:

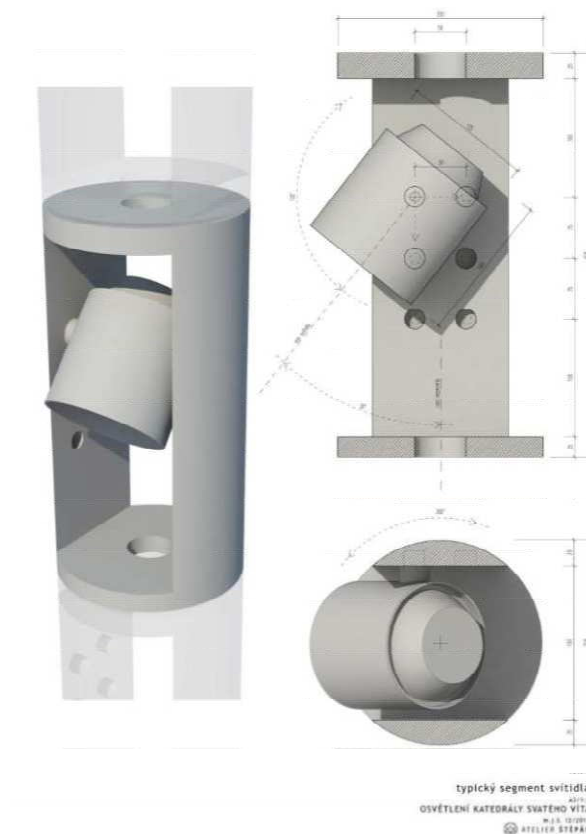
1. Respektování stávajících tras rozvodů a míst vývodů elektrických rozvodů pro eliminaci zásahu do historické stavby,
2. Soudobý architektonický vzhled souznící s vertikální tektonikou Katedrály. Tvar svítidel je v maximální možné míře zjednodušen. Jednotlivé proporce a měřítka spolu komunikují.
3. Důraz na světlo ne svítidlo. V maximální je akcentováno světlo jako takové, svítidla jsou zde nástrojem k dosažení požadované světelné funkce a atmosféry. Intenzita světla, jeho precizní dávkování a barevné podání bude odpovídat charakteru prostoru Katedrály. Bude přihlédnuto k ochraně sbírkových předmětů a zamezení úniku negativního světelného záření. Bude omezeno oslnění světelnými zdroji.
4. Světelná výkonnost a energetická úspornost provozu. Použití soudobých úsporných zdrojů světla. Zajištění nouzového osvětlení v případě výpadku energie.
5. Světelná koncepce vyhovující vrstevnatosti provozu v Katedrále. Vytvoření provozních režimů osvětlení pro různé druhy provozu.

ZÁKLADNÍ POPIS

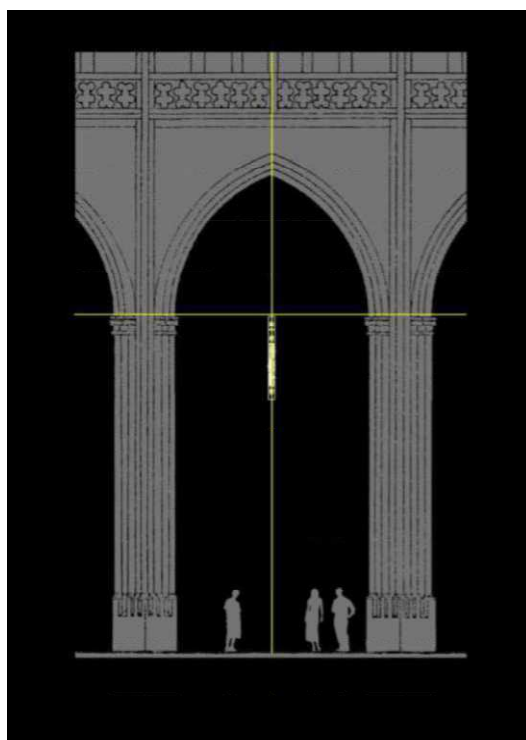
Zásadní v tomto řešení je důležitost světla, ne svítidla. Jediné nové viditelné svítidlo je navrženo jako závěsný válec s velmi výraznou vertikálitou. Tento vertikální charakter je inspirován tvaroslovím gotické architektury katedrály, respektive jejími pilíři. Poloha svítidla je výškově přesně srovnána s hlavicemi pilířů. Sestava svítidla je tvořena jednotlivými litými horizontálně otáčivými segmenty, ve kterých je umístěno svítidlo s vertikální osou otáčení. Je tak možné namířit světlo do všech požadovaných poloh. Jedno svítidlo je složeno ze třech až sedmi takovýchto segmentů.

Po ročních úvahách, náčrtcích, rozhovorech jsme dospěli k elementárnímu tvaru svítidla. Svítidlo – jednoduchý elementární geometrický tvar – štíhlý vysoký válec, který umožní realizovat osvětlení tak, jak je třeba. Svítidla lze plynule regulovat, směr světla lze jednoduchým způsobem zvolit, kombinace různých svítidel lze měnit a ladit dle potřeby až k dokonalosti.

Válcový segment byl odlit kvůli své váze z duralu, jeho povrch je pak opatřen zdrsňenou povrchovou úpravou. Tvar svítidla prošel několika proměnami a úpravami proporcí po výrobě a zavěšení několika maket svítidla, rovněž povrchová úprava byla velmi pečlivě zvolena po konzultacích s památkáři Pražského hradu.



Obr. 9. Ideový návrh koncepce svítidla.



Obr. 10. Studie proporce svítidla.



Obr.11. Makety svítidla v různých proporcích a různých povrchových úpravách.

Na základě výše uvedených úvah jsme provedli první zkoušky osvětlení v prostoru katedrály. Tyto zkoušky jednoznačně potvrdily správnost našich úvah. Intenzitu světla je třeba vážit lékárníckými váhami. Jeho spektrální složení je zcela zásadní pro vnímání prostoru, materiálu, výzdoby katedrály. Směrování světla je velmi důležité. A zcela zásadní a nejdůležitější požadavek je redukce oslnění na možné minimum.

Válec složený ze segmentů, které se nezávisle na sobě mohou otáčet a v nich světelné hlavice, osazené LED diodami, které umožňují aplikaci různých optik a tím osvětlení různých míst a prvků prostoru. Široké optiky osvětlí nástěnné malby, pološiroké optiky používáme pro osvětlení větších objektů v prostoru, úzké svazky pak pro akcentaci detailů. Lineární optiky akcentují tektoniku stavby. Svítidlo svou koncepcí umožňuje i aplikaci nouzového osvětlení, které bude pracovat v případě výpadku elektrické energie a osvětlí návštěvníkům cestu ven z katedrály. Vše je založeno na moderních zdrojích světla - LED diodách, které umožňují světlo přesně dávkovat, umožní

aplikovat různé optiky, spektrální složení světla lze přesně definovat tak, aby korespondovalo s osvětlovaným prostorem.

ELEKTRO ROZVODY

Svítilna jsou umístěna na stávajících vývodech, čím jsme eliminovali zásahy do stavebních konstrukcí budovy. Elektrická instalace byla ve stavu odpovídajícímu svému stáří a byla nahrazena novými rozvody.

REŽIMY NASVĚTLENÍ, ŘÍZENÍ

Světlo v katedrále je ovlivněno mnoha faktory - barevností oken, vitráží, směrem světla, jeho spektrálním složením a interferencí a odrazy na stavebních konstrukcích. Vitráže fungují jako barevné filtry, které propouští dovnitř jen určité části spektra. Ráno má světlo více modrých tónů, v poledne převládají teplejší tóny, večerní červánky dodají stavbě úplně jiný charakter. Umělé osvětlení je pak doplněním této světelné hry v nočních hodinách, za nepříznivých světelných podmínek nebo pro zdůraznění liturgie, slavnosti nebo architektury. Půlnoční mše, večerní obřady, koncerty, či jen prosté rozjímání v prostoru po západu slunce vyžaduje přítomnost světla. Světlo tedy tvoří nedílnou součást prostoru katedrály.

Pro jednotlivé výše zmíněné možnosti a různé režimy provozu jsou žádoucí různé kombinace osvětlení.

Při volbě režimů osvětlení jsme vycházeli z provozu katedrály. Provozní režimy nasvětlení jsme zvolili takto:

- liturgický režim – běžná mše
- liturgický režim – slavnostní mše
- liturgický režim – nejvýznamnější svátky
- turistický režim denní
- turistický režim noční
- komorní režim – koncert
- meditační režim
- státní události

ŘÍDICÍ SYSTÉM

Ovládání osvětlovací soustavy je řešeno profesionálním digitálním systémem, který adresuje jednotlivá svítidla a umožňuje rozsvítit libovolné kombinace svítidel. Lze volit režimy osvětlení tak, aby všichni uživatelé katedrály mohli realizovat své představy a požadavky na osvětlení. Liturgický provoz, turistický režim, slavnostní osvětlení, osvětlení pro koncerty, společenské akce, dynamické osvětlení během mší. Toto vše lze realizovat a ladit dle požadavků uživatelů bez dodatečných zásahů do elektrické instalace.

OPTIKA

Optiky svítidel byly navrženy profesionálním optikem, který je zkonstruoval na základě našich požadavků. Svítidla jsou osazena optikou v provedení spot (bodový reflektor), flood (pološiroký reflektor) a wide flood (široký reflektor), lineární optika a wallwash optika. Svítidla umožňují aplikaci optických doplňků – filtry, změkčující čočky, protioslňovací příslušenství.

BAREVNÁ TEPLOTA SVĚTLA

Barevná teplota světelných zdrojů byla zvolena na 3000 K, která se při zkoušce osvětlení jevila jako optimální. Stavební materiál, nástěnné malby, obrazy, náhrobky a další objekty v prostoru katedrály jsou v této barvě světla přirozeně osvětleny a barva světla koreluje s barvou dalších zdrojů světla – svíček, Hilbertových svíců a umělého světla pronikajícího okny katedrály.

MNOŽSTVÍ SVĚTLA

Účelem umělého osvětlení není „prostor osvětlit“. Chceme zde zachovat mystiku a tajemno, charakter gotické katedrály a proto není na místě přesvětlování, znásilňování prostoru světlem. Výpočty i zkoušky osvětlení jednoznačně prokázaly, že nelze aplikovat silné zdroje světla. Světlem je třeba prostor modelovat, umožnit návštěvníkům jedinečný zážitek magie světla, věřícím je třeba osvětlit texty, které čtou, turistům je třeba osvětlit důležité historické objekty, hudebníkům a sboristům je třeba osvětlit noty a texty. Nouzové osvětlení umožní návštěvníkům bezpečný odchod z prostoru. Uvažovaný způsob řešení umožní splnit všechny požadavky.

VÝSLEDEK NAŠEHO SNAŽENÍ.

Co lze dodat k naší tříleté práci pro katedrálu ? Byla to nádherná nadčasová práce, ke které jsme přistupovali s hlubokou pokorou. Vše co šlo zachovat, obnovit, jsme obnovili. Jako poctu tvůrci předchozího osvětlení jsme nechali zreparovat několik starých svítidel a použili jsme je v kapitulní knihovně a ve skladu ornátů. Svítidla ve staré i nové sakristii prošla rovněž repasí, stejně jako Hilbertovy svícny. Zde nebylo účelem bořit a něco si dokazovat. Chtěli jsme budovat a tvořit na odkazu předků a tvůrčím způsobem jej rozvinout. Časový prostor, který byl naprosto nevídaný v naší hektické době, studium architektonických a historických souvislostí, cesty Evropou po významných katedrálách středověku, pocit doteku s esencí naší minulosti a budoucnosti, rezonance techniky, výtvarna, historie, architektury byly úžasným privilegiem, které jsem při tvorbě osvětlení katedrály Sv. Víta zažil.

Chtěl bych poděkovat svému kolegovi a příteli, architektu Marku Štěpánovi za spolupráci na tomto nádherném díle. Hlavním motorem a hybatelem celého projektu byl Monsignore kardinál Dominik Duka, bez kterého bychom nedokázali nic. Jemu patří obrovský dík a uznání za podíl na realizaci tohoto díla.

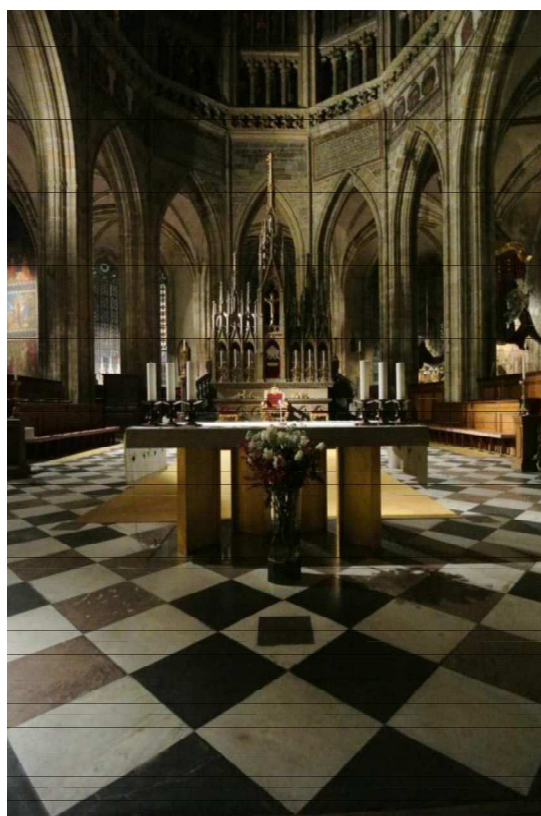
Takže na závěr několik snímků z realizace.



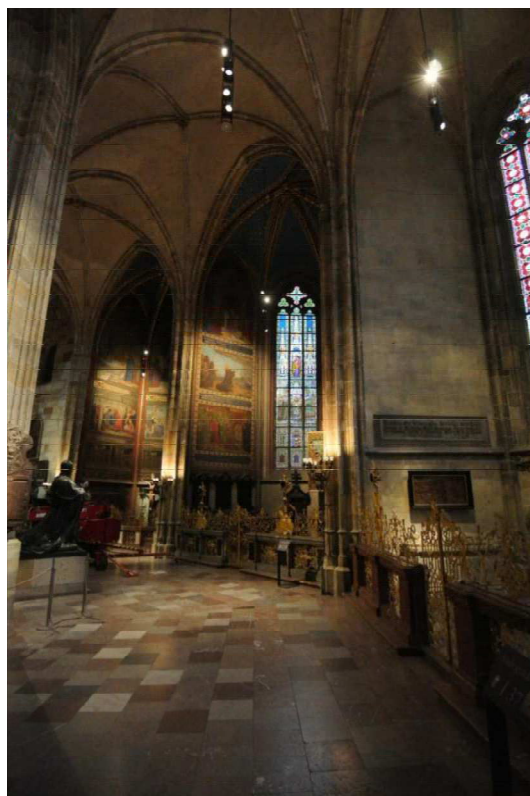
Obr. 12. Svítidla připravená k instalaci.



Obr. 13. Osvětlení nové části katedrály.



Obr. 14. Osvětlení presbytáře.



Obr. 15. Osvětlení závěru katedrály ve staré části postavené Matyášem z Arrasu.



Reverzní (zpětný) inženýring síťových LED napájecích zdrojů

Jakub Černoch Ing., Petr Sládek Ing.
Osvětlení Černoch s.r.o., jakub@cernoch.cz

Ohlédnutí do minulosti

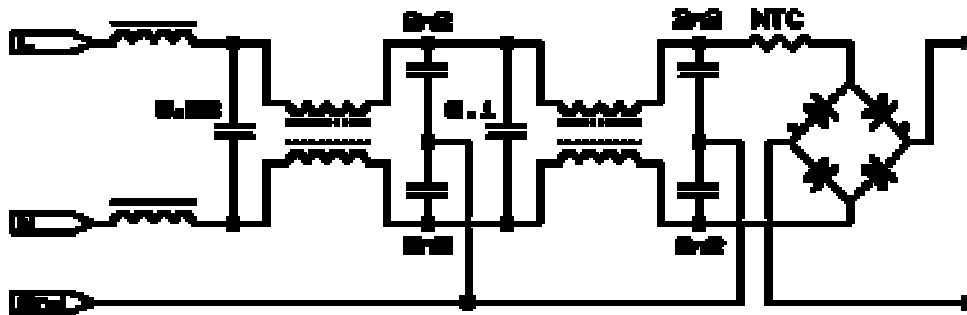
Reverzní inženýring se zabývá analýzou již hotových řešení. Výsledky této analýzy mohou vést vytvoření shodného výrobku nebo procesu, ke zdokonalení tohoto řešení nebo také k odhalení jeho slabých míst. Bylo by proto chybou považovat tuto metodu jen za způsob kopírování stávajících výrobků, navíc bez kopírování úspěšných strategií by lidstvo zcela určitě nedosáhlo současného stupně rozvoje.

Síťové zdroje pro napájení LED – topologie

Klasické uspořádání síťového zdroje pro napájení LED svítidel se skládá ze tří stupňů:

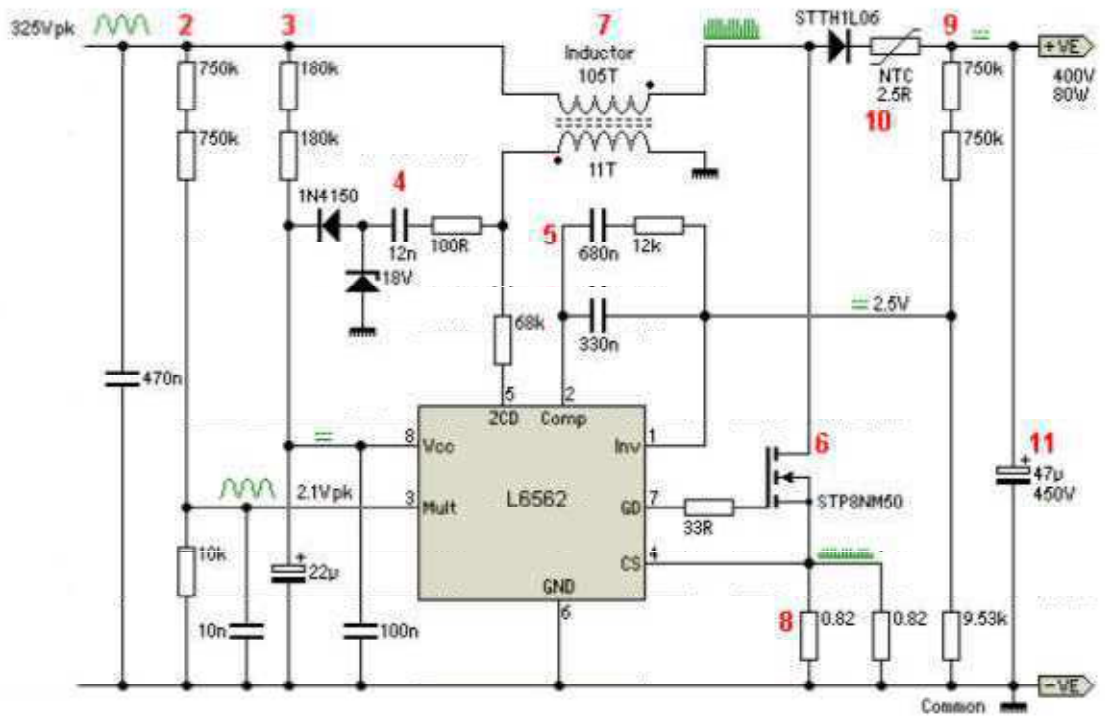
1. Vstupní filtr a usměrňovač – úkoly tohoto stupně je pro potlačení rušivého vyzařování z napáječe do sítě, případně potlačení přepětových špiček přicházejících ze sítě a převod střídavého napětí a stejnosměrné
2. Korektor účinníku PFC (Power factor corrector) – tento stupeň zajišťuje odběr proudu ze sítě blízky sinusovému. Bez tohoto stupně by zdroj odebíral proud ze sítě jen v krátkých okamžicích okolo maxima sinusovky a docházelo by k deformaci sinusovky v síti.
3. Vlastní snižující měnič typu „flyback“ (pro menší příkony) nebo rezonanční LLC měnič (pro vyšší příkony a lepší účinnost).

Na obrázku 1 je charakteristické zapojení vstupního filtru a usměrňovače. Pro splnění požadavků norem na odolnost proti přepětovým špičkám by měl být tento stupeň doplněn ještě další přepětovou ochranou.....



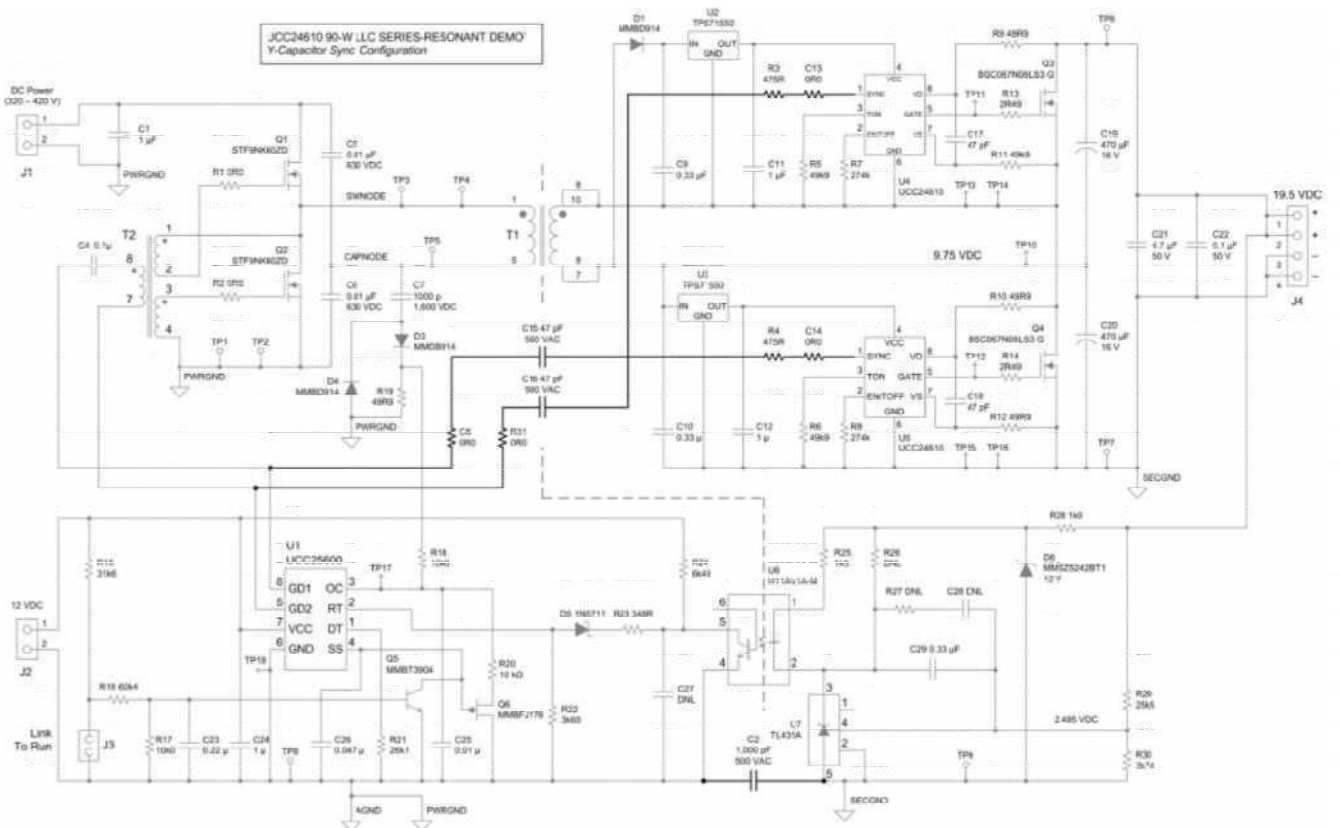
Obr. 1 Charakteristické zapojení vstupního filtru a usměrňovače

Typické zapojení korektoru účinníku je na obr. 2. Vstupem je pulzující usměrněné napětí, výstupem stabilizované stejnosměrné napětí okolo 400V, které slouží jako napájení pro poslední stupeň - snižující měnič.



Obr. 2 Zapojení korektoru účinníku

Příkladem zapojení snižujícího měniče (rezonanční LLC) je schéma na obrázku 3.



Obr. 3 Typické zapojení rezonančního snižujícího měniče

Sít'ové zdroje pro napájení LED – nejčastější prohřešky

1. Vstupní filtr a usměrňovač

V tomto stupni se nejčastěji objevují následující nedostatky.

- Nedostatečné dimenzování filtračních prvků, většina zdrojů nesplňuje limity pro rušení vyzařované do sítě. Častým prohřeškem jsou nedostatečně napěťově dimenzované fóliové kondenzátory jak ve vstupním filtru, tak za usměrňovačem.
- Úplná nebo částečná absence prvků pro ochranu proti přepětovým špičkám ze sítě a proti proudovým špičkám vznikajícím při připojení zdroje k síťovému napětí ((transily, bleskojistky, varistory – viz obr. 4). Díky tomu dochází k „nevysvětlitelným“ poruchám zdrojů obvykle při první bouřce nebo po opakovaném zapnutí.



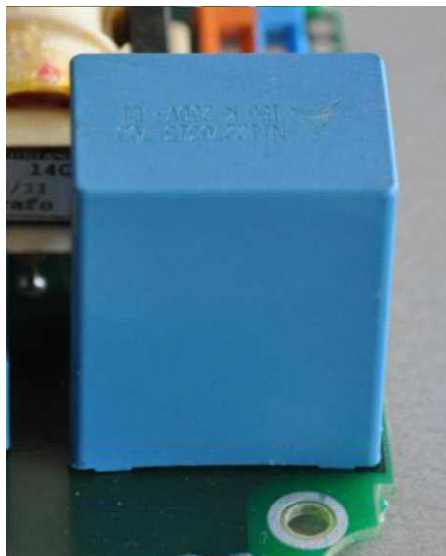
Obr. 4 Prvky pro ochranu proti přepětovým a proudovým špičkám

2. PFC stupeň

Nejčastějším problémem těchto stupňů je nedostatečné dimenzování kondenzátorů, které jsou zapojené na výstupních svorkách tohoto stupně. Konstruktor tu má v zásadě dvě možnosti – použít elektrolytické nebo fóliové kondenzátory. U elektrolytických kondenzátorů (obr. 5) je kritickým problémem jejich namáhání zvlňným proudem a zároveň poměrně vysoká teplota okolí. Běžně používané elektrolytické kondenzátory jsou schopny dosáhnout střední doby do poruchy cca 10-20 000 hodin, v případě speciálních typů vybraných s velkou rezervou lze dosáhnout střední doby do poruchy až 50 000 h (přiznávám se, že jsem takový zdroj ještě neviděl). Fóliové kondenzátory (obr. 6) zajišťují střední dobu do poruchy v řádu set tisíc hodin, ale jsou poměrně drahé a rozměrné.



Obr. 5 Elektrolytický kondenzátor v PFC stupni



Obr. 6 Fóliový kondenzátor v PFC stupni

3. Snižující měnič

Typickými prohřešky jsou nevhodně dimenzované spínací prvky (obvykle transistory MOS FET), úplně nejvíce problému jsme ale našli na pozici sekundárního usměrňovače. Na něj jsou kladeny poměrně vysoké nároky z hlediska rychlosti, zároveň přes něj tečou často vysoké proudy a jeho výkonová ztráta je nezanedbatelná. Optimálním řešením je použití synchronního usměrňovače (dva transistory MOSFET s řídicím integrovaným obvodem představují téměř bezztrátové řešení), bohužel řada konstruktérů se raději uchyluje k jednoduššímu paralelnímu řazení usměrňovacích diod. Toto řešení má poměrně vysoké ztráty, navíc je nutné do série s každou diodou zařadit ještě malý odpor, protože napětí v propustném směru je negativně závislé na teplotě a tak může dojít k přetížení jedné diody na úkor ostatních.

Příklady nevhodně řešených LED zdrojů

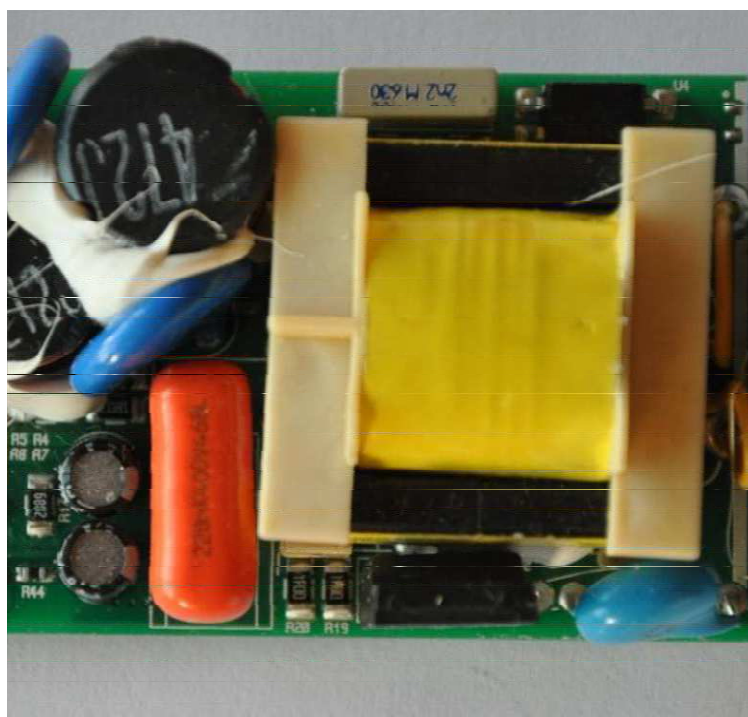
Pro ilustraci výše uvedeného jsem zvolil dva příklady síťových zdrojů pro napájení LED. Volil jsem zdroje velmi renomovaných značek, protože popis nedostatku tzv. "low end" zdrojů by vydal na několik stránek. Bohužel i přesto se v obou zdrojích podařilo odhalit několik poměrně závažných problémů a jsem přesvědčen, že deklarované střední doby života tyto zdroje nemohou v žádném případě dosáhnout.

Příklad 1

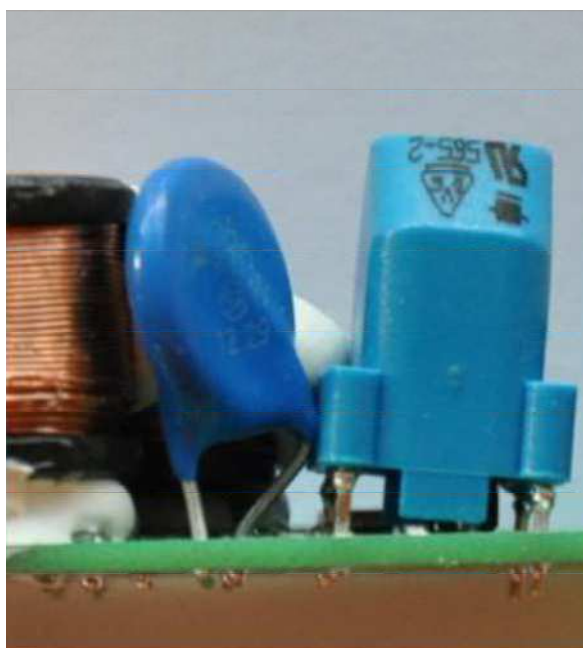
Zdroj pro napájení LED s maximálním výkonem 40 W při napájení 230 V stř., výstupní proud je nastavitelný externím odporem v rozsahu 300 až 1400 mA. Výrobce deklaruje životnost zdroje 50 000 hodin. Zdroj je umístěn v dvoudílné plastové krabici, deska plošných spojů je zespoda pro zlepšení přestupu tepla podložena destičkou z tepelně vodivé silikonové gumy.

Na zdroji jsme identifikovali tyto kritické body:

Primární (síťová) strana - Poddimenzovaný fóliový kondenzátor 220nF/400VDC (oranžový) za usměrňovacím můstkem (obr. 7). Fóliový kondenzátor v této části by měl být třídy **X2** (>630VDC/275VAC). Mechanické řešení PKT cívky (modrá, Epcos) která sedí na diodě a naklání se a varistor s přehýbanými vývody vypovídá o kvalitě inženýrské práce (obr. 8).

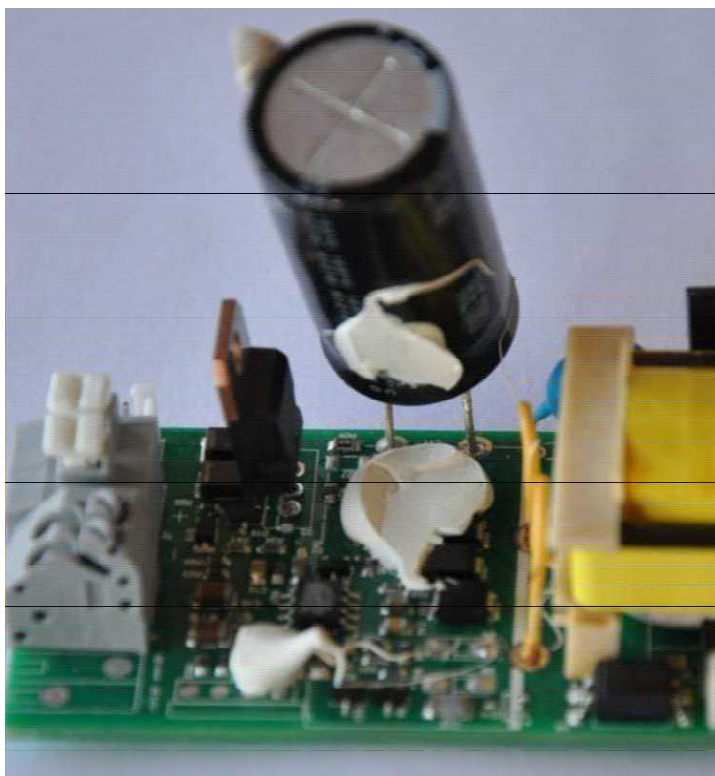


Obr. 7 Poddimenzovaný fóliový kondenzátor, za pozornost stojí také nakřivo namontovaný transformátor



Obr. 8 Nevhodné řešení desky plošných spojů

Sekundární strana - paralelní skládání rychlých křemíkových (FRED) diod se záporným teplotním koeficientem napětí v propustném směru bez kompenzačních sériově řazených rezistorů je velmi nevhodná strategie snížení zatížení jedné diody. Vhodnější je použít například dvoučipovou diodu v jednom pouzdře DPAK a plošný spoj s tlustější měděnou fólií opatřit odmaskovanými průchody na druhou stranu desky, tak by se dioda dobře chladila. Průchody zajistí odvod tepla do spodku plošného spoje. Elektrolytický kondenzátor 3300uF/35V, tedy kritická součástka na tepelné namáhání z hlediska životnosti je přímo „nalepený“ silikonem na výše zmíněných diodách, které jsou jedním z největších zdrojů tepla v napáječi (obr. 9). FRED diody na sekundárním usměrňovači jsou zvoleny na zbytečně vysoké napětí, což zvyšuje ztráty v usměrňovači.



Obr. 9 Elektrolytický kondenzátor nalepený na sekundárním usměrňovači

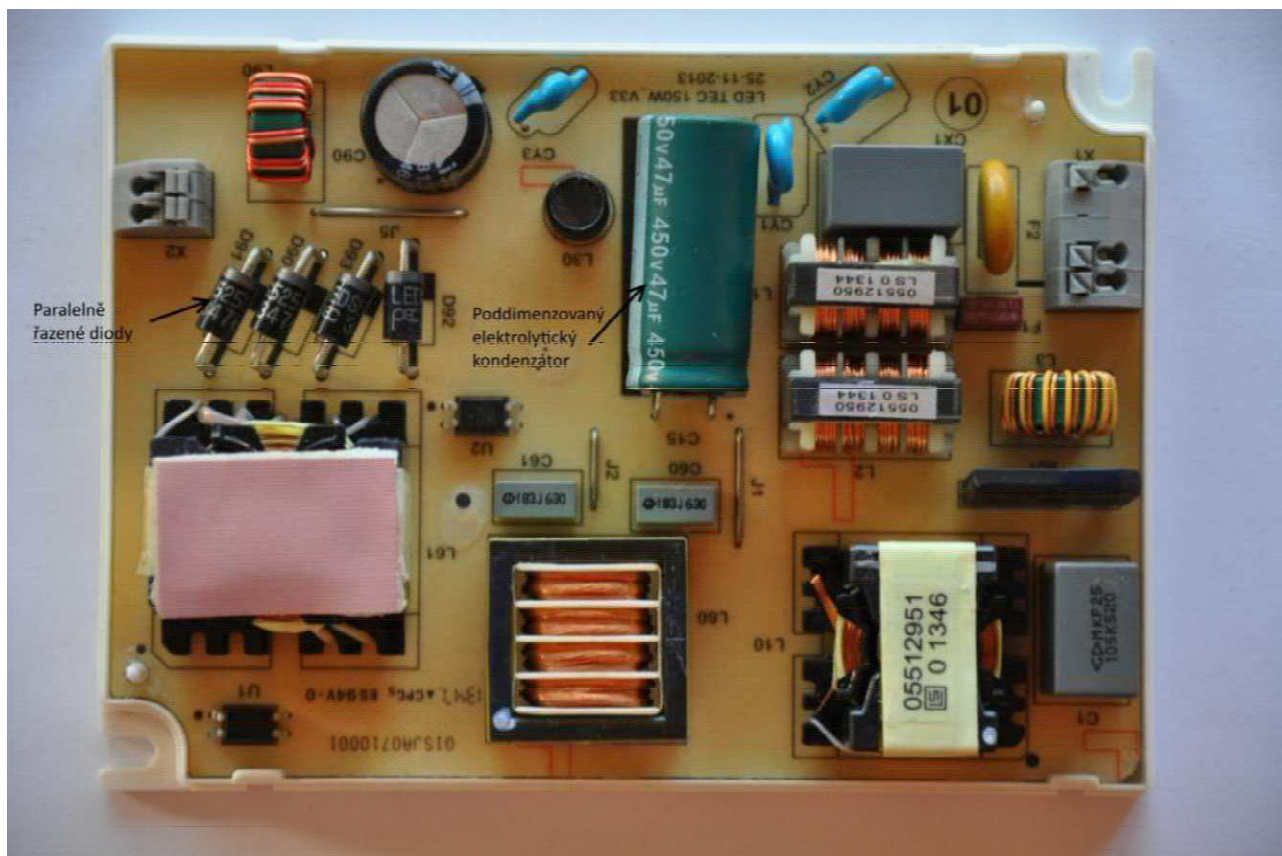
Příklad 2

Zdroj pro napájení LED s maximálním příkonem 150 W a výstupním proudem 1750 mA při napájení napětím 230 V stř. Výrobce deklaruje životnost zdroje 100 000 hodin. Zdroj je umístěn v dvoudílné plastové krabici, lepidlo použité pro fixaci součástek i samotné desky ke krabici se stává tekutým při cca 80-90°C, přesto výrobce na krabici uvádí maximální teplotu krabice 95°C. Při umístění do svítidla, jehož pracovní povrchová teplota chladiče je 50 až 60°C a prostor zdroje je tepelně spojený se svítidlem, dojde k uvolnění plošného spoje i součástek.

Na zdroji jsme identifikovali tyto kritické body:

Primární strana - Nedostatečná ochrana před přepětovým impulsem (pouze jeden varistor cca na 3,5-4,5kA). Chybí překlenovací pomalá dioda (např 1N4007) přes PFC cívku, která omezuje proud při zapnutí tekoucí rychlou diodou (nabíjení elektrolytického kondenzátoru). Elektrolytický kondenzátor 47uF/450VDC (zelený) je bez rezervy z hlediska proudového namáhání. Výrobce (Aishi) uvádí maximální povolený zvlňný proud (RMS) 817mA, v daném zapojení je kondenzátor namáhán RMS proudem 800 mA. Navíc je tento kondenzátor při zapnutí bez zátěže namáhán nad 450VDC po dobu asi 150ms (u PFC není správně nastavená přepětová ochrana) a při zátěži 60% dosahuje napětí překmitu rovných 450VDC. Jde tedy o vyložené překročení limitů výrobce a dosažení deklarované životnosti je nereálné. Celkový pohled na zdroj je na obr. 10.

Sekundární strana - Paralelní sestava 4ks Schottky/FRED diod je velmi problematické řešení, diody nejsou vůbec tepelně spojené. Mnohem vhodnější by bylo použít dvojitou Schottky diodu v pouzdru v TO220 s malým chladičem, případně synchronní usměrňovač s dvěma transistory MOSFET.



Obr. 10 Celkový pohled na zdroj 150 W

Závěr

Otázka spolehlivosti napájecích obvodů pro LED svítidla je z mého pohledu dlouhodobě podceňovaná. Pokud chceme plně využít potenciál LED v oblasti doby života svítidla, je nutné kromě výběru skutečně kvalitních LED a a zajištění jejich chlazení věnovat také pozornost výběru napájecího zdroje. Doba života svítidla je daná jeho nejslabším článkem, jímž je v mnoha případech právě napájecí zdroj. Bohužel nelze věřit deklaracím i renomovaných výrobců a je nutné napájecí zdroje kriticky prozkoumat z hlediska konstrukce i použitých součástek.

Literatura a odkazy

- [1] Firemní literatura Texas Instruments UCC24610 LLC controller
- [2] Firemní literatura STMicroelectronics - L6562 Transition mode PFC

Ekodesign komponentů pro světelnou techniku

Michal Krbal, Petr Baxant, Maria Krbalová, Jan Škoda,
Tomáš Pavelka, Jaroslav Štěpánek a Stanislav Sumec
FEKT VUT v Brně, www.vutbr.cz, krbal@feec.vutbr.cz

Prudký rozvoj v oblasti světelné techniky za posledních několik let sebou nese stále narůstající spotřebu konstrukčních materiálů, které jsou mnohdy toxické pro životní prostředí. Nebo se při jejich těžbě, zpracování či následné likvidaci životní prostředí zatěžuje vypouštěním emisí, kontaminací podzemních vod nebo nevratnou likvidací celého biotopu v rozsáhlých oblastech. Zapomínat by se také nemělo na potřebnou elektrickou energii, jež je pro výrobu a použití světelných zdrojů nutná a při její výrobě se opět zatěžuje životní prostředí. Poslední významnou položkou, která zatěžuje životní prostředí, je transport potřebných surovin, jednotlivých komponentů i celých výrobků. Článek popisuje část této problematiky, která se dnes aktivně řeší především nařízením Komise Evropských společenství (ES) č. 245/2009 ze dne 18. března 2009, ve kterém jsou uvedeny požadavky na ekodesign zářivek bez integrovaných předřadníků, vysoce intenzivních výbojek a také samostatných předřadníků světelných zdrojů a svítidel. A nařízením Komise ES č. 1194/2012 ze dne 12. prosince 2012, ve kterém jsou kladeny požadavky na ekodesign směrových světelných zdrojů a světelných zdrojů používajících světelné diody.

Klíčová slova: Ekodesign; životní prostředí; rtuť; světelná technika; světelný zdroj; LCA;

Ekodesign ve světelné technice

Ekodesign je užíván pro označení designu výrobku (zařízení, součásti,..). Zahrnuje v sobě hledisko ochrany životního prostředí při návrhu, výrobě, spotřebě (užití) a závěrečné fázi post-zpracování (post-processing). Ekodesign tedy přiřazuje výrobkům další vlastnosti, jejichž cílem je minimalizace komplexního dopadu výrobku na životní prostředí během celého jejich životního cyklu. Výsledkem je poté „design výrobku šetrný k životnímu prostředí“ nebo jsou užívány i pojmenování se stejným obsahem, ale jiným názvem, jako například „design pro environment“, „zelený design“, či „udržitelný design“. Konkrétně ve světelné technice by měl časem vzniknout ekodesign pro všechny používané komponenty, který zajistí, aby se při výrobě používaly pokud možno netoxické materiály a aby se co nejvíce surovin opět použilo k výrobě za pomoci organizovaného svozu a recyklačních center. Pro tyto účely se používá systémová analýza LCA (Life Cycle Assessment). Dále pak dílčím výsledkem bude povinnost prodejců uvádět množství emisí a míru znečištění při výrobě konkrétních světelných zdrojů, případně míru emisí při jejich užití, resp. výrobě elektrické energie pro jejich provoz. V současné době (polovina roku 2014) nařízením Komise ES z roku 2009 a 2012 v několika fázích upravuje prodej neefektivních světelných zdrojů, jsou dané limity na maximální obsah rtuti a uvedeny jsou také požadavky na směrovost a clonění světelných zdrojů.

Nařízení Komise ES č. 245/2009

Podle platné směrnice 2005/32/ES jsou požadavky na ekodesign kladeny u komponentů, u kterých je prokazatelný negativní vliv na životní prostředí. Všechna nařízení jsou stažena na výrobky uvedené na trh EU, bez ohledu na místo jejich instalace, proto se také nerozlišují například interní nebo externí instalace apod. Také se všechna nařízení vztahují na komponenty pro všeobecné osvětlování, tzn. neplatí například pro světelné zdroje pro zvláštní účely, jako světelné trubice v monitorech, UV vytvrzovací výrobky aj. V nařízením Komise ES č. 245/2009 jsou environmentálními aspekty pouze ty nejvýznamnější z pohledu přímé zátěže životního prostředí, tedy spotřebovaná elektrická energie ve fázi užití výrobku a obsah rtuti ve výbojových zdrojích. Na osvětlování při použití světelných zdrojů, jichž se nařízení Komise ES týká, bylo v zemích EU v roce 2005 spotřebováno 200 TWh elektrické energie, což odpovídá přibližně 80 Mt vypuštěných emisí CO₂. Odhad z roku 2009 předpokládá, že se do roku 2020 spotřeba zvýší na 260 TWh. Stejně tak se předpokládá zvýšení obsahu rtuti ve výbojkách z 12,6 na 18,6 t. Tomuto nárůstu by mělo toto nařízení Komise ES zabránit. Díky prosazování nových technologií je předpoklad snížení spotřeby do roku 2020 o 38 TWh. Nicméně důležitým poznatkem všech požadavků je v žádném případě neovlivnit funkci výrobků a jejich bezpečný provoz. Studie se taktéž zabývá problematikou tzv. světelného smogu (světelné znečištění), jehož dopad se se zvyšující se účinností světelných zdrojů zvyšuje.

Požadavky na ekodesign pro zářivky bez integrovaných předřadníků, vysoce intenzivních výbojek a svítidel, jež mohou složit k provozu těchto výbojových zdrojů, jsou podstoupeny postupem tzv. posuzování shody, který je

interní kontrolou designu. Ve směrnici je uvedeno také velké množství nejrůznějších výjimek, pro které daná ustanovení neplatí. Např. pro výbojky, které jsou určeny pro produkci UV záření, směrové výbojky a všechny ostatní výbojové zdroje, které nejsou zdrojem bílého světla. Pro standardní lineární zářivky daná nařízení neplatí, jsou-li v provedení T2 nebo T5 s příkonem menším jak 13 W.

Požadavky na účinnost výbojových zdrojů

Požadavky na minimální účinnost světlených zdrojů jsou rozděleny na tři fáze. První fází, která začala platit v roce 2010 je stanovení minimálních účinností po 100 h provozu u lineárních zářivkových trubíc v provedení T5 a T8. Hodnoty minimálních účinností v lm/W jsou uvedeny v následující Tabulce 1. Pro kompaktní zářivky v různých provedeních jsou minimální hodnoty uvedeny v Tabulce 2.

T5	N. výkon (W)	14	21	28	35				
	(lm/W)	86	90	93	94				
T5	N. výkon (W)	24	39	49	54	80			
	(lm/W)	73	79	88	82	77			
T8	N. výkon (W)	15	18	25	30	36	38	58	70
	(lm/W)	63	75	76	80	93	87	90	89

• Tabulka 1: Minimální hodnoty účinností lineárních zářivek v provedení T5 a T8

G23 a	N. výkon (W)	5	7	9	11				
2G7	(lm/W)	50	57	67	82				
G24d a	N. výkon (W)	10	13	18	26				
G24q	(lm/W)	60	69	67	66				
GX24d	N. výkon (W)	13	18	26	32	42	57	70	
GX24q	(lm/W)	69	67	66	75	76	75	74	
2G11	N. výkon (W)	18	24	34	36	40	55	80	
	(lm/W)	67	75	82	81	83	82	75	
2G10	N. výkon (W)	18	24	36					
	(lm/W)	61	71	78					
GR8	N. výkon (W)	10	16	21	28	38	55		
GR10q	(lm/W)	65	66	64	73	71	71		
2G8	N. výkon (W)	60	82	85	120				
	(lm/W)	67	75	71	75				
T9 s	N. výkon (W)	22	32	40	60				
G10q	(lm/W)	52	64	70	60				
T5 s	N. výkon (W)	22	40	55	60				
2GX13	(lm/W)	77	78	75	80				

• Tabulka 2: Minimální hodnoty účinností pro kompaktní zářivky

V druhé fázi, která vstoupila v platnost roku 2012, musejí mít všechny typy lineárních zářivek minimálně takovou účinnost, jako je předepisovaná zářivkám v provedení T8. Dále pak jsou stanoveny minimální hodnoty účinnosti pro vysokotlaké sodíkové a halogenidové výbojky, které jsou znázorněny v Tabulce 3.

Sodíková	N. výkon (W)	>45	45-55	55-75	75-105	105-155	155-255	255-605
VT výboj.	(lm/W) čirá	>60	>80	>90	>100	>110	>125	>135
	(lm/W) jiná	>60	>70	>80	>95	>105	>115	>130
Halogen. výbojka	N. výkon (W)	>55	55-75	75-105	105-155	155-255	255-405	
	(lm/W) čirá	>60	>75	>80	>80	>80	>85	
	(lm/W) jiná	>60	>70	>75	>75	>75	>75	
Výbojky jiné	N. výkon (W)	>40	40-50	50-70	70-125	<125		
	(lm/W)	50	55	65	70	75		

• Tabulka 3: Minimální hodnoty účinností pro vysokotlaké výbojky

A ve třetí fázi, která by měla vstoupit v platnost roku 2018, musejí být všechny výbojové zdroje bez integrovaného předřadného systému vybaveny předřadníky s třídou energetické účinnosti minimálně A2. A pro minimální účinnosti halogenidových výbojek budou platit hodnoty uvedené v Tabulce 4.

Halogen.	N. výkon (W)	>55	55-75	75-105	105-155	155-255	255-405
výbojka	(lm/W) čirá	>70	>80	>85	>85	>85	>90
	(lm/W) jiná	>65	>75	>80	>80	>80	>85

• Tabulka 4: Minimální hodnoty účinností pro halogenidové výbojky

Další požadavky na výbojových zdrojů

Od roku 2010 musejí mít zářivky bez integrovaného předřadníku minimální hodnotu indexu podání barev (R_a) >80. U kompaktních i lineárních zářivek je od roku 2012 stanoven požadavek na minimální hodnotu činitele stárnutí a funkční spolehlivosti. Dobu hoření u konkrétních typů zářivek je možné dohledat přímo v nařízení Komise ES. Od roku 2012 je povinnost výrobce poskytnout informace o: nominálním příkonu a světelném toku, jmenovité účinnosti za předem definovaných podmínek, jmenovitém činiteli stárnutí, jmenovitém činiteli funkční spolehlivosti, obsahu rtuti, R_a a teplotě barvy. A u předřadníku musí být od roku 2010 uváděna jejich energetická třída. Minimální hodnota elektrické účinnosti předřadníků pro vysokotlaké výbojky je uvedena v Tabulce 5.

	J. příkon (W)	<30	30-75	75-105	105-405	>405
Rok 2012	Účinnost (%)	65	75	80	85	90
Rok 2018	Účinnost (%)	78	85	87	90	92

• Tabulka 5: Minimální hodnoty účinností předřadníků pro vysokotlaké výbojky

Nařízení Komise ES č. 1194/2012

Podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES je stanoveno, ale byly přijaty nové požadavky na ekodesign u nových rychle se rozvíjejících světelných zdrojů LED, směrových zdrojů, komponentů spojených s těmito zdroji a předřadných systémů pro halogenové žárovky. Opět podobně jako v nařízení Komise ES z roku 2009 se jedná o omezení spojené se spotřebou elektrické energie. Nicméně především se jedná o nařízení svázané se vstupem nové technologie na trh v podobě elektroluminiscenčních diod. Nově jsou stanoveny podmínky zachování funkčnosti pro světelné diody i zdroje ostatní, které nebyly zahrnuty do nařízení Komise ES z roku 2009. Důležitým rozhodnutím je, že nařízení platí i pro LED ve svítidlech, ze kterých je není možné vyjmout. Opět jsou požadavky rozděleny do několika fází tak, aby se poskytl výrobcům dostatek času provést potřebné změny v návrhu a výrobě nových komponentů. Od požadavků jsou osvobozeny svítidla vybavená LED moduly, pokud se jich prodá méně než 200 za jeden rok. Také opět, pokud je světelný zdroj dané kategorie určen pro zvláštní účely, nemusí se splňovat dané požadavky. Výjimku tvoří pouze světelné zdroje, jejichž trichromatické souřadnice spadají do rozpětí definované Komisí ES. V nařízení komise ES č. 1194/2012 jsou kladeny požadavky na energetickou účinnost světelných zdrojů, požadavky na funkčnost a požadavky na poskytnutí informací výrobcem světelných zdrojů. Celkově jsou nařízením Komise ES stanoveny tři fáze (1.9.2013, 1.9.2014 a 1.9.2016), od kterých se začnou uplatňovat daná nařízení.

Energetická účinnost se u světelných zdrojů popisuje tzv. indexem energetické účinnosti (EEI), který je dán podílem korigovaného a referenčního výkonu daného zařízení. Korigovaný výkon je možné vyjádřit výkonem jmenovitým vynásobeným koeficientem daným Tabulkou 6 pro konkrétní světelné zdroje. A referenční výkon je možné vypočítat podle velikosti užitečného světelného toku zdroje a je pro každou fázi i typ zdroje rozdílný. Maximální hodnoty indexu elektronické účinnosti pro různé typy světelných zdrojů vzhledem k různým termínům fází dané Komisí ES jsou uvedeny v Tabulce 7.

Typ světelného zdroje	Korigovaný výkon
Halogenové žárovky s externím předřadníkem	$P_{JM}^* 1,06$
LED s externím předřadníkem	$P_{JM}^* 1,1$
Lineární zářivky T5 a čtyřkolíkové kompaktní zářivky s externím předřadníkem	$P_{JM}^* 1,1$
Vysoceintenzivní vysokotlaké výbojky s externím předřadníkem	$P_{JM}^* 1,1$
Kompaktní zářivky s R_a vyšším jak 90	$P_{JM}^* 0,85$
Světelné zdroje s clonou proti oslnění	$P_{JM}^* 0,8$

• Tabulka 6: Výpočet korigovaného výkonu v závislosti na typu světelného zdroje

	Teplotní světelné zdroje	Vysokotlaké výbojky	Světelné zdroje jiné
1. fáze od 1.9.2013	Pro $\Phi > 450$ lm $EEL > 1,75$	0,5	0,5
2. fáze od 1.9.2014	1,75	0,5	0,5
3. fáze od 1.9.2016	0,95	0,36	0,2

• Tabulka 7: Maximální hodnoty indexu elektrické účinnosti (EEI)

Od 2. fáze nesmí hodnota spotřeby elektrické energie ovladačů ve stavu zapnutém i vypnutém překročit hodnotu 1 W. Od 3. fáze nesmí hodnota spotřeby ovladačů světelných zdrojů v pohotovostním režimu překročit 0,5 W. A od 2. fáze nesmí klesnout účinnost předřadníků pro halogenové žárovky pod hodnotu 0,91 při plném výkonu. Požadavky na funkčnost jsou Komisí ES stanoveny prostřednictvím různých parametrů, které musí skupiny světelných zdrojů dodržet od počátků jednotlivých fází. V následujících Tabulkách 8 až 10 jsou uvedeny některé vybrané parametry pro směrové kompaktní zářivky, světelné diody a ostatní světelné zdroje.

Parametr	1. fáze od 1.9.2013	3. fáze od 1.9.2016
Funkční spolehlivost při 6 000 h	Od 1.9.2014 $>0,5$	$>0,7$
Činitel stárnutí při 2 000 h	>80 %	>83 % (při 6 000 h >70 %)
Počet spínacích cyklů do poruchy	>10 000 pokud je start. doba $>0,3$ s	>30 000 pokud je start. doba $>0,3$ s
Startovací doba	<2 s	$<1,5$ s ($P < 10$ W), <1 s ($P > 10$ W)
Zahřívací doba na 60 % Φ	<40 s	<40 s
Míra předčasných poruch	<5 % při 500 h	<5 % při 1000 h

• Tabulka 8: Požadavky na funkčnost pro směrové kompaktní zářivky

Parametr	1. fáze od 1.9.2013	2. fáze od 1.9.2014
Funkční spolehlivost při 6 000 h		$>0,9$
Činitel stárnutí při 6 000 h		$>0,8$
Počet spínacích cyklů do poruchy	$>$ polovina životnosti sv. zdroje	
Startovací doba	$<0,5$ s	
Míra předčasných poruch	<5 % při 1000 h	

• Tabulka 9: Požadavky na funkčnost pro světelné diody

Parametr	1. fáze od 1.9.2013	3. fáze od 1.9.2016
Jmenovitá životnost	>1000 h, od 1.9.2014 >2000 h	>2000 h, pro zdroje NN >4000 h
Činitel stárnutí	>80 % při 75 % života zdroje	>80 % při 75 % života zdroje
Počet spínacích cyklů do poruchy	>4 násobek doba života v hodinách	>4 násobek doba života v hodinách
Startovací doba	$<0,2$ s	$<0,2$ s
Zahřívací doba na 60 % Φ	<1 s	<1 s
Míra předčasných poruch	<5 % při 100 h	<5 % při 200 h

• Tabulka 10: Požadavky na funkčnost pro ostatní světelné zdroje

Na rozdíl od nařízení Komise ES z roku 2009 je v novém nařízení povinností výrobce u světelného zdroje zobrazit hodnotu užitečného světelného toku minimálně dvojnásobným písmem v porovnání se všemi ostatními parametry. Dále pak výrobce musí uvádět typovou dobu života, která je vždy menší, než doba života jmenovitá. Kromě teploty nebo náhradní teploty chromatičnosti je možné uvádět tento údaj slovně nebo graficky. Dále pak je povinnost uvádět počet spínacích cyklů do poruchy, zahřívací dobu pro dosažení 60 % jmenovitého světelného toku, typový úhel poloviční svítivosti, rozměry světelného zdroje, uvádět doplňkové informace o možnosti použití stmívačů nebo provozu zdroj na nižší napětí a nakonec uvádět tvrzení o ekvivalentnosti, které se týká příkonu nahrazovaného světelného zdroje. Opět je třeba uvádět obsah toxických látek a u rtuti její obsah na desetiny mg. Novinkou je také odkaz na internetové stránky výrobce, kvůli případnému dohledání parametrů nebo zjištění postupu v případě náhodného rozbití. Komisí ES je také nařízeno umožnit spotřebiteli snadno dohledat na volně přístupných internetových stránkách další informace nebo parametry, které na obalu nejsou zveřejněny.

Zhodnocení a závěr

Obsahem článku jsou nařízení a doporučení Komise ES z let 2009 a 2012. Většina ze zde uvedených nařízení vede k ochraně spotřebitele, ukládá výrobcům dodržovat pravidla a nezatajovat informace či parametry snadno porovnatelné s konkurencí. Výrobci jsou daným nařízením také pod tlakem poskytovat kvalitní světelné zdroje a komponenty. Tím je částečně tvořena úspora v čerpání přírodních zdrojů a energií na výrobu světelných zdrojů nových. Samozřejmostí je poskytování informací o obsahu toxických látek včetně rtuti, u které musí být uváděno přesné množství. Tyto opatření nutí výrobce k přesnějšímu dávkování a snižování tak úniků do životního prostředí v množství ne vyšším, než je nutné. Nicméně komplexní ochrana životního prostředí, dána definicí pojmu „ekodesign“, není nařízením Komise ES zcela splněna. Omezení spotřeby elektrické energie při užití světelných zdrojů, vytvořené limitem minimální účinnosti přeměny elektrické energie na světlo u světelných zdrojů, je pouze malým krokem na cestě k ochraně životního prostředí. Je třeba dále tlačit na národní i nadnárodní společnosti k úsporám v dopravě, při těžbě potřebných surovin volit jen ty k životnímu prostředí nejšetrnějších prostředky a nehlédět pouze na ekonomické zisky. Je v rukách celého lidského společenství, každého spotřebitele tento tlak vyvíjet a onoho cíle dosáhnout.

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. Tento příspěvek by připraven pod Centrem výzkumu a využití obnovitelných zdrojů (CVVOZE) financovaného z Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky pod projektem č. LO1210 a finančně podporováno z výzkumného programu pod projektem č. FEKT-S-14-2520.

Literatura a odkazy

- [1] Sokanský, K., Válek, P. Technický život výbojek při různých provozních režimech. 5th International Conference SVĚTLO LIGHT 2002, Brno, Česká Republika, 11-13.6. 2002, str. 157-160, ISBN 80-238-8928-1
- [2] NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 245/2009 ze dne 18. března 2009, Ústřední věstník Evropské unie, dostupné na WWW: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0245&from=EN>
- [3] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1194/2012 ze dne 12. prosince 2012, Ústřední věstník Evropské unie, dostupné na WWW: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R1194&from=en>
- [4] KRBAL, M.; BAXANT, P.; ŠKODA, J.; SUMEC, S.; PAVELKA, T.; ISKANDIROVA, M. Ekologická zátěž světelných zdrojů. In Kurz osvětlovací techniky XXX. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2013. s. 235-238. ISBN: 978-80-248-3173- 2.
- [5] KRBAL, M.; ISKANDIROVA, M.; BAXANT, P.; ŠKODA, J.; SUMEC, S. Světelné zdroje a ekologie. Světlo, 2014, roč. 17, č. 2, s. 48-51. ISSN: 1212- 0812.
- [6] CHMELA, R., EKOLAMP s.r.o.:Firmy renovující vysloužilá svítidla balancují na hraně zákona. Světlo, 2013, Světlo 2013/2.

Stíny denního osvětlení v Praze

doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D.

fakulta stavební ČVUT v Praze, ooakanka@centrum.cz

Dovolím si zde podat jen zprávu o současném vývoji stavební světelně technické legislativy v Praze a podrobit ji stručné kritice. Pražská stavební legislativa se však brzo může stát předobrazem legislativy celostátní.

Rada hlavního města Prahy se usnesla dne 15. července 2014 vydat nařízení č. 11/2014 kterým se stanovují obecné požadavky na využívání území a technické požadavky na stavby v hlavním městě Praze (tzv. pražské stavební předpisy). Nařízení nabývá účinnosti od 1. října 2014 a nahradí dosud platnou vyhlášku č. 26/1999 o obecných technických požadavcích na výstavbu v hlavním městě Praze.

Nové pražské stavební předpisy se ve věci denního osvětlení a oslunění budov liší od dosud platné vyhlášky 26/1999 ve dvou věcech:

1. vypouštějí požadavky na proslunění bytů zcela a bez náhrady. Je tedy přípustné ignorovat požadavky na přístup přímého slunečního záření do bytů.
2. snižují požadavek na denní osvětlení některých obytných místností na polovinu.

Pražské stavební předpisy na rozdíl od stávající úpravy požadavky na proslunění bytů vypouští - nezmiňují se o nich. Při praktickém uplatňování požadavků na proslunění bytů v podmínkách, které nařízení 11/2014 nastoluje, bude tak docházet k nepříjemným komplikacím. Stavební úřady již nebudou průkaz o proslunění vyžadovat. V případě stížnosti uživatelů stíněných bytů však bude při neexistenci požadavků na proslunění v 11/2014 posuzováno podle celostátní vyhlášky 268/2009 Sb. resp. podle ČSN 73 4301. Zvýší se tak počet úspěšně podaných odvolání v průběhu řízení o umístění staveb.

Ve věci denního osvětlení se nové nařízení 11/2014 od stávající vyhlášky č. 26/1999 na první pohled příliš neliší. Oba předpisy se v požadavcích odkazují na platné vyhlášky č. 361/2007 Sb. a č. 410/2005 Sb. a na platné české technické normy. Výjimkou jsou obytné místnosti ve stavbách v uliční frontě s uzavřenou stavební čarou, kde autoři nařízení 11/2014 vytýčili zcela nové, dosud nikde neaplikované limity. Kritériem zůstává činitel denní osvětlenosti ve dvou kontrolních bodech v polovině hloubky místnosti. Požadovaná hodnota tohoto činitele se však snižuje. Namísto průměrné hodnoty 0,9 % se požaduje jen hodnota minimální 0,5 %. Z hlediska technického bude třeba novému limitu přizpůsobit doporučení ČSN 73 0580-1 týkající se činitele jasů stínících překážek. Hodnota činitele jasů $k = 0,1$ doporučená normou pro výpočet již nebude na straně bezpečnosti posouzení v situacích s tak nízkými hodnotami činitele denní osvětlenosti.

Požadavky na proslunění a denní osvětlení vznikly jako výsledek hodnocení zdravotního rizika a jakákoliv změna v těchto požadavcích musí být z tohoto hlediska znovu zvážena. Tak se postupuje i při úpravách českých technických norem, kde v příslušné Technické normalizační komisi pro osvětlení (TNK 76) zřízené Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví pracuje i několik odborníků ze zdravotních ústavů a vysokých škol lékařského zaměření. K hodnocení zdravotního rizika nově vydaných PSP však nemůže tato komise sloužit, protože její statut jí dovoluje vyjadřovat se pouze k technickým normám, nikoli však k nařízením a vyhláškám.

Pro hodnocení zdravotních rizik čehokoli máme v našem státě vysoce profesionální instituce, které jsou podle zákona 258/2000 Sb. za ochranu veřejného zdraví odpovědné a které průběžně sledují zdravotní stav obyvatelstva, shromažďují poznatky o vlivu životních podmínek na zdraví a vedou v této věci vlastní výzkum. Těmito institucemi jsou Hlavní hygienik České republiky spolu s Odborem ochrany veřejného zdraví Ministerstva zdravotnictví, dále síť zdravotních ústavů a hygienických stanic a vědeckovýzkumná základna, kterou je Státní zdravotní ústav.

Neprojednání tzv. pražských stavebních předpisů s hygienickou službou stávající právní řád bohužel umožňuje. Jedná se ale o závažné profesní pochybení Institutu plánování a rozvoje hl. m. Prahy, který je autorem těchto předpisů. Bez tohoto projednání nemohou mít občané Prahy jistotu, že se jim s novými předpisy bude dařit stejně dobře, jako dosud. Technická veřejnost zabývající se výstavbou nemá bez takového projednání jistotu, že svojí činností nepoškodí nad únosnou mírou zdraví uživatelů budov v Praze.

Textura a interakce světla

Michal, Vik, Doc. Ing. PhD.; Martina, Viková, Ing. PhD., Anna, Maltseva, Ing.
Katedra Materiálového Inženýrství, Technická univerzita v Liberci, Studentská 2, 461 17 Liberec,
www.tul.cz, an-malce@yandex.ru

Abstrakt

Příspěvek vysvětluje základní pojmy z oblasti kolorimetrie a zabývá se problematikou hodnocení odrazivostních vlastností speciálních omítkových nátěrů v souladu se současnými metodami měření spektrální odrazivosti podle Mezinárodní Komise pro Osvětlování (CIE). Dosažené výsledky ukazují, že v případě nátěrů s vysokými hodnotami lesku (více jak 70 GLS při geometrii 60) dochází k lineárnímu nárůstu měrné čistoty v závislosti na nárůstu měrné světlosti v případě přístroje osazeného difúzní měřicí geometrií. Naproti tomu v případě přístroje osazeného úhlovou měřicí geometrií hodnoty měrné čistoty nekorelují s hodnotami měrné světlosti. Analýza BRDF, resp. BSRDF funkce ukázala, že doposud používaný dichromatický model spektrální odrazivosti je nutno rozšířit o další parametr vysvětlující zjištěnou korelaci mezi měrnou čistotou a světlostí u difúzní měřicí geometrie.

Klíčová slova: barevný vzhled, textura, kolorimetrie, BRDF, CIE geometrické uspořádání,

Úvod

Optické parametry materiálů jsou velmi důležité při návrhu osvětlovacích soustav. Pokud dopadne světelný tok na rozhraní dvou prostředí, můžeme uvažovat případ, vzduch-sklo, nastanou tři jevy: odraz, absorpce a průchod. Těmto jevům odpovídají veličiny: odrazivost, absorpance a propustnost. Část dopadajícího světelného toku φ_p je odražena, část pohlcena φ_a a poslední část projde materiálem φ_r . Platí zákon zachování energie [1]:

$$\varphi = \varphi_r + \varphi_a + \varphi_t \quad (1)$$

Odrazivost ρ lze definovat jako poměr odraženého světelného toku k dopadajícímu světelnému toku ve smyslu rovnice (2):

$$\rho = \frac{\varphi_r}{\varphi} \quad (2)$$

Hodnotu odrazivosti rozhraní dvou neabsorbujících prostředí o známých indexech lomu n_0 a n' (n_0 je index lomu před rozhraním a n' index lomu materiálu) lze pro kolmý dopad určit z Fresnelova vztahu [2]:

$$\rho = \left| \frac{n' - n_0}{n' + n_0} \right|^2 \quad (3)$$

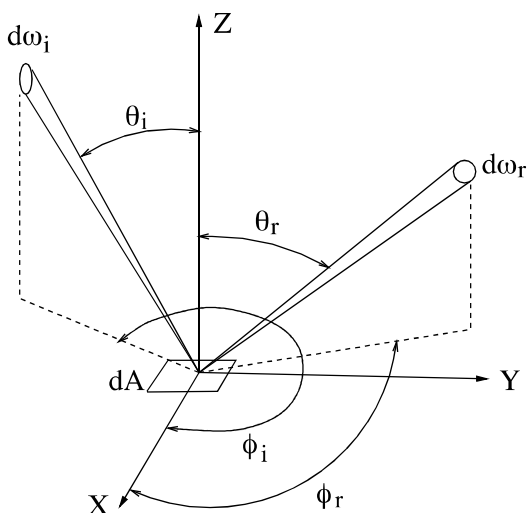
Například rozhraní kaolín ($n' = 1,553 - 1,565$) [3] a vzduchu ($n_0 = 1,000293$) bude mít odrazivost ρ hodnotu $0,0469 - 0,0484$.

Adekvátně rovnici (2), resp. (3) můžeme řešit i problematiku průchodu světla a následně i absorpaci. Obvyklým problémem je však požadavek kolmého dopadu. V případě, že chceme otázku odrazu řešit komplexně využíváme teorii světelného přenosu [4] a z ní vycházející funkce obousměrné odrazivostní distribuce známé pod označením BRDF [5]. O BRDF funkci lze nejobecněji říci, že se jedná o úhlově závislou odrazivost, neboli o funkci úhlu dopadu a rozptylu. Udává sub-kritickou hustotu pravděpodobnosti (její integrál smí být menší než 1), že se světlo, které na povrch dopadne, odrazí daným směrem. BRDF funkci můžeme v radiometrických (fotometrických) veličinách definovat jako zář (jas) povrchu $L(\theta_i, \Phi_i, \theta_r, \Phi_r)$ dělenou dopadajícím ozářením (osvětlením) E :

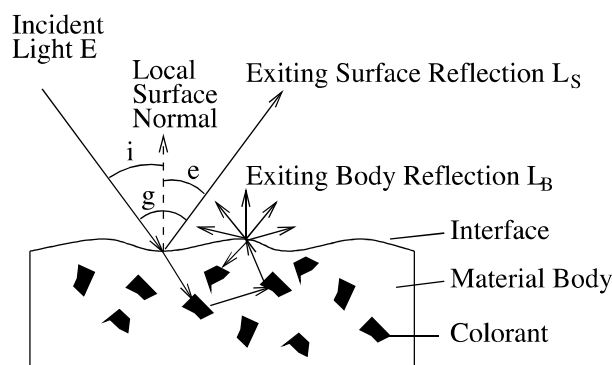
$$BRDF(\theta_i, \Phi_i, \theta_r, \Phi_r) = \frac{L(\theta_i, \Phi_i, \theta_r, \Phi_r)}{E} \quad (4)$$

Jedná se o čtyř-rozměrnou funkci, dvě proměnné (θ_i, Φ_i) určují směr dopadajícího záření a dvě odchozí (θ_r, Φ_r) definují směr odraženého světla. Pokud bude zkoumaný povrch izotropní, bude BRDF funkce závislá pouze na

třech proměnných θ_i , ϕ_i , θ_r , neboť odrazivost povrchu je symetrická vzhledem k rovině dopadu a kolmici na povrch, nemění se v případě, když se povrch otáčí kolem své normály.



obrázek 1 Geometrie definující BRDF funkci



obrázek 2 Fotometrické úhly a komponenty odrazu od nehomogenního dielektrika

BRDF funkce je obvykle měřena pomocí gonioreflektometrů a existují i metody, jak pro její měření využít obrazové snímače (digitální fotoaparáty...) a jednoduché pomůcky pro definované osvětlení [6]. Z hlediska kolorimetrie, resp. popisu kolorimetrických vlastností je tento přístup nedostatečný, neboť je nutno zahrnout jak poměrné spektrální složení použitého osvětlení, tak spektrální odrazivost měřeného objektu. Jinými slovy je nutno BRDF doplnit o tyto spektrální charakteristiky, takže rovnice (4) přechází do svého rozšířeného analytického vyjádření:

$$BRDF(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r, \lambda) = \frac{dL_r(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r, \lambda)}{dE_i(\theta_i, \phi_i, \lambda)} \quad (5)$$

V úvodu bylo řečeno, že tato teoretická řešení vychází z předpokladu homogenního dielektrika, kdy uvažujeme odraz na rozhraní dvou prostředí. U reálných objektů je však nutno předpokládat nehomogenní dielektrikum ve smyslu zjednodušeného schématu na obrázku 2. Zde dochází k odrazu na rozhraní dvou prostředí (tento odraz bývá často označován jako primární) a k odrazu z vlastního tělesa dielektrika (tento odraz je označován jako sekundární, nebo difúzní). Výsledný odraz je tak tvořen aditivně složkou primárního (povrchového) odrazu L_S a složkou sekundárního (difúzního) odrazu L_D :

$$L(\mathbf{e}, \mathbf{g}, \lambda) = L_S(\mathbf{e}, \mathbf{g}, \lambda) + L_D(\mathbf{e}, \mathbf{g}, \lambda) \quad (6)$$

Kde \mathbf{e} je úhel pozorování, \mathbf{g} je fázový úhel a \mathbf{i} je úhel směru dopadajícího paprsku. Shafer [7] ukázal, že spektrální charakteristiky odrazu na rozhraní a uvnitř vlastního tělesa dielektrika jsou invariantní vůči úhlu osvětlování. Rovnice (6) se tak redukuje na tvar:

$$L(\mathbf{e}, \lambda) = m_S(\theta) c_S(\lambda) + m_B(\theta) c_B(\lambda) \quad (7)$$

Kde m_S a m_B jsou faktory geometrického škálování, c_S a c_B jsou spektrální charakteristiky odrazu na rozhraní a uvnitř tělesa, přičemž platí, že:

$$c_S(\lambda) = E(\lambda) R_S(\lambda) \quad \text{a} \quad c_B(\lambda) = E(\lambda) R_B(\lambda), \quad (8)$$

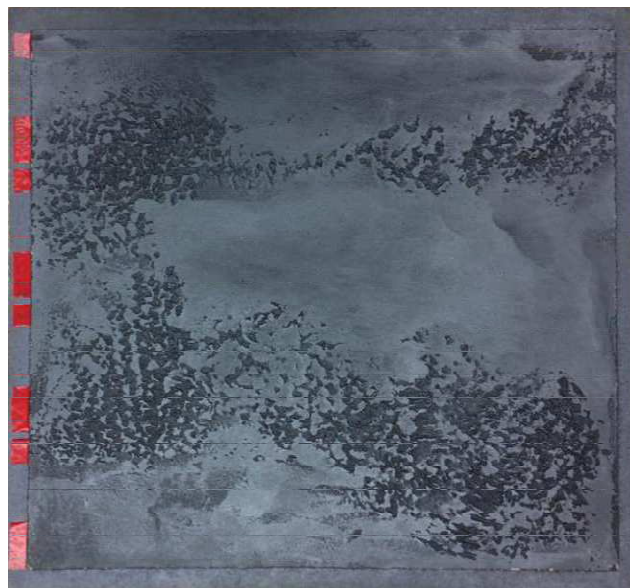
přičemž $E(\lambda)$ je poměrné spektrální složení použitého osvětlení, $R_S(\lambda)$ je spektrální součinitel odrazivosti na rozhraní a $R_B(\lambda)$ je spektrální součinitel odrazivosti uvnitř tělesa.

Materiál a metody

Ve firmě AVIS COLOR s.r.o byla připravena sada 7 sololitových desek o tloušťce 5mm a čtvercovém rozměru 80x80 cm, na které byly nanесeny dekorativní nátěry italské firmy OIKOS.



obrázek 3 Vzorek s nátěrem FBA LUCIDO



obrázek 4 Vzorek s nátěrem TRAVERTINO černé

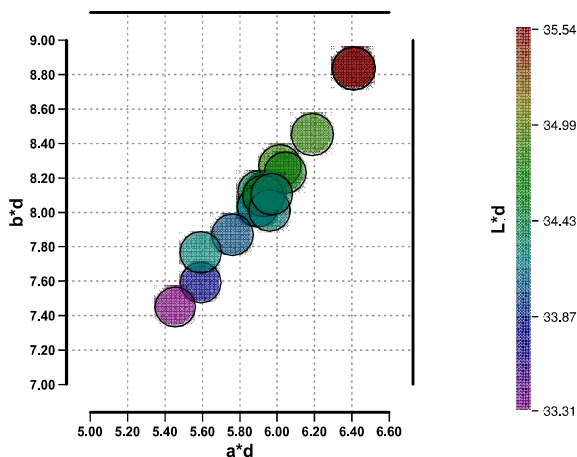
Pro měření spektrálních charakteristik těchto efektních nátěrových hmot byly použity dva přístroje s rozdílným geometrickým uspořádáním: MiniScan XE (HunterLab, USA) s geometrií 45°a:0° (kruhový osvit na 45°), spektrální rozsah 400-700nm, spektrální krok měřeného pásma 10nm, průměr aperturního otvoru 30 mm, použité osvětlení: simulátor D65 na bázi Xenonové diskontinuální výbojky. Druhým přístrojem byl Microflash MF200d (Datacolor International, USA) s geometrií di:8, spektrální rozsah 400-700nm, přepočtený spektrální krok měřeného pásma 10nm, průměr aperturního otvoru 20 mm, použité osvětlení: simulátor D65 na bázi Xenonové diskontinuální výbojky.

Každý vzorek byl proměřen 3x na 16-ti měřících místech, která tvořila souřadnou čtvercovou síť 4x4 body. Celkem bylo provedeno 96 individuálních měření při vertikální a horizontální orientaci přístroje vůči souřadné síti, která byla následně vyhodnocena pomocí programu Gigawiz Aabel 20/20 data vision 3.

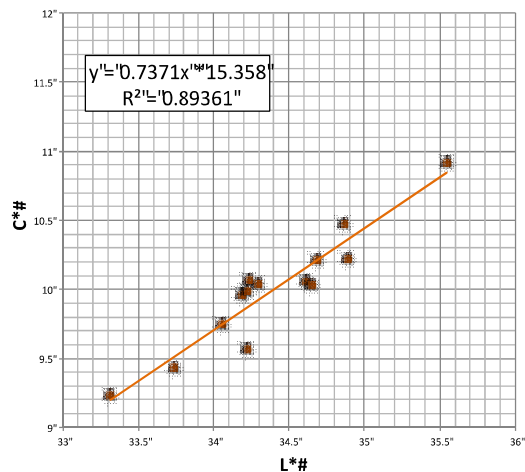
Vzhledem ke zjištěným výsledkům, kdy bylo nutno omezit vliv rozdílných technologií na kterých jsou založeny výše uvedené spektrofotometry, byl následně použit spektrofotometr SHIMADZU UV3101PC, který umožňuje alternativní osazení dvěma měřícími geometriemi. Byl použit nástavec 45°x:0° (jedno paprskový osvit na 45°) a nástavec di:8°, kompenzované aperturní otvory 10 mm. Použitý spektrální rozsah 400-700 nm a spektrální krok 0,5 nm. Tímto měřícím systémem byly proměřeny kalibrační keramické standardy CCSII (Ceram Research, UK).

Výsledky a diskuze

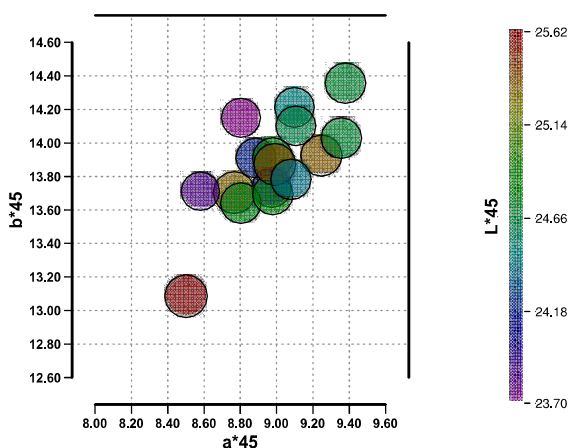
Použití sololitových desek se ukázalo jako výhodné, neboť je bylo možno fixovat ve vyrovnávacím rámu tak, aby byla zajištěna rovinnost desky v toleranci ± 1 mm na délce 80 cm. Správná poloha a orientace měřícího přístroje byla zajišťována pomocí záměrného kříže. Jak dokumentují výsledné hodnoty kolorimetrických souřadnic $L^*a^*b^*$, v případě vzorku označovaného jako FBA LUCIDO, jehož lesk dosahoval 72 jednotek GLS při 20° (94,5 při 60°), dochází k výraznému rozdílu mezi oběma testovanými geometriemi. Celkový barevný rozdíl $\Delta E^* = 12,65$ je tvořen především rozdílem v měrné světlosti $|\Delta L^*| = 11,32$. Měření pomocí geometrie di:8 ukazují výrazný lineární trend, jak dokumentuje obrázek 5, resp. obrázek 6. Tento výsledek by podporoval předpoklad vazby mezi měrnou světlostí a čistotou v kolorimetrické soustavě CIE1976L*a*b* diskutovaný v rámci modelů pro hodnocení barevného vzhledu CAM [8]. Oproti tomu výsledky měření vzorku FBA LUCIDO pomocí měřící geometrie 45°a:0° tento předpoklad nepotvrdily, viz. obrázek 7. Jestliže v případě měřící geometrie di:8 koeficient determinace dosahuje hodnoty téměř 90% ($R^2 = 0,89$), pak v případě měřící geometrie 45°a:0° byl koeficient determinace prakticky nulový ($R^2 = 0,07$), jak dokumentuje obrázek 8. Jinými slovy výše uvedený předpoklad, že zvýšení měrné světlosti daného odstínu je doprovázeno navýšením měrné čistoty u měřící geometrie 45°a:0° neplatí a nelze jej tak považovat za nativní vlastnost kolorimetrické soustavy CIE1976L*a*b*.



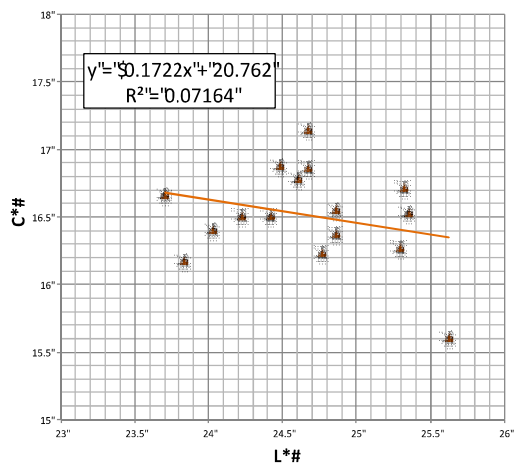
obrázek 5 Kolorimetrické souřadnice pro vzorek s nátěrem FBA LUCIDO – měřící geometrie di:8°



obrázek 6 Kolorimetrické souřadnice pro vzorek s nátěrem FBA LUCIDO – měřící geometrie 45°a:0°



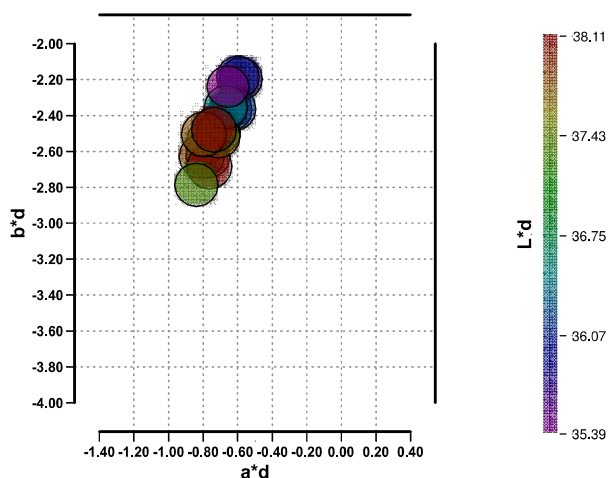
obrázek 7 Kolorimetrické souřadnice pro vzorek s nátěrem FBA LUCIDO – měřící geometrie di:8°



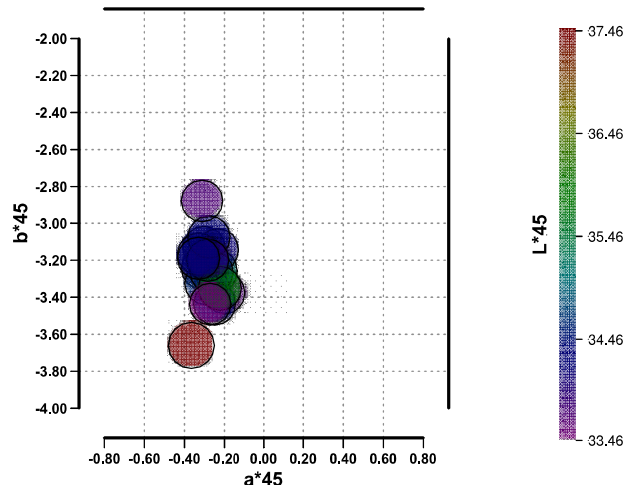
obrázek 8 Kolorimetrické souřadnice pro vzorek s nátěrem FBA LUCIDO – měřící geometrie 45°a:0°

Jako srovnávací vzorek byl použit dekorativní nátěr TRAVERTINO černé. Hodnoty kolorimetrických souřadnic u tohoto vzorku jsou pro obě měřící geometrie blízké a v rámci průmyslových tolerancí by je bylo možno i zaměnit. Pokud porovnáme oba testované vzorky z hlediska lesku zjistíme, že v hladkých částech vzorku TRAVERTINO černé byly naměřené hodnoty lesku maximálně 5,5 jednotky GLS při 85° (6,3 při 60°). Jinými slovy tento vzorek je ve srovnání s vzorkem FBA LUCIDO výrazně matný. Z hlediska kolorimetrických parametrů vzájemné srovnání obou vzorků ukazuje, že naměřená hodnota celkového barevného rozdílu mezi testovanými měřícími geometriemi v případě vzorku TRAVERTINO černé byla $\Delta E^* = 0,99$. Tento barevný rozdíl je tvořen především odstínovou a čistotní odchylkou, neboť rozdíl v měrné světlosti $|\Delta L^*| = 0,08$ se pohybuje na hranici chyby měření, která se pohybovala ve výše uvedených případech na úrovni $SD = 0,05$. Lze tedy konstatovat, že k výraznému rozdílu mezi měřenými kolorimetrickými parametry u obou testovaných geometrií dochází především u vzorků s vyššími hodnotami lesku. Vrátime-li se k rovnici (7), tak vidíme, že celkový charakter odraženého světla je aditivně tvořen složkou odrazu na rozhraní a složkou odrazu z vnitřku měřeného tělesa. Pokud přijmeme hypotézu, že v případech hladkých a jim blízkých povrchů měřící geometrie 45°a:0° díky své konstrukci zanedbává složku odrazu $R_S(\lambda)$ a měří pouze složku $R_B(\lambda)$, pak lze spektrální charakteristiku odrazu na rozhraní $R_S(\lambda)$ zjistit z rovnice (7), neboť rovnice (8) ukazují, že spektrální charakteristika odrazu je závislá na poměrném spektrálním zastoupení použitého osvětlení $E(\lambda)$, které bylo v našem případě D65 a výše uvedených součinitelích odrazu $R_S(\lambda)$ a $R_B(\lambda)$. Jinými

slavy, odečtením součinitele odrazu $R_{45:0}(\lambda)$ od $R_{di:8}$ získáme hodnotu $R_S(\lambda)$, neboť faktory geometrického škálování m_S a m_B jsou v uvedeném případě konstantní.

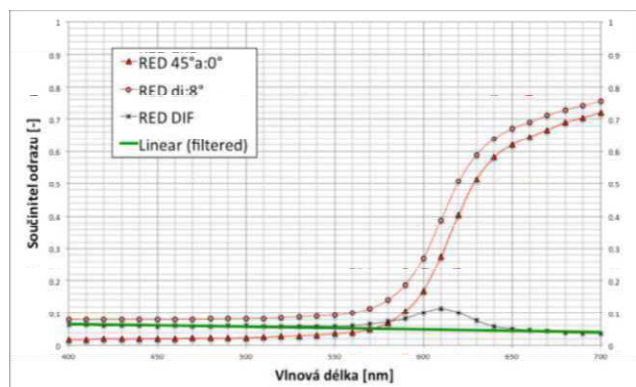


obrázek 9 Kolorimetrické souřadnice pro vzorek s nátěrem TRAVERTINO černé – měřící geometrie di:8°

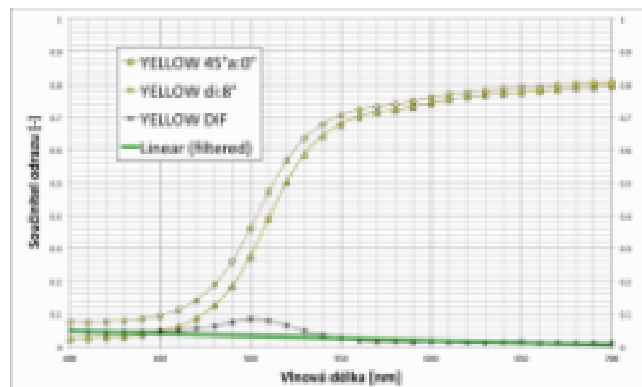


obrázek 10 Kolorimetrické souřadnice pro vzorek s nátěrem TRAVERTINO černé – měřící geometrie 45°a:0°

Grafy na obrázcích 11 a 12 ukazují, že $R_S(\lambda)$ má výrazně plochý charakter s lokálním maximem v oblasti spektrálního zdvihu. To vedlo k podezření, že porovnávaná data jsou zatížena chybou spektrálního rozlišení obou přístrojů, kdy v případě přístroje MiniScan XE jsou nativně měřená data se spektrálním krokem 10 nm, kdežto v případě přístroje Microflash MF200 je nativní spektrální krok 2,67 nm. Naměřená data jsou ještě na hardwarové úrovni vyhlazena pomocí funkce kubický spline a následně exportována se spektrálním krokem 10 nm. Z tohoto důvodu bylo provedeno srovnání obou měřících geometrií, resp. naměřených hodnot součinitelů odrazu $R_{45:0}(\lambda)$ a $R_{di:8}$ na přístroji SHIMADZU UV3101PC, kdy do kyvetového prostoru tohoto spektrofotometru byly střídavě nainstalovány reflexní nástavce pro obě měřící geometrie a pro odstranění vlivu vyhlazování spektrálních dat byl zvolen spektrální krok 0,5 nm. Aby byly eliminovány nerovnoměrnosti v barevném vjemu viditelné u dekorativních nátěrů, byly proměřeny keramické kalibrační standardy Série II firmy Ceram Research, které jsou celosvětově používány pro kalibraci remisních spektrofotometrů. Jak dokumentují zelené čáry označované na obrázcích 11 a 12 jako Linear (filtered), spektrální charakteristika $R_S(\lambda)$ je lineární s poklesem o 0,02 hodnoty součinitele odrazu na rozsahu 300 nm, tedy prakticky rovnoběžná s abscisou. Z toho vyplývá, že samotný lesk nemůže pozitivně ovlivnit naměřenou čistotu odstínů jak dokumentují grafy na obrázcích 5 a 6, ale vzhledem ke svému spektrálnímu průběhu bude ovlivňovat pouze měrnou světlost L^* , stejně jako když jsou porovnávány různé úrovně šedi například v Munsellově atlasu barev (tyto šedé vzorky vykazují rovněž prakticky rovnoběžný průběh součinitele odrazu s osou vlnových délek).



obrázek 11 Kolorimetrické souřadnice pro vzorek s nátěrem TRAVERTINO černé – měřící geometrie di:8°



obrázek 12 Kolorimetrické souřadnice pro vzorek s nátěrem TRAVERTINO černé – měřící geometrie 45°a:0°

Závěr

Funkce obousměrné odrazivostní distribuce BRDF je v současné době široce využívána v oblasti počítačové grafiky, kdy syntetické textury u virtuálních objektů dovolují dosáhnout vysoké přiblížení reálnému vzhledu. Inverzní řešení této funkce, resp. jejího spektrálního rozšíření není již tak obvyklé a vyžaduje adekvátní přístrojové vybavení. Výsledky měření ukázaly, že v případě dekorativních nátěrů s vysokým leskem je nutno dichromatickou funkci (7) popisující spektrální charakteristiky odrazu doplnit o další složku vysvětlující nárůst měrné čistoty s nárůstem měrné světlosti. Pro přesnou definici takové funkce bude nutno stávající výsledky doplnit o spektrální měření odrazivosti pomocí více úhlového spektrofotometru, popř. goniospektrofotometru. Dále bylo ukázáno, že v případě porovnávání spektrálních dat z různých přístrojů je nutno provést kompenzaci na spektrální rozlišení.

Literatura a odkazy

- [1] Bass, M. *Handbook of Optics: Fundamentals, techniques, and design*, Optical Society of America, McGraw-Hill 1994, ISBN-13: 978-0071498890
- [2] Bukshtab, M. *Applied Photometry, Radiometry, and Measurements of Optical Losses*, Springer Series in Optical Sciences, 2012, ISBN-13: 978-9400721647
- [3] Palik, E.D. *Handbook of Optical Constants*, Elsevier, 1997, ISBN: 978-0-12-544415-6
- [4] Klein, G.A.: *Industrial Color Physics*, Springer Science+Business Media 2010, ISBN-13: 978-1441911964
- [5] Torrance, K, Sparrow, E. Theory for Off-Specular Reflection from Roughened Surfaces. *J. Optical Soc. America*, vol. 57. 1976. pp. 1105–1114, ISSN:1084-7529
- [6] Fredrick M. Cady ; Donald R. Bjork ; Jeffrey Rifkin ; John C. Stover; BRDF Error Analysis. *Proc. SPIE* 1165, Scatter from Optical Components, 154 (January 2, 1990); doi:10.1117/12.962845.
- [7] Shafer, S.A. Using color to separate reflection components. *Color Research and Application*, 10(4):210–218, 1985.
- [8] Fairchild, M. *Color Appearance Models*, John Wiley & Sons Ltd, sec. ed., 2005, ISBN 0-470-01216-1

Hodnocení barevného podání světelných zdrojů za použití fluorescenčních standardů

Michal, Vik, Doc. Ing. PhD.; Martina, Viková, Ing. PhD., Lukáš, Vik, Eva, Kania, Mg.A.
Katedra Materiálového Inženýrství, Technická univerzita v Liberci, Studentská 2, 461 17 Liberec,
www.tul.cz, michal.vik@tul.cz

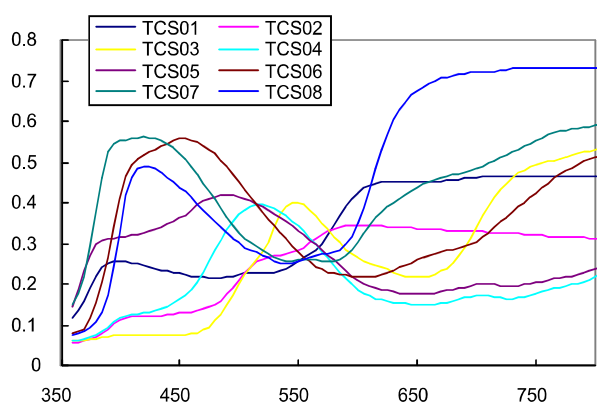
Abstrakt

Příspěvek se zabývá problematikou hodnocení barevného podání z hlediska jednotlivých testovacích metod, přičemž je především sledována otázka citlivosti výpočtu CRI na změny ve spektrálním složení testovaných světelných zdrojů. Je zde ukázáno, že zařazení 3 fluorescenčních standardů s emisními maximy 430, 520 a 630 nm do stávající sady CIE Rd, či NIST CQS by mohlo přispět ke zvýšení vypovídací schopnosti těchto indexů, zároveň tyto standardy umožňují i testování světelných zdrojů na přítomnost UV záření.

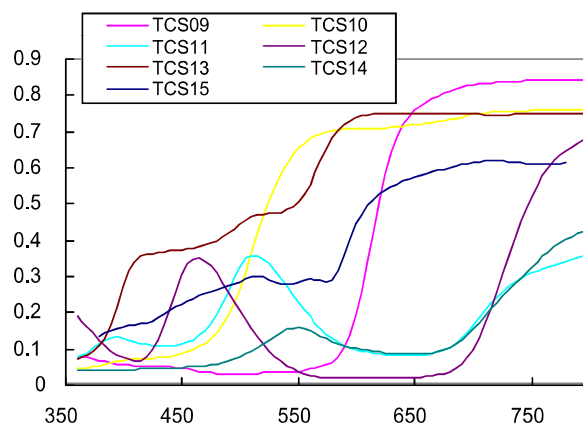
Klíčová slova: barevný vzhled, kolorimetrie, spektroskopie, CRI

Úvod

V případě světelného zdroje je třeba rozlišovat mezi barvou samotného zdroje, tedy barvou, kterou vnímáme při pohledu na tento zdroj nebo na bezbarvý povrch. A barvou, kterou má barevný povrch pod světelným zdrojem. Tento fenomén je znám jako podání barev. Tedy jak se jeví barvy objektů pod testovaným světlem ve srovnání se vzhledem, který mají pod referenčním světlem. Standardním referenčním světelným zdrojem je zářič D65, který co nejméně napodobuje denní světlo. K tomu se používají vybrané barevné vzorky (test colour samples - TCS), které jsou porovnávány pod referenčním a testovaným světelným zdrojem. CIE publikovala první doporučení pro výpočet indexu podání barev (colour rendering index - CRI) v roce 1965. Metoda, která se nyní používá, byla přijata v roce 1974, jako druhá edice publikace CIE 13 [1]. Tato metoda definuje osm základních testovacích vzorků a pět doplňkových, které jsou vybrané z Munsellova atlasu barev, jejichž průběhy spektrálního součinitele odrazu jsou zobrazeny v grafech na obrázcích 1 a 2.



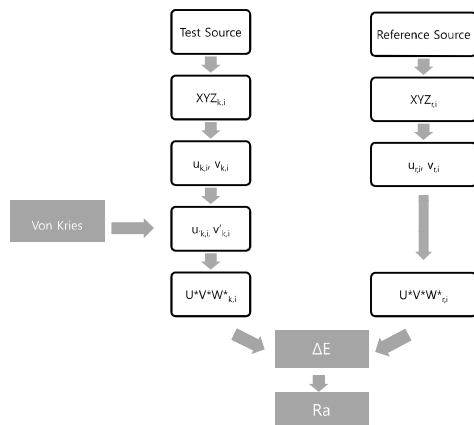
obrázek 1 Základních 8 barevných center pro určení Rd



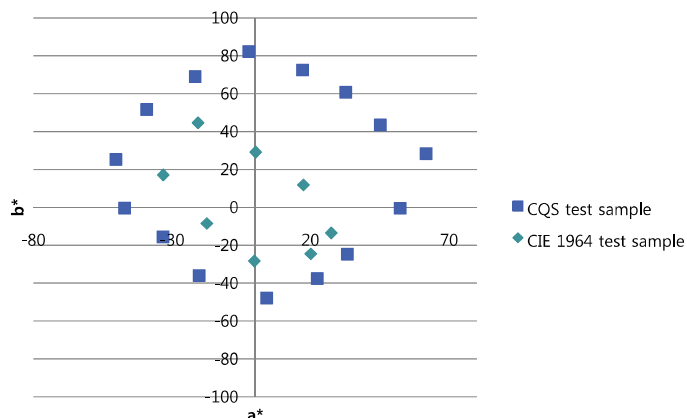
obrázek 2 Fotometrické úhly a komponenty odrazu od nehomogenního dielektrika

První krok k výpočtu CRI je určení náhradní teploty chromatičnosti testovaného zdroje, následně je počítána poloha testovacích vzorků pod referenčním a testovaným osvětlením. Primárně byla k tomuto účelu používána přibližně rovnoměrná kolorimetrická soustava $U^*V^*W^*$ z roku 1960, resp. 1964 jak ukazuje schéma na obrázku 3.

Po určení referenčního zdroje se začnou porovnávat jednotlivé barevné vzorky pod tímto a testovaným zdrojem. Pro každý vzorek jsou vypočteny hodnoty kolorimetrických souřadnic XYZ.



obrázek 3 Schéma výpočtu indexu barevného podání



obrázek 4 Projekce polohy testovacích standardů na chromatickou plochu a*b* kolorimetrické soustavy CIELAB

Pro zjednodušení zápisu jsou trichromatické složky nahrazeny maticí trichromatických hodnot T_i . Pro $X_i = 1$, pro $Y_i = 2$ a pro $Z_i = 3$. Index t patří pro testovaný zdroj, index r pro referenční zdroj. Čísla barevných vzorků jsou určena indexem k ($k = 0, 1, \dots, 14$). Výsledkem jsou dvě matice $T_{i,k,r}$ a $T_{i,k,t}$. Následně je využita von Kriesova chromatická adaptace popisující adaptaci pozorovatele na příslušné osvětlení. Nakonec jsou vypočteny barevné rozdíly ΔE_{ikr-t} mezi $T_{i,k,r}$ a $T_{i,k,t}$ pro $k = 1, \dots, 14$ a z nich příslušné indexy barevného podání pro jednotlivé vzorky:

$$R_{k,t} = 100 - 4,6 \Delta E_{ikr-t} \quad (1)$$

Pro usnadnění hodnocení podání barev světelných zdrojů a po dalším zjednodušení vznikl obecný index podání barev R_a , což je průměr prvních osmi speciálních indexů podání barev:

$$R_a = 1/8 \sum R_i \quad (2)$$

Je nutné zdůraznit, že takovéto průměrování nutně snižuje informace obsažené ve výsledném indexu. Pokud mají dva různé zdroje světla stejný index podání barev, neznamená to, že konkrétní barevné vzorky osvětlené oběma zdroji budou vypadat stejně. Srovnání speciálních indexů poskytne lepší vhled do podobnosti obou zdrojů, ale i v případě stejných R_i není jistota, že barevná scéna bude vypadat stejně při osvětlení jedním, a pak druhým zdrojem. Rozdíl je ještě větší, když jsou srovnávány barvy vzniklé různými médii. Vedle diskuze, zda použitý algoritmus výpočtu zohledňuje současný stav znalostí v oblasti modelů pro hodnocení barevného vzhledu je problémem výpočtu indexu barevného podání CRI také to, že poskytne docela dobrou hodnotu R_a zdroji, který přitom zobrazuje syté barvy velmi slabě. Např. RGB LED (červená – zelená – modrá) simulátor bílého světla optimalizovaný na vysokou účinnost záření (LER, lm/W) s CRI $R_a = 80$. Tento zdroj by se vyhovoval z hlediska standardů Energy Star a měl by dosáhnout vysoké světelné účinnosti, ale jeho aktuální podání barev je velmi špatné. S $R_9 = -114$ se tóny pleti pod tímto světlem jeví bledě a nezdravě. Z tohoto důvodu byla vyvinuta nová sada testovacích standardů na NIST [3], která má výrazně vyšší hodnoty měrné čistoty ve srovnání s původní osmičlennou sadou vzorků z roku 1964, jak dokumentuje graf na obrázku 4. Zároveň s tím zavedl index hodnocení barevného podání označovaný jako CQS (colour quality index). Přičemž zavádí výpočet celkového barevného rozdílu jako druhou odmocninu z průměru kvadrátů jednotlivých odchylek:

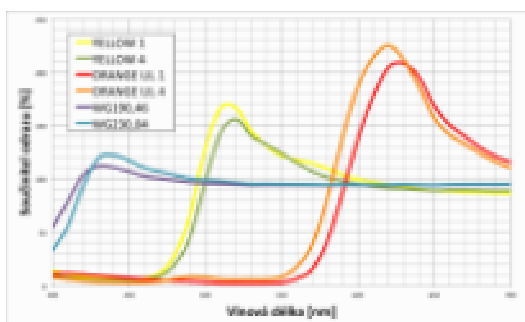
$$\Delta E_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} \Delta E_i^2} \quad (3)$$

I když je CRI hodnota 80, může se stát, že LED zdroje špatně zobrazují červenou barvu – vzorek R_9 . Stejně tak významný je přechod modré do fialové. K problému dochází, protože hodnocení CRI používá pastelové barevné vzorky a nedokáže odhalit špatné zobrazení u sytých odstínů. Vzhledem k tomu byly přidány regulační parametry

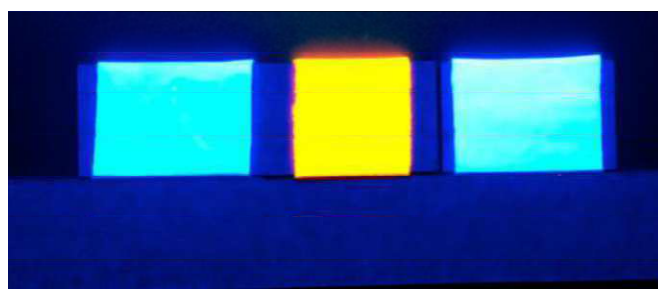
pro R_9 a také pro R_{10} , R_{11} , R_{12} - speciální vzorky pro hodnocení sytých barev. Ze těchto parametrů se koncovému zákazníkovi poskytne pouze jedna hodnota R_a . CQS používá vzorky sytých odstínů k výpočtu hodnoty, výsledkem je jedno číslo Q_a , které reprezentuje kvalitu podání barev pro všechny barvy včetně sytých tónů. CQS je postaveno tak, aby se výsledná hodnota změnila, pokud se jen jedna barva jeví špatně, i když všechny ostatní jsou zobrazovány přesně. Vrátime-li se ke spektrálním (obrázky 1 a 2) a kolorimetrickým (obrázek 4) parametrům používaných barevných standardů pro hodnocení CRI, je zřejmé, že stávající standardy jsou limitovány hranicemi dosažitelných barev pro barevné povrchy. Tento problém a tedy zvýšení citlivosti metod pro výpočty indexů barevného podání je možno řešit pomocí vzorků obsahujících fluorescenční barviva nebo pigmenty.

Materiál a metody

V Laboratoři Měření Barevnosti a Vzhledu KMI na Technické univerzitě v Liberci byla připravena sada celkem 15 fluorescenčních standardů (dále LCAM testovací vzorky) s emisními maximy na úrovni 430, 520 a 630 nm jak dokumentují křivky spektrálních součinitelů odrazivosti v grafu na obrázku 5 u šesti vybraných vzorků uvedené sady. Tyto vzorky vykazují fluorescenci nejen díky absorpci světelné energie ve vizuální oblasti spektra, ale jsou citlivé i na přítomnost UV záření jak ukazuje fotografie na obrázku 6.



obrázek 5 Křivky spektrálního součinitele odrazivosti pro vybrané testovací vzorky LCAM

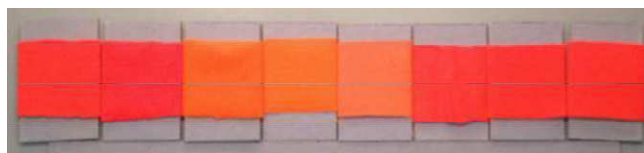


obrázek 6 Ukázka fluorescence u testovacích vzorků LCAM pod UV zářením

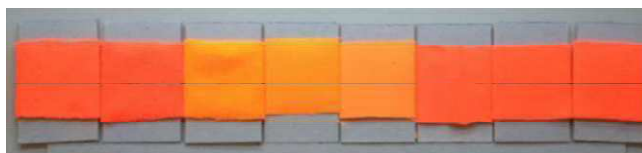
Vzorky byly posuzovány pod testovanými světelnými zdroji v upravené koloristické skříni, aby byly zajištěny konstantní podmínky měření a pozorování. K měření byly použity spektrofotometry: MiniScan XE (HunterLab, USA) s geometrií $45^\circ a:0^\circ$ (kruhový osvit na 45°), spektrální rozsah 400-700nm, spektrální krok měřeného pásma 10nm, průměr aperturního otvoru 30 mm, použité osvětlení: simulátor D65 na bázi Xenonové diskontinuální výbojky. Druhým přístrojem byl Microflash MF200d (Datacolor International, USA) s geometrií di:8, spektrální rozsah 400-700nm, přepočtený spektrální krok měřeného pásma 10nm, průměr aperturního otvoru 20 mm, použité osvětlení: simulátor D65 na bázi Xenonové diskontinuální výbojky. Dále telekolorimetr MINOLTA CA 210 a spektrometr AVANTES 2-1024USB se šířkou měřeného spektrálního pásma 0,45 nm a spektrálním rozsahem 166-1100 nm.

Výsledky a diskuze

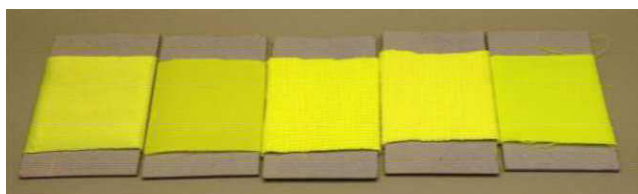
Během vizuálního hodnocení LCAM sady testovacích vzorků byl potvrzen předpoklad zvýšené citlivosti těchto vzorků na rozdíly ve spektrálním složení měřených světelných zdrojů. Fotografie na obrázcích 7 až 10 dokumentují rozdíly v barevném vzhledu LCAM sady testovacích vzorků v případech, kdy spektrum měřeného světelného zdroje je doplněno UV záření ze zářivky F6T5BLB Black Light BLue 6W T5 10PK. Je zde možno vidět výrazný barevný posuv u žlutých vzorků do zelena a u oranžových vzorků dochází především ke zvýšení světlosti.



obrázek 7 Barevný vzhled oranžových testovacích standardů LCAM pod simulátorem D65 na bázi F7 bez UV záření



obrázek 8 Barevný vzhled oranžových testovacích standardů LCAM pod simulátorem D65 na bázi F7 s UV zářením



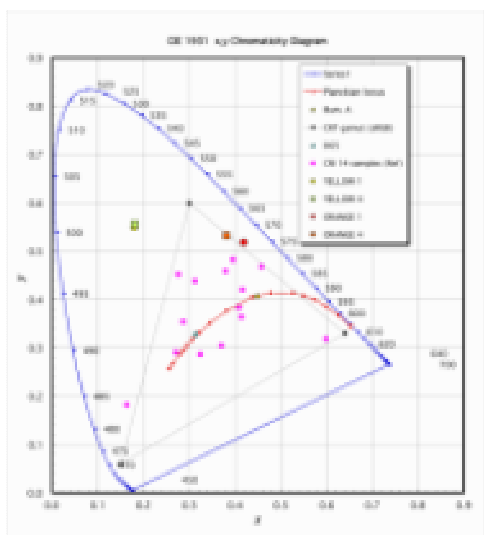
obrázek 9 Barevný vzhled žlutých testovacích standardů LCAM pod simulátorem D65 na bázi F7 bez UV záření



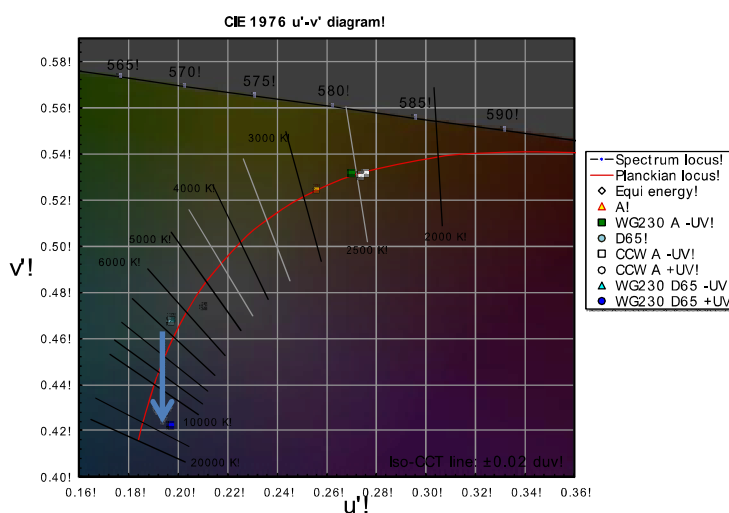
obrázek 10 Barevný vzhled žlutých testovacích standardů LCAM pod simulátorem D65 na bázi F7 s UV zářením

Díky tomu, že LCAM testovací vzorky leží mimo hranice standardního gamutu sRGB i gamutu testovacích vzorků CRI jak dokumentuje graf kolorimetrického trojúhelníku CIE xy na obrázku 11, jsou i hodnoty naměřených barevných rozdílů výrazně vyšší než u stávajících metod hodnocení barevného podání.

Již bylo řečeno, že fluorescenční vzorky jsou citlivé nejen na rozdíly v poměrném spektrálním složení sledovaných světelných zdrojů, ale také na přítomnost UV záření. V grafu na obrázku 12 je vidět, že v případě vzorku označovaného jako CCW (bílý standard ze sady 24 vzorků barevné stupnice X-Rite Color Checker) se poloha tohoto vzorku prakticky nemění ať je či není použito UV záření. Naopak vzorek označený jako WG230, mění svoji polohu velmi výrazně, jak dokumentuje modrá šipka na grafu.



obrázek 11 Projekce barevných standardů na plochu kolorimetrického trojúhelníku CIE xy



obrázek 12 Provnání změna kolorimetrických souřadnic LCAM vzorku WG230 ve srovnání s nefluorescenčním vzorkem CCW (bílá ColorChecker)

Závěr

Je zřejmé, že hodnocení barevného podání světelných zdrojů představuje komplexní oblast, kde je nutno využívat znalosti nejen z kolorimetrie, ale i dalších vědních oborů. Výhodou fluorescenčních vzorků je jejich zvýšená citlivost na změny ve spektrálním složení testovaných světelných zdrojů. Bylo ukázáno, že sada LCAM fluorescenčních standardů s postupným krokem cca 100 nm, představuje vhodný doplněk ke stávajícím standardům pro výpočty CRI, ať se jedná o CIE Ra, či NIST CQS. Na druhé straně autoři připouštějí, že bude nutno vyřešit otázku dostatečné světlostalosti těchto standardů, neboť tyto vzorky mají obvykle světlostalosti na úrovni 3-4 ve srovnání se stávajícími standardy, které dosahují hodnot 7-8.

Literatura a odkazy

- [1] CIE 13.3-1995 Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources, ISBN 978 3 900734 57 2
- [2] Schanda, J. *Colorimetry: Understanding the CIE System*. Wiley Interscience 2007, ISBN-13: 978-0470049044
- [3] Yaguchi, H. Status quo of CIE work on colour rendering indices, *CIE Div.1/ICC/ISO Workshop on Colorimetry, Graphic Arts and Colour Management*, 4 July 2013, University of Leeds, UK

Zásady projektování centrálních bateriových systémů

Josef, Zajíček, Ing

Beghelli – Elplast, a.s., www.beghelli.cz, zajicek@beghelli.cz

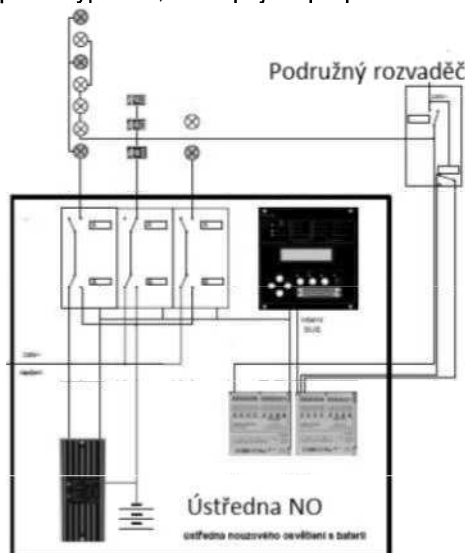
Základní popis a související normy

Tento článek se zaměřuje na popis centrálních bateriových systémů (dále jen CBS), popisuje jejich princip a základní zásady pro projektování nouzového osvětlení s použitím CBS.

Centrální bateriový systém je nezávislý zdroj energie pro napájení okruhů nouzového osvětlení. Tento systém dnes již vyrábí mnoho firem, nicméně princip CBS je vždy stejný. Systém CBS sestává z následujících částí:

- Hlavní stanice
 - Řídicí jednotka – počítačová jednotka, která řídí, kontroluje a vyhodnocuje stav výstupních okruhů a celé CBS
 - Moduly výstupních okruhů – spínací moduly, které spínají výstupní nouzové okruhy. Výstupní napětí je většinou 230V AC/DC. Dnes již existují také CBS, které mají výstup 24V. Tyto CBS se však používají ve speciálních případech.
 - Nabíječe – elektronické zařízení, které nabíjejí náhradní baterie, které v případě nouzového stavu napájejí výstupní nouzové okruhy. Udržují trvalé nabíjecí napětí.
- Bateriová skříň
- Podružné stanice – podružné stanice se instalují tehdy, pokud je objekt rozsáhlý a drátování nouzových okruhů pouze z hlavní stanice by bylo nepřehledné a neekonomické. Obsahují pouze řídicí jednotku a moduly výstupních okruhů.

Principiální schéma systému CBS je na následujícím obrázku. V podstatě je soustava nouzového osvětlení izolovaná, kde hlavní stanice slouží jako rozvaděč a přepínač napájecího zdroje. Na nouzové okruhy se z CBS napojí ta světla, která se mají použít jako nouzová, anebo kombinovaná, tak, aby při výpadku byly splněny požadavky normy ČSN EN 1838. Pak v konečném důsledku jsou nouzové okruhy, při běžném stavu napájeny ze standardní napájecí soustavy a v případě výpadku, se napájení přepne na bateriový provoz z CBS.



• Obrázek 1

CBS jako taková musí splňovat mnoho požadavků, které jsou normativně popsány. Jelikož je CBS zařízení pro nouzové osvětlení, tak se normativní rámec ještě rozšiřuje. Seznam souvisejících norem je následovný:

- ČSN EN 1838 – Nouzové osvětlení.
- ČSN EN 50172 – Systémy nouzového únikového osvětlení

- ČSN EN 50171 – Centrální napájecí systémy
- ČSN EN 60598-22 – Svítidla pro nouzové osvětlení
- ČSN EN 730802 – Požární bezpečnost staveb – nevýrobní objekty
- ČSN EN 730835 – Požární bezpečnost staveb – zdravotnická zařízení
- ČSN EN 730848 – Požární bezpečnost staveb – kabelová vedení
- A další normy týkající se požární bezpečnosti staveb pro různé účely použití.

Základní zásady projektování CBS

Výstupní okruhy

Jak již bylo zmíněno výše, CBS napájí okruhy nouzového osvětlení. Každý okruh je tedy napájen z hlavní stanice NO. Podle doporučení normy [1], se na jeden nouzový okruh může napojit až 20 ks nouzových svítidel. Při dimenzování okruhů je nutno dbát na maximální výkon výstupních spínacích modulů CBS. Spínací moduly jsou jištěny keramickými pojistkami, v závislosti na jejich maximálnímu výkonu. Výrobce většinou dodávají výstupní moduly jedno - , dvou - a čtyřokruhové. Vedení má být nehořlavé o průřezu 1,5mm² až max 4mm². Délka okruhu se počítá obdobně jako u běžných okruhů osvětlení. Topologie okruhů se doporučuje co nejjednodušší. Pokud se používají svítidla adresné (komunikace mezi svítidly a CBS většinou probíhá po silovém vedení), je vhodné, aby okruh obsahoval maximálně dvě až tři odbočky ke svítidlům. Většina nouzových svítidel umožňuje zapojení průběžné bez nutnosti použití montážních krabic. Při proudovém dohledu nouzových okruhů (CBS kontroluje výstupní proud a porovnává jej s nominální uloženou hodnotou) může být topologie okruhu rozvětvenější.

Podmíněné spínání

Podmíněné spínání nouzových svítidel, anebo nouzových okruhů, používáme tehdy, pokud chceme, aby nouzové osvětlení bylo používáno i jako klasické umělé osvětlení. Jelikož je nouzový okruh napájen z CBS, je potřeba použít určitý signál, který nese informaci o požadovaném zapnutí svítidel, a pak celého nouzového okruhu.

Pokud chceme spínat nouzové svítidla pomocí klasického tlačítka spolu s umělým osvětlením, je nutné CBS, anebo podružný rozvaděč, vybavit modulem pro spínání na 230V. Potom je třeba spínanou fázi přivést do tohoto modulu a naprogramovat CBS aby se při přítomnosti 230V na svorkách modulu rozsvítilo požadovné svítidlo/okruh. Výrobci také umožňují použití spínacích členů, které tuto funkci mají integrovanou v sobě a mohou se nainstalovat do svítidel umělého osvětlení. Takto se informace přivádí přímo do svítidel.

Další možnost podmíněného spínání je zapnutí svítidel NO při výpadku podružného rozvaděče hlavního osvětlení. Pokud by nastal výpadek podružného rozvaděče, tak všechny světelné okruhy ztratí napětí a podle normy [2] se musí rozsvítit NO. CBS však monitoruje výpadek pouze hlavního napájení na vstupních svorkách. V tomto případě je nutno použít hlídačů fáze a modulů pro spínání při výpadku podružného rozvaděče. Hlídání fáze se dá uskutečnit pomocí relé, která jsou zapojena na okruhy osvětlení nebo na přívod do rozvaděče. Rozpínací kontakty hlídačích relé se musí zapojit na bezpotenciálové kontakty spínacích modulů, které mohou být součástí CBS, anebo přímo podružného rozvaděče. Pokud spínací modul dostane informaci o rozpojení hlídaného obvodu, programování CBS dá pokyn pro zapnutí jednotlivých nouzových svítidel/okruhů.

Podružné stanice

Podružné stanice neobsahují vlastní baterky. Jsou napájeny z hlavní stanice. Napájecí kabely musí být nehořlavé a dimenzují se v závislosti na připojené zátěži.

Závěr

Nouzové osvětlení je nutnou součástí mnoha staveb, proto je nutné znát možnosti, které skýtá systém CBS. Tento článek byl zaměřen na základní principy projektování těchto systémů. Samozřejmě obsah tohoto článku zdaleka nepopisuje celou problematiku. Proto autor článku doporučuje vždy konzultaci s daným výrobcem nouzového systému.

Použitá literatura

- [1] ČSN EN 50172. *Systémy nouzového únikového osvětlení*. 2005
 [2] ČSN EN 1838. *Nouzové osvětlení*. 2012

Prostor a světlo

Martin Surman, MgA., ArtD.

Ateliér Průmyslový design, Fakulta multimediálních komunikací, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně,
www.utb.cz, surman@fmk.utb.cz

Světlo odpradávná člověku pomáhalo definovat prostor. Tento fakt souvisí samozřejmě s podstatou světla jako fyzikálního jevu a se způsobem, jakým ho je člověk schopen fyziologicky vnímat a tím i registrovat prostředí a věci, které ho obklopují. Jelikož zrakem vnímáme více než 80% informací, je pro nás světlo bytostně stěžejní a nenahraditelnou veličinou.

V dávné minulosti samotné osvojení si schopnosti používání ohně a zejména jeho světelných parametrů nepochybně otevřelo lidstvu další možnosti vývoje, a to zejména v oblasti rozvoje řemesel a výtvarného vyjádření. Lidé již nebyli závislí pouze na přirozeném a často velmi proměnlivém denním osvětlením zprostředkovaném sluncem. Umělé světlo reprezentované prvními technologickými pokusy jako např. loučemi, svícemi apod. lidem prodloužilo aktivní část dne a poskytlo jim tolik potřebný čas pro učení se a objevování.

Světelné vlastnosti plamene jako média a to, jakým způsobem na nás psychologicky působí dodnes, v nás z kulturněhistorického hlediska zůstává trvale zakořeněno již od pravěku. Jeho světelné parametry vnímáme velmi specificky, intimně a s určitou příjemnou nostalgií, jeho spektrální charakteristika a nepravidelné mihotání v nás mnohých evokují zakódované vzpomínky na dávnou minulost.



Je samozřejmé, že tak jako v případě všech užitných předmětů, které lidstvo provázely od počátků jeho civilizačního vývoje, se i předměty určené k osvětlování lidských přibytků technologicky, technicky i tvarově vyvíjely v závislosti na kulturně geografické situaci a stupni vývoje konkrétní civilizace.

Jejich tvarosloví a dekor rovněž reprezentoval svého majitele a vypovídal o jeho sociálním postavení ve společnosti. Z vizuálního hlediska lze tedy na základě tvarové typologie a dekorování svítidel poměrně spolehlivě určit jejich původ, časové zařazení či příslušnost ke konkrétním výtvarným slohům.



S nástupem elektrického věku a počínaje Edisonovou žárovkou došlo k rychlému vývoji a experimentování s nejrůznějšími světelnými technologiemi.

V současné době jsme svědky masivního rozšíření LED zdrojů, přičemž starší technologie jsou z mnoha důvodů na pozvolném ústupu nebo nacházejí uplatnění pouze ve specifických oblastech.



Poměrně mladou technologií (1987), která se ale pozvolna začíná prosazovat, je rovněž OLED (organic light-emitting diode). Díky nízké spotřebě a flexibilitě je vhodná nejen pro displeje mobilních zařízení, ale i pro tvorbu originálně tvarovaných svítidel a mnoha dalších aplikací.



Z designérského hlediska jsou svítidla velmi frekventovaná produktová oblast a patří ke stěžejním designérským tématům, jako je např. židle a jiné interiérové doplňky.

Specifická je pak zejména v tom, že správně navržené svítidlo musí jednak splňovat požadovaná funkční kritéria světelného komfortu a výkonu a současně i estetická kritéria, a to v obou režimech svého provozu.

Současnou produkci osvětlovací techniky lze v podstatě majoritně kategorizovat na exteriérové, interiérové a speciální aplikace, přičemž jejich parametry a výkon jsou většinou normativně upraveny v závislosti na jejich požadovaném využití.

Samotný trh s exteriérovou osvětlovací technikou je zaměřen na osvětlování městských aglomerací, budov a komunikací, případně na další speciální aplikace. Soustředím-li se na světový trh, v nabídce výrobců je celá řada produktů, které se samozřejmě snaží reagovat na individuální požadavky investorů, od osvětlení s vizuálně historizujícím odkazem na konkrétní výtvarné slohy minulosti až po technicistně pojaté realizace s minimalistickým tvaroslovím. Často obtížný finální výběr je pak na vkusu nebo odvaze zastupitelů jednotlivých měst, protože zvolené osvětlení se stane přirozenou součástí městského mobiliáře a bude dotvářet celkový dojem města či jeho části poměrně dlouhou dobu.





V této souvislosti nesmím opomenout ani neustále se rozvíjející odvětví - lighting design v architektuře, které významně ovlivňuje vnímání veřejného prostoru jak po stránce estetické, tak po stránce psychologické. Tento obor, který zejména v posledních letech díky rychlému vývoji v oblasti světelných zdrojů zaznamenal obrovský vzestup, se zabývá nasvětlováním architektonických památek, významných budov nebo celých městských částí, jež pak výrazně dotvářejí zejména noční kolorit města. Lighting design se stává součástí architektury, jeho cílem je dosáhnout optimálního osvětlení pro konkrétní účely dané budovy s přijatelnými pořizovacími a provozními náklady, energetickou úsporností a esteticky hodnotným vzhledem.





Interiérová svítidla se uplatňují nejčastěji v privátním, veřejném nebo průmyslovém sektoru. Patrně nejširší nabídka na trhu je v oblasti svítidel určených do domácností a kancelářských prostor.

Jedná se zejména o stropní, nástěnná, stolní a stojanová svítidla a rovněž nejrůznější světelné objekty bez nebo s přidanou funkcí, které slouží spíše k dotváření atmosféry v interiéru.

Ve všech výše zmíněných kategoriích lze nalézt jednak svítidla, jež prostoru záměrně dominují a stavějí se do pozice jakýchsi interiérových šperků, ale také svítidla, která zůstávají záměrně skryta a vizuálně se projevují jen formou světelného toku.

Osvětlení interiéru samozřejmě významnou měrou ovlivňuje jeho vnímání po stránce prostorové, estetické a rovněž psychologické. Vhodně zvolené osvětlení dokáže interiér celkově harmonizovat, nebo naopak rozdělit, vytvořit v něm intimní zákoutí, nebo naopak záměrně vizuálně exponovaná místa. Pracuje se zde zejména se samotným druhem světla, jeho intenzitou, rytmem a barvou, které dokáží zvýraznit, nebo naopak potlačit texturu, barevnost nebo plasticitu objektů a třeba měnit atmosféru interiéru v závislosti na momentálním rozpoložení uživatele nebo ovlivňovat jeho fyzickou a mentální aktivitu.

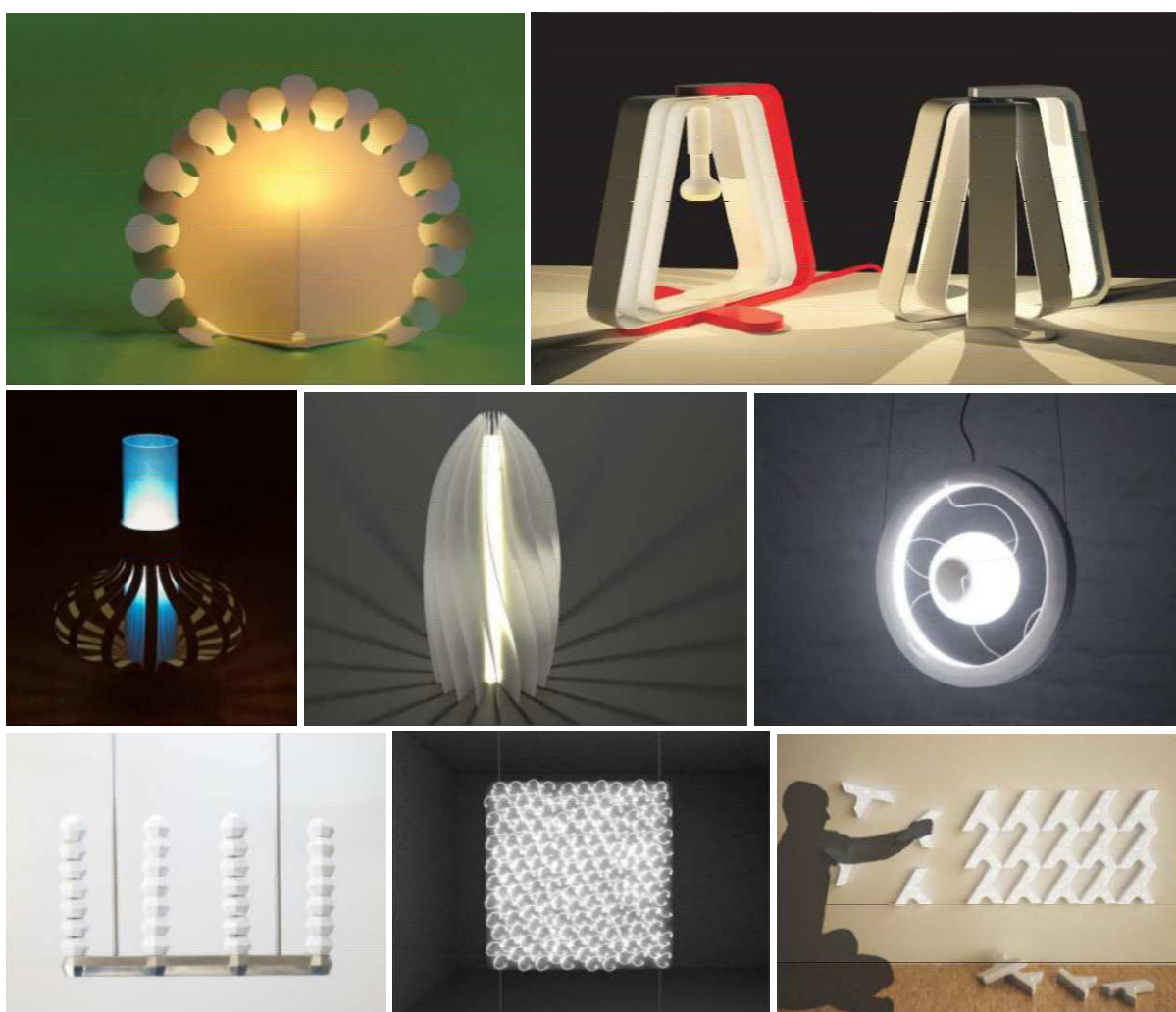
Od jednoduchých produktů typu stolní lampy s regulací intenzity světelného toku lze v dnešní době rovněž využívat i poměrně složité, elektronicky řízené systémy osvětlení, které se v budoucnu zcela jistě stanou běžným vybavením domácnosti.

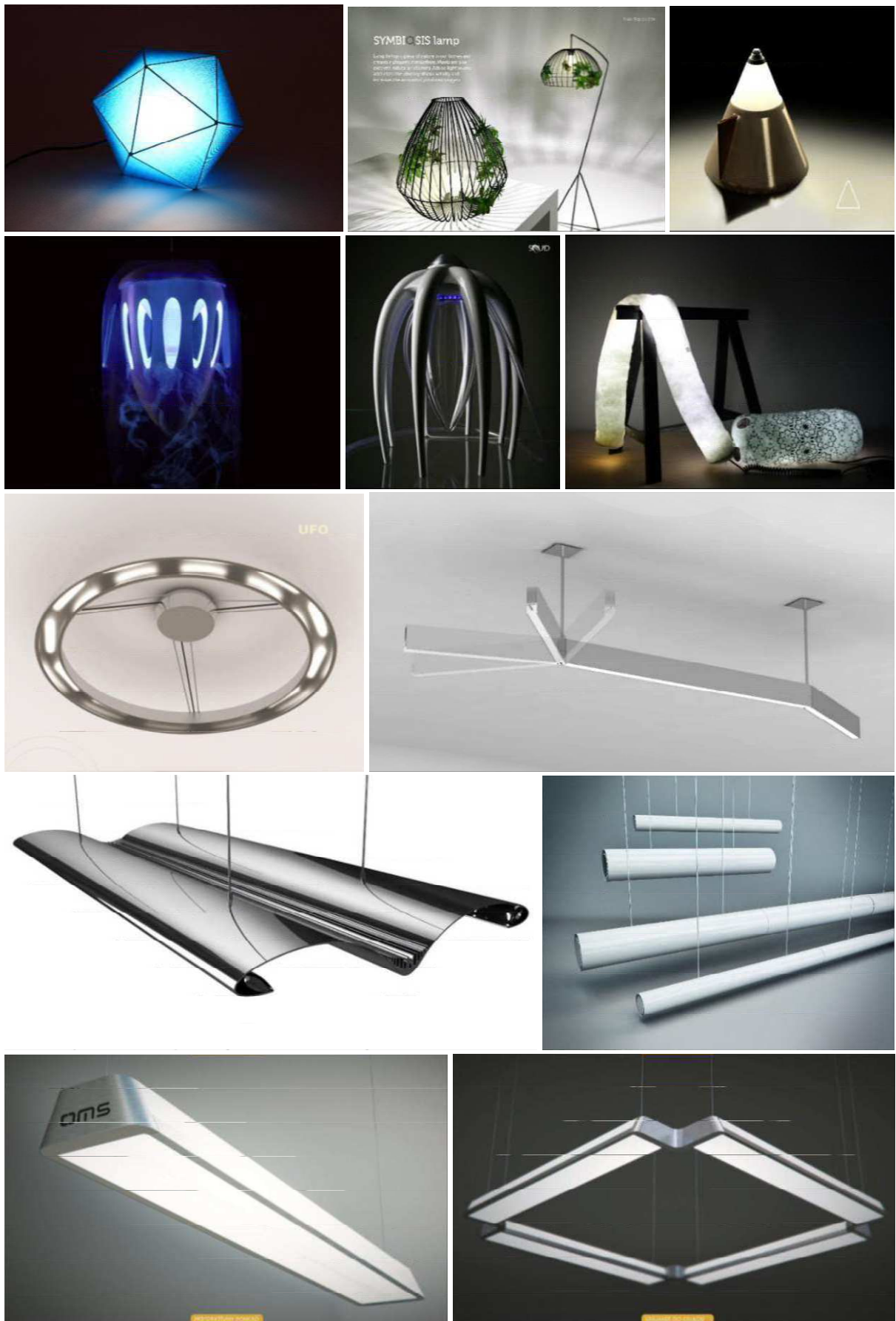
Již dnes se testují systémy osvětlení interiérů, jež se snaží věrně simulovat přirozené denní osvětlení v závislosti na konkrétní denní době, což má příznivý vliv na psychofyzilogické pochody v lidském organismu.





Design svítidel patří rovněž mezi poměrně frekventovaná projektová témata v ateliéru Průmyslový design na Fakultě multimediálních komunikací Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně. Ať už se jedná o designérské návrhy interiérových svítidel do domácnosti, průmyslových svítidel určených pro výrobní a skladovací provozy nebo exteriérového osvětlení tvořící součást městského mobiliáře.





Děkuji za pozornost

Prvé skúsenosti z vývoja LED svietidiel

Milan Hrdlík
AMI Nové Zámky

Je to pravda naozaj odveká, spoľahlivé svietidlo robí dobrý odvod tepla. Ono sa to nerýmuje tak, ako v onej Werichovej a Voskocovej pesničke o vplyve šiat na robenie človeka, ale inak to sedí úplne rovnako. Pri žiarovkách boli priamo tieto zdroje svetla najmä zdrojom tepla a bolo sa treba popasovať s odolnosťou objímok a reflektorov a krytov. Pri žiarivkách si výrobcovia svietidiel trošičku oddýchli, priamo úmerne pomeru maximálnych povrchových teplôt týchto svetelných zdrojov oproti teplotným, ale potrápili sa výrobcovia tlmiviek. Pretože tento úvod beriem vysokou rýchlosťou, nebudem sa venovať ani teplotným režimom výbojkových svietidiel, hoci tu by sa dalo pospomínať kde-čo. O čom sa ale chcem zmieniť podrobnejšie, to sú otázky riešenia spoľahlivosti svietidiel, kde produkciu svetla obstarávajú pevné látky – SSL.



Obr. 1 Základná energetická charakteristika svetelných zdrojov (zdroj: Wikipedia)

Storočie		XV.	XIX.	XX.		XXI.
Svetelný zdroj		sviečka	INC	FL, CFL	MH, HPS	LED
Merný sv. výkon	lm/W	1	10 až 23	65-104	70-110	nad 160
Energetický zisk	%	pod 1	5 až 15	25 až 30	30 až 35	nad 35

Na tomto obrázku je naznačené, že LED (s veľkou pravdepodobnosťou svetelný zdroj začiatku XXI. storočia) - na rozdiel od svojich predchodcov, má predpoklady prekročiť hranicu 50% efektivity premeny elektrického príkonu na svetelný výkon. Už som raz na túto tému písal článok do časopisu SVĚTLO a vtedy sa mi zdalo logické, že prevedené na lumény a waty limitom bude 163 lm/W. Ale už včera mi bolo jasné, ako veľmi som sa mýlil, pretože dnes už nik nepochybuje o pokorení hranice 200 lm/W...

V súčasnosti existuje mnoho najrôznejších verzií LED svetelných zdrojov, v zásade sa dá hovoriť o dvoch principiálnych verziách umiestnenia čipov LED na základňu svietidiel:

- SMD (surface mounted system) – jednotlivé LED čipy (už aj s naneseným luminoforom) sa pripevnia na dosku plošných spojov, vtedy hovoríme o moduloch – lineárnych, alebo plošných, prípadne na tenkú hliníkovú fóliu a vtedy ide o tzv. LED strips, LED pásky.
- COB (chips on board) – množina čipov sa naniesie na relatívne malú plochu buď vo forme pravouholníka, alebo vo forme kruhu. Luminoforom sa následne pokryje celá množina čipov naraz.



Obr. 2 Lineárny SMD LED modul

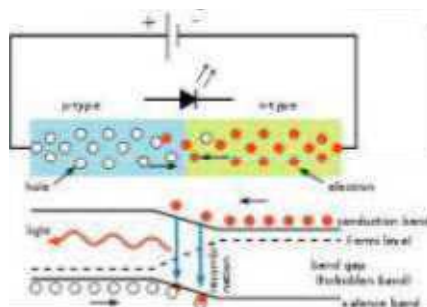


Obr. 3 COB LED modul

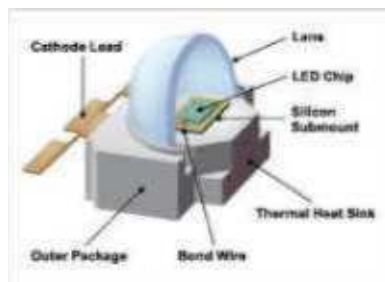
Ruka v ruke s nárastom merného svetelného výkonu ide hore aj maximálny príkon, dnes sa dá kúpiť COB LED s príkonom 90 až 100 W, s merným svetelným výkonom nad 160 lm/W. Základná schéma, ako sa v LED „vyrába“ svetlo, tá je všeobecne známa: Pod vplyvom vonkajšieho elektrického poľa preniknú elektróny z n-typu polovodiča cez bariéru pn-prechodu do časti p-typu, kde sa rekombinujú s tzv. dierami, výsledkom čoho je vyžiarenie fotónu s frekvenciou úmernou rozdielu energetických hladín elektrónov. Pokiaľ by tento proces prebehol tak, že všetka dodaná energia sa premení na svetlo, tak by to znamenalo 100 účinnosť, v praxi však dochádza nielen k žiarivej rekombinácii, ale aj nežiarivej a tento pomer sa v súčasnosti nachádza niekde okolo 35%.

Nežiarivá forma tejto rekombinácie spôsobuje o.i. nárast teploty pn-prechodu a podľa publikovaných výsledkov sa usudzuje, že pokiaľ neprekročí hodnotu 102 °C, tak životnosť takéhoto LED systému bude 50.000 hod, resp. že po odsvietení takejto doby nepoklesne svetelný tok o viac ako 30% nominálnej hodnoty. Pre úplnosť dodávam, že som sa stretol už aj s omnoho vyššou deklarovanou limitnou hodnotou teploty pn-prechodu u COB, ale zatiaľ si vystačíme aj s tými 102°C od výrobcu CREE.

Už z toho stručného náznaku fyziky svietenia LED zdrojov svetla je vidieť, že teplota čipov je alfou i omegou výroby spoľahlivého LED svietidla.



Obr. 4 Schéma princípu LED



Obr. 5 Schéma usporiadania LED

O tom, že toto je riešiteľný problém svedčí množstvo vynikajúcich LED svetidiel, s výbornými referenciami z praxe. Napokon aj naša spoločnosť AMI má svoje skúsenosti a vedíme svoje vývojové práce po oboch linkách, t.j. ako v aplikácii lineárnych a plošných SMD LED modulov, tak aj v použití COB LED modulov. Namieste je preto otázka: ktorý z nich je lepší?

Jednoznačná odpoveď zrejme neexistuje, tak ako sa nedá jednoznačne povedať, či je lepší benzínový, alebo naftový motor do áut.

Na záver si dovoľím aspoň pár porovnaní oboch systémov:

Porovnanie systémov	COB	SMD
Veľkosť príkonov (W)	30 - 100	5 - 30
Merný svetelný výkon (lm/W)	140 - 170	75 - 192
Použitie čipov	vysoké výkony	nízke výkony
Prúdové zaťaženie driverov	nízke	vysoké
Možnosť poškodenia čipov	nízka	vysoká
Produktivita výroby	NC zariadenia	nižšia PP
Zabezpečenie kvality	veľmi vysoké	nižšia úroveň
Distribúcia svetla	sklenené šošovky	reflektory, difúzory
Stabilita teploty chromatickosti	veľmi vysoká	podľa technol.

Modelovanie a simulácia jasov na umelej oblohe

Marek, Mácha, Ing.

iLumTech, www.ilumtech.eu, marek.macha@ilumtech.eu

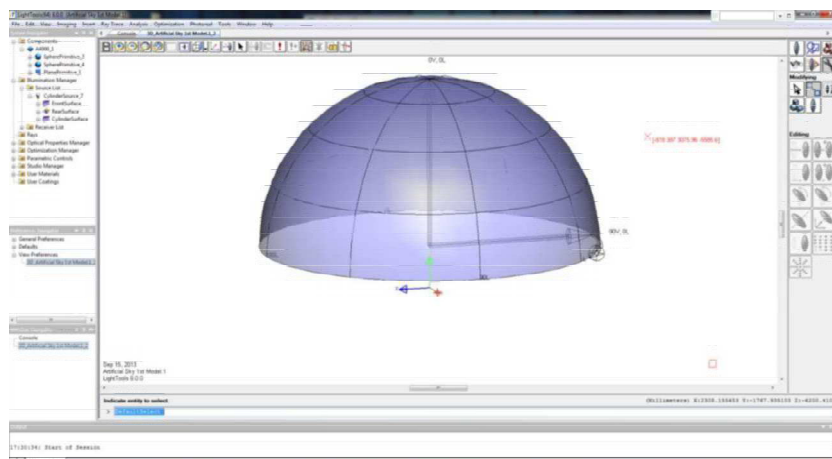
Projekt rekonštrukcie umelej oblohy je realizovaný spoluprácou ústavu architektúry slovenskej akadémie vied a spoločnosťou OMS spol. s r.o. Cieľom tejto spolupráce je znížiť spotrebu elektrickej energie sústavy svietidiel, ktoré sú použité na osvetlenie umelej oblohy a zároveň rozšíriť možnosti simulovania jednotlivých typov oblôh, ktoré sú definované v norme ISO 15469:2004(E). Nové technológie a postupy otvárajú možnosti simulovania rôznych typov oblôh. Rekonštrukcia bude zahŕňať nielen výmenu svietidiel ale aj kompletnú výmenu elektrických rozvodov a rozvádzačov s priamym napojením umelej oblohy na ovládací softvér. Pomocou jednoduchého ovládania bude možné komfortne nastavovať jednotlivé typy oblôh.

1 Úvod

Umelá obloha, ktorá sa nachádza na ÚSTARCH SAV v Bratislave v súčasnosti na svoju prevádzku používa zastarané svietidlá s klasickými 500W žiarovkami. Keďže prevádzka tohto zariadenia je vďaka použitej technológii neekonomická rozhodli sme sa využiť najnovšie poznatky a dostupné možnosti LED technológie a nahradiť pôvodné svetelné zdroje a svietidlá novými, úspornejšími. Na to aby sme mohli túto náhradu vykonať je ale potrebné znova vypočítať rozmiestnenie nových svietidiel aby rozloženie jasov na hemisférickej ploche zodpovedalo typom oblôh, ktoré sú definované v norme ISO 15469:2004. Pre výpočet rozloženia jasov a jeho simuláciu bude použitý softvér LightTools vo verzii 8.1 od americkej spoločnosti SYNOPSIS. Softvér LightTools je simulačným nástrojom primárne určeným na návrh a analýzu optických častí. Silnou stránkou softvéru sú možnosti výpočtu kriviek svetivosti, osvetlenosti, jasov, a optimalizáciu podľa definovaných parametrov. Práve možnosti výpočtu jasov budú použité pre hľadanie ideálnych pozícií svietidiel pod hemisférou. Vzhľadom na komplexnosť problematiky výpočtu rozloženia jasov na hemisférickej ploche je potrebné mať presne stanovené parametre výpočtu. Presnosť výpočtu bude veľmi závislá od vstupných parametrov a ich podobnosti s realitou. Pre dosiahnutie ideálneho rozloženia svietidiel a nastavenie ich intenzity bude potrebné výpočet automatizovať pomocou napísania pomocného programu, ktorý zabezpečí výpočet jasov na hemisférickej ploche pri rôznych polohách a intenzite svietidiel. Vypočítané hodnoty jasov v jednotlivých bodoch, v ktorých budeme jas vyšetrovať, je potrebné uložiť v rôznych formách. Pod rôznymi formami rozumieme tabuľku s presnou polohou bodu a jeho intenzitou a vizuálne zobrazenie priebehu jasov na ploche vo forme obrázku ako jasovej mapy.

2 Modelovanie hemisférickej plochy

Modelovanie hemisférickej plochy je relatívne jednoduchou úlohou. Stred súradnicového systému umiestnime do stredu polgule tak aby vzdialenosť stredu a jej okraj zodpovedala reálnemu stavu. Vytvorenie bude pozostávať z jednoduchej operácie kde pomocou softvéru odčítame menšiu guľu od väčšej. Vznikne nám tým dutá guľa, ktorú softvérovo „odrežeme“. Posledným krokom pri vytváraní hemisférickej plochy je aplikácia „receivera“, teda snímača, ktorý bude zbierať údaje o hodnote osvetlenosti. Pri kombinácii typu tohto typu snímača s presným umiestnením „pozorovateľa“ vieme určiť aj hodnotu jasov pre daný bod v danom smere. To nám umožní vypočítať a analyzovať jasy na vytvorenej polguľovej ploche.



Obr. 1 Hemisférická plocha vytvorená v programe LightTools

3 Určenie a zadávanie parametrov povrchu

Vytvorenie dutej gule je nasledované zadávaním reálnych parametrov povrchu. Na to aby výpočet bol čo najbližšie realite je potrebné zadať správne parametre vnútorného povrchu. Od tohto parametra bude závisieť výpočet jasov. Na to aby sme mohli zadávať parametre povrchu čo najbližšie reálnemu prípadu je nutné poznať hodnoty odrazivosti a ich smerovú závislosť a typ odrazu. Vzhľadom na skúsenosti s reálnymi vlastnosťami povrchov vieme, že len málokto výrobca je schopný dodať požadované vlastnosti s presnými hodnotami. Vzhľadom na túto skutočnosť je najpresnejšou metódou zisťovania parametrov vlastné merania a následné použitie meraní ako materiálovej vlastnosti. Na tento účel nám dostatočne pomôže prístroj, ktorý sa volá „Mini-Diff“. Je to ručný prístroj na meranie odrazivosti a priestupu materiálov. Mini-Diff dokáže po meraní vytvoriť počítačové súbory, ktoré je možné priamo implementovať do softvéru LightTools. Vytvorením vzorky s reálnym náterom a následným meraním je ideálnym riešením ako používať správne hodnoty materiálových vlastností pri výpočtoch.

3.1 Krátky úvod do BSDF pre potreby výpočtu jasov na hemisférickej ploche.

„Mini-Diff“ (obr. 4) je „scatterometer“, ktorý slúži na meranie „back-scattering“ a „forward scattering“ difúzných vzoriek. BSDF znamená Bidirectional Scatter Distribution Function.

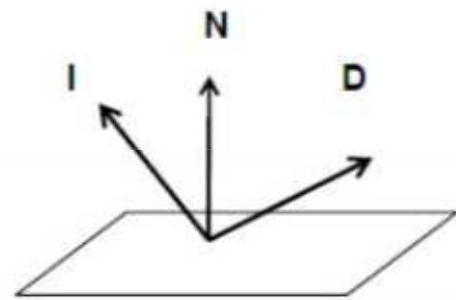
Odras a priestup

Ak vektory I a D sú umiestnené na tej istej strane vzorky tak prístroj meria „back-scattering“ danej vzorky, inými slovami ide o prípad odrazu. Je to zobrazené na obrázku č.3.

Vektor N je normálou plochy vzorky. Všeobecne uvažujeme, že vzorka je vodorovne umiestnená a teda platí $N=Z$.

Totálny odraz $R_{TOT}(\theta_i, \varphi_i)$ vzorky je pomer odrazeného vyžiareného toku nad vstupnou hemisférou a dopadajúceho ožiarenia. BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) je v CIE(Commission Internationale de l'Eclairage) definovaná pre jednotlivé vlnové dĺžky nasledujúcim vzťahom:

$$BRDF(\theta_d, \varphi_d, \theta_i, \varphi_i, \lambda) = \frac{L(\theta_d, \varphi_d, \lambda)}{E(\theta_i, \varphi_i, \lambda)} \quad (1)$$



Obr. 3 prípad odrazu

kde

$L(\theta_d, \varphi_d, \lambda)$ – je jas vzorky v smere (θ_d, φ_d) pri vlnovej dĺžke λ

$E(\theta_i, \varphi_i, \lambda)$ – je osvetlenie plochy vzorky v smere (θ_i, φ_i) pri vlnovej dĺžke λ

Jednotky $L(\theta_d, \varphi_d, \lambda)$, $E(\theta_i, \varphi_i, \lambda)$ a BRDF sú candela.m⁻², lux. str⁻¹.

Pre „Lambertovské“ vzorky platí:

Pre ideálne difúzne plochy („Lambertovské“ vzorky) je jas konštantný vo všetkých smeroch určený vzťahom.

$$L(\theta_d, \varphi_d) = \frac{R \cdot E(\theta_i, \varphi_i)}{\pi} \quad (2)$$

Kde R je odrazivosť vzorky a $E(\theta_i, \varphi_i)$ je osvetlenie plochy vzorky v smere (θ_i, φ_i) . Ako dôsledok BRDF/BTDF takej vzorky je konštantná pre všetky smery.



Obr. 4 Princíp merania BRDF

$$BRDF(\theta_d, \phi_d, \theta_i, \phi_i) = \frac{d^2R}{d\Omega_d d\Omega_i} \quad (3)$$

V prístroji sa nachádzajú 4 ks LED s vyžarovaním 630nm s kolimovanými lúčmi, ktoré dopadajú na vzorku pod 4-mi rôznymi uhlami. Uhly dopadu sú 0°, 20°, 40° a 60°. Ako detektor slúži CCD kamera.

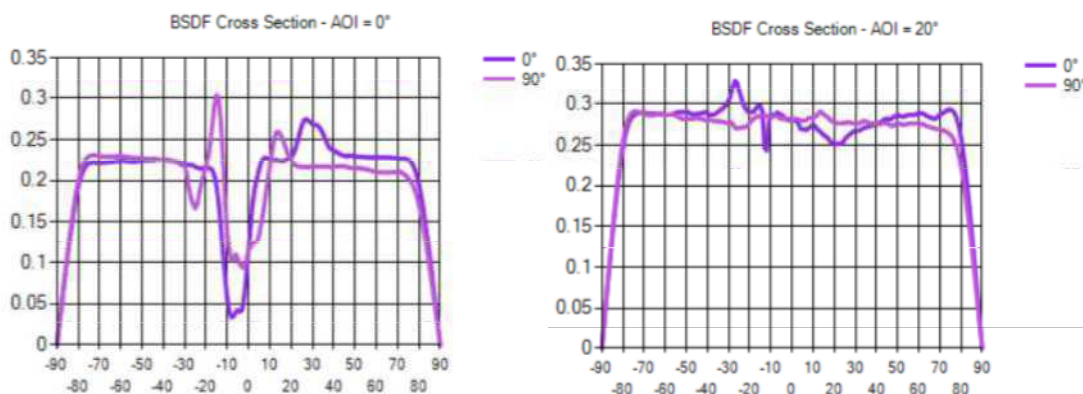
3.2 Meranie odrazivosti náteru hemisférickej plochy

Pre dosiahnutie ideálnych vlastností povrchu umelej oblohy je nutné obnoviť náter vnútorného povrchu. Je potrebné aby odraz od vnútorného povrchu umelej oblohy bol čo najviac difúzny. Ako náter je použitá zmes s prímiesou síranu bárnateho a oxidu titaničitého, ktorý bol vytvorený v spolupráci s firmou Chemolak a.s. Testované boli rôzne spôsoby náteru, ktoré boli realizované štetcami s rôznymi dĺžkami chlpu a s rôznym počtom po sebe nasledujúcich náterov. Boli použité dva typy štetcov. Prvý bol s dĺžkou chlpu 12 mm a druhým bol s dĺžkou 18 mm. Odraznosť sme merali na miestach kde povrch bol natretý 1 – 3x. Namerané hodnoty odraznosti pri rôznom type štetca a rôznom počte náterov sú uvedené v tabuľke č. 1.

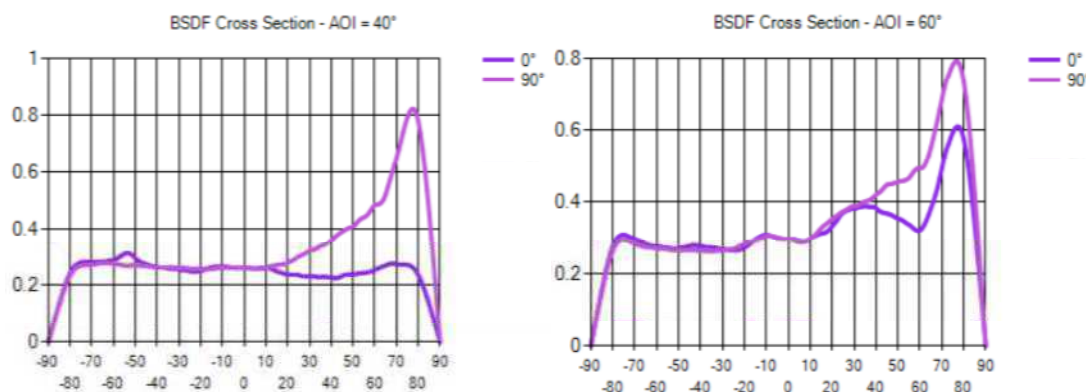
Vzorka	Dĺžka chlpu (mm)	Počet náterov	Odraznosť				Výsledná hodnota odrazu
			AOI=0°	AOI=20°	AOI=40°	AOI=60°	
chemolak_01	12	1	0,68	0,87	0,9	1,17	0,91
chemolak_01	12	2	0,87	0,85	0,77	0,96	0,86
chemolak_01	12	3	0,89	0,9	0,92	1,19	0,98
chemolak_01	18	1	1,15	0,94	0,79	0,94	0,96
chemolak_01	18	2	1,36	0,86	0,88	1,18	1,07
chemolak_01	18	3	0,91	0,86	0,88	1,11	0,94

Tab. 1 Tabuľka hodnôt odrazu pri rôznych podmienkach.

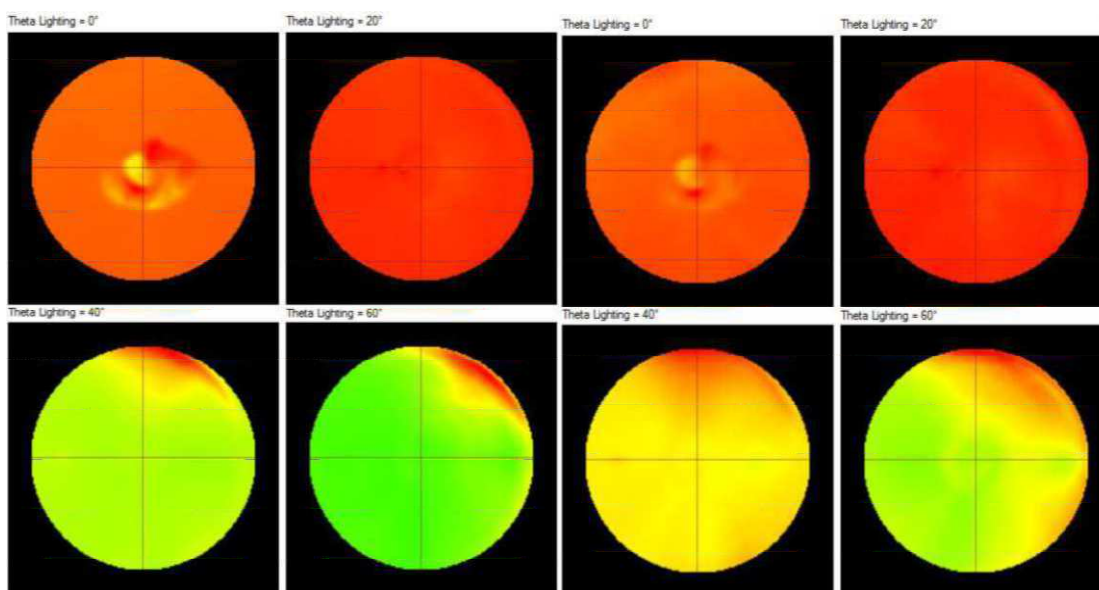
Z uvedených hodnôt vyplýva, že najvyššia hodnota odrazu bola v prípade náteru so štetcom s dĺžkou chlpu 12 mm a tromi vrstvami náteru. Hodnota 1,07 v prípade náteru s dĺžkou chlpu 18 mm a dvomi vrstvami náteru mohla byť spôsobená nepravým umiestnením meracieho prístroja na povrchu umelej oblohy. Keďže povrch hemisféry je zakryvený, bolo obtiažne umiestniť prístroj v stabilnej polohe tak aby nedochádzalo k príspevkom z okolia. Na obrázkoch č. 5 – 7 je možné vidieť priebeh odrazu ako výstup z ovládacieho softvéru „scattero metra“.



Obr. 5 Příklad priebeh odrazu pre prípad štetca s dĺžkou chlpu 12 mm a jednou vrstvou náteru pre dopadový uhol 0° a 20°.



Obr. 6 Príklad priebeh odrazu pre prípad štetca s dĺžkou chlpu 12 mm a jednou vrstvou náteru pre dopadový uhol 40° a 60°.



Obr. 7 Príklad pohľadu v prístroji „Mini Diff“ na meraní vzorku jedného náteru s dĺžkou chlpu štetca 12 mm a pre prípad s dĺžkou štetca 18 mm a jedným náterom.

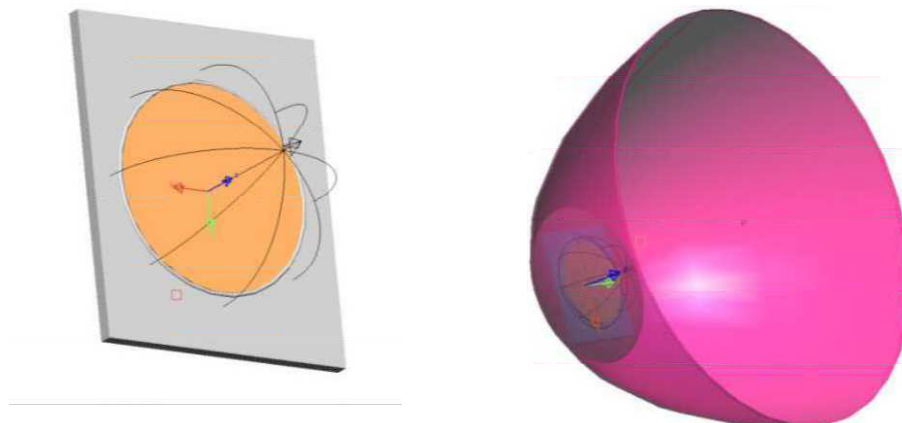
Meranie odrazu jednotlivých náterov ukázalo, že najpriateľnejšou voľbou bude natrieť plochu umelej oblohy štetcom s dĺžkou chlpu 12 mm a tromi vrstvami náteru. Meranie, ktoré bolo vykonané na reálnej vzorke sme následne zanesli do softvéru pre výpočet jasov umelej oblohy. Týmto spôsobom je možné dosiahnuť veľkej presnosti výpočtu.

4 Výber svietidla s LED a použitie v simulácii

Po vymodelovaní hemisféry a zadaní správnych vlastností povrchu je potrebné vybrať vhodný svetelný zdroj resp. svietidlo. Cieľom projektu je najmä úspora elektrickej energie a preto voľba svetelného zdroja je jasná. Bude použitý COB LED od spoločnosti Sharp s príkonom 53W a svetelným tokom na úrovni 5000lm. Optický systém svietidla bude prispôbený potrebám osvetlenia hemisféry a rozloženia jasov podľa simulácie. Svietidlo bude možné ovládať pomocou DALI protokolu a ovládacieho softvéru navrhnutého presne podľa požiadaviek a výsledkov simulácií. Na to aby sme mohli simulovať rozloženie jasov na hemisfére je potrebné vymodelovať svetelný zdroj a optickú časť so všetkými parametrami zhodnými s realitou.

Prvým krokom je vymodelovanie svetelného zdroja podľa technickej dokumentácie od výrobcu. Zadanie svetelno-technických parametrov je realizované na základe predchádzajúcich meraní svetelného toku a vyžarovaného spektra. Takýmto postupom dosiahneme čo najvernejšie výsledky simulácií v porovnaní s realitou.

Podobný postup platí aj pre navrhnutie optickej časti pre svietidlo, ktorým budeme osvetľovať hemisférickú plochu. Optické vlastnosti najbežnejšie používaných konštrukčných materiálov pre optické časti sú v databáze, ktorou softvér disponuje.



Obr. Vymodelovaný COB Sharp 53W v programe LightTools spolu s reflektorom.

5 Záver

Cieľom projektu je znížiť energetickú náročnosť prevádzky umelej oblohy s použitím najmodernejších technológií. V súčasnosti umelá obloha poskytuje možnosti nastavenia 3 rôznych typov oblôh. Po realizácii projektu bude možné nastavovať rôzne typy oblôh podľa ISO 15469:2004(E). Simulácie a výpočty budú hlavným ťažiskom celého projektu a bude od nich závisieť výsledok, ktorý by mal čo najviac zodpovedať reálnemu stavu. Tento projekt vznikol za podpory agentúry pre vedu a výskum.



Literatura a odkazy

- [1] Okado M., Goto K., Nakamura H., Koga Y., Fujii S. : Development of a new artificial sky. Proc. Lux Pacifica, 1997, E63 - 66.
- [2] Kittler R. New artificial overcast and clear sky with artificial sun for daylight research. Light. Res. and Technol., 1974, 4, p.227-229.
- [3] Navaab M. Scale model photometry techniques under simulated sky conditions. Journ. of IES, 1996, 1, p. 57-68.
- [4] ISO 15469:2004(E)/CIE S 011/E:2003. Spatial Distribution of Daylight - CIE Standard General Sky. Geneva: ISO, Vienna: CIE.

Retrofit - aneb možnosti použití LED ve svítidlech konstruovaných pro výbojky

Carbol Z., Novák T., Šumpich J., Sokanský K.
VŠB-TU Ostrava, fei.vsb.cz, tomas.novak1@vsb.cz

Světelné zdroje LED jsou v současnosti jedním z nejúspornějších typů světelných zdrojů pro osvětlení vnitřních pracovních prostor. Jednak je to díky jejich vysokému měrnému toku, tak i vysoké optické účinnosti svítidel. Nová kvalitní LED svítidla jsou často velmi drahým řešením a tak se nabízí možnost využít stávajících svítidel a upravit je pro použití se světelnými zdroji LED. Světelný zdroj je v tomto případě retrofitem (do starého svítidla se vhodně umístí světelný zdroj LED). Tato cesta však není zcela jednoduchá a nelze si ji usnadnit například nákupem „lacné LED žárovky“ z PRC (made in China).

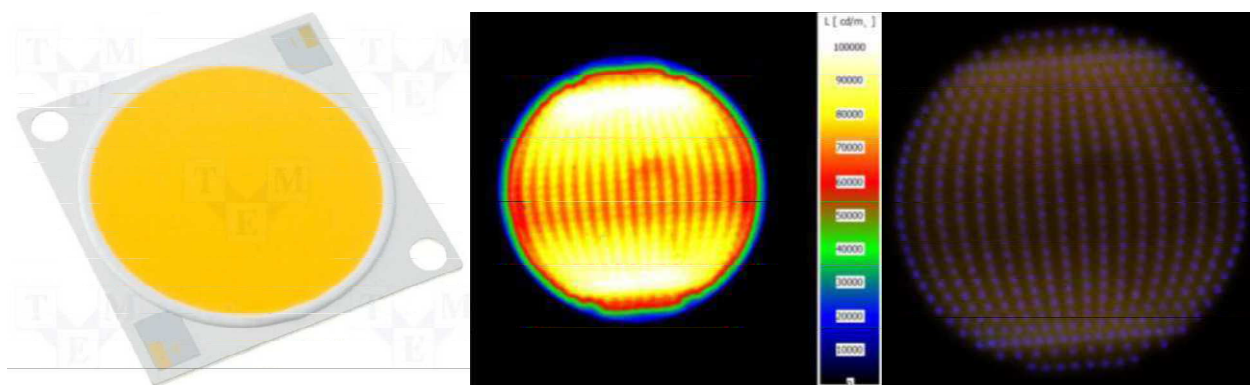


obrázek 1: dobře vypadající „LED žárovka“ od čínského výrobce s deklarovaným příkonem 100W

Jakkoli vypadá světelný zdroj na obrázku 1 hezky, je těžké uvěřit, že by dokázal při příkonu 100W a světelném toku zdroje 9000 lm ve svítidle s vysokým krytím vydržet dlouhodobě pracovat. Ve svítidle by nedocházelo k cirkulaci vzduchu a chlazení „žárovky“. Stejně tak předřadník umístěný u patice by byl značně tepelně namáhán. Retrofiting LED světelným zdrojem, má-li mít svítidlo vysoký světelný tok, musí být spojen s řešením odvodu tepla vytvářeného LED a předřadníkem. Jedině tak lze dosáhnout spolehlivého a dlouhodobého provozu.

Výběr komponentů

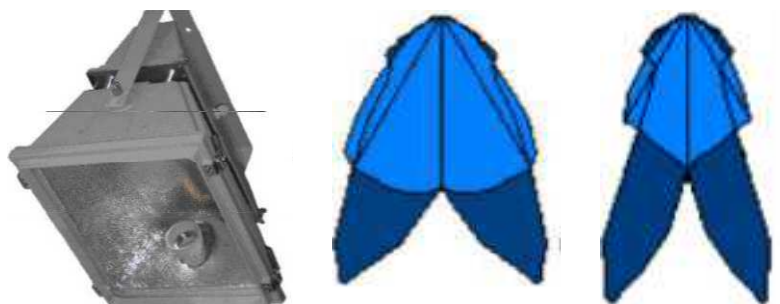
Retrofiting předpokládá, aby výměna světelného zdroje byla proveditelná bez speciálního vybavení a nebyla spojena s enormními náklady. Proto se nebudeme zabývat osazováním jednotlivých LED na tištěný spoj, které je náročné na technologii i velice drahé, ale využijeme integrovaných čipů nazývaných také zkratkou MCOB (multi chip on board), tedy mnoho čipů na jedné desce, které jsou zakryté společnou vrstvou fosforu. Pro výrobu prototypů svítidel jsme použili čip CITIZEN CLL052-1825B1.



obrázek 2: čip CITIZEN CLL052-1825B1, jeho jasová mapa při světelném toku 300 lm a snímek zobrazující jednotlivé PN přechody

Aby měl čip vysoký měrný výkon, výrobce na hliníkovou základnu umístil do 25 paralelně zapojených řetězců 18 sériově zapojených čipů. Celkem 450 LED je schopno přeměnit maximálně 170 W elektrického příkonu na světelný tok cca 18 klm při teplotě pouzdra LED 75°C. Při 57 V a proudu 3 A lze očekávat měrný výkon lehce přes

100 lm/W. Maximální výrobcem dovolená teplota pouzdra LED je 100°C a teplota PN přechodu 140°C. Index podání barev je lepší než 80 a barva světla je 4000 K.



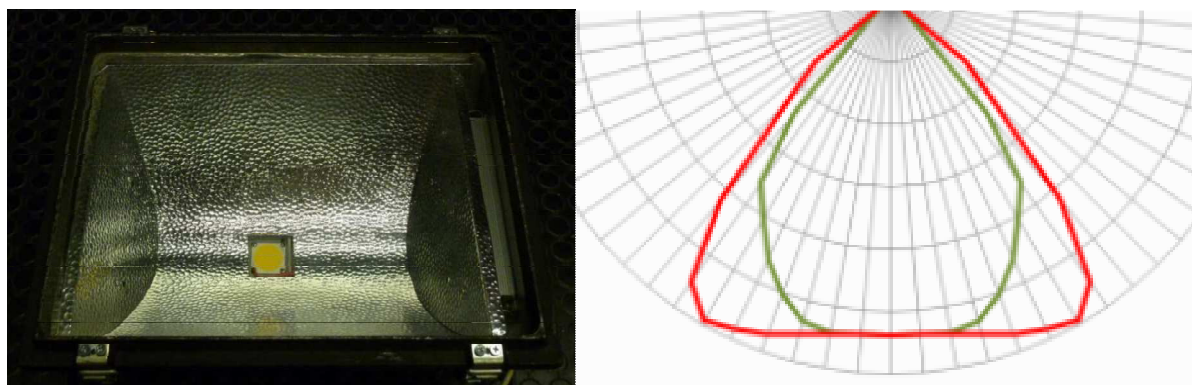
obrázek 3: Původní svítidlo a křivka svítivosti s kladívkovaným a hladkým reflektorem

Předřadník byl vybrán od Taiwanského výrobce Meanwell, typ HLG-185H. Ten nabízí výstupní výkon až 186 W a to při typické účinnosti 94%. Díky vysoké účinnosti produkuje minimum tepla a přispívá k vysokému měrnému výkonu svítidla. Je možné ho objednat ve variantě stmívatelné pomocí integrovaného potenciometru, externího odporu, napětí 1-10 V nebo PWM. Výrobce garantuje dostupnost plného výkonu až do 60°C okolní teploty. Vypočtená MTBF (střední doba mezi poruchami), je pro teplotu okolí driveru 45°C celých 48 000 hodin. Tělo driveru je vyrobeno z kovu s vysokým krytím IP67.

Prototypy vyrobených svítidel

Jako výchozí typ pro retrofiting bylo zvoleno svítidlo hliníku, vyrobené metodou atmosférického lití, původně určené pro výbojky 150 – 400W. Díky masivnímu provedení je zde velký potenciál pro chlazení LED i předřadníku.

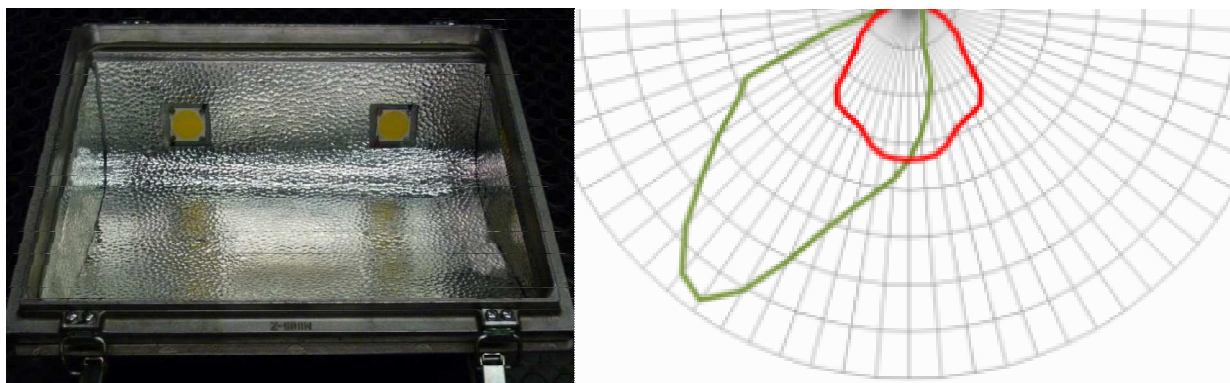
Z tohoto korpusu byly vytvořeny dva prototypy svítidel osazených LED. Jednalo se o symetrické svítidlo s jedním LED čipem. Celkový příkon svítidla byl snížen na 150 W, z čehož zhruba 140 W připadá na LED čip. Samotný LED čip byl pomocí teplovodivé pasty a šroubků přichycen k vrchní straně svítidla. Použitý reflektor byl z kladívkovaného plechu s velmi vysokou odrazností. Svítidlo bylo uzavřeno krycím sklem o tloušťce 3 mm opatřeného po obvodu gumovým těsněním. Na vrchní stranu svítidla byl připevněn lineární žebrovaný chladič pro rychlejší rozvod tepla od LED po těle svítidla.



obrázek 4: Symetrické svítidlo s LED, křivky svítivosti

Předřadník byl umístěn uvnitř svítidla na jeho boční straně. Naměřený světelný tok svítidla se symetrickým vyzařováním byl 12,6 klm, což dává solidní měrný výkon 84 lm/W. Distribuce světelného toku svítidlem byla velmi rovnoměrná a svítidlo, subjektivně hodnoceno, neoslňovalo, kvůli umístění LED hluboko ve svítidle a tedy jeho dobrému zaclonění.

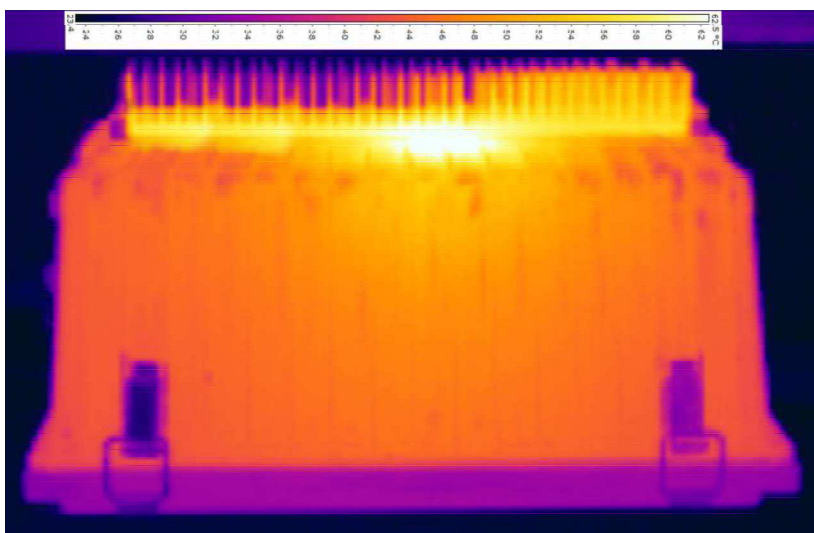
Druhým prototypem bylo svítidlo s asymetrickým vyzařováním, do kterého byly umístěny dva paralelně zapojené čipy na jednu ze šikmých bočních stěn. Předřadník byl kvůli snížení jeho tepelného namáhání přemístěn do schránky předřadníků od původního magnetického předřadníku výbojky. Naměřený světelný tok svítidla s asymetrickým vyzařováním byl 13,5 klm.



obrázek 5: Asymetrické svítidlo s LED, křivky svítivosti

Na obrázku 6 můžeme vidět snímek z termokamery v případě provozu symetrického svítidla ve vodorovné pracovní poloze při teplotě okolí 25°C. V místě LED čipu je teplota vnějšího povrchu svítidla 62°C.

Na obrázku 7 můžeme vidět snímek z termokamery v případě provozu asymetrického svítidla ve vodorovné pracovní poloze při teplotě okolí 25°C. LED čipy byly připevněny na termokamerou snímané straně. Protože je jejich příkon poloviční, teplo se dobře rozvádí a na snímku nejsou patrná výrazná maxima v okolí čipů. Maximální naměřená teplota je v tomto případě nižší, 53°C.



obrázek 6: Symetrické svítidlo s LED, snímek z termokamery

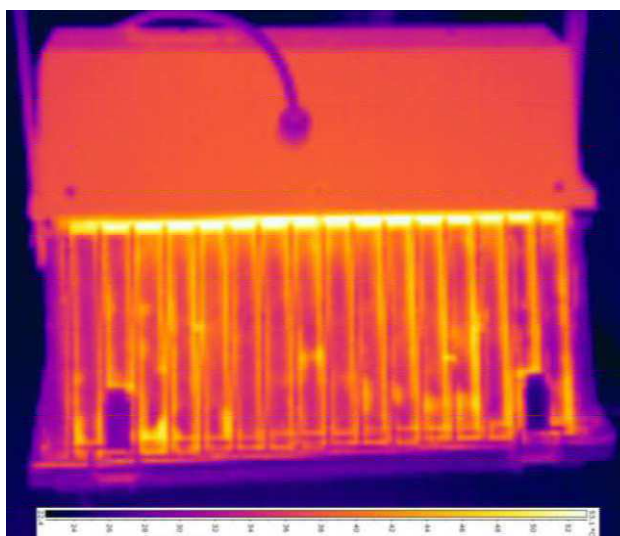
Závěr

Retrofiting výbojkových svítidel na světelné zdroje LED je možná alternativa pro výrobce svítidel nebo firmy s velkým množstvím instalovaných svítidel. Umožňuje s přijatelnými náklady pořídit svítidlo s velmi dobrými parametry. Porovnáváme s typem halogenidové výbojky pro patici E40, který je co se kvality světla týče srovnatelný s LED modulem a pro dobré podání barev se hodí do prostor s trvalým pobytem osob a má běžnou barvu světla, která se pohybuje okolo 4000 K. Vybraný typ halogenidové výbojky pro porovnání je MASTERColour CDM-TT 150W/942. Namátkou porovnejme vybrané parametry:

	Výbojkové svítidlo 150 W	Svítidlo symetrické s LED retrofitem 150 W
Měrný výkon sv. zdroje	83 lm/W	110 lm/W
Optická účinnost svítidla	70%	85%
Měrný výkon svítidla	58 lm/W	84 lm/W
Náběh světelného toku	5 minut	okamžitý
Restart	až 15 minut	okamžitý
Počáteční světelný tok svítidla	8,7 klm	12,6 klm
LLMF* po 8000 hodinách	72%	95%

* LLMF - lamp lumen maintenance factor, index poklesu světelného toku světelného zdroje

Z příkladu porovnání je vidět základní výhody použití LED svítidla. Zejména není nutné při častém provozu každý rok měnit světelný zdroj, nemluvě o vyšším světelném toku svítidla. Díky tomu je možné použít menší počet svítidel nebo nižší příkon LED svítidel oproti původním výbojkovým.



* obrázek 7: Asymetrické svítidlo s LED, snímek z termokamery

Abychom však výbojky jen nepomlouvali, připomeňme, že s příkonem výrazně roste měrný výkon a nahradit halogenidové výbojky o příkonu 400 W může být složité a drahé. Nahrazení vysokotlakých sodíkových výbojek může být ještě složitější, ale ty se do interiéru již dnes nehodí a kvalita světla je vůči LED nesrovnatelná.

Rychlá návratnost vložených investic se, jako ovšem u každé dnešní instalace s LED, dá čekat tam, kde je osvětlovací soustava v provozu dlouhodobě.

Poděkování

Vypracování článku bylo podpořeno z projektu SP2014/77: Možnosti využití LED technologií v průmyslových aplikacích.

Řešená problematika byla podpořena grantem MSK: Vývoj svítidla do extrémních teplot pro průmyslové využití.

Literatura a odkazy

[1] CARBOL, Zbyněk a Jan ŠUMPICH. Možnosti ve vývoji LED svítidel. In: Světlo 2011. Ostrava: VŠB - TU, 2011. ISBN 978-80-248-2480-2.

Měření provozních veličin instalovaných osvětlovacích soustav s LED zdroji

Marie Křivová, Ing.

Europrojekt Ostrava

Ve strojírenském závodu byla před dvěma lety nainstalována osvětlovací soustava s LED zdroji ve dvou výrobních halách. Jedna hala byla novou přístavbou ke stávající výrobní hale, závod vyráběl strojírenské výrobky již v minulém století a z této doby byla i stávající instalace. Původně byla investorovi nabídnuta instalace svítidel firmy Thorn nebo Philips, tedy ověřených výrobců s maximální technickou podporou, ale investor zvolil svítidla korejské výroby, i když se jednalo o ryze českého majitele firmy.

Osvětlovací soustava byla navrhována na následující parametry:

Výrobní hala, referenční číslo prostoru nebo úkolu 5.18.5, udržovaná osvětlenost na srovnávací rovině 500 lx, maximální mezní hodnota indexu oslnění podle UGR 19, minimální rovnoměrnost osvětlení 0,7, minimální index podání barev 80. Závěsná výška svítidel byla určena technologií výroby a byla 8,6 m.

Před dodáním svítidel jsme požadovali fotometrická data svítidel a další technické údaje, fotometrická data byla rychle zaslána ve formátu IES, ostatní údaje, např. krytí svítidel, prohlášení o shodě, jsme dostali po déle trvajícím období. Po provedení výpočtů bylo zvoleno svítidlo HC180, byly objednány vzorky svítidel a byly k dispozici v krátké době a investorem odsouhlaseny.

Specifikace svítidla, která byla poskytnuta výrobcem při standardním provozu:

Položka	Standard			Jednotka
	Min.	Typ.	Max.	
Vstupní napětí	180	220	264	V AC
Vstupní frekvence	47	50/60	63	Hz
Vstupní proud při 220 V	0.765	0.85	0.935	A AC
Vstupní proud při 100V	1.62	1.8	1.98	A AC
Příkon	162	180	198	W
Účinit	0.9	0.95	-	-
Účinnost	-	90	-	%
Harmonické	-	15	30	%
Teplota okolí	-30	-	50	

Po instalaci osvětlovacích soustav ve dvou výrobních halách jsme přistoupili po déletrvajícím provozu k měření provozních charakteristik. Ve výrobních halách je trojsměnný provoz. Z hlediska denního osvětlení se jedná o haly, v nichž umělé osvětlení vyhovuje provozu pro sdružené osvětlení. Způsob ovládání osvětlovacích soustav si určil investor, rozdělil svítidla do několika skupin a přál si ovládat je nezávisle. Z pohledu projektanta rozdělení svítidel v hale nebylo pravidelné, nebyl důvod investorovi nevyhovět. Při častých pracovních návštěvách jsme zjišťovali, že osvětlovací soustavy při výrobní činnosti v halách jsou zapnuty všechny a že spínání skupin v podstatě není používáno. Příčinou mohl být velký zájem o vyráběné výrobky a tím využití výrobních kapacit celé haly, což nemusí být samozřejmostí v příštích letech.

V jedné z hal bylo tedy uskutečněno měření provozních veličin osvětlovací soustavy.

Obvod č. 1 – 6 svítidel HC180 zapojených na trojfázový obvod, rovnoměrně rozděleně na tři fáze, jištění 10A, příkon dle technických údajů $6 \times 180 \text{ W} = 1\,080 \text{ W}$

Obvod č. 2 – 5 svítidel HC180 zapojených na trojfázový obvod, nerovnoměrně rozděleně na tři fáze, jištění 16A, příkon dle technických údajů $5 \times 180 \text{ W} = 900 \text{ W}$

Obvod č. 3 – 5 svítidel HC180 zapojených na trojfázový obvod, nerovnoměrně rozděleně na tři fáze, jištění 16A, příkon dle technických údajů $5 \times 180 \text{ W} = 900 \text{ W}$

Obvod č. 4 – 5 svítidel HC180 zapojených na trojfázový obvod, nerovnoměrně rozděleně na tři fáze, jištění 10A, příkon dle technických údajů $5 \times 180 \text{ W} = 900 \text{ W}$

Obvod č. 5 – 8 svítidel HC180 zapojených na trojfázový obvod, nerovnoměrně rozděleně na tři fáze, jištění 16A, příkon dle technických údajů $8 \times 180 \text{ W} = 1440 \text{ W}$

Obvod č. 6 – 8 svítidel HC180 zapojených na trojfázový obvod, nerovnoměrně rozděleně na tři fáze, jištění 10A, příkon dle technických údajů $8 \times 180 \text{ W} = 1440 \text{ W}$

Obvod č. 7 – 15 svítidel s lineární zářivkou TL-D 1x 58W s elektronickým předřadníkem, zapojených na trojfázový obvod, rovnoměrně rozděleně na tři fáze, jištění 10A, příkon dle technických údajů $15 \times 55 \text{ W} = 825 \text{ W}$

Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce:

	Napětí			Proud			Doba špičky v čase	Příkon
	L1	L2	L3	L1	L2	L3		
	V	V	V	A	A	A	s	W
Obvod č. 1								
provozní hodnoty	229	230	229	1,68	1,67	1,69		1155,8
rozběh				28,4	30,56	30,21	0,019	
Obvod č. 2								
provozní hodnoty	230	231	230	1,58	1,65	0,825		934,3
rozběh				31,25	35,92	8,56	0,069	
Obvod č. 3								
provozní hodnoty	230	230	227	0,77	1,59	0,817		728,3
rozběh				14,7	30,74	16,39	0,149	
Obvod č. 4								
provozní hodnoty	225	226	227	1,67	1,6	1,59		1098,3
rozběh				28,41	33,11	18,4	0,07	
Obvod č. 5								
provozní hodnoty	225	226	226	2,46	2,53	1,79		1529,8
rozběh				61,49	58,49	30,14	0,15	
Obvod č. 6								
provozní hodnoty	228	230	229	3,33	2,39	0,782		1488,0
rozběh				59,14	67,6	35,28	0,15	
Obvod č. 7								
provozní hodnoty	228	229	230	1,46	1,44	0,702		824,1
rozběh				5,67	6,47	1,453	2	

Doplňující údaje k měření: vnitřní teplota prostoru 21,5 °C, vnější teplota 15 °C.

Závěrem lze konstatovat, náběhový proud při startu LED zdroje byl v rozmezí od 17-ti násobku provozního proudu až 25-ti násobku provozního proudu.

To vysvětluje výměnu původně nainstalovaných jističů s charakteristikou B za jističe s charakteristikou C.

Jak měřit světelné parametry projektorů a obrazovek podle normy ČSN EN 61947-1

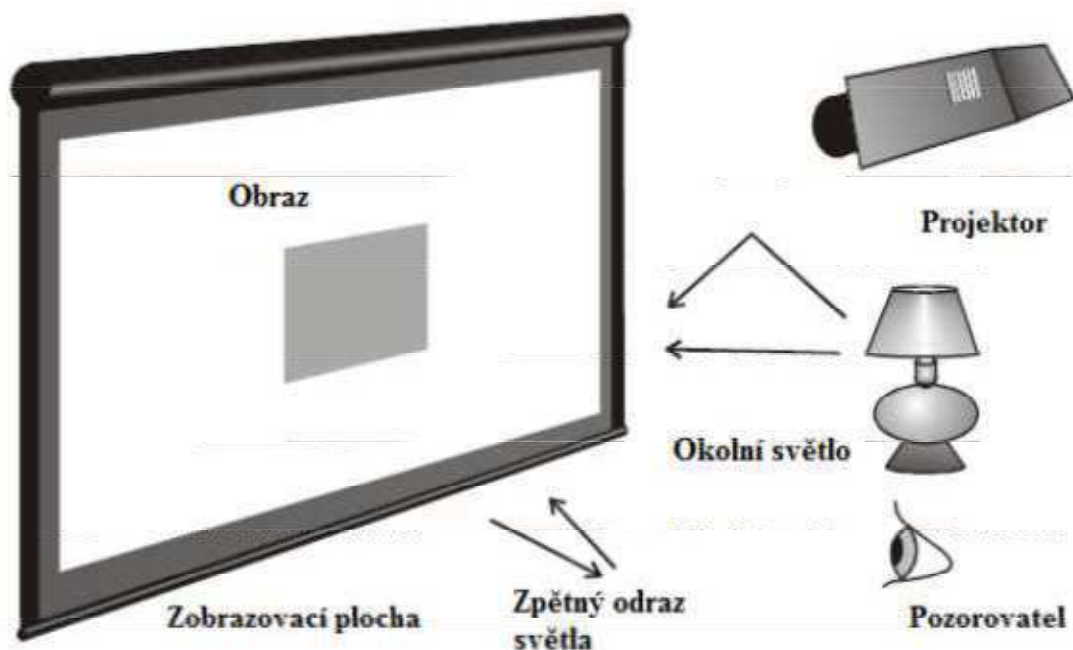
Barbara Helštýnová, Ing., Karel Sokanský, Prof., Ing. CSc., Tomáš Novák, Ing., Ph.D.
VŠB-TU Ostrava, fei.vsb.cz, barbara.helstynova@vsb.cz

Abstrakt

Příspěvek vznikl jako důsledek snahy autorů o kvantifikaci světelných vlastností interaktivních tabulí ve školách. Jak již bylo v předchozích článcích prezentováno, tak velmi často dochází nerovnoměrnému rozložení jasů na obrazovkách interaktivních tabulí. Toto bývá dominantně způsobeno nevhodnou volbou odrazného povrchu u těchto interaktivních tabulí. V tomto příspěvku se autoři snaží ukázat na to jakým způsobem lze posuzovat promítaný obraz na základě norem, které se týkají přímo projektorů, resp. zobrazovacích zařízení.

Úvod

Norma ČSN EN 62947-1, Elektronická projekce – Měření a dokumentace klíčových vlastností – Část 1: Projektory s pevnou rozlišovací schopností, byla převzata z anglické verze EN 62947-1: 2002. V normě jsou definovány některé základní pojmy, jako je např.: aktivní zobrazovací plocha, poměr stran, barevná škála, náhradní teplota chromatičnosti (podle CIE), osvětlenost, jas, světelný tok apod. Dále norma specifikuje základní požadavky pro vyhodnocení světelných parametrů pro projektory s integrovanou obrazovkou (LCD panely, zdroje světla s maticovým displejem, plazmové obrazovky a jiné) a pro projektory s neintegrovanou obrazovkou, tedy dataprojektor, který je vůči stínítku v určité vzdálenosti a směřuje se na ní pod jiným než pravým úhlem. Za takovou (neintegrovanou) soustavu se dá považovat jak promítací plátno, tak interaktivní tabule (viz Obr. 1).



Obr. 1 příklad neintegrované obrazovky v projekčním systému

Měření světelných parametrů projektorů s neintegrovanou obrazovkou

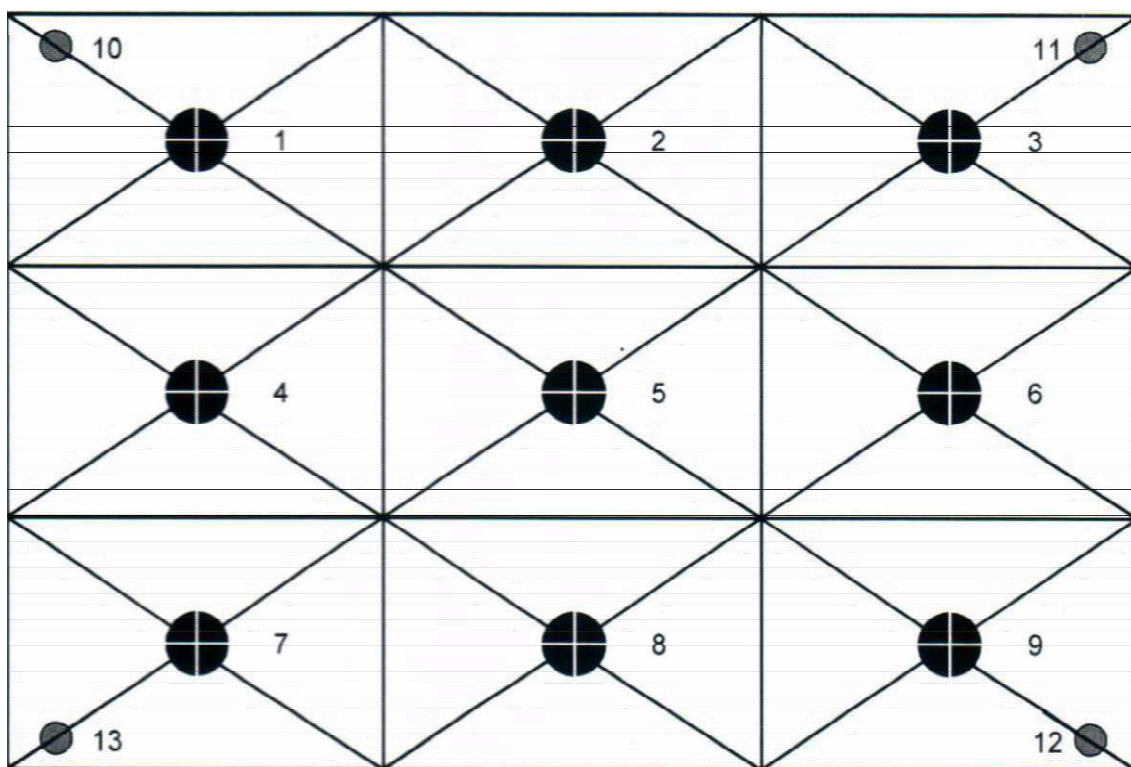
Mezi základní požadavky na měření patří samozřejmě zatemněná místnost, a zapnutí měřeného zařízení minimálně 15 minut před začátkem měření tak aby se ustálili teplotní poměry a tudíž i světelný tok samotného projektoru..

Náhradní teplota chromatičnosti

Základní podmínkou pro určení hodnoty náhradní teploty chromatičnosti je 100% bílá plocha zobrazovacího zařízení. Pro zařízení s neintegrováním zobrazovacím systémem se hodnota náhradní teploty chromatičnosti určí pomocí kosinově korelovaného kolorimetru, který se zaměří do roviny měřeného obrazu. Náhradní teplota chromatičnosti se měří standardně v Kelvinech (K). Z pohledu měření náhradní teploty chromatičnosti je nutné zmínit základní nastavení bílé barvy projektorů na 6500 K.

Osvětlenost (lx)

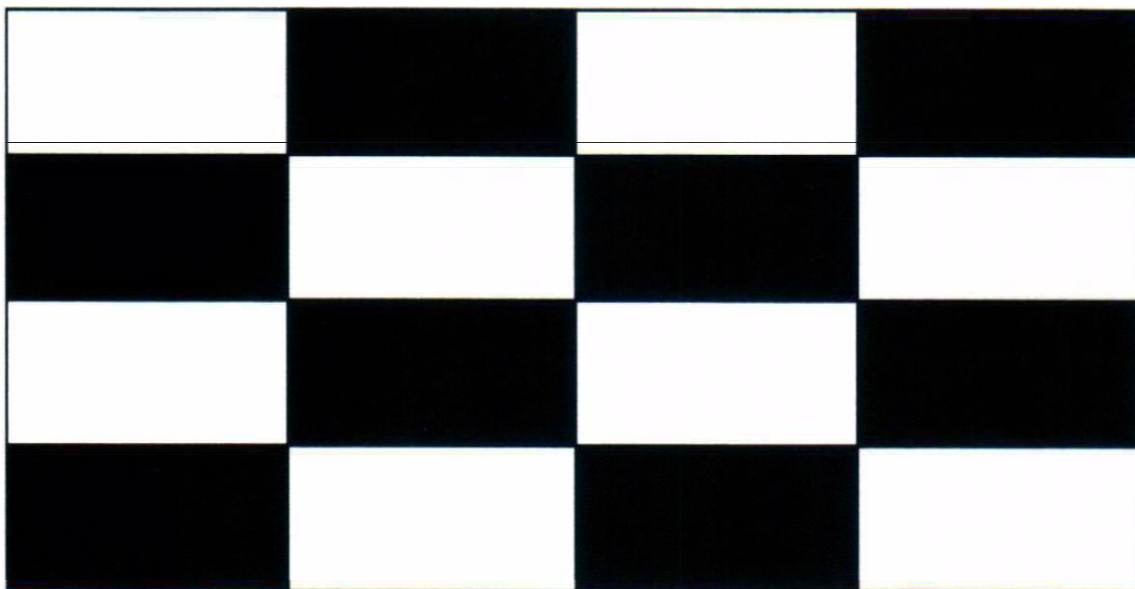
Osvětlenost se měří nejlépe kalibrovaným luxmetrem, kde se obrazovka (stínítko) rozdělí na 9 stejně velkých obdélníků (Obr. 2). V každém obdélníku se ve středu změří hodnota osvětlenosti a dále se také měří hodnota osvětlenosti v rozích (Obr. 2 – body 10, 11, 12, 13). Body 10 – 13 jsou umístěny v 10% vzdálenosti od centra obrazovky (bod 5) k rohu obrazovky. Poté se hodnoty zprůměrují. Měřené pole by mělo být minimálně velké 3x3 pixely, což je, vzhledem k velikosti čidel luxmetrů, hodnota, které je velice snadno dosažitelná.



Obr. 2 Třinácti bodová měřicí mřížka

Kontrastní poměr

Kontrastní poměr je měřen v hodnotách jasů ($\text{cd/m}^2 = \text{nit}$) pro integrovanou obrazovku projektoru a v hodnotách osvětlenosti (lx) pro neintegrovanou obrazovku. Kontrastní poměr vypočteme jako průměrné naměřené hodnoty světlých („bílých“) obdélníků ku tmavým („černým“) obdélníků viz Obr. 3. Vzhledem k tomu, že oko vnímá kontrasty jasů i u neintegrování obrazovek (stínítek) a při měření osvětlenosti není brán v potaz vliv stínítka samotného, používají autoři k vyhodnocování kontrastu měření jasů i právě pro neintegrování zobrazovací systémy.



Obr. 3 Měření kontrastu

Příklad výpočtu:

- Světlé obdélníky mají průměrnou hodnotu 15lx
- Tmavé obdélníky mají průměrnou hodnotu 0,1lx
- Výsledný poměr je tedy 15:0,1 → 150:1

Pro integrované obrazovky by byl výpočet stejný, ale jednalo by se o poměr hodnot jasů tzn.naměřené hodnoty by byli v cd/m^2 . K tomuto měření je velmi vhodný jasový analyzátor.

Vyhodnocení

Z výše uvedených požadavků na měření parametrů interaktivních tabulí jasně vyplývá, že ve statickém režimu jsou požadovány pouze ověření náhradní teploty chromatičnosti, osvětlenosti (jasu) a kontrastu. Problematika lesklých stínítek, které disponují zrcadlovým odrazem zde řešena není a tudíž se může stávat a stává, že při nevhodné kombinaci nastavení (projektor – stínítko – pozorovatel) může docházet k oslňování pozorovatele. Současné normy pro projektory nejsou doposud schopny toto oslňování postihnout.

Poděkování

Tento článek podpořen z projektu „Možnosti využití LED technologií v průmyslových aplikacích“ SP2014/77.

Literatura a odkazy

- [1] ČSN EN 61947-1. Elektronická projekce - Měření a dokumentace klíčových vlastností - Část 1: Projektory s pevnou rozlišovací schopností. Praha: Český normalizační institut, 2003, 2003. 40 p.
- [2] ANSI IT7.215 - 1992. *American Nation Standard for Audiovisual Systems-Data Proejction Equipment Large Screen Data Displays Test Methods and Performance Characteristics*. New York: American National Standards Institute, Inc., 1992. 24 p.
- [3] HELŠTÝNOVÁ, B., SOKANSKÝ, K., NOVÁK T.: Luminance analyse of the inetractive whiteboard with compare to projection screen,EPE 2013

Modelování denního osvětlení v budovách za účelem snížení energetické náročnosti osvětlovacích soustav jejich řízením

Jan Vaňuš, Jan Šumpich, Tomáš Novák, Karel Sokanský

VŠB – TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava

Úvod

Příspěvek navazuje na problematiku modelování potenciálu úspor elektrické energie v souvislosti s využitím denního světla v kancelářských budovách. Díky stmívání osvětlovacích soustav umělého osvětlení dochází nejen k úsporám elektrické energie, ale také díky dlouhodobému sběru dat o průběhu denní osvětlenosti lze predikovat požadavky na umělé osvětlení jak během dne, tak během celého roku. Tyto informace pak přispívají k modelování řízení spotřeby energií kancelářských a obytných komplexů.

Pro možný odhad úspor elektrické energie v oblasti osvětlení byly použity pro řízení osvětlovací soustavy komponenty sběrníkového systému KNX. Ve spolupráci s firmou Trimr s.r.o. a Fakultou stavební Ostrava bylo pomocí komponent sběrníkového systému KNX realizováno ovládání osvětlení v místnosti na konstantní hodnotu. Článek popisuje návrh software pro modelování a výpočet možných úspor v osvětlovacích systémech umělého osvětlení v kombinaci s denním světlem. Dále je popsáno porovnání rozdílu dosažených úspor mezi spotřebovanou elektrickou energií v případě ovládání umělého osvětlení (stmívání) na konstantní hodnotu a v případě, kdy hladina osvětlení v místnosti není ovládána. Tato modifikace software nám umožňuje zvážit vhodnost použití osvětlovací soustavy s možností regulování a potřebný odhad pro návrat investic pro tuto soustavu.

Postup pro výpočty

Dynamické modelování denního světla je zde popisováno jako podklad pro výpočet regulace umělých osvětlovacích soustav, který vede k následnému vyčíslení energetických úspor. Při dynamickém modelování vzniká celá řada aspektů, které je zapotřebí brát v úvahu. Základem pro dynamické modelování příspěvků denní osvětlenosti je využití modelu rovnoměrně zatažené oblohy. Díky tomuto lze při výpočtu eliminovat vliv světových stran na umístění osvětlovacích otvorů. Do výpočtu nevstupuje pouze model rovnoměrně zatažené oblohy, ale také vliv deklinace slunce, měnící se v průběhu celého roku. Celkový postup výpočtů byl uveden v předchozích publikacích z Kurzů osvětlovací techniky.

Měření

Pro srovnání jak námi navržený postup výpočtů, který je již implementovaný do software WILS, se shoduje s reálnými hodnotami spotřeby elektrické energie, již máme měření z testovací laboratoře firmy TRIMR s.r.o. Z tohoto měření máme k dispozici 75 měřících dnů. Dále máme částečně zpracováno měření z průběhu půl roku z prostorů inteligentního „dřevodomku“, který se nachází v areálu VŠB-TUO na fakultě stavební. Tento dům není primárně určen pro měření a testování osvětlovacích soustav, ale za pomoci osob oprávněných zasahovat do tohoto systému se nám povedlo uskutečnit pro nás důležitá měření a následné vyhodnocení dat (příkon osvětlovací soustavy) v jedné z místností.

Regulace osvětlovacích soustav

V oblasti srovnávacího měření s výpočty možných úspor energie v budovách řízením osvětlení pomocí technologie KNX máme naměřené hodnoty z dvou prostorů. Budova firmy TRIMR, v níž je umístěna laboratoř KNX (obr. 1) s možností řízení osvětlení pomocí technologie KNX a dřevodomek (obr. 2) s implementovanou technologií KNX pro řízení osvětlení a žaluzií v návaznosti na technologii BACnet s vizualizací Desigo Insight pro řízení HVAC (Heating, Ventilating, Air - Conditioning).

Popis regulace měřených prostorů

Pro řízení zářivkových svítidel pomocí elektronického předřadníku na konstantní hodnotu s využitím protokolu DALI (Digital Addressable Lighting Interface) byly v měřených prostorech kanceláře (obr. 3) použity dva systémy řízení osvětlení pomocí technologie KNX. Systém KNX/DALI Gateway N 141 se senzorem osvětlenosti Brightness Controller UP 255/ a systém označený jako DALI Light Controller DLR/S 8.16.1M se dvěma senzory Light Sensor

LF/U2.1. Pro řízení osvětlení každé místnosti v dřevodomku (obr. 4) byl použit systém KNX/DALI Gateway N 141 se senzorem osvětlenosti Brightness Controller UP 255/11.



Obr. 1. Laboratoř, referenční místnost a umístění meteorostanice pro řízení osvětlení ve firemní kanceláři - pohled z venku.



Obr. 2. Dřevodomek s implementovanou technologií KNX pro řízení osvětlení a žaluzií.



Obr. 3. Rozmístění zářivkových svítidel a snímače osvětlení KNX v kanceláři TRIMR



Obr. 4. Příklad provedení řízení osvětlení a žaluzií pomocí systému KNX ve vybrané místnosti dřevodomku.

Výpočty osvětlovacích soustav

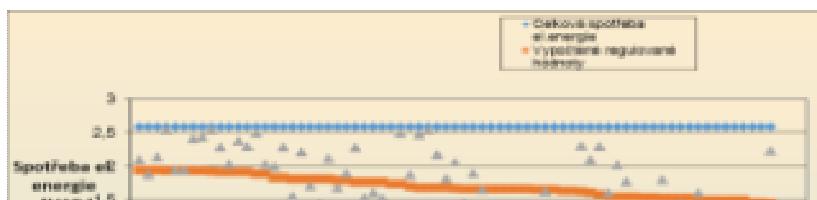
Prostor firmy TRIMR

V tabulce 1 jsou porovnány hodnoty, které byly vypočteny pomocí navrženého software s naměřenými hodnotami. Hodnoty jsou v časovém rozmezí od 7:00 do 15:30 hodin a v intervalu od prosince do dubna 2013. Z tabulky 1 je patrné, že první sloupec patří celkovému příkonu umělé osvětlovací soustavy což je 2,59 kWh / pracovní doba. Druhý sloupec patří modelovaným hodnotám našeho výpočtu pro rovnoměrně zataženou oblohu. Třetí sloupec jsou naměřené reálné hodnoty v průběhu od 1. 12. do 15. 4. 2013. Z důvodu přehlednosti je tabulka 1 redukována a obsahuje pouze část dat pro ukázkou.

Měření	Celkový příkon el. energie	Regulované hodnoty dle sw	Naměřené hodnoty
1	2,59	1,92	2,27
10	2,59	1,94	2,35
15	2,59	1,94	1,9
20	2,59	1,81	1,71
25	2,59	1,76	2,28
30	2,59	1,74	2,49
35	2,59	1,68	1,82
40	2,59	1,66	1,33
45	2,59	1,66	1,03
50	2,59	1,61	2,31
55	2,59	1,54	1,77
60	2,59	1,52	1,3
65	2,59	1,49	1,02
70	2,59	1,46	1,05

Tabulka 1 Ukázka části dat pro porovnání naměřených a vypočtených hodnot.

Rozdíly mezi naměřenými příkony osvětlovací soustavy bez regulace a s regulací jsou zobrazeny v grafu (viz Obr. 5). Při použití čtyř svítidel bez regulace (provoz při celé pracovní době) byla spotřeba elektrické energie cca 2,6 kWh za pracovní dobu (Obr. 5). V případě regulace osvětlení na konstantní hodnotu se v naměřených výsledcích projevila vliv polohy a výšky slunce během dne v zimních měsících. Z naměřených hodnot je rovněž patrné, že počasí bylo v jednotlivých dnech rozdílné, což má vliv i na celkovou spotřebu elektrické energie.

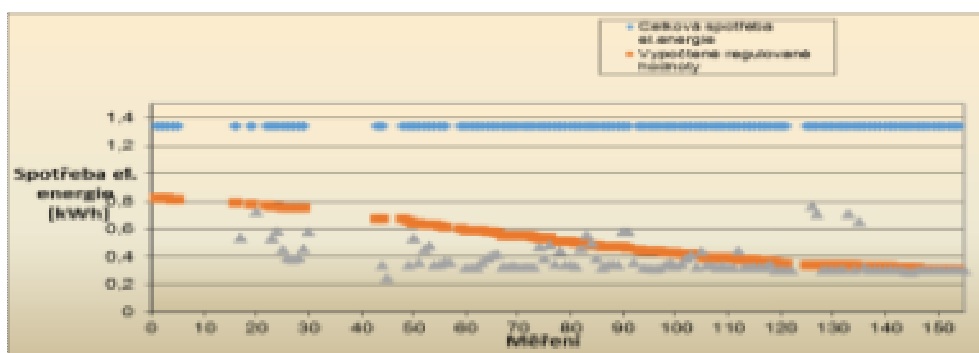


patrné, že první sloupec patří celkovému příkonu umělé osvětlovací soustavy což je 1,34 kWh / pracovní doba. Druhý sloupec patří hodnotám našeho výpočtu pro rovnoměrně zataženou oblohu. Třetí sloupec jsou naměřené reálné hodnoty v průběhu od 17. 1. do 4. 6. 2014.

Měření	Celkový příkon el. energie	Regulované hodnoty dle sw	Naměřené hodnoty
1	1,34	0,79	0,53
10	1,34	0,75	0,58
15	1,34	0,65	0,36
20	1,34	0,62	0,36
25	1,34	0,59	0,39
30	1,34	0,55	0,33
35	1,34	0,54	0,47
40	1,34	0,51	0,34
45	1,34	0,5	0,49
50	1,34	0,47	0,34
55	1,34	0,44	0,32
60	1,34	0,43	0,33
65	1,34	0,42	0,43
70	1,34	0,39	0,32
75	1,34	0,38	0,32
80	1,34	0,35	0,3
85	1,34	0,34	0,31
90	1,34	0,34	0,32
95	1,34	0,33	0,31
100	1,34	0,32	0,29

Tabulka 2 Ukázka části dat pro porovnání naměřených a vypočtených hodnot.

Rozdíly mezi naměřenými příkony osvětlovací soustavy bez regulace a s regulací jsou zobrazeny v grafu (viz, Obr. 6). Při použití 3 svítidel bez regulace (provoz při celé pracovní době) byla spotřeba elektrické energie cca 1,34 kWh za pracovní dobu (Obr. 6). V případě regulace osvětlení na konstantní hodnotu se z naměřených výsledků projevila vliv polohy a výšky slunce během dne v zimních měsících Z naměřených hodnot je rovněž názorně vidět, že počasí bylo v jednotlivých dnech rozdílné, což má vliv i na celkovou spotřebu elektrické energie.



Obr. 6 Spotřeba elektrické energie regulovatelné a neregulovatelné a skutečné osvětlovací soustavy v jednotlivých měřicích dnech (trojúhelníky jsou znázorněna data faktické spotřeby elektrické energie)

Průměrné hodnoty vypočítané pomocí navrženého software jsou 0,48 kWh / den a celková spotřeba je 53,1 kWh za 155 měřicích dnů výpočtů se srovnáním spotřeby naměřených reálných dat 0,38 kWh/den a celkové spotřebě 42,5 kWh za 155 měřicích dnů. Z výsledků lze tedy říci, že naše výpočty se přibližují hodnotám s reálnými naměřenými daty.

Závěr

Pro predikci možných úspor v osvětlovacích systémech byl navržen software za účelem určení potenciálních úspor v inteligentních budovách v kombinaci s regulací umělého osvětlení v místnosti na konstantní hodnotu. Navržený modelový software lze využívat při predikci spotřeby elektrické energie v budovách, při rekonstrukcích osvětlovacích soustav nebo při auditech budov. Měřeními byla ověřena shoda mezi výsledky z modelu a skutečnou spotřebou interiérových osvětlovacích soustav střívaných na konstantní hladinu osvětlenosti.

Poděkování

Tento článek podpořen z projektu „Možnosti využití LED technologií v průmyslových aplikacích“ SP2014/77.

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] Software WDLS a WILS (<http://www.astrasw.cz>)
- [4] ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov, ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení obytných budov
- [5] ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 1: Vnitřní pracovní prostory
- [6] 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. VŠB-TU Ostrava, 2011, s. 207-209. ISBN: 978-80-248-2480-2.
- [7] Šumpich, Novák, Sokanský, Příklady úspor vzniklých využitím denního osvětlení, in: Kurz osvětlovací techniky XXX, DLOUHÉ STRÁNĚ Loučná nad Desnou, 2013, s. 316-319, ISBN 978-80-248-3174-9

LED osvětlení administrativního centra Florentinum

Jiří, Heider, Ing.

HORMEN CE a.s., www.hormen.cz, jheider@hormen.cz

Úvod:

Administrativní Centrum Florentinum je prvním developerským projektem investiční skupiny Penta v České republice. Stavba trvala pouhých 20 měsíců a ze 49 tis. m² kancelářských ploch jich bylo v srpnu 2014 pronajato více než 85%. Projekt se nachází v centru Prahy v ulici na Florenci a není unikátní jen svým designem od studia Cigler Marani Architects, ale i systémem osvětlení celé budovy. Jedná se o největší projekt, ve kterém bylo v takovém rozsahu použito LED osvětlení pro všechny typy prostor. V projektu je použito více jak 10 tisíc LED svítidel různých typů. Záměrem investora bylo postavit špičkovou budovu vybavenou inteligentními technologiemi. Také díky systému osvětlení se tento záměr jednoznačně podařil. Důkazem toho jsou i prestižní ocenění CEEQA2014 – Ocenění za nejlepší kancelářský projekt ve střední a východní Evropě, CIJ Awards 2013 – nejvyšší ceny ve čtyřech kategoriích a Best of Realty 2013 – vítězství v kategorii Nová administrativní centra. Jako jedna z mála budov získalo Florentinum i certifikát LEED Platinum.

Osvětlení kanceláří:

Při návrhu osvětlení v kancelářích je obecně největším problémem splnit zejména požadavky na index rušivého oslnění UGR při zachování požadované osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení. Dále je nutné vzít v potaz, že svítidlo bude používáno v prostorech s monitory a je tedy nutné volit takové svítidlo, které svým cloněním vyhovuje požadavkům na použití v prostorech se zobrazovacími jednotkami. Požadavek architektů a investora na svítidla pro kancelářské prostory Florentina musela především splňovat představu malých nenápadných kulatých vestavných svítidel. Tento typ svítidel byl volen zejména z důvodu sjednocení vizuálního vzhledu celého objektu při pohledu zvenčí a pro otevření prostoru kanceláří tak, aby pohled do kanceláří nebyl rušen zavěšenými svítidly vzhledem k členitosti dispozice.

Pro kancelářské prostory byla vybrána LED vestavná svítidla typu downlight HORMEN OIZZO (obr.1). Tato svítidla vyhovují všem požadavkům na osvětlení kancelářských prostor. Díky speciálně navrženému hliníkovému reflektoru s matnou povrchovou úpravou a hluboko usazenému LED světelnému čipu jsou požadavky na index rušivého oslnění splněny. Úhel zaclonění světelného zdroje je více jak 25°. Ve výpočtech pro jednotlivé kanceláře vycházel index rušivého oslnění UGR vždy menší jak 16. Ve svítidlech jsou použity LED čipy OSRAM PrevaLED CUBE se světelným tokem 1100lm a 2000lm při měrném výkonu 109lm/W respektive 104lm/W. Svítidla jsou řízena pomocí DALI signálu na základě osvětlenosti měřené pomocí čidel. Pro prostory, kde nebylo možné svítidla vestavět, byla použita přisazená kruhová svítidla HORMEN DIAMMO (obr. 2) s mikroprismatickým difuzorem. Svítidla jsou osazena kruhovými LED plošnými spoji TRIDONIC CLE se světelným tokem 3000lm při měrném výkonu 127lm/W.

Na základě dispozice s rozmístěním pracovišť u každého z nájemců bylo navrhováno osvětlení tak, aby pouze na pracovišti bylo normou požadovaných 500 luxů a v okolí pracoviště 300luxů, při dodržení požadované rovnoměrnosti. Při tomto návrhu bylo možné dosáhnout průměrného příkonu 5,0 W/m² ve všech kancelářských prostorech.

Po instalaci svítidel bylo provedeno kontrolní měření všech parametrů včetně indexu rušivého oslnění UGR. Toto měření provedla VŠB v několika vzorových kancelářích a výsledky byly shmuty v protokolu z měření. Index rušivého oslnění se vždy posuzoval pro vytipovaná místa, kde byly předpokládány nejhůřší hodnoty UGR. Tyto hodnoty pak byly shmuty do výsledné zprávy. Činitel oslnění UGR ve všech měřených prostorech nepřekročil hodnotu 15. Norma ČSN EN 12464-1 požaduje index UGR menší než 19. V případě těchto svítidel je požadavek normy dodržen s velkou rezervou.



Obr. 1, kruhové LED svítidlo HORMEN OIZZO



Obr. 2, přisazené kruhové LED svítidlo HORMEN DIAMMO

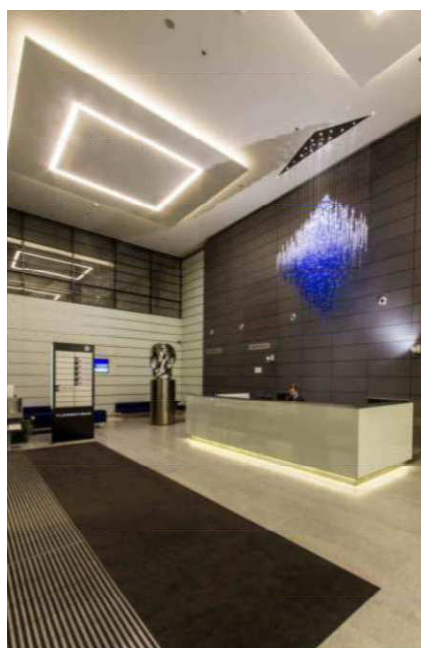
Osvětlení společných prostor:

Pro osvětlení společných prostor celého objektu (výtahové lobby, recepce, chodby) bylo architekty navrženo liniové osvětlení z vestavných LED svítidel s opálovým difuzorem. Tato svítidla vytvářejí obdélníkové obrazce o různých velikostech. Vzhledem k požadavku na co nejsnazší montáž, byla zvolena varianta svítidla s rámečkem. Jednotlivé obrazce jsou tvořeny modulárním systémem HORMEN MIDDLE, který umožňuje bezproblémové spojování svítidel do linek, obsahuje komponenty pro spojování do různých úhlů apod. Svítidla jsou osazena LED čipy TRIDONIC LLE s měrným výkonem 140 lm/W a teplotou chromatičnosti 3000K. Jednotlivé sestavy jsou uzpůsobeny přímo na míru jednotlivým prostorům a i díky použití LED čipů a použití satínového difuzoru z materiálu navrženého speciálně pro LED čipy, nevykazují linie žádná tmavá místa. Ve všech společných prostorech jsou jako dekorativní osvětlení použity LED pásy, které jsou umístěny za obložením, nebo ve stropních nikách. Toto dekorativní osvětlení dokresluje celý prostor a navozuje příjemnou atmosféru.

Ve vstupních recepcích jsou obrazce z liniových svítidel doplněny o LED pásy Osram v nikách pro nepřímé osvětlení a o zavěšená designová skleněná svítidla od firmy LASVIT. Dále jsou v těchto prostorech použita zavěšená liniová svítidla HORMEN LONNGO, která osvětlují prostory před výtahy.



Obr. 3., Vestavné sestavy s LED svítidly MIDDLE



Obr. 4., Vestavné sestavy s LED svítidly MIDDLE

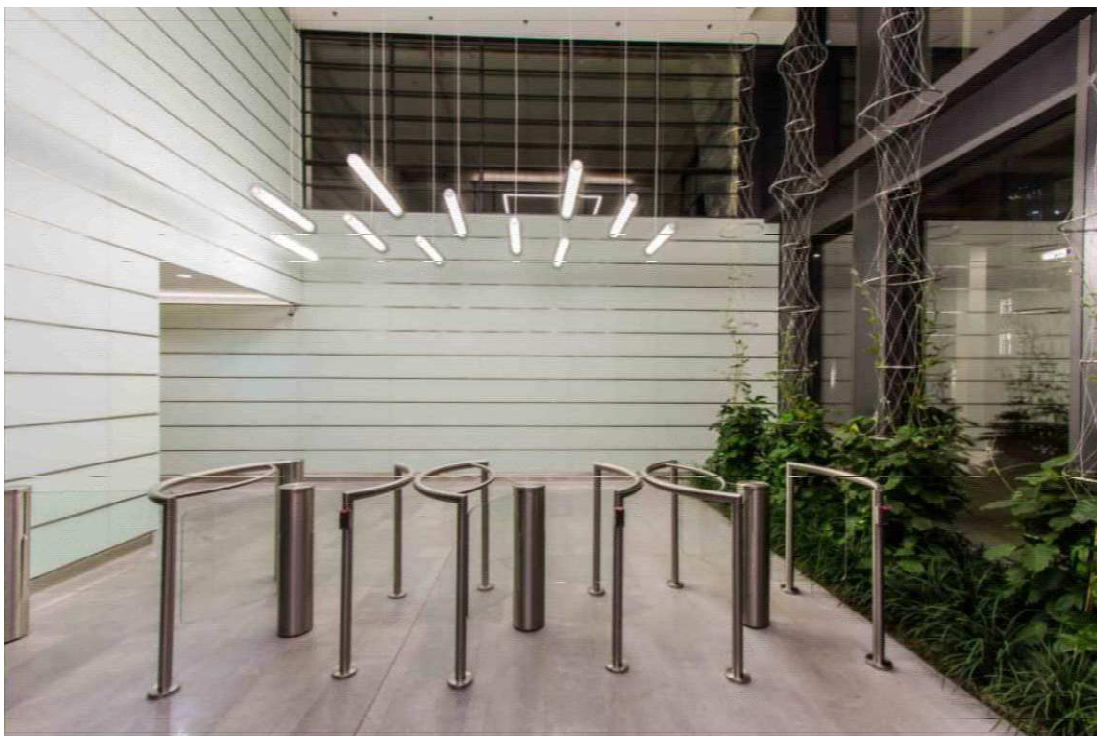
Nouzové osvětlení:

Vzhledem ke značné velikosti objektu je pro nouzové osvětlení použit centrální bateriový systém INOTEC. V objektu se nacházejí celkem dva bateriové systémy, každý se dvěma podružnými substancemi. Využitím substancí, rozmístěným ve vyšších patrech objektu, došlo k významné úspoře kabeláže oproti řešení bez substancí. Nouzová svítidla byla volena s ohledem na co nejsubtilnější rozměry a co nejmenší nápadnost. Pro antipanické osvětlení a osvětlení únikových cest jsou použita velice malá vestavná kruhová svítidla INOTEC. V prostorech garáží pak byla vybraná prachotěsná LED svítidla vybavena nouzovým modulem umožňujícím provoz jak pro hlavní tak pro nouzové osvětlení. Z architektonického hlediska jsou piktogramová svítidla většinou brána jako rušivá část prostoru, proto byla zvolena svítidla s co nejmenšími rozměry (obr. 5).

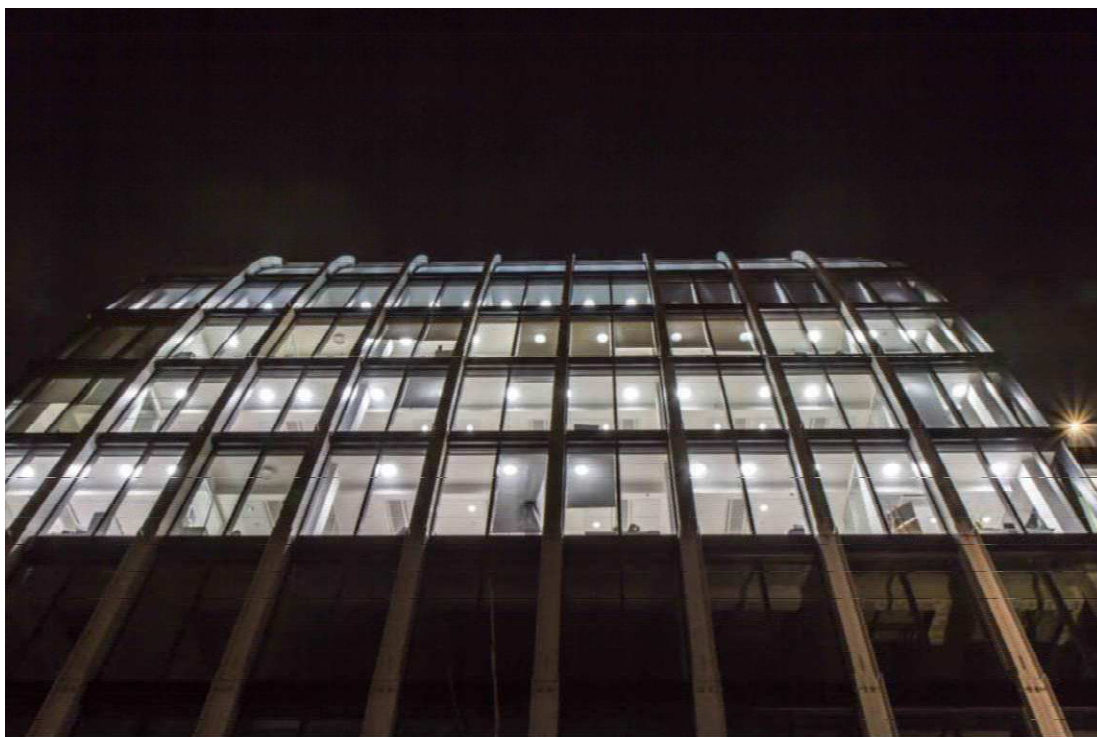


Obr. 5. Vestavné piktogramové svítidlo

Při samotné realizaci bylo nutné překonat nemálo technických obtíží jak při samotném návrhu osvětlení pro jednotlivé nájemce, tak při samotné montáži, kde se vyskytla řada omezení daná především náročnými prostory vybavenými mnoha technologiemi, které znesnadňovali instalaci svítidel. I přes všechny komplikace se systém osvětlení na Florentinu setkal s velkým pozitivním ohlasem jak od řady nájemníků tak i ze strany investora a vhodně doplňuje celou koncepci budovy jako prestižního prostoru v centru Prahy.



Obr. 6., Zavěšená svítidla LONNGO



Obr. 7., pohled na fasádu z vnější strany



SKUPINA ČEZ

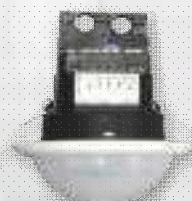
SKANSKA



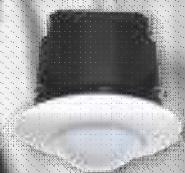
PD9-DALI/DSI



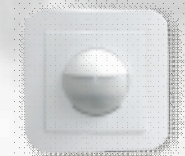
PD4-TRIO



PD4-Corridor



PD3N-1C Micro



Indoor 180-R/-T



PD4-M-1C-GH

Více než **35 let** zkušeností!

- Specializovaný vývoj a výroba detektorů pohybu a přítomnosti
- Energeticky a nákladově úsporná řešení
- Špičkové detektory s jednoduchou instalací a snadným nastavením
- Detektory pro každou aplikaci (EIB/KNX, DALI, LON, 230 V, 11-48 V)

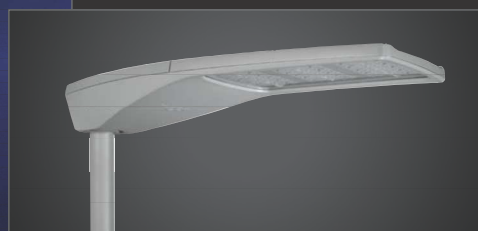
THORN

LIGHTING PEOPLE

Všichni se přemísťujeme a potřebujeme k tomu bezpečí, lehkost a nižší spotřebu energie. V noci se naše cesta stává obtížnější a je nezbytné její osvětlení.

Společnost Thorn zúročuje bohaté zkušenosti z venkovního osvětlení a ve svých produktech je předává všem, zákazníkům i uživatelům pro bezpečnou cestu k cíli - **to pravé osvětlení Thorn Lighting.**

Věřte nám, ušetříte víc



Svítlidla : **R2L2**

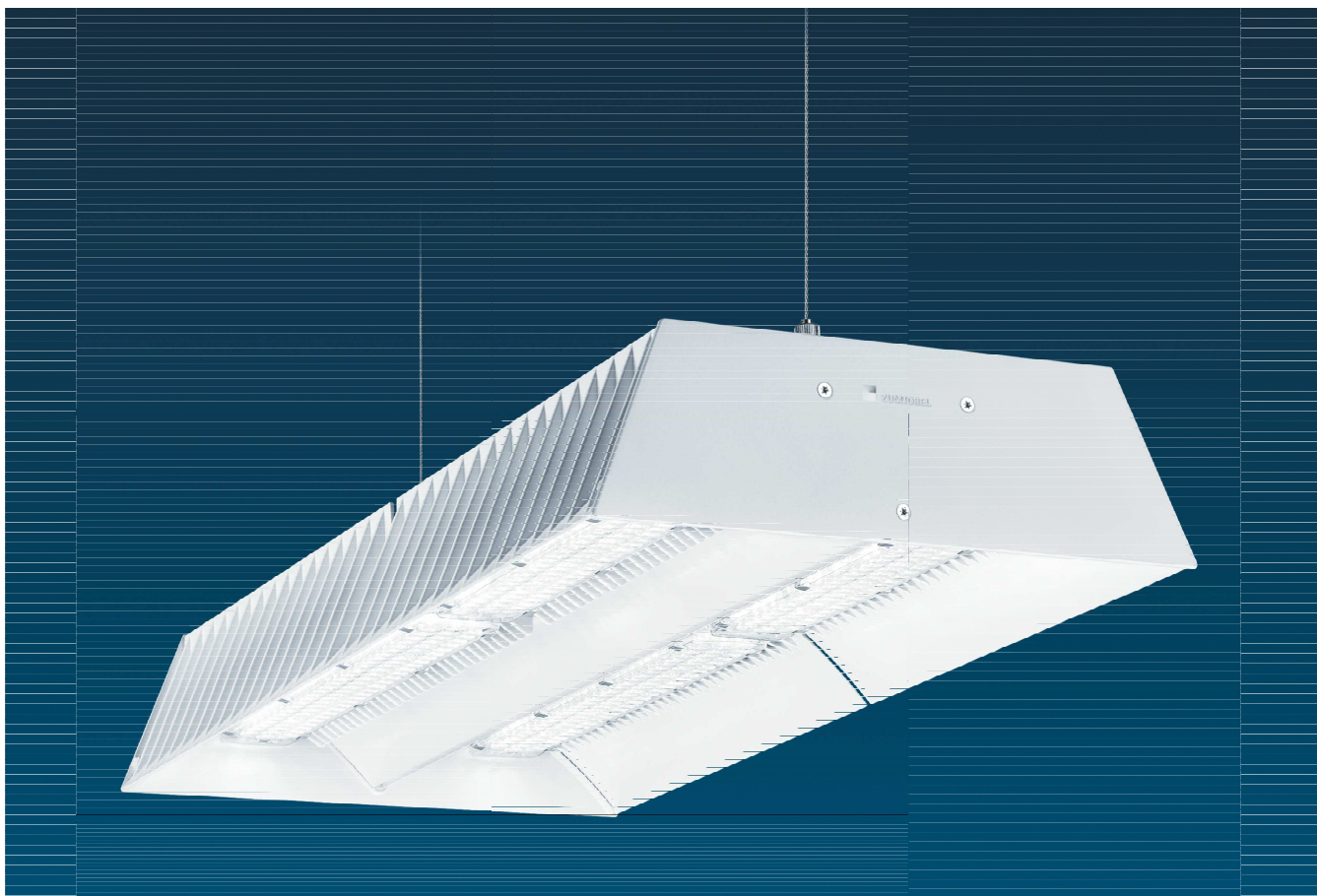
Kompletní skupina svítidel pro uliční osvětlení vybavená LED technologií, která nabízí vynikající světelný výkon pro všechny aplikace

- Tři velikosti
- Jedenáct světelných charakteristik
- Jeden kompaktní design
- Všechny silniční aplikace od S5 po ME1
- Vhodné pro provoz při teplotách od -25°C do +50°C, svítidla R2L2 jsou určena pro každý region

www.thornlighting.cz

Více informací
o R2L2...





LITECOM
ready



ZUMTOBEL

Výkon a přesnost.

GRAFT – se světelným tokem až 28 000 lumenů a s účinností svítidla 100 lm/W, svítidla GRAFT přináší špičkový výkon do průmyslových prostor. Inovativní technologie optiky, nabídka světelných charakteristik a barevných teplot jsou připraveny tak, aby GRAFT splnil jakékoliv zadání. Využitím nejnovějších LED technologií a vysoce kvalitních materiálů, bylo možné vyvinout průmyslové LED svítidlo s jedinečnou kvalitou a trvanlivostí.

Zumtobel. The Light.

zumtobel.cz/graft

Autor:	Kolektiv autorů
Katedra, institut:	Katedra elektroenergetiky
Název:	Sborník odborného semináře Kurz osvětlovací techniky XXXI
Místo, rok, vydání:	Ostrava, 2014, 1. vydání
Počet stran:	300
Vydala:	VŠB- TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA 17.listopadu 15/2172 708 33 Ostrava-Poruba
Tisk:	Ediční středisko VŠB-TU Ostrava
Náklad:	150

Neprodejné

ISBN 978-80-248-3553-2